

63. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2021/2022
kategória A – celoštátne kolo
Text experimentálnej úlohy v maďarskom jazyku

A hengeres tekercs (szolenoid) mágneses tere

Amennyiben áram folyik egy tekercsben, mágneses mező jelenik meg a belső és a külső részében is. A hosszú tekercs belsejében, ahol a vezető csavarmenet-szerűen tekeredik egy hengerfelületre (szolenoid), a mágneses tér, a két végétől eltekintve, jó közelítésben homogén és párhuzamos a tekercs tengelyével. Ilyen tekercseket, mint homogén mágneses tér forrását használjuk. Ha a tekercs hossza rövid, összehasonlítható az átmérőjével, a mágneses tér nagysága és iránya a belsejében helyzetfüggő.

A B mágneses tér indukciójának nagysága szolenoid esetében a tekercs tengelyén, ahol párhuzamos a tekercs tengelyével–

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2l} \left(\frac{\frac{l}{2} - x}{\sqrt{\left(\frac{l}{2} - x\right)^2 + R^2}} + \frac{\frac{l}{2} + x}{\sqrt{\left(\frac{l}{2} + x\right)^2 + R^2}} \right), \quad (1)$$

itt $x = 0$ a tekercs közepének felel meg (x -t a tengely mentén mérjük), $\mu_0 \approx 4 \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ a vákuum mágneses állandója (permeabilitása), I a tekercsben folyó áram, N a menetek száma, l a tekercs hossza, R pedig a sugara. A mágneses indukció arányos a tekercsben folyó árammal.

A feladat célja feltérképezni a tekercs mágneses terét a tengelye mentén. A B mágneses indukció és a tekercsben folyó I áram erősségének $b = B/I$ arányát fogják mérni x függvényében. A b arány egy adott pontban csak a tekercs geometriájától, és az egységnyi hosszra eső menetek számától $z = N/l$ függ, valamint a közeg (a mi esetünkben levegő) minőségétől

$$b = \frac{B}{I} = \frac{\mu_0 z}{2} \left(\frac{\frac{l}{2} - x}{\sqrt{\left(\frac{l}{2} - x\right)^2 + R^2}} + \frac{\frac{l}{2} + x}{\sqrt{\left(\frac{l}{2} + x\right)^2 + R^2}} \right). \quad (2)$$

Kísérleti elrendezés

A mágneses tér mérésére szondaként mágneses kapcsolót használunk (AE–1 ábra).



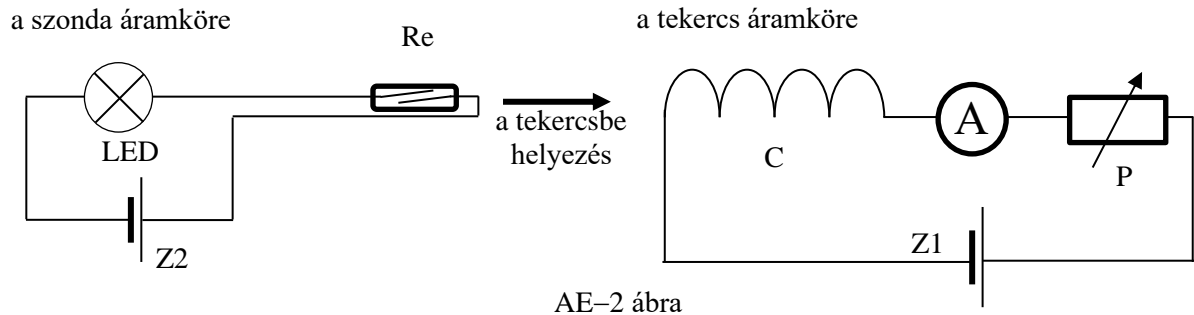
AE–1 ábra

A mágneses kapcsoló két vékony rugalmas ferromágneses nyelvcskéből áll, amelyek külső mágneses tér jelenléte nélkül nem érnek össze. Ha a kapcsoló a nyelvcskékkal párhuzamos külső mágneses térbe kerül, a ferromágneses nyelvcskék mágnesesződnek. Ha a mező mágneses indukciója elég nagy a nyelvcskék kölcsönös vonzása elég erős, és összekapcsolódnak, elektromos kapcsolást hoznak létre. Ha sorosan csatlakoztatjuk egy áramkörbe, zárja az áramkört.

