Szakács Jenő Megyei Fizikaverseny

2021/2022. tanév

II. forduló

2022. február 14.

*Minden versenyzőnek a számára (az alábbi táblázatban) kijelölt **négy** feladatot kell megoldania. Azoknak a tanulóknak, akik nem gimnáziumi rendszerben tanulnak fizikát, az **A** feladatsort kell megoldani.*

A rendelkezésre álló idő 180 perc. A feladatok megoldásait önállóan kell elkészítenie, függvénytáblázat és számológép használható. Minden feladatot külön lapon oldjon meg! A feladatok különböző pontértékűek és az egyes kategóriákban elérhető maximális pontszámok is eltérőek.

A gimnazisták feladatai		*A nem gimnáziumi tanulók feladatai*	
***9.** osztály*	*1., 4., 6., 13. (50 pont)*	**A.**	*1., 3., 13., 14. (55 pont)*
***10.** osztály*	*5., 10., 11., 14. (70 pont)*		
***11.** osztály*	*7., 9., 12., 15. (80 pont)*		
***12.** osztály*	*2., 8., 9., 15. (75 pont)*		

FIGYELEM!!!
*Azokban a feladatokban, ahol erre az adatra szükség van, vegye a földfelszíni gravitációs gyorsulás értékét **10 m/s²**-nek (hacsak a feladat nem ad meg más értéket)!*

Jó munkát kívánunk!

1. Amerikai tudósok ésszerűsíteni szeretnék fontot, lábat és más hasonló egységeket használó angolszász mértékrendszerüket olyan módon, hogy az időnek új egységet választanak, amit *tick*-nek akarnak elnevezni. A cél az, hogy 1 N erő, ami tudvalevőleg éppen 1 kg·m/s^2, pontosan 1 font·láb/tick^2 legyen. Hány másodperccel legyen egyenlő egy *tick*? Ismert, hogy 1 font 45,4 dkg-mal, 1 láb pedig 30,5 cm-rel egyenlő. **(10 pont)**

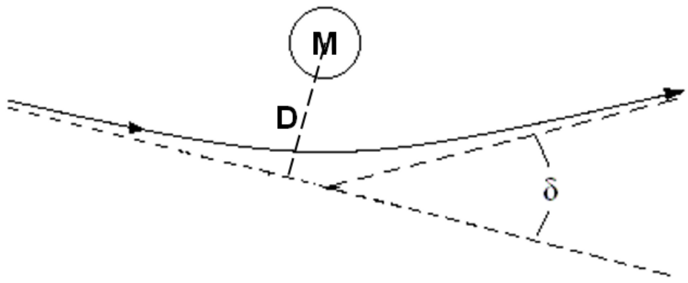
2. A fizika történetének egyik kiemelten izgalmas és fontos felfedezése, hogy egy fénysugár, amely egy *M* tömegű csillagtól *D* távolságra haladna el, az *M* tömeg gravitációs erőterében δ szögű irányváltozással eltérül (lásd az ábrán).
Vegyük számba, hogy milyen fizikai tényezőktől függ a δ szögeltérülés (mindegyiknél megadjuk a mennyiség jelét és az SI mértékegységét is):
a csillag *M* tömege, $[M] = kg$,

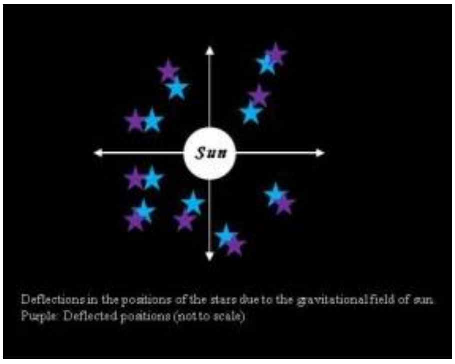
a *G* gravitációs (Cavendish) állandó, $[G] = \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$,

a *c* fénysebesség, $[c] = \frac{m}{s}$,

a *D* távolság, $[D] = m$.

