

64. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2022/2023

Katégoria E

Úlohy domáceho kola

1. Késik a vonat

A vonat $t_1 = 1,00$ h hosszan állandó v_0 sebességgel halad a pályán, de ekkor meg kell állnia $t_2 = 0,50$ h ideig a pályán zajló karbantartási munka miatt. Miután újra elindul, az eredeti v_0 sebesség 75 %-val halad. A célba, a menetrend szerint, $t_4 = 1,50$ h késéssel érkezik meg. A menetrend állandó v_0 sebességgel számolt az út egész hosszán.

Ha a hely, ahol a vonatnak meg kell állnia $s_2 = 45,0$ km-vel távolabb lett volna, a menetirányban, a vonat késése (a menetrendhez viszonyítva) csak $t_5 = 1,00$ h lett volna.

- Mennyi ideig (t_c) tartana az út a menetrend szerint?
- Mekkora volt a vonat v_0 sebessége az út első szakaszán (a menetrendben tervezett sebesség)?
- Milyen hosszú (s) volt a teljes út?
- Szerkeszd meg a sebesség grafikonját az idő függvényében mindkét esetben!

2. Bonyolult áramkör

Az E-1 ábrán egy bonyolult elektromosáramkör látható. Az A és B csatlakozási pontok közötti rezisztorok ellenállása R_1, \dots, R_5 . Az R_2 és R_4 rezisztorok bármelyikét kicserélhetjük $R_0 = 0 \Omega$ ellenállásra (rövidre zárva a megfelelő ágot), vagy $R_\infty = \infty \Omega$ végtelen nagy ellenállású rezisztorra (megszakítva az áramkört az adott ágban).

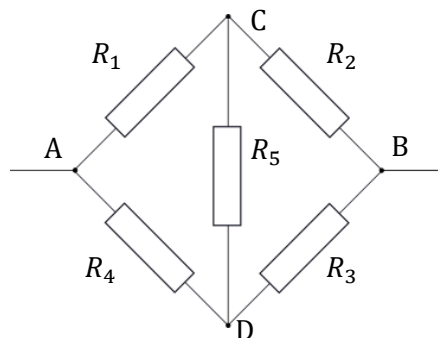
Írd le, hogyan választod meg az R_2 és R_4 rezisztorokat, hogy az A és B csatlakozási pontok közötti áramkör a következő legyen:

- három sorosan kapcsolt rezisztor,
- három párhuzamosan kapcsolt rezisztor,
- az A és B csatlakozási pontok közötti R_{AB} ellenállás független az R_5 ellenállás értékétől!

Rajzold le megoldásokat mind a három részfeladatban (a, b, c), valamint számítsd ki az A és B csatlakozási pontok közötti ellenállás R_{AB} értékét!

A feladatot a következő értékekre oldd meg: $R_1 = 1,0 \Omega$, $R_3 = 3,0 \Omega$, $R_5 = 5,0 \Omega$.

Megjegyzés: az elektromos áramkörökről, ill. a soros és párhuzamos kapcsolásról nézd pl. <https://teachers-paradise.webnode.sk/a13-3-elektricke-obvody/>



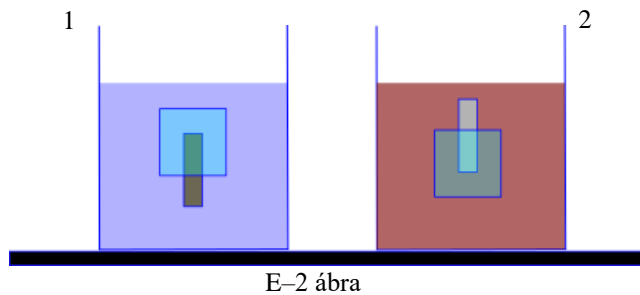
E-1 ábra



<https://teachers-paradise.webnode.sk/a13-3-elektricke-obvody/>

3. A henger térfogata a jégben

Az 1-es pohárban víz van, a 2-esben ismeretlen folyadék. Van két egyforma jégkockánk, élhosszuk 1 cm. Mindkettőbe belefagyott egy kis henger, ahogy az E-2 ábra mutatja. A hengerkék alakja egyforma, de más anyagból vannak, és a jégkockákból hosszuk egyharmada áll ki. Stabilitás alatt azt értjük, hogy ha a kockát kissé elfordítjuk, visszafordul az eredeti irányítottságába, amit az ábra mutat.