A külső mágneses tér egy bizonyos minimális B_s indukciójánál a kapcsoló bekapcsol. Ha ezután a mágneses tér indukciója gyengül, egy bizonyos B_r értéknél kikapcsol.

A méréshez az AE–2 ábrán látható kísérleti elrendezést használják. A rendszer két részből áll. Az első a vizsgált C tekercs, amelyet a Z1 áramforrás táplál. Az áramerősséget az A amperméterrel mérjük és a P potenciométerrel szabályozzuk.

A második a szonda áramköre, ahol R_e a mágneses kapcsolót jelöli. A Z_2 áramforráshoz sorosan kapcsolódik a LED dióda, amely jelzi, hogy a mágneses kapcsoló bekapcsolt vagy kikapcsolt állapotban van. **Az áramkör összeállítása előtt az amperméter mérési terjedelmét állítsák 200 mA-re!**



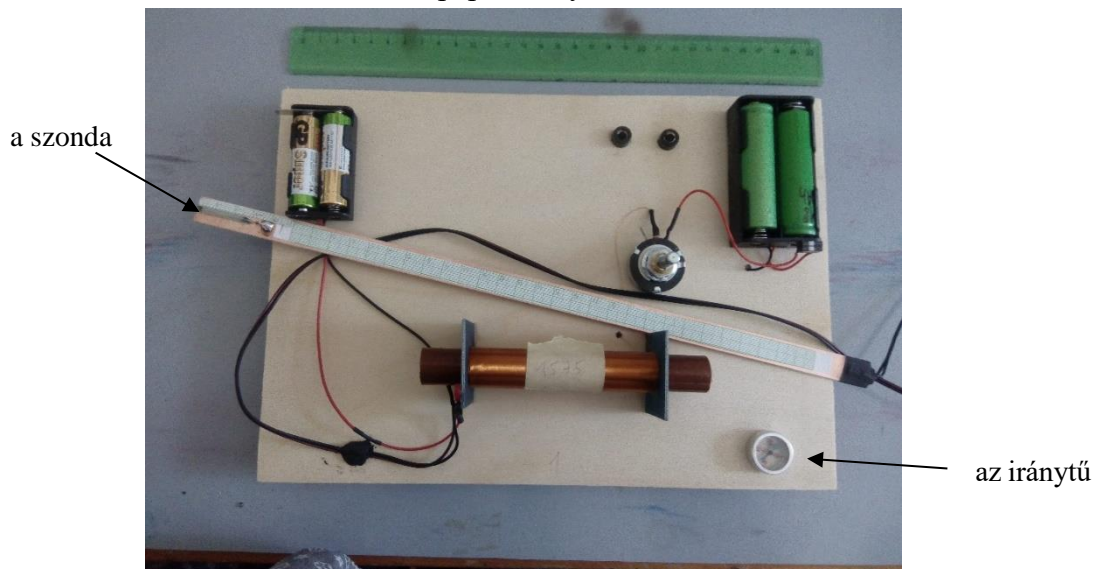
Tételezzék fel, hogy az adott szondára B_s és B_r értékei állandók (a bekapcsolási és kikapcsolási mágneses indukció erőssége)! Tételezzék fel, hogy a tekercs hengeres, és az elektromos vezető egy rétegben, egyenletesen van csévéelve!

Mérési eljárás

A szondát a tekercs tengelye mentén csúsztatva juttassák különböző helyzetekbe, majd végezzék el a méréseket! Az adott helyzetben addig növeljék a tekercsben folyó I áramerősséget, amíg a mágneses kapcsoló (a szonda) nem zárja a szonda áramkört (a LED világítani kezd)! Ezután csökkentsek a potenciométerrel a tekercsben folyó áramerősséget, amíg a szonda ki nem kapcsol (a LED kialszik)! A szondát a tekercs belsejében és a tekercsen kívül is olyan távolságokba állítsák, amit a mérési berendezés még megenged!

Segédeszközök

A kísérleti eszközök, milliméterpapír, iránytű, vonalzó, ceruza, tolómérce, multiméter.



Feladatok

U1 - A tekercs paramétereinek mérése.

