

17 martie 2012

### Problema I (10 puncte)

#### Scafandru

Un scafandru realizează înregistrări video despre lumea acvatică. Pentru scufundări el utilizează un aparat, care-i permite să respire cât timp se află sub apă. Aparatul are un rezervor care conține un amestec special de gaze, utilizat pentru respirație în timpul scufundării, un tub care permite alimentarea scafandruului cu amestecul de gaze din rezervor și un dispozitiv care reglează presiunea gazelor, care urmează să fie inhalate. În fiecare moment, acest dispozitiv furnizează scafandruului amestecul de gaze la o presiune egală cu presiunea exercitată de mediul înconjurător asupra corpului scafandruului. Consideră că amestecul de gaze utilizat pentru respirația scafandruului poate fi asimilat unui gaz ideal.

#### Sarcina de lucru nr. 1

Înainte de începerea scufundărilor, scafandruul este supus unor investigații medicale. Testul privind respirația normală, în aerul atmosferic, a scafandruului aflat în repaus evidențiază dependența de timp a volumului  $V_p$  de aer din plămâni acestuia. Consideră că pe tot parcursul celor 3 minute, cât durează testul, dependența  $V_p = V_p(t)$  este de tipul celei prezentate în figura 1.

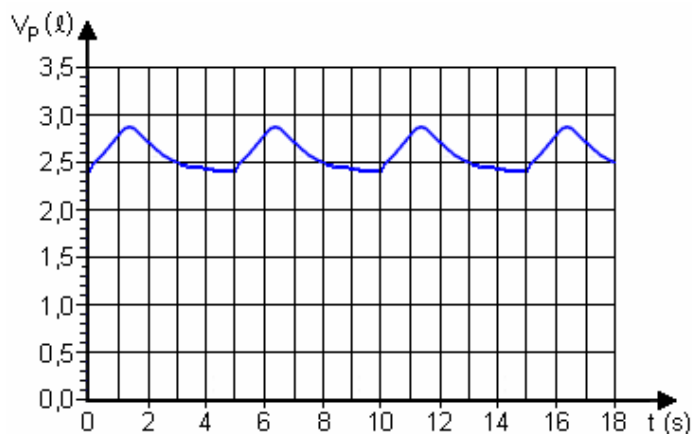


Figura 1

Pentru a răspunde la cerințele din cadrul acestei sarcini de lucru, utilizează informațiile din reprezentarea grafică  $V_p = V_p(t)$ .

**1.a.** Estimează volumul de aer inhalat de scafandru la o singură respirație.

**1.b.** Calculează numărul de respirații pe minut, pentru scafandruul aflat în repaus.

Temperatura aerului din camera în care se efectuează testul privind respirația normală a scafandruului este de  $20^\circ\text{C}$ . Datorită căldurii furnizate de corpul scafandruului, aerul din plămâni are temperatura corpului uman ( $37^\circ\text{C}$ ). Consideră că valoarea căldurii specifice a aerului respirat este de  $1020 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  și că valoarea masei molare a aerului este de  $29 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Constanta universală a gazelor ideale este  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , iar presiunea aerului atmosferic are valoarea  $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

1. Fiecare dintre subiectele 1, respectiv 2 se rezolvă pe o foaie de hârtie separată, care se secretizează.

2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.

3. Durata probei este de 2 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 două subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma punctajelor acordate pentru fiecare dintre cele două subiecte.

**1.c.** Estimează valoarea cantității de căldură furnizată de corpul scafandruului, pentru încălzirea aerului inhalat, în timpul celor 3 minute, cât durează testul.

### *Sarcina de lucru nr. 2*

Pentru a realiza una dintre înregistrările video, scafandruul coboară în ocean la adâncimea de  $20\text{ m}$  și folosește pentru respirația sub apă un aparat care are un rezervor cu volumul de  $15\text{ l}$ . Presiunea aerului atmosferic de la suprafața oceanului este  $1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$ , iar presiunea inițială a amestecului de gaze din rezervor este de  $1,0 \cdot 10^7\text{ Pa}$ . Pentru respirația sub apă, scafandruul utilizează o cantitate de  $0,5\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  din amestecul de gaze.

