

55. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2013/2014
Zadania úloh domáceho kola kategórie C

(ďalšie informácie na <http://fo.uniza.sk> a www.olympiady.sk)

1. Lövészgyakorlatok repülőgép makettel

A repülő célok megsemmisítését gyakorló lövészen egy repülőgép makettjét vontatta maga után, hosszú kötélén, egy repülőgép. A repülőgép és a makett állandó h magasságban és állandó $v_1 = 860 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ sebességgel repült a föld vízszintes felszíne felett. A légelhárító üteg lövése az ágyút egyenesen a maketre irányította, majd tüzelt – a lövedék $v_2 = 700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ torkolati sebességgel hagyta el az ágyúcsövet. A lövés pillanatában az ágyúcső $\alpha = 25,0^\circ$ -os szöveget zárt a vízszintes síkkal. A makett pályája, és a löveg pályája ugyanazon függőleges síkban volt. Egy tapasztalt lövész kijelentette, hogy ilyen módszerrel nem lehet semmit sem eltalálni.

- Készítsenek vázlatot a feladat megoldásához!
- Miért állítja a tapasztalt lövész, hogy ilyen módszerrel nem lehet semmit sem eltalálni?

Az előzőekben megadott helyzetben azonban a löveg végül mégis eltalálta a makettet.

- Mekkora h magasságban repült a makett a föld felszínétől számítva? Véletlen találatról volt szó?

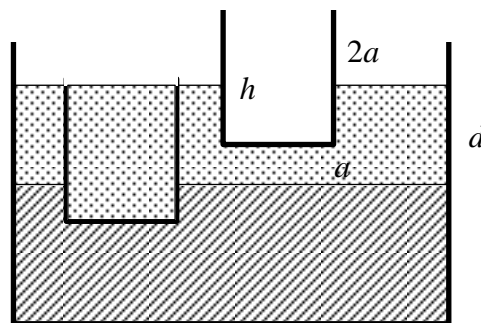
A feladat megoldásakor tételezzék fel, hogy a közegellenállás nem befolyásolta a löveg pályáját!

2. A folyadék sűrűsége

Egy nagy edényben víz van, a víz felszínén pedig olajréteg (lásd a C-ábrát). Az olaj nem keveredik a vízzel. A folyadékba egy kis, vékonyfalú $m = 40 \text{ g}$ tömegű edényt helyezünk, amely alapjának területe $S = 25 \text{ cm}^2$, a kis edény magassága $h = 12 \text{ cm}$. Ha a kis edényt színültig töltjük olyan olajjal, amely a víz felszínén is van, a kis edény úgy merül el, hogy a felső vége pont a nagy edényben levő folyadékkal van egy szintben (Lásd a C-1(a) ábrát). Amennyiben a kis edény üres, az alja a magasságban van a két folyadék választófelületétől, míg a kis edény felső vége $2a$ magasságban az olajréteg felszíne felett van.

- Határozzák meg az olajréteg d vastagságát!
- Határozzák meg az olaj ρ_o sűrűségét!

A víz sűrűsége $\rho_v = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



(a) (b)

C-1 ábra

3. Differenciális pásztázó kalorimetria

A differenciális pásztázó kalorimetria (angolul *Differential Scanning Calorimetry – DSC*), olyan kalorimetriai mérési módszer, amelyben két mintának (az egyik a referencia minta a másik a vizsgálandó minta) hőt adunk át úgy, hogy a minták hevítése közben a két minta azonos hőmérsékletű legyen. Összehasonlítjuk a két mintának leadott hőteljesítményt, amely mellett a két minta egyformán melegszik (azonos pillanatban azonos a hőmérsékletük). A minták hőmérsékletét termoelemek segítségével mérjük. A vezérlőegység irányítja a minták fűtését, biztosítva a minták hőmérsékletének kellő emelkedését az idő függvényében. A mé-

rőmszer által szolgáltatott mennyiségek a hőmérséklet és az egyes mintáknak leadott hőteljesítmény, ill. hőteljesítmény különbség.

