

64. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2022/2023

Katégoria F

Úlohy domáceho kola

1. Konvoj

A konvoj $N = 81$ egyforma teherautóból áll. Mindegyik hossza $L = 10,0$ m. Az előírás szerint, a teherautók közti távolság (a teherautó vége és az őt követő teherautó eleje közti távolság) $d = 40$ m, és a konvoj előírt haladási sebessége $v_0 = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ha az első teherautó fékez, világítani kezdenek a féklámpái, és a többiek is abban a pillanatban fékezni kezdenek. Mindegyik teherautó $s_1 = 30,0$ m távolságon és $t_b = 3,00$ s idő alatt áll meg. Indulás esetén más a helyzet, mivel azt nem jelzik fények, és a sofőrök $t_r = 1,50$ s-os reakcióideje késlelteti (ennyi idő telik el, míg egy sofőr észreveszi, hogy az előtte levő teherautó megindult, és ő is elindul). Induláskor a teherautók hasonlóan mozognak, mint megálláskor, $t_b = 3,00$ s alatt és $d_1 = 30,0$ m-en érik el az előírt v_0 haladási sebességüket.

- Mekkora a konvoj D_0 hossza, ha előírászerűen halad? (A hossza alatt az első teherautó eleje és az utolsó vége közti távolságot értjük!)
- Az első teherautó megáll. Mekkora lesz a konvoj D_b hossza, miután megáll az utolsó teherautó is?
- Az első teherautó újra elindul. Mekkora a konvoj D_c hossza, miután mindegyik teherautó eléri a v_0 sebességet?

Egy perccel az után, hogy az egész konvoj már v_0 sebességgel halad, azt az utasítást kapják, hogy minden teherautó $t_d = 2,00$ perc alatt zárkózzon fel az előírt távolságközökre.

- Mindnyájan szinte azonnal arra a sebességre gyorsulnak, amellyel majd a t_d idő elteltével az előírt d távolságba kerülnek az előttük haladó teherautótól (a sebesség megnöveléséhez szükséges időt ne vedd figyelembe). Mekkora v_N sebességgel kell haladnia az utolsó teherautónak, hogy pontosan t_d idő alatt teljesítse a felhívást?
- Szerkeszd meg, közös grafikonban, a konvoj első és az utolsó teherautója által megtett s távolságot a t idő függvényében a konvoj indulásának pillanatától (c részfeladat) egészen addig, míg eléri az előírt d távolságközöket (d részfeladat)! A grafikont úgy szerkeszd meg, hogy minden pillanatban le lehessen olvasni a konvoj hosszát is! Jelöld be a meghatározó eseményeket!

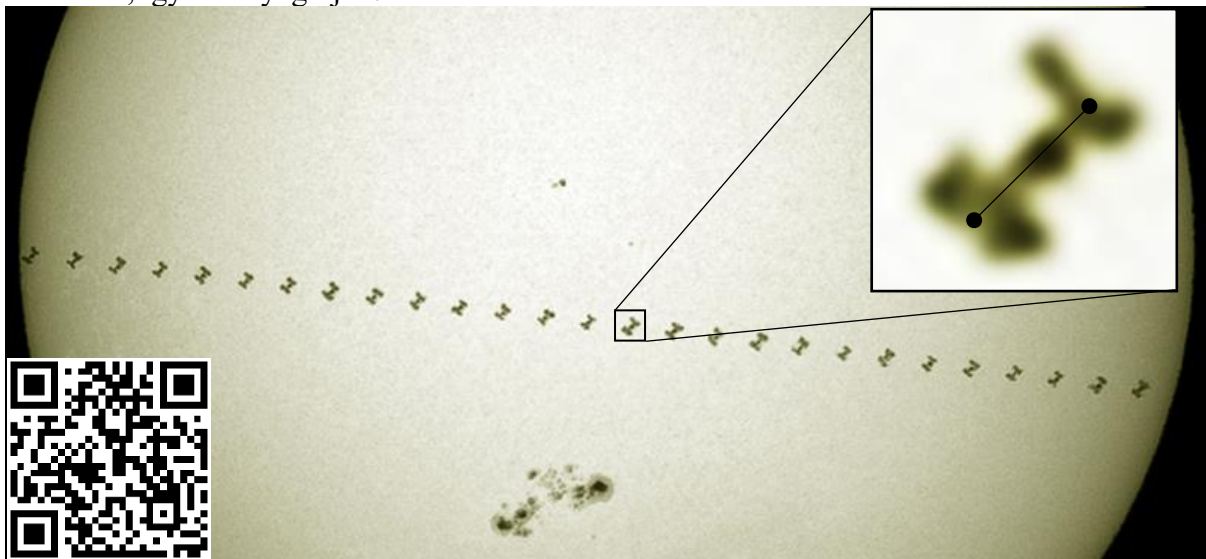
Megjegyzés: a távolságot km, az időt perc (min) egységekben ajánlatos megválasztani.