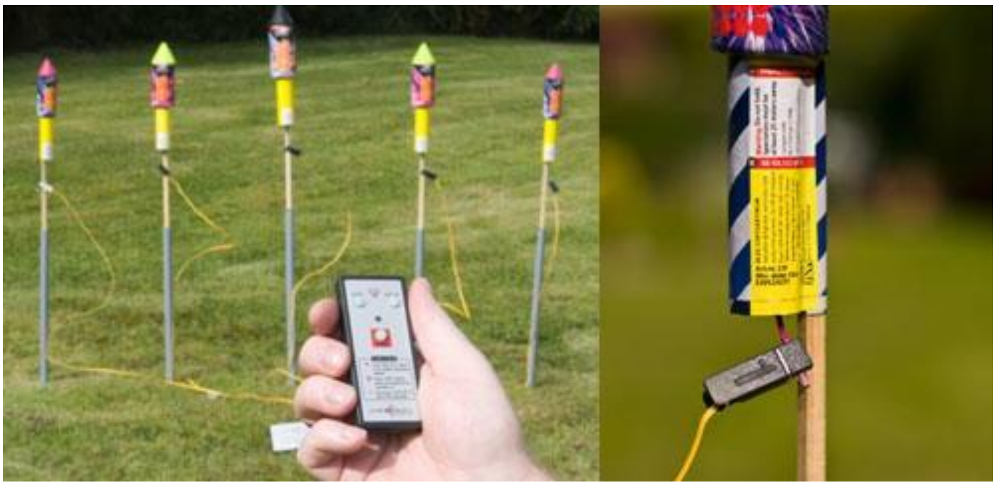
A δ szögeltérülést SI-ben radiánban mérjük, amely mértékegység nélküli mennyiség $[\delta]=1$, mivel két hosszúság mértékegységű mennyiség (az ívhossz és sugár) hányadosaként definiáljuk.
Próbáljunk előállítani a fenti négy fizikai mennyiségből – szorzás, osztás és hatványozás műveletekkel – egy Y mértékegység nélküli ($[Y]=1$) mennyiséget, amelyre $\delta \propto Y$, azaz a szögeltérés arányos kell, hogy legyen ezen Y mennyiséggel! (A konstrukció során figyeljünk arra is, hogy fizikai képünk alapján a fenti mennyiségek melyike miként befolyásolhatja – növelheti, vagy csökkentheti – az eltérülés mértékét!)





(Megjegyzés: a klasszikus (Newtoni) fizika törvényeiből levezetve $\delta = 2 \cdot Y$, míg Einstein általános relativitáselmélete alapján $\delta = 4 \cdot Y$ adódik. A Nap közelében elhaladó fénysugár elhajlására Eddington által elvégzett pontos mérések Einstein által kapott értékkel esnek egybe, ez az általános relativitáselmélet egyik fontos kísérleti igazolása.) **(10 pont)**

3. Aladár tűzijáték-rakétákkal játszik. A rakéták függőlegesen mozognak, és pillanatszerűen indulnak el, azaz elhanyagolható idő alatt érik el állandó emelkedési sebességüket, majd indításuk után egy bizonyos idővel felrobbannak. Aladár távirányítót használ, és biztonságos 20 m távolságra áll az indítás helyétől. Az indítás hangja után 1 másodperccel látja a robbanást, majd további 0,2 s elteltével hallja is a robbanást. Mekkora a rakéták sebessége? (Aladár testmagassága a rakéták által elért magassághoz képest elhanyagolható.) **(15 pont)**



4. Egy egyenes útszakaszon egyforma gépkocsik haladnak v = 50 km/h sebességgel és azonos követési távolsággal. A gépkocsik legrövidebb fékútja is megegyezik.

