



1. Mérés feladat (10 pont)

Bevezetés

Ebben a mérésben a következő feladataid lesznek:

- elektromos áramkörök segítségével rövid időintervallumokat kell mérned;
- szabadesési méréseket kell végezned.

Kísérleti berendezés

A. Eszközök

Az asztalon a mellékelt fotón látható tárgyakat találod:

1. Univerzális mérőműszer, a hozzá tartozó huzalokkal.
2. Fehér fedelű doboz, három darab piros, sárga valamint fekete színű, banándugóhoz való aljzattal.
3. Stopperóra.
4. Huzalokkal ellátott áramforrás.
5. Deszkalap, amelyre az alsó állásnak megfelelő kapcsolót rögzítették (alapesetben zárt), a megfelelő huzalokkal.
6. Rögzítő csipesz, melyhez a felső állású kapcsoló szerepét betöltő krokodilcsipesz lett rögzítve, a hozzá tartozó huzalokkal (alapesetben zárt).
7. Vezeték.
8. Kisméretű satu, ami a deszkalapot rögzíti az asztalhoz. A satuhoz egy függőleges fémrúd van rögzítve.
9. Mérőszalag (a fotón nem látszik).
10. Egy 30 cm-es vonalzó (a fotón nem látszik).
11. Egy test, amelynek az esését kell tanulmányoznod – 2,5 cm hosszú rézhuzal, a végén narancssárga műanyag bevonattal (a krokodilcsipeszbe (6) van befogva).



B. Használati útmutató

1. A mérőműszer forgókapcsolója úgy van beállítva, hogy a műszer egyenfeszültséget mérjen a (0; 2V) tartományban. A műszer huzalai a COM, illetve az Ω , V bemenetekhez csatlakoznak.

Azt ajánljuk, hogy a forgókapcsoló állásán ne változtass, és ne használd a mérőműszer egyéb bemeneteit.

2. A doboz belsejében a piros és a sárga csatlakozók közé egy kondenzátor van kapcsolva, míg a sárga és a fekete csatlakozók közé egy $r = (10 \pm 1) \text{ M}\Omega$ ellenállás van bekötve. A doboz fedelének jobb alsó sarkában van feltüntetve a dobozban található kondenzátor kapacitásának, valamint az ellenállásnak a pontos értéke.

A dobozban semmilyen más elektronikus alkatrész nem található, a csatlakozók között semmilyen más elektromos kapcsolat nincs. Nem nyitható ki a dobozt.

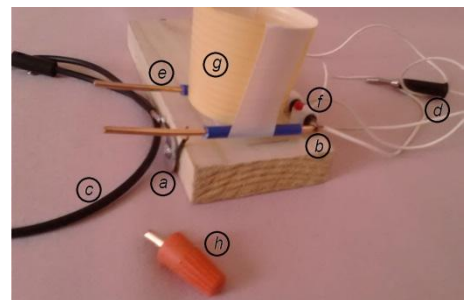
3. A stopperórán három gomb található. A jobboldali gombbal lehet elindítani, illetve megállítani a stoppert, míg a baloldali gombbal nullázni tudod. A középső, "mode" jelöléssel ellátott gomb az üzemmód választó. Stopperóra módban a kijelzőn a felső sorban található két szélső szimbólum egyszerre villog.

A középső gombot csak akkor nyomd meg, ha ez feltétlenül szükséges – azért, hogy újra kronométer üzemmódba állítsd a műszert.

4. Az áramforrás egy elemtartóba helyezett elem, ami két huzallal van ellátva. A piros színű banándugó polaritása pozitív. Az elem üresjárási feszültsége $E \cong 1,5 \text{ V}$, belső ellenállása elhanyagolható. Az áramkörben található ellenállások nagyon nagyok, ennek megfelelően nem kell számolni a feszültség csökkenésével.

Ajánljuk, hogy mérd meg az áramforrás üresjárási feszültségét a kísérlet elején, és időnként ismételd meg a mérést azért, hogy meggyőződjél arról, hogy ennek értéke nem változik. Vigyázz arra, hogy véletlenül se zárd rövidre az áramforrást.

