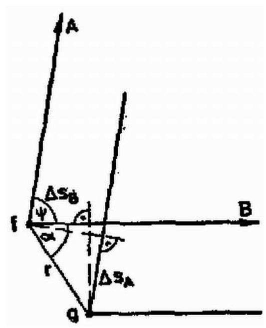
Elméleti feladatok

1. *Egy fiatal rádióamatőr rádióösszeköttetést tart fenn két lánnyal, akik két különböző városban laknak. Két függőleges botantennát úgy helyez el, hogy amikor az A városban lakó lány a maximális jelet fogja, akkor a B városbeli lány semmilyen jelet nem vesz és megfordítva. Az antennarendszer két függőleges, azonos teljesítményű botantennából áll, amelyek a vízszintes síkban minden irányban egyformán sugároznak.*

a) *Határozd meg az antennarendszer paramétereit, vagyis a botantennák közötti távolságot, az antennák elhelyezkedését és a kibocsátott elektromos jeleik közötti fáziskülönbséget úgy, hogy az antennák közötti távolság a lehető legkisebb legyen!*

b) *Add meg az eredményt numerikusan, ha a fiú a rádióadóját 27 MHz-en működteti és az antennarendszert Portorožban állítja fel! A térképen az A város (Koper) irányát az északhoz képest $72°$-nak találta, a B város (egy istriai kisváros: Buje) és az északi irány közti szöget pedig $157°$-nak mérte.*

Megoldás. *a)* Az 1. ábra felülnézetben mutatja az f és g antennát. A két antennából az A város irányába sugárzott jelek útkülönbsége $\Delta s_A = r\cos(\alpha+\psi)$. Hasonlóan a B város irányában sugárzott jelek útkülönbsége $\Delta s_B = r\cos\alpha$.



1. ábra

Az A városba érkező jelek fáziskülönbsége

(1) $$\varphi_A = (2\pi/\lambda)\Delta s_A + \varphi_0 = (2\pi/\lambda) r\cos(\alpha+\psi) + \varphi_0,$$

ahol φ_0 az f antenna fáziskésése a g antennához, képest $(0 \leqq \varphi_0 < 2\pi)$.

Hasonlóképpen

(2) $$\varphi_B = (2\pi/\lambda) r\cos\alpha + \varphi_0.$$

Ha a rádióamatőr az A városban levő lánnyal beszélget, akkor a feladat feltétele szerint

(3) $$\varphi_A = 2k\pi \quad \text{és} \quad \varphi_B = (2n+1)\pi,$$

ahol k és n egész számok. (1), (2) és (3) alapján

(4) $$r = \frac{2(k-n)-1}{2[\cos(\alpha+\psi) - \cos\alpha]}\lambda.$$

Az r távolságot kell minimalizálnunk. A számláló abszolút értéke akkor minimális, ha $k=n$ vagy $k=n+1$. Ahhoz, hogy a nevező abszolút értékének maximumát megtaláljuk, előbb alakítsuk át:

$$|2[\cos(\alpha+\psi) - \cos\alpha]| = \left| -4\sin\left(\alpha + \frac{\psi}{2}\right)\sin\frac{\psi}{2}\right|.$$

ψ állandó, ezért a kifejezés akkor lesz maximális, ha $\alpha + \frac{\psi}{2} = \frac{3\pi}{2}$, vagy $\alpha + \frac{\psi}{2} = \frac{\pi}{2}$. Az ábrának megfelelő megoldás az utóbbi, így $\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\psi}{2}$.

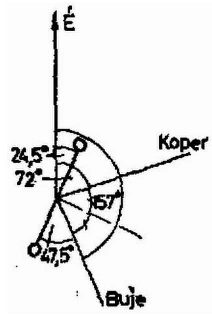
Ez azt jelenti, hogy a két antenna által meghatározott egyenes merőleges a két város közti szög felezőjére.

Az eddigiek alapján a két antenna minimális távolsága

$$r_{\min} = \frac{\lambda}{4\sin(\psi/2).}$$

(1) és (3) segítségével a két antenna jelének fáziskülönbségére $2k\pi + \pi/2$-t kapunk, tehát $\varphi_0 = \pi/2$. Ha a φ_0 fáziskülönbséget $\pi/2$-ről $3\pi/2$-re változtatjuk, akkor mindkét városba érkező jelek fáziskülönbsége π-vel változik. Ekkor a rádióamatőr a B városban levő lánnyal tud beszélgetni, és az A városban levő lány nem hallja.

b) A megadott adatokkal $\alpha = 47{,}53°$, $r_{\min} = 4{,}1$ m. Az elrendezés a 2. ábrán látható.



