



A 2018/19. tanévi Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny Döntő forduló

FIZIKA II. KATEGÓRIA

Javítási-értékelési útmutató

Kondenzátor töltése piezoelektromos lemez deformálásával.

Bevezetés

A piezoelektromosságról csak a feladat megoldásához szükséges ismereteket közöljük. Azok részére, akiknek felkeltettük a téma iránti érdeklődését, néhány forrást ajánlunk, melyek segítségével elkezdheti ismereteik bővítését.

Piezoelektromos anyagból megfelelő módon készült minta egyes felületein mechanikai igénybevétel esetén elektromos töltés jelenik meg. A keletkezett elektromos töltés és az alkalmazott húzó- vagy nyomó erő között arányosság figyelhető meg. Ha a nyomási igénybevételt húzás váltja fel, a töltések előjele megváltozik.

A kondenzátorokkal kapcsolatban a középiskolában tanultak közül kiemeljük a kisülési folyamatra vonatkozó összefüggést. A kondenzátor feszültségének időbeli változása:

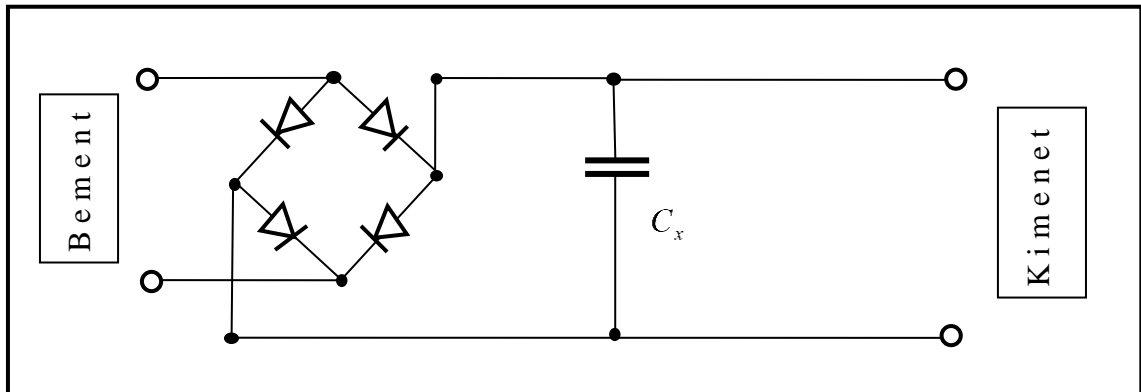
$$u = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}}.$$

A $t = 0$ időpontban a C kapacitású kondenzátor feszültsége U , és a kisülés az R ellenálláson keresztül történik.

A feladatok megoldásához rendelkezésre álló eszközök:

- 1 db vas **alaplapp**;
- 1 db. az alaplapon mágnesekkel rögzíthető **rugó-befogó** műanyag tömb, az egyik végén befogott bronz laprugóval együtt. A függőleges síkú rugó „szabad” hossza 10 cm, szélessége 2,6 cm, vastagsága 0,5 mm. A rugón a befogás közelében található egy felragasztott **piezoelektromos lapka**. A piezoelektromos lapka a két elektródájára forrasztott vezetékek végén lévő banándugók segítségével csatlakoztató a műanyag dobozban lévő kapcsolat (lásd később) bemeneti pontjaihoz. (Fekete banánhüvely.)
- 1 db „**erőmérő**”. Elektronikus mérleg érzékelőjét vízszintes tengelyű mikromozgató végére erősítettük. A mikromozgató 0,5 mm-es menetemelkedésű csavarral mozgatható. Az érzékelőre szerelt réz csúcs, pontszerű csatlakozást tesz lehetővé a rugó és az érzékelő között. A mikromozgatót mágnesek rögzítik az alaplaphoz. A mérleg kijelzője grammokban jelzi ki a terhelést!
- 1 db „**ütköző**”, amely az alaplappra mágnessel rögzíthető műanyag tömbbe épített 1 mm-es menetemelkedésű csavar végén található. Az ütköző a rugóvég meghatározott deformációjának biztosítására szolgál.

- 1 db kapcsolási elemeket tartalmazó **műanyag doboz**.



A dobozban egy kétutas egyenirányító – négy diódából álló - „Graetz”- kapcsolás található. (Az egyenirányítók váltakozó áramot alakítanak át lüktető egyenárammá. A kétutas egyenirányító a váltakozó áram pozitív és negatív periódusában is azonos irányú egyenáramot biztosít a kimenetén.) Az egyenirányítókon kívül egy ismeretlen kapacitású **kondenzátor** található. A kondenzátor két elektródája közötti ellenállás $>10^2 \text{ M}\Omega$.

