

Váltófeszültség vizsgálata porfigurákkal

A váltófeszültség vizsgálata keményítőt tartalmazó káliumjodidos oldattal a gimnázium IV. osztályos tankönyvből jól ismert. Hasonló kísérleteket végezhetünk a következő egyszerű összeállítással.

Kb. $10 \times 30 \text{ cm}^2$ nagyságú fémlapra szórunk vékony, egyenletes rétegben likopodiumport és néhány $M\Omega$ -os ellenálláson át kössük a lemezt a hálózati váltófeszültség nem földelt sarkához. Ha most száraz ujjal végigsimítjuk a lemezt, az 1. ábrán látható kép¹ alakul ki. A likopodiumpor



1. ábra

állandó sebességgel történő simítás esetén egymástól egyenlő távolságban lévő helyekről eltűnik (lásd az ábrán a sötét csíkokat). E helyek egymástól való távolsága a mozgatás sebességével nő. Az 1 másodperc alatt létrejött sötét csíkok száma a váltófeszültség frekvenciájával megegyező; 50 frekvencia esetén tehát 1 mp alatt 50 sötét és 50 világos csík jön létre.

A jelenséget úgy magyarázhatjuk, hogy a likopodiumpor az érintés következtében pozitív elektromos töltést nyer, miként az üvegrúd, ha papírral érintjük. Amikor a fémlemez negatív potenciálra van, akkor a pozitív töltésű port visszatartja, amikor pedig pozitív potenciálra van, akkor a port ujjunk tovább sodorja, és akkor rakja le, amikor a lemez újból negatív potenciálra töltődik. Ismerve a mozgás sebességét, a váltófeszültség frekvenciája meghatározható. — A mondottakból világos, hogy a csíkok akkor is kialakulnak, ha vékonyan lakkozott vagy pácolt fémlappal dolgozunk, vagy a lemeze vékony sima papírt helyezünk, és ujjunkat a papíron húzzuk végig. A jó szemléltethetőség kedvéért célszerű sötét alapot² használni. Epi-vetítésben a csíkok távolról is jól láthatók.

Végezzük el a kísérletet likopodiumpor helyett kén és minium por keverékével is. Az érintkezés

¹ Pozitív fényképfelvétel. A simítás balról jobb felé történik.

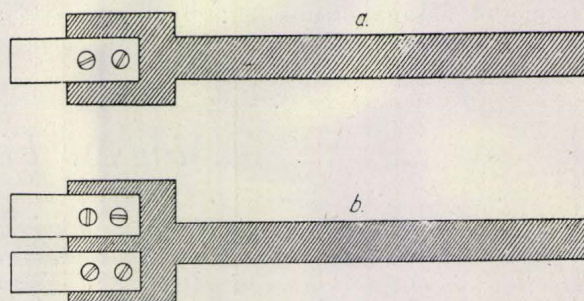
² Sötét ibolyára színezhetjük a sárgarézet, ha kb. 60°C -ra hevítve antimonklorürös ruhával végigdörzsöljük. Az antimonklorürűrt sósavban oldjuk. Ha a bevonat egyenlőtlen, dörzsöljük végig a lemezt kopott csiszolóvászonnal és színezzük megegyezően. Az első ábrával kapcsolatban ily módon színezett sárgarézelemezt használtunk.

következtében a sárga kénpor negatív, a vörös miniumpor pedig pozitív elektromos lesz. Ez esetben sárga és vörös csíkok váltogatják egymást. A csíkok akkor is kialakulnak, ha nem kötjük össze a fémlapozt a hálózattal, hanem a drót szabad végét az asztalon hevertetjük. A szórt elektromos tér is elegendő a jelenség létrehozásához.

Szebb és jól kiértékelhető csíkozást kapunk, ha ujjunk helyett leföldelt fémlapozt húzunk végig a beporozott fémlapon. Ha a lemezke 1 cm hosszúságú él mentén érintkezik a fémlappal, akkor 1 cm széles csíkokat kapunk.¹

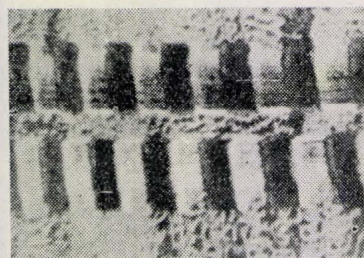
További tanulságos kísérletek:

a) Erősítsünk közös szigetelőnyélre 2 fémlapozt (»kettős érintkező«, 2/b ábra) és kössük



