Ismert, hogy B indukciójú mágneses mező energiasűrűsége (azaz a mező egységnyi térfogatában tárolt energia) $B^2/(2\mu_0)$, ezért az energiamérleg így írható:

$$\frac{B_1^2}{2\mu_0}\pi\big(R_1^2-R_2^2\big)\ell=\frac{{B_1'}^2}{2\mu_0}\pi R_1^2\ell+\frac{1}{2}mv^2.$$

Behelyettesítve B_1 és B_1' korábban felírt értékeit, rövid rendezés után a következő eredményt kapjuk a „lövedék” végsebességére:

$$v=\frac{R_2}{R_1}I\sqrt{\frac{\pi\mu_0}{m\ell}\big(R_1^2-R_2^2\big)}.$$

Szász Krisztián, Tasnádi Tamás és **Vigh Máté**

Beszámoló az 5. Európai Fizikai Diákolimpiáról

Az 5. Európai Fizikai Diákolimpia (EuPhO) a COVID-19 járvány miatt az előző évhez hasonlóan online formában került megrendezésre június 19. és 26. között. A versenyen 27 európai és 19 Európán kívüli ország összesen 219 diákja vett részt. A versenyzők a legtöbb országban egy helyen, tanári felügyelettel írták meg a dolgozatokat, amelyeket beszedés után beszkenneltek, és elküldtek a verseny szervezőinek, akik azokat kijavították. A verseny tisztasága érdekében az egész folyamatot (dolgozatírás, szkennelés) videón közvetíteni kellett.

A verseny az 5 órás elméleti fordulóval indult, majd a következő nap a szintén 5 órás kíséletivel folytatódott (a feladatokat alább közöljük). A tavalyi versenyhez hasonlóan a kísérleti fordulóban két szimulációs programmal dolgoztak a diákok. A dolgozatokat a szervezők által felkért javítók pontozták. A pontok esetleges megnövelése, a *moderáció* most is a versenyzők feladata volt, ami szöveges formában beküldött kérés alapján történt. Az online módon tartott eredményhirdetésre június 26-án került sor, ahol kiderült, hogy a verseny abszolút győztese *Vlad Stefan Oros* Romániából 41,3 ponttal (a maximális pontszám 50 volt). Az aranyérem határa 23,5 pont volt, amit 15 versenyző ért el. Ezüstérmet 30, bronzérmet 66 és dicséretet 27 diák kapott.

A magyar csapat egy többkörös kiválasztási folyamat végén alakult ki (ennek részleteit az előző számban közöltük). A csapat és kiemelkedő eredményeik:

Kovács Balázs Csaba (Hatvan, Bajza József Gimnázium, 11. oszt.), *aranyérem* (26,6 pont), felkészítő tanára: *Maruzsiné Sevella Judit, Kovács László;*

Varga Vázsony (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, 12. oszt.), *ezüstérem* (22,4 pont), felkészítő tanára: *Schramek Anikó;*

Bokor Endre (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, 12. oszt.), *ezüstérem* (20,5 pont), felkészítő tanára: *Schramek Anikó;*

Tóth Ábel Levente (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, 12. oszt.), *ezüstérem* (20,1 pont), felkészítő tanára: *Schramek Anikó* és *Homa Gábor;*

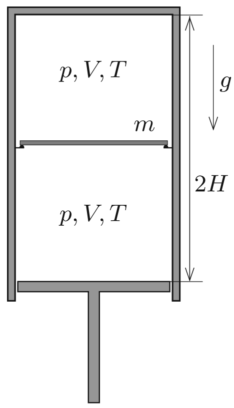
Bonifert Balázs (Budapest, Baár-Madas Református Gimnázium, 12. oszt.), *ezüstérem* (18,3 pont), felkészítő tanára: *Horváth Norbert.*

Említésre méltó még, hogy Kovács Balázs Csaba az abszolút 7. helyet érte el a versenyben. A magyar csapat vezetője *Szász Krisztián* volt, a feladatokat a versenynapok reggelén *Vankó Péter* fordította le magyarra, *Vigh Máté* pedig a versenybizottságban képviselte hazánkat. Az alábbiakban közöljük a verseny feladatait, a megoldások a verseny honlapján érhetők el: `https://eupho.ee/eupho-2021/`. A szép eredményhez gratulálunk!

