Bor Pál Fizikaverseny 2021/22. harmadik forduló 7. évfolyam

1 Igaz vagy hamis? (14 pont)

Figyelmesen olvasd el az alábbi kijelentéseket, majd döntsd el, hogy az adott állítás biztosan igaz (I), biztosan hamis (H), vagy a mondat megfogalmazása alapján nem hozható egyértelmű ítélet (ND)! Az I, H, illetve ND rövidítések valamelyikét írd az állítás mellett lévő cellába!

A Föld a nagyobb tömegű, ezért nagyobb erővel vonzza a Holdat, mint amekkora erővel a Hold vonzza a Földet. H

A mágnes vonzza a közelébe vitt fémdarabot. ND

Ha a talajra ejtett tömör gumilabda ugyanakkora sebességgel pattan vissza, mint amekkorával leérkezett, akkor a mozgásállapota nem változott meg az ütközés következtében. H

Ha a felfújt lufit a műanyag festékkel bevont plafonhoz dörzsöljük, a lufi feltapad a plafonra. I

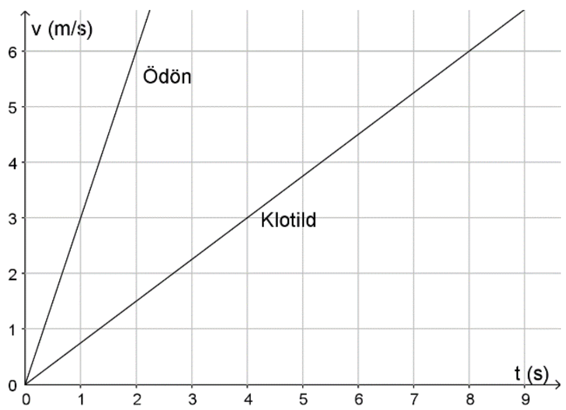
Ha egy hideg pohárba forró vizet öntünk, a hideg pohár felmelegszik a víz eredeti hőmérsékletére. H

Két hal úszik a Sziksós-tóban. A rájuk ható nyomás egyforma. ND

Az iránytű azért fordul északi irányba, mert arra van a Föld északi mágneses pólusa. H

2. Futóverseny (12 pont)

A grafikonon Klotild és Ödön egyenes vonalú mozgása sebességének alakulását láthatod a rajt utáni néhány másodpercben. A grafikon alapján döntsd el, hogy az alábbi táblázat első és harmadik oszlopában szereplő mennyiségek közül melyik a nagyobb, és **mennyivel**! (A táblázat üresen hagyott oszlopába írd a relációs jelet, és a különbséget!)



Klotild sebessége indulásnál		Ödön sebessége indulásnál
Klotild sebessége 2 s elteltével		Ödön sebessége 2 s elteltével
Klotild 3 $\frac{m}{s}$ sebességváltozásához szükséges idő		Ödön 3 $\frac{m}{s}$ sebességváltozásához szükséges idő
Klotild sebességváltozása 1 s alatt		Ödön sebességváltozása 1 s alatt
Klotild gyorsulása		Ödön gyorsulása
Klotild által 2 s alatt megtett út		Ödön által 2 s alatt megtett út

Megoldás:

Klotild sebessége indulásnál	=	Ödön sebessége indulásnál
Klotild sebessége 2 s elteltével (1,5 $\frac{m}{s}$)	$<$ 4,5 $\frac{m}{s}$-mal	Ödön sebessége 2 s elteltével (6 $\frac{m}{s}$)
Klotild 3 $\frac{m}{s}$ sebességváltozásához szükséges idő (4 s)	$>$3 s-cel	Ödön 3 $\frac{m}{s}$ sebességváltozásához szükséges idő (1 s)
Klotild sebességváltozása 1 s alatt (0,75 $\frac{m}{s}$)	$<$ 2,25 $\frac{m}{s}$-mal	Ödön sebességváltozása 1 s alatt (3 $\frac{m}{s}$)
Klotild gyorsulása (0,75 $\frac{m}{s^2}$)	$<$ 2,25 $\frac{m}{s^2}$-tel	Ödön gyorsulása (3 $\frac{m}{s^2}$)
Klotild által 2 s alatt megtett út (1,5 m)	$<$ 4,5 m-rel	Ödön által 2 s alatt megtett út (6 m)