E-2 ábra

- Mekkora az 1-es pohárban levő kis henger V_V térfogata (mm^3 -ben), ha alumíniumból van?
- Melyik pohárban nagyobb a folyadék sűrűsége? Mekkora a 2-es pohárban levő kis henger sűrűsége az alumíniumhoz és a jéghez viszonyítva? A választodat indokold meg!

A jégkockák olvadni kezdenek, de a hengerkék belefagyva maradnak a jégkockákban.

- Mi történik a jégkockával az 1-es pohárban (lebegni fog, kiúszik a víz szabad felszínére, lemerül a pohár aljára)? A választodat indokold meg.

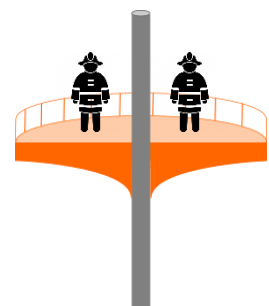
A jégből kiolvadó víz nem oldódik a 2-es pohárban levő folyadékban, de vékony réteget képez a jégkocka felszínén (az ún. felületi feszültségnek köszönhetően).

- Mi történik a 2-es pohárban levő jégkockával, amely összekapcsolódva maradt a megolvadt vízzel (lebegni fog, kiúszik az ismeretlen folyadék szabad felszínére, lemerül a pohár aljára)? A választodat indokold meg!
- Mi történik a 2-es pohárban levő jégkockával (lebegni fog, kiúszik az ismeretlen folyadék szabad felszínére, lemerül a pohár aljára), ha a víz elválk a jégkockától? A választodat indokold meg!

A víz sűrűsége $\rho_V = 1,00 \text{ g/cm}^3$, a jég sűrűsége $\rho_L = 0,92 \text{ g/cm}^3$, az alumínium sűrűsége $\rho_A = 2,70 \text{ g/cm}^3$.

4. Égi felvonó

Komolyan vizsgálják azokat a lehetőségeket, amelyekkel ki lehet menteni a magas felhőkarcolókból az embereket. Egy ilyen lehetőség egy $S = 1,00 \text{ cm}^2$ keresztmetszetű alumínium rúdon sikló réz platform, amely lefelé csúszik (E-3 ábra). Egy súrlódáson alapuló fék fékezi a platformot, és biztosítja a platform süllyedésének egyenletes sebességét. A platform $T = 1 \text{ min } 40 \text{ s}$ alatt ér le legfelülről (h magasságból) a földszintre. A platform tömege $M_p = 100 \text{ kg}$, és két személy van rajta, össztömegük $M = 200 \text{ kg}$. A súrlódás által termelt hő részben az alumínium rudat melegíti (a felszabadult hő $k_1 = 40 \%$ -val). Azonos mennyiségű hőt vesz fel a platform, míg a maradék hőt (a keletkező hő 20% -át) a környezet vezeti el. Az ereszkedés utolsó méterein a platform lelassít és biztonságosan áll meg. A h magasságból a földszintre aláereszkedő platform hőmérséklete $\Delta t_{Cu} = 8,05 \text{ }^\circ\text{C}$ -val emelkedett meg.



E-3 ábra

- Mennyivel (Δt_A) változik meg az alumíniumrúd hőmérséklete a fék súrlódása következtében?
- Mekkora h magasságból ereszkedett alá a platform?

c) Mekkora H magasságból kéne aláereszkednie a platformnak a megadott terhével a fedélzetén ahhoz, hogy a hőmérséklete a kezdeti $t_0 = 20\text{ °C}$ -ról a víz forráspontjára melegedjen fel (normális légköri nyomás mellett)?

Az alumínium sűrűsége $\rho_{\text{Al}} = 2712\text{ kg/m}^3$, az alumínium fajlagos hőkapacitása $c_{\text{Al}} = 910\text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$, a réz $c_{\text{Cu}} = 390\text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$, a gravitációs állandó $g = 10\text{ N/kg}$. A platform fedélzete hőszigetelt.

