

65. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2023/2024

1. kolo kategória B

Texty úloh v maďarskom jazyku – 1. časť

1. A műhold

Az űrrepüléseket irányító központ úgy döntött, hogy egy műholdat helyez el Föld körüli, geoszinkron pályán. Ez a pálya azzal jellemezhető, hogy a Föld felszínéről nézve a műhold mindig az égbolt ugyanazon pontján van.

- a) Adja meg, mely síkban mozog a műhold, és a keringési idejét (a Föld körül). Mekkora h_{GS} magasságban van a műhold a Föld felszíne fölött?

Első lépésben egy hordozórakéta állítja a műholdat parkoló pályára a Föld felszíne fölötti $h_p = 200$ km-es magasságban. Innen a műhold saját hajtóművei segítségével jut el a geoszinkron pályára. A műhold tömege a parkoló pályán $m_1 = 3,0$ t, ebben benne van a hajtómű üzemanyagának a tömege is.

- b) Írja le, hogyan juthat el a műhold a parkoló pályáról a geoszinkron pályára!
- c) Határozza meg az üzemanyag m_p -t tömegét, amelyet a műhold használ el a parkoló pályáról a geoszinkron pályára való átmenet során. A rakétamotor fűvókáját elhagyó gázok áramlási sebessége $v_r = 4\,500$ m · s⁻¹.

2. Exobolygók

1995-ben Michel Mayor és Didier Queloz, svájci csillagászok, fedezték fel az első exobolygót, az 51Pegasi-b-t, amiért 2019-ben Nobel-díjban részesültek. Az exobolygó általánosságban bármilyen bolygó, amely egy másik csillag körül kering, nem pedig a Napunk körül. Az 51Pegasi-b exobolygó körülbelül 50 fényévre van tőlünk. Sok felfedezett exobolygó tömege rendkívül nagy, és viszonylag kicsi távolságban kering a csillagától. Ezeket az objektumokat, a tulajdonságaik miatt, "forró Jupiternek" nevezik.

Lásd még: <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/7001/51-pegasi-b/>.

Képzeld el a Jupiter bolygó megfigyelését messze a Naprendszerünkön túlról, úgy, mintha egy távoli földönkívüli végezné a megfigyelést! A Jupiter keringési ideje $T_J = 11,9$ év, tömege $M_J = 1,90 \times 10^{27}$ kg, a Nap tömege $M_S = 1,99 \times 10^{30}$ kg. Tudjuk, hogy a Föld keringési sebessége $v_Z = 29,8$ km · s⁻¹. Tételezze fel, hogy a bolygók körpályákon mozognak!

A Jupiter megfigyelésére egy spektrométer segítségével kerül sor (messze a Naprendszer határain kívülről) úgy, hogy a megfigyelő a Nap-Jupiter rendszer mozgási síkjából végzi a megfigyelést.

- a) Magyarázza el, hogyan lehet felfedezni egy exobolygó létét egy csillag fényének spektrométerrel való vizsgálatakor!
- b) Határozza meg a spektrométer legkisebb R_{\min} felbontóképességét, amely lehetővé teszi az említett földönkívülinek felfedezni a Jupitert a Naprendszerünkben! A terjedési fény sebessége $c = 2,99 \times 10^8$ m · s.

Megjegyzés 1: A spektrométer felbontóképessége azt mutatja meg, hogy képes-e két sugárzást (fényt) megkülönböztetni, amelyek λ hullámhosszai csak egy kis $\Delta\lambda$ értékkel térnek el egymástól. Ezt az $R = \lambda/\Delta\lambda$ dimenzió nélküli mennyiséggel jellemzik, ahol $\Delta\lambda$ azon két spektrális vonal közötti legkisebb hullámhosszkülönbség, amelyeket a spektrométer még megkülönböztet, λ pedig a két megkülönböztethető vonal középhullámhossza.

