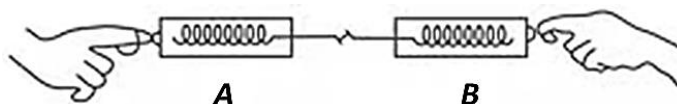


Bor Pál Fizikaverseny 2023/24, döntő, 7. évfolyam**1. Erős feladat. (12 pont)**

Döntsd el minden állításról, hogy minden esetben igaz (I), biztosan hamis (H), vagy a leírtak alapján ez nem dönthető el egyértelműen (ND)! Válaszodat az állítás melletti cellába írhatod!

1) Az **A** rugós erőmérővel legfeljebb 2 N, az erősebb rugóval rendelkező **B** erőmérővel pedig maximálisan 5 N nagyságú erőt lehet mérni.

Ha az ábrának megfelelően összeakasztott két erőmérőt ellentétes irányban húzzuk, és az **A** erőmérő 1 N-t jelez, akkor a **B** erőmérőről 2,5 N olvasható le. (H)



2) A szoba átrendezése során a ruhásszekrényt 50 N nagyságú, vízszintes irányú erővel kellett tolnunk ahhoz, hogy egyenletesen mozogva az új helyére kerüljön.

Ebből következik, hogy a padlón csúsztatott szekrényre 50 N nagyságú súrlódási erő hatott. (I)

3) A Föld körül keringő űrhajóban azért van súlytalanság, mert a gravitációs erő nem gyorsítja. (H)

4) Ha két jármű azonos irányban, egymás mögött, állandó nagyságú sebességgel mozog az egyenes autópályán, és a hátsó jármű lendülete a nagyobb, akkor előbb-utóbb utoléri az elől haladót. (ND)

5) Egy 2 gramm tömegű pingpong labdát kiejtenek a negyedik emeleti ablakból. A mozgásról készült videón jól látható, hogy a labda a második emelet mellett már állandó sebességgel halad.

Ebből következik, hogy a labdára ebben a magasságban 20 mN nagyságú közegellenállási erő hatott. (I)

6) Ha az állandó sebességgel guruló gördeszékán álló gyerek eldobja a hátizsákját, akkor növekedni fog a sebessége. (ND)

Minden helyes válasz 2 pontot ér.

2. Alfa vagy béta? (16 pont)

Két autó tart Szeged felől Hódmezővásárhely felé egyforma, $70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ nagyságú sebességgel. Az elől haladó BP Alfa 10 óra 58 perckor, az algyői Tisza-hídnál találkozik egy vele ellentétes irányban, $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ nagyságú sebességgel Szeged felé száguldó mentőautóval.

- Mekkora a távolság a két Hódmezővásárhely felé tartó jármű között, ha a hátul haladó FT Béta típusú autó 11 óra 1 perckor találkozik a szembejövő mentővel?
- Az algyői Tisza-hídtól milyen messze van az FT Béta a mentővel történő találkozás pillanatában?
- Hány perccel előbb érkezik Hódmezővásárhelyre a BP Alfa, mint az FT Béta? Eredményedet egész számra kerekítve add meg!

Mindhárom említett jármű sebessége a Szegedre, illetve Hódmezővásárhelyre érkezésig állandó nagyságúnak tekinthető.

Megoldás:

a)

Mivel a két, Hódmezővásárhely felé tartó autó egyforma sebességű, célszerű a vonatkoztatási rendszerünket hozzájuk rögzíteni. Legyen az első autó az origóban, akkor a hátsó $d_{e,h}$ távolságban, a Szeged felé irányított x tengelyen nyugszik.

A mentőautó sebessége ebben a rendszerben

$$v_{\text{rel}} = v_{\text{mentő}} + v_{e,h} = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 70 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 160 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

nagyságú, Szeged felé mutat. Ezzel a sebességgel $\Delta t_1 = 3 \text{ min}$ alatt

$$d_{e,h} = v_{\text{rel}} \cdot \Delta t_1 = 160 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{3}{60} \text{ h} = 8 \text{ km}$$

távolságot tesz meg, tehát a hátul haladó autó 8 km-rel lemaradva követi az első. (8 pont)

(Természetesen más megoldás is lehetséges. Például:

Rögzítsük vonatkoztatási rendszerünk kezdőpontját az algyői Tisza-hídhöz! Az első autó és a mentő találkozásának pillanatában a hátul haladó autó a hídtól $d_{e,h}$ távolságban van. Mivel ezt a távolságot szemben haladva a hátsó kocsí és a mentőautó együtt teszi meg 3 perc alatt, így

$$v_{\text{mentő}} \cdot \Delta t_1 + v_h \cdot \Delta t_1 = d_{e,h}$$

ahonnan nyilvánvalóan ismét

$$d_{e,h} = 8 \text{ km}$$

adódik.)

