57. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2015/2016
Kategória D – domáce kolo
Text úloh

1. Ugrás a hóba

2015 februárjában nagy hóvihar tombolt az Egyesült Államok keleti partvidékén. A frissen hullott hó gyakran elérte a két méteres vastagságot is. Néhány bostoni lakos furcsa szórakozásra használta ki az alkalmat. Bátorságpróbaként a ház emeleti ablakából ugrottak a hóba (D–1 ábra). A hónak kellett csillapítani az esés erejét – ezt vették videóra, és helyezték el a YouTube videómegosztón. Boston polgármestere erélyesen szólította fel a lakosokat, hogy ne engedjenek a csábításnak, ne csatlakozzonak az efajta szórakozáshoz.

D-1 ábra

Péter a polgármester intő szavai ellenére végrehajtotta az ugrást. Kiugrott a $h = 4{,}0$ m-vel a hó felszíne feletti ablakból és $d = 80$ cm mélyen süppedt a hóba.

a) Javasoljanak fizikai modellt Péter hóba esése egyes szakaszainak leírására, majd fogalmazzanak meg egyszerűsítő feltételezéseket a feladat fizikai megoldásához!

b) Határozzák meg, mekkora volt Péter v_1 maximális sebessége az ugrás közben, és mennyi idő alatt (t_1) ért a hó felszínéhez, ha a kezdeti sebessége nulla volt!

c) Határozzák meg Péter gyorsulásának a_2 nagyságát és irányát a hóban! Mennyi ideig (t_2) tartott mozgásának ez a fázisa?

d) Mekkora a_p terhelésnek volt kitéve a teste? Veszélyes volt ez a terhelés?

   Megjegyzés: Terhelés alatt a hóréteg Péterre ható nyomóerejének F_tl nagysága és Péter m tömegének $a = F_\text{tl}/m$ arányát értjük – rendszerint a g gravitációs gyorsulás szorzataként szoktuk kifejezni.

e) Milyen mélyen (d) kéne Péternek a hóba süppednie, hogy a fékezésnél a szervezete $2g$ terhelésnek legyen kitéve?

Tételezzék fel, hogy a fékezési fázisban a hó állandó erővel hat Péter testére. Péter tömege $m = 70$ kg. A nehézségi gyorsulás $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

2. A Nap gravitációs gyorsulása

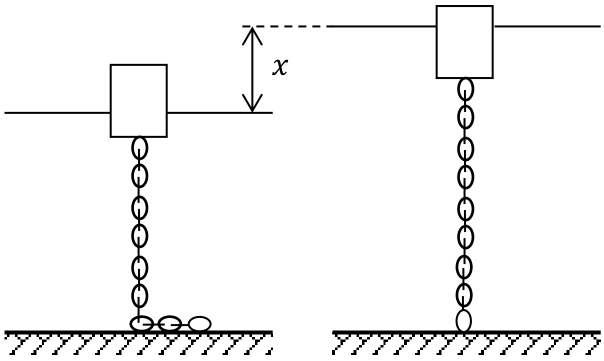
Jancsi a napkorongot figyelte. Megfelelő és biztonságos módszerrel sikerült megállapítania, hogy a napkorong szögátmérője $\alpha = 32'$. A csillagász szakkörben megtudta, hogy a Föld $r = 1{,}496 \times 10^8$km sugarú, nagyjából kör alakú pályán kering a Nap körül és $T \approx 365{,}25$ nap alatt kerüli meg a Napot. Jancsit érdekelni kezdte, hogy hányszor lesz nagyobb a g_S gravitációs gyorsulás a Nap felszínén, mint a g_Z gravitációs gyorsulás a Föld felszínén.

Határozzák meg a g_S gravitációs gyorsulást a feltüntetett adatok alapján, mint g_Z szorzatát!
Tételezzék fel, hogy a Föld és a Nap homogén gömb alakú testek! Nagyon kis szögeknél $(\alpha \ll 1\ \text{rad})$ használható a $\text{tg}\,\alpha \approx \alpha$ közelítőleges képlet (itt α radiánokban van megadva); $g_\text{Z} = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

3. Az úszó bója

A víztározó vizének felszínén egy henger alakú bója úszik. A bója alapjának te S. A bója aljához egy m tömegű vaslánc van erősítve (D–2 ábra). Az elején a lánc egyharmada a tározó fenekén fekszik. Amikor a víz felszíne a tározóban x-vel megemelkedik, akkor a lánc szabad vége hozzáér a tározó aljához. Határozzák meg a lánc d hosszát, ha a vas sűrűsége ρ és a víz sűrűsége ρ_0!

Tételezzék fel, hogy a láncszemek nagyon kicsik (az ábra csak szemléltetéses rajz)!