Megjegyzés 2: Az exobolygó fénye túl gyenge ahhoz, hogy nagy távolságból láthassuk. Az exobolygó létezését a csillag fényének megfigyelése alapján következtetik, például a csillag fényességének periodikus változásai vagy a csillag által kibocsátott fény hullámhosszának változásai révén, amelyek az exobolygó keringése miatt következnek be.

Lásd még: <https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#/1>

3. Hőmérsékletfüggés

Egy laboratóriumban nitrogénnel kísérleteztek, amelyet mozgatható dugattyúval zártak el egy hengerbe. Céljuk az volt, hogy meghatározzák, mikor és milyen feltételek mellett érhető el a nyomás és hőmérséklet közötti következő összefüggés

$$p = \frac{4}{5} p_0 \left(1 + \frac{T^2}{4T_0^2} \right). \quad (1)$$

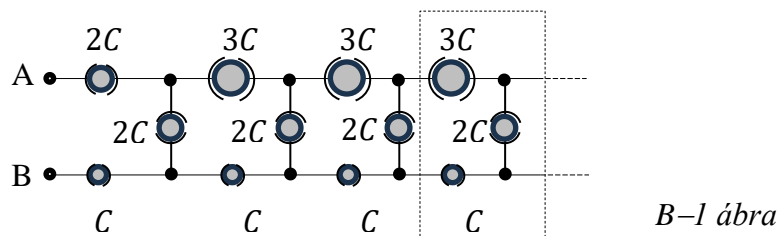
A hőmérsékletet $T_0 = 100 \text{ K}$ -ról $T_1 = 500 \text{ K}$ -re változtatták. A kezdeti nyomás értéke $p_0 = 50 \text{ kPa}$ volt.

- Fejezze ki a gáz ρ sűrűségét az $x = T/T_0$ relatív hőmérséklet függvényeként, amennyiben teljesül az (1) feltétellel! Szerkessze meg a $\rho = f(x)$ függvény grafikonját! Határozza meg, megfelelő módszerrel, a gáz ρ_m minimális sűrűségét a T_0 -tól T_1 -ig terjedő tartományban, valamint a ρ_m -hez tartozó T_m hőmérsékletet!
- Határozza meg a gáz relatív $y = V/V_0$ térfogatát a relatív x hőmérséklet függvényeként, ha érvényben van az (1) nyomás-hőmérséklet összefüggés! Ábrázolja a $y = g(x)$ függvényt $y - x$ diagramban!
- Fejezze ki a gáz relatív $z = p/p_0$ nyomását a gáz y relatív térfogatának függvényeként, és ábrázolja a $z = h(y)$ függvényt $z - y$ diagramban!

A nitrogén moláris tömege $M_m = 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, az egyetemes gázállandó $R = 8,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. A gázt ideálisnak tekinthetjük.

4. A lánc elektromos kapacitása

A B-1 ábrán egy lánc látható, amely apró gyöngyökből áll, ezek beágyazódnak az ezüstbe. A gyöngyök féldrágakövek, és elektromos szigetelők. Minden ezüstmeghívó a beágyazott gyönggyel egy kis kondenzátor. Az egyes kondenzátorok kapacitása a képen van megadva, ahol $C = 5,0 \text{ pF}$.



B-1 ábra

A lánc nagyon hosszú, és a pontozott keretben kiemelt alapcella ismétlődik benne.

Határozza meg a lánc A és B végpontjai között mért C_{AB} kapacitását!

Tételezze fel, a megoldás egyszerűsítése érdekében, hogy a lánc végtelen hosszú!

Fyzikálna olympiáda – 65. ročník – úlohy domáceho kola kat. B – 1. časť
Autori úloh: Ľubomír Konrád 2, 3, 4, Ivo Čáp 1
Recenzia úloh: Aba Teleki, Ľubomír Mucha
Redakcia: Ivo Čáp
Úlohy preložil: Aba Teleki
Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023