Elsősorban a gimnáziumok utolsó két évfolyamára járók jelentkezését várjuk. A jelentkezők írjanak pár sort magukról, ismertessék a fizika és a matematikai tanulmányaik során elért eredményeiket (versenyeredmények, KöMaL szereplés stb.), és továbbtanulási elképzeléseiket.

A foglalkozások ingyenesek! Minden jelentkezőt e-mail-ben értesítünk (aki nem kap választ, küldje el még egyszer a jelentkezését).

Vankó Péter

Beszámoló a 3. Európai Fizikai Diákolimpiáról

Immár harmadik alkalommal, 2019. május 31. és június 4. között rendezték meg az Európai Fizikai Diákolimpiát (EuPhO) Rigában, Lettország fővárosában. A versenyen 27 európai és 9 Európán kívüli ország összesen 169 diákja vett részt. A verseny nehézségét mutatja, hogy mindössze 13 aranyérmet osztottak ki. Örvendetes, hogy az egyik magyar diák is aranyérmet szerzett, *Csépányi István* az abszolút 6. helyen végzett.

A csapat és eredményeik:

Csépányi István (Egri Szilágyi Erzsébet Gimn. és Koll., 12. oszt.) *aranyérem* (30,6 pont), felkészítő tanára: *Szabó Miklós;*

Póta Balázs (Győr, Révai Miklós Gimn. és Koll., 12. oszt.) *ezüstérem* (23,3 pont), felkészítő tanárai: *Juhász Zoltán, Bognár Gergely* és *Sávoli Zsolt;*

Fajszi Bulcsú (Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 11. oszt.) *bronzérem* (20,1 pont), felkészítő tanárai: *Csefkó Zoltán* és *Horváth Gábor;*

Elek Péter (DRK Dóczy Gimnáziuma, 12. oszt.) *bronzérem* (16,9 pont), felkészítő tanára: *Tófalusi Péter;*

Fitos Bence (Budapest, Németh László Gimnázium, 12. oszt.) *dicséret* (11,3 pont), felkészítő tanárai: *Szászvári Irén* és *Dégen Csaba.*

A magyar csapat vezetője *Vankó Péter* volt, *Vigh Máté* pedig a zsűriben, a második elméleti feladat szerzőjeként képviselte hazánkat. Az alábbiakban közöljük a verseny feladatait, a megoldások a verseny honlapján érhetők el:

`https://eupho2019.lv`.

Kísérleti feladat: Rádióhullámok terjedése

Az elektromágneses hullámok fontos szerepet játszanak az életünkben. Sok fejlett technológia épül ezeknek a hullámoknak a terjedési tulajdonságaira. Ebben a mérésben a rádióhullámok terjedését fogod vizsgálni vízben, levegőben és hullámvezetőben.

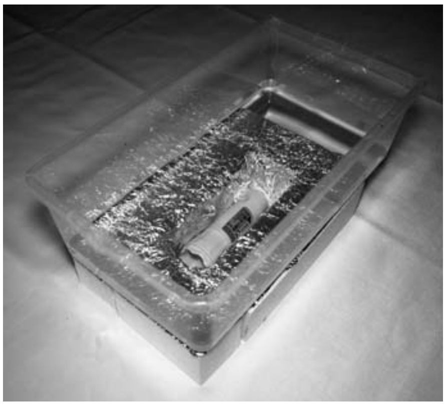
Eszközök

- Monokromatikus rádióhullám kibocsátó (adó) vízálló házban (a frekvenciája a 200 MHz – 5 GHz tartományban van), az *1. ábrán* A-val jelölve. A hullámforrás helyét az ábrán szaggatott vonal jelzi. Mellette a B-vel jelölt vevő, amely méri a vett elektromágneses hullám P teljesítményét, és az eredményt decibelben mutatja. 1 decibel $= 10\log_{10}\left(\frac{P}{1\,\mathrm{mW}}\right)$. A vevő által mutatott érték 15 másodpercenként frissül. Az érzékelő helyét egy piros háromszög jelzi az eszközön.

1. ábra

FIGYELEM! A vevő nem vízálló! Az adó háza vízálló és zárt, nem szabad kinyitni!

- Különböző átmérőjű fémcsövek (C). A belső átmérők: $d_1 = 41$ mm, $d_2 = 46$ mm, $d_3 = 59$ mm, $d_4 = 100$ mm.
- Egy műanyag cső (D), amelynek egyik vége egy kupakkal le van zárva.
- Egy lapos fenekű műanyag doboz (E). A doboz falain áthaladó rádióhullámok fáziseltolódása elhanyagolhatóan kicsinek tekinthető.
- Egy tekercs alumíniumfólia (F).
- Négy darab habszivacs (G), amelyekből egy árnyékolt tartót építhetsz az adónak, ahogy ez a *2. ábrán* látható.



2. ábra

- Egy vonalzó (H).
- Egy műanyag vödör vízzel (I), egy mérőpohár (J), egy műanyag pohár (K), papírzsebkendők (L).
- Egy vékony madzag (M), egy csipesz (N), egy tekercs ragasztószalag (O), gumik (P), és egy farúd (Q).

Az adód párosítva van a vevőddel, és a vevő kiszűri az összes többi adó jelét. Azt azonban ne felejtsd el, hogy a rádióhullámok a teremben lévő minden tárgyról (és az emberekről is) visszaverődnek, amely a hullámok interferenciájához vezet. Így ha a fejedet közelebb tartod a vevőhöz, vagy elmozdulsz, megváltozhat a vevő által mutatott érték. A vett teljesítmény függ az adó és a vevő irányítottságától is. Légy óvatos az alumíniumfóliából készült árnyékolással is: kis lyukak és rések a hullámok kiszökését okozhatják.

Az egymástól független 1–4. kérdésre tetszőleges sorrendben adhatsz választ. Készíts vázlatrajzot minden mérési elrendezésről, amit használsz, hangsúlyozva a fontos részleteket! Írd le az összes használt összefüggést, készíts táblázatot minden mért adatról, és készíts grafikonokat, ahol szükséges! Nem kell hibaszámítást végezned, de törekedj a mérések minél pontosabb elvégzésére!

1. A vevő érzékenysége. Mekkora a legkisebb mérhető vett teljesítmény (mW-ban)?

2. A hullámhossz vízben. Határozd meg a rádióhullámok hullámhosszát vízben! Használd a 2. ábrán látható összeállítást.

A következő feladatokban a hullámok terjedését valamilyen közeggel (vízzel vagy levegővel) töltött fémcsövekben fogod tanulmányozni. Ekkor

$$\vec{E} = \vec{E}_0(r,\varphi)\mathrm{e}^{-\alpha z}\mathrm{e}^{\mathrm{i}(kz-\omega t)}, \tag{1}$$

ahol $\vec{E}$ az elektromos térerősség vektora, α írja le a közeg által okozott csillapítást (vízben $\alpha > 0$, levegőben $\alpha = 0$), és az r, φ, z hengerkoordinátákat használjuk.

Az $\vec{E}_0(r,\varphi)$ függvény egy állóhullámot ír le a hullámvezető keresztmetszetében. Különböző állóhullámok a keresztmetszetben a hullámvezetőben terjedő hullám különböző *terjedési módjainak* felelnek meg. A diszperziós reláció egy a hullámvezetőben terjedő hullámra így adható meg:

$$\omega^2 = \left(k_\star^2 + k^2\right)c^2, \tag{2}$$

ahol c a fénysebesség a hullámvezetőt kitöltő közegben, $k_\star$ pedig egy pozitív konstans, amely csak a cső átmérőjétől és a terjedési módtól függ. A kísérletedben minden terjedési mód elhanyagolható a legkisebb $k_\star$ értékkel jellemzett terjedési módot kivéve. Vedd figyelembe, hogy egy hullám csak akkor terjedhet egy hullámvezetőben csillapítás nélkül (valós értékű k hullámszámmal), ha a rezgés frekvenciája elég nagy, $\omega \geqslant ck_\star$. Az (1) és (2) egyenletek érvényben maradnak alacsonyabb frekvenciákon is, tisztán képzetes $k = \mathrm{i}\mu$ hullámszámot eredményezve, amely az exponenciálisan csökkenő (eltűnő) módnak felel meg.

3. Csillapítás vízben. Határozd meg az α csillapítási együtthatót vízben! *Tanács:* A rádióhullámok akkor tudnak terjedni a műanyag csőben, ha az meg van töltve vízzel és körbe van tekerve alumínium fóliával. Használj ragasztószalagot a cső rögzítésére.

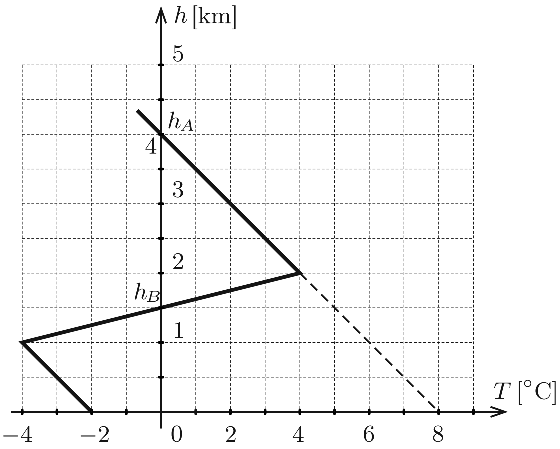
4a. Exponenciálisan csökkenő mód levegővel töltött hullámvezetőkben. Tedd az adót a $d_1 = 46$ mm átmérőjű alumínium csőbe, és tanulmányozd, hogyan változik a vevővel érzékelt hullám P teljesítménye a cső végénél az adó és a cső vége közötti z távolság függvényében! Mérési eredményeidből (a P teljesítmény a z távolság függvényében) határozd meg a μ paramétert az exponenciálisan csökkenő módban!

4b. Végezz el egy méréssorozatot annak meghatározására, hogyan függ a μ paraméter a cső d átmérőjétől! Javasolj egy függvénykapcsolatot ezen paraméterek között, és igazold feltevésedet kísérletileg!

5. Hullámhossz levegőben és a víz törésmutatója. Határozd meg a rádióhullámok hullámhosszát levegőben, és számítsd ki a víz törésmutatóját a rádióhullámokra vonatkozóan!

Elméleti feladatok

1. Jégdara. Érdekes időjárási jelenség fordulhat elő, ha a légkör hőmérsékleti profiljában *inverzió* alakul ki. A vastag, folytonos vonal a *3. ábrán* mutatja a hőmérsékleti profilt. Az inverzió az 1 km és 2 km közötti magasságban alakul ki.



3. ábra. A légkör T hőmérséklete a talajtól mért h magasság függvényében

Ilyen körülmények között a légkörön át hulló hó (részben) megolvad a melegebb rétegben, és (részben) újra megfagy „jégdara” formájában mielőtt eléri a földfelszínt.

Tegyük fel, hogy egy kicsi, gömb alakú jégcsepp majdnem teljesen elolvad, miközben átesik a légkör h_{A} és h_{B} magasság közötti rétegén, ahol a hőmérséklet fagypont felett van.

- Határozd meg, hogy a csepp tömegének hányad része fagy meg, mielőtt eléri a földfelszínt!
- Határozd meg a lehető legpontosabban mekkora lenne a csepp hőmérséklete a talajszinten, ha nem volna hőmérsékleti inverzió, és a hőmérsékleti profil a 2 km-es magasság alatt a szaggatott vonalat követné!

Hanyagold el a párolgást, a kicsapódást és a csepp méretváltozását. Feltételezd, hogy a víznek és a jégnek nagyon nagy a hővezetési tényezője, és hogy a légkör sűrűsége állandó a magasság függvényében.

Adatok: a víz fajhője $c_{\text{víz}} = 4{,}2\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}$, a jég fajhője $c_{\text{jég}} = 2{,}1\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg\,K}}$, a jég olvadáshője $L = 334\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$.

2. feladat. Egy töltött golyó mozgása. Egy tömör, homogén, gömb alakú, m tömegű és R sugarú golyó szigetelő anyagból készült és Q töltése van a térfogatában egyenletesen elosztva. A golyót egy nagy, vízszintes felületre helyezzük, és csúszás nélkül gördülő mozgásba hozzuk úgy, hogy a középpontjának kezdetben v_0 vízszintes sebessége legyen. Az egész elrendezés egy, a felületre merőleges, B nagyságú, homogén mágneses térben van. A tapadási súrlódási együttható elég nagy ahhoz, hogy megakadályozza a golyó megcsúszását. A golyó tehetetlenségi nyomatéka a középpontján áthaladó tengelyre vonatkozóan $2mR^2/5$.

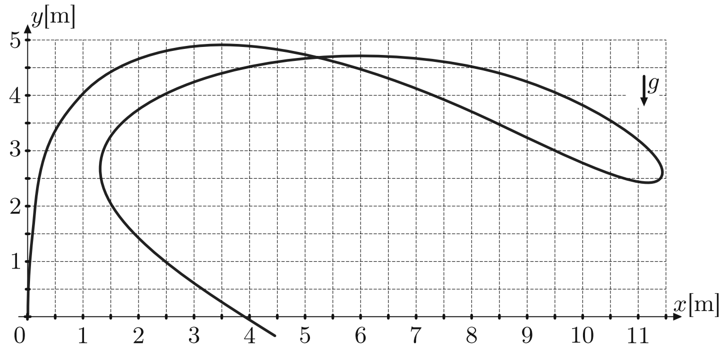
- Írd le a golyó középpontjának mozgását és a pályájának az alakját!

Segítség: A megközelítésedtől függően szükséged lehet a következő, bármely három $\vec{a}$, $\vec{b}$ és $\vec{c}$ vektorra érvényes azonosságra:

$$\vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}\,(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}\,(\vec{a} \cdot \vec{b}).$$

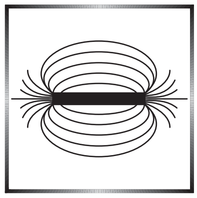
3. Locsolócső. Egy vízsugár állandó, ismeretlen v sebességgel lép ki egy locsolócső végéből. Egy gyerek játszik a locsolócsővel: véletlenszerűen forgatja egy rögzített, függőleges $x-y$ síkban. A cső vége mindig az $x = y = 0$ pontban van, és a csővég tengelyének vízszintessel bezárt szöge soha nem kisebb 45°-nál. A vízsugárnak a levegőben minden pillanatban egy szabálytalan alakja van. Egy adott pillanatban ezt az alakot a *4. ábra* mutatja.

- Ezt az ábrát használva határozd meg a víz v kilépési sebességét, ha a nehézségi gyorsulás $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.



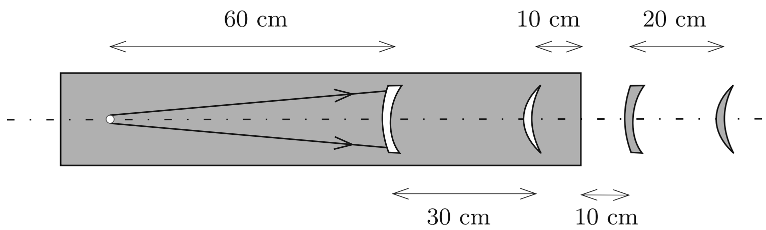
4. ábra. A vízsugár alakja egy adott időpillanatban

Fizika feladatok megoldása



P. 5075. *Az* ábra *szerinti elrendezésben közös optikai tengelyen, egymással párhuzamosan négy vékony lencse helyezkedik el. Mindegyik lencse határfelületének görbületi sugara* 5 cm, *illetve* 10 cm. *Kettő közülük* $n=1{,}5$ *törésmutatójú üvegben lévő levegőlencse, kettő pedig ugyanilyen törésmutatójú üveglencse.*

Az üvegben, az optikai tengelyen, a domborúan homorú lencsétől 60 cm*-re egy pontszerű fényforrás van. A lencse másik oldalán, tőle* 30 cm *távolságra helyezkedik el a homorúan domború levegőlencse. Ettől* 10 cm *távolságra van az üveget határoló sík felület, amely merőleges az optikai tengelyre. A sík felülettől* 10 cm*-re található az üvegből készült domborúan homorú lencse, a negyedik (homorúan domború) lencse pedig a harmadiktól* 20 cm*-re van.*



A négy lencse hová képezi le a pontszerű fényforrást?

(*4 pont*) Közli: *Zsigri Ferenc,* Budapest

Megoldás. Az $r=\pm5$ cm és $R=\pm10$ cm görbületi sugarú lencsék fókusztávolsága az

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{R}\right)$$