2. ISS a Nap előtt

A Nemzetközi Űrállomás (ISS, F–1 ábra) 1998 óta kering a Föld körül, 2000 óta emberi személyzettel a felszínén, amely fél évente váltja egymást. Közlítőleges magassága, amelyben repül, $h = 420$ km a Föld felszíne felett. A földet nagyjából $T = 92,7$ perc alatt kerüli meg. Az állomást, éjjel, mozgó világító pontként lehet látni az égbolton – visszaveri a nap sugarait. Kivételesen nappal is meg lehet figyelni, ha a Nap korongja előtt halad el. Egy ilyen áthaladást rögzített egy videokamera is. A $\Delta t = 40$ ms időközönként készült felvételeket összekombináltuk az F–2 ábrán látható felvételbe. Az ISS egyes helyzeteit a háttérben levő Nap kitakarásaiból láthatjuk. A képen az ISS egyik felvételének 10-szeres nagyítása is látható. Az űrállomás valós hossza $H = 109$ m (a nagyításon két pont és egy szakasz segítségével jelöltük meg), bár ha nem merőlegesen áll a megfigyelés irányára, akkor megdőlve és kisebbnek látjuk. Az F–2 és F–1 ábra összehasonlításából káthatjuk, hogy ez a dőlés nem lehet drámai, így elhanyagoljuk.



Obr. F–1 Medzinárodná vesmírna stanica
ISS

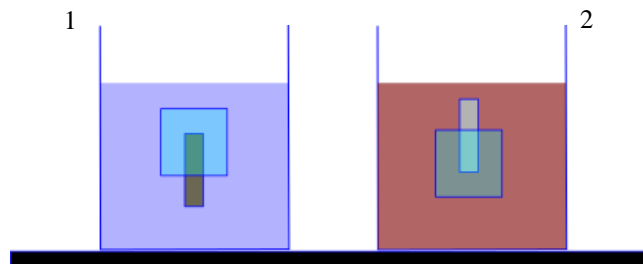


F–2 ábra: Az ISS áthaladása a Nap előtt. Q-kód az ISS fényképére utalás:
<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/iss056e201248.jpg>

- Határozd meg számítással, mekkora l távolságból kéne nézned az F–2 ábrát, hogy a Nap képe ugyanolyan nagyra tűnjön, mint a valóságban, ha közvetlenül néznél a Napra (soha ne nézz a Napba megfelelő védőszemüveg nélkül!).
 - Becsüld meg, mekkora volt az ISS d távolsága a kamerától a felvétel készítésének pillanatában! Hasonlítsd össze a kapott d értéket a megadott h magassággal, amelyben az űrállomás repül a Föld felszíne felett. Az eltérést magyarázd meg egy ábra segítségével, amelyen feltüntetted a Földet, a Napot, az űrállomást és a kamerát!
 - Becsüld meg, a kapott eredményekből, mekkora v sebességgel halad az űrállomás a pályáján!
- A Nap-Föld távolság $L = 150$ mil. km, a Nap átmérője $D = 1,39$ mil. km.