D–2 ábra

4. Jesse Owens világcsúcsa

1936-ban, a berlini olimpián, Jesse Owens $d = 809$ cm-es eredményével megdöntötte a távolugrás világcsúcsát. Az ugrás dinamikája igen összetett. A vizsgálatához a ferdén elhajított tömegpont modelljét képzeljék el, ahol a tömegpont az versenyző súlypontja! A versenyző a nekifutáskor v_1 vízszintes sebességre tesz szert, majd az ugrás pillanatában v_2 függőleges sebességgel elrugaszkodik felfelé. A filmfelvétel elemzése kimutatta, hogy az ugrással a versenyző súlypontja $h = 120$ cm magasságba került az elrugaszkodás pillanatában mért magasságához viszonyítva.

a) Vezessék le az ugrás d távolságát, valamint h magasságát az elrugaszkodás pillanatában mért v_1 és v_2 sebességből!

b) Határozzák meg a versenyző sebességének v_0 nagyságát az elrugaszkodás pillanatában, valamint az elrugaszkodás α szögét a vízszintes síkjához viszonyítva! Tételezzék fel, hogy a versenyző súlypontja földet éréskor ugyanabban a magasságban van, mint az elrugaszkodás pillanatában!

Az ugrás hossza függ a nehézségi gyorsulástól. Az a1956-os olimpiát Ausztráliában, Melbourne-ben rendezték meg.

c) Magyarázzák meg, miért kisebb a nehézségi gyorsulás Melbourne-ben, mint Berlinben!

d) Mennyivel ugrott volna Owens távolabb Melbourne-ben, ha a kezdeti v_0 sebessége, és az elrugaszkodás α szöge ugyanakkora lett volna, mint Berlinben?

A nehézségi gyorsulás Berlinben $g_{\mathrm{B}} = 9{,}8128\ \mathrm{m/s^2}$, Melbourne-ben $g_{\mathrm{M}} = 9{,}7999\ \mathrm{m/s^2}$.

5. A deszka lecsúszása

A munkás a raktárban egy $d = 2{,}0$ m hosszú vékony homogén deszkát egy láda függőleges falához, az alsó végét pedig a vízszintes talajnak támasztotta. A deszka oldalfalainak síkjai függőlegesek, és merőlegesek a láda falára.

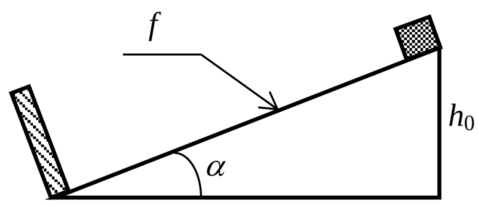
a) Készítse el a rendszer sematikus rajzát, és jelölje be rajta a ládához támasztott deszkára ható erőket!

b) A ládát elkezdjük lassan tolni a vízszintes x irányban, merőlegesen a láda falára. A deszka felső vége lassan csúszni kezd lefelé a láda falán, a talaj felé. Amikor a deszka alsó fele egy bizonyos $x = x_{\mathrm{m}}$ kritikus távolságba kerül a ládától, leesik a padlóra. Határozzák meg az x_{m} távolságot!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekkel: a talaj és deszka anyaga közti súrlódási tényező $f_1 = 0{,}25$, a láda és deszka anyaga közti súrlódási tényező $f_2 = 0{,}15$.

6. Visszapattanás súrlódással

Az α dőlésszögű ferde sík alsó vége a síkra merőleges falba van szilárdan beágyazva (lásd a D–3 ábrát). A ferdesík felső végéről, h_0 magasságból, szabadon elengedünk egy kis testet, amely lefelé fog csúszni. A kis test tökéletes rugalmas ütközésben pattan vissza a merőleges faltól, és kh_0 magasságba csúszik a ferde síkon felfelé – k értékére érvényes, hogy $0 \leq k < 1$.



D–3 ábra

a) Határozzák meg a kis test anyaga és a ferdesík anyaga közti súrlódási tényezőt!

b) Határozzák meg a t_0 időtartamot, amely alatt a kis test elvégzi a leírt mozgást!

A feladatot oldják meg általánosan, majd a következő értékekkel: $k = 0{,}75,\ \alpha = 30°$, $h_0 = 80$ cm, $g = 9{,}8$ N/kg!

7. A gyurma – kísérleti feladat (EXP)

Feladat: Vegyenek a csomagból egy gyurmadarabot és határozzák meg a kivett darab sűrűségét valamint tömegét!

Javasoljanak legalább két eljárást – indokolják fizikai érvekkel! Az eltérő eljárással kapott eredményeket pedig hasonlítsák össze! Döntsék el, hogy a két eljárásból melyik pontosabb a két mennyiség meghatározásakor!

Minden mérést ismételjenek meg többször is, határozzák meg az átlagértékeket az adott eljárásnál!

Segédeszközök: gyurma, átlátszó pohár, egy másik pohár (nem szükséges átlátszónak lennie), víz, milliméterpapír, fonál.

Megjegyzés: A feladat megoldásához nem kötelező mind a két pohár használata.