Consideră că gazele inhalate de scafandru și cele din rezervor au aceeași temperatură, că densitatea apei oceanului este de  $1025\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  și că accelerația gravitațională are valoarea de  $9,8\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

**2.a.** Determină expresia intervalului maxim de timp cât amestecul de gaze din rezervor poate asigura respirația scafandruului la adâncimea specificată.

**2.b.** Calculează valoarea maximă a intervalului de timp cât amestecul de gaze din rezervor poate asigura respirația scafandruului la adâncimea de  $20\text{ m}$ .

### *Sarcina de lucru nr. 3*

Pentru o altă înregistrare video, scafandruul coboară în ocean până la adâncimea de  $100\text{ m}$ . În această nouă scufundare, el utilizează pentru respirație un amestec de gaze numit heliox, alcătuit din heliu și oxigen. Amestecul este astfel realizat încât să asigure scafandruului, în timpul respirației sub apă la adâncimea menționată, o concentrație a moleculelor de oxigen, la temperatura de  $20^\circ\text{C}$  egală cu concentrația moleculelor de oxigen din aerul atmosferic, aflat la presiunea  $1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$  și la temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .

Dacă îți este necesar, poți ține cont că presiunea unui amestec de gaze este suma presiunilor parțiale ale gazelor componente ale amestecului și că presiunea parțială a unui gaz component al amestecului este presiunea exercitată de acesta, în condițiile în care ar ocupa singur întreg volumul amestecului, la aceeași temperatură ca cea a amestecului.

Procentul care exprimă numărul de molecule de oxigen din numărul total de molecule din aerul atmosferic, aflat la presiunea  $1,0 \cdot 10^5\text{ Pa}$  și la temperatura de  $20^\circ\text{C}$  este de  $21\%$ . Constanta lui Boltzmann are valoarea  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

**3.a.** Determină valoarea concentrației moleculelor de oxigen din aerul atmosferic, în condițiile specificate în cadrul acestei sarcini de lucru.

**3.b.** Dedu expresia pentru procentul de molecule de oxigen din amestecul de gaze inhalate de scafandruul aflat la adâncimea de  $100\text{ m}$ .

**3.c.** Calculează valoarea procentului de molecule de oxigen din amestecul de gaze inhalate de scafandruul aflat la adâncimea de  $100\text{ m}$ .

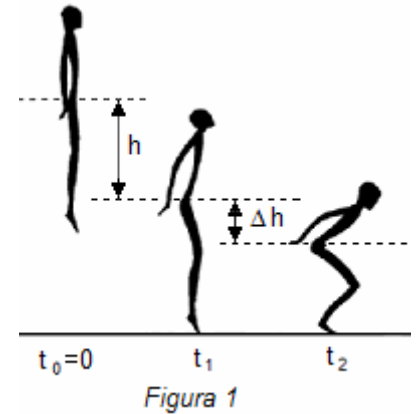
## Problema a II-a (10 puncte)

### Diferite sărituri

Această problemă îți propune să efectuezi un studiu al câtorva tipuri de sărituri, utilizând o modelare simplă, în care fiecare persoană care execută o săritură este asimilabilă unui punct material. În rezolvarea tuturor cerințelor, consideră că forțele de frecare cu aerul sunt neglijabile.

#### Sarcina de lucru nr. 1 – Săritura pe verticală în jos

Ioana efectuează o săritură de la înălțimea  $h$  și aterizează pe ambele picioare, pe o porțiune cu pământ uscat (figura 1). Presupune că viteza inițială a loanei este zero. La momentul de timp  $t_1$ , loana atinge cu vârful picioarelor suprafața de aterizare. Pentru a amortiza impactul cu această suprafață, ea flexează genunchii, astfel încât între momentele de timp  $t_1$  și  $t_2$  centrul său de masă coboară pe distanța  $\Delta h$ . Consideră că masa loanei este  $m$  și că accelerația gravitațională este  $\bar{g}$ .



Pentru cerințele 1.a. și 1.b., exprimă rezultatele – după caz - în funcție de înălțimea  $h$ , de distanța  $\Delta h$ , de masa  $m$  și de modulul accelerației gravitaționale  $g$ .