Elméleti feladatok

1. Szivárgás

Egy $2H$ magasságú és $2V$ térfogatú, üreges, hőszigetelt hengert alulról egy hőszigetelt dugattyú zár el. A henger két, kezdetben egyforma részre van osztva egy hőszigetelő, m tömegű válaszfallal. A válaszfal egy kör alakú peremen nyugszik, ahol egy tömítés biztosítja a szoros érintkezést. Mindkét részt p nyomású és T hőmérsékletű héliumgáz tölt ki. A dugattyú egy erő hatására lassan felfelé mozog.



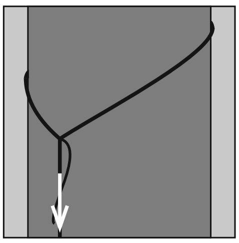
1. ábra

a) Határozzuk meg az alsó rész V_0 térfogatát, amikor a gáz elkezd szivárogni a két rész között!

b) Határozzuk meg a felső rész T_1 hőmérsékletét, amikor a dugattyú eléri a válaszfalat!

c) Határozzuk meg az alsó rész T_2 hőmérsékletét közvetlenül azelőtt, hogy a dugattyú eléri a válaszfalat!

2. Fonál egy henger körül


2. ábra

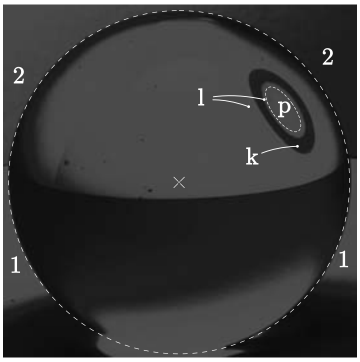
Egy fonál egyik végére $L > 2\pi R$ hosszúságú hurkot készítünk, majd egy R sugarú hengert bújtatunk át rajta. A fonál és a henger között a súrlódási együttható μ. A fonál szabad végét a henger tengelyével párhuzamos irányban húzzuk (a képen nyíl mutatja), miközben a hengert nem engedjük elmozdulni. Ha a hurok hossza nagyobb, mint egy kritikus L_0 érték, a hurok csúszhat a hengeren, anélkül hogy megváltozna az alakja. Ellenkező esetben a súrlódás „rögzíti” egy helyen, és ha növeljük a húzóerőt, a fonál akár el is szakadhat. Határozzuk meg a kritikus L_0 értéket! A fonál súlya elhanyagolható, a fonál nem csavarodik húzás közben.

Hasznos lehet:

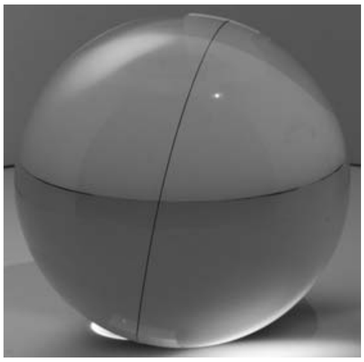
$$2\int \sqrt{1+x^2}\,\mathrm{d}x = x\sqrt{1+x^2} + \ln\left(x+\sqrt{1+x^2}\,\right).$$

3. Üveggolyó

Az első fénykép (*3. ábra*) egy digitális kamerával készült és egy üveggolyót ábrázol, amelyet hátulról egy diffúz, dikromatikus fény világít meg, amely csak két, vékony spektrumvonalat tartalmaz (vöröset 630 nm és ibolyát 400 nm). A diffúz fény a fehér padlóról (a képen 1-gyel jelölve) és a fehér falakról (2-vel jelölve) érkezik, amelyeket ibolya és vörös LED lámpák világítanak meg. A kamera érzékelőjében csak vörös, kék és zöld szenzor van, így az ibolya fény a képen kéknek látszik (lásd színesben az első belső borítón). A fénykép a golyó sugaránál jóval nagyobb távolságból készült. A golyó hátsó oldalára egy nagyon vékony, átlátszatlan fonál van ragasztva a gömb egy főkörének egy szakaszára. A fényképen a fonalat eltakarja a golyó, és így közvetlenül nem látható. Azonban a fonál egy nagyon kis darabjának nagyon-nagyon eltorzított képe kék (k-val jelölt) és piros (p-vel jelölt) ellipszisként látható. Az l betű lila színű területeket jelöl a fényképen.



3. ábra



4. ábra

Az első fényképen a golyó középpontját egy kereszt, a golyó kerületét pedig egy szaggatott vonal jelöli. (A versenyzők megkapták az első fénykép nagyobb változatát is egy külön lapon, azon végezhettek távolságméréseket. A nagyobb fényképen a piros és a lila tartományok határát is szaggatott vonal jelezte.)