- 1 db HAMEG gyártmányú, HM8011 típusú **digitális multiméter**. A multiméter bemenő ellenállása $10 \text{ M}\Omega$ (A használati utasítása a mérőhelyen található.)
- 3 db „mérőzsinór”;
- 1 db „tömeg”, az egyik oldalán ragasztó felülettel;
- 3 db milliméterpapír;
- 1 db stopperóra.

Megoldandó feladatok.

a) A laprugó végének deformálásához szükséges erő mérése

Végezzen méréseket a rugóvég erő – elmozdulás függvényének meghatározásához, a 0 és a 10 mm-es deformációs tartományban. Mérési eredményeit adja meg táblázatban és szemléltesse grafikonon. A mérési pontokra illesszen egyenest és adja meg ennek az egyenletét. (Az erőt N -ban, az elmozdulást mm-ben adja meg.)

(8 pont)

b) Bevezető mérések

A piezoelektromos lapka elektródáit csatlakoztassa a Graetz-híd bemenetére. Az ismeretlen kapacitású kondenzátor feszültségét két kivezetése között mérheti. Az ütközőt állítsa be úgy, hogy a rugót mindig azonos mértékben tudja deformálni. A rugóvég elmozdulása ismételhetően 10 mm legyen. Keresse meg a rugó deformálásának azt a módját, mely segítségével a kondenzátor feszültsége néhány egymás utáni deformációt követően közel azonos nagyságú és lehetőleg minél nagyobb legyen.

Határozza meg a kondenzátor feszültségét (fentiek szerint eljárva) 10 egymás után végrehajtott deformáció után. Adja meg mérése eredményét.

A rugó végére ragassza fel a **tömeget**. Ismételje meg a fenti mérés tûgy, hogy az egyes deformációk között a tömeg néhány rezgést végezhesen. A cél most is a minél nagyobb töltési feszültség elérése. Adja meg 10 egymás után végrehajtott (10 mm-es) deformáció után mért feszültséget.

Ismertesse, miként hajtotta végre a rugóvég deformációját. Az ismertetést egy vázlatos rajzzal egyszerűsítheti. Hasonlítsa össze az előző két mérés eredményét, és ha eltérést tapasztal a végeredmények között, magyarázza ennek okát. A későbbiekben az Ön által kedvezőbbnek talált eljárást alkalmazza.

(6 pont)

c) Az ismeretlen kapacitású kondenzátor kisülésének vizsgálata a kimenetére kapcsolt feszültségmérő műszeren keresztül

Töltse fel a kondenzátort a Graetz-kapcsoláson keresztül egy Ön által választott feszültségre (példáut 5V - ra), majd mérje a kondenzátor feszültségének időbeli változását. Mérési eredményeit adja meg táblázatban és tüntesse fel grafikonon. (Nem szükséges a teljes kisülésig vizsgálnia a folyamatot!) Mérési eredményeit jelenítse meg úgy is, hogy mérési pontjaira egyenest illeszthessen. Határozza meg a kapott egyenes meredekségét.

(8 pont)

d) A kondenzátor töltődésének vizsgálata

Töltse a kondenzátort a Graetz-kapcsoláson keresztül. Határozza meg a töltődő kondenzátor feszültségét a deformációs szám függvényében 10 mm-es deformáció alkalmazása esetén. A töltést lehetőleg a legnagyobb hatásfokkal végezze! Mérési eredményeit foglalja táblázatba, és tüntesse fel grafikonon. Magyarázza a grafikon menetét, és adja meg a legnagyobb feszültség értékét, amelyre a rendelkezésére álló összeállítással a kondenzátort feltöltheti.

(8 pont)

- e) **Mérési eredményei felhasználásával határozza meg az ismeretlen kondenzátor kapacitását!** (5 pont)
- f) **Számítsa ki, hogy mekkora hatásfokkal töltötte fel a kondenzátort az első 10 deformálás alkalmával!** (5 pont)

Megjegyzések

- **A laprugó végét 10 mm-nél jobban ne mozdítsa el, mert nagyobb deformációnál sérülhet a felragasztott piezoelektromos lapka!**
- A feladatok megoldásához 4 óra áll rendelkezésére.
- Az elkészített jegyzőkönyve minden lapján, az első oldal jobb felső sarkában tüntesse fel a kódját, és csak a kódját. Egyéb azonosításra alkalmas információt (név, iskola, stb.) ne tüntessen fel!
- Munka közben vigyázzon önmagára és társaira, tartsa be az alapvető munkavédelmi szabályokat. Vigyázzon a használandó eszközökre.
- Ha a mérés során esetleg problémái jelentkeznek, forduljon a felügyelő tanárokhoz.
- Olyan jól olvasható jegyzőkönyvet készítsen, amely alapján méréseit meg lehetne ismételni.

