

## I. tétel

(10 pont)

## Hőjelenségek

- a. 1) Egy tartályba, amely a külső környezettel való hőcserét nem teszi lehetővé,  $n$  darab,  $m_1, m_2, \dots, m_n$  tömegű,  $c_1, c_2, \dots, c_n$  fajhőjű, és  $t_1, t_2, \dots, t_n$  hőmérsékletű testet visznek be. Feltételezve, hogy a tartályban levő testek halmazállapota nem változott, határozzátok meg ezen testek hőmérsékletének kifejezését a hőegyensúly beállta után.
- 2) Egy kísérlet megvalósításához egy ismeretlen  $C$  hőkapacitású kalorimétert, egy  $m = 4,38$  kg tömegű, ismeretlen  $c$  fajhőjű anyagból készült testet és  $m_a = 200$  g tömegű vizet használnak. Ha kezdetben a kaloriméter és a test hőmérséklete azonos, és egyenlő a szoba  $t$  hőmérsékletével, a kaloriméterbe bevitt víz hőmérséklete pedig 3-szor nagyobb, mint a szoba hőmérséklete (mindkét hőmérséklet  $^{\circ}\text{C}$ -ban van kifejezve), a hőegyensúly egy bizonyos  $t_f$  hőmérsékleten áll be. Ha kezdetben a kaloriméter és a víz hőmérséklete egyenlő a szoba  $t$  hőmérsékletével, a kaloriméterbe bevitt test hőmérséklete pedig 2-szer nagyobb, mint a szoba hőmérséklete, azt tapasztalják, hogy a hőegyensúly ugyanazon a  $t_f$  hőmérsékleten áll be. Határozzátok meg a test anyagának fajhőjét, és az alábbi táblázatot felhasználva, azonosítsátok az anyagot. (*A rendszer hőegyensúlyi hőmérsékletének kifejezéséhez használhatjátok az 1-es pontnál kapott összefüggést*).

Anyag	ólom	ezüst	vörösréz	sárgaréz	cink	vas	acél	alumínium
$c \left( \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}} \right)$	125	250,8	381,6	384,6	399,2	459,8	502,2	919,6

- b. Egy elhanyagolható hőkapacitású kaloriméterbe  $m_1 = 1$  kg tömegű,  $t_1 = -20$   $^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű jeget és  $m_2 = 100$  g tömegű,  $t_2 = 100$   $^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízgőzt visznek be. Határozzátok meg:
- 1) a kaloriméterben a hőmérsékletet, a hőegyensúly beállta után;
  - 2) azon könnyű folyékony tüzelőanyag tömegét, melynek fűtőértéke  $q = 40 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ , és amelyet egy  $\eta = 75\%$  hatásfokú melegítő használ el, ahhoz, hogy a rendszer hőmérséklete  $\theta = 80$   $^{\circ}\text{C}$  legyen.

Ismertek: a víz fajhője,  $c_a = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$ , a jég fajlagos olvadáshője,  $\lambda_g = 335 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ , a jég fajhője,  $c_g = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$ , a víz fajlagos párolgáshője,  $\lambda_v = 2,257 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ .

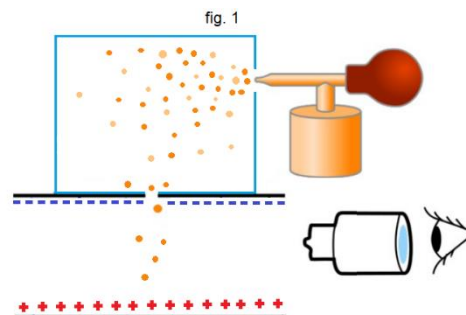
1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.

