61. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2019/2020
kategória D – domáce kolo
Texty úloh

1. A metró gyorsulása

Gyurka Prágában volt látogatóban, és el volt ragadtatva a gyorsuló metrókocsik látványától. Úgy döntött, okostelefonjával megméri a metró gyorsulását. Először azt kellett megtudnia, milyen hosszú egy metrókocsi. A lépésszámláló (pedometer) és GPS segítségével lemérte, hogy $s = 300$ m megtételéhez $N_1 = 430$ lépést kellett megtennie. Amíg a metró az állomásban állt, lemérte, hogy egy metrókocsi hossza $N_2 = 27{,}5$ lépés. Ezután, beállította az okostelefon kameráját merőlegesen az első kocsi elejére, majd beindította rögzítést. Felvette a metró indulását, és ahogy elhalad mind az $n_\mathrm{v} = 5$ metrókocsi a kamera előtt.

Otthon megnézte a felvételt, és lejegyezte (a metró indulásától számítva), mikor haladtak el az egyes kocsik végei a kamera előtt. Az adatokat a következő táblázatba írta.

kocsi n	a metró eleje	1	2	3	4	5
idő t_n/s	0,0	4,10	5,80	7,10	8,20	9,10

a) Egészítsék ki a táblázatot egy új sorral! Tüntessék fel benne mekkora v_{pn} átlagsebességet ért el a metró az indulásától a t_n pillanatig! Szerkesszék meg a v_{pn} sebesség grafikonját, mint a t_n idő függvényét! Vigyenek fel az adatpontokra egyenes trendvonalat, és döntsék el, milyen mozgást végez a metró kinematikai szempontból!

b) Határozzák meg a grafikonból a metró átlagos a gyorsulását! Határozzák meg, mekkora v_n pillanatnyi sebességgel haladt el a kamera előtt az n-ik kocsi vége! Az eredményeket tüntessék fel a táblázat egy újabb sorában!
Határozzák meg mekkora v sebességgel hagyta el a metró az állomást!

Aktualizált 2. feladat!!!

2. Rakéta

A gyerekek készítettek egy rakétát, amit a városon túl próbáltak ki, hogy senkit se veszélyeztessenek. A kilövésekor mérték a repülés fázisainak idejét. A rakétamotor beindításától számítva a rakéta $t_1 = 5{,}0$ s-ig függőlegesen emelkedett, ekkor a rakétamotor leállt. A rakéta még egy ideig tovább emelkedett, végül $t_2 = 8{,}0$ s-val a motor leállása után, földet ért.

Feltételezték, hogy amíg a rakétamotor működött, a rakéta egyenletesen gyorsult.

a) Mekkora volt a rakéta v_0 maximális sebessége az emelkedési fázis alatt, és mekkora volt a rakéta átlagos a gyorsulása, amíg a rakétamotor működött?

b) Milyen magasra (h_m) repült a rakéta?

A légellenállás elhanyagolhatóan kicsi volt. A gravitációs állandó $g = 9{,}8$ N/kg.

3. Golyók ütközése

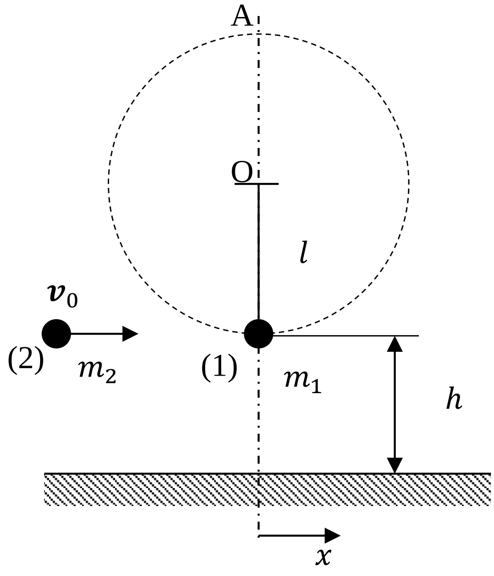
Egy $l = 200$ mm hosszú és $F_\mathrm{p} = 3{,}0$ N szilárdságú fonálon, $h = 12{,}0$ cm-vel az asztal lapja felett, lóg az (1)-es golyó, amely tömege $m_1 = 50{,}0$ g. A (2)-es golyó, amelynek tömege $m_2 = 100$ g, vízszintes irányban, központilag ütközik az (1)-es golyóval (D–1 ábra). Az ütközés tökéletesen rugalmas.

a) Mekkora a (2)-es golyó legkisebb v_{01} sebessége, amelynél az (1)-es golyó az ütközés után áthalad a körpályája A legmagasabb pontján?

b) Mekkora a (2)-es golyó legkisebb v_{02} sebessége, amelynél a fonál az ütközés után elszakad?

c) Határozzák meg az (1)-es és (2)-es golyók x_1 és x_2 koordinátáit, ahol az asztallapra esnek, ha elszakad a fonál, valamint a t_1 és t_2 pillanatot, amikor az asztallapra érnek – a (2)-es golyó ütközés előtti sebessége v_{02}!