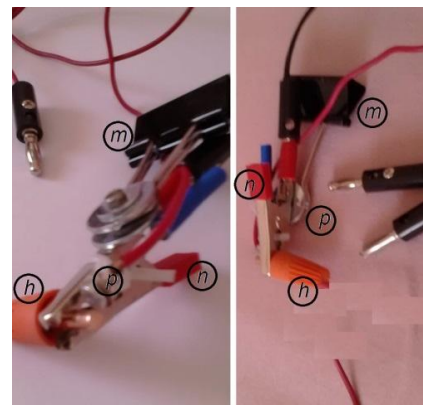
5. A (b)-vel jelzett deszkalapra szerelt "alsó kapcsoló" elektromos érintkezését az (e)-vel jelölt U alakú rézhuzal, valamint az (a)-val jelzett fém támasztóelem biztosítja. Az U alakú huzal a műanyag tartóelemekben (f) függőleges síkban elfordítható és elektromosan a (d) vezetékhez van kapcsolva. Erre a huzalra szigetelő szalaggal a (g)-vel jelölt műanyag pohár lett erősítve, amibe majd a (h)-val jelölt test esik. Az (a)-val jelzett fém támasztóelem a (c)-vel jelölt huzalhoz van kapcsolva. Ennek az "alsó kapcsoló"-nak az alapállása zárt.



Ha a (h)-val jelölt test körülbelül 15 cm magasból a pohárba esik, az U alakú rézhuzalnak le kell esnie az (a) tartóelemtől - ez nyitja az áramkört.

Figyelj arra, hogy a kapcsoló abban a pillanatban szakítsa meg az áramkört, amikor a (h)-val jelölt test a pohár aljával ütközik. Fontos ugyanakkor az is, hogy a kapcsoló hirtelen szakítsa meg az áramkört és ne rezegjen. Ennek érdekében helyezd el megfelelően az U alakú rézhuzalt az (a) támasztóelemen, és ha szükséges, módosítsd az U alakú elem helyzetét.

6. A "felső kapcsoló" – amit a mellékelt fotókon láthatsz két különböző nézőpontból – egy mozgó alkatrész, ami a függőleges rúdon csúszkálhat. Ez egy olyan csipeszből (m) áll, amelynek a szárait egy krokodilcsipesz (n) lett rögzítve. A krokodilcsipesz az egyik összekötőhuzalhoz van csatlakoztatva, a huzal másik vége a kapcsolóhoz csatlakozik. A krokodilcsipesz egyik "pofájához" lett erősítve a (p)-vel jelölt műanyag elem, amibe egy csavar van rögzítve, ez a kapcsoló másik érintkezője. Alapállásban a kapcsoló zárt. A csavar és a krokodilcsipesz között az elektromos érintkezést a (h)-val jelölt test biztosítja. A kapcsoló abban a pillanatban nyit, amikor a (h) test kiesik a krokodilcsipeszből.



Finom, de határozott mozdulattal nyisd a kapcsolót úgy, hogy az áramkör nyitásának pillanata egybeessen azzal a pillanattal, amikor a test esni kezd.

Elméleti alapok

A. Az időintervallum elektromos mérése

Egy soros elektromos áramkör C kapacitású kondenzátorból, r ellenállásból, K kapcsolóból, valamint az E üresjárású feszültségű és elhanyagolható belső ellenállású áramforrásból áll.

A K kapcsoló zárásakor az áramkörben időben változó $i(t)$ elektromos áram folyik, miközben a kondenzátor kezdetben semleges fegyverzetei $q(t)$, illetve $-q(t)$ töltéssel töltődnek fel.

Az áramerősség pillanatnyi értékének kifejezése: $i(t) = \frac{dq}{dt}$. Egy tetszőleges pillanatban az ellenálláson eső feszültség:

$u_r(t) = r \cdot i(t) = r \cdot \frac{dq}{dt}$, míg a kondenzátor kapcsain a feszültség

$u_C(t) = \frac{q(t)}{C}$. A zárt áramkörre felírható Kirchhoff törvénye:

$$\frac{q(t)}{C} + r \cdot \frac{dq}{dt} = E,$$

vagy

$$q(t) - E \cdot C = -r \cdot C \cdot \frac{dq}{dt}.$$

A (2) egyenlet megoldása

$$q(t) = E \cdot C \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{r \cdot C}} \right)$$

Ennek megfelelően, a kezdetben feltöltetlen kondenzátor kapcsain a feszültség

$$u_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{r \cdot C}} \right),$$

vagy

$$\ln \left(\frac{E}{E - u_C} \right) = \frac{t}{r \cdot C}.$$

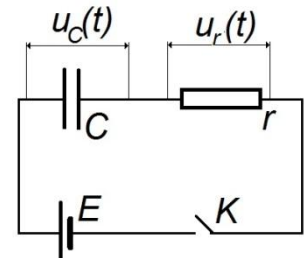
A (4), illetve (5) összefüggés értelmében feszültségméréssel mérhető az idő. Ha a kondenzátor egy adott jelenség kezdetének a pillanatában kezd töltődni, megmérve a kondenzátor feszültségét a jelenség befejezésének a pillanatában, meghatározható a jelenség időtartama.