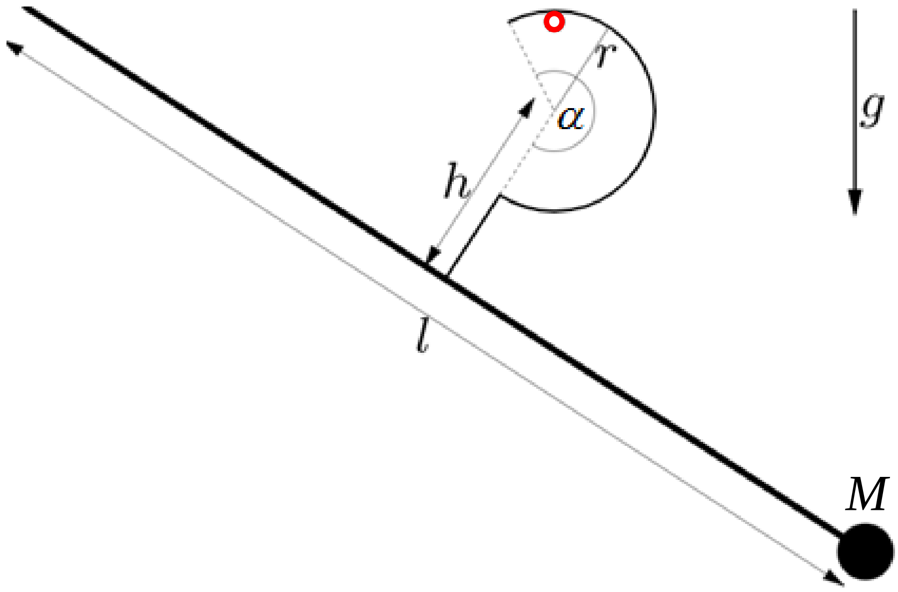
a) Egy elöl haladó gépkocsi féklámpájának kigyulladása és a mögötte haladó lassulásának kezdete közt eltelt idő a gépkocsivezető cselekvési ideje. Ez alatt a gépkocsi lassulása zérus. A vezetők cselekvési ideje t_{cs} = 2 s.
Mekkora utat tesz meg egy gépkocsi a cselekvési idő alatt? (**2 pont**)

b) Mekkora a fékút, azaz mekkora utat tesz meg egy gépkocsi a fékezés során, ha lassulása a = 5 m/s^2? (**2 pont**)

c) Legalább mekkora legyen a követési távolság, hogy az egyik gépkocsi hirtelen fékezésekor a mögötte haladó ütközés nélkül meg tudjon állni? A gépkocsik a saját féklámpájuk kigyulladásakor kezdenek el lassulni. (**1 pont**)

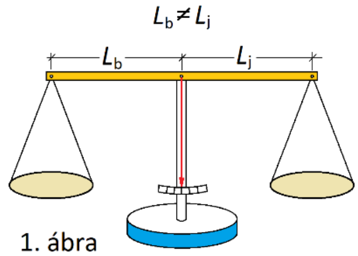
d) A gépkocsik hossza L = 5 m. Legföljebb hány gépkocsi haladhat át óránként egy adott útszelvényen a megadott sebességgel, ha betartják a követési távolságot? (**5 pont**)

5. Mekkora súlyt erősíthetünk az ábrán látható egyszerű vállfa végére anélkül, hogy a vállfa lefordulna onnan, ahova akasztottuk (a kis karikával jelzett pl. szögre)? A vállfa kampós részét nagyon könnyű drótból hajlították, és a kampó egyenes vége egy fa keresztrúdhoz csatlakozik, mely 30 cm hosszú és 200 g tömegű. A kampó íves része 2,5 cm átmérőjű körívbe van hajlítva, aminek középponti szöge 240°. Az ív középpontja és a fa keresztrúd közötti távolság 5 cm. Minden súrlódás elhanyagolható. **(20 pont)**

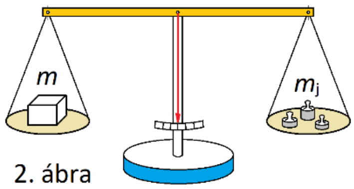


6. Egy kétkarú mérleg karjainak hossza és tömege nem pontosan azonos. Egy test tömegét a következő módon mérjük meg egy ilyen mérleggel.
(Ez a Gauss-féle felcserélési módszer.)

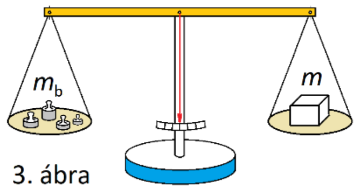
1. Megállapítjuk a terheletlen mérleg egyensúlyi helyzetét (1. ábra).
2. Az ismeretlen m tömegű testet a bal serpenyőre helyezzük, majd a jobb serpenyőre helyezett m_j tömegű mérősúllyal kiegyensúlyozzuk a mérleget, beállítjuk az előző egyensúlyi helyzetet (2. ábra).
3. Az ismeretlen m tömegű testet áthelyezzük a jobb serpenyőre, és a bal serpenyőre helyezett m_b tömegű mérősúllyal ismét kiegyensúlyozzuk a mérleget, ismét beállítjuk az egyensúlyi helyzetet (3. ábra).



