



## Olimpiada Națională de Fizică Timișoara 2016

# Baraj

### Problema I

#### *Picătură... în ceață*

Picăturile de apă care compun ceața și norii sunt foarte mici, având un diametru mediu de aproximativ  $10 \mu\text{m}$ . Acestea sunt de până la 100 ori mai mici decât picăturile de ploaie (raza maximă a unei picături de ploaie este de 4,5 mm, valoare la care picătura se sparge în picături mai mici). Deși sunt atât de mici, concentrația lor este foarte mică, cea mai mare parte a apei prezente în ceață sau în nori existând sub formă de vapori. Aceste mici picături se mișcă atât de lent încât curenții de aer le pot ține un timp îndelungat în aer.

#### *Sarcina de lucru 1*

(2 puncte)

Pentru o sferă cu raza  $r$  care cade liber în aerul liniștit, expresia forței de rezistență la înaintare este

$$F_r = 6\pi\eta r v + C S \frac{\rho_0 v^2}{2}, \text{ unde } v \text{ este viteza sferei, } \rho_0 = 1,22 \text{ kg/m}^3 \text{ și } \eta = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m} \cdot \text{s)} \text{ sunt}$$

densitatea, respectiv coeficientul de viscozitate dinamică ale aerului,  $S$  - aria secțiunii transversale a sferei, așa cum este ea văzută frontal, iar  $C$  este o constantă de formă, care pentru sferă, la valorile vitezelor și ale razelor care interesează aici, are valoarea  $C = 0,469$ . Considerând o picătură de apă și neglijând orice abatere a formei ei de la cea sferică, variația masei ei, precum și orice efect termic, **determină:**

- pentru ce valori ale razei picăturii viteza limită de cădere liberă a acesteia este determinată cu o precizie de până la 1% doar de către primul termen al expresiei forței de rezistență? Care este valoarea maximă a vitezei limită în acest caz? **(1 punct)**
- pentru ce valori ale razei picăturii viteza limită de cădere liberă a acesteia este determinată cu o precizie de până la 1% doar de către al doilea termen al expresiei forței de rezistență? Care este valoarea minimă a vitezei limită în acest caz? **(1 punct)**

#### *Sarcina de lucru 2*

(3,5 puncte)

În cazul în care se neglijează forțele de rezistență la înaintare, se știe că picăturile de apă coboară cu o accelerație constantă, independentă de densitatea ceții sau de raza picăturii. Pentru a determina valoarea acestei accelerații, se construiește următorul model:

- Dimensiunea inițială a picăturii urmărite este neglijabilă și ea se află în repaus;
- Forța arhimedică fiind de peste 800 ori mai mică decât greutatea picăturii poate fi neglijată;
- Picătura vizată nu captează vaporii de apă întâlniți în cale;
- Stratul de ceață este uniform și presupus în repaus;
- Stratul de ceață are concentrația volumică de apă (din picături)  $\beta = 1,00 \cdot 10^{-5}$ , constantă;
- Picătura urmărită rămâne sferică tot timpul cât se află în cădere și volumul ei crește prin înglobarea tuturor micilor picături întâlnite în cale (acest fenomen poartă numele de *acrecție*);
- Grosimea  $H$  stratului de ceață este suficient de mare încât să se poată urmări căderea unei picături un timp lung, dar suficient de mică pentru ca accelerația gravitațională să aibă aceleași valoare în toate punctele stratului de ceață.

În cadrul acestui model, **determină:**

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



- a) legătura dintre viteza de creștere în timp a razei picăturii și viteza ei de cădere liberă; **(0,5 puncte)**  
b) accelerația cu care coboară spre sol picătura de apă; **(1 punct)**  
c) dependența vitezei picăturii de raza sa; **(1 punct)**  
d) Creșterea temperaturii picăturii în timpul căderii, admitând că toată energia disipată încălzește picătura. **(1 punct)**

Se cunoaște căldura specifică  $c = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$  a apei și grosimea  $H = 200 \text{ m}$  a stratului de ceață.