3. Ismeretlen folyadék

Az asztalon két egyforma pohár van, 1 és 2. Az 1-es pohárban víz van, a 2-esben ismeretlen folyadék. A két folyadékban egyforma alakú és térfogatú testek lebegnek, ezek egy-egy jégkockából és magasságuk kétharmadával belefagyott hengerekből állnak. A hengerek alakja azonos, de anyaguk eltérő.



E-2 ábra

Mindkét esetben stabilan lebegnek – ez alatt azt értjük, hogy ha a kockát kissé elfordítjuk, visszafordul az eredeti irányítottságába, amit az ábra mutat.

a) Melyik pohárban nagyobb a folyadék sűrűsége, és milyen a hengerek sűrűsége a víz sűrűségéhez viszonyítva? A válaszodat indokold meg!

A jégkockák olvadni kezdenek, de a hengerek belefagyva maradnak a jégkockákban. A megolvadt víz a 2-es pohárban elválik a jégkockától, de nem oldódik a folyadékban. Az ismeretlen folyadékban önálló vízcseppek alakulnak ki.

b) Mi történik a testekkel az 1-es és 2-es pohárban (lebegni fognak, kiúsznak a folyadékok szabad felszínére, lemerülnek a pohár aljára)? A válaszodat indokold meg!

c) Mi fog történni az olvadásból keletkező vízcseppekkel a 2-es pohárban? Lebegni fognak a folyadékban, felúsznak a folyadék szabad felszínére, vagy lemerülnek a pohár aljára? A válaszodat indokold meg!

d) Végezd el a következő egyszerű kísérletet! Önts egy kis pohárba vizet, majd csepegtess bele étolajat! A kísérletet ismételd meg úgy, hogy a pohárba olajat öntesz, és vizet csepegtetsz bele. Végül töltsd a poharat félig vízzel, majd töltsd fel vízzel, és hagyd egy kis ideig állni! Írd le mit tapasztaltál a vázolt esetekben! Melyik folyadék sűrűsége kisebb?

4. Vízfolyatás

A cukrász egy nagy hőszigetelt edénybe az egyik csapból meleg- a másikkól hidegvizet folytat. Az első vízcsapból $t_1 = 60,0\text{ °C}$ hőmérsékletű víz folyik, térfogatárama $O_1 = 2,0$ liter percenként. A másik csapból $t_2 = 11,0\text{ °C}$ hőmérsékletű víz folyik, térfogatárama $O_2 = 3,0$ liter percenként. A meleg vizet $T_1 = 4,0$ percig, míg a hidegvizet $T_2 = 2,0$ percig folytatja az edénybe.

- Határozd meg a víz állandósult hőmérsékletét az edényben!
- Milyen tömegű melegvizet, és mennyi ideig kell folytatnia az edénybe, hogy a víz hőmérséklete végül $\Delta t = 11,0\text{ °C}$ -val emelkedjen meg?
- Milyen hőmérsékleten állapodna meg az edényben az összekeveredő meleg- és hidegvíz hőmérséklete, ha a csapokból folyamatosan folytatnánk mindkét vizet a megadott térfogatárammal (a megállapodott végső hőmérsékletű vízfelesleg a lefolyóba folya el)?

A víz sűrűsége $\rho = 1,0\text{ kg/L}$, a víz fajhője $c = 4,2\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$. A cukrász minden esetben a megadott O_1, O_2 térfogatáramokkal folytatja a vizet a csapokból.