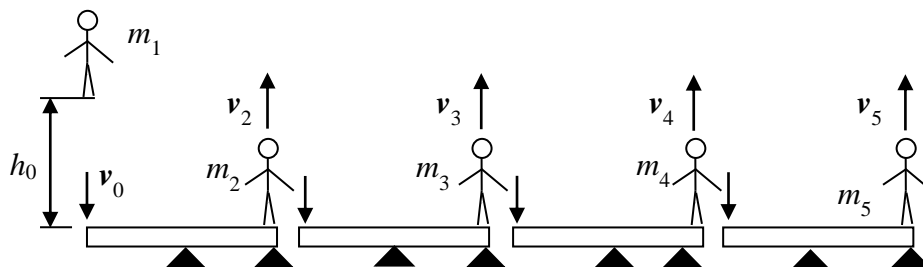
A méréshez két egyforma alumínium tégelyt használtak. Az üres tégely volt a referens minta, míg a másik tégelyben $m = 1,0$ g tömegű minta anyag volt. A vezérlőegység egyenletes $\Delta T/\Delta \tau = 1,0$ °C · s⁻¹ hőmérséklet-növekedési sebességet biztosított. A mérés közben a vizsgált anyag megolvadt. A mérési eredményeket az alábbi táblázatban foglaltuk össze, ahol ΔP a két mintának t hőmérsékleten leadott hőteljesítmény különbsége:

t (°C)	154,0	155,0	156,0	156,5	157,0	157,5	158,0	159,0	160,0
ΔP (W)	0,226	0,230	0,240	1,35	57,5	1,40	0,264	0,268	0,272

- Szerkesszék meg a ΔP differenciális hőteljesítmény $\Delta P = f(t)$ függvényének grafikonját a t hőmérséklet függvényében, és határozzák meg a vizsgált anyag t_t olvadáspontját!
- Határozzák meg a grafikonból a szükséges mennyiségeket, és határozzák meg a mintaanyag c_p ill. c_k fajlagos hőkapacitását szilárd, ill. folyékony halmazállapotban! Határozzák meg a mintaanyag l_t fajlagos olvadáshőjét!

4. A cirkuszi szám

Öt artista egy cirkuszi számot mutat be négy egymás mellé helyezett rugalmas deszkán, ahogy a C-2 ábra is mutatja. Minden deszkát a középpontja és a jobb széle alatt támasztottak alá. Az artisták tömege $m_1 = 85$ kg, $m_2 = 70$ kg, $m_3 = 55$ kg, $m_4 = 40$ kg és $m_5 = 25$ kg (lásd a C-2 ábrát). Az első artista $h_0 = 2,5$ m magasságból az első deszka végére ugrik. A deszka bal végére esve a második artistát h_2 magasságba repíti, az a második deszkára esik felrepítve a harmadik artistát, és így tovább. Mindegyik deszka tömege $m_0 = 12$ kg, hossza $l = 2,0$ m. A szám kezdetén a második artistától az ötödikig, mindegyikük a deszka végén áll, ahogy azt a C-2 ábra is mutatja.



C-2 ábra

- Határozzák meg, mekkora v_0 sebességgel esik az első artista a deszkára!
- Írják le röviden a megoldás fizikai modelljét, az egyszerűsítési feltételeket, és a megoldási eljárást!
- Határozzák meg a második artista v_2 kezdeti sebességét, amelyet a ez első artista első deszkára esése által szerzett! Tételezzék fel, hogy az artista és a deszka ütközése tökéletesen rugalmas ütközés!
- Fokozatosan, ahogy az első artista ráesett a deszkára és felrepítette a második artistát, hasonlóan játszódik le a folyamat a második, harmadik és negyedik deszkán is. Határozzák meg, mekkora h_5 magasságba repíti az ötödik artistát a negyedik artista, amikor a negyedik deszkára esik!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a megadott értékekre. $g = 9,8$ m · s⁻¹.

A deszka tehetetlenségi nyomatéka a tömegközéppontján áthaladó vízszintes (és a deszkára merőleges) tengelyre számítva $I = \frac{1}{12} m_0 l^2$.