2. ábra

2. *Egy a, b, c oldalélű ($a \gg b \gg c$) téglatest alakú rúd InSb félvezető anyagból készült. A rúdban I áram folyik a téglatest „a” élével párhuzamos irányban. A rúd a „c” éllel párhuzamos irányú, B indukciójú külső mágneses térben van. Az I áram által keltett mágneses tér elhanyagolható. Az áramot elektronok szállítják. Ha csak elektromos tér van jelen, akkor egy félvezetőben az elektronok átlagsebessége $v = \mu E$, ahol μ az elektronok „mozgékonysága”. Ha mágneses tér is jelen van, akkor a teljes elektromos tér iránya már nem párhuzamos az elektromos áram irányával. Ezt a jelenséget Hall-effektusnak nevezik.*

a) *Határozd meg a rúdban a teljes elektromos tér nagyságát és irányát, amikor a rúdban a fent leírt áram folyik!*

b) *Határozd meg a rúd „b” élére merőlegesen elhelyezkedő kél oldalának egy-egy szemközti pontja között a feszültségkülönbséget!*

c) *Fejezd ki a* b) *pontbeli feszültségkülönbség egyenfeszültség részét, ha az áramerősség és a mágneses indukció a következőképp változik: $I = I_0 \sin \omega t$; $B = B_0 \sin(\omega t + \varphi)$!*

d) Tervezz olyan elektromos áramkört, amely a c) *pontban kapott eredményt felhasználva méri egy váltóáramú elektromos készülék teljesítményfelvételét! Magyarázd meg a tervezett áramkör működését!*

Adatok:

Az InSb-ben egy elektron „mozgékonysága”: $\mu = 7{,}8\ \mathrm{m^2/Vs}$.

Az elektronsűrűség az InSb-ben: $2{,}5 \cdot 10^{22}\ \mathrm{m^{-3}}$.

$$I = 1{,}0\ \mathrm{A};\ B = 0{,}10\ \mathrm{T};\ b = 1{,}0\ \mathrm{cm};\ c = 1{,}0\ \mathrm{mm};\ e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{As}.$$

Megoldás. *a)* Először számítsuk ki az elektronok sebességét a félvezetőben, valamint a mozgásukat létrehozó E_0 elektromos tér nagyságát!

Δt idő alatt az a élre merőleges oldallapon $enbcv\Delta t$ töltés halad át, ahol n az elektronok sűrűsége és v a sebessége. Az áramerősség tehát $I = enbcv$. Innen

$$v = \frac{I}{enbc} = 25\ \mathrm{m/s}. \tag{1}$$

A feladat szövegéből tudjuk, hogy $v = \mu E_0$. Így

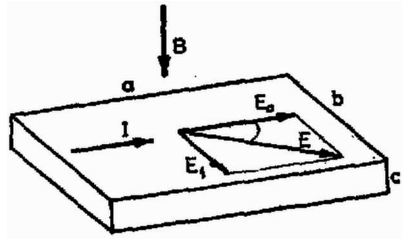
$$E_0 = \frac{V}{\mu} = \frac{I}{enbc\mu} = 3{,}2\ \mathrm{V/m}. \tag{2}$$

A félvezetőben mozgó elektronokra, sebességükre merőlegesen, azaz a b él irányában hat a Lorentz-erő. Ennek hatására a b élre merőleges két oldallap annyira töltődik fel, hogy a feltöltődés által létrehozott elektromos tér (E_1) a félvezetőben semlegesítse a Lorentz-erő hatását. (A jelenség valamelyest hasonlít ahhoz, mint amikor egy vezetőt külső elektromos térbe helyezünk.)

Az eddigiek alapján $E_1 e = evB$. (1) felhasználásával

$$E_1 = \frac{BI}{enbc} = 2{,}5\ \mathrm{V/m}. \tag{3}$$

Az eredő elektromos tér nagysága $E = \sqrt{E_0^2 + E_1^2} = 4{,}06\ \mathrm{V/m}$, a tér iránya az a éllel $\varphi = \operatorname{arc\,tg} E_1/E_0 = 38°$-os szöget zár be (3. ábra).