A kondenzátor kapcsain a maximális feszültség $u_C(t \rightarrow \infty) = E$. A $\tau = r \cdot C$ szorzat – az áramkör időállandója – az az idő, ami elteltével a kondenzátor pillanatnyi feszültségének, valamint a maximális feszültségnek a különbsége a maximális feszültségnek $e \cong 2,71$ -ad része. Mivel x kis értékeire igaz:

$$f(x) = e^x \cong 1 + x,$$

(4)-es összefüggés alakja, ha $\frac{t}{\tau} \ll 1$:

$$u_C(t) = \frac{E}{r \cdot C} \cdot t.$$



B. Esés a Föld gravitációs terében

A Föld gravitációs terében a testek egyenletesen gyorsuló mozgást végeznek g gyorsulással. Légüres térben a szabadesés gyorsulását standard (szabvány) értékét modellszámításokban $g = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ -nek tekintik. Valójában a nehézségi gyorsulás értéke függ annak a helynek a magasságától és a földrajzi szélességétől, ahol a méréseket végzik.

A gravitációs gyorsulás irányának és nagyságának pontos ismerete nagyon fontos több tevékenységi terület esetében, mint például a geológiai talajkutatások vagy a tengeralattjárók navigálása esetében. Ha a gravitációs térben történő szabadesést egyenletesen gyorsuló mozgásnak tekintjük, akkor t idő alatt a nyugalomból induló test által megtett $d(t)$ távolság kifejezése:

$$d = g \cdot \frac{t^2}{2}, \quad (8)$$

míg a nyugalomból induló test $v(t)$ sebessége t idő után a következő összefüggéssel határozható meg

$$v(t) = g \cdot t = \sqrt{2 \cdot g \cdot d}. \quad (9)$$

A gyakorlat azt mutatja, hogy az előző összefüggések nem írják le helyesen a valóságot, például az esőcseppek esése esetén. Ennek oka, hogy a testek mozgása a gravitációs mező és a légkörben megjelenő légellenállási erő együttes hatására történik. A légellenállási erő függ a test sebességétől, és csak azokban az esetekben elhanyagolható, amikor a mozgás során elért sebesség nem túl nagy, vagyis kis távolságon történő szabadeséseknél. Azonban a kis távolságokon történő mozgások leírásakor megjelenik egy összetett probléma, a rövid időtartamok mérése.

Feladatok

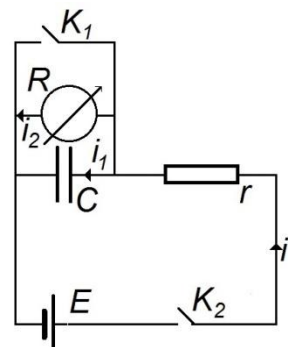
Feltétlenül használd a válaszlapot!

Ebben a mérésben nem kell hibaszámítást végezned!

1. Feladat

A mellékelt ábrán feltüntetett áramkör tartalmaz egy E üresjárási feszültségű és elhanyagolható belső ellenállású elemet, C kapacitású kondenzátort, r ellenállású fogyasztót, R ellenállású voltmérőt, valamint

K_1 és K_2 kapcsolót tartalmaz. Tételezd fel, hogy kezdetben mindkét kapcsoló zárt helyzetben található. A kezdeti pillanatban nyitjuk a K_1 -es kapcsolót. Következésképpen a kondenzátort tartalmazó ágban az áramerősség i_1 , míg a voltmérőt tartalmazó ágban i_2 . Az elemen áthaladó áramerősség értéke i . Valamekkora t_d idő után nyitjuk a K_2 kapcsolót is.



1.a. Bizonyítsd be, hogy a K_1 kapcsoló nyitása után a kondenzátoron az $u_C(t)$ feszültség kifejezése:

$$u_C(t) = A \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot t)) \quad (10)$$

Írd fel az A és α állandók kifejezését R , r , C és E függvényében.

1.b. Feltételezve, hogy a t_d időintervallum nagyon rövid, határozd meg a voltmérő által jelzett feszültség kifejezését, a K_2 kapcsoló nyitása után.

