Fyzikálna olympiáda - Fizikai olimpiász

54. ročník, 2012/2013

školské kolo

kategória C

zadanie úloh, maďarská verzia – 1.časť

1. A rugalmas labda elpattanása

Ebben a feladatban azt fogják vizsgálni, hogyan pattan el egy rugalmas labda egy szilárd sík-felülettől.

a) Egy $m = 0{,}10$ kg tömegű rugalmas labda függőleges irányból esik egy vízszintes, mozdulatlan szilárd deszkára. A labda sebessége a környezetéhez viszonyítva, közvetlenül a becsapódás előtt, $v_0 = 14\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ volt. Az ütközés folyamán a labda $\tau = 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ s ideig volt érintkezésben a deszkával. Készítsenek ábrát, amelyben ábrázolják a labda becsapódás előtti $\boldsymbol{v}_0$ sebességét, és közvetlenül az elpattanás utáni $\boldsymbol{v}_{o}'$ sebességét! Írják le tömören, fizikai szempontból, a labda ütközését a deszkával!

b) Ábrázolják grafikusan, vektorok segítségével, a labda ütközéskor végbemenő teljes $\Delta\boldsymbol{v}$ sebességváltozását! Határozzák meg a $\Delta\boldsymbol{v}$ vektor Δv nagyságát!

c) Határozzák meg az ütközés alatt a labdára ható $\boldsymbol{F}$ erő átlagos F nagyságát!

d) Ugyanaz a labda, $v_0 = 14\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sebességgel függőlegesen lefelé mozogva, a környezetéhez viszonyítva, ütközik a deszkával, amely $v = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sebességgel mozog függőlegesen felfelé a labda beesési irányával szemben. Rajzolják le egy ábrában a labda $\boldsymbol{v}_{o1}$ sebességét közvetlenül a becsapódás előtt, valamint a labda $\boldsymbol{v}_{o2}$ sebességét közvetlenül a becsapódás után a mozgó deszkával összekötött vonatkoztatási rendszerben! Határozzák meg a $\boldsymbol{v}_{o2}$ sebesség v_{o2} nagyságát!

e) Határozzák meg a labda $\boldsymbol{v}_2$ sebességét, amellyel elpattan a deszkától a környezet inerciális vonatkoztatási rendszerében! Számítsák ki, a környezethez viszonyítva, a labda $\Delta\boldsymbol{v}_2$ sebességváltozásának nagyságát, amely mozgó deszkával való ütközésekor keletkezik (a közvetlen ütközés előtti és utáni állapotokat összehasonlítva)! Nevezzenek meg legalább két olyan sportot, ahol a labda a játékossal vagy annak sportszerével kölcsönhatásba lépve „katapultálódik"!

Megjegyzés: Tételezzék fel, hogy a deszka tömege sokkal nagyobb, mint a labdáé! A labdáról tételezzék fel, hogy tökéletesen rugalmas test!

