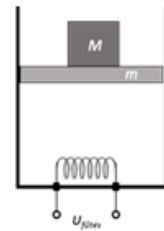


XXVI. Tornyai Sándor Országos Fizikai Feladatmegoldó Verseny  
a református középiskolák számára  
2023

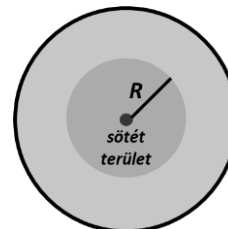
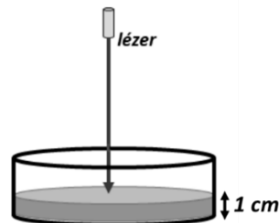
*A versenydolgozat megírására 180 perc áll rendelkezésre, minden segédeszköz használható. Egy-egy feladat helyes és hibátlan megoldása 20 pontot ér. Törekedj a rendezett külalakra, és a megoldások áttekinthető, követhető lejegyzésére!*  
*Jó munkát kívánunk!*

## 12. osztály

**1. feladat:** A hőszigetelő falú,  $100 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű hengeres edényben lévő levegő felmelegítésével a hengert lezáró, könnyen mozgó,  $1 \text{ kg}$  tömegű, ugyancsak hőszigetelő anyagú dugattyú, és a rá helyezett  $19 \text{ kg}$  tömegű test felemelhető. Amikor a beépített fűtőszál a bezárt levegőnek  $1750 \text{ J}$  hőmennyiséget ad át, a dugattyú a ráhelyezett teherrel együtt  $40 \text{ cm}$ -rel feljebb emelkedik. Mekkora a külső légnyomás?  
(A bezárt – oxigén és nitrogén keverékének tekinthető – levegőt nagyon lassan melegítették. A nehézségi gyorsulás értékét vedd  $10 \text{ m/s}^2$ -nek!)



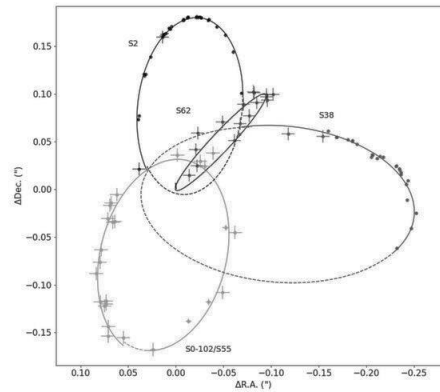
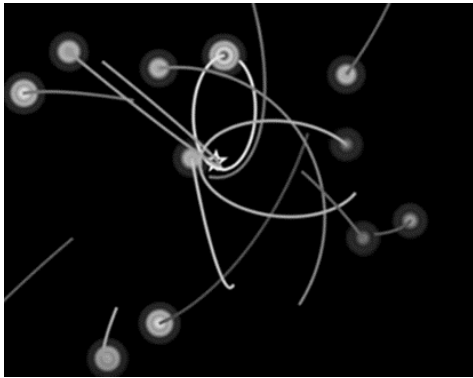
**2. feladat:** Egy homokfűvott, matt, szemcsés belső felületű hengeres üvegedénybe  $1 \text{ cm}$  vastagságban vizet töltöttünk. Keskeny, vörös színű lézervény-nyalábot irányítva merőlegesen a vízfelület középpontjába, az edény fenekén – a mellékelt felülnézeti ábrának megfelelően – a megvilágított fényes pont körül egy sötét kört figyeltünk meg, azon túl viszont az edény aljának többi részét is halvány vörös fény világította meg. Mekkora volt a sötéten maradt terület sugara, ha a víz törésmutatója  $1,33$ ?



*felülnézet*

**3. feladat:** A 2020-as fizikai Nobel-díjat hárman kapták, megosztva: Roger Penrose fizikus-matematikus a fekete lyukak kialakulására vonatkozó elméleti eredményeiért, Reinhard Genzel és Andrea Ghez csillagászok pedig a galaxisunk középpontjában lévő szupermasszív kompakt objektum felfedezéséért. A két csillagász több évtizedes munkával, a közeli infravörös tartományban végzett észlelések alapján igazolta, hogy a Nyilas csillagképben lévő Sgr A\* intenzív rádióforrás közelében, Galaxisunk középpontjában, Napunktól mintegy  $8,5 \text{ kpc}$  távolságban egy fekete lyuk található.

A fekete lyuk természetesen közvetlenül nem látható, létezésére és jellemzőire a körülötte keringő csillagok pályájának megfigyeléséből következtettek. Mintegy  $20$  éven keresztül kísérték figyelemmel például az S2 jelű csillagot, és megállapították, hogy  $15,2$  földi év periódusidővel kering egy olyan ellipszispályán, melynek fél-nagy tengelye  $950 \text{ CsE}$  (*csillagászati egység*) hosszúságú. (A mellékelt ábrák a megfigyelések eredményei alapján készültek.)