5. Az A380-as Airbus

2007-ben indították menetrendszerűen a ma legnagyobb utasszállító gépet a *Superjumbo A380*-ast. A repülőgép utastere a gép teljes hosszában kétszintes. Az A380-800-as változata egyszerre 800 utast képes szállítani. Felszálláskor a repülőgép maximális tömege (maximális felszállótömeg) $m_0 = 560$ t, az üzemanyagtartály térfogata $V_p = 330$ m³, és a maximális hatótávolság $L = 16\,500$ km. Az utazási magasság maximális terhelésnél $h_c = 10\,600$ m, az utazási sebesség $v_c = 900$ km/h. Az üzemanyag használata következtében csökken a repülőgép

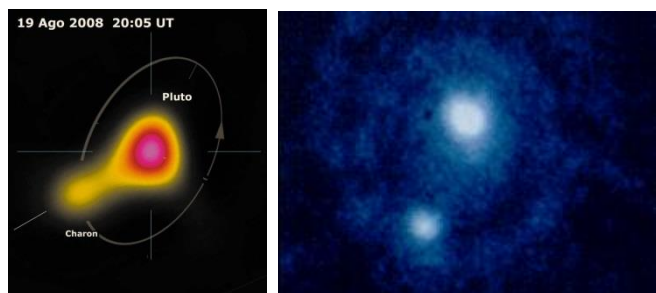


össztömege, így egészen a $h_m = 13\,100$ m-es magasságba emelkedik. A repülőgép hossza 72,75 m, magassága 24,1 m, szárnyainak fesztávolsága 79,8 m és hordozó felületük teljes nagysága $S = 845$ m². A repülőgép 4 motorja maximális $F = 4 \times 320$ kN tolóerőt szolgáltat.

- Határozzák meg az üzemanyag fogyasztást egy utasra és 100 km megtett úthosszra átszámítva maximális $N = 800$ utas esetében! Hasonlítsák össze egy személyautó fogyasztásával!
- A szárny bonyolult aerodinamikájából az F_N nagyságú felhajtóerőt kifejezhetjük az $F_N = \frac{1}{2} c_N \rho v^2 S$ képlettel, ahol c_N a szárny felhajtóerejének koefficiense, ρ pedig a levegő sűrűsége. Határozzák meg a felhajtóerő c_N koefficiensét, ha a levegő sűrűsége h_c magasságban $\rho_c = 0,28$ kg · m⁻³!
- Mekkora Δm_p értékkel csökken az üzemanyag tömege, hogy a repülőgép elérje a h_m magasságot ahol az utazási sebessége $v_m = 1020$ km · h⁻¹? A levegő sűrűsége h_m magasságban $\rho_m = 0,20$ kg · m⁻³.
- Felszálláskor a motorok a maximális tolóerővel dolgoznak. Határozzák meg a vízszintes felszállópálya d hosszát, amelyen a repülőgép elér a szükséges v_0 felszállási sebességet! Határozzák meg a v_0 sebességet! A levegő sűrűsége a felszállópálya felett $\rho_0 = 1,25$ kg · m⁻³. *Megjegyzés: a mozgásról a felszállópályán tételezzék fel, hogy egyenletesen gyorsuló, és a légellenállásról tételezzék fel, hogy elhanyagolhatóan kicsi!*

6. A Pluto és Charon

James Christi 1978-ban fedezte fel a Pluto törpebolygó holdját, a Charont. Az elkövetkező években, főleg a Hubble űrtávcsővel végzett megfigyelések alapján, sikerült meghatározni mozgásának néhány jellemzőjét, amelyekből meg lehet határozni a Charon néhány fizikai tulajdonságát. Korábbi mérésekből és számításokból ismerjük a Pluto



átmérőjét $d_p = 2\,306$ km és tömegét $M_p = 1,305 \times 10^{22}$ kg.

- Határozzák meg a Pluto ρ_p átlagos sűrűségét!

Feltételezhetjük, hogy a Pluto és Charon $\rho_K = 2,5 \times 10^3$ kg · m⁻³ átlagsűrűségű szilikátokból, valamint $\rho_L = 1,1 \times 10^3$ kg · m⁻³ átlagsűrűségű jégből áll. *Megjegyzés: A jég 40 K hőmérsékletnél nem csak vizet, de nitrogént, metánt és más összetevőket is tartalmaz.*

- Határozzák meg a szilikátok és a jég térfogati arányát a Plutóban!

