

# Olimpiada Națională de Fizică

## Vaslui 2015

### Proba practică

Proba practică pe care va trebui să o realizați este formată din trei părți distincte (toate obligatorii și evaluate fiecare cu 6 puncte), desemnate prin A, B și C. Proba A este un experiment propriu-zis. În cazul probelor B și C este vorba despre interpretarea și prelucrarea unor date, obținute în experimentele unor personaje fictive, dar descrise în mod amănunțit în enunț.

#### A. Determinarea coeficientului de vâscozitate al unui lichid necunoscut

##### A<sub>1</sub>) Considerente teoretice

**Vâscozitatea** - generată de forța de adeziune dintre moleculele lichidului, se manifesta prin apariția unei forțe de frecare internă în fluid (forță de vâscozitate). În mișcarea fluidului, tangent la straturile ce au viteze diferite, apar forțe de rezistență care au tendința să egaleze valorile vitezelor.

Asupra unui corp sferic care este lăsat să cadă într-un lichid vâscos acționează simultan trei forțe: greutatea  $G$ , forța arhimedică  $F_A$  și forța de vâscozitate  $F$ ; aceste ultime două forțe se opun mișcării.

Prin deplasarea bilei, lichidul din vecinătatea sa este pus în mișcare: stratul din imediata vecinătate a bilei se mișcă cu viteza acesteia, iar cele mai îndepărtate – cu viteze din ce în ce mai mici. Între straturile vecine ia naștere, astfel, o forță de **frecare internă** sau de **vâscozitate**. În cazul deplasării cu viteze mici, în condițiile unei curgeri laminare (când în urma corpului mobil, în lichid, nu se formează vârtejuri), forța de rezistență la înaintare este dată de formula lui Stokes:  $F = 6\pi\eta r v$ , în care  $\eta$  este coeficientul de frecare internă (sau de vâscozitate al lichidului),  $v$  este viteza bilei, iar  $r$  este raza sa. Toate cele trei forțe care acționează asupra bilei au direcție verticală. Dacă această echilibrare a forțelor a avut loc, din acel moment, datorită inerției, bila se va mișca rectiliniu și uniform cu o viteză constantă  $v_0$ . În această situație putem scrie:  $G = F_A + F$ . Exprimând forțele  $G$  și  $F_A$  cu ajutorul densităților ( $\rho$  pentru bilă,  $\rho_{lichid}$  pentru lichid) și forța  $F$  prin formula lui Stokes, se obține ușor o expresie concretă pentru coeficientul de vâscozitate  $\eta$  în funcție de densități, de viteza  $v_0$ , de raza bilei  $r$  și de accelerația gravitațională  $g$  a locului:  $\eta = \frac{\rho - \rho_{lichid}}{18 \cdot v_0} \cdot g \cdot d^2$ . Aici  $d = 2r$  este diametrul bilei.

Această relație este valabilă numai în cazul în care bila cade într-un lichid care se întinde, în exteriorul bilei, în toate părțile, pe distanțe foarte mari. În mod practic, într-un laborator, această condiție nu se poate realiza (există și frecare între lichid și pereții vasului). Când vasul este un cilindru vertical cu diametrul interior  $D$  în formula anterioară se introduce o corecție, astfel încât ea devine:

$$\eta = \frac{\rho - \rho_{lichid}}{18 \cdot v_0 \cdot (1 + 2,4d/D)} \cdot g \cdot d^2$$

##### A<sub>2</sub>) Pentru realizarea dispozitivului experimental și efectuarea măsurătorilor aveți la dispoziție următoarele materiale:

- un tub de sticlă cu diametrul interior  $D = 10\text{mm}$ , în care se află un lichid ( $\rho_{lichid} = 1300\text{kg/m}^3$ ) al cărui coeficient de vâscozitate  $\eta$  trebuie determinat; tubul este fixat pe un stativ, în poziție verticală;

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

- câteva bile de oțel cu densitatea  $\rho = 8000 \text{ kg/m}^3$  având diametrul  $d = 4.75 \text{ mm}$ ;
- un cronometru;
- o ruletă;
- un magnet;
- un marker.