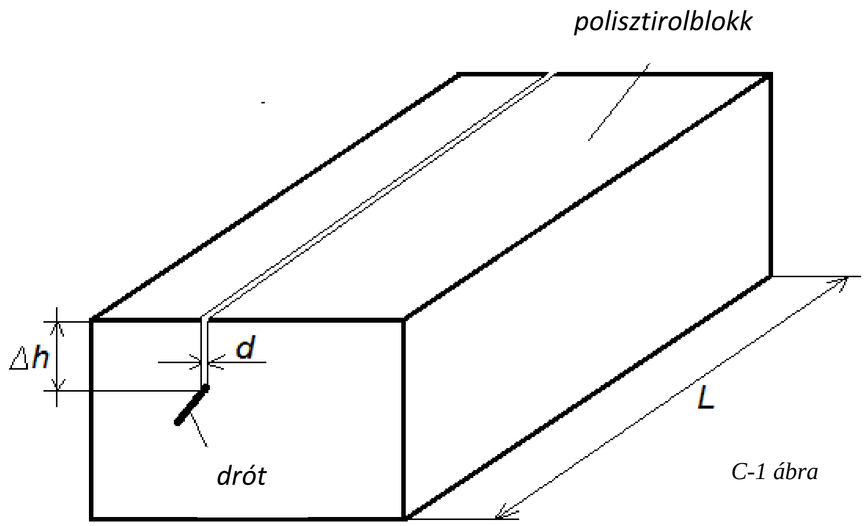
2. Polisztirol (Hungarocell) vágó

A habosított polisztirollal (Hungarocellel) való munka kellemetlen velejárója, hogy késsel, fűrésszel való vágásakor sok elektrosztatikusan töltött forgácshab keletkezik, amely szennyezi a környezetet, levegőt, munkapadot, stb.. Az egyik lehetséges megoldás erre a problémára, hogy a vágáshoz forró drótot használunk. Egy diák úgy döntött, hogy készít egy ilyen polisztirol vágót. Ehhez egy $U = 8{,}0$ V feszültségű $P_\mathrm{m} = 50$ W maximális teljesítményű elektromos áramforrást, valamint egy $L = 1{,}0$ m hosszúságú kör keresztmetszetű acél vágódrótot használt, amelyet egyenesen az áramforráshoz tervezett csatlakoztatni.

a) Határozzák meg az acéldrót maximális d átmérőjét, hogy az áramforráshoz csatlakoztatásakor annak teljesítménye ne lépje túl a maximális P_m értéket!

Határozzák meg a drótban folyó áram I nagyságát, amely az ilyen d átmérőjű drótban folyik, valamint az áramforrás P teljesítményét, ha drót teljes L hosszában a polisztirolblokkban van, a hőmérséklete pedig a polisztirol olvadáspontjával azonos!

b) Mekkora v_{m} maximális sebességgel hatolhat át a forró drót a polisztirol blokkon a vágás közben? Magyarázzák meg, mi történik, ha a vágás közben a drót sebessége kisebb lesz ($v < v_{\mathrm{m}}$).



C-1 ábra

c) A drót v_{m} sebességgel $\Delta h = 7{,}5$ cm mély vágást végzett a polisztirol blokkban (lásd a C–1 ábrát), Mekkora ΔQ hőt adott le a drót a polisztirolblokknak?

Anyagállandók:

Polisztirolhab: sűrűség $\rho_{\mathrm{m}} = 50\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, olvadáspont $t_{\mathrm{t}} = 240\ \mathrm{°C}$, fajlagos olvadáshő $l = 150\ \mathrm{kJ \cdot kg^{-1}}$, fajlagos hőkapacitás $c = 1300\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$.

Acél: rezisztivitás $0\ \mathrm{°C}$-on $\rho_0 = 13 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$, az elektromos ellenállás hőmérsékleti együtthatója $\alpha = 4{,}8 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K^{-1}}$.

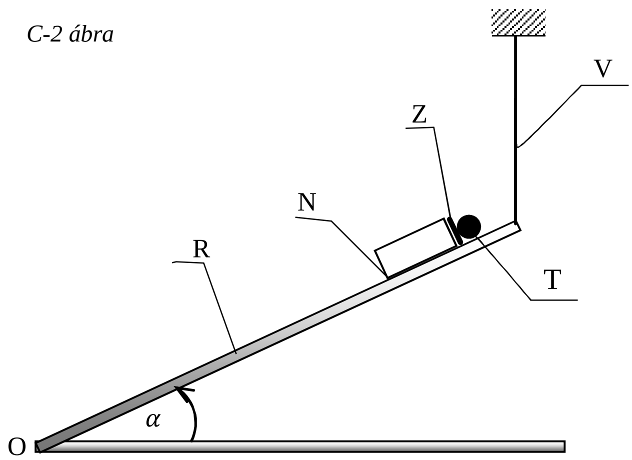
A polisztirol hőmérséklete minden esetben $t_0 = 20\ \mathrm{°C}$.

Az áramforrás belső ellenállása nagyon kicsi a drót ellenállásához viszonyítva. Tételezzék fel, hogy a drót csak a polisztirol azon részét melegíti és olvasztja, amely közvetlenül az útjában van, így az átmérőjének megfelelő szélességű vájatot éget ki – lásd a C–1 ábrát!