b)

Mivel a mentőautó 3 perc alatt

$$s_m = v_{\text{mentő}} \cdot \Delta t_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{3}{60} \text{ h} = 4,5 \text{ km}$$

hosszú utat tesz meg, és éppen a hídtól indult, így a találkozás pillanatában pontosan ekkora távolságban lesz az FT Béta a hídtól. (3 pont)

c)

Mivel az autók sebessége állandó nagyságú, közöttük mindvégig fennmarad a 8 km távolság. Amikor az első autó Hódmezővásárhelyre érkezik, a másodiknak még 8 km-t meg kell tennie, azaz

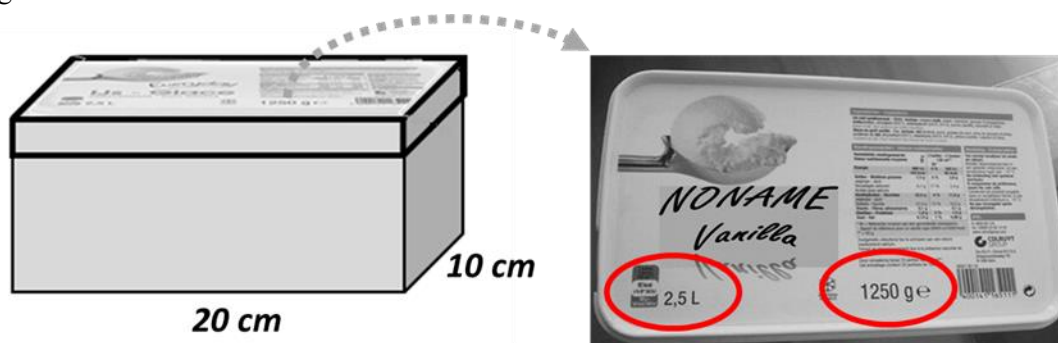
$$\Delta t_2 = \frac{d_{e,h}}{v_h} = \frac{8 \text{ km}}{70 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,1143 \text{ h} \approx 7 \text{ min}$$

időkéséssel, vagyis körülbelül 7 perccel később érkezik a városba. Tehát a BP Alfa 7 perccel előbb érkezik Hódmezővásárhelyre, mint az FT Béta. (5 pont)

3. Jaj de finom! (18 pont)

Peti szerette volna megkínálni a barátait, ezért vásárolt egy doboz jégkrémet. A téglatest alakú, vékonyfalú műanyagdoboz fedeléről a benne lévő édességre vonatkozóan a következő adatokat olvasta le: 2,5 liter, 1250 g (lásd az ábrát!). Mikor felnyitotta a dobozt, örömmel látta, hogy színültig van jégkrémmel. „De jó! – gondolta Mindenkinek jut egy-két gömb fagyalt! Gyorsan beteszem a mélyhűtőbe, míg megjönnek a többiek!”

a) Befér-e Petiek mélyhűtőjének 14 cm mélységű fiókjába 10 cm x 20 cm területű alaplajjára fektetve a jégkrémes doboz?



b) Mennyivel nagyobb egy doboz jégkrém átlagsűrűsége a dobozban található jégkrém sűrűségénél, ha a doboz tömege üresen 50 gramm, és anyagának sűrűsége $860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$? (A jégkrémekben található levegő tömegét elhanyagolhatod!)

c) A jégkrémet fagyasztás közben – a tejszínhab felveréséhez hasonlóan – folyamatosan keverik, levegővel „felhabosítva” a kezdetben $1115 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ sűrűségű, folyadék halmazállapotú alapkeveréket. Az eljárást térfogatnövelésnek nevezik: ennek köszönhető az édesség krémes állaga, ami miatt sokkal élvezhetőbb, mint ha egyszerűen jéggé fagyasztották volna a folyadékot. Sajnálatos módon néhány gyártó a szükségesnél jóval több levegőt juttat a jégkrémbe. Számítsd ki, hogy egy doboz jégkrém térfogatának hány százaléka levegő!