A fonálról tételezzék fel, hogy nem nyúlik!



Obr. D–1 ábra

4. A homok halomsűrűsége – kísérleti feladat

A halomsűrűség (halmazsűrűség) valamely szemcsés vagy darabos anyag tömegének és a hézagokat, üregeket, pórusokat is tartalmazó térfogatának hányadosa. A homogén anyagok esetében ez a *sűrűség*. Például a száraz homoknak halomsűrűsége van, míg az egyes homokszemeknek sűrűsége. A szemcsés anyagok esetében a hézagot levegő, ha nedves, víz tölti ki.

Szerezzenek be a kísérlethez nagyjából 1 kg tömegű száraz homokot (pl. akváriumi homokot)! A homokozó homokját is használhatjuk, de azt először alaposan át kell mosni, fertőtleníteni kell, majd kiszárítani. Mérés előtt szitálják át sűrű szitán, hogy eltávolítsuk a homokból az apró porszemeket!

Feladat:

a) Javasoljanak egy, a lehető legpontosabb eljárást a homok halomsűrűségének megméréséhez, majd mérjék meg az eljárással a beszerzett homokminta ρ_1 halomsűrűségét!

b) Javasoljanak egy, a lehető legpontosabb eljárást a homokszemek sűrűségének mérésére, majd mérjék meg az eljárással a beszerzett minta homokszemeinek ρ_2 átlagos sűrűségét!

c) A homokot szórják egy vízzel teli edénybe, majd az edény tartalmát ürítsék ki a szitára. Hagyják lecsepegni a vizet a homokról (10 percig). Javasoljanak egy, a lehető legpontosabb eljárást a vizes homok halomsűrűségének a megméréséhez, majd mérjék meg az eljárással a szitán maradt vizes homok ρ_3 halomsűrűségét!

d) Határozzák meg a mérési eredményekből, hogy a száraz homok térfogatának hányad részét (p_1) teszi ki levegő, és hányad részét (p_2) teszi ki víz a vizes homoknál (mindkettőt %-ban fejezzék ki)!

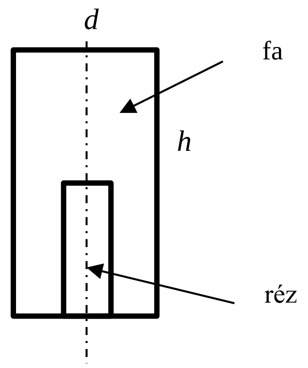
e) A mérést kettő vagy több homokmintával (eltérő szemcsenagyságú homokkal) végezzék el (finomabbal, durvábbal), és hasonlítsák össze a p_1 és p_2 értékeket! Magyarázzák meg az eltéréseket!

Megjegyzés: Az eltérő durvaságú homokot sziták segítségével kaphatjuk meg.

Figyelmeztetés: A homokozó homokja tartalmazhat az emberi egészségre ártalmas állati eredetű mikroszkopikus parazitákat!

5. Henger a vízben

Egy $\rho_\mathrm{d} = 700\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$ sűrűségű, $d = 60$ mm átmérőjű, $h = 80$ mm magasságú fahengerbe henger alakú $h/2$ mélységű nyílást fúrtak – a henger és a furat tengelye meggyezik. A furatot egy m_m tömegű rézhenger tölti ki teljesen (D–2 ábra).
A réz sűrűsége $\rho_\mathrm{m} = 8{,}9 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.



D–2 ábra

a) Fejezzék ki a nehezékkel (rézhenger) kitöltött fahenger m tömegét a $d, h, m_\mathrm{m}, \rho_\mathrm{d}, \rho_\mathrm{m}$ mennyiségek segítségével!

Egy magas henger alakú $D = 100$ mm belsőátmérőjű edényben víz van, sűrűsége $1{,}0 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$. Az edényben levő H magasságú vízoszlop magasabb a fahengertől, $H > h$. A nehezékkel kitöltött fahengert a vízbe helyezzük.

b) Milyen feltételt kell a rézhenger m_m tömegének teljesítenie, hogy a nehezékkel kitöltött fahenger a víz felszínén ússzon?

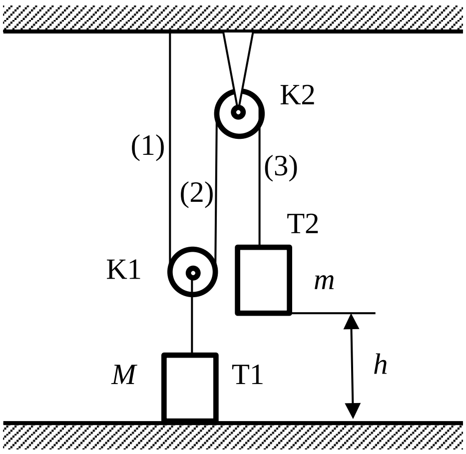
c) Mekkora lesz a vízszint magasságának ΔH változása, miután a fahengert a vízbe helyeztük? Fejezzék ki a rézhenger m_m tömegének függvényeként!

d) Számítsák ki a vízszint ΔH_i magasságának változását a rézhenger tömegének két értékére: $m_\mathrm{m1} = 50$ g és $m_\mathrm{m2} = 100$ g!

