

### Problema I (10 puncte)

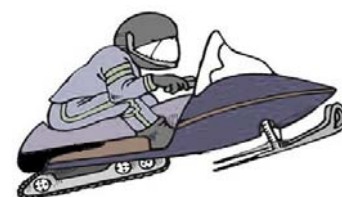
#### Pe pârtie

GPS (Global Positioning System) este denumirea folosită pentru un dispozitiv care, măsurând timpii la care înregistrează semnalele provenite de la sateliți dedicați, își determină poziția și viteza de deplasare.

Octavian folosește caracteristicile aplicației GPS de pe telefonul său, pentru a-și monitoriza plimbarea cu un snowmobil pe o pârtie plană. El reglează aplicația GPS astfel încât telefonul să înregistreze valorile vitezei snowmobilului la diferite momente de timp.

Pârtia pe care se deplasează Octavian este înclinată cu unghiul  $\alpha = 5,8^\circ$  față de un plan orizontal.

Octavian pornește cu snowmobilul din repaus și urcă în vârful pantei, unde ajunge exact în momentul în care viteza lui față de zăpada de pe pârtie este din nou nulă. Pe o anumită porțiune a drumului Octavian menține constantă forța de tracțiune a motorului snowmobilului, iar pe o altă porțiune urcă pe pârtie cu motorul oprit. Pe toată durata deplasării, traiectoria este rectilie. Datele înregistrate cu ajutorul aplicației GPS de pe telefonul lui Octavian sunt prezentate în tabelul 1.



Tabelul 1

t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)
0	0,0	12	6,5	24	15,5	36	8,0
2	0,2	14	8,0	26	17,0	38	4,0
4	0,5	16	9,5	28	18,5	40	0,0
6	1,8	18	11,0	30	20,0		
8	3,5	20	12,5	32	16,0		
10	5,0	22	14,0	34	12,0		

Masa snowmobilului este  $M = 120 \text{ kg}$ , masa lui Octavian este  $m = 80 \text{ kg}$ , iar accelerația gravitațională are valoarea  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Într-o modelare simplă, presupune că pe toată durata mișcării, coeficientul  $\mu$  de frecare la alunecare a snowmobilului pe zăpadă are aceeași valoare. Efectuează calculele cu precizia pe care o consideri adecvată, dar exprimă toate rezultatele numerice în unități SI, folosind numere reale cu o zecimală.

Dacă îți este util, ține seama că  $1 \text{ rad} = 57,29^\circ$  și că, pentru unghiuri mult mai mici decât un radian,  $\sin \alpha \cong \alpha$  și  $\cos \alpha \cong 1$ , unde unghiului  $\alpha$  este exprimat în radiani.

#### Sarcina de lucru nr. 1

**1.a.** Utilizând datele din tabelul 1, reprezintă grafic dependența de timp a modulului vitezei snowmobilului, când acesta urcă pe pârtie. Marchează pe diagrama  $v = v(t)$ , porțiunea din grafic ce corespunde mișcării în care Octavian menține constantă forța de tracțiune a motorului snowmobilului, respectiv porțiunea ce corespunde urcării pe pârtie cu motorul oprit.

**1.b.** Estimează valoarea distanței parcurse de snowmobil în urcare cu motorul oprit.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2 respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

**1.c.** Estimează valoarea coeficientului de frecare dintre snowmobil și zăpada de pe pârtie.

**1.d.** Estimează valoarea forței de tracțiune a snowmobilului, pentru porțiunea de drum pe care această forță a fost menținută constantă.

### *Sarcina de lucru nr. 2*

La câteva minute după ce a ajuns în partea de sus a pârtiei, Octavian începe să coboare cu snowmobilul aceeași pantă. La începutul coborârii, Octavian imprimă snowmobilului viteza  $v_0 = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , orientată paralel cu panta și spre baza acesteia, după care coboară pe pârtie, într-o mișcare rectilinie, cu motorul oprit. La bază, pârtia se continuă cu o porțiune plană, orizontală. Ajuns la baza pârtiei, Octavian trece cu snowmobilul, într-un interval de timp foarte scurt, de pe porțiunea înclinată pe porțiunea orizontală a pârtiei, fără ca snowmobilul să se ridice de pe pârtie, sau să se afunde în zăpadă.

**2.a.** Determină expresia variației totale de impuls pe direcție verticală, apărută la trecerea lui Octavian cu snowmobilul de pe porțiunea înclinată a pârtiei pe porțiunea orizontală.

**2.b.** Calculează valoarea variației totale de impuls pe direcție verticală, apărută la trecerea lui Octavian cu snowmobilul de pe porțiunea înclinată a pârtiei pe porțiunea orizontală.

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

#### *Compresorul*

*Aerul comprimat este folosit pentru acționarea unui număr mare de dispozitive pneumatice (ciocane, mașini de găurit etc.), utilizate în industrie sau în construcții. Dispozitivele pneumatice sunt mai ieftine, mai sigure, mai flexibile în utilizare și mai fiabile decât dispozitivele care efectuează aceleași operații, dar care sunt acționate electric. Aerul comprimat este furnizat de compresoare și este stocat în rezervoare.*

Un compresor pompează aer din atmosferă într-un rezervor cu volumul  $V_R = 1,00 \text{ m}^3$ . În momentul începerii funcționării compresorului, în rezervor se află aer la presiunea atmosferică  $p_A = 1,00 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  și la temperatura  $T_A = 300 \text{ K}$ .