### Sarcina de lucru 3

**(1 punct)**

În realitate, frecarea cu aerul este mult mai importantă decât acreția pe picătură. Măsurătorile arată că picăturile nu ating viteza limită de cădere liberă până la contactul lor cu solul, dar că accelerația lor înainte de a atinge solul este constantă și este doar de câteva miimi din valoarea accelerației gravitaționale. Considerând în continuare acreția micilor picături de apă întâlnite în cale de către picătura vizată (adică modelul de la punctul precedent), precum și că asupra picăturii acționează forța de rezistență de tip Newton (al doilea termen din expresia forței de rezistență de la *Sarcina de lucru 1*), determină expresia raportului dintre accelerația picăturii și accelerația gravitațională și calculează valoarea lui numerică.

### Sarcina de lucru 4

**(3,5 puncte)**

Într-o anumită zonă de la suprafața solului s-a lăsat ceața. Grosimea stratului de ceață este  $H = 6,0 \text{ m}$ , distanța maximă de vizibilitate este  $L = 100 \text{ m}$ , iar ceața dispăre după o oră. Se neglijează acreția apei pe picăturile în cădere și evaporarea picăturilor. În plus, se consideră că toate picăturile au aceeași rază.

- a) Determină valoarea razei unei picături de apă, considerând că asupra lor acționează forța de rezistență Stokes (primul termen al expresiei forței de rezistență dată la *Sarcina de lucru 1*) și că viteza limită de cădere liberă a picăturilor se atinge imediat ce acestea încep să coboare. **(0,5 puncte)**  
b) Contrastul vizual, notat cu  $\varepsilon$ , este o mărime fiziologică, exprimată în procente, care dă diferența relativă dintre luminozitatea unui obiect și cea a fondului din câmpul vizual. Pentru majoritatea oamenilor, un obiect poate fi distins de fondul câmpului vizual doar dacă  $\varepsilon \geq \varepsilon_{\min} = 3\%$ . Valoarea maximă a contrastului vizual este  $\varepsilon_{\max} = 100\%$ . Contrastul vizual scade exponențial pe măsura depărtării obiectului de observator, după legea lui Lambert,  $\varepsilon(x) = \varepsilon(0)e^{-\alpha x}$ . Determină coeficientul de atenuare a intensității luminii,  $\alpha$ , la trecerea sa prin stratul de ceață. **(1 punct)**  
c) În cazul ceții, concentrația picăturilor de apă este mică, ceea ce înseamnă că atenuarea intensității luminii este datorată împrăstierii ei pe picăturile de apă și nu absorbției, precum și că picăturile de apă împrăștie lumina independent.  
Dedu expresia care leagă coeficientul de atenuare a luminii de raza medie a unei picături de apă și de concentrația lor. **(1 punct)**  
d) Evaluează câte picături de apă se află într-un centimetru cub de ceață. **(1 punct)**

Se cunosc: densitatea apei,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  și valoarea accelerației gravitaționale,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

problemă propusă de

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU, Facultatea de Fizică, Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



## Olimpiada Națională de Fizică Timișoara 2016

# Baraj

### Problema a II-a

#### Partea I

(5 puncte)

Două incinte termostatare, separate printr-un perete subțire, izolator termic, sunt umplute cu un gaz ideal, la presiunea  $p_0$  (Figura 1). Raportul volumelor celor două incinte este  $V_2/V_1 = K_V > 1$ , iar cel al temperaturilor este  $T_2/T_1 = K_T > 1$ .

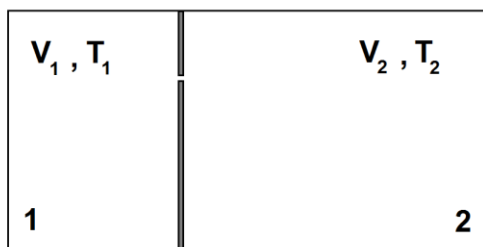


Figura 1

La un moment dat de timp, în peretele despărțitor apare un orificiu cu dimensiunea mult mai mică decât drumul liber mediu al moleculelor de gaz din cele două incinte.