2. ábra

ezeket 1–2 $M\Omega$ -os ellenállásokon keresztül egy transzformátor sarkaihoz. A transzformátor középleágazását pedig a likopodiumporos fémlaphoz kapcsoljuk. A két lemezke két csíksort hoz létre, amelyeket a 3. ábra tüntet fel. A transzformátor

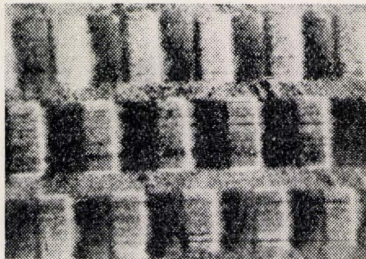


3. ábra

pólusain fellépő feszültségváltozások között 180° -os fáziseltolódás lévén, a két csíksor egymáshoz képest eltolódott: amikor az egyik soron porlerakódás következett be, ugyanakkor a másikon hiány van.

b) Három érintkező segítségével bemutatjuk a háromfázisú hálózat 120° -os fáziseltolódásait. Az érintkezőket több $M\Omega$ -os ellenálláson át kapcsoljuk a háromfázis sarkaihoz, a fémlapozt pedig a földvezetékekkel kötjük össze.

¹ A fémlapozt szigetelő nyélre erősítve (2/a ábra) a későbbiekben is felhasználjuk és »egyszeres érintkező«-nek nevezzük.



4. ábra

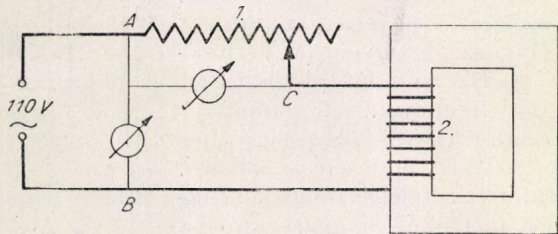
A létrejött csíksorokat a 4. ábrában mutatjuk be.

c) A berendezéssel demonstrálhatjuk az elektroncsöves rezgékeltővel előállított különböző frekvenciájú váltófeszültségeket is. Ilyenkor egyszeres érintkezőt használunk és ezt a beporozott fémlemezzel együtt az elektroncső anódkörébe iktatott transzformátor szekunderjének pólusaihoz csatlakoztatjuk. Az ilyen berendezéssel frekvencia-mérést végezhetünk.

d) Hangmagasság meghatározására is felhasználhatjuk készülékünket, ha pl. a hanghullámokat mikrofonra engedve a mikrofonáramot felerősítjük. Az érintkezőt és a fémlemezlet az erősítő berendezés végcsövének anódkörébe iktatott transzformátor szekunderjének pólusaihoz kapcsoljuk. Ha egy pick-up-ös gramofonkészülék erősítő berendezéséhez kapcsoljuk a fenti módon az érintkezőt a fémlemezzel, akkor a hangosfilm felvételekről ismert »csíkos hangképet« kapjuk. — A c) és d) pontokban leírt méréseknél célszerű beporozott forgó fémkorongot használni, amelynek fordulatszámát meghatározzuk.

A fentebb leírt kísérletek elvégzésére Bergmann dolgozata (Zeitsch. f. Phys. 129. 1951) hívta fel figyelmünket. A leírt kísérletsorozat az alábbiakban újjal egészítjük ki.

e) Sok problémát okoz oktatásunkban a feszültség és áramerősség közötti fáziseltolódás bemutatása. Az alábbiakban néhány összeállítást ismertetünk, melyek segítségével a fáziseltolódás különböző eseteit egyszerűen demonstrálhatjuk. Állítsuk össze az 5. ábrán vázolt berendezést:

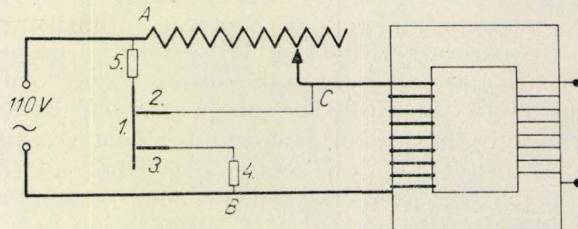


5. ábra

1. változtatható ellenállás, 0–1000 Ω ,
2. kb. 1200 menetes tekercs, zárt vasaggal.