1. ábra



2. ábra



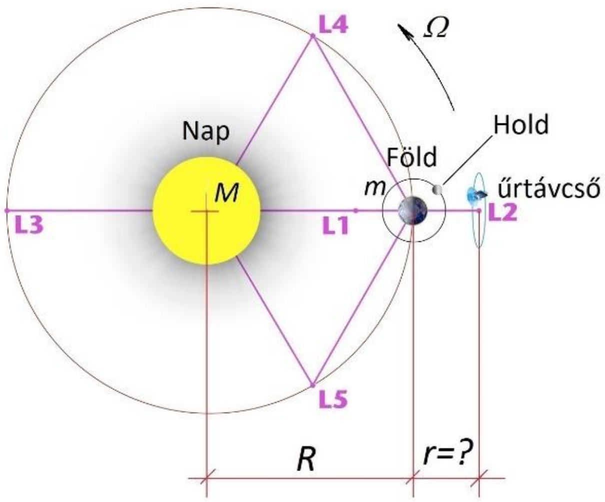
3. ábra

Adatok:
A mérlegkar teljes hossza: $L_b + L_j = 400$ mm.
Bal serpenyőre helyezett mérősúly tömege: $m_b = 125$ g,
Jobb serpenyőre helyezett mérősúly tömege: $m_j = 123$ g.

a) Mekkora a test tömege? (**10 pont**)

b) Mekkora a mérlegkarok hossza? (**5 pont**)

7. Két, nagytömegű égitest librációs pontjai (Lagrange-pontjai) azok a pontok a világűrben, ahol egy kis tömegű harmadik test (pl. űrszonda, űrtávcső) nyugalomban van a két nagytömegű égitesthez viszonyítva. (Lagrange 1772-ben kimutatta, hogy minden égitest-párosnak 5 librációs pontja van.) A Nap-Föld rendszer librációs pontjait láthatjuk a mellékelt ábrán.
A 2021. dec. 25-én útjára bocsátott Webb űrtávcső az L2 librációs pont körül kering a Napot a Földdel összekötő egyenesre jó közelítéssel merőleges síkban.



A Nap-Föld rendszer Lagrange pontjai


A Webb űrtávcső az L2 pont körül kering

A következő egyszerűsítő feltételek mellett határozzuk meg az L2 librációs pont Földtől mért távolságát.

- A Napot és a Földet tekintsük pontszerűnek.
- A Naphoz rögzített vonatkoztatási rendszert tekintsük inerciarendszernek.
- Tömegek: Nap: M = 1,983x10^{30} kg, Föld: m = 5,974x10^{24} kg.
- A Nap, a Föld és az L2 pont egy egyenesen fekszik, amely állandó Ω szögsebességgel forog a Nap körül.
- A Föld R = 149,6x10^{6} km, az L2 pont $R + r$ sugarú körpályán kering a Nap körül. A rajz nem méretarányos.
- Az L2 pontban levő testre ható, a Nap irányába mutató centripetális erő megegyezik a Nap és a Föld gravitációs vonzóerejével.
- Csak a Nap és a Föld gravitációs vonzóerejét vegyük figyelembe (a többi égitest hatását hanyagoljuk el).

a) Mekkora az L2 pont Földtől mért r távolsága? (**15 pont**)

b) A Nap-Föld rendszer tömegközéppontja milyen távol van a Nap tömegközéppontjától? (**5 pont**)

A számítás során használja ki a következő közelítést: $\dfrac{1}{(R+r)^2} \approx \dfrac{1}{R^2}\left(1-2\dfrac{r}{R}\right)$.

8. Az emberiség egyik jövőbeli nagy tudományos-technikai (vagy inkább tudományos-fantasztikus) terve, hogy a Föld két átellenes felszíni pontja között „csőpostát”, azaz egy – a Föld középpontján áthaladó – egyenes alagútba helyezett csövet fektessen.