3. Szabadesés paradoxon

Egy diák érdekes szerkezetet készített, amellyel meg akarta mutatni, hogy a szerkezet szabadon forgó és eső l hosszúságú (R-homogén deszkalap) karja megelőzheti a gravitációs térben szabadon eső (T) testet (C-2 ábra). Az (R) kar, amely szabadon elfordulhat a mereven rögzített O tengely körül, kezdeti pozíciójában α szöget zár be a vízszintes síkkal. A kar részét képezi a rajta rögzített (N) tégely, valamint a (Z) kis támaszték. A támaszték a tégely fölötti kezdeti helyzetben tartja a testet. A test távolsága az O forgástengelytől d_0. A kart a függőleges (V) zsineg tartja a kezdeti pozíciójában. Miután a zsinórt átégetjük a kar és a test a gravitációs erő hatására mozogni

C-2 ábra



fognak. Ha a kísérletünk sikerül, akkor a kar vízszintes helyzetbe kerülése után a test a tégelybe zuhan.

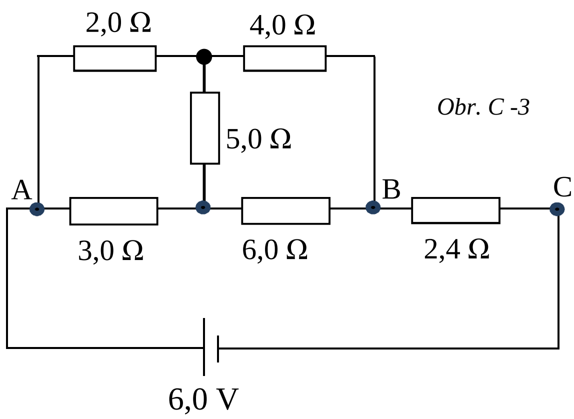
a) Magyarázzák meg fizikálisan, hogy lehet, hogy a kar „megelőzi” a szabadon eső testet, amely végül a tégelybe esik! Határozzák meg, adott α dőlésszögre, a test minimális d_0 távolságát az O forgástengelytől, amelynél a zsinór átégetése pillanatában a test elválik a kartól! Tárgyalják a feladat lehetséges megoldását! Határozzák meg a maximális $\alpha = \alpha_{o1}$ szöget ($d_0 = l$ esetben).
b) Határozzák meg a d_0/l arányt mint az α dőlésszög függvényét, tehát a $d_0/l = f(\alpha)$ függvényt.
c) Szerkesszék meg a $d_0/l = f(\alpha)$ függvény grafikonját a dőlésszög $\alpha \in (0, \alpha_{01})$ tartományára! Határozzák meg a grafikonból az α_{02} szög értékét, amelyre $d_0/l = 0{,}75$!

Egy l hosszúságú kar I tehetetlenségi nyomatéka (a deszka végén áthaladó O forgástengelyhez viszonyítva) $I = m\,l^2/3$. A tégely és test tömege elhanyagolhatóan kicsi a kar tömegéhez viszonyítva, és a kar mozgására kifejtett hatásukat ne vegyék figyelembe!

Megjegyzés: Amennyiben úgy döntenének, hogy a kísérletet meg szeretnék valósítani, azt ajánljuk, hogy a kar alatti részt párnázzák ki rugalmas textíliával, vagy gumihabbal. Hasonlóan ajánlatos kipárnázni a tégely alját is, hogy a labda ne ugorjon ki a tégelyből, miután beleesett.

4. Elektromos áramkör

A C–3 ábrán látható kapcsolási séma egy hat rezisztorból és egy kis belső ellenállású áramforásból kialakított hálózatot mutat. A rezisztirok ellenállásainak értéke, valamint az áramforrás feszültsége fel van tüntetve a sémában.



Obr. C -3

a) Rajzolják le a sémát, és jelöljék be az egyes ágakban (rezisztorokon át) folyó áramot!
b) Határozzák meg a hálózat ellenállását az A és C pontok között!
c) Határozzák meg a hálózat egyes ágaiban folyó $I_1, \ldots, I_6$ áramokat!
d) Határozzák meg az A és B csomópontok közötti U_{AB} feszültséget, valamint a B és C pontok közötti U_{BC} feszültséget!
e) Határozzák meg a hálózat P teljes bemeneti teljesítményét!

Fyzikálna olympiáda, 54. Ročník – Úlohy školského kola kategórie C

Autori úloh:	Martina Kluvancová (1.), Dušan Nemec (2.), Roman Kluvanec (3. a 4.)
Preklad:	Aba Teleki
Recenzia:	Daniel Kluvanec, Ivo Čáp
Redakčná úprava:	Ivo Čáp
	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Vydal:	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2012