3. ábra

b) A keresett feszültség a két pont között

(4) $$U = E_1 b = BI/enc = 25 \text{ mV}.$$

c) (4)-et felhasználva

$$U(t) = \frac{B_0 I_0}{enc} \sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \varphi).$$

Egy trigonometriai átalakítás segítségével ezt a következő alakra hozhatjuk:

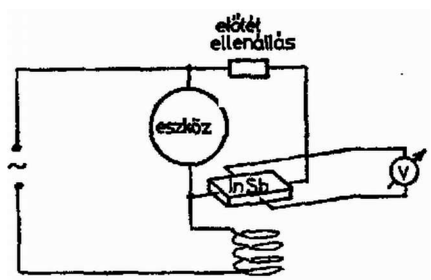
$$U(t) = \frac{B_0 I_0}{enc} \sin^2 \omega t \cdot \cos \varphi - \frac{B_0 I_0}{enc} \sin 2\omega t \cdot \sin \varphi.$$

Látható, hogy a második tag egy 2ω körfrekvenciájú szinuszos váltakozó feszültség, amelynek nincs egyenfeszültség komponense.

Az első tag egy $\sin^2 \omega t$ szerint változó feszültség. Mivel $\sin^2 \omega t$ átlagos értéke $1/2$, ezért az átlagos egyenfeszültség

(5) $$U_e = \frac{B_0 I_0 \cos \varphi}{2enc}.$$

d) A keresett áramkör egy lehetséges megvalósítása a 4. ábrán látható.



4. ábra

Tudjuk, hogy az eszköz hatásos teljesítménye

(6) $$P = U_{eff} I_{eff} \cos \varphi.$$

A kapcsolásban a félvezetőn átfolyó áram minden pillanatban arányos az eszközre eső feszültséggel. Az előtétellenállást úgy kell megválasztani, hogy a félvezető árama sokkal kisebb legyen, mint az eszközön átfolyó áram. Ekkor a tekercs által létrehozott mágneses tér minden pillanatban arányos az eszközön átfolyó árammal.

(5) és (6) összevetésével láthatjuk, hogy a voltmérő által mutatott egyenfeszültség arányos lesz az eszköz hatásos teljesítményével. Ha tehát megfelelően kalibráljuk a voltmérőt, akkor azt az eszköz teljesítményének mérésére használhatjuk.

3. *Egy űrkutatási programban két kilövési tervet dolgoztak ki arra, hogy egy űrszonda elhagyja a Naprendszert. Az első terv* (I) *az, hogy rögtön a Naprendszer elhagyásához elegendő sebességgel lövik fel. A második* (II) *terv szerint az űrszonda megközelít egy távolabbi bolygót, és ennek segítségével úgy változik meg a sebessége, hogy elérje a Naprendszer elhagyásához szükséges sebességet. Feltesszük, hogy a szonda vagy csak a Nap, vagy pedig csak a bolygó gravitációs tere hatására mozog – attól függően, hogy melyik gravitációs tér erősebb az adott pontban.*

a) *Határozd meg annak a minimális v_a sebességnek a nagyságát és irányát a Földhöz képest, amellyel az űrszondát az első terv szerint ki kellene lőni!*

b) *Tegyük fel, hogy az űrszondát az* a) *pontban meghatározott irányban, de valamilyen más, a Földhöz képest v_b nagyságú sebességgel lőtték fel. Határozd meg az űrszonda sebességét, amikor a Mars pályáját keresztezi – azaz számítsd ki ekkor a sebességének a Mars pályájával párhuzamos és rá merőleges komponensét! Amikor a szonda keresztezi a Mars pályáját, a Mars nincs a metszéspont közelében.*

c) *Most tegyük fel, hogy az űrszonda „belép” a Mars gravitációs terébe. Legalább mekkora sebességgel kellett indítani a Földről a szondát, hogy az ezek után elhagyja a Naprendszert?*