- a) Milyen tömegű lehet a fekete lyuk, amely körül az S2 kering? Hány Nap-tömegnek felel meg ez az érték?
- b) Az S2 2018. május 19-én haladt át pályájának a fekete lyukhoz legközelebbi, attól 123 CsE távolságban lévő pontján. A vákuumbeli fénysebesség hány százaléka volt ott az S2 sebessége?
- c) Tudjuk, hogy a fekete lyuk által uralt tartományt, amelyet még a fény sem képes elhagyni, az ún. eseményhorizont határolja, melynek kiterjedését a Schwarzschild-sugár, azaz

$$R_S = \frac{2 \cdot \gamma \cdot M}{c^2}$$

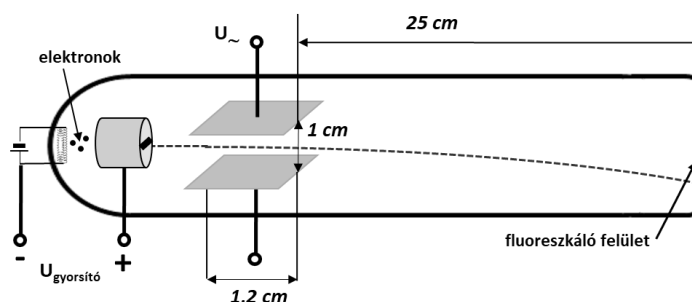
adja meg, ahol  $c$  a vákuumbeli fénysebesség,  $M$  a fekete lyuk tömege. A Schwarzschild-sugár hányszorosa volt az S2 és a központi fekete lyuk között mérhető legkisebb távolság?

Felhasználhatod, hogy  $1 \text{ pc (parsec)} = 3,26 \text{ fényév} = 3,0856 \cdot 10^{13} \text{ km} = 206\,264 \text{ CsE}$ .

A Nap tömege  $1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , a gravitációs állandó  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

(A Függvénytáblázatban található képletekbe történő egyszerű behelyettesítés nem tekinthető teljes értékű megoldásnak!)

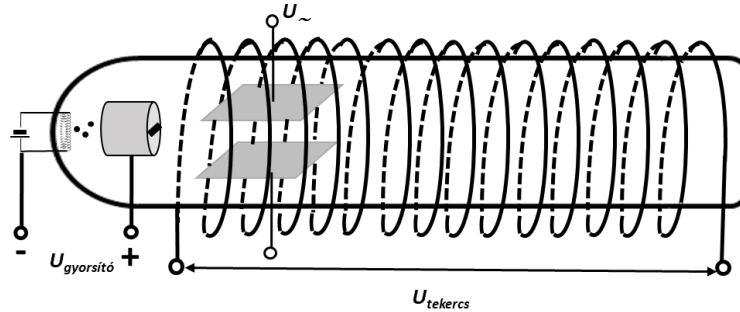
**4. feladat:** Vákuumcső izzókatódjából kilépő, majd 1000 V feszültséggel vízszintes irányú sebességre gyorsított elektronok keskeny nyalábjá vízszintes helyzetű, egymástól 1 cm távolságban lévő, 1,2 cm hosszúságú alumíniumlemezek által alkotott síkkondenzátor fegyverzetei közé lép, a lemezeket elválasztó távolság felének magasságában. A kondenzátorlemezekre 20 V effektív értékű, szinuszosan váltakozó feszültséget kapcsolnak. Ennek hatására a cső katóddal szemben lévő, fluoreszkáló festékkel bevont, gyakorlatilag síkfelületnek tekinthető, a lemezektől 25 cm távolságban lévő falán a becsapódó elektronok nyomán zöldes fényben világító egyenes szakasz rajzolódik ki.



- a) Eredeti haladási irányuktól maximálisan mekkora szöggel térülnek el a kondenzátorlemezek között áthaladva az elektronok?
- b) Milyen hosszú a „képernyőn” megfigyelhető, zöld színben fluoreszkáló szakasz?

FOLYTATÁS A KÖVETKEZŐ OLDALON! →

c) A vákuumcsövet egy szolenoiddal körülveszik úgy, hogy a cső és a tekercs hossz tengelye egybeessen. A szolenoid áramát nulláról lassan növelve a „képernyőn” kirajzolódó szakasz elfordul, hossza csökken, majd egy bizonyos áramerősség-értéket elérve egy fényes ponttá zsugorodik. Becsüld meg, mekkora ebben az állapotban a tekercs által létrehozott mágneses mező indukciójának nagysága!



Az elektron töltése  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C, tömege  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg. A földi mágneses mező hatását, valamint a lemezpárok között kialakuló elektromos mező szóródását figyelmen kívül hagyhatod!