2. Feladat

2.a. A válaszlap megfelelő mezőjébe írd be a kísérleti összeállításod sorszámát.

2.b. Mérd meg az elem üresjárási feszültségét, és jegyezd le a mért értéket.

Tanulmányozd a három kapoccsal rendelkező doboz elektromos jellemzőit. Tápláld a dobozt a piros és fekete kapcsain keresztül, a voltmérőt pedig csatlakoztasd a piros és sárga kapcsok közé.

Zárd rövidre a voltmérőt, bekötve a kapott vezetékét a sárga és piros kapcsok közé. A kondenzátor feltöltése abban a pillanatban fejeződik be, amikor a rövidre záró vezetékét az egyik kapocsról (piros, vagy sárga) eltávolítjuk. Indítsd a stopperórát egyszerre a rövidre záró vezeték eltávolításával.

2.c. Mérd a kondenzátoron a feszültséget 5 másodpercenként, legalább egy percig, a rövidre záró vezeték eltávolításának pillanatától. Végezhetsz esetleg két méréssort 10 másodpercenként; az elsőt a nulladik másodperctől, a másodikat pedig az ötödiktől. Jegyezd le a táblázatba az adatsorozatot, melyet megmértél.

2.d. Ábrázold grafikusán a kondenzátoron mért feszültséget az idő függvényében.

2.e. Alakítsd át (linearizáld) a kondenzátor feszültségét megadó összefüggést úgy, hogy az adatsort ábrázolva a pontok egy egyenesre illeszkedjenek. Ábrázold az így kapható adatpontokat grafikonon.

2.f. Felhasználva a mérési eredményeidet, becsüld meg a voltmérő R ellenállásának értékét.

2.g. Felhasználva a mérési eredményeidet, becsüld meg a kondenzátor C kapacitását.

2.h. Rövid töltési időtartamokra add meg a voltmérő által jelzett feszültség kifejezését számszerű együtthatókkal az idő függvényében.

3. Feladat

Ebben a részben a (11) jelzésű test szabadesését kell vizsgálnod. segítségével. Ehhez tervezz meg egy áramkört a fedeles doboz és a mellékelt kétkapcsolós szerkezet felhasználásával.

3.a. A válaszlapon található blokkvázlaton jelöld be, hogy milyen kapcsolásokat akarsz megvalósítani az esési idő méréséhez.

3.b. A két érintkezőt úgy rögzítsd egymás felett, hogy a magasságkülönbségük az 5 cm - 40 cm intervallumba essen. Végezz ejtési méréseket a (11) jelű testtel, és mérd meg a kondenzátor feszültségét a megtett út függvényében. Ügyelj arra, hogy a valódi esési távolságot jegyezd fel, például vedd figyelembe, hogy a pohár alja néhány mm-rel a deszkalap felett van.

3.c. Megfelelően linearizált grafikonon ábrázold a megtett utat a kondenzátor feszültsége alkalmas hatványának függvényében. Határozd meg a meredekséget és a tengelymetszetet, és értelmezd ezek fizikai jelentését.

© Javasolták:

Prof. dr. Delia DAVIDESCU

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI



Vălaszlap

1. Mérés (10 pont)

1. Feladat

1.a. Bizonyítsd be, hogy a K_1 kapcsoló nyitása után, a kondenzátoron az $u_C(t)$ feszültség kifejezése:

$$u_C(t) = A \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot t)).$$

Írd fel az A és α állandók kifejezését az R, r, C és E függvényében.