Útmutatás: Az a) *pont eredménye alapján tudod, hogy optimális esetben milyen nagyságú és irányú sebességgel kell rendelkezzen az űrszonda, hogy miután elhagyta a Mars gravitációs terét, már elszakadjon a Naprendszertől. (Ne foglalkozz azzal, hogy a találkozás során pontosan hol van a Mars!) Mi a kapcsolat ezen szökési sebesség és a Mars gravitációs terébe érkezés előtti (a* b) *pontban kiszámított) sebességkomponensek között? Mi a helyzet az űrszonda energiájának megmaradásával?*

d) *Az energiának legfeljebb hányadrésze takarítható meg az* (II) *terv alkalmazásával az* (I) *tervbeli energiához viszonyítva?*

Megjegyzések: Tegyük fel, hogy valamennyi bolygó ugyanabban az irányban és ugyanabban a síkban körpályán kering a Nap körül.

Hanyagold el a légellenállást, a Föld tengely körüli forgását, valamint a Föld gravitációs teréből való kilépésre fordított energiát!

Adatok: A Föld keringési sebessége a Nap körül 30 km/s. *A Föld és a Mars Naptól mért távolságának aránya* 2/3.

Megoldás. *a)* A Naprendszer elhagyásának feltétele az, hogy a szonda teljes E energiája nemnegatív legyen. A kilövés után közvetlenül:

(1) $$E = \frac{mv^2}{2} - f\frac{mM}{r_F},$$

ahol m a szonda tömege, v a Naphoz viszonyított sebessége, M a Nap tömege, r_F a földpálya sugara és f a gravitációs állandó.

A Föld keringése során a Földre ható gravitációs erő a centripetális erő:

(2) $$\frac{m_F v_F^2}{r_F} = f\frac{m_F M}{r_F^2},$$

ahol m_F és v_F a Föld tömege és sebessége. (2)-ből

(3) $$v_F^2 = f\frac{M}{r_F}.$$

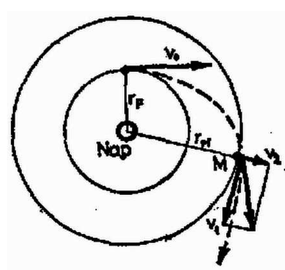
(1) és (3) felhasználásával a lehető legkisebb kilövés utáni sebesség $v = \sqrt{2}v_F$. A szonda Földhöz viszonyított sebessége a kilövés után

$$\vec{v_a} = \vec{v} - \vec{v_F}.$$

$\vec{v_a}$ nagysága nyilván akkor a legkisebb, ha $\vec{v_a}$ és $\vec{v_F}$ egyirányú, tehát a szondát a Föld mozgásának irányába lőjük ki. Ekkor

(4) $$v_a = (\sqrt{2} - 1)v_F = 12{,}4\ \text{km/s}.$$

b) Jelöljük a szonda $v_b + v_F$ nagyságú kezdősebességét v_0 lal, továbbá használjuk az 5. ábra jelöléseit!



5. ábra

Írjuk fel a szonda mozgására a perdület megmaradását:

(5) $$mv_0 r_F = mv_1 r_M,$$

ahol r_M a marspálya sugara.

Az energia megmaradása

(6) $$m\frac{v_0^2}{2} - f\frac{mM}{r_F} = m\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} - f\frac{mM}{r_M}.$$

Bevezetve a $\lambda = r_F/r_M$ jelölést, az (5) és (6) egyenletekből:

(7) $$v_1 = \lambda v_0,$$

(8) $$v_2 = \sqrt{v_0^2(1-\lambda^2) - 2(1-\lambda)v_F^2}.$$

c) Az a térrész, ahol a Mars gravitációs tere erősebb, mint a Napé, nagyon kis méretű a marspálya méreteihez képest. Azt mondhatjuk tehát, hogy amikor a szonda a Mars pályájának keresztezése előtt belép a Mars gravitációs terébe, akkor a *b)* pontban kiszámított sebességgel rendelkezik.

Ekkor a szondának a Marshoz viszonyított relatív sebessége:

$$v_r = \sqrt{v_2^2 + (v_1 - v_M)^2}, \tag{9}$$

ahol v_M a Mars keringési sebessége.

A Marshoz rögzített koordináta-rendszerből nézve a szonda a Mars gravitációs terében hiperbola pályán mozog.

Amikor a szonda elhagyja a Mars gravitációs terét, akkor a Marshoz viszonyított sebessége ugyanakkora, mint amikor oda belépett.

