Bor Pál Fizikaverseny 2022/23. harmadik forduló 7. évfolyam

1. Igaz vagy hamis? (10 pont)

Figyelmesen olvasd el a forgó mozgásokkal kapcsolatos 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) Ha egy fiú nekifutásból felugrik a játszótéren álló forgóhintára, akkor az forgásba jön. ND

b) Amikor a tornász szaltót ugrik, akkor a rá ható gravitációs erő hozza forgásba a levegőben. H

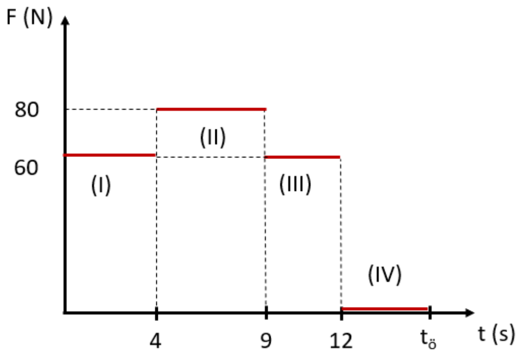
c) Amikor a több sebességi fokozattal rendelkező kerékpárunkon sebességet váltunk, akkor a pedálra kifejtett erő forgató hatását változtatjuk meg. I

d) Ha a 80 kg tömegű, egyenletes tömegeloszlású, kocka alakú ládára 400 N nagyságú erőt fejtünk ki, akkor felbillen. ND

e) Az építkezésen azért használnak állócsigát, hogy súlyuknál kisebb erővel lehessen a magasba juttatni az építőanyagokat. H

2. Grafikonelemzés (20 pont)

Az utasával együtt 40 kg tömegű szánkót a vízszintes, havas talajon vízszintesen tartott kötéllel húzzák. A grafikon a szánkóra ható kötélerő nagyságát mutatja az eltelt idő függvényében. A mozgás (I) szakaszában a szánkó állandó 2 $\frac{m}{s}$ sebességgel halad.



Tanulmányozd a grafikont, és válaszolj a következő kérdésekre! Ha a válaszhoz számításra van szükség, azt is írd le a kihagyott helyre!

a) Hogyan mozog a szánkó a (II) – (III) – (IV) szakaszon?

……………………………………………………………………………………………...

……………………………………………………………………………………………...

b) Mekkora a test sebessége a (II) szakasz végén?

c) Mekkora az ábrán jelzett $t_ö$ időtartam, ha ennek végére a szánkó éppen megáll?

d) Számítsd ki a szánkó átlagsebességét!

Megoldás:

a) A (II) szakaszon **egyenletesen gyorsul** a test, a (III) szakaszon a megnövekedett sebességgel **egyenletesen mozog**, míg a (IV) szakaszon **egyenletesen lassul**. (3 pont)

b) Az (I) szakaszon az erők egyensúlya alapján a szánkóra ható súrlódási erő 60 N. (1 p)

Felírva a dinamika alapegyenletét: $F_{II} - F_{súrl} = m \cdot a_{II}$, amiből a gyorsulás 0,5 $\frac{m}{s^2}$. (2 pont)

A gyorsulás definíciójából: $\Delta v = a \cdot \Delta t = 0{,}5 \cdot 5 = 2{,}5\ \frac{m}{s}$, amiből a keresett sebesség nagysága $v_{II} = 4{,}5\frac{m}{s}$. (2 pont)

c) A (III) szakaszon a test sebessége végig 4,5 $\frac{m}{s}$. (1 pont)

Újra felírva az alapegyenletet a (IV) szakaszra, ahol a kötélerő nulla: $F_{súrl} = m \cdot a_{IV}$, amiből a gyorsulás $a_{IV} = 1{,}5\ \frac{m}{s^2}$. Vagyis másodpercenként 1,5 $\frac{m}{s}$-mal csökken a sebesség, amíg nulla nem lesz. (2 pont)