- 1) Descrieți și discutați fenomenul fizic care apare (până la atingerea stării de echilibru). (2 puncte)
- 2) Calculați fracțiunea din numărul total de molecule de gaz care trece dintr-o incintă în alta. (1,5 puncte)
- 3) Calculați cu cât se modifică presiunile din incinte și respectiv diferența dintre presiunile finale la echilibru termodinamic, în raport cu presiunea inițială. (1,5 puncte)

#### Partea a II-a

(5 puncte)

Aceleași două incinte, în condițiile inițiale de la problema I, sunt separate de o incintă izolată termic, vidată, de volum mult mai mic decât cel al incintelor 1 și 2 (Figura 2).

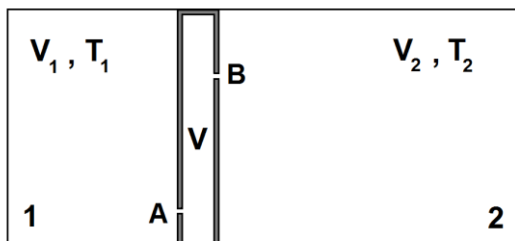


Figura 2

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la ) (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Moleculele de gaz pătrund în incinta intermediară prin două orificii identice, A și B, de dimensiuni mult mai mici decât drumul liber mediu al moleculelor din incintele 1 și 2.

- 1) Calculați presiunea  $p$  și temperatura  $T$  în incinta intermediară la echilibru, raportate la presiunea inițială și respectiv temperatura  $T_1$ . **(2,5 puncte)**
- 2) Se schimbă rezultatul dacă în enunț se precizează în plus că incintele 1 și 2 sunt rezervoare de presiune? Dacă nu, de ce? Dacă da, care din parametrii gazului ( $p, T$ ) din incinta intermediară s-ar modifica și care ar fi valorile lor? **(2,5 puncte)**

*Indicație:* Un rezervor de presiune este un recipient în care presiunea gazului rămâne constantă, chiar dacă în peretele acestuia apare un por.

*problemă propusă de*

**lect. univ. dr. Adrian NECULAE și asist. univ. dr. Gabriel PASCU**

*Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara*

- 
1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
  2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
  3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
  4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
  5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la ) (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



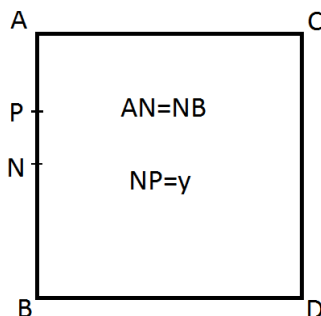
## Olimpiada Națională de Fizică Timișoara 2016

# Baraj

### Problema a III-a

#### *Sarcini electrice – rezistență electrică*

a) Un cadru pătrat de latură  $l$  este încărcat cu sarcină electrică pozitivă de densitate liniară  $\lambda = k y$ , unde  $k$  este o constantă, iar  $y$  este distanța de la punctul în care calculăm  $\lambda$  până la mijlocul laturii respective a cadrului (vezi figura). Considerând cadrul așezat în poziție orizontală și o sarcină pozitivă  $Q$  situată deasupra centrului cadrului, la distanța  $d$ , să se afle:



a1) care trebuie să fie masa  $m$  a sarcinii pentru ca aceasta să fie în echilibru;

(3 puncte)

a2) care este expresia sarcinii totale  $Q_0$  cu care este încărcat cadrul.

(1 punct)

a3) perioada micilor oscilații verticale ale sarcinii  $Q$ , dacă este deplasată foarte puțin pe verticală, față de poziția de echilibru, apoi lăsată liberă.