EREDMÉNYES VERSENYZÉST KÍVÁNUNK!

Otthoni olvasásra:

Piezoelektromos elemeket számtalan helyen használnak, a gázgyújtótól a karórákig, az erőmérő- és gyorsulás-érzékelőktől egyes autók üzemanyag adagolójáig találkozhatunk velük. Magyar szabadalom van például arra, hogy a gyalogos közlekedők által deformált piezo elemekkel biztosítsák a közvilágítás energiaigényét.

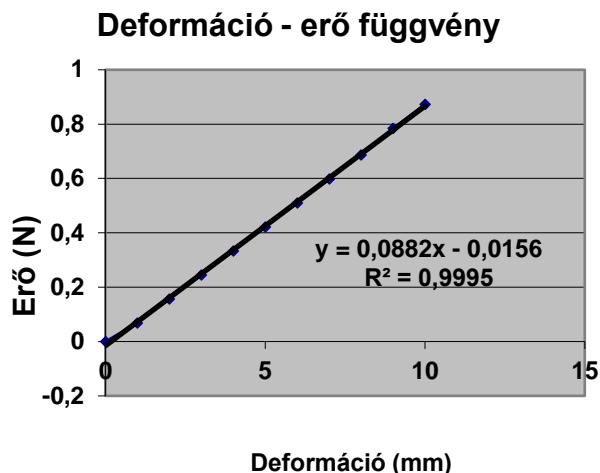
Ismeretei bővítéséhez ajánlott irodalom:

- Budó Ágoston: Kísérleti fizika II. Bp. Tankönyvkiadó, 1991.
- Gémesi József: Kristályok a technikában. Bp. 1961.
- Gémesi József: Piezoelektromos anyagok. Bp. Tankönyvkiadó 1964.

Megoldások.

a) feladat

Deformáció (mm)	Tömeg (g)	Erő (N)
0	0	0
1	7	0,06867
2	16	0,15696
3	25	0,24525
4	34	0,33354
5	43	0,42183
6	52	0,51012
7	61	0,59841
8	70	0,68670
9	80	0,78480
10	89	0,87309



Az illesztett egyenes egyenlete: $y = 0,0882x - 0,0156$ ($R^2 = 0,9995$)

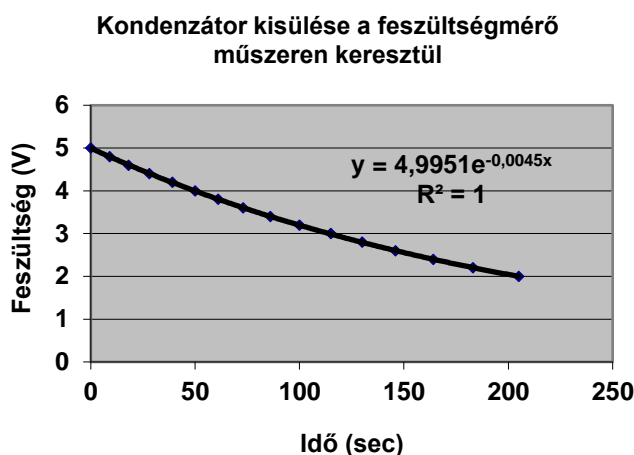
b) feladat

	Tíz 10 mm-es deformációval töltött kondenzátor feszültsége (V) A töltés idejére a feszültségmérő műszert kiiktattuk!										Átlag V	Hiba %
Tömeg nélkül	4,928	4,915	4,923	4,944	4,926	4,913	4,920	4,944	4,960	4,934	4,931	0,59
Tömeggel	6,649	6,634	6,630	6,642	6,632	6,631	6,633	6,634	6,635	6,635	6,635	0,21