A szonda további mozgása olyan lesz, mintha a Marsról lőtték volna ki v_r nagyságú sebességgel. Alkalmazhatjuk tehát az *a)* rész eredményeit. Ideális esetben a Marsot elhagyva a szonda sebessége egyirányú a Mars sebességével, és a Naprendszer elhagyásának feltétele:

$$v_r = (\sqrt{2} - 1)v_M. \tag{10}$$

A Mars sebességére a (3) egyenlethez hasonlót írhatunk fel:

$$v_M^2 = fM/r_M. \tag{11}$$

A (7)–(11) egyenletekből v_0-ra egy másodfokú egyenletet kapunk, amelynek megoldása

$$v_{0_{12}} = v_F \left[\lambda^{3/2} \pm \sqrt{\lambda^3 - 2 + 2\sqrt{2}\lambda} \right].$$

Átalakítva:

$$v_{b_{12}} = v_F \left[\left(\frac{r_F}{r_M}\right)^{3/2} - 1 \pm \sqrt{\left(\frac{r_F}{r_M}\right)^2 + 2 - 2\sqrt{2}\frac{r_F}{r_M}}. \right]$$

Az adatokat behelyettesítve, az egyik gyök negatív, a másik pedig $v_b = 5{,}5$ km/s.

Tehát a Mars gravitációs terének kihasználásával elegendő, ha a szondát csak 5,5 km/s nagyságú sebességgel indítjuk el.

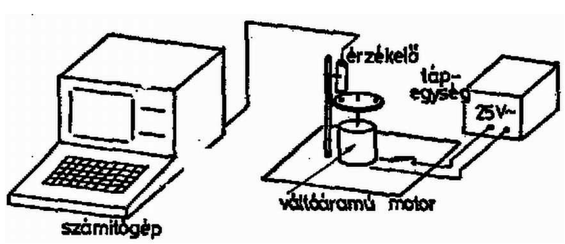
d) Az energiamegtakarítás

$$\frac{v_a^2 - v_b^2}{v_a^2} = 80~\%.$$

Mérési feladatok

1. *Vizsgáld meg a kis váltóáramú motor által hajtott sárgaréz korong gyorsulását és lassulását is! A félfordulatok mért idejéből ábrázold a korong szögelfordulását, a szögsebességét és a szöggyorsulását az idő függvényében! Határozd meg a motor forgatónyomatékát és teljesítményét a szögsebesség függvényében!*

Berendezések:
– váltóáramú motor kapcsolóval és egy sárgaréz korong;
– indukciós érzékelő;
– sokcsatornás időmérő berendezés.



6. ábra

Útmutatás: Amikor a koronghoz erősített két vasbütyök valamelyike 0,5 mm-*nél közelebb kerül az indukciós érzékelőhöz, az érzékeli ezt és egy jelet küld az időmérő berendezésnek.*

A stopper egy számítógépbe van programozva úgy, hogy regisztrálja és a memóriában tárolja azt az időpillanatot, amelynél az érzékelő érzékeli a hozzá közeledő bütyköt. A stoppert egyszerűen az alábbi számok benyomásával működtetheted:
5 – mérés. Maga a mérés nem azonnal kezdődik. A stopper akkor indul, ha beütöd annak a kódjelét, hogy hány mérést kívánsz végezni, azaz hányszor érzékelje a gép a bütyköket.
3 – 30 mérés elvégzése.
6 – 60 mérés elvégzése.

E két parancs bármelyikére elkezdődik a mérés. A mérés elvégzése után a képernyőn grafikus formában megjelenik az eredmény. A függőleges tengely a bütykök észlelése között eltelt időintervallumok hosszát mutatja, a vízszintes tengely az intervallumok számát.
7 – kijelzi az eredményeket számszerű formában. Az első oszlop a mérések sorszámát mutatja, a második a mérés kezdete óta eltelt időt, a harmadik pedig a bütykök észlelése között eltelt időtartamok hosszát adja meg.

Amennyiben 60 mérést végzel:
8 – a táblázat első oldalát mutatja,
2 – a táblázat második oldalát mutatja,
4 – grafikusan mutatja az eredményeket.