1,00p

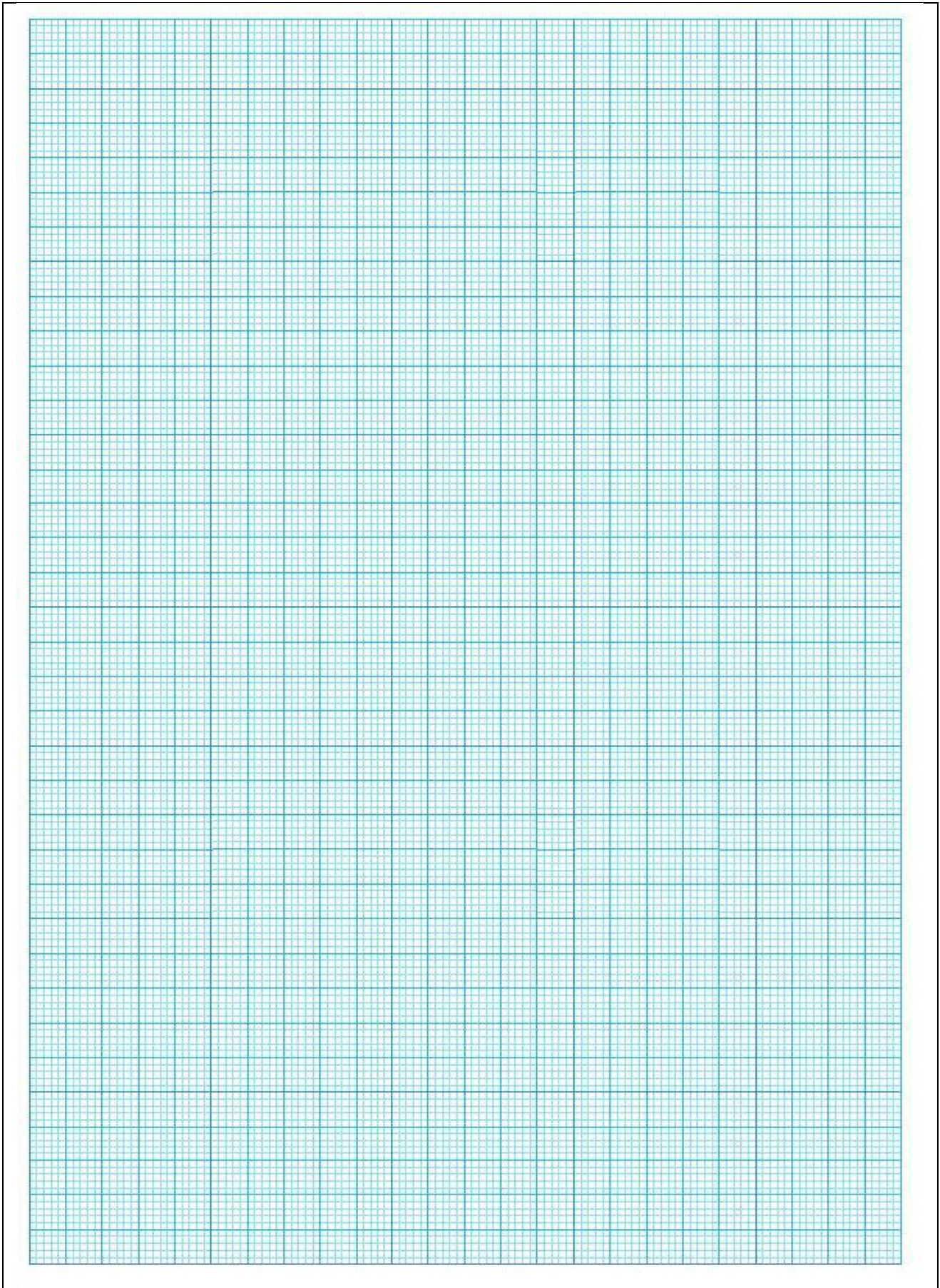
1.a. Folytatás

1.b. Feltételezve, hogy a t_d időintervallum nagyon rövid, határozd meg a voltmérő által jelzett feszültség kifejezését, rögtön a K_2 kapcsoló nyitása után

