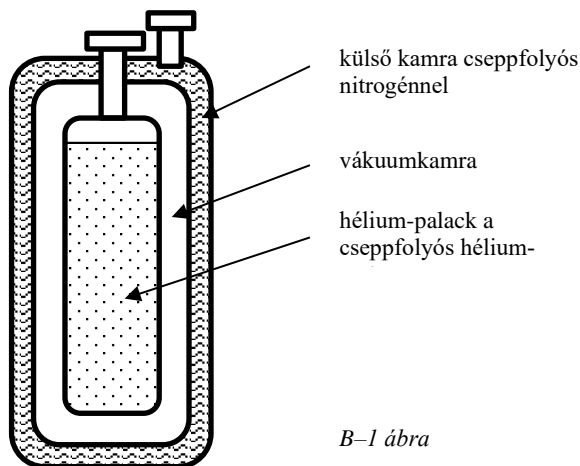


**61. ročník Fyzikálnej olympiády**  
v školskom roku 2019/2020  
kategória B – domáce kolo  
Texty úloh

**1. A Dewar-palack**

A cseppfolyósított gázok tárolására az ún. Dewar-palackot használják. Feltalálója a skót fizikus és kémikus James Dewar volt, aki elsőként cseppfolyósította az oxigént és hidrogént. A palacknak kettős fala van, amelyek közül kiszivattyúzzák a levegőt. A hélium cseppfolyósítása azonban alacsonyabb hőmérsékletet követel meg, és az elsőséget ebben Heike Kamerlingh Onnes, a holland Nobel-díjas fizikus szerezte meg. A cseppfolyósított hélium  $p_1 = 101 \text{ kPa}$  normális nyomáson  $T_1 = 4,2 \text{ K}$  hőmérsékleten forr, ezért szállításához dupla Dewar-palackot használnak, ahol a külső kamrában cseppfolyósított nitrogén van, amelynek forráspontja  $T_0 = 77 \text{ K}$  (B-1 ábra).

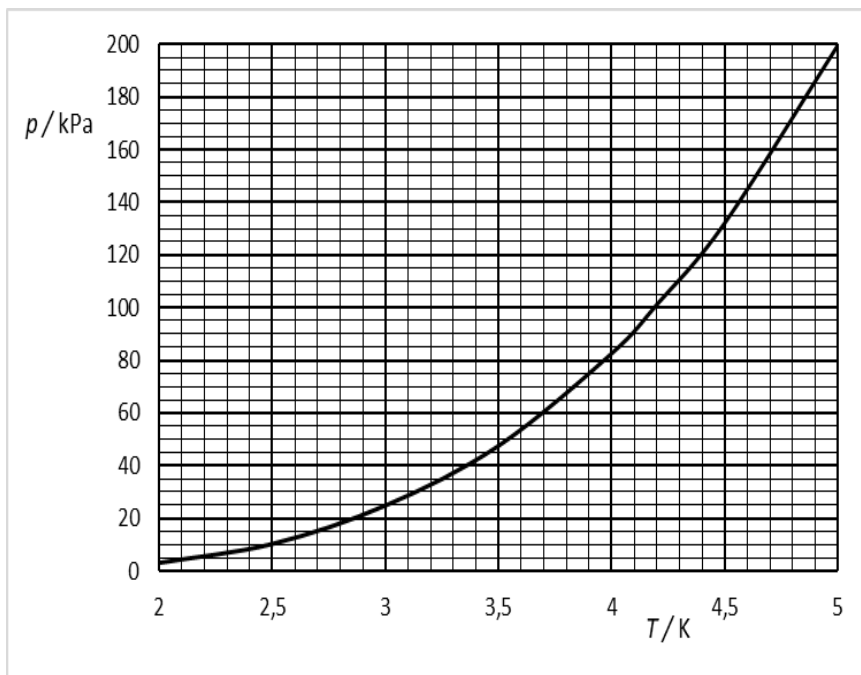


B-1 ábra

A hélium párolgásának oka a vákuummal elválasztott nitrogénkamra és hélium-palack közti hőcsere. Hogy a hélium hőmérséklete állandó maradjon, a telített héliumgőzt elszívják a hélium-palackból.