A méréssorozatot az előírt számú mérés elvégzése előtt is félbeszakíthatod oly módon, hogy valamelyik gombot megnyomod, és ezek után még egy fél fordulattal megforgatod a korongot.

A motor 25 V *váltófeszültségről működik és a tartólemezén található kapcsolóval indítható el.*

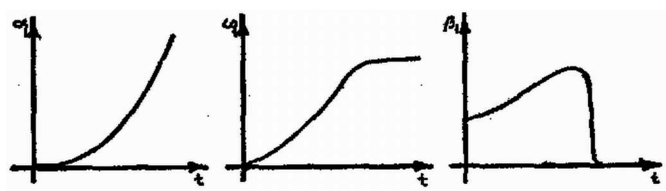
A korong és a motor forgórészének teljes tehetetlenségi nyomatéka:
$(14{,}0 \pm 0{,}5) \cdot 10^{-6}$ kgm^2.

A megoldás menete: A mérési elrendezés vázlatosan a 6. ábrán látható. A számítógép csak a feladatban leírt műveletek végzésére volt alkalmas, ezért a mellékszámításokat csak külön zsebszámológéppel lehetett elvégezni.

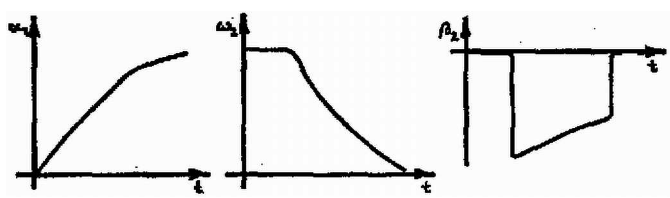
A szögelfordulás–idő grafikon elkészítése egyszerű, hiszen a mérés elvégzése után a függőleges tengelyen csak a képernyőről leolvasott félfordulatok számának π-szeresét kell ábrázolni.

A szögsebesség–idő grafikonnál a függőleges tengelyen a félfordulatok között eltelt idő reciprokának π-szeresét kell ábrázolni.

A szöggyorsulás–idő grafikont a szögsebesség–idő grafikon numerikus differenciálásával kapjuk.



7.a. ábra



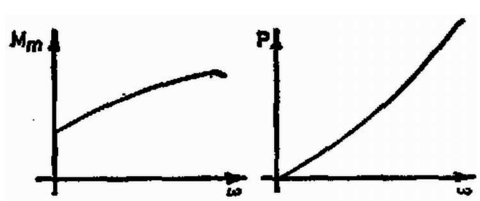
7.b ábra

A *7.a ábrán* a gyorsulásnál, a *7.b ábrán* a lassulásnál kapott grafikonok vázlatos rajzát láthatjuk. A lassulást a huzamosabb ideje működő motor kikapcsolásával lehet mérni.

Feltehetően a gyorsulásnál is ugyanazok a veszteségek vannak jelen, mint lassulásnál. Így a motor forgatónyomatéka:

$$M_m = \Theta(\beta_1 - \beta_2).$$

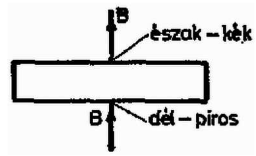
Az így kiszámított M_m-et, valamint ennek ω-szorosát ω függvényében ábrázoljuk. A kapott grafikonok sematikusan a 8. ábrán láthatók.



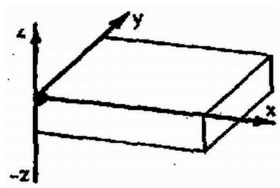
8. ábra

A megoldáshoz hozzátartozik a hibák vizsgálata, és több mérés elvégzése.

2. *Egy fekete dobozban állandó mágneseket rejtettek el. Határozd meg valamennyi mágnes középpontjának térbeli helyzetét és az irányítását! (Ez utóbbit a 9. ábra jelöléseivel értelmezzük.) Az x, y és z koordinátákat a doboz piros sarokpontjától kell mérned. (L. a 10. ábrát!)*



9. ábra



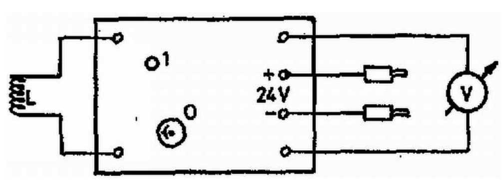
10. ábra

Miután kalibráltad a mérőrendszert, határozd meg a B mágneses indukcióvektor z komponensét az $(x,\ y)$ síkon $z = 0$ mellett!