II. tétele

(10 pont)

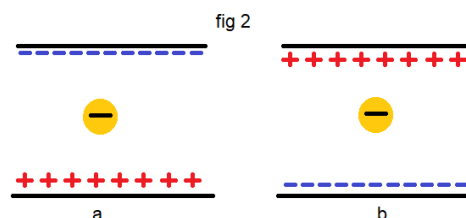
Millikan kísérlete

A XX. század elején a tudósok felfedezték az elektront. 1909-ben két fizikus, Robert Millikan és Harvey Fletcher elvégeztek egy kísérletet, hogy meghatározzák az elektron elektromos töltését. Felhasználtak két vízszintes sík fémlemezt, melyeket ellentétes elektromos töltéssel töltöttek fel, és hagyták, hogy a lemezek közé elektromosan töltött finom olajcseppek hatoljanak be (fig. 1). Egy lencserendszer segítségével követték a cseppek mozgását, és megmérték egy csepp egyenletes mozgása közben az általa megtett távolságot és a távolság megtételéhez szükséges időt. Adottak a következő információk:



- A cseppre hat a súlya, az arkhimédészi erő levegőben, az elektromos erő és a levegőben való előrehaladás esetén fellépő ellenálló erő, a légellenállás.
- A fémlemezek között levő cseppre a mozgás ideje alatt állandó  $F_E = q \cdot E$  elektromos erő hat, ahol  $q$  az olajcsepp elektromos töltése,  $E$  a fémlemezek közötti elektromos tér erőssége, az elektromos erő nagysága pedig nagyobb, mint a csepp súlya;
- Mikrométer nagyságrendű sugarú gömbcseppek esetén, a levegőben való előrehaladás során fellépő ellenálló erőnek a részecske sebességétől való függését az  $F_R = k \cdot v \cdot r$  kifejezés adja meg, ahol  $v$  a csepp sebessége,  $r$  a csepp sugara,  $k$  pedig a levegőre és a csepp gömb alakjára vonatkozó állandó;
- Egy gömbcsepp térfogata a  $V = \frac{4\pi r^3}{3}$  összefüggéssel számolható ki, ahol  $r$  a csepp sugara és  $\pi \approx 3,14$ .

- a. Készítsetek két rajzot, amelyeken ábrázoljátok az elektromosan feltöltött lemezek között található, negatív elektromos töltéssel rendelkező cseppre ható összes erőt, abban az esetben, ha a felső lemez negatív (fig 2.a), illetve, ha a felső lemez pozitív (fig 2.b).
- b. Egy negatív elektromos töltéssel rendelkező olajcsepp behatol a felső fémlemezen található lyukon. A lemezeket úgy töltik fel, hogy a felső lemez negatív, az alsó pedig pozitív. Magyarázzátok meg, hogy a lemezek feltöltését követő rövid idő eltelte után, miért válik a csepp mozgása egyenletessé.
- c. A b. pontnál leírt csepp lefele mozog állandó  $v_c$  sebességgel. Amikor a csepp az alsó lemez közelébe érkezik, a fémlemezek elektromos töltéseit felcserélik, úgy, hogy az alsó lemez negatív, a felső pedig pozitív lesz, de az elektromos tér erősségének  $E$  nagyságát nem változtatják meg. Rövid idő múlva a csepp elkezd egyenletesen mozogni felfele  $v_u$  sebességgel. Fejezzétek ki a  $v_c$  és  $v_u$  sebességeket az  $r$ ,  $k$ ,  $q$ ,  $E$ , a Föld  $g$  gravitációs gyorsulásának, az olaj  $\rho_u$  sűrűségének és a levegő  $\rho_a$  sűrűségének függvényében.
- d. Határozzátok meg egy olajcsepp sugarát és elektromos töltését, a c pontnál leírt feltételek mellett, ha a csepp egyenletesen ereszkedik 2,67 mm-t 5,8 s alatt és egyenletesen emelkedik 1,78 mm-t 7,1 s alatt.



Ismertek:  $k = 34,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}, \quad E = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}, \quad g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad \rho_u = 1,03 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3},$   
 $\rho_a = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$

1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.