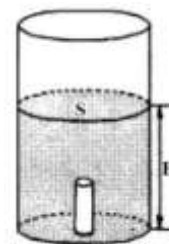
Se va considera  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

### A<sub>3</sub>) Cerințe:

- Proiectați un experiment pentru a determina coeficientul de vâscozitate  $\eta$  al lichidului din tub și descrieți modul de lucru (pașii succesivi) al experimentului propus;
- Realizați experimentul proiectat efectuând cel puțin 5-6 măsurări;
- Cu datele obținute prin măsurători, completați un tabel adecvat, imaginat de dumneavoastră, (în care să fie prezentă și o coloană cu cele 5-6 valori determinate pentru  $\eta$ ) și efectuați calculul erorilor;
- Precizați cel puțin trei surse de erori.

### B. Vine primăvara (se topesc țurțurii)

Într-o zi încă friguroasă, de la sfârșitul iernii, tânărul fizician Ionuț și-a propus să studieze, în interiorul unui hangar, cât de repede se topește un țurțur de gheață adus de afară. Pentru aceasta el a fixat în poziție verticală, țurțurile cvasi-cilindric, pe fundul unui vas cilindric cu aria bazei  $S = 10 \text{ cm}^2$  și a turnat în vas suficientă apă cu temperatura de  $0^\circ \text{C}$  pentru a acoperi țurțurile complet (vezi figura). Începând să măsoare înălțimea apei din vas și timpul scurs, Ionuț a obținut datele din tabelul de mai jos. La un moment dat mama lui l-a chemat la masă și, când a revenit în hangar, a constatat că în vas era numai apă (țurțurile se topise). Ionuț știa însă că la începutul experimentului tot conținutul vasului cilindric se afla în stare de echilibru termic la temperatura de  $0^\circ \text{C}$ . Veți considera constantă cantitatea de căldură preluată de țurțur în unitatea de timp.



- Admițând că, în timpul înregistrării datelor din tabel, temperatura în hangar a rămas constantă și că temperatura din vas a rămas de  $0^\circ \text{C}$ , determinați după câte minute de la începerea cronometrării țurțurile s-a topit complet;
- Ce cantitate de căldură ( $P = ?$ ) a primit, în unitatea de timp, vasul cu apă (cu țurțur) de la aerul atmosferic din interiorul hangarului ?

Se cunosc:  $\rho_{\text{apa}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{gheata}} = 900 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda_{\text{topire}} = 330 \text{ kJ/kg}$ .

$t(\text{min})$	0	2	15	30	39	45	55	80	105	...	...	150
$H(\text{mm})$	153	153	152	151	151	150	150	148	147	...	...	145
Țurțur	da	da	da	da	da	da	da	da	da	...	...	nu

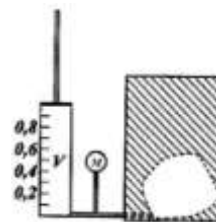
Dacă veți considera că vă poate fi utilă, aveți la dispoziție o coală de hârtie milimetrică!

### C. Volumul unei cavități invizibile

Prin defectoscopie ultrasonoră (sau cu raze X), într-un lingou de oțel, aparent masiv, s-a descoperit existența unei cavități (defect de la turnare). Pentru a-i aprecia volumul, cu ajutorul unui burghiu

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

destul de subțire, s-a realizat, până la cavitare, un canal (de volum neglijabil) în care s-a introdus un furtun flexibil care, la nivelul peretelui exterior, s-a etanșeizat. Prin intermediul unui monometru destul de sensibil (M), furtunul s-a cuplat perfect la o pompă (vezi figura). În poziția inițială, pistonul pompei se afla în partea superioară iar manometrul indica presiunea atmosferică. Coborând cvasistatic pistonul pompei și citind presiunea indicată de manometru, s-au obținut valorile numerice din tabel:



$V(dm^3)$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$p(kPa)$	98	103	110	118	127	137	150	164	179

a) Prin prelucrarea grafică a **tuturor** datelor din tabel (și utilizând, în acest scop, a doua coală de hârtie milimetrică primită), determinați volumul  $V_0$  al cavității invizibile din interiorul lingoului.

b) Admițând că eroarea relativă de determinare a presiunii cu manometrul este  $\varepsilon_p = 3\%$  și considerând că eroarea de determinare a volumului de sub piston este cvasi-nulă, evaluați eroarea absolută medie cu care s-a putut determina volumul cavității.