- Magyarázzák meg, miért párolog a hélium a vákuumos szigetelés, és a vákuumkamra külső falának cseppfolyós nitrogénnel való hűtése ellenére! Mi a küldetése a vákuumkamranak a hélium-palack és a nitrogénkamra között? Milyen szerepet játszik a cseppfolyós nitrogén a külső kamrában? Jelentősen befolyásolja a hélium kis hőmérséklet változása a hélium és a nitrogén közti hőcsere? Indokolják megfelelő számítással!
- Az elpárolgott hélium elszívása miatt csökken a héliumgőz nyomása és hőmérséklete. Határozzák meg a telített héliumgőz nyomását  $T_2 = 4,0 \text{ K}$  hőmérsékleten!
- $k = 1,5$ -szörösére növeljük a héliumgőz elszívásának térfogati sebességét. Mekkora  $T_3$  hőmérsékleten fog megállapodni a héliumgőz hőmérséklete, és mekkora  $p_3$  nyomáson a telített héliumgőz nyomása ezen a hőmérsékleten?

A B-2 ábrán látható grafikon a telített héliumgőz nyomásának hőmérsékletfüggését mutatja.



B-2 ábra

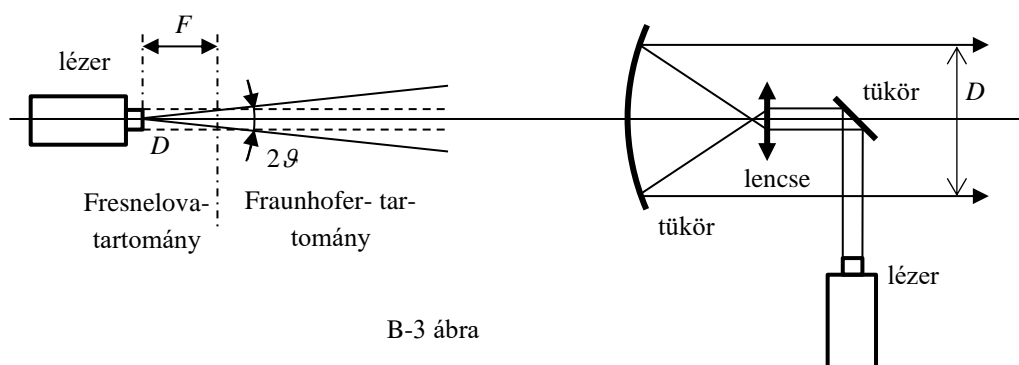
Tételezzék fel, hogy a hélium-palackban a cseppfolyós hélium felett mindig telített héliumgőz van, és ideális gázként viselkedik! A hőszigetelésnek köszönhetően a hélium csak nagyon lassan párolog, és a cseppfolyós hélium térfogata a palackban így állandónak vehető.

## 2. Kepler 452b

A Föld-Hold távolság pontos mérésére lézersugarat használnak. A lézersugár előnye, hogy a széttartása (divergenciája) nagyon kicsi. A divergencia egyik oka maga a nyílás, amelyen a lézernyaláb elhagyja a rezonátort, amelyben létrejött. A lézernyalábnak a térben kúp alakja van, amelynek a fél csúcshöge  $\vartheta$ , és teljesíti a következő összefüggést

$$\vartheta = 1,22 \frac{\lambda}{D}. \quad (1)$$

Itt  $\lambda$  a fény hullámhossza,  $D$  a nyílás átmérője (apertúra), amelyen áthalad a nyaláb. A divergencia csak az ún. Fraunhofer-tartományban jelentkezik, ahol  $r > F$  ( $r$  a nyaláb sugara,  $F$  a Fresnel-tartomány hossza – lásd a B-3 ábra baloldalát). A közeli tartományban, ahol  $r < F$  a nyaláb divergenciája nem jelentős (Fresnel-tartomány).