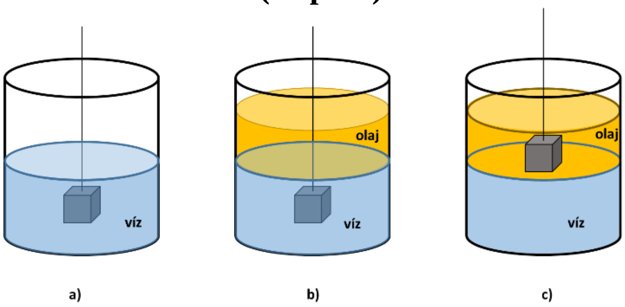
Ebből a (IV) mozgás időtartama: $t_{IV} = \frac{\Delta v}{a_{IV}} = 3\ s$. Így $t_ö$ = 15 s. (3 pont)

d) Az átlagsebességek a (II) és (IV) szakaszokon 3,25 $\frac{m}{s}$ és 2,25 $\frac{m}{s}$, (2 pont)

így a teljes befutott út: s = 8 m + 16,25 m + 13,5 m + 6,75 m = 44,5 m. (2 pont)

Az átlagsebesség: $v_{átlag} = \frac{s_ö}{t_ö} = \frac{44{,}5m}{15s} \approx 3\ \frac{m}{s}$. (2 pont)

3. Kísérletezzünk! (18 pont)



Egy 2 cm élhosszúságú alumínium kockát fonálon vízbe lógatunk úgy, hogy teljesen elmerüljön. (Lásd az *a. ábrát*!).

a) Mekkora erővel kell tartanunk a fonalat? (A víz sűrűsége $1\frac{g}{cm^3}$, az alumíniumé 2700 $\frac{kg}{m^3}$, a fonál elhanyagolható tömegű.)

b) A vízre 3 cm vastagságban, óvatosan 800 $\frac{kg}{m^3}$ sűrűségű olajat rétegezünk (*b. ábra*). Mekkora erővel tudjuk továbbra is egyensúlyban tartani a vízbe merített kockát?

c) A kockát lassan, a folyadékok összekeverése nélkül feljebb emeljük, hogy teljes egészében az olajrétegbe kerüljön, a *c. ábrának* megfelelően. Mekkora erőt kell kifejtenünk ebben az egyensúlyi helyzetben a kockát tartó fonál végére?

(A nehézségi gyorsulás értékét vegyük $10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$-nek.)

Megoldás:

a) Az alumínium kocka egyensúlyának feltétele:

$$F_{felhajtó} + K_1 = m_{alumínium} \cdot g$$

$$K_1 = \rho_{alumínium} \cdot a^3 \cdot g - \rho_{víz} \cdot a^3 \cdot g$$

$$K_1 = (\rho_{alumínium} - \rho_{víz}) \cdot a^3 \cdot g = 1{,}7\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \cdot 8\ \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{g} = 13{,}6 \cdot 10^{-3}\mathrm{N}$$

$$K_1 = 0{,}136\ \mathrm{N}$$

(A kocka térfogata 8 cm^3=0,000008 m^3, tömege 0,0216 kg=21,6 gramm, a rá ható nehézségi erő 0,216 N. A felhajtóerő 0,08 N.) (7 pont)

b)

Az olajréteg hidrosztatikai nyomása a kocka alsó lapjánál és felső lapjánál is ugyanannyival növeli meg a nyomást (Pascal törvénye), vagyis mindkét helyen a nyomásnövekedésből származó erők ugyanolyan nagyságúak, csak ellentétes irányúak. Ebből következik, hogy a kocka egyensúlyban tartásához szükséges erő ugyanakkora, mint az a) esetben. (4 pont)

c) Az olajréteg elég vastag ahhoz, hogy a kocka teljes térfogata az olajban legyen, ezért az olaj által kifejtett felhajtóerő „segít" a kocka megtartásában:

$$F_{felhajtó,2} + K_2 = m_{alumínium} \cdot g$$

$$K_2 = \rho_{alumínium} \cdot a^3 \cdot g - \rho_{olaj} \cdot a^3 \cdot g$$

$$K_2 = \left(\rho_{alumínium} - \rho_{olaj}\right) \cdot a^3 \cdot g = 1{,}9\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} \cdot 8\ \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{g} = 15{,}2 \cdot 10^{-3}\mathrm{kg} \cdot 10\ \mathrm{m/s}^2$$

$$K_2 = 0{,}152\ \mathrm{N}$$

(A felhajtóerő 0,064 N, az előző érték 0,8 része, mivel az olaj sűrűsége nyolctizede a vízének.) (7 pont)