*Precizare: Veți admite că, în timpul experimentului, temperatura aerului din cavitate și din corpul pompei a rămas constantă.*

*Propunători:*

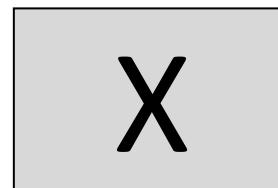
*prof.univ.dr. Uliu Florea, Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova*  
*prof. dr. Angheluță Ecaterina Aurica, Colegiul Tehnic „Al. I. Cuza” Bârlad*  
*prof. Angheluță Cătălin Daniel, Colegiul Național „Gh. R. Codreanu” Bârlad*

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

# Olimpiada Națională de Fizică

## Vaslui 2015

### Proba practică



#### A. Determinarea coeficientului de vâscozitate a unui lichid necunoscut

**a). Prezentarea modului de lucru.....2 puncte**

- Cu ajutorul magnetului se aduce bila la suprafața lichidului.
  - Se dă drumul unei bile să cadă chiar de la suprafața lichidului. Se identifică punctul în care mișcarea devine rectilie uniformă și se face un semn pe tubul de sticlă.
- Pe tubul de sticlă se face un nou semn cu markerul cu aproximativ 30 cm mai jos față de reperul anterior.
- Se dă drumul la bila următoare și când aceasta trece prin dreptul primului reper se pornește cronometrul. Cronometrul se oprește când bila ajunge în dreptul celui de-al doilea reper.
  - Folosind ruleta se măsoară distanța dintre cele 2 repere ( $h$ ) și se calculează viteza  $v_0$  a bilei.

*Orice alt mod de lucru corect se punctează corespunzător*

**b). Completarea tabelului de date.....3 puncte**

(dintre care, **0,5 p** pentru aflarea vitezelor, **1 p** pentru calcularea valorilor lui  $\eta$ , **0,75 p** pentru corectitudinea valorii lui  $\bar{\eta}$ , **0,75 p** pentru calculul erorilor).

Rezultat: aproximativ  $1,57 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  (pot apărea mici variații ca urmare a diferenței de temperatură dintre sălile în care se fac măsurătorile)

Nr.det.	$d$	$D$	$\rho$	$\rho_{\text{lichid}}$	$h$	$\Delta t$	$v_0$	$\eta$	$\bar{\eta}$	$\Delta\eta$	$\overline{\Delta\eta}$

**c). Identificarea a cel puțin trei surse de erori .....1punct**

#### B. Vine primăvara (se topesc țurțurii)

a). Căldura primită de la mediul înconjurător a servit doar la topirea țurțurelui. Putem scrie

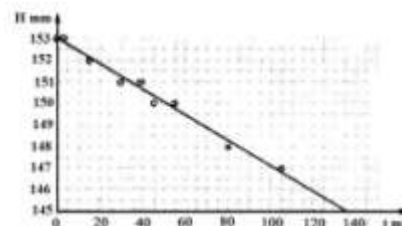
$$\lambda \Delta m = P \Delta t \dots\dots\dots 1 \text{ p}$$

Se știe că pentru aceeași masă  $\Delta m$  volumul de gheață este mai mare decât cel de apă ce rezultă prin topire. Avem

$$\Delta m = \Delta V \frac{\rho_g \rho_a}{\rho_a - \rho_g}, \text{ cu } \Delta V = S \cdot \Delta H \dots\dots\dots 1,5 \text{ p}$$

Găsim astfel dependența  $\Delta H = \left[ \frac{P}{S\lambda} \cdot \frac{\rho_a - \rho_g}{\rho_a \rho_g} \right] \cdot \Delta t \dots\dots\dots 1 \text{ p}$

Cu ajutorul datelor din tabel se realizează graficul  $H = H(t)$ . Conținutul parantezei drepte este panta dreptei. Dreapta are pantă negativă și se vede că ea ne dă  $H = 145 \text{ mm}$  la momentul  $t \approx [130 \div 135] \text{ min}$  (eroare  $\pm 5 \text{ min}$ ).....**1,5 p**



b). Din dependența stabilită mai sus  $tg\alpha = \frac{P}{S\lambda} \cdot \frac{\rho_a - \rho_g}{\rho_a \rho_g} \approx \frac{(153-145) \cdot 10^{-3}}{135.60} \approx 9,88 \cdot 10^{-7}$ , astfel că

$$P = \frac{S\lambda\rho_a\rho_g}{\rho_a - \rho_g} tg\alpha \approx 2,93 \text{ Watt} \dots\dots\dots 1 \text{ p}$$