B-3 ábra

- Határozzák meg a Fresnel-tartomány  $F$  hosszát egy  $D_1 = 4,0$  mm apertúrájú lézer esetében, ha a fény hullámhossza  $\lambda_1 = 532$  nm (zöld fény)!
- Az a) részfeladat lézérének fényét a diák az  $l = 50,0$  m hosszú folyosó egyik végéről a másik végén levő falra irányítja. Mekkora a fényfolt  $D_2$  átmérője a falon? Mekkora volna a fényfolt  $D_3$  átmérője a Holdon, ha a sugár közepét a Hold közepére irányítaná?

A lézerefény két párhuzamos tükör között jön létre, az egyik tükör a fény egy kis hányadát át-ereszti (kimenet). Ahhoz, hogy a széttartás csökkenjen, meg kell növelni a lézer apertúráját. Ezt ún. teleszkopikus elrendezésű lézerrel érik el. A nagyobb, átteresztő tükör előtt, a lézernyalábot lencsék és parabola tükör segítségével kiszélesítik (a B–3 ábra jobb oldalán ezt csak sematikus-  
san mutatjuk, a kimeneti tükröt nem ábrázoljuk).

c) Mekkora lesz a Holdon megvilágított rész  $D_4$  átmérője, ha az apertúrát teleszkopikus elren-  
dezésben  $D'_1 = 2,0$  m-re növeljük?

Az (1) összefüggés megadja a távcsövek felbontóképességét is. A felbontóképesség az a legki-  
sebb szög, amely alatt két pontot még két különálló pontként figyelhetünk meg a távcsőben. A  
távcső esetében a  $D$  apertúra a távcső objektívjének, ill. főtükreinek átmérője (a B–3 jobb oldali  
ábrája egy ilyen távcső rajzát mutatja, ha megfordítjuk a sugarak menetirányát, és a „lézert”  
megfigyelővel helyettesítjük),  $\lambda$  pedig a fény hullámhossza, amelyen megfigyelünk.

d) Számítsák ki a Hubble-űrtávcső felbontóképességét, ha főtükreinek átmérője  $D_5 = 2,4$  m. A  
megfigyelést a kék tartományban végezzük ( $\lambda = 450$  nm). Az eredményt hasonlítsák össze  
a NASA által megadott  $\theta_{NASA} = 0,05''$  értékkel! Készítsenek vázlatos rajzot, ahol feltüntet-  
tik a lényeges mennyiségeket!

2015 június végén a NASA bejelentette egy földszerű exobolygó (Kepler 452b) felfedezé-  
sét. A bolygó egy, a mi Napunkhoz hasonló csillag körül kering, 385 nap alatt megkerülve  
azt. Tételezzék fel, hogy az exobolygó és a csillaga távolsága a Nap-Föld távolsággal  
( $d_{zs} = 150$  mil. km) egyenlő!

e) Mekkora  $D_6$  átmérőjű főtükörrel lehetne a látható tartományban a Kepler 452b exobolygót  
és központi csillagát különálló pontokként megfigyelni? Az exobolygó és központi csillaga  
 $d_L = 1400$  ly távolságban (ly – light-year: fényév – a fény által egy év alatt megtett távol-  
ság) a Hattyú csillagképben található. Járjanak utána, hogy létezik-e ilyen távcső a Földön,  
esetleg tervezik-e a megépítését!

*Megjegyzés: a Föld-Hold távolság  $d_{ZM} = 380$  ezer km. A látható fény hullámhossza a  
360 nm-760 nm tartományba esik.*

### 3. A pálca képe

Egy  $l_1 = 20$  cm hosszúságú vékony pálcát egy  $f = 30$  cm fókusztávolságú vékony gyűjtőlencse elé helyezünk, párhuzamosan a gyűjtőlencse optikai tengelyével,  $a = 50$  cm távolságban az optikai tengelytől. A pálca gyűjtőlencséhez közelebb eső vége a gyűjtőlencsétől  $b$  távolságban van.

a) Készítsék el a pálca leképezésének rajzát! A leképezést két esetre végezzék el:

- ha  $b > f$ ,
- ha  $0 < b < f$ !

b) Mekkora a pálca  $l_2$  hossza, ha  $b = 40$  cm? Mekkora  $\alpha$  szöget zár a pálca képe az optikai tengellyel?