A *4. ábrán* látható második fénykép úgy készült, hogy egy fehér LED világítja meg a golyót, és a golyó el van forgatva, hogy a fonál közvetlenül látható legyen.

a) Sugármenetek segítségével adjunk kvalitatív magyarázatot arra, hogy a fonál egy darabja miért látszik zárt hurokként az első fényképen!

b) Határozzuk meg a vörös fényre vonatkozó $n_{\text{vörös}}$ törésmutatót!

c) Határozzuk meg a vörös és ibolya fényre vonatkozó törésmutatók

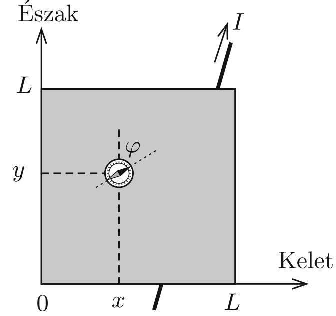
$$\Delta n \equiv n_{\text{vörös}} - n_{\text{ibolya}}$$

különbségét!

Kísérleti feladatok

1. Elrejtett vezeték

Kísérleti elrendezés és feladatok



5. ábra

Egy nagyon hosszú rézvezeték vízszintesen fut ismeretlen h mélységben a vízszintes, $L = 100{,}0$ mm élhosszúságú négyzet alakú felület alatt. A négyzet oldalai nyugat-kelet (x tengely) és dél-észak (y tengely) irányúak, ahogy az *5. ábrán* látszik. A koordináta-rendszer origója a négyzet délnyugati sarkában van.

A vezeték egy állítható egyenáramú áramforráshoz van csatlakoztatva (az ábrán nincs feltüntetve), amelyen az I áramot a -5 A és $+5$ A között tartományban lehet állítani. Az ellentétes előjelű áram az áramforrás ellentétes polaritásának felel meg. A négyzetes felületre (beleértve a határvonalát is) egy kis iránytűt helyezhetünk, ami érzékeli a vezeték mágneses mezőjét a mágnestű és az északi (y) irány közötti φ elfordulási szög által. Pozitív φ érték a keleti irányban történő eltérülésnek felel meg, ahogy az ábrán látható, míg negatív φ nyugati irányú eltérülésnek felel meg. Feltételezhető, hogy

- a mágnestű egy pontszerű mágneses dipól, amely szabadon foroghat a függőleges tengelye körül, azaz az iránytű csak a mágneses tér vízszintes komponensére érzékeny;
- a tű magassága a felület felett elhanyagolható a vezeték mélységéhez képest, azaz a tű az $x-y$ síkban van.

Tervezzük meg a mérést és végezzük el a szükséges szimulációkat a következő feladatok megoldásához:

a) Határozzuk meg a vezeték elhelyezkedését a koordináta-rendszerhez viszonyítva, azaz adjuk meg az egyenletét $y = ax + b$ alakban! Becsüljük meg az a és b paraméterek hibáját! Rajzoljuk be egy grafikonba a vezeték helyzetét, és jelöljük a pozitív I áramhoz tartozó irányt!

b) Határozzuk meg a vezeték felülethez viszonyított h mélységét és a Föld mágneses terének B_E vízszintes komponensét! A feladatnak ebben a részében nem kell hibaszámítást végezni, azonban a végeredményeket megfelelő számú értékes jeggyel kell megadni.

A vákuum mágneses permeabilitása

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T\,m/A}.$$

A szimulációs szoftver leírása

A parancssoros program szimulálja a φ eltérülési szög mérését, miután megadjuk az I áramot és az iránytű helyzetének x és y koordinátáit a felületen.

Egy szimulációs lépés tipikus kimenete így néz ki:

```
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: 3.4
Enter X (mm) between 0 and 100: 55
Enter Y (mm) between 0 and 100: 31
PHI = -33 degrees
--------------------
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: _
```

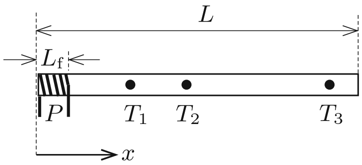
Először meg kell adjuk az I áramot A-ben (a számértéket $-5{,}0$ és 5,0 között), aztán az x és y koordinátákat mm-ben (a számértékeket 0 és 100 között). Minden adatot az **Enter** gombbal kell megerősíteni. A program kiadja φ (`PHI`) értékét fokokban ($1°$-ra kerekítve) és visszatér a kiinduló állapotba.