5. Űrszemét

Az ENSZ Világűirodája (United Nations Office for Outer Space Affairs – UNOOSA) $N=7389$ Föld körül keringő műholdat tart számon, és közülük $N_a = 4852$ működik. A működő (aktív) műholdak össztömege $M_a = 3\,738\,339\text{ kg}$. A műholdak különböző h magasságokban repülnek a Föld felszíne felett, lásd az E–1 táblázatot. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a műholdak körpályán keringenek a Föld körül (a körpálya központja a Föld középpontja), sebességük néhány km/s nagyságrendű.

Ha két egymással szemben repülő műhold ilyen sebességnél összeütközne, apró darabokra hullanának szét, darabkáik szétszóródnának a szélrózsa minden irányában, lavinaszerűen ütközéseket létrehozva a többi műhold között.

Tételezd fel, hogy minden műhold (a nem működők, nem aktívak is) $m = 0,10\text{ kg}$ tömegű darabokra hullik szét, és abban a rétegben maradnak, amelyben a széthulló műholdak is voltak – a törmelékek egyenletesen oszlanak el.

a) Mekkora V_1 térfogat esik egy törmelékdarabra az egyes rétegekben? Egészítsd ki az E–1 táblázatot egy új oszloppal, amelyben feltünteted V_1 értékét km^3 egységben! Melyik rétegben legkisebb ez a térfogat?

b) Javasolj egy elfogadható módszert, amellyel megbecsülöd a törmelékdarabok közti átlagos l távolságot! Az értékeket írd a táblázat egy újabb oszlopába!

A Nemzetközi Űrállomás (ISS) $h_1 = 450\text{ km}$ magasan repül, és napelemeinek felülete $S = 2500,0\text{ m}^2$.

c) Becsüld meg, mekkora a valószínűsége annak, hogy 1 másodperc alatt egy törmelékdarab találja el az ISS napelemeit (fejezd ki %-ban). Tégy becslést arról, hogy mennyi idő alatt találja el a napelemeket egy törmelékdarab 50 %-os valószínűséggel! [A pontos számítás nagyon bonyolult, ezért tételezd fel, hogy az űrállomás $v_1 = 7,39\text{ km/s}$ sebességgel repül a törmelékek között (ez a keringési sebessége), és a törmelékdarabkák ezzel a sebességgel ütköznek a napelemeknek, amelyek felülete merőleges a repülési irányra.]

Tételezd fel, hogy a nemműködő és működő műholdak N_n/N_a aránya minden rétegre azonos, és hogy a működő és nem működő műholdak átlagos tömege rétegenként azonos.

Segítség: Egy R sugarú gömb térfogata $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, ahol $\pi \approx 3,1415$ az ún. Ludolf-féle szám. Egy S alapterületű h magasságú hasáb térfogata $V = Sh$.

a réteg sorszám a	a Föld felszíne feletti magasság h /km	az aktív műholdak száma a rétegben N_a	az aktív műholdak tömege a rétegben M_a (kg)
1	150-200	5	2 700
2	200-300	189	110 872
3	300-400	191	71 418
4	400-500	579	113 153
5	500-600	2 156	492 095
6	600-700	281	160 105
7	700-800	94	83 411
8	800-900	50	61 162
9	900-1000	15	34 695
10	1 000-10 000	592	254 415
11	10 000-20 000	38	55 272
12	20 000-30 000	91	119 692
13	30 000-40 000	569	2 177 907
14	40000 a viac	2	1 442
	együtt	4 852	3 738 339

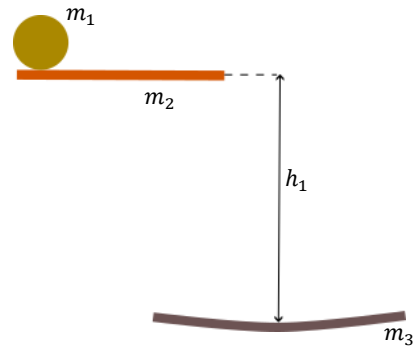
E–1 táblázat

6. Egy idegen bolygón

Egy $m_1 = 100$ g tömegű, forró, $t_1 = 230$ °C hőmérsékletű aranygolyót egy $m_2 = 200$ g tömegű és $t_2 = 20,0$ °C hőmérsékletű vízszintes rézlapra helyezünk. Az aranygolyó lassan, súrlódásmentesen görgő (az ábrán jobbra), majd $h_1 = 1,00$ m magasból egy $m_3 = 200$ g tömegű $t_3 = 20,0$ °C hőmérsékletű ólomlapra zuhan (E-4 ábra).