5. Műholdakkal teli ég

Este, napnyugta után, gyakran láthatunk műholdakat a tiszta égbolton. Az ENSZ Világűrirodája (United Nations Office for Outer Space Affairs – UNOOSA) $N=7389$ Föld körül keringő műholdat tart számon, és közülük $N_a = 4852$ működik. A műholdak különböző h magasságokban repülnek a Föld felszíne felett, lásd az F–1 táblázatot. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a műholdak körpályán keringenek a Föld körül (a körpályák középpontja a Föld középpontja).

a) Mekkora térfogat esik egy-egy működő műholdra a rétegben, amelyben a műholdak a „legsűrűbben” vannak?

b) Javasolj egy elfogadható módszert, amellyel megbecsülöd a feljebb meghatározott rétegben a szomszédos működő műholdak közti átlagos ℓ távolságot!

c) Melyik rétegben lesznek „legsűrűbben” a műholdak (működők és nem működők együtt), és mekkora lesz a szomszédos műholdak közti átlagos ℓ_{na} távolság ebben a rétegben (a nem működő és működő műholdak arányának értéke minden rétegben azonos)?

Megjegyzés: Egy R sugarú gömb térfogata $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, ahol $\pi \approx 3,1415$ az ún. Ludolf-féle szám. Egy a oldalhosszúságú kocka térfogata $V = a^3$, és $a = \sqrt[3]{V}$. Ismerkedj meg a kalkulátorod x^3 és $\sqrt[3]{x}$ funkcióival! Az a), b), c) részfeladatokat a 40 000 km felszín feletti magasságig számítsd ki! Egészítsd ki az F–1 táblázatot új oszlopokkal az a) és c) részfeladatok eredményeivel.

a réteg sorszám a	a Föld felszíne feletti magasság h /km	az aktív műholdak száma a rétegben N_a
1	150-200	5
2	200-300	189
3	300-400	191
4	400-500	579
5	500-600	2 156
6	600-700	281
7	700-800	94
8	800-900	50
9	900-1000	15
10	1 000-10 000	592
11	10 000-20 000	38
12	20 000-30 000	91
13	30 000-40 000	569
14	40000 a viac	2
	együtt	4 852