3. Tovább csigázunk! (20 pont)

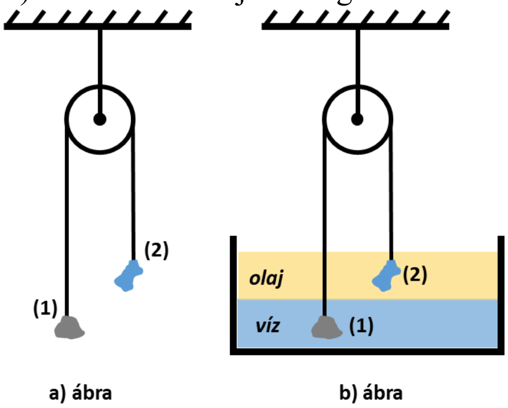
Állócsigán átvetett fonál egyik végén egy 6,5 cm^3 térfogatú vasdarab, másik végén egy rézből készült nehezék függ. A rendszer az *a)* ábrán látható helyzetben nyugalomban van. A vas sűrűsége 7800 kg/m^3, a rézé 8900 kg/m^3.

a) Az ábra alapján eldönthető-e, hogy az (1)-gyel, vagy a (2)-vel jelölt test a réznehezék? Válaszodat indokold!

b) Milyen térfogatú a rézből készült nehezék?

c) Egy üvegkádba 1 g/cm^3 sűrűségű vizet töltöttek, majd ennek felszínére olajat rétegeztek. Ezt követően óvatosan beleengedték a csigán átvetett fonál végein függő testeket a kádba úgy, hogy egyikük teljes egészében az olajban, a másik a vízben legyen, ahogyan az a *b)* ábrán látható.

Azt tapasztalták, hogy ekkor az egyensúly fennmarad. Eldönthető-e ennek alapján, hogy az (1)-gyel, vagy a (2)-vel jelölt test a réznehezék? Válaszodat ezúttal is indokold!
d) Mekkora az olaj sűrűsége?



(A csiga ideális, a fonál elhanyagolható tömegű, a levegő felhajtóerejétől tekintsünk el. Az olaj nem keveredik a vízzel.)

Megoldás:

a) Egyensúly csak úgy lehet, ha az állócsigán átvetett fonál két végén lévő testek tömege megegyezik, mert ilyenkor a fonalat egyforma nagyságú súlyerővel húzzák, így a (közepén tengelyezett) csiga tengelyére vonatkozó forgatónyomatékok megegyeznek. Az, hogy a testek milyen magasságban állnak, ezt a feltételt nem befolyásolja, ezért az ábra alapján nem dönthető el, hogy melyik a réznehezék. (Elég, ha csak arra hivatkozik a versenyző, hogy az állócsiga akkor van egyensúlyban, ha a rajta átvetett fonál két végén egyforma súlyú – tömegű – testek lógnak, a testek helyzete nem befolyásolja, hogy mekkora erőt, ill. forgatónyomatékot fejtenek ki, vagyis az egyensúlyt.)

b) Az egyensúly feltételéből:

$$m_{réz} \cdot g \cdot R = m_{vas} \cdot g \cdot R$$
$$m_{réz} = m_{vas}$$
$$m_{réz} = m_{vas} = \rho_{vas} \cdot V_{vas} = 50{,}7 \text{ gramm} = 0{,}0507 \text{ kg}$$
$$V_{réz} = \frac{m_{réz}}{\rho_{réz}} = 5{,}697 \text{ cm}^3 = 0{,}000005697 \text{ m}^3$$

c) A fonál végeire ható erőket a csiga mindkét oldalán lecsökkenti a felhajtóerő. Az egyensúly csak akkor maradhat fenn – mivel eredetileg ugyanakkora erő feszítette mindkét oldalon a fonalat –, ha ugyanannyival csökken a két oldali erő, vagyis azonos nagyságú felhajtóerőnek kell hatnia az egyes testekre:

$$\left(m_{réz} \cdot g - F_{fel,1}\right) \cdot R = \left(m_{vas} \cdot g - F_{fel,2}\right) \cdot R$$
$$F_{fel,1} = F_{fel,2}$$