Amíg az aranygolyó a rézlapon görgő, a köztük lévő hőmérséklet-különbség $\Delta t = 10_0$ °C-ra csökken.

- Mekkora az aranygolyó és a rézlap hőmérséklete, mire az aranygolyó a rézlap végére ér?
- Miután az aranygömb az ólomlapra esett, egy bizonyos idő elteltével, a hőmérsékleteik kiegyenlítődnek. Mekkora lesz az ólomlap végső hőmérséklete?
- Mekkora h_2 magasságból kéne az aranygömbnek az ólomlapra zuhannia, hogy az ólomlap végső hőmérséklete $t_c = 34,0$ °C legyen?



E-4 ábra

Az arany fajlagos hőkapacitása $c_{\text{Au}} = 130$ J/(kg · °C), a rézé $c_{\text{Cu}} = 390$ J/(kg · °C), az ólomé $c_{\text{Pb}} = 130$ J/(kg · °C), a gravitációs állandó $g = 10,0$ N/kg. A környezetnek leadott (onnan felvett hő) elhanyagolhatóan kicsi. Az aranygolyó mozgási energiája az ólomlappal ütközve hővé alakul (a deformációs energia elhanyagolhatóan kicsi).

7. Jég és só – kísérleti feladat

Az anyagok halmazállapotának megváltoztatásához hőre van szükség. Pl., 1,00 g $t_0 = 0,0$ °C hőmérsékletű jég megolvasztásához rengeteg (334 J) hőre van szükségünk (ekkor 0,0 °C hőmérsékletű víz keletkezik). Ahhoz, hogy 1,00 g víz hőmérsékletét $\Delta t = 1,0$ °C-val megemeljük, 4,18 J hőre van szükségünk. Azonos mennyiségű hőt kell elvonnunk, ha ennek a vízmennyiségnek a hőmérsékletét 1,00 °C-val akarjuk csökkenteni.

Télen a járdákat és utakat gyakran sózzák. A só megolvasztja a jeget (ha a hőmérséklet nem túl alacsony). A konyhasó akkor is megolvasztja a jeget, ha annak hőmérséklete $t_f = -18$ °C. Milyen lesz az olvadék hőmérséklete?

Feladat

Megfigyelni a jég és víz keverékének hőmérsékletét. Meghatározni az elolvadt jég hőmérsékletét, valamint a keverék hőmérséklet-változását.

Segédeszközök

Egy termosz (kaloriméter), más (segéd-) edény, mérleg, hőmérő, víz, jég, konyhasó, keverő, vízálló alufóliatányér (alátétnek).

Eljárás

- Készíts elő, a fagyasztóban, elégséges mennyiségű jégkockát!
- Állíts elő $t_0 = 0,0$ °C hőmérsékletű vizet! Önts a termoszba 100 g (100 ml) hidegvizet, és tégy bele 100 g jeget! Várd meg, míg a hőmérsékletek kiegyenlítődnek! Ha nem az összes jég olvadt el, a keverékben levő víz hőmérséklete pontosan $t_0 = 0,0$ °C.
- Készíts $t_0 = 0,0$ °C hőmérsékletű jeget – írd le, hogyan készítetted!
- Hagyjál a termoszban 100 g $t_0 = 0,0$ °C hőmérsékletű vizet (a jeget vedd ki), és tégy bele 100 g szintén $t_0 = 0,0$ °C hőmérsékletű jeget!
- Szórja a termoszba nagyjából 25 g konyhasót, és keverd meg a hőmérővel, míg a termoszban levő jég mennyisége állandósul! Mekkora a keverék hőmérséklete?

6. Tégy javaslatot, hogyan méred meg a termoszban levő jég tömegét (a só hozzáadása és a hőmérséklet megállapodása után) – végezd el a mérést!
7. Mennyi hőt cserélt a víz és jég, miután a keverékhez hozzáadtuk a sót? Egészítsd ki fizikailag elfogadható magyarázattal!
8. Ismételd meg a kísérletet 50 g (vagy más mennyiségű) konyhasóval, és a mérési eredményeket írd jól áttekinthető táblázatba! Vonj le következtetéseket a megfigyeléseidből!