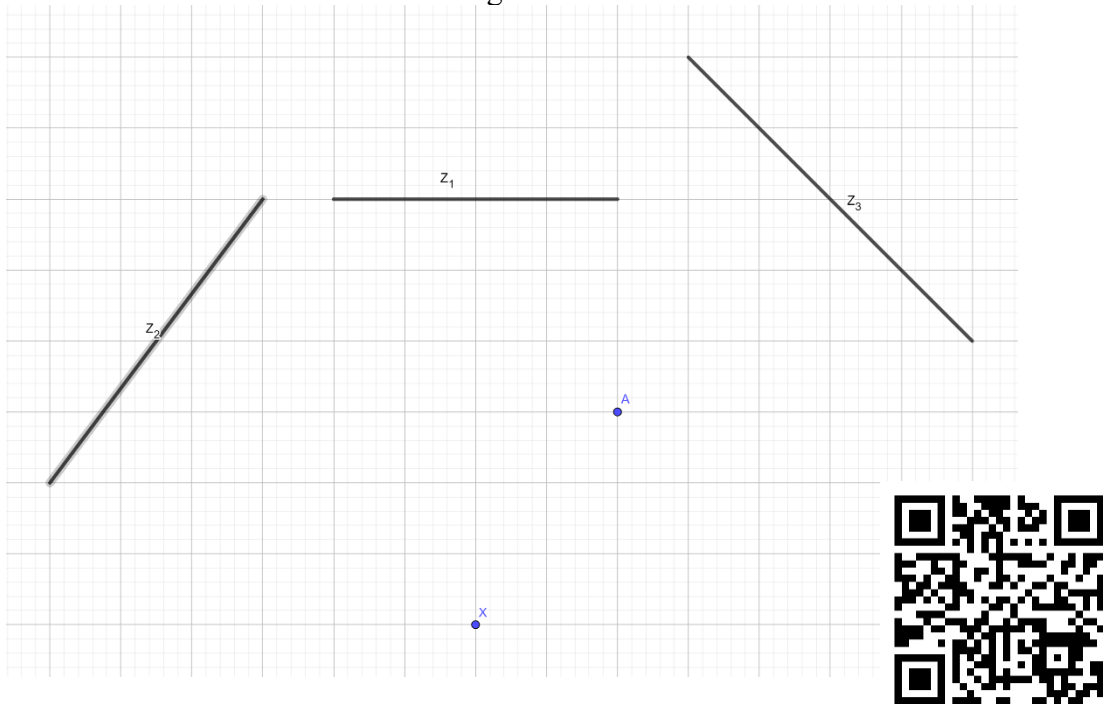
F–1 táblázat

6. Tükrök

Az F-4 ábrán Ádám az A pontban áll. Van előtte három tükör (Z_1, Z_2, Z_3), és egy ismeretlen személyt lát bennük, aki az X pontban áll.

- Rajzold át az ábrát papírra megfelelő léptékben, majd szerkeszd meg az X személy Z_1, Z_2, Z_3 tükrökben látható X_1, X_2, X_3 tükörképeit! Írd le konstrukciójukat, és szerkeszd meg az X pontból induló és az egyes tükrökről az A pontba tükröződő sugarakat!
- Melyik tükröben látja Ádám az X pontban álló ismeretlen képét a legkisebbnek, és melyikben a legnagyobb? Fizikai érvekkel indokold!

A szerkesztéshez a Geogebra alkalmazást ajánljuk (<https://www.geogebra.org/geometry>), de természetesen körzővel és vonalzóval is meg lehet oldani.



F-4 ábra

7. Készíts kalibrált hőmérőt – kísérleti feladat

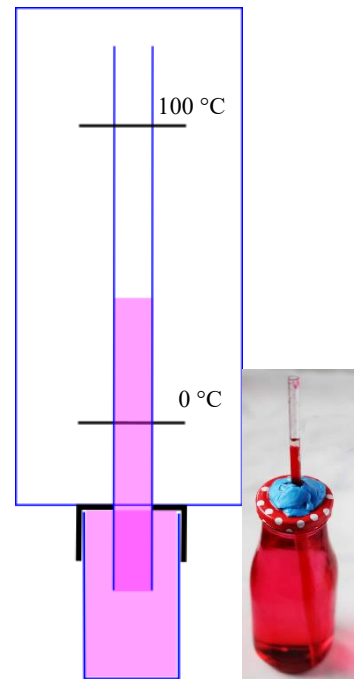
Ha megváltozik egy folyadék hőmérséklete, megváltozik a térfogata is. A hőmérséklet növekedésével a folyadék térfogata, általában, szintén növekszik. A folyadékok térfogatának relatív tágulása lényegesen nagyobb, mint a szilárd anyagok térfogatának relatív tágulása. Ezt a tulajdonságot használjuk ki a hőmérők elkészítésénél.

A folyadék (pl. olívaolaj) térfogata $V_0 = 10,00$ ml, hőmérsékletét $\Delta t = 5,0$ °C-fokkal megnöveljük, aminek következtében a térfogata $\Delta V = 0,035$ ml-vel nő meg. Ezt a következő összefüggéssel írjuk le

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta t,$$

ahol a β mennyiséget *térfogati hőtágulási együtthatónak* nevezzük. Minden folyadék térfogati hőtágulási együtthatója más, értékeiket fizikai táblázatokban találhatjuk meg.

Az üvegedény, amelyben az olajat tartjuk szintén tágul hő hatására, de a belső térfogata sokkal kisebb mértékben változik, mint a benne levő folyadék térfogata. Hogy a folyadék kis térfogatváltozása jól megfigyelhető legyen, vékony csőbe vezetjük, amelybe kinyomódik a megnövekedett térfogatnak megfelelő folyadékmennyiség. A cső kis belső átmérőjének köszönhetően kis térfogatváltozás jelentős folyadékszint-változással nyilvánul meg a csőben.