Arkhimédész törvénye értelmében a felhajtóerő a kiszorított folyadék súlyával egyenlő nagyságú. A teljes bemerülés miatt a kiszorított folyadék térfogata megegyezik az adott folyadékba merülő test térfogatával. Azonos nagyságú felhajtóerő akkor léphet fel a két testre, ha a nagyobb térfogatú test a kisebb sűrűségű folyadékba merül.

$$F_{fel} = \rho_{folyadék} \cdot V_{kiszorított} \cdot g = \rho_{folyadék} \cdot V_{test} \cdot g$$
$$F_{fel,1} = F_{fel,2} \rightarrow \rho_{olaj} \cdot V_{nagyobb} \cdot g = \rho_{víz} \cdot V_{kisebb} \cdot g$$

Ebből következik, hogy a réznehezéknek kell a vízbe, a vasdarabnak az olajba merülnie. Vagyis az (1)-gyel jelölt test a réznehezék, a kérdés eldönthető.

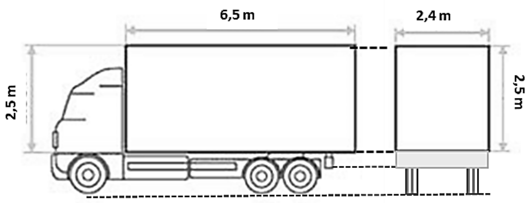
d)

$$\rho_{olaj} \cdot V_{vas} = \rho_{víz} \cdot V_{réz} \rightarrow \rho_{olaj} = \frac{\rho_{víz} \cdot V_{réz}}{V_{vas}} = 0{,}876 \text{ g/cm}^3 = 876 \text{ kg/m}^3$$

Vagy kihasználva, hogy a két test azonos tömegű:

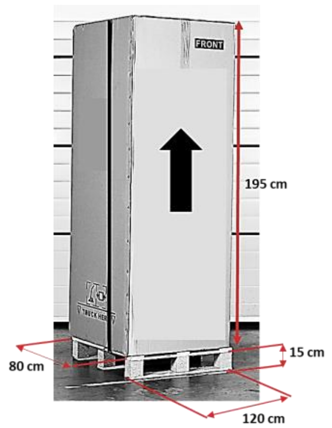
$$\rho_{olaj} = \frac{\rho_{víz} \cdot \rho_{vas}}{\rho_{réz}} = 0{,}876 \text{ g/cm}^3 = 876 \text{ kg/m}^3$$

4. Házhozszállítás! (20 pont)



A mellékelt ábrán látható áruszállító kisteherautó raktere 6,5 m hosszú, 2,4 m széles és 2,5 m magas, a szállított teher tömege nem lépheti túl az 1,5 tonnát.

a) Legfeljebb mekkora átlagsűrűségű rakománnyal lehetne színültig megtölteni az autó rakodóterét? Eredményedet tizedekre kerekítve add meg!



b) Az autóra 80 cm és 120 cm oldalhosszúságú, 15 cm magasságú, 20 kg tömegű raklapra rögzített, 195 cm magasságú dobozokba csomagolt, 76 kg tömegű hűtőszekrényeket raknak fel, melyeket csak függőleges állásban szabad szállítani. Legfeljebb hány hűtőszekrényt lehet egyszerre elvinni a teherautóval? (A kartondobozok tömege a hűtőszekrény tömegéhez viszonyítva elhanyagolható.)

