



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI - BACĂU  
COLEGIUL NAȚIONAL "FERDINAND I" – BACĂU

Baraj

Concursul Național de Matematică și Fizică

"Vrânceanu – Procopiu"

Ediția a XVI-a, 2014

**Problema a II-a (10 puncte)**

**Porozitate în bureți metalici**

Între moleculele unui lichid se exercită forțe de atracție. Ca urmare, datorită coeziunii, pelicula superficială a lichidului este sediul unei tensiuni superficiale care comprimă interiorul lichidului. La suprafața dintre un lichid și un corp solid între moleculele acestora apar forțe de atracție determinând adeziunea lor. Dacă interacțiunea dintre moleculele din lichid și cele din solid este mai puternică decât interacțiunea dintre moleculele lichidului, atunci lichidul „se agață” de solidul pe care „îl udă”. Forța de interacțiune dintre lichid și solid este proporțională cu lungimea zonei de contact. Coeficientul de proporționalitate  $\sigma$  este caracteristic perechii lichid-solid. Într-un tub cilindric capilar vertical cu raza  $r$ , cufundat într-un lichid care-l udă, apare (datorită adeziunii și coeziunii) o forță „de tensiune superficială” cu mărimea  $2\pi \cdot r \cdot \sigma$  care „lucrează” împotriva gravitației. Se produce ridicarea lichidului în tub până la înălțimea la care presiunea determinată de tensiunea superficială  $p_\sigma = 2\sigma/r$  egalează presiunea hidrostatică. Dacă la contactul solid lichid interacțiunea dintre moleculele de lichid este mai puternică decât interacțiunea dintre moleculele de lichid și moleculele solidului, atunci lichidul nu udă solidul. Pentru a „împinge” lichidul într-un capilar pe care nu-l udă, este necesară aplicarea presiunii  $p_\sigma$ .

Pulberile metalice poroase folosite pentru producerea catalizatorilor, pentru stocarea gazelor etc. sunt ansambluri de particule străbătute de canale, având o structură asemănătoare unor bureți. Existența canalelor face ca suprafața expusă de „burete” să fie foarte mare, facilitându-se astfel adsorbția – lipirea – unui număr foarte mare de molecule.

În figura 1 este prezentată o porțiune dintr-o particulă sferică de pulbere străbătută de canale (pori) și înconjurată de alte particule. Sferele care constituie o pulbere poroasă sunt străbătute de rețele de pori (figura 2). Desenul din figura 2 nu este realizat „la scară”.

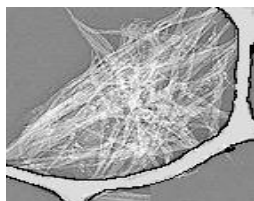


Figura 1

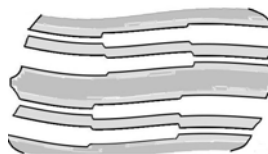


Figura 2

Porii pot fi modelați printr-o succesiune de cilindri cu raze și lungimi diferite – ca în figura 2. Ambele capete ale unui por ies la suprafața particulei, astfel că nu există pori „înfundați”. Diametrele cilindrilor succesivi care modelează porii evoluează monoton (figura 2). În cele ce urmează, consideră că temperatura sistemului rămâne constantă.

**Partea A**

Într-o seringă de  $10,00 \text{ cm}^3$  se introduc  $6,00 \text{ cm}^3$  de pulbere metalică poroasă.

Masa pulberii introduse în seringă este  $m_p = 1,20\text{ g}$ . Se închide orificiul pentru ac al seringii și se comprimă aerul din seringă. Relația dintre volumul seringii (delimitat de piston) și presiunea din seringă este descrisă de datele din tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	Volum ( $\text{cm}^3$ )	Presiune ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ )
1	10,00	$1,000 \times 10^5$
2	9,00	$1,116 \times 10^5$
3	8,00	$1,263 \times 10^5$
4	7,00	$1,455 \times 10^5$
5	6,00	$1,714 \times 10^5$

### Sarcina de lucru nr. 1

**1.a.** Descrie pe scurt o metodă prin care folosind datele furnizate și o reprezentare grafică adecvată să poți determina densitatea materialului masiv din care a fost produsă pulberea metalică poroasă.

**1.b.** Calculează valoarea densității materialului masiv din care a fost produsă pulberea metalică poroasă. Exprimă rezultatul în unități SI, printr-un număr cu trei cifre semnificative.

### Partea B

În seringă de  $10,00\text{ cm}^3$ , al cărei orificiu pentru ac a fost închis, se introduc  $6,00\text{ cm}^3$  de pulbere poroasă peste care se adaugă volumul  $v_\ell = 4,00\text{ cm}^3$  dintr-un lichid care nu udă materialul poros.

La început, lichidul nu pătrunde în pulberea poroasă alcătuită din sfere - „burete”, presupuse identice ca dimensiune și porozitate și străbătute de canale de tipul celor prezentate în figura 2. În absența comprimării, aerul ocupă în pulbere atât locul liber care are volumul  $v_a$  dintre sferele care formează pulberea poroasă cât și canalele de diametre diferite din sfere. Volumele acestor canale sunt notate cu  $v_I, v_{II}, \dots$ , în ordinea descrescătoare a diametrelor acestora (notate respectiv cu  $d_I, d_{II}, \dots$ ). În cursul rezolvării folosește, după caz, următoarelor notații:

Notăția	Mărimea fizică
$v_m$	Volumul materialului solid din sferele care alcătuiesc pulberea metalică poroasă
$v_a$	Volumul aerului dintre sfere, în starea inițială
$v_I$	Volumul porilor cu cel mai mare diametru
$v_{II}$	Volumul porilor care au al doilea diametru ca mărime (în ordine descrescătoare)
...	
$v_s$	Volumul sferelor (volumul materialului plus volumul porilor/canalelor)
$v_\ell$	Volumul lichidului

Acționând asupra pistonului seringii, se comprimă lent lichidul care începe să pătrundă în materialul poros, îndepărtând aerul. Dependența de presiune a volumului din seringă, delimitat între piston și orificiul pentru ac, este reprezentată grafic în figura 3, iar datele numerice referitoare la comprimare sunt cumulate în tabelul 2.