- a) MÉRJÉK MEG A TEKERCS BELSŐ ÉS KÜLSŐ ÁTMÉRŐJÉT, ÉS HATÁROZZÁK MEG A TEKERCS CSÉVÉLÉSÉNEK R KÖZÉP SUGARÁT!
- b) MÉRJÉK MEG A TEKERCS l HOSSZÁT, HATÁROZZÁK MEG A TEKERCS z MENETSÚRÚSÁGÁT! AZ N MENET SZÁMA FEL VAN TÜNTETVE A BERENDEZÉSEN!

U2 – A kapcsolási és kikapcsolási áramerősség meghatározása a tekercs közepén.

- a) ÁLLÍTSÁK BE A BERENDEZÉS TENGYELÉT, IRÁNYTŰ SEGÍTSÉGÉVEL ÚGY, HOGY A FÖLD MÁGNESES TERE NE BEFOLYÁSOLJA A MÉRÉSI EREDMÉNYEKET –A TEKERCS TENGYELE LEGYEN MERŐLEGES A FÖLD MÁGNESES TERÉNEK VÍZSZINTES ÖSSZETEVŐJÉRE!
- b) HATÁROZZÁK MEG, MEGFELELŐ MÓDON, MEKKORA α SZÖGET ZÁR A TEKERCS TENGYELE AZ ASZTAL SZÉLÉVEL! VÁZOLJÁK FEL RAJZON A MÉRT MENNYISÉGEKKEL EGYÜTT!
- c) HELYEZZÉK EL A SZONDÁT KÖZELÍTŐLEG A TEKERCS KÖZEPÉRE! LASSAN NÖVELJÉK AZ ÁRAMERŐSSÉGET, AMÍG A SZONDA BE NEM KAPCSOLJA AZ ÁRAMKÖRÉT (BEKAPCSOLÁSI ÁRAMERŐSSÉG)! ISMÉTELJÉK A MÉRÉSEKET TÖBBSZÖR IS, ÉS HATÁROZZÁK MEG A KAPCSOLÁSI ÁRAMERŐSSÉG LEGVALÓSZÍNŰBB I_{S0} ÉRTÉKÉT!
- d) MIUTÁN A SZONDA ZÁRTA AZ ÁRAMKÖRT, CSÖKKENTSEK LASSAN A TEKERCSBEN FOLYÓ ÁRAMERŐSSÉGET, MÍG A SZONDA KI NEM KAPCSOL. HATÁROZZÁK MEG A KIKAPCSOLÁSI ÁRAMERŐSSÉGET! ISMÉTELJÉK A MÉRÉST TÖBBSZÖR IS, ÉS HATÁROZZÁK MEG A LEGVALÓSZÍNŰBB I_{R0} ÁRAMERŐSSÉGET!
- e) HATÁROZZÁK MEG AZ I_{R0}/I_{S0} ARÁNYT, ÉS FEJEZZÉK KI SZÁZALÉKBAN!

U3 – A b arány meghatározása a tekercs közepén (a bekapcsolási és kikapcsolási mágneses tér).

- a) HATÁROZZÁK MEG AZ (2) ÖSSZEFÜGGÉSBŐL, VALAMINT I_{S0} MÉRT ÉRTÉKÉBŐL A b_0 ARÁNYT, AMELYNÉL A SZONDA BEKAPCSOL!
- b) EGYSZERŰSÍTSÉK AZ (2) KIFEJEZÉST ARRÁ AZ ESETRE, AMIKOR $R \ll l$ ÉS $|x| \ll l$. HATÁROZZÁK MEG SEGÍTSÉGÉVEL A $(b_0)'$ ÉRTÉKET! HATÁROZZÁK MEG AZ ÍGY KISZÁMÍTOTT ÉRTÉK RELATÍV ELTÉRÉSÉT AZ (1) KIFEJEZÉSBŐL SZÁMÍTOTT b_0 ÉRTÉKTŐL!

U4 – A bekapcsolási és kikapcsolási áramerősség mérése a szonda eltolásának függvényeként.