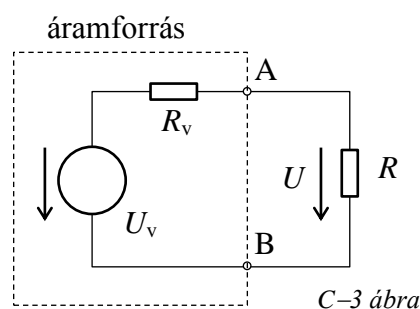
A Charonról megállapították, hogy átmérője $d_c = 1\,212$ km, a Pluto körüli keringési ideje $T = 6,387$ nap, miközben a középpontjaik közti távolság állandó $D = 19\,640$ km.

- Határozzák meg a megadott adatokból a Charon M_c tömegét!

- d) Határozzák meg a Charon ρ_C átlagos sűrűségét, valamint a szilikátok és jég arányát, feltételezve, hogy sűrűségük megegyezik a Plutóra érvényes adatokkal!

7. Az áramforrás teljesítménye – kísérleti feladat

Minden áramforrás elképzelhető, mint egy U_V feszültségű ideális áramforrás, amely belső ellenállása R_V (lásd a C-3 ábrát). Egy R ellenállású rezisztort csatlakoztatva az áramforrás pólusaihoz, az áramforrás teljesítménye $P = U^2/R$ lesz. Az áramforrás U feszültsége és P teljesítménye jelentősen függ az R_V belső ellenállástól. Az áramforrás tulajdonságainak vizsgálatára állítsanak össze egy modellt, ahol az állandó U_V feszültségű laboratóriumi áramforráshoz sorosan kapcsolják a belső ellenállást képviselő R_V ellenállású rezisztort. (Biztonsági okokból $U_V < 24$ V feszültségű áramforrást használjanak; az R_V ellenállás nagysága legyen 100Ω és $1 \text{ k}\Omega$ között.)



Az így elkészített áramforrás A és B pólusához csatlakoztassanak fokozatosan különböző ellenállású rezisztorokat (az ellenállásuk legyen $R_V/10$ -től $10 R_V$ -ig, elegendő tíz különböző érték, és állítható ellenállású reosztátot is használhatunk).

- Mielőtt a rezisztort az áramkörhöz csatlakoztatnánk, mérjük meg az R ellenállású multi-méterrel! Csatlakoztassák a rezisztort az A és B pólusokhoz, és mérjék meg a rajta fellépő U_{AB} feszültséget! A mért értékeket írják jól áttekinthető táblázatba!
- Szerkesszék meg az U_{AB} feszültség grafikonját és a P teljesítmény grafikonját az R ellenállás függvényeként! Győződjenek meg a grafikon segítségével arról, hogy a maximális teljesítménynek az $R = R_V$ ellenállás felel meg!

A grafikonból nyilvánvaló, hogy az R/R_V arány csökkenésével csökken az áramforrás kimeneti feszültsége. Ennek az aránynak a csökkenése azzal a következménnyel járhat, hogy az áramforrás nem képes betölteni a funkcióját. Ezt figyelhetjük meg például a galvánelemek lemerülésekor.

- A következő méréshez használjanak két azonos típusú és azonos márkájú galvánelemet, az egyik legyen új a másik használt! Mérjék meg multiméterrel a két nyitott galvánelem U_{V1} és U_{V2} üresjárású feszültségét. Mérjék meg az a) pontban megadott eljárással az U_{AB} feszültségeket az R ellenállás függvényeként! *Megjegyzés: az új galvánelem esetében elegendő bizonyítani, hogy az U_{AB} feszültség gyakorlatilag nem függ az R külső ellenállástól, amennyiben $R > 10 \Omega$.*

Állapítsák meg a mérések alapján, hogy mi a „lemerülés” oka!

55. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie C

Autori úloh: Lubomír Konrád (1, 6), Lubomír Mucha (2, 3, 4), Ivo Čáp (5, 7)
 Recenzia: Daniel Klivanec, Ivo Čáp (1-3), Lubomír Mucha (4-7)
 Redakcia: Ivo Čáp
 Preklad: Aba Teleki
 Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
 Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2014