A megadott I áramérték 0,1 A-re, az x és y koordináta-értékek 1 mm-re lesznek kerekítve a szimuláció elvégzése előtt. (Tehát nincs értelme ennél pontosabb értékeket megadni a bevitelkor.)

Minden egyes alkalommal, amikor megadjuk az iránytű helyzetét, a szimulációban használt koordináták egy kb. 0,5 mm-es hibával el fognak térni a bevitt értékektől. (Ez azt szimulálja, hogy a valóságban is csak korlátozott pontossággal tudjuk elhelyezni.)

Ha bármikor ki akarunk lépni a programból, nyomjunk **Ctrl+C**-t.

2. Forró henger



6. ábra

Bevezetés. Egy ismeretlen fémből készült, $L = 30$ cm hosszúságú és $r = 1$ cm sugarú rúd kezdetben szobahőmérsékleten van, $T_0 = 26{,}9\ °C = 300$ K. A fémrúd tömege $m = 460$ g. Az a feladat, hogy meghatározzuk ennek az ismeretlen fémnek a termikus tulajdonságait. A fémrudat az egyik végén melegíthetjük, és tetszőlegesen megválasztható helyen megmérhetjük a hőmérsékletét. A fűtés az $x = 0$ és $x = L_f = 3$ cm között található (lásd az *6. ábrát*). A fűtés programozható: megadható egy rögzített teljesítmény (wattban) és egy időtartam (másodpercben), ameddig a fűtés be van kapcsolva. Hőmérsékletméréseket úgy végezhetünk, hogy megadunk legfeljebb öt helyet a rúd mentén, ahol a szenzorok legyenek, a mérés frekvenciájával, valamint kezdeti és befejező időpontjával együtt. A szimuláció a hőmérsékletértékeket gyorsított „valós időben” fogja mutatni (kb. 10-szer gyorsabban, mint a valóságban).

Feltételezhetjük, hogy a fűtőteljesítmény a rúdba jut, és hogy a rúd egyrészt hőátadással a levegőnek, másrészt feketetest-sugárzással ad le hőt a környezetének. A levegőnek való hőleadás lineárisan változik a rúd hőmérsékletével, és egy α tényezővel jellemezhető: a hőátadás egységnyi felületen egységnyi idő alatt $\alpha(T - T_0)$. A levegő szabadon áramlik, így α értéke állandónak tekinthető a rúd mentén, és független a felület hőmérsékletétől. A feketetest-sugárzással leadott hő a Stefan–Boltzmann-törvénnyel írható le, azzal a módosítással, hogy az emissziós állandó β, és így az egységnyi felületen egységnyi idő alatt leadott sugárzó hő $\beta\sigma(T^4 - T_0^4)$, ahol $\sigma = 5{,}67^{-8}\ \mathrm{W/(m^2K^4)}$. Hasonlóan α-hoz, az emissziós állandó is állandó a rúd mentén, és nem függ a hőmérséklettől. A rudat ezen kívül jellemzi a k hővezetési tényező (a hőáram a rúd mentén x irányban $-k\mathrm{d}T/\mathrm{d}x$), és a c fajhő.

Feladatok. A feladat az ismeretlen fém c fajhőjének ((J/kg K) egységekben), k hővezetési tényezőjének (W/(m K) egységekben), az α hőátadási tényezőnek (W/(m^{2}K) egységekben), és a β emissziós tényezőnek (dimenziótlan) a meghatározása. Az értékeket a valós értékhez viszonyítva 10% pontossággal kell megállapítanunk. Ez azért van, mert különböző hibaforrások vannak, mint a Gauss-féle véletlen hiba a szenzor helyének megadásában és a hőmérsékletmérésben. A hiba nagysága az eredmények fluktuációjából megállapítható.

Mint minden mérésnél, itt is egyértelműen fejlécezett táblázatokat, egyértelműen jelölt grafikonokat, és megfelelően részletes számításokat kell készíteni, amivel megmutató, hogy miket mértünk és hogyan jutottunk az eredményekhez.