- a) HELYEZZÉK A SZONDÁT AZ EGYIK SZÉLSŐ HELYZETBE, ÉS MÉRJÉK MEG A KAPCSOLÁSI ÉS KIKAPCSOLÁSI ÁRAMERŐSSÉGET! TOLJÁK EL A SZONDÁT A TEKERCS TENGYELE MENTÉN, ÉS ISMÉTELJÉK A MÉRÉSEKET! VÁLTOZTASSÁK A SZONDA HELYZETÉT, MÍG EL NEM JUTNAK A MÁSIK SZÉLSŐ HELYZETBE! A SZONDA MÉRT ξ ELTOLÁSÁT, VALAMINT A MEGFELELŐ I_S ÉS I_R ÉRTÉKEKET ÍRJÁK AZ AE-1 TÁBLÁZATBA!

(Megjegyzés: a szonda helyzetének terjedelme, amelyben a bekapcsolási áramerősség mérhető más, mint a kikapcsolási áramerősség esetében. Mindkét esetben a szonda helyzetét a lehető legnagyobb tartományban változtassák – ehhez igazítsák a mérési eljárást is!)

- b) SZERKESSZÉK MEG KÖZÖS ÁBRÁN AZ I_S ÉS I_R MENNYISÉGEK GRAFIKONJÁT A SZÉLSŐ HELYZETHEZ VISZONYÍTOTT ξ ELTOLÁS FÜGGVÉNYEKÉNT!
- c) HATÁROZZÁK MEG, A GRAFIKON SZIMMETRIÁJÁT FELHASZNÁLVA, A TEKERCS KÖZEPÉNEK ξ_0 TÁVOLSÁGÁT! TÜNTESSÉK FEL AZ AE-1 TÁBLÁZATBAN AZ $x = \xi - \xi_0$ ÉRTÉKEKET IS (A TEKERCS KÖZÉPPONTJÁTÓL MÉRT TÁVOLSÁGOKAT)!

U5 – A tekercs tengelye mentén mért mágneses indukció nagyságának ábrázolása.

- a) Tétélezzék fel, hogy a tekercsben folyó áramerősség állandó, értéke $I = 100$ mA. Egészítsék ki az AE-1 táblázatot minden x koordinátára a bekapcsolási és kikapcsolási áramerősségből, valamint b_0 értékekből $I = 100$ mA áramerősségre átszámított $(B_{\text{exp}})_s$ és $(B_{\text{exp}})_t$ értékekkel!
- b) Egészítsék ki a táblázatot egy új oszloppal, amelyben a $(B_{\text{exp}})_s$ és $(B_{\text{exp}})_t$ értékekből számított B_{exp} átlagértékeket tüntetik fel!
- c) Egészítsék ki a táblázatot egy új oszloppal (megfelelő számú adattal), amelyben az (1) összefüggésből $I = 100$ mA-re számított a B_{teor} értékeket tüntetik fel!
- d) Szerkesszék meg a B_{exp} és B_{teor} mennyiségek közös grafikonját az x koordináta függvényeként! Hasonlítsák össze a két grafikont, és indokolják meg az eltéréseket!
- e) Hasonlítsák össze a tekercs tengelyén mért mágneses indukciót a tekercs végén $(B_{\text{exp}})_k$ és a tekercs közepén $(B_{\text{exp}})_0$!
- f) Határozzák meg a tekercs tengelyének Δx hosszát, ahol a mágneses indukció értékét (5 % pontossággal) egyenlőnek tekinthetjük a $(B_{\text{exp}})_0$ értékkel! Fejazzék ki mint a tekercs hosszának relatív értékét!

Megjegyzés: A mérések eredményét és a számításokat írják a megfelelő táblázatokba! A grafikonokat a mellékelt mm-hálóban szerkesszék meg (Prehľad výsledkov/Eredmények áttekintése - nyomtatvány). A táblázatokban és grafikonokon előírászerűen tüntessék fel a mennyiségeket és mértékegységeiket! Észszerűen válasszák meg a grafikonok mértékegységeit!

63. ročník Fyzikálnej olympiády – Experimentálna úloha celoštátneho kola kategórie A

| | |
|--|---|
| Autor návrhu: | Mária Kládiová |
| Recenzia: | Aba Teleki, Lubomír Mucha |
| Preklad textu úloh do maďarského jazyka: | Aba Teleki |
| Redakcia: | Ivo Čáp |
| Vydal: | Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2022 |