6. Nehezékek a csigasoron

A D–3 ábrán látható mechanikai rendszer a K1 mozgócsigából, a K2 állócsigából, fonálból és a T1, T2 testekből áll.

Vizsgálatunk elején az $M = 1{,}0$ kg tömegű T1 test az alátéten nyugszik, az m tömegű T2 test $h = 50$ cm magasságban lóg az alátét felett (D–3 ábra).



D–3 ábra

a) Készítsék el a K1 és K2 csigák, valamint T1 és T2 testek rajzait, és tüntessék fel ezeken a rajzokon az egyes csigákra és a testekre ható erőket a D–3 ábra alapján, ha a rendszer, az adott pillanatban, nyugalomban van! Írják le, hogyan határozzuk meg ekkor az egyes erők nagyságát!

b) Mekkora a T2 test maximális m_1 tömege, amelynél a leírt rendszer nyugalomban marad? Határozzák meg, $m \leq m_1$ tömeg esetében, a K1 és K2 csigák tengelyére ható erők F_{K1} és F_{K2} nagyságát!

Most tételezzük fel, hogy a T2 test tömege $m > m_1$! Az elején a T2 testet h magasságban az alátét felett nyugalomban tartjuk (D–3 ábra), majd elengedjük. A T2 test lefelé kezd el mozogni.

c) Mekkora v sebességgel éri el az alátétet a T2 test? Fejezzék ki a v sebességet az m tömeg függvényeként ($f_1(m)$)! Szerkesszék meg ennek a függvénynek a grafikonját!

d) Mennyi idő alatt (t) éri el a T2 test a kezdeti állapotból az alátétet? Fejezzék ki a t időt az m tömeg függvényekét ($f_2(m)$)! Szerkesszék meg a függvény grafikonját!

A csigák és fonál tömege elhanyagolhatóan kicsik a testek tömegéhez viszonyítva, továbbá a csigák tehetetlenségi nyomatéka és a fellépő súrlódás is elhanyagolhatóan kicsik. A nehéz–ségi gyorsulás $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

7. Bolygók

A Mars bolygót gyakran látjuk az éjszakai égbolton. A Mars „nagy oppozíciója” (szembenállása) 2018 júliusában volt megfigyelhető, ekkor volt a látszólagos nagysága a legnagyobb. A legjobb megfigyeléseket az oppozíció alkalmával lehet végezni (ekkor a Mars a Földről nézve pont a Nappal ellentétes irányban van). A Mars látszólagos nagysága az oppozícióban attól függ, mekkora távolságban van ekkor a Földtől. A Föld és a Mars is nagyjából ugyanabban a síkban, ellipszis pályán keringenek a Nap körül. A Föld A aféliumának vezérsugara közelítőleg 70°-os szöget zár a Mars P perihéliumának vezérsugarával. A Föld pályája kis numerikus excentricitású ($e_{\mathrm{Z}} = 0{,}0167$), azonban a Mars pályájának numerikus excentricitása jóval nagyobb ($e_{\mathrm{M}} = 0{,}0934$). A Mars és Föld közti távolság akkor a legkisebb, amikor a Mars a perihéliumán halad át.

a) A Föld elliptikus pályájának félnagytengelye $a_{\mathrm{Z}} = 149{,}6\ \mathrm{mil.\,km}$. A Föld keringési ideje $T_{\mathrm{Z}} = 365{,}25\ \mathrm{nap}$, a Marsé $T_{\mathrm{M}} = 686{,}96\ \mathrm{nap}$. Határozzák meg a Mars pályájának a_{M} félnagytengelyét, a Föld aféliumának r_{AZ} és a Mars perihéliumának r_{PM} távolságát a Naptól! Határozzák meg a Mars-Föld távolságot abban az esetben, ha az A és P pontok ugyanazon a vezérsugáron feküdnének!

b) A Mars átmérője $d_{\mathrm{M}} = 6\,805\ \mathrm{km}$. Mekkora a Mars látszólagos φ szögátmérője a Földről nézve, amikor a legközelebb van?

c) Határozzák meg, milyen T_{o} periódussal ismétlődik a Mars oppozíciója! Határozzák meg a Mars „nagy oppozicióinak” a T_{vo} periódusát, valamint, hogy melyik évben várható a legközelebbi „nagy oppozíció”.

Megjegyzés: Az ellipszis numerikus excentricitása $e = f/a$, ahol a az ellipszis félnagytengelye, f pedig a fókusztávolsága.

61. ročník Fyzikálnej olympiády – *Úlohy domáceho kola kategórie D*

Autori návrhov úloh: Ľubomír Konrád (1, 3, 5), Kamil Bystrický (2), Ivo Čáp (4, 6, 7)

Recenzia a úprava úloh a riešení: Daniel Kluvanec, Ľubomír Mucha

Preklad textu úloh do maďarského jazyka: Aba Teleki

Redakcia: Ivo Čáp

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2020