Program kezelési felülete. A **rod** nevű szimulációs program futtatásával ismételt méréseket végezhetünk a rúdon. A program egymás után kérdezi a mérési beállításnak megfelelő értékeket. Minden esetben a megfelelő értéke(ke)t be kell írni, és meg kell nyomni a **return**-t a következő kérdéshez. A következőket kell megadni:

1. A fűtő fűtőteljesítménye:
   `Enter P (W), between 0 and 300:`
2. Az az időtartam a mérés megkezdésétől számítva, ameddig a fűtés be lesz kapcsolva (ezután a fűtés kikapcsol):
   `Enter heating duration (s), between 0 and 3600s:`
3. A rúdon végzett hőmérsékletmérések kezdő és befejező időpontjai (a kísérlet kezdetétől számítva):
   `Enter the starting and finishing time for the measurements (s), separated by a space. Must be between 0 and 3600s:`
4. Az időintervallum két egymást követő hőmérsékletmérés között:
   `Enter dt (s), between 5 and 3600s and a multiple of 5s:`
5. A hőmérő szenzorok helye a rúd mentén. A koordináták a rúdnak a fűtőtesttel ellátott végétől vannak mérve:
   `Enter up to 5 locations for the sensors (in cm), between L=0 and L=30cm, separated by spaces:`
   Ha nem írunk semmilyen értéket, az azt jelenti, hogy semmilyen mérést nem végzünk.
6. A mért hőmérsékletadatokat tartalmazó fájl neve. Minden mentett mérési adat megjelenik a képernyőn is:
   `Enter the output file name:`
   Javasolt csak ékezet nélküli latin betűket és számokat használni a fájlnévben, más esetben az adatokat nem lehet elmenteni. Az eredmények `.txt` fájlban lesznek elmentve a megadott névvel, a programmal azonos mappában.

Érvénytelen input esetén hibaüzenetet kapunk, és újra beírhatjuk az értéket.

A program kiírja, hogy nyomjunk **return**-t a mérés elkezdéséhez, vagy írjuk be, hogy `restart` és azután nyomjunk **return**-t, ha újra be akarjuk írni a mérési paramétereket. A szimuláció futásakor a program kiírja a bevitt adatokat, aztán elkezdi kiírni a fűtés bekapcsolásától számított eltelő időt (`t(s)`), és az összes szenzor által mért értéket ugyanabban a sorrendben, ahogy megadtuk őket (`Ti(C)`, ahol i az i-edik szenzornak felel meg).

Ha a szimulációnak vége, új mérést lehet kezdeni a `restart` beírása és a **return** megnyomása után.

Szász Krisztián, Vankó Péter

Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye

Versenyfelhívás és beszámoló

Ha szereted a fizikát, a kísérletezést, jól beszélsz angolul, és egy életre szóló élményre vágysz, akkor itt a helyed!

A Fizika Világbajnokságnak is nevezett IYPT (Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye, angolul International Young Physicists' Tournament) egy angol nyelvű, kísérleti fizikai csapatverseny, ahova a világ minden tájáról (több mint 30 országból) érkeznek középiskolások, hogy összemérjék tudásukat. Az IYPT a XXI. század kihívásainak megfelelő készségeket vár el az indulóktól: nemcsak a fizikában kell jártasnak lenni, hanem az eredményeket prezentálni és megvédeni is tudni kell! A résztvevő diákok a versenyt megelőzően elvégzett fizikai méréseiket és kutatásaikat egy – angol nyelven előadott – tudományos prezentáció formájában mutatják be a rivális csapatoknak.

Az IYPT verseny magyarországi első fordulójára (Hungarian Young Physicists' Tournament, HYPT) az `hypt.elte.hu` oldalon való regisztráció határideje:

2021. november 9. éjfél.

A jelentkező diákoknak egy kiválasztott IYPT problémáról 10 perces angol nyelvű előadást kell készíteni és felvenni, majd 2020. november 30-ig beküldeni. Ezen előadások alapján a legjobb beküldők az ELTE TTK-n, december közepén megrendezésre kerülő szóbeli fordulón vehetnek részt. Az induló diákoknak itt az általuk beküldött előadást élőben kell előadniuk.

A decemberi szóbeli fordulót követően a 10 legmagasabb pontszámot elérő diák az ELTE TTK Anyagfizikai Tanszékén végezheti a további kutatásait. A felkészülés során nyújtott teljesítmény alapján 3 diák indulhat az osztrák AYPT versenyen, az 5 legjobb diák pedig bekerül a Romániában megrendezésre kerülő 35. IYPT magyar csapatába.

Jelentkezés, a feladatok szövege és további információk az `hypt.elte.hu` weboldalon, illetve az `email@hypt.elte.hu` email címen.

Néhány példa a 2022-re kitűzött IYPT problémák közül:

3. Gyűrű a rúdon. Egy függőleges acélrúdra húzott csavaralátét forogni kezdhet, ahelyett, hogy egyszerűen lecsúszna rajta. Tanulmányozd az alátét mozgását és vizsgáld meg, hogy mi határozza meg a végsebességét!