4. Erdélyi történet (18 pont)

Áron bácsi – szekerén a telitöltött 2 akós boroshordóval – kora reggel indult el a szomszédos faluban, 13,5 km-re lévő fogadó felé. A lovak békésen poroszkálva, egyenletesen húzták a kocsit. Félúton Áron bácsi észrevette, hogy lyukas lehet a hordó, mivel hátrafelé nézve 5 méterenként egy-egy csepp bor nyomát látta az út porában. A veszteség csökkentése érdekében gyorsabb mozgásra ösztökélte a lovakat: ezt követően már csak 9 méterenként hullott egy-egy csepp az útra. Megérkeztek a bort rendelő fogadóshoz, aki miután lemérte, hogy a hordó 140,5 kg tömegű, kifizette a benne lévő bor árát.

a) Hány liter bor árát fizette ki a fogadós Áron bácsinak, ha az üres hordó tömege 40 kg, a bor sűrűsége $980\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, és 1 akó = 53,8 liter? (Egész számra kerekítve add meg a választ!)

b) A cseppek térfogatát egyenlőnek tekintve becsüld meg, hány köbcentiméter térfogatú cseppek hullottak a hordóból az útra!

Megoldás:

Adatok:

$$d_1 = 5\text{ m},\quad d_2 = 9\text{ m},\quad s = 13{,}5\text{ km},\quad V = 2\text{ akó},\quad m_{hordó,mért} = 140{,}5\text{ kg},$$

$$m_{hordó} = 40\text{ kg},\quad \rho = 980\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

a) Induláskor a hordó teli volt, ami azt jelenti, hogy

$$V = 2\text{ akó} = 107{,}6\text{ l} = 107{,}6\text{ dm}^3 \text{ (1 pont)}$$

térfogatú,

$$m_{bor,indulás} = \rho \cdot V = 0{,}98\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 107{,}6\text{ dm}^3 = 105{,}448\text{ kg (2 pont)}$$

tömegű bort töltöttek bele.

Érkezéskor a hordó lemért tömegéből úgy kapjuk a megmaradt bor tömegét, hogy levonjuk belőle az üres hordó tömegét:

$$m_{bor,érkezés} = m_{hordó,mért} - m_{hordó} = 140{,}5\text{ kg} - 40\text{ kg} = 100{,}5\text{ kg (2 pont)}$$

Eszerint menet közben kicsepegett

$$m_{bor,veszteség} = m_{bor,indulás} - m_{bor,érkezés} = 4{,}948\text{ kg (1 pont)}$$

bor, aminek a térfogata

$$V_{bor,veszteség} = \frac{m_{bor,veszteség}}{\rho} = 5{,}04898\text{ l} \approx 5{,}05\text{ l (2 pont)}$$

Így a hordóban maradt bor térfogata:

$$V - V_{bor,veszteség} = 107{,}6\text{ l} - 5{,}05\text{ l} = 102{,}55\text{ dm}^3 \text{ (1 pont)}$$

Azaz a fogadós 103 liter bort fizetett ki. (1 pont)

b) Az út első, illetve második felén kifolyt cseppek számát megkaphatjuk, ha a két falu távolságának felét elosztjuk a cseppek között mérhető távolsággal:

$$N_{össz} = N_1 + N_2 = \frac{\frac{s}{2}}{d_1} + \frac{\frac{s}{2}}{d_2} = \frac{6{,}75\text{ km}}{5\text{ m}} + \frac{6{,}75\text{ km}}{9\text{ m}} = \frac{6750\text{ m}}{5\text{ m}} + \frac{6750\text{ m}}{9\text{ m}} = 2100 \text{ (6 pont)}$$

Az egyformának feltételezett csepptérfogat eszerint

$$V_{csepp} = \frac{V_{bor,veszteség}}{N_{össz}} \approx \frac{5{,}05\text{ l}}{2100} \approx 0{,}0024\text{ l} = 2{,}4\text{ cm}^3 \text{ (2 pont)}$$