### 4. Elektromosan töltött golyók

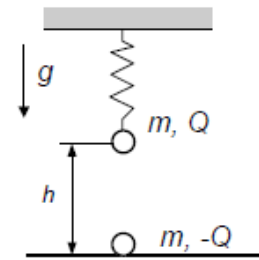
Egy kicsi,  $m = 1,2$  g tömegű és  $Q$  elektromos töltéssel bíró golyó függ egy  $k = 2,5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$  merevségű rúgón. A golyót úgy tartjuk, hogy a rúgó nem deformálódik. A golyó alatt, egy nem vezető felületen fekszik a másik, pontosan ugyanolyan golyó, amely elektromos töltése  $-Q$ . A két golyó közti távolság  $h = 15$  cm.

A fenti golyót elengedjük, és az lefelé kezd el mozogni.

a) Sorolják fel, milyen erők fognak hatni az alsó golyóra! Bekövetkezhet az az eset, hogy az alsó golyó elemelkedik az alátétől? Milyen feltételeknek kell ehhez teljesülnie?

b) Mekkora  $Q = Q_{\min}$  töltés mellett fog elemelkedni az alsó golyó az alátétől?

*A golyók méretei elhanyagolhatóan kicsik.*



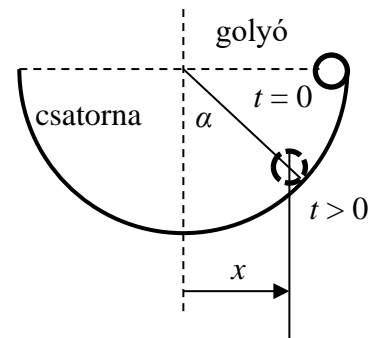
B-4 ábra

### 5. Golyó a csatornában

A vízszintes csatorna belső felülete egy  $R = 10$  cm sugarú fél henger. A belső szélére helyezünk egy  $r = 5,0$  mm sugarú homogén acélgolyót (B-5 ábra), majd elengedjük, és a golyó a csatorna tengelyére merőleges síkban mozog.

- Írják le, hogyan fog mozogni a golyó, és hogyan jut a végső, állandósult mozgásába!
- Határozzák meg az állandósult mozgás esetére a golyó függőlegestől mért maximális  $\alpha = \alpha_{\max}$  szögkitérését!
- Határozzák meg a golyó állandósult rezgőmozgásának  $T$  periódusidejét a csatornában!

A csatorna és az acélgolyó közti csúszási súrlódási együttható  $f = 0,10$ . Tételezzék fel, hogy a golyó tisztán gördülőmozgásakor nincsenek veszteségek!

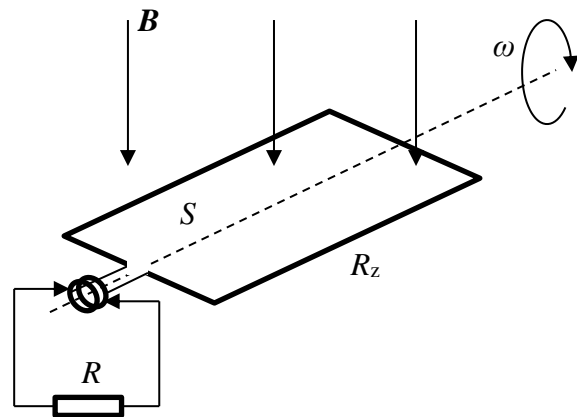


B-5 ábra

## 6. Elektromágneses fék

Nagy járműveket, pl. mozdonyokat elektromos fékekkel fékezik. A motorhoz áramforrás helyett rezisztorokat kapcsolnak, így a motor elektromos áramot termelő generátorként működik, a termelt energia a rezisztorokban hővé alakul.