Mennyi idő alatt ér át a másik oldalra a csőposta egyik végén beleejtett (extrém viszonyok elviselésére tervezett) kapszula? (A csőben légritkított teret tartanak fent, így a mozgást akadályozó erők elhanyagolhatók.) **(18 pont)**

Mennyi idő alatt tudná eljuttatni a célba egy 1000 km/h sebességű repülőgép a kapszulát? **(2 pont)**

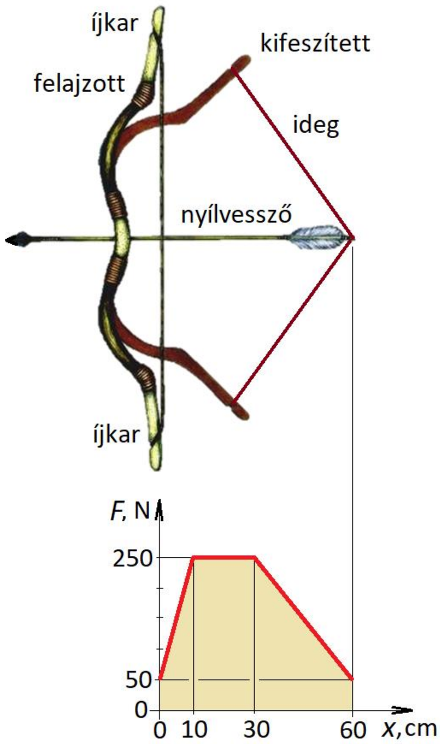
A Földet tekintse jó közelítéssel homogén anyagsűrűségű gömbnek, a szükséges adatokat keresse ki a Függvénytáblázatból!

Fontos segítség: homogén anyagsűrűségű gömb esetén a gömb középpontjától r távolságban az m tömegű kapszulára ható erő csak az r sugarú gömb $M(r)$ tömegével való gravitációs kölcsönhatásból származik. Az ebből levezethető gravitációs erő távolságfüggése nem emlékezteti egy másik jól ismert és középiskolában is részletesen tárgyalt erőhatásra?

9. M = 7600 kg tömegű autómentő tréler egy m = 1600 kg tömegű autót szállít. A tréler lejtős rámpája α = 30° szöget zár be a vízszintessel. A tréler vezetője – aki beugrott egy presszóba egy kávét meginni – sajnos két hibát is vétett. Egyrészt rosszul rögzítette a (behúzott kézifékű) gépkocsit a rámpa tetején, amely el kezd lefelé csúszni a lejtőn, másrészt nem húzta be a tréler kézifékét, így az szabadon gördülhet a vízszintesnek tekinthető talajon. A kocsi és a rámpa közötti csúszási súrlódási tényező 0,4, a tréler talajon való gördülésénél a mozgást akadályozó erőt elhanyagolhatjuk.

Mekkora (rámpához képesti) gyorsulással csúszik lefelé a gépkocsi és mekkora gyorsulással mozog a tréler a talajhoz képest? Készítsen ábrát, amelyre jól látható módon berajzolja a trélerre és az autóra ható erőket! **(30 pont)**

10. A mellékelt ábra felső részén egy visszacsapó íjat láthatunk felajzott, illetve kifeszített állapotban. Az alsó ábrarészen az íj egyszerűsített erődiagramját ábrázoltuk (a feszítőerő függését a nyílvessző elmozdulásától).



a) Mekkora munkával lehet a felajzott íjat kifeszíteni 60 cm-re? (**8 pont**)

b) A nyílvessző tömege 50 gramm. Mekkora sebességgel hagyja el a nyílvessző az íjat? (A légellenállást és az íj belső súrlódási veszteségét hanyagoljuk el.) (**2 pont**)