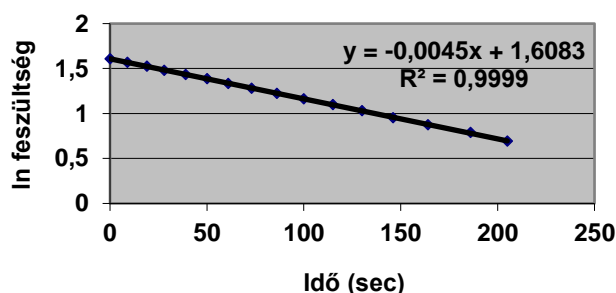
Az ideálisnak tekintett – tömeg nélküli – rugó deformáció után felveszi deformálatlan állapotát. A kitértett tömeget deformáció után a rugó gyorsítja, a tömeg mozgási energiára tesz szert, és további rezgésekre lesz képes, deformálja piezo lapkát.

c) feladat

Feszültség (V)	Idő (sec)	ln feszültség
5	0	1,609
4,8	9	1,569
4,6	19	1,526
4,4	28	1,482
4,2	39	1,435
4,0	50	1,386
3,8	61	1,335
3,6	73	1,281
3,4	86	1,224
3,2	100	1,163
3,0	115	1,099
2,8	130	1,030
2,6	146	0,955
2,4	164	0,875
2,2	183	0,788
2,0	205	0,693

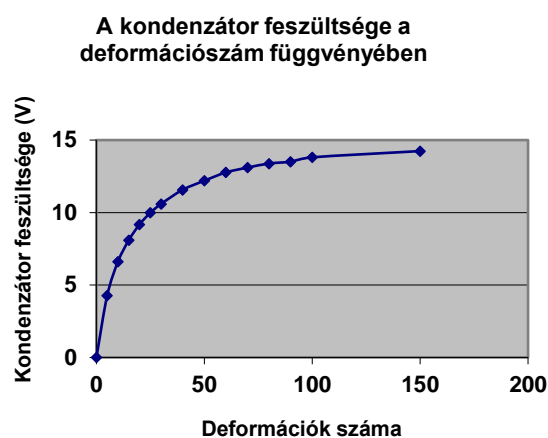


A feszültség természetesalapú logaritmusa az idő függvényében



d) feladat

Deformációk száma	Kondenzátor Feszültsége (V)
0	0
5	4,263
10	6,609
15	8,087
20	9,180
25	9,983
30	10,597
40	11,569
50	12,194
60	12,766
70	12,194
80	13,380
90	13,511
100	13,810
150	14,240



Az adott számú deformációval elért töltési feszültség értékét 3 – 3 mérés átlagaként kaptuk. (Kivétel a 150 deformációhoz tartozó érték.) A töltések idejére lekötöttük a kondenzátok kimenetéről a feszültségmérő műszert. A feszültséget a töltés befejezésének időpontjában mértük. Ha folyamatosan mértük volna a töltési feszültséget, a műszer bemenő ellenállásán folyó áram rontaná a töltés határfokát. A kondenzátor töltődése során egyre kisebb a lapka és a kondenzátor feszültsége közötti különbség. Ez magyarázza a feszültség alakulását.

e) feladat

Amikor a kondenzátort a feszültségmérő műszeren keresztül sütöttük ki, és a feszültség természetesalapú logaritmusát az idő függvényében ábrázoltuk, a kapott egyenes meredeksége az $1/R_x \cdot C_x$ értékét adja meg.

$$\text{Ha } \frac{1}{R_x \cdot C_x} = 0,0045, \text{ akkor}$$

$$R_x \cdot C_x = 222,22.$$

(R_x a feszültségmérő műszer bemenő ellenállása, C_x a kondenzátor kapacitása.)

$$C_x = \frac{222,22}{10 \cdot 10^6} = 22,222 \cdot 10^{-6} .$$

Tehát a kondenzátor kapacitását 22,2 μF -nak mértük.

(A kondenzátor WIMAX MKS4 típusú 22 μF -os 10 %-os kondenzátor)

f) feladat

A rugó egy alkalommal történő deformálásához $W_1 = \frac{1}{2} A^2 \cdot D$ munkát kell végeznünk.

$A = 10 \text{ mm}$, $D = 0,0882 \text{ N/mm} = 88,2 \text{ N/m}$ (D az a) feladat eredményéből.)

Az első n deformálás alkalmával végzett munka:

$$W_n = n \cdot \frac{1}{2} A^2 \cdot D = \frac{1}{2} 10 \cdot 10^{-4} \cdot 88,2 = 441 \cdot 10^{-4} \text{ J} .$$

A kondenzátor energiája:

$$W_C = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} 22,222 \cdot 10^{-6} \cdot 6,609^2 = 4,85 \cdot 10^{-4} \text{ J} .$$

A hatásfok: $\eta = 1,1\%$.