(2 puncte)

b) Un disc subțire de rază  $r_1$  este încărcat uniform cu sarcină electrică de densitate superficială  $\sigma$ , pe una dintre fețe.

b1) să se determine potențialul electric la marginea discului;

(2.5 puncte)

b2) discului  $i$  se face un orificiu central, concentric cu discul, de rază  $r_2$  mai mică decât  $r_1$ . Considerând că la  $r_1$  și  $r_2$  există două straturi subțiri, bune conductoare electrice, care mărginesc discul spre exterior și spre interior, să se determine rezistența electrică între cele două straturi, dacă discul are acum rezistivitate  $\rho$  și grosime  $c$ .

(1.5 puncte)

problemă propusă de  
lector. univ. dr. Mihai VASILESCU, Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la ) (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



## Olimpiada Națională de Fizică Timișoara 2016

# Baraj

### Problema a V-a

#### GHID OPTIC PELICULAR (cu manta acoperitoare pe ambele părți)

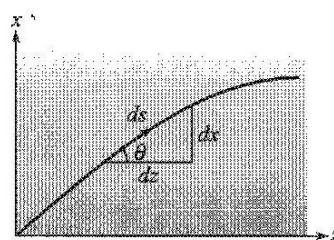
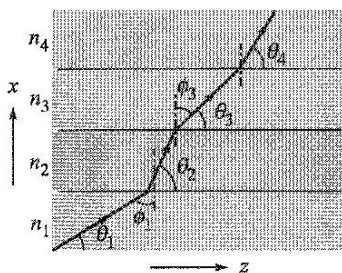
A. Să presupunem că indicele de refracție al unui mediu optic depinde numai de coordonata  $x$  (vezi figurile alăturate). Utilizați invarianța Snell-Descartes ( $n(x)\sin\phi(x) = n(x)\cos\theta(x) = \text{const} = \tilde{\beta}$ ) și deduceți

ecuația  $\left(\frac{dx}{dz}\right)^2 = \frac{n^2(x)}{\tilde{\beta}^2} - 1$  a razei de lumină într-un astfel de mediu. Este ea echivalentă cu ecuația

$$\frac{d^2x}{dz^2} = \frac{1}{2\tilde{\beta}^2} \cdot \frac{dn^2}{dx} ? \text{ Argumentați-vă răspunsul!}$$

B. Rezolvați ecuația razei de lumină într-un mediu omogen pentru care indicele de refracție  $n(x)$  este constant.

C. Rezolvați ecuația razei de lumină într-un mediu pentru care  $n(x) = n_0 + kx$ , presupunând că la  $z = 0$ , avem  $x = x_1$  și unghiul razei de lumină cu axa  $z$  este  $\theta_1$ .



D. (a). Considerați un mediu optic (ghid pelicular de unde luminoase) pentru care indicele de refracție este dat de relațiile:

$$n^2(x) = n_1^2[1 - 2\Delta(x/a)]^2, \text{ pentru } |x| < a \text{ (în miezul ghidului);}$$

$$n^2(x) = n_2^2 = n_1^2(1 - 2\Delta), \text{ pentru } |x| > a \text{ (în substrat și în mantaua acoperitoare a ghidului).}$$

Presupunând că la  $z = 0$ , avem și  $x = 0$ , arătați că, pentru  $n_2 < \tilde{\beta} < n_1$ , traiectul razelor de lumină în ghid este sinusoidal.

(b). Determinați perioada spațială  $z_p$  a traiectelor sinusoidale.

(c). Considerați următoarele valori numerice concrete:  $n_1 = 1,5$ ,  $\Delta = 0,01$  și  $a = 20 \mu m$ . Calculați valorile numerice ale perioadelor spațiale  $z_p$  pentru unghiurile  $\theta_1 = 4^\circ$ ,  $\theta_1 = 8,13^\circ$  și  $\theta_1 = 20^\circ$  [precizare:  $\theta_1$  este unghiul dintre raza de lumină și axa  $z$  la  $x = 0$ ].

Subiect propus de  
prof. univ. dr. Florea ULIU, Universitatea din Craiova

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la ) (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.