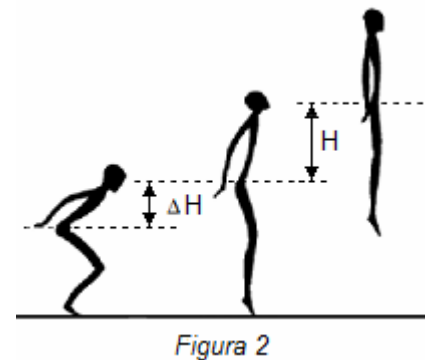
**1.a.** Determină expresia modulului forței medii  $F_m$  cu care pământul acționează asupra picioarelor loanei, pe durata  $\Delta t = t_2 - t_1$  a aterizării.

**1.b.** Dedu expresia duratei  $\Delta t$  a aterizării.

**1.c.** Estimează valoarea maximă a raportului  $h/\Delta h$  care se poate realiza fără ruperea tibiei, dacă masa loanei este de  $60\text{ kg}$ . Pentru estimare poți admite că presiunea suportată de un picior, fără ruperea tibiei, este de  $1,6 \times 10^8\text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  și că cea mai mică secțiune a tibiei este situată puțin deasupra gleznei și are valoarea de circa  $3,2\text{ cm}^2$ . Valoarea accelerației gravitaționale este de  $9,8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### Sarcina de lucru nr. 2 – Săritura pe verticală în sus

După ce a efectuat săritura pe verticală în jos și a aterizat pe porțiunea cu pământ uscat, loana execută o altă săritură, pe verticală în sus (figura 2). În intervalul de timp cât își „ia avânt” pentru efectuarea săriturii, loana, utilizând forța musculară, exercită asupra suprafeței orizontale de sprijin, o forță verticală de împingere. Într-o modelare simplă, consideră că forța verticală de împingere are o mărime constantă  $F_v$ .



**2.a.** Dedu expresia înălțimii  $H$ , față de suprafața de sprijin, la care sare loana, dacă centrul său de masă se ridică cu  $\Delta H$ , în intervalul de timp în care ea își „ia avânt”. Exprimă rezultatul în funcție de mărimea forței  $F_v$ , de distanța  $\Delta H$ , de masa  $m$  a loanei și de modulul accelerației gravitaționale  $g$ .

**2.b.** Calculează valoarea înălțimii  $H$ , în situația în care  $\Delta H = 50\text{ cm}$  și mărimea forței  $F_v$  este egală dublul modulului greutatei loanei.

Imaginează-ți că loana s-ar afla într-o bază lunară și că ar executa o săritură pe verticală în sus, de același tip cu cea efectuată la suprafața Pământului.

Presupune că, în intervalul de timp în care loana și-ar „lua avânt” pentru a executa săritura în interiorul bazei de pe Lună, centrul său de masă s-ar ridica cu aceeași distanță  $\Delta H$ , ca și în cazul săriturii efectuate pe Pământ și că mărimea forței  $F_V$  ar rămâne egală cu dublul modulului greutateii loanei pe planeta Pământ.

**2.c.** Estimează de câte ori ar fi mai mare înălțimea săriturii efectuate de loana pe Lună, față de cea de pe Pământ. Dacă îți sunt necesare, poți utiliza următoarele date:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Raza medie a Lunii            | $R_L = 0,273 \cdot R_P$ , unde $R_P$ este raza medie a Pământului |
| Densitatea medie a Lunii      | $\rho_L = 3,346 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$                   |
| Densitatea medie a Pământului | $\rho_P = 5,515 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$                   |

### Sarcina de lucru nr. 3 – Săritura în lungime de pe loc

Vlad este pe terenul de sport și execută o săritură în lungime, de pe loc. În intervalul de timp cât își „ia avânt” pentru efectuarea săriturii, Vlad, utilizând forța musculară, exercită asupra suprafeței orizontale de sprijin, o forță de împingere  $\vec{F}$  orientată după o direcție care face un unghi  $\theta$  cu direcția orizontală. Consideră că mărimea forței de împingere este egală cu dublul modulului greutateii lui Vlad.

**3.a.** Realizează o schiță care să ilustreze forțele care acționează asupra lui Vlad, în intervalul de timp cât își „ia avânt” pentru efectuarea săriturii.

**3.b.** Determină valoarea unghiului  $\theta$  dintre direcția sub care acționează forța de împingere  $\vec{F}$  și direcția orizontală, astfel încