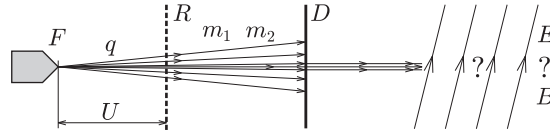


1. feladat. Izotóp ionok szétválasztása

Az F forrásból elhanyagolható kezdősebességgel kilépő q töltésű ionokat az R rács segítségével U feszültséggel gyorsítjuk, majd az így kapott nyalábot a D diafragmával párhuzamosítjuk. Az ionnyalábot két különböző, m_1 és m_2 tömegű izotóp alkotja, melyeket szeretnénk térben elválasztani egymástól, hogy részarányukat megtudjuk.



A szeparációra két megoldás is kínálkozik: az ionokat homogén mágneses térbe vagy homogén elektromos térbe vezetjük. Melyik megoldás célravezető? Miért? Milyen irányú teret alkalmazunk? (Mindkét lehetőséget tanulmányozzuk!) (4 pont)

Adjuk meg egy konkrét „szeparátor” vázlatos tervrajzát, és számítsuk ki a különböző tömegű izotópok szétválását! (3 pont)

Ha homogén tér alkalmazása nem bizonyulna célravezetőnek, nyerhetünk-e valamit inhomogén tér használatával? (Kevért teret, azaz elektromos és mágneses tér együttes jelenlétét ne vizsgáljuk!) (3 pont)

2. feladat. „Hőerőgép”

Vulkánia ország geofizikusai kutatásaik során a meglehetősen kemény, tömör kőzetbe hengeres alakú, jó mély lyukat fúrnak. A kőzet nem teljesen vízzáró, ezért tudják, hogy a lyuk lassan, egészen a felszínig meg fog telni vízzel. A vizet rendszeresen el kell távolítani, de sajnos se szivattyú, se elektromos áram nem áll rendelkezésre.

Egy hóbertos vulkániai fizikus-feltaláló, *Kétely György* a következő tervvel áll elő:

(i) *A lyukba (amelynek fala csak lassan engedi át a vizet, rövid ideig víz- és légzáró) dugattyút helyezünk el, ennek segítségével nyomjuk ki a vizet. Az üreg legalsó méteres szakaszát teljesen víz- és légzáróvá tesszük, majd egy könnyű dugattyúval lezárjuk, és a dugattyút ideiglenesen rögzítjük. Ezután a lezárt térrészt (a nemes cél érdekében) nemesgázzal, légköri nyomású héliummal töltjük meg. (A légköri nyomás 10 vízméternek felel meg.)*

(ii) *Az üreg lassan megtelik vízzel, egészen az üreg legeljától számított H magasan levő felszínig. Ekkor a dugattyú alatti nemesgázt melegíteni kezdjük. (A feltaláló egy korábbi, szabadalmaztatott eljárása segítségével Vulkánia geotermikus energiáját hasznosítva, a II. főtételt csak látszólag megsértve, tetszőlegesen magas hőmérsékletű anyaggal tudunk hőt közölni.) A melegítést egészen addig folytatjuk, amíg a gáz nyomása annyira megnő, hogy a dugattyú rögzítésére már nem hat erő.*

(iii) *A dugattyú rögzítését feloldjuk, s a gázt tovább melegítjük, úgy, hogy az tágulása során lassan kinyomja a vizet az üregből. (Ha szükséges, gyorsan hűteni is tudjuk a gázt, megakadályozva a környezetvédelmi okokból elkerülendő hirtelen vízkitörést.)*

(iv) *Végül a forró gázt lehűtjük, annyira, hogy a dugattyú az eredeti (az m -es gázoszlopnak megfelelő) helyzetébe jusson vissza. Ezután a víz ismét lassan beszívárog az üregbe, és a folyamat újra kezdődik...*

Megoldandó részfeladatok:

a) Ábrázoljuk p - V diagramon a hélium állapotváltozását egy ciklus során! A tengelyekre jelöljük be az egységeket is a megadott és esetleg még szükséges paraméterekkel kifejezve! (1 pont)

b) Mennyi „hasznos” munkát végez a gáz egy ciklus során? (1 pont)

c) Határozzuk meg, hogy a folyamat melyik részén történik hőfelvétel, és ezt – megfelelő jelölésekkel – tüntessük fel a p - V diagramon is! (3 pont)

d) Számítsuk ki a hőerőgép termikus hatásfokát (a felvett és a leadott hő különbségének és a felvett hőnek az arányát), és adjuk meg numerikusan (a nem túl mély) $H = 20$ m esetén! (3 pont)

e) Legfeljebb mekkora lehet a termikus hatásfok, és milyen H esetén érünk el (vagy közelítünk meg) ezt az elvi felső határt? (2 pont)

3. feladat. „Pattogó labdák”

Először két, majd egy későbbi kísérletben három kisméretű labdát teszünk egymás fölé, melyeket $h = 1$ m magasból leejtünk. A labdák rugalmasak, de nem tökéletesen rugalmasak. Bármely két ütköző labda között, illetve a talaj és a legalsó labda között az ütközésre jellemző ütközési szám ugyanakkora: $k = 0,9$.

A labdák között az elengedés pillanatában kicsiny rés van. A labdák egymással is és a talajjal is lényegében pillanatszerűen ütköznek. Feltételezhetjük, hogy a labdák mindvégig függőlegesen mozognak.

a) Ha csak két labdát ejtünk le, mekkora legyen a labdák tömegaránya, hogy az alsó labda pontosan megálljon, miután a felsővel ütközött? (4 pont)

b) Három labda ejtésekor mekkora legyen a labdák tömegaránya, hogy a legalsó labda éppen megálljon a középsővel történő ütközést követően, majd a középső is megálljon, miután a legfelsővel ütközött? (4 pont)

c) Milyen magasra pattan fel a legfelső labda az első és a második kísérletben? (2 pont)

Segítség: A k ütközési számra több (egyenértékű) meghatározást adhatunk. Ha például egy egyenes mentén mozog két test, akkor az ütközésüket két részre, egy összenyomódó és egy szétlökődő szakaszra bonthatjuk. A testek szétlökődésekor fellépő erőlkés (illetve ellenerő-lökés) éppen k -szoros a összenyomódáskor fellépő erőlkésnek (illetve ellenerő-lökésnek). (Az ütközési szám tökéletesen rugalmas ütközés esetén 1, tökéletesen rugalmatlan ütközéskor pedig 0.)

4. feladat. „Tökéletes” képalkotás

Egy gömb alakú, R sugarú üveggolyó belsejében, a középponttól vízszintesen balra t távolságban parányi zárvány található, amely – ha lézerral megvilágítjuk, – irányfüggetlen (izotróp) módon szórja a fényt, így pontszerű fényforrásnak tekinthető. Az üveg törésmutatója n . Nevezzük optikai tengelynek a zárvány és a gömb középpontját összekötő vízszintes egyenest!

a) Készítsünk vázlatos ábrát a különböző szóródó fénysugarakról! (1 pont)

b) A szórt fény bizonyos része nem tud kilépni az üveggolyóból. Jelöljük az ábrán a gömbfelület azon részét, amelyen keresztül a fény elhagyhatja az üveggolyót, és adjuk meg t , R és n függvényében, hogy a szórt fény energiájának hányad része marad benn az üvegben! (Az egyszerűség kedvéért tekintsük úgy, hogy ahol a fény ki tud lépni az üvegből, ott teljes egészében kilép onnan. Ténylegesen nem ez a helyzet, a fény bizonyos hányada visszaverődik, ennek pontos leírása azonban meghaladja a középiskolás ismereteket.) (2 pont)

Útmutatás: Adott sugarú gömbben egy gömböv felszíne arányos a gömböv vastagságával.

A továbbiakban szorítkozzunk a fényforrásból jobbra (a jobb oldali féltérbe) kiinduló fénysugarakra!

c) Hol és milyen jellegű képet alkotnak az optikai tengelyhez közel haladó fénysugarak? (2 pont)

d) A tárgytávolság megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a kép az optikai tengelytől távolabb haladó sugarak esetén is ugyanazon a helyen keletkezik.

Mekkora ez a tárgytávolság? (3 pont)

Mekkora ekkor a (gömb középpontjától mért) képtávolság? (1 pont)

A zárványról szóródó fény energiájának mekkora hányada vesz részt ezen (a geometriai optikai keretei között tökéletesnek mondható) leképezésben?

(1 pont)

1. mérési feladat.

A mérés célja: a volfrám fajlagos ellenállása hőfoktényezőjének mérése.

A mérés menete: A rendelkezésedre álló feszültségforrás és változtatható ellenállás (potméter) segítségével vedd fel a mérési összeállításban szereplő izzólámpa feszültség-áram karakterisztikáját, vagyis mérd meg, hogy különböző izzó-feszültségek esetén mekkora áram folyik át az izzólámpán. Az izzólámpa hidegellenállását ellenállásmérővel határozd meg.

Eszközök:

- multiméter feszültség- és ellenállásméréshez (FIGYELEM! Az ellenállásmérőt csak feszültségmentes áramkörhöz szabad csatlakoztatni!)
- kézi alaplámpa az áramméréshez (FIGYELEM! Ismeretlen áram mérését mindig 10 A-es méréshatáron kezdjed!)
- izzólámpa
- potméter műanyag dobozban
- gyengeáramú feszültségforrás
- röpszinórok
- mm-papír.

Mérési feladatok:

a) Mérd meg az izzólámpa feszültség-áram karakterisztikáját.

Rajzold fel a méréshez használt kapcsolást és foglald táblázatba a mért adatokat. (3 pont)

b) Határozd meg az izzószál volfrám anyaga fajlagos ellenállásának hőfoktényezőjét. (8 pont)

c) Határozd meg az izzószál effektív kisugárzási felületének nagyságát. (4 pont)

Segítség: Az izzószál a felvett elektromos teljesítményt hővezetés és hőszugárzás formájában adja le. Alacsony hőmérsékleteken csak a hővezetési energialeadás számottevő, ilyenkor a hőszugárzás elhanyagolható. Magasabb hőmérsékleteken mind a hővezetés, mind a hőszugárzás lényeges járulékot ad. Ez a tény lehetővé teszi a hővezetési és a hőszugárzási energialeadás szétválasztását.

A volfrámszál elektromos ellenállása széles tartományban a hőmérséklet lineáris függvényeként írható le. Ha az elektromos ellenállást a hőmérséklet függvényében ábrázoljuk, akkor egyenes adódik, melynek meredeksége a feladatban kérdéses hőfoktényező.

A volfrámszál hőszugárzását a Stefan–Boltzmann-törvény segítségével írhatjuk le:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4,$$

ahol H jelenti a kisugárzott hőáramot, vagyis a volfrámszál Δt idő alatt ΔQ hőt sugároz ki. A kisugárzott hőáram az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos, az arányossági tényezőben az A effektív sugárzási felület, az $\varepsilon = 0,9$ kisugárzási tényező (szűrkeségi faktor) és a $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ Stefan–Boltzmann-állandó szerepel.

2. mérési feladat.

A mérés célja: szappanbuborék leeresztési idejének vizsgálata.

A mérés menete: A rendelkezésre álló oldatból fűjjál szappanbuborékot a mellékelt szívószál virágsziromszerűen kiképzett végére. Mérd meg, hogyan függ a szappanbuborék leeresztési ideje a buborék kezdeti sugarától.

Eszközök: Két szívószál, mosószeres oldat, stopper, mm-papír, kartonpapírból készült segédeszköz a buborék méretének meghatározásához, vonalzó, olló (közös használatban).

Mérési feladatok: a) Mérd meg, és ábrázold grafikusán, hogyan függ a szappanbuborék leeresztési ideje a buborék kezdeti sugarától különböző szívószálhosszak esetén. (6 pont)

b) Határozd meg, hogy a leeresztési idő a kezdeti sugár milyen hatványfüggvényeként adódik különböző szívószálhosszak esetén. (5 pont)

c) Milyen elméleti-matematikai modellel írhatók le a kísérletileg adódó hatványkitevők? (4 pont)

3. mérési feladat.¹

Ebben a mérésben egy feketedobozt fogsz vizsgálni. A feketedoboznak három (**A**, **B**, **C**) kimenete van. A dobozban egy kondenzátor, egy ellenállás és egy ohmos ellenállással is rendelkező tekercs van valamilyen kapcsolatban. A feketedoboz burkolatát természetesen nem szabad bántani, az esetleges réseken se szabad bekukucskálni.

A méréshez rendelkezésre áll egy hangfrekvenciás jelgenerátor, két digitális multiméter (ezeket váltakozó áramú feszültség-, ill. árammérőnek használhatod), valamint vezetékek.

A hanggenerátoron csak a frekvencia és az amplitúdó értékét változtasd, a többi gombhoz ne nyúljál! A frekvencia nagyságrendjét a kis gombok megnyomásával (nyilak), pontos értékét a tekerő gombbal lehet beállítani.

A mérési kapcsolat összeállításánál vedd figyelembe, hogy a multiméter feszültségmérőként közel ideális műszer (10 M Ω -os ellenállással), ampermérőként viszont messze nem ilyen ideális, méréshatártól függően 10 Ω –1 k Ω ellenállása van.

Mérési feladatok:

1. Mérd meg és ábrázold a feketedoboz Z_{AB} , Z_{AC} és Z_{BC} impedanciáját a frekvencia függvényében a 20 Hz–20 kHz frekvenciatartományban!

A feketedobozra soha ne kapcsolj 2 V-nál nagyobb feszültséget!

A válaszlap megfelelő helyére rajzold fel a méréshez használt kapcsolást!

2. Mérési eredményeid alapján állapítsd meg és a válaszlap megfelelő helyére rajzold le, hogy a három megadott áramköri elem milyen kapcsolatban van a dobozban! A rajzon tüntesd fel a bemenetek **A**, **B** és **C** jelét is!

3. Mérési eredményeid alapján állapítsd meg a kondenzátor C kapacitását, az ellenállás R ellenállását, a tekercs L inductivitását és R_L ohmos ellenállását! Eredményeidet írd be a válaszlap megfelelő helyére!

¹Ez a feladat a verseny II. fordulójában szerepelt.