

59. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2017/2018
Kategória B – krajské kolo

Text úloh v maďarskom jazyku¹

1. Termodinamikai folyamatok

A henger két dugattyúja között gáz van. Az egyik dugattyú rögzített, a másik szabadon mozgatható. Tételezzük fel, hogy a gázban a következő körfolyamat megy végbe!

A gáz hőmérséklete kezdeti A állapotában $t_1 = 27\text{ °C}$, térfogata $V_1 = 2,0\text{ dm}^3$, nyomása $p_1 = 100\text{ kPa}$. B állapotába úgy jut a gáz, hogy állandó t_1 hőmérséklet mellett nagyon lassan növeljük a nyomást a mozgatható dugattyúra, amíg a gáz nyomása el nem éri a $p_2 = 2p_1$ értéket. Ezután, változatlan nyomás alatt tartva a dugattyút, a gázt $t_2 = 327\text{ °C}$ hőmérsékletre hevítjük (C állapot). A C állapotból, állandó t_2 hőmérséklet mellett, lassan csökkentjük a dugattyúra nehezítő nyomást, amíg az el nem éri a kezdeti nyomás p_1 értékét – D állapot. Végül, változatlan nyomás mellett, a hengerben levő gázt lehűtjük a kezdeti A állapotába.

- Nevezzék meg a termodinamikai körfolyamat egyes fázisait! Határozzák meg a körfolyamat állapotváltozóit a B, C, D állapotokban, és készítsék el a körfolyamat $p - V$ állapotdiagramját!
- Írják le, a körfolyamat mely szakaszaiban kell a gázt hevíteni, és mely szakaszaiban kell hűteni! A körfolyamat hőgépet vagy hőszivattyút működését írja le? Válaszukat indokolják fizikai érvekkel!
- Mekkora Q_1 hőt adunk le a körfolyamatban a gáznak a hevítésekor? Mekkora W munkát végez a dugattyúra ható gáz a teljes körfolyamatban, és mekkora a W/Q_1 arány?

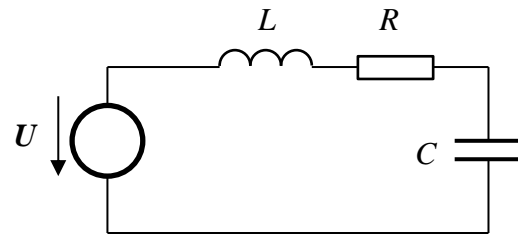
A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre! A gázzal tételezzék fel, hogy ideális gáz, amely kétatomos molekulákból áll, a molekulák szabadságfokainak száma $s = 5$!

¹ Preklad: Aba Teleki

2. Rezonancia-abszorpció

Ha a rezgőrendszert periodikus külső erőhatás éri, a rezgőrendszer energiát nyel el (abszorbeál), és az abszorpció mértéke függ a külső erőhatás frekvenciájától. Az abszorpció frekvenciafüggését nevezzük *abszorpciós spektrumnak*. Ismerjük például a levegő vagy más anyagok abszorpciós spektrumát, amikor fény halad át rajta. A jelenség modellezésére a B-1 ábrán látható elektromos rezonátor modelljét fogjuk használni.

Az ábrán látható áramkörben soros kapcsolásban egy L indukciójú tekercs, egy R ellenállású rezisztor és egy C kapacitású kondenzátor csatlakozik a harmonikus feszültséget szolgáltatató áramforráshoz, amely effektív feszültsége U .



B-1 ábra

- Határozzák meg az áramkör f_r rezonancia-frekvenciáját (ekkor az áramforráson levő feszültség és az áthaladó áram fáziskülönbsége nulla)! Határozzák meg a kondenzátoron levő effektív U_{C_r} feszültséget a rezonancia állapotában, valamint a $Q = U_{C_r}/U$ arányt, amely az elektromos rezonátor *minőségi tényezője*!
- Vezessék le az áramforrás P valós teljesítményét az áramforrás feszültségének ω körfrekvenciája függvényeként!
- Határozzák meg, mekkora f_1, f_2 frekvenciánál lesz az áramforrás valós teljesítménye a rezonancia állapotában mért P_r valós teljesítményének a fele! Határozzák meg az f_1, f_2 frekvenciákkal meghatározott abszorpciós tartomány $\Delta f = f_2 - f_1$ szélességét!
- Határozzák meg az abszorpciós tartomány relatív szélességét egy óra rezgőáramkörének esetében, amely minőségi tényezője $Q_1 = 1,0 \times 10^7$, valamint azt, hogy mennyivel (Δt) fog az óra eltérni egy hónap (30 nap) alatt a pontos időtől!

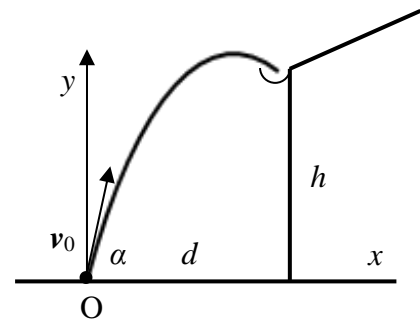
A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre: $U = 12 \text{ V}$, $R = 15 \Omega$, $L = 2,5 \text{ mH}$, $C = 1,0 \text{ nF}$!