Prin microscopie optică, se determină că particulele sferice ale pulberii metalice au raza  $R = 2,00 \cdot 10^{-4}\text{ m}$  și că porii cei mai largi observați la suprafața unei particule sferice din acest tip de pulbere au diametrul  $d_I = 1,00 \cdot 10^{-5}\text{ m}$ .

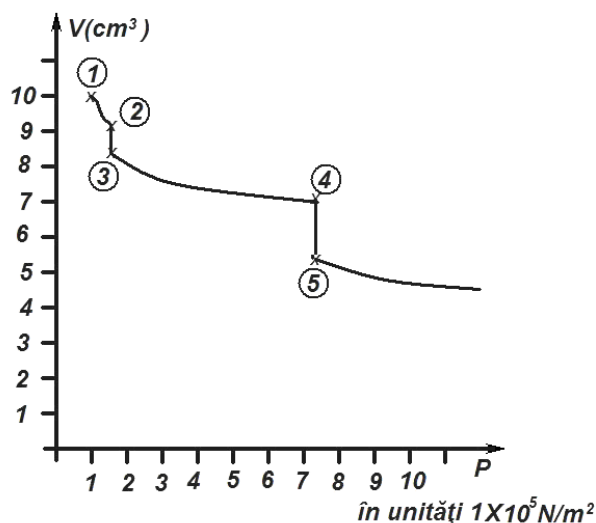


Figura 3

Tabelul 2

	①	②	③	④	⑤
$P(N \cdot m^{-2})$	$1,00 \cdot 10^5$	$1,60 \cdot 10^5$	$1,60 \cdot 10^5$	$8,00 \cdot 10^5$	$8,00 \cdot 10^5$
$V (cm^3)$	10,00	9,16	8,74	7,07	5,11

### Sarcina de lucru nr. 2

În cadrul sarcinii de lucru nr. 2 ți se cere să descrii procesele care se produc în interiorul seringii, în timpul apăsării pistonului și să determini câteva mărimi specifice pulberii metalice analizate. Exprimă toate rezultatele pe care le obții în cadrul acestei sarcini de lucru, prin numere cu trei cifre semnificative.

**2.a.** Descrie pe scurt procesele care se produc în interiorul seringii, în timpul apăsării pistonului.

**2.b.** Precizează câte tipuri de pori sunt în particulele de pulbere metalică din seringă. Justifică răspunsul.

**2.c.** Determină valoarea volumul  $v_s$ , ocupat de particulele de pulbere metalică.

**2.d.** Pentru fiecare dintre tipurile de pori, stabilite în cadrul sarcinii de lucru 2.b., determină valoarea corespunzătoare a volumului total al porilor din respectivul tip, pori localizați în particulele de pulbere metalică.

**2.e.** Dedu valoarea ariei suprafeței tuturor porilor din particulele de pulberea metalică, aflată în seringă.

**2.f.** Calculează numărul de particule din volumul de material poros studiat.

**2.g.** Pentru fiecare dintre tipurile de pori determinate în cadrul sarcinii de lucru 2.b., calculează valoarea lungimii totale al porilor de un anumit tip, dintr-o particulă de pulbere metalică.

**2.h.** Estimează numărul total de canale dintr-o particulă din pulberea metalică poroasă din seringă.

© Subiect propus de:

Prof. Dr. Delia DAVIDESCU

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
INSPECTORATUL ȘCOLAR AL JUDEȚULUI - BACĂU  
COLEGIUL NAȚIONAL "FERDINAND I" – BACĂU



Concursul Național de Matematică și Fizică  
"Vrânceanu – Procopiu"  
Ediția a XVI-a, 2014

*FOAIE DE RĂSPUNSURI*

*Problema a II-a (10 puncte)*

*Porozitate în bureți metalici*

*Sarcina de lucru nr. 1*

**1.a.** Descrierea pe scurt a unei metode de determinare a densității materialului masiv din care a fost produsă pulberea metalică poroasă

1,60p

**1.b.** Valoarea densității materialului masiv din care a fost produsă pulberea metalică poroasă

0,40p

***Sarcina de lucru nr. 2***

**2.a.** Descrierea pe scurt a proceselor care se produc în interiorul seringii, în timpul apăsării pistonului

1,40p

**2.b.** Precizarea numărului de tipuri de pori existenți în particulele de pulbere metalică din seringă. Justificarea răspunsului

0,60p

**2.c.** Valoarea volumului  $v_s$ , ocupat de particulele de pulbere metalică.

2,20p

**2.d.** Valorile pentru volumul total al porilor din particulele de pulbere metalică, valori corespunzătoare fiecăruia dintre tipurile de pori

0,40p

**2.e.** Valoarea ariei suprafeței tuturor porilor din particulele de pulberea metalică, aflată în seringă

1,80p

**2.f.** Numărul de particule din volumul de material poros studiat

0,60p

**2.g.** Valorile lungimilor totale al porilor, corespunzătoare fiecăruia dintre tipurile de pori, aflați într-o particulă de pulbere metalică

0,40p

**2.h.** Estimarea numărului total de canale dintr-o particulă din pulberea metalică poroasă din seringă

0,60p