La fiecare pompare, compresorul introduce în rezervor un volum  $V_p = 2,50 \text{ dm}^3$  de aer atmosferic, aflat la temperatura  $T_A$  și la presiunea  $p_A$ . Consideră că procesul de pompare este izoterm și că aerul din rezervor are mereu aceeași temperatură  $T_A$ . Căldura molară la volum constant a aerului are expresia  $C_V = (5/2) \cdot R$ , unde  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  este constanta universală a gazelor ideale.

### *Sarcina de lucru nr. 1*

**1.a.** Calculează numărul de moli de aer  $\nu_c^{(1)}$ , introduși în rezervorul compresorului la o singură pompare.

**1.b.** Determină valoarea variației  $\Delta U^{(1)}$  a energiei interne a aerului din rezervorul compresorului, pentru o singură pompare.

**1.c.** Dedu valoarea numărului  $N_c$  de pompări efectuate de compresor, astfel încât aerul din rezervor să atingă presiunea  $p_p = 1,00 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ .

### *Sarcina de lucru nr. 2*

În momentul în care presiunea aerului din rezervor a atins valoarea  $p_p$ , se deschide robinetul de pe conducta ce conectează rezervorul cu aer comprimat cu un dispozitiv pneumatic. Compresorul continuă

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2 respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

să funcționeze și să pompeze aer în rezervor, astfel încât presiunea aerului din rezervor rămâne constantă. În același timp, din rezervor este preluat aer comprimat, pentru dispozitivul pneumatic. Pentru a asigura funcționarea normală a dispozitivului pneumatic este necesar debit  $D = 1,00 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  de aer comprimat la presiunea  $p_p$  și la temperatura  $T_A$ .

**2.a.** Determină expresia numărului  $n_{c,s}$  de pompări efectuate de compresor în unitatea de timp, astfel încât presiunea  $p_p$  a aerului din rezervor să rămână constantă, în condițiile unei funcționări normale a dispozitivului pneumatic.

**2.b.** Calculează valoarea numărului  $n_{c,s}$  de pompări efectuate de compresor în unitatea de timp.

### *Sarcina de lucru nr. 3*

Compresorul este acționat de un motor Diesel, care utilizează motorină cu puterea calorică  $q = 35,0 \text{ MJ} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Atunci când compresorul funcționează în condițiile specificate în cadrul sarcinii de lucru nr. 2 și efectuează un număr  $n_{c,s}$  de pompări în unitatea de timp, raportul dintre lucrul mecanic necesar pentru comprimarea izotermă a aerului și căldura degajată prin arderea, în motor, a motorinei este  $\eta = 0,25$ .

**3.a.** Dedu expresia volumului  $V$  de motorină consumat într-un interval de timp  $\Delta\tau$  de către motorul Diesel care acționează compresorul, în condițiile de funcționare specificate.

**3.b.** Calculează valoarea volumului  $V$  de motorină consumat de motorul Diesel, care acționează compresorul timp de o oră.

### *Problema a III-a (10 puncte)*

#### *Vivariul*

La o grădină zoologică, unele insecte, păsări și animale mici sunt ținute în cutii paralelipipedice cu pereți de sticlă, numite vivarii.

Pereții vivariului pentru insecte sunt plăci transparente, cu fețe plan-paralele, având grosimea  $e = 4,5 \text{ cm}$  și indicele de refracție  $n = 1,7 (\cong \sqrt{3})$ . Indicele de refracție al aerului este  $n_{aer} \cong 1$ .

### *Sarcina de lucru nr. 1*

Octavian împreună cu colegii vizitează grădina zoologică, însoțiți de un ghid. În cursul explicațiilor despre insectele din vivariu, ghidul utilizează un pointer laser, de la care trimite un fascicul de lumină către un perete al vivariului. Fascicul este asimilabil unei raze de lumină. El se propagă într-un plan perpendicular pe perete, după o direcție care face un unghi de  $60^\circ$  față de normala în punctul în care fasciculul pătrunde în peretele vivariului.

**1.a.** Determină valoarea distanței  $d$  dintre direcția de propagare a fasciculului de lumină incident pe peretele vivariului și a celui emergent din acest perete.

### *Sarcina de lucru nr. 2*

Atunci când se află în fața vivariului, Octavian observă, la incidență normală, imaginea unei insecte care stă în vivariu, pe o creangă.

**2.a.** Dedu expresia distanței  $D$  dintre poziția insectei și poziția imaginii acesteia, prin peretele vivariului.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2 respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

**2.b.** Calculează valoarea distanței  $D$ .

Insecta se deplasează pe o creangă subțire, liniară și verticală.

**2.c.** Precizează dacă imaginea crengii, așa cum este observată de Octavian, este sau nu o linie verticală. Justifică răspunsul.

*Dacă îți sunt necesare, poți folosi următoarele relații:*

$$\sin(x + y) = \sin x \cdot \cos y + \sin y \cdot \cos x$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cdot \cos y - \sin y \cdot \sin x$$

$$\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y = \frac{\sin(x - y)}{\cos x \cdot \cos y}$$

### *Sarcina de lucru nr. 3*

La ieșirea din clădirea în care se află vivariul pentru insecte, Octavian observă o buburuză care stă pe un panou indicator. Octavian privește buburuza printr-o lupă, pe care o ține la distanța de  $2,0\text{ cm}$  față de ochi. Lupa are convergența de  $10\text{ dioptrii}$ .

**3.a.** Determină valoarea distanței dintre buburuză și ochiul lui Octavian, în situația în care imaginea buburuzei prin lupă se formează la distanța optimă de vedere  $\delta_0 = 25\text{ cm}$ .

© Subiect propus de:

*Dr. Delia DAVIDESCU – Centrul Național de Evaluare și Examinare – M E C T S*

*Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI - Facultatea de Fizică – Universitatea București*

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2 respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.