3. Labdázás

A fiú $d = 6,0$ m távolságban állt egy magas függőleges faltól, amelyre ellőtte a labdát. A fal szélén, $h = 7,5$ m magasságban a talaj felett, eresz volt, ahogy a B–2 ábra mutatja. A fiú apja figyelmeztette őt, hogy ne rúgja túl magasra a labdát, mert az ereszbe esik, és nehéz lesz onnan kiszedni.

Ha a fiú vízszintes terepen rúgta el a labdát, az legfeljebb $D = 14$ m távolságba repült.

- Rajzolják le a labda pályáját vízszintes terepen, és jelöljék be rajta a szükséges mennyiségeket! Vezessék le a labda pályájának függőleges y koordinátáját a vízszintes x koordinátája és a v_0, α paraméterek függvényeként (B–2 ábra)!
- Határozzák meg az a) részfeladat szerint, mekkora v_{01} maximális kezdeti sebességgel képes a fiú elrúgni a labdát!
- Számítással győződjenek meg róla, hogy képes-e a fiú, a faltól mért d távolságból, úgy elrúgni a labdát, hogy az ereszbe repüljön, ha a labda kezdeti sebességének nagysága v_{01} lesz! Amennyiben a válaszuk igen, határozzák meg, mekkora α szög alatt kell elrúgnia a labdát!
- Határozzák meg, elméletileg milyen legkisebb v_{02} kezdeti sebesség mellett képes a labdát az ereszbe rúgni a fiú, ha a faltól d távolságból rúgja el a labdát!

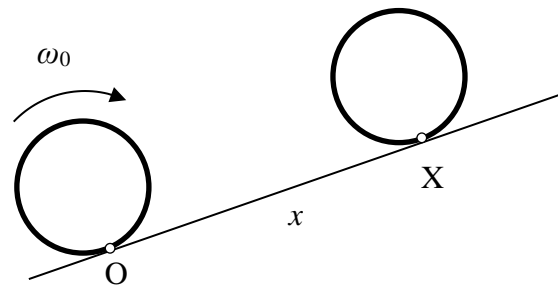


B–2 ábra

A fiú a labdát $h_0 = 0$ m magasságból rúgja el, a labda és az eresz méretei elhanyagolhatóak a pálya méreteihez viszonyítva, a labda az elrúgás helyétől d vízszintes távolságban esik az ereszbe. A légellenállás elhanyagolhatóan kicsi, a nehézségi gyorsulás $g = 9,8$ m s⁻².

4. Gördülő gyűrű a ferde síkon

Az α dőlésszögű deszka alsó végére egy ω_0 körsebességgel forgó gyűrűt helyezünk. A gyűrű vízszintes forgástengelye párhuzamos a deszka felületével. A gyűrű forgásának irányát a B-3 ábra mutatja. A gyűrű a kezdeti $h = 0$ magasságából a $h = h_m$ magasságig emelkedik, majd visszagurul a kezdeti helyzetébe. Amikor átgurul a kezdeti helyzetén a szögsebessége ω_2 .



B-3 ábra

- e) Rajzolják le a B-3 ábrát a megoldásukba, és jelöljék be az ábrán a gyűrűre ható összes erőt, valamint írják le a gyűrű mozgását!
- f) Határozzák meg, milyen feltételt kell teljesítenie deszka α dőlésszögének, hogy a gyűrű úgy mozogjon, ahogy le van írva! Határozzák meg, hogy milyen feltételek mellett csúszik meg a gyűrű a deszkán, és milyen feltételek mellett gurulhat a deszkán csúszás nélkül!
- g) Határozzák meg, mennyi idő (t_1) telik el a gyűrű deszkára helyezésétől addig a pillanatig, amikor már nem csúszik a deszkán, és mekkora magasságban (h_1) szűnik meg a csúszás, ha ismerik a forgásának kezdeti ω_0 körsebességét!
- h) Határozzák meg, mekkora h_m maximális magasságba jut a gyűrű, ha ismerik a kezdeti ω_0 körsebességét!
- i) Határozzák meg a gyűrű ω_2 körsebességét, amikor visszaér a kezdeti helyzetébe! Indokolják fizikai érvekkel az ω_0 és ω_2 körsebességek közti különbséget!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekre:

$R = 25 \text{ cm}$, $\omega_0 = 50 \text{ rad s}^{-1}$, $\alpha = 8,5^\circ$, a gyűrű és deszka anyaga közti súrlódási tényező $f = 0,20$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$!

A deszka megfelelően hosszú, hogy a leírt mozgás végbemehessen. Az m tömegű, R sugarú gyűrű forgástengelyére számított tehetetlenségi nyomatéka $I = mR^2$.