F-5 ábra

Feladat

Készíts kalibrált hőmérőt!

Segédeszközök

Kicsi, nagyjából 10 ml űrtartalmú üvegedény (pl. üres gyógyszeresüveg) a zárókupakjával együtt, olívaolaj, vékony csővecske (2-3 mm belső átmérőjű, hossza 20-25 cm – pl. vékony szívószál), tömítés. Vékony, de erős műanyaglap, amelyre írni lehet. Fontos, hogy az üvegcse fala szilárd legyen, akár csak a zárókupakja.

Eljárás

A zárókupakot óvatosan átfúrjuk, a nyílásba rögzítjük a szívószálat pl. forró ragasztópisztollyal, vagy más megfelelő eljárással, amely levegőmentesen zár (nem engedi, hogy a szívószál mellett kiszivároгjon az olaj, ill. levegő jusson az üvegcsébe). A szívószálat alulról félig megtöltjük olajjal és óvatosan rácsavarjuk az olajjal teli üvegcsébe, hogy ne maradjon az üvegcsében levegő (ezt megtehetjük teljesen olajba merítve az üvegcset és kupakot is – garantálva, hogy ne maradjon levegő az üvegcsében). Ahogy változik az olaj térfogata az üvegcsében, úgy fog változni az olajsztint a szívószálban. Tisztítsd meg az üvegcset, hogy ne csúszon a kezében!

Erősítsd a műanyaglapot (papírlapot) a kupakhoz, ezen fogod feltüntetni a skálát!

Kalibráció

Az így elkészített hőmérőt merítsd jég és víz keverékébe, amely megállapodott hőmérséklete normális nyomáson 0 °C. Miután megállapodott az olajsztint, jelöld azt be a szívószálon és a műanyaglapon is a 0 °C értékkel együtt. Tedd ezután a hőmérődet egy nagyobb edénybe megfelelő mennyiségű vízzel, és tedd a tűzhelyre! Hozd a vizet forrásba! Figyeld meg, hogyan emelkedik a szívószálban az olajsztint! Miután a víz forrni kezd és az olajsztint megállapodik – jelöld be ezt az olajsztintet a szívószálon és a műanyaglapon is, ahol feltünteted a 100 °C-ot!

Hagyd az edényben levő vizet kihűlni! Vedd le a műanyaglapot és a 0 °C és 100 °C jelölések közötti távolságot oszd fel vonalzó segítségével 10 egyenlő részre (10 °C-ként), majd még részletesebben, ami még kivitelezhető! A műanyaglapot rögzítsd a hőmérőhöz, az eredeti helyzetébe! Elkészült a saját kalibrált hőmérőd.

Feladatok a hőmérő használatához

1. Mérd meg a saját hőmérőddel a csapból folyó hidegvíz és a melegvíz hőmérsékletét! Az eredményt jegyezd le!
2. Engedj hideg csapvizet egy kis pohárba, amelybe belefér a hőmérőd! Mérd meg ennek a víznek a hőmérsékletét a hőmérőddel, amellyel közvetlenül előtte a meleg csapvíz hőmérsékletét mérted! Az eredményt jegyezd le! Magyarázd meg miért tér el az eredmény az 1. pontban mért értéktől!
3. Mérd meg a kinti hőmérsékletet árnyékban és a napon!
4. Figyeld meg a hőmérsékletet egy adott árnyékos helyen egy héten keresztül, mindig ugyanabban az időben (reggel, délben, este). A mért értékeket jegyezd le jól áttekinthető táblázatba az interneten (a lakóhelyedre) megadott értékekkel együtt, majd hasonlítsd őket össze!
5. Írd le a hőmérőd előnyeit és hátrányait!