A zárt vasmagú tekercs nagy önindukciós együtthatója miatt az áramerősség a feszültséghez képest késik. Két nagy ellenállású műszerrel mérhetünk feszültséget és áramerősséget úgy, hogy az egyiket az A és B a másikat az A és C pontok-

hoz kapcsoljuk. Az A és B pontokhoz kapcsolt műszer a feszültségmérő, az A és C pontokhoz kapcsolt műszer pedig a vele párhuzamosan kötött ellenállással együtt az áramerősségmérő műszer szerepét tölti be. Használjuk most kísérletünkben »mérőműszerként« a 2. ábrában bemutatott kettős érintkezőt a likopodiumporos fémlemezzel. Az érintkezők és a fémlemez bekapcsolását a 6. ábrán tüntetjük fel:



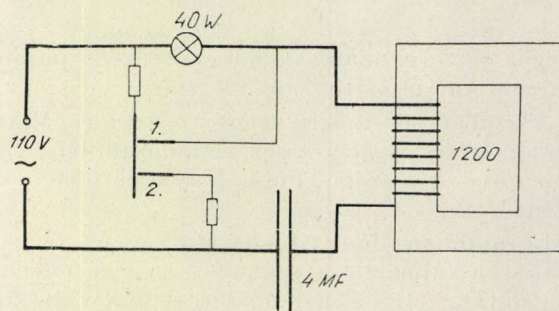
6. ábra

1. likopodiumporos fémlemez,
2. az áramerősség változását jelző érintkező,
3. a feszültség változását jelző érintkező,
4. és 5. 1–2 M Ω -os ellenállások a rövidzár elkerülése végett.

A 2. érintkező által létrehozott csíksor elmarad a 3. érintkező által kialakított csíksorhoz képest, ami azt jelenti, hogy az áramerősség késik a feszültséghez képest. Helyes, ha a kísérletet vasagnélküli tekercsel kezdjük, amelynek önindukciós együtthatója gyakorlatilag 0. Ilyenkor a két csíksor között fáziseltolódás nem észlelhető. A fáziseltolódást a záró vasmag eltolásával, vagy az ellenállás változtatásával növelhetjük, csökkenthetjük.

Hasonló módon mutathatjuk ki a feszültség késését az áramerősséghez képest, ha az önindukciós tekercs helyébe 4–16 MF-os blokk-kondenzátort helyezünk. A berendezés mindkét esetben a fáziseltolódás *kvantitatív* meghatározására is alkalmas.

f) Igen tanulságos kísérleteket végezhetünk a 7. ábrában vázolt összeállítással is. Míg fentebb



7. ábra

külön-külön vizsgáltuk az önindukció és kapacitás szerepét váltóáramú körben, most a fáziseltolódási viszonyokat mindkettő jelenlétében vizsgáljuk. Az 1. érintkező az áramerősség fázisviszonyait

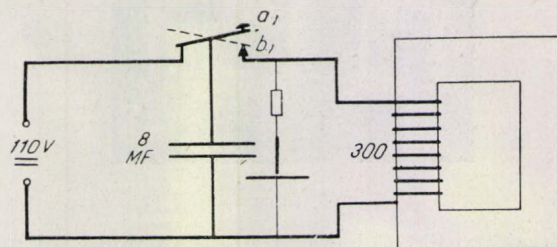
a 2. pedig a feszültség fázisát regisztrálja. A berendezéssel kimutatható, hogy az önindukció, illetőleg kapacitás változtatásával elérhető az az állapot, amikor az áramerősség és feszültség között fáziseltolódás nincs. Bemutatható ekkor, hogy az áramkör rezonanciában van és az áramkörbe kapcsolt izzólámpa ebben az esetben világít a legerősebben.

g) A porfigurák segítségével jól demonstrálhatjuk a transzformátor fázisviszonyait is. Ezzel kapcsolatban csupán egy példát említettük meg.