**III. tétel**

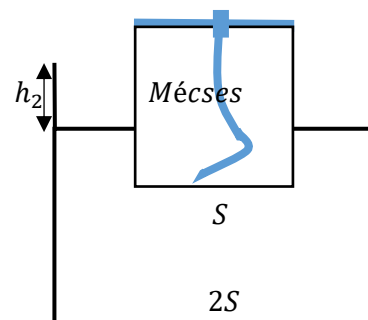
**(10 pont)**

**Úszó gyertya**

Egy olajmécses (olajgyertya) edénye elhanyagolható vastagságú,  $S = 10 \text{ cm}^2$  keresztmetszetű,  $h = 10 \text{ cm}$  magasságú, műanyagból készült henger, amelyben egy elhanyagolható tömegű kanóc van. A mécsesben  $q = 50 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$



fűtőértékkel rendelkező olajat égetnek. Egy elég magas pohárban, melynek keresztmetszete kétszer nagyobb, mint a mécses keresztmetszete,  $\rho = 1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  sűrűségű folyadék található, melynek szintje  $h_1 = 4 \text{ cm}$  távolságra van a pohár felső szélétől. Miután a kanóccal ellátott, olaj nélküli mécses a folyadékot tartalmazó pohárba helyezik, a folyadék szintje  $h_2 = 2 \text{ cm}$ -t ér el.



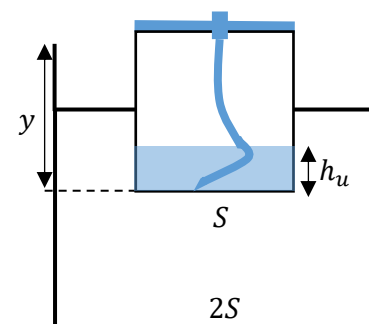
a. Számítsátok ki az olajmécses tömegét.

b. A mécsesbe  $\rho_u = 0,75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  sűrűségű olajat kezdenek tölteni.

Ezzel egyidőben a pohárba, a már benne levő folyadékkal azonos folyadékot töltenek, úgy, hogy a mécses helyzete ne változzon a pohárhoz képest. Számítsátok ki a mécsesben levő olaj emelkedési sebességének és a pohárban levő folyadék emelkedési sebességének arányát.

c. Miután a folyadékok töltését abbahagyják, a mécses meggyújtják. Az égés során az olajfogyasztás állandó. A felmelegedés következtében a folyadék egy része elpárolog, mivel felveszi az olaj égéséből származó hő egy részét. Az olaj égéséből származó hő  $p$  százaléka **csak** a folyadék párologással történő gőzzé alakítására fordítódik, az átvett hő többi része pedig a folyadékot, a mécses és a poharat melegíti fel. Figyelembe véve, hogy a folyadék fajlagos párologáshője  $\lambda = 1000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ , mennyi kellene legyen a  $p$  százalék, hogy a mécses helyzete időben ne változzon?

d. Legyen  $y$  a mécses aljának helyzete a pohár felső széléhez képest. Ábrázoljátok grafikusán az  $y$  helyzetet a mécsesben levő olajoszlop  $h_u$  magasságának függvényében, abban az esetben, ha **a pohárba nem öntenek folyadékot**, az olaj mécsesbe töltésének kezdetétől a mécses megtöltéséig.



*Megjegyzés: A folyadékok és az edények hőtágulását elhanyagoljuk, és feltételezzük, hogy a keletkezett gőzök azonnal elhagyják a folyadékot. Az olajat lassan töltik be, így a mécses mindvégig egyensúlyban levőnek lehet tekinteni.*

A tételeket javasolták:

**Prof. dr. Ana-Cezarina MOROȘANU**, Colegiul Național „Petru Rareș”, Piatra-Neamț

**Prof. Gabriela ALEXANDRU**, Colegiul Național „Grigore Moisil”, București

**Prof. Emil NECUȚĂ**, Colegiul Național „Alexandru Odobescu”, Pitești

**Prof. Petrică PLITAN**, Colegiul Național „Gheorghe Șincai”, Baia Mare

1. Mindhárom az 1, 2, és 3-as tételt külön lapra kell megoldani és ezeket titkosítani kell.
2. Egy tételen belül a követelményeket tetszőleges sorrendben lehet megoldani.
3. Munkaidő 3 óra a tételek kiosztásának pillanatától.
4. A diákok használhatnak nem programozható zsebszámológépet.
5. Minden tételt 1-től 10-ig osztályoznak. A végső pontszámot ezek összege jelenti.