**C. Volumul unei cavități invizibile**

a). Procesul comprimării aerului din sistemul pompă-cavitate fiind izoterm, se poate scrie relația

$$p(V + V_0) = const \equiv C \text{ din care obținem dependența } V = C/p - V_0 \dots\dots\dots 1,5 \text{ p}$$

Completăm tabelul din enunț cu încă un rând în care trecem valorile  $1/p$  (ale inversului presiunilor)..... **0,5 p.**

$V(dm^3)$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$p(kPa)$	98	103	110	118	127	137	150	164	179
$1/p(kPa)^{-1}$	0,0102	0,0097	0,0091	0,0085	0,0079	0,0073	0,0067	0,0061	0,0056
$\Delta V_0(dm^3)$	0,052	0,049	0,046	0,043	0,040	0,037	0,034	0,031	0,028

Prin puncte, pe hârtia milimetrică de care dispunem, reprezentăm grafic, dependența  $V = f(1/p)$ . Trasăm cât mai corect prin (printre) punctele experimentale, dreapta  $V = f(1/p)$  pe care o prelungim, înspre stânga, până la intersecția cu axa absciselor. Acolo identificăm valoarea  $-V_0$ .

.....**2 p**

Daca nu se folosesc toate datele din tabel se acorda 1 punct (din cele 4 alocate punctului a)

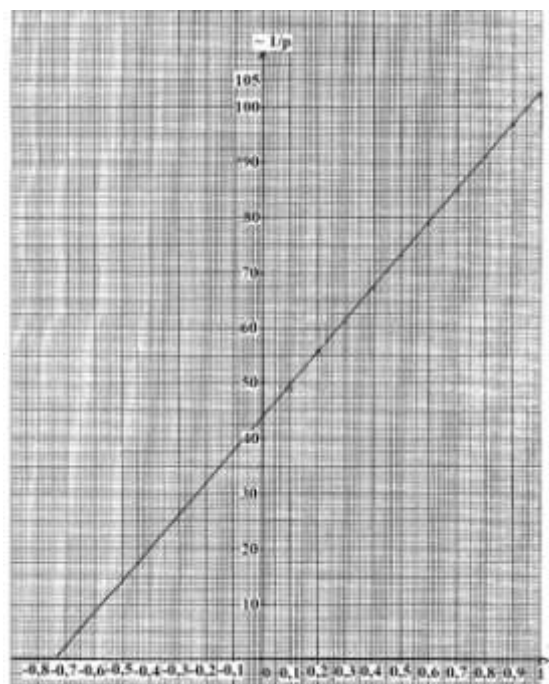
b).Calculul erorii absolute la aflarea volumului cavității. Avem

relațiile  $\Delta\left(\frac{1}{p}\right) = \frac{1}{p} - \frac{1}{p + \Delta p} \approx \frac{\Delta p}{p^2} = \frac{\varepsilon_p}{p}$  și, deoarece,

conform enunțului,  $\Delta V \approx 0$ , putem scrie

$$\Delta V_0 = C\Delta\left(\frac{1}{p}\right) \approx \frac{C}{p} \varepsilon_p = \frac{3}{100}(V + V_0). \text{ Din grafic rezultă}$$

$V_0 = 0,73 dm^3$ . Cu formula de mai sus completăm ultima linie a tabelului. Valorile din această linie a tabelului ne permit să evaluăm o eroare absolută medie  $\overline{\Delta V_0} \approx 0,04 dm^3 \dots\dots 1,5 \text{ p}$



Orice dependență liniară corectă va fi punctată corespunzător

Așadar, volumul cavității este  $V_0 = (0,73 \pm 0,04) dm^3 \dots\dots\dots 0,5p$

**Din oficiu** ..... **2puncte**

**Total general** .....**20 puncte**

**Propunatori:**

- Prof.univ.dr. Uliu Florea, Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova
- Prof. dr. Angheluță Ecaterina Aurica, Colegiul Tehnic „Al. I Cuza“ Bârlad
- Prof. Angheluță Cătălin Daniel, Colegiul Național „Gh.R. Codreanu“ Bârlad