Megoldás:

a)

Mivel a doboz vékonyfalú, és színültig van jégkrémmel, melynek térfogata $V=2,5$ liter, így a doboz h magasságára teljesülnie kell, hogy

$$a \cdot b \cdot h = V \rightarrow 2 \text{ dm} \cdot 1 \text{ dm} \cdot h = 2,5 \text{ dm}^3$$

azaz

$$h = 1,25 \text{ dm} = 12,5 \text{ cm} < 14 \text{ cm}$$

Tehát a jégkrémes doboz belefér a fiókba. (4 pont)

b)

A doboz tetejéről leolvasható adatokból kiszámítható a jégkrém sűrűsége.

$$\rho_{\text{jégkrém}} = \frac{m}{V} = \frac{1250 \text{ g}}{2,5 \text{ dm}^3} = \frac{1,250 \text{ kg}}{0,0025 \text{ m}^3} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Számítsuk ki az üres doboz térfogatát: $V_{\text{doboz}} = \frac{m_{\text{doboz}}}{\rho_{\text{doboz}}} = \frac{0,05 \text{ kg}}{860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \approx 5,814 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 58,14 \text{ cm}^3$

Az átlagsűrűség: $\rho_{\text{átlag}} = \frac{m_{\text{összes}}}{V_{\text{összes}}} = \frac{1250 \text{ g} + 50 \text{ g}}{2500 \text{ cm}^3 + 58,14 \text{ cm}^3} \approx 0,508 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 508 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

A különbség mindössze $8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. (7 pont)

c)

Egy dobozban található alapkeverék térfogata:

$$V_{\text{alapkeverék}} = \frac{m}{\rho_{\text{alapkeverék}}} = \frac{1,25 \text{ kg}}{1115 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,12 \text{ dm}^3 = 1,12 \text{ l}$$

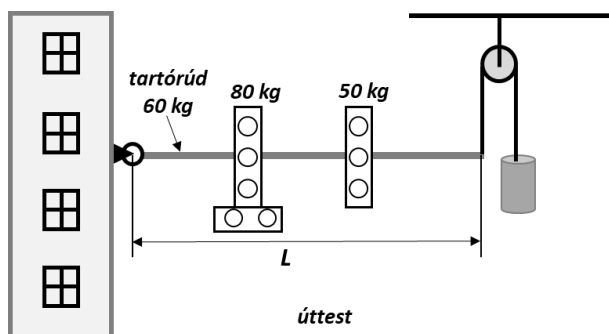
A maradék térfogat levegő, vagyis: $V_{\text{levegő}} = 2,5 \text{ l} - 1,12 \text{ l} = 1,38 \text{ liter}$

Ez a doboz teljes belső térfogatának $\frac{1,38 \text{ l}}{2,5 \text{ l}} = 0,552$ szerese, vagyis annak 55,2 %-a. (7 pont)

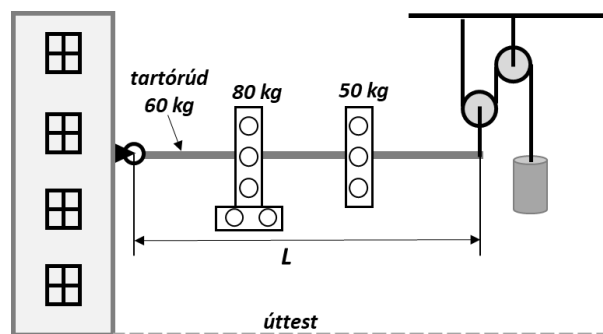
4. Egyensúlyban kell maradni! (20 pont)

Egy széles út felett közlekedési lámpákat helyeztek el. Az úttest egyik oldalán álló magas ház oldalfalában kialakított tengely körül függőleges síkban elfordítható, 60 kg tömegű tartórúd $L=15$ méter hosszának egyik harmadolópontjában egy 80 kg, másik harmadolópontjában pedig egy 50 kg tömegű lámpát rögzítettek.

a) A rudat a másik végéhez kötött, az úttest túloldalán kialakított állványon függő állócsigán átvett kötélre akasztott betonhenger tartja vízszintes helyzetben egyensúlyban, az 1. ábrának megfelelően. Mekkora a betonhenger tömege?



1. ábra



2. ábra

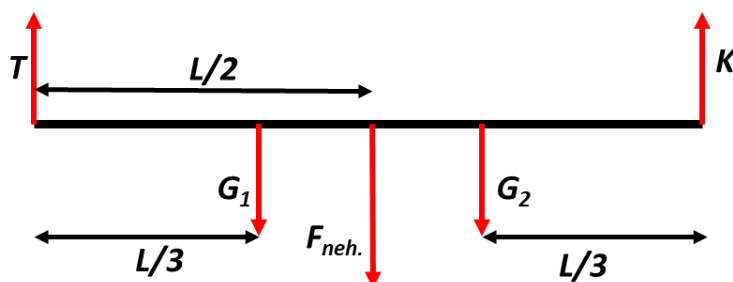
b) Hány kilogramm tömegű betonnehézre lett volna szükség a rendszer egyensúlyban tartásához, ha a 2. ábra szerint egy mozgócsigát is felhasználtak volna?