Üresjárású transzformátor esetében a primer körben az áramerősség és feszültség között csaknem 90° -os fáziseltolódás van (üresjárású transzformátor a hálózattól gyakorlatilag nem vesz fel teljesítményt). A kapcsolást a 6. ábra szerint készítjük el, jelen esetben azonban szekunder tekercset is alkalmazva¹. A 2. érintkező az áramerősség, a 3. érintkező pedig a feszültség fázisviszonyait regisztrálja. Ha a transzformátort terheljük, a fáziseltolódás a primer körben csökken, erősen terhelt transzformátor esetében a fáziseltolódás gyakorlatilag megszűnik.

h) Csillapított elektromos rezgések kimutatására is felhasználhatók a porfigurák. Az össze-

állítást a 8. ábrán láthatjuk. Egyszeres érintkezőt használunk, amelyet a beporozott fémlappal együtt párhuzamosan kötünk a kondenzátorral.



8. ábra

Ha a Morse-érintkező az *a* helyzetben van, a kondenzátor töltődik, ha pedig a *b* helyzetben van, akkor végbemegy a kisülés. A lejátszódó csillapodó rezgéseket fokozatosan elhalványodó csík-sor jelzi.

Néhány kísérletet soroltunk fel csupán, amelyek a porfigurák felhasználásával egyszerűen elvégezhetők. Nem törekedtünk teljességre, csupán fel akartuk hívni a figyelmet egy eljárásra, amely véleményünk szerint az oktatás bármelyik fokán értékesíthető.

dr. Tarján Imre és Voszka Rudolf
Orvosi Fizikai Intézet

¹ Ennél a kísérletnél 100—200 ohmos változtatható ellenállást és 600 menetes primertekercset használunk.

A szabadesés és rezgőmozgás kísérleti tanulmányozása

A szabadesés és rezgőmozgás tanítása mindig gondot okoz a középiskolai tanárnak. A gondot a rövid időközök mérése jelenti, pedig enélkül a két mozgás finomabb részletei nem ismerhetők fel és a tanulók nem is tanulmányozhatják. A régebbi kísérletek közül a szokásos ejtőgépek didaktikai szempontból nem kielégítőek és emiatt a *g* meghatározására szolgáló eljárásoknál kísérletileg nem kellő megalapozás után, mintegy előre kellett bocsanatunk, hogy a mozgás egyenletesen gyorsul. A rezgőmozgásnál pedig a mozgás részleteinek vizsgálata csak az egyenletes körmozgással kapcsolatos analógia révén pusztán matematikai úton történik.

A szabadesés megfigyelésénél Vermes Miklós az időmérésre a váltóáram periódusait használja és az időjeleket szabadon eső fényképező lemezen rögzíti.¹

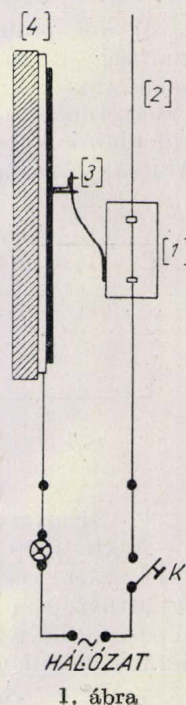
Legújabban Jan Groeneveld az ú. n. porábrákat alkalmazta a szabadesés úttörvényének vizsgálatára.² Ennél a módszernél is a váltakozó

áramot használjuk időmérésre, azonban a mozgás finomabb részleteinek megfigyelése csak nehezen oldható meg.

1.

Az itt közölt kísérletnél is a váltakozó áramot használjuk időmérésre, azonban az időjelek rögzítése káliumjodidos keményítő-oldat ismert elektrokémiai színváltozásának segítségével történik. Ez az eljárás egyesíti az említett két módszer előnyeit (a Vermes-féle módszer finom részletezését és a Groeneveld-féle módszer azonnali kiértékelhetőségét) és emellett kényelmesen kezelhető. Az időjelek keletkezésének szükséges mértékű magyarázatát a tanulóknak megadjuk.

A módszer megvalósításához tervezett és házilag készített készülékben (1. ábra) a szabadon eső, kb. 2 kg tömegű, súlyos test (ólommal kiöntött vascső vagy tömör vashenger) (1) vezető drótok (2) mentén mintegy 30 cm hosszú útszakaszon esik. Esése



1. ábra

¹ Vermes Miklós: Kísérlet a szabadesés úttörvényének megfigyelésére. Fizikai Szemle I. évfolyam, 1. szám. (1950) 21. old.

² Jan Groeneveld: Zur Messung und Registrierung kurzer Zeitintervalle. Zeitschrift für Physik. Bd. 134. (1953) 645—647. old.