c) Az autó terheletlen állapotában gumiabroncsait az előírásoknak megfelelően fújták fel: mindegyikben 3,5 bar túlnyomást hoztak létre. Becsüld meg, hány tonna a jármű saját tömege, ha az álló autó első tengelyén lévő kerekek gumiabroncsai 0,014 m^2-es, a hátsó tengelyeken lévő négy kerék abroncsai pedig 0,01 m^2 nagyságú felületen érintkeznek a vízszintes úttesttel!
(A megadott terület-értékek egy-egy kerék „lábnyomának" nagyságára vonatkoznak! A túlnyomás megmutatja, mennyivel haladja meg az abroncsba zárt levegő nyomása a külső, 1 bar=100000 Pa nagyságú légnyomást. Az abroncsok bordázottságától, és a bennük fellépő oldalirányú erőhatásoktól eltekintünk.)

Megoldás:

a)

Az autó rakterének térfogata:

$V = a \cdot b \cdot c = 6{,}5 \text{ m} \cdot 2{,}5 \text{ m} \cdot 2{,}4 \text{ m} = 39 \text{ m}^3$ (2 pont)

Ha a teherbírásának maximumát használjuk ki, akkor a szállított teher tömege:

$$m = 1{,}5 \text{ t} = 1500 \text{ kg}$$

A rakomány átlagsűrűsége tehát:

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1500 \text{ kg}}{39 \text{ m}^3} = 38{,}46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx \underline{38{,}5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$ (4 pont)

b)

A csomag magassága

$$h = 195 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 210 \text{ cm}$$

ami azt jelenti, hogy az autó rakterébe be lehet tenni állított helyzetben a hűtőszekrényeket.
A teherbírás alapján gondolkodva kiszámíthatjuk, hány hűtőszekrény és raklap tömege adná ki a megengedett terhelést:

$$n_1 = \frac{1500\ kg}{(76+20)kg} = 15{,}62$$

amit „lefelé kell kerekíteni”, azaz a teherbírás alapján legfeljebb 15 hűtőszekrényt lehet a kocsira rakni.

Megvizsgálhatjuk azt is, hogy a raklap területéből hányat helyezhetünk el a teherautó rakfelületére:

$$n_2 = \frac{2{,}4\ m \cdot 6{,}5\ m}{0{,}8\ m \cdot 1{,}2\ m} = \frac{15{,}6}{0{,}96} = 16{,}25 \approx 16$$

Tehát a rakfelületen elférne 16 raklap, de akkor a megengedett terhelést túllépnék, így az autóval egyszerre legfeljebb 15 hűtőszekrényt lehet elszállítani. (6 pont)

c)

Az autó teljes súlya a hat keréknek az úttesttel érintkező felületén „oszlik meg”, pontosabban az egyes gumiabroncsokra a talaj által kifejtett, felfelé mutató erők összege egyenlő nagyságú az autóra ható nehézségi erővel:

$$2 \cdot F_{elől} + 4 \cdot F_{hátul} = G$$

ahol

$$F_{elől} = p \cdot A_{elől}$$

illetve

$$F_{hátul} = p \cdot A_{hátul}$$

(A kifejezésekben a túlnyomás szerepel, mivel a légköri nyomás kívülről is hat az abroncsra.)

Innen

$$G = 2 \cdot p \cdot A_{elől} + 4 \cdot p \cdot A_{hátul} = 2 \cdot 350000\ Pa \cdot 0{,}014\ m^2 + 4 \cdot 350000\ Pa \cdot 0{,}01\ m^2$$

$$G = 9800\ \mathrm{N} + 14000\ \mathrm{N} = 23800\ \mathrm{N}$$

Vagyis az autó saját tömege

$m_{autó} = \frac{G}{g} \approx \frac{23800\ \mathrm{N}}{10\ \mathrm{N/kg}} = 2380\ \mathrm{kg} \approx \underline{2{,}4\ \mathrm{t}}$ (8 pont)