Egyszerű modellként a motor  $N$  menetű tekercse téglalap alakú,  $S$  felületű téglalap. A tekercs ohmikus ellenállása  $R_z$ , és homogén, állandó  $\mathbf{B}$  indukciójú mágneses térben forog (B-6 ábra). A tekercshez csúszó érintkezéssel egy  $R$  ellenállású rezisztor csatlakozik.



B-6 ábra

Amikor a rezisztort a tekercshez kapcsoljuk, a tekercs  $\omega_0$  szögsebességgel forog.

- Mekkora  $I_m$  amplitúdójú áram halad át az  $R$  ellenállású rezisztoron ha a tekercs szögsebessége  $\omega_0$ ?
- Mekkora a tekercs-rezisztor rendszerben fejlődő hő átlagos  $P$  teljesítménye? Mekkora a  $P_0$  teljesítmény, ha a tekercs szögsebessége  $\omega_0$ ?
- Mekkora fékező  $M$  erőnyomaték hat  $\omega$  szögsebességgel forgó tekercsre, és mekkora  $M_0$  értéke, ha a tekercs szögsebessége  $\omega_0$ ?
- Hány ( $n$ ) fordulat után áll meg a tekercs az elektromágneses fékezés következtében, ha a forgó részek tehetetlenségi nyomatéka  $J$ ?

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre:  $\omega_0 = 2\pi \times 500 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $N = 200$ ,  $S = 400 \text{ cm}^2$ ,  $R_z = 5,0 \Omega$ ,  $R = 20 \Omega$ ,  $B = 200 \text{ mT}$ ,  $J = 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

## 7. A megvilágítás mérése – kísérleti feladat

A környezetvédelem leghatékonyabb formája az energiatakarékosság, ezért ajánlják, hogy a klasszikus izzókat cseréljük le takarékos LED (Light Emitting Diod) égőkre. A kísérleti feladat az égők világítását vizsgálja, és különböző égőket hasonlít össze. A méréshez használják a „Luxmeter” applikációt, egy 60 W teljesítményű izzót, és egy 9 W teljesítményű LED égőt – ilyen izzó és LED égő nagyjából azonos fényáramot szolgáltat. Az izzót és égőt egy konyhalámpa típusú lámpába tegyék, amely a mennyezetről lóg alá!

### Feladat

1. A lámpába csavarják be előbb az izzót, majd a LED égőt, és mérik meg luxmérővel a megvilágítást – mindkét esetben, ugyanabban a távolságban! Hasonlítsák össze az  $E$  megvilágítás és bemeneti teljesítmény arányát az izzó és a LED égő esetében is!
2. Határozzák meg mindkét égő esetében, hogyan függ az  $E$  megvilágítás a luxmérő és az égő közti  $r$  távolságtól! Szerkesszék meg az  $E$  megvilágítás grafikonját az  $(1/r^2)$  változó függvényeként, és győződjenek meg arról, hogy megfelel-e az eredmény a várt  $E = k/r^2$  függésnek, ahol  $k$  állandó!
3. Mérik meg mindkét égő sugárzásának szögfüggését! A luxmérőt az égő tengelyével különböző  $\varphi$  szögeket bezáró irányban helyezték el, mindig ugyanabban a távolságban és a fénysugárzásra merőlegesen. Szerkesszék meg az  $E$  megvilágítás grafikonját a fényirány és az égő tengelye által bezárt  $\varphi$  szög függvényeként! Határozzák meg annak a sugárzási jellemzőnek  $\Delta\varphi$  szögátmérőjét, amely a megvilágítás 3 dB-es csökkenését adja meg!
4. Járják végig a lakást normális megvilágításnál, és mérik fel a helyzetet, milyen a megvilágítás a lakás egyes pontjain! Fontolják meg, mely helyek alkalmasak olvasáshoz, ha olvasáshoz 500 lx intenzitású megvilágítás ajánlott?

Megjegyzés: az első három pont méréseit este, a többi világítótest kikapcsolása után ajánlatos elvégezni.