(A szabadesés gyorsulását vegyük $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nagyságúnak, a kötelek tömege elhanyagolható. Az ábrák nem méretarányosak!)

Megoldás:

a)

A rúdra hat az $F_{neh.}$ nehézségi erő, a tengelynél fellépő T erő, a két lámpa G_1 és G_2 súlya, valamint a K kötelerő. Ha a rúd vízszintes helyzetben egyensúlyban van, akkor mind az öt erő függőleges hatásvonalú, a T és a K felfelé, a többi lefelé irányul.



Merev test egyensúlyának dinamikai feltétele, hogy a rá ható erők eredője, és ezen erők tetszőleges pontra vett forgatónyomatékainak – előjeles – összege zérus legyen. Az erők nagyságára teljesülnie kell, hogy

$$T + K = G_1 + G_2 + F_{neh.}$$

mivel az erők eredője csak így lehet zérus. Innen

$$T + K = m_1 \cdot g + m_2 \cdot g + m_{rúd} \cdot g = 1900 \text{ N}$$

(Nem szükséges az erők eredőjére vonatkozó gondolatmenetet, illetve számolást elvégezni, enélkül is teljes pontszámot kaphat a versenyző.)

A forgatónyomatékokra vonatkozó feltételi egyenletet írjuk fel a rúd tengelyezett végére:

$$G_1 \cdot \frac{L}{3} + G_2 \cdot \frac{2 \cdot L}{3} + F_{\text{neh.}} \cdot \frac{L}{2} = K \cdot L$$

ahonnan

$$800 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} + 500 \text{ N} \cdot 10 \text{ m} + 600 \text{ N} \cdot 7,5 \text{ m} = K \cdot 15 \text{ m}$$

$$4000 \text{ Nm} + 5000 \text{ Nm} + 4500 \text{ Nm} = K \cdot 15 \text{ m}$$

$$K = \frac{13500 \text{ Nm}}{15 \text{ m}} = 900 \text{ N}$$

vagy

$$K = \frac{G_1}{3} + \frac{2 \cdot G_2}{3} + \frac{F_{\text{neh.}}}{2} = \frac{m_1 \cdot g}{3} + \frac{2 \cdot m_2 \cdot g}{3} + \frac{m_{\text{rúd}} \cdot g}{2}$$

$$K = \frac{800 \text{ N}}{3} + \frac{1000 \text{ N}}{3} + \frac{600 \text{ N}}{2} = 900 \text{ N}$$

10 pont

Az állócsiga csak az erőkifejtés irányát változtatja meg: a csiga két oldalán lefutó köteleket ugyanakkora erőnek kell feszítenie, mert csak így lehet a csigára ható forgatónyomatékok egyenlő nagyságú, ellentétes irányú (mindkét kötélrő erőkarja a csiga sugara).

A kötélnél 900 N nagyságú erőt gyakorol a rúdra, a hatás-ellenhatás törvénye miatt a rúd ugyanekkora erővel húzza a kötelet. Hogy a csiga egyensúlyban maradjon, a betonhenger is ugyanekkora erővel kell, hogy húzza a kötélnél másik végét, azaz a betonhenger súlya:

$$G_{\text{beton}} = K = 900 \text{ N}$$

Innen a henger tömege:

$$m_{\text{beton}} = 90 \text{ kg}$$

4 pont

b) A tartórúd szabad végére továbbra is 900 N nagyságú kötélrőnek kell hatnia, azaz a rúd a mozgócsiga tengelyét ekkora erővel húzza lefelé (hatás-ellenhatás).

A mozgócsiga egyensúlyban van, ezért a tengelyét lefelé húzó erő nagyságával meg kell egyeznie a csigát tartó két kötélrő által kifejtett, felfelé mutató erők összegének. Ugyanakkor e két kötélrő által kifejtett erők egyforma nagyságúak kell, hogy legyenek, mivel forgatónyomatékaik a mozgócsiga tengelyére nézve csak így lehetnek egyformák (ui. az erőkarok a csiga sugarával megegyezők). Tehát a tengelyét terhelő erő felével egyenlő nagyságú, azaz 450 N nagyságú erővel tartja a mozgócsigát egy-egy kötélrő.

Ebből következően a mozgócsiga 450 N nagyságú erővel húzza lefelé az állócsiga felé vezető kötélrőjét. Hogy az állócsiga egyensúlyban maradjon, a másik oldalán lefutó kötélrőre is 450 N nagyságú erőnek kell hatnia, azaz a rendszer egyensúlyához ebben az esetben 450 N súlyú betonhengerre lenne szükség, aminek a tömege 45 kg.

6 pont