Mérd meg a külön adott mágnes külső B mágneses indukciójának legnagyobb értékét!

Eszközök:

– *állandó mágnes, amely ugyanolyan, mint az elrejtettek;*
– *változtatható egyenfeszültségű tápegység áramerősség korlátozóval* $(0 - 24$ *V);*
– *indukciós kis tekercs* (1400 *menet,* $R = 230\ \Omega$*);*
– *tekercspár mágneses tér előállítására, egyenként* 8800 *menet és* $R = 990\ \Omega$*;*
– *fekete doboz rejtett mágnesekkel;*
– *voltmérő (az* 1 *V-os, a* 3 *V-os és a* 10 *V-os méréshatárt ajánljuk);*
– *elektronikus áramkör (javasolt tápfeszültség* 24 *V), (lásd a 11. ábrát!);*
– *árammérő műszer;*
– *tolóellenállás,* 3,3 *k*Ω*;*
– *4 db csatlakozó zsinór;*
– *tartólap, rögzítésre szolgáló lyukakkal;*
– *több célra (pl. a tekercsek rögzítésére) felhasználható gumikarikák;*
– *fogvájók;*
– *vonalzó;*
– *fonál.*



11. ábra

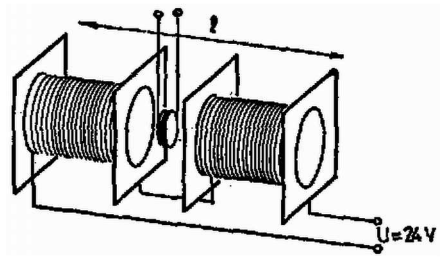
Utasítások: A mágnesek megkeresésére mindenféle rombolásmentes módszer felhasználható. A végső jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell az eredményeket, az összefüggéseket, a grafikonokat és a rajzokat. Az általad használt mérési módszer magyarázatára mindig rajzot használj magyarázó szöveg helyett, ha ez lehetséges!

Az indukált feszültség mérésére használható eszköz helyes használata egyértelműen leolvasható a 11. ábráról. Az ábra szerinti berendezés a mágneses térre reagál. A leolvasható maximális feszültség arányos a mágneses fluxusváltozással, amely átmegy a tekercsen. [Az ábrán a nullázó nyomógombot (RESET) 1*-es, a kimenő nulla szintet beállító gombot* 0 *jelöli.]*

A megoldás menete: Célszerű először a mágneses indukcióváltozást érzékelő eszközt hitelesíteni. E célból a kisméretű 1400 menetes tekercs felhasználásával állítsuk össze a 11. ábra szerinti kapcsolást. A hitelesítés a következőképp történik. A kis tekercset a 12. ábra szerinti elrendezésben a két nagy tekerecs közé helyezzük, az eszközt nullázzuk, majd a kis tekercset hirtelen kirántjuk a nagy tekercsek közül. Ekkor a műszeren mutatott feszültség a

$$\Delta B = \mu_0 \frac{NU}{lR}$$

mágneses indukcióváltozásnak felel meg, ahol N és R a két tekercs együttes menetszáma és ellenállása.



12. ábra

A mérőrendszer kalibrálása után határozzuk meg az adott állandó mágnes külső mágneses indukciójának legnagyobb értékét! Ezt legegyszerűbben úgy tehetjük, hogy a mágnes felületének különböző pontjaira helyezzük a kis tekercset, majd onnan hirtelen elrántva leolvassuk a műszeren mutatott feszültséget. A legnagyobb indukciójú helyek a mágnesrúd végének közelében vannak.

Az adott mágnesrudat a közepén fonálra függesztve és a fekete doboz felett mozgatva könnyen megtalálhatjuk a két elrejtett mágnest. Ez a módszer alkalmas a mágnesek pontos helyének meghatározására az $(x,\, y)$ síkban.

Ezután mérjük meg a B értékét a $z = 0$ síkon a mágnesek környezetében több helyen!

A mért értékek nagyságából következtethetünk arra, hogy milyen közel vannak a mágnesek a mérési helyekhez, azaz meghatározhatjuk a mágnesek z irányú elhelyezkedését.