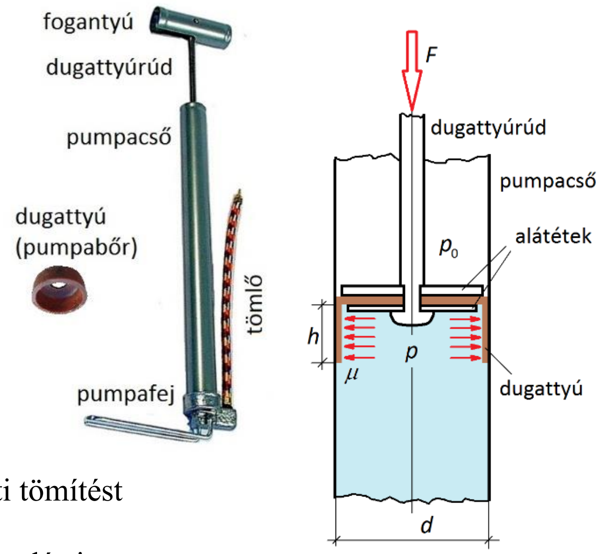
c) Legföljebb mekkora távolságra lehet ezzel az íjjal lőni, ha a légellenállást elhanyagoljuk? g = 10 m/s^2. (**3 pont**)

d) Miért előnyös, hogy az íj megfeszítésének végén a feszítőerő fokozatosan csökken? (**2 pont**)

11. Dénes banánt pakol egy zacskóba egy üzletben, és mielőtt fizetne, az az ötlete támad, hogy ha a zacskót héliummal töltené meg levegő helyett, akkor a mérleg kevesebbet mutatna, és kevesebbet is kellene fizetnie. Az üzletben úgyis önkiszolgáló a pénztár, senki nem figyelne fel a héliumtól puffadó zacskóra. Határozzuk meg, hogy mennyibe kellene kerülnie 1 kg banánnak, hogy Dénes kis csínye anyagilag megérje. Tegyük fel, hogy a hélium légköri nyomású a zacskóban és hogy a banán sűrűsége a víz sűrűségével közelíthető. Egy kg hélium ára nagyipari kiszerelésben kb. 11 000 Ft. **(20 pont)**

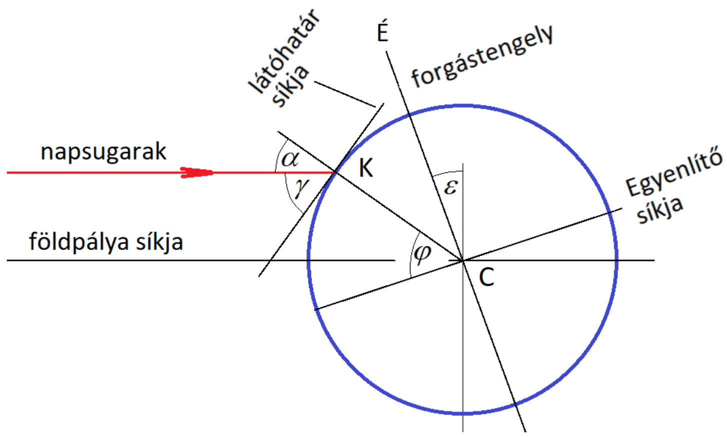
12. Bergengócia egyik jeles egyetemi városában a campus főterén egy szökőkút működik, aminek N db egyforma vízköpője van ugyanarra a szivattyúra kötve, mind függőlegesen felfelé vannak irányítva, és h magasságig szökik föl belőlük a víz. Egy napon egy kivételével a vízköpők mindegyike teljesen eldugul, miközben a szivattyú időegységenként továbbra is ugyanannyi vizet szállít, mint korábban. Milyen magasra jut így a vízsugár a megmaradt vízköpőből? **(15 pont)**

13. A hagyományos kerékpárpumpa részei: hengeres pumpacső, dugattyú, dugattyúrúd, fogantyú, pumpafej, tömlő. A dugattyú bőrből préselt gyűszűalakú rugalmas alkatrész.
Egy kerékpárpumpa csövének átmérője d = 20 mm, a dugattyú magassága h = 8 mm, a rugalmas palást vastagsága elhanyagolható az átmérőjéhez képest.
A dugattyú és a henger közt a súrlódási tényező μ = 0,2. A dugattyú fölötti térben a teljes (abszolút) nyomás p_0 = 100 kPa (ez a légnyomás), a dugattyú alattiban p = 400 kPa.