0,50p

2.d. Ábrázold grafikusan a kondenzátoron mért feszültséget az idő függvényében

1,00p

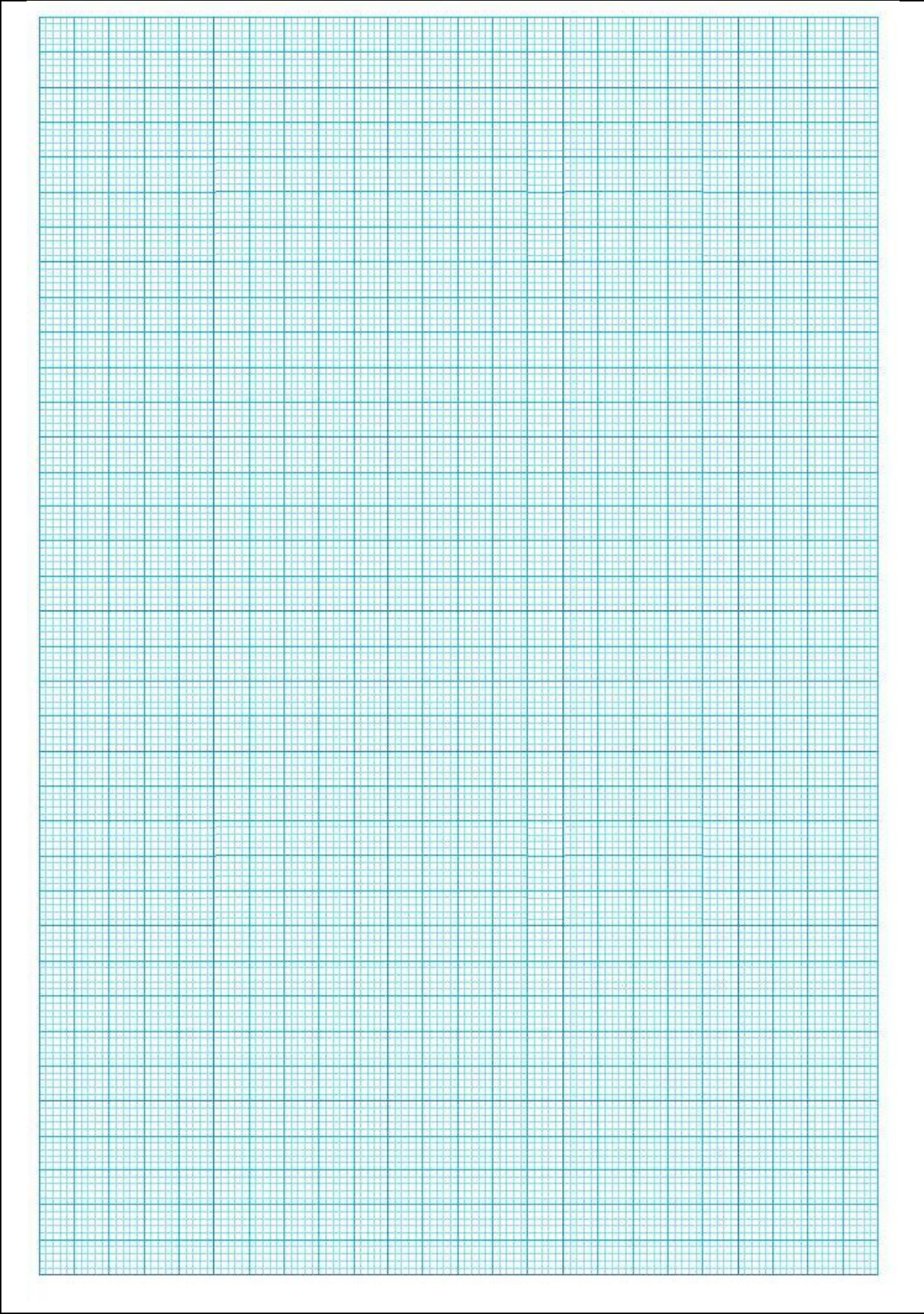


2.e. Alakítsd át (linearizáld) a kondenzátor feszültségét megadó összefüggést úgy, hogy az adatsort ábrázolva a pontok egy egyenesre illeszkedjenek.




1,00p

2.e. Ábrázold az így kapható adatpontokat grafikonon.

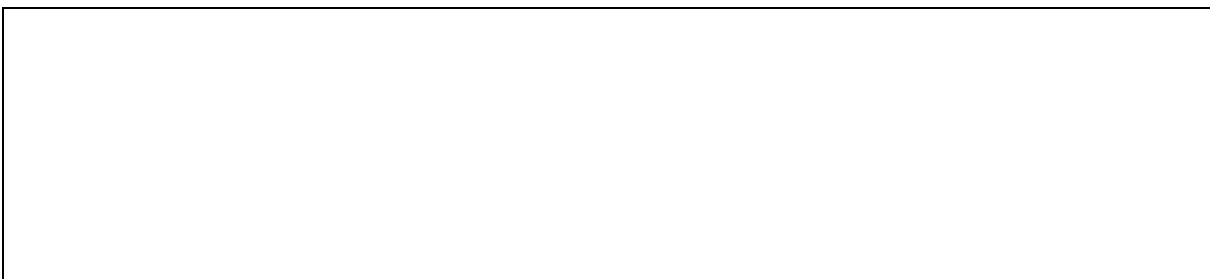


2.f. Felhasználva a mérési adatokat, becsüld meg a voltmérő R ellenállásának értékét.



1,00p

2.g. Felhasználva a mérési adatokat, becsüld meg a kondenzátor C kapacitását.



0,50p

2.h. Rövid töltési időtartamokra add meg a voltmérő által jelzett feszültség kifejezését számszerű együtthatókkal az idő függvényében.



1,00p