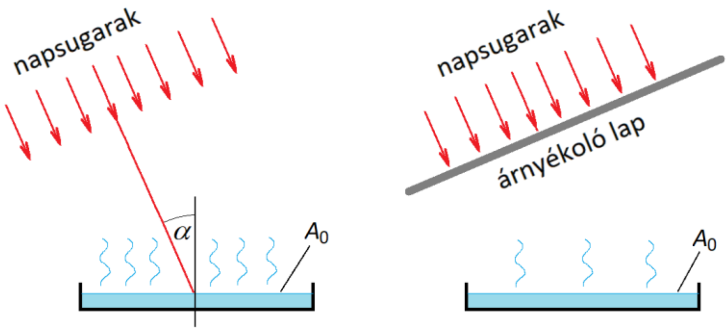
a) Milyen erő biztosítja a dugattyú és a henger közti tömítést (légzáróságot)? (**2 pont**)
b) Mekkora nagyságú erővel nyomódik a dugattyú palástja a pumpacsőnek? (**3 pont**)
c) Mekkora a súrlódási erő a dugattyú és a csőfal között? (**3 pont**)
d) Mekkora F erő nyomja a dugattyúrudat, amikor az kis sebességgel lefelé mozog? (**3 pont**)
e) Amikor a dugattyút lefelé nyomjuk, tekintsük veszteségi munkának a súrlódási munkát, hasznos munkának a befektetett összes munka és a súrlódási munka különbségét. Hogy aránylik a hasznos munka a befektetett összes munkához, azaz mekkora a hatásfok? (**4 pont**)

14. A Nap besugárzott felületi teljesítménye egy adott helyen az ott levő 1 m^2-es felületre merőlegesen beeső napsugárzási teljesítmény. Egysége W/m^2.
Ezt a felületi teljesítményt felhőmentes időben, a nyári napfordulón, június 21-én délben akarjuk megmérni Kecskeméten, amely az Egyenlítőtől φ = 46,9°-ra északra fekszik. A Föld forgástengelye ε = 23,5°-ot zár be a



földpálya síkjával. (Az ábra a Föld helyzetét mutatja a nyári napfordulón a földpálya síkjából nézve.)

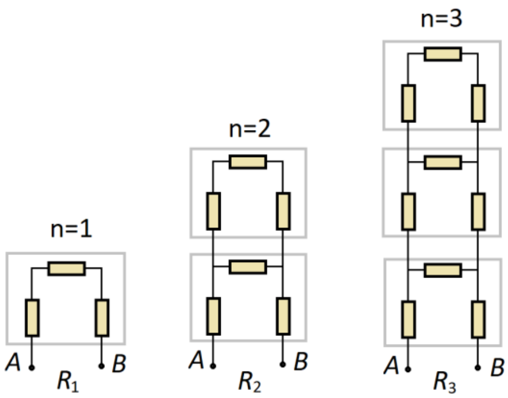
a) Hány fokos szögben (γ = ?) látszik a Nap a látóhatár fölött ezen a napon délben, Kecskeméten? **(5 pont)**



A mérést a szabadban, a Nap delelése előtt fél órával kezdjük. Két egyforma, A_0 = 1 dm^2 alapterületű, matt feketére festett tálcába vizet öntünk, majd lemérjük a tömegüket. Ezután a tálcákat egy vízszintes asztallapra helyezzük, és az egyiket egy árnyékoló lappal leárnyékoljuk a napsugarak elől. t = 1 óra múlva ismét megmérjük a tálcák tömegét. Az tapasztaljuk, hogy a napsütötte tálcából Δm = 15 g-mal több víz párolgott el, mint az árnyékban levőből. A víz párolgáshője L = 2256 J/g. A vízfelszínről visszaverődő sugárzást hanyagoljuk el. Tételezzük föl, hogy a mérés közben a Nap látóhatár fölötti szögmagassága jó közelítéssel a délben mért értékkel egyenlő.

b) Ezekből az adatokból becsüljük meg a Nap besugárzott felületi teljesítményét. **(10 pont)**

15. Az ábrán látható létrakapcsolásokban minden ellenállás nagysága R.



a) Mekkora az n = 1, 2, 3 fokú létra A-B pontja közötti R_1, R_2, R_3 eredő ellenállás? **(5 pont)**

b) Adja meg azt a rekurziós összefüggést, amellyel az n fokú létra ellenállásának ismeretében kiszámítható az n+1 fokú létra ellenállása. **(5 pont)**

c) Mekkora az eredő ellenállása a végtelen fokú ($n = \infty$) ellenálláshármasból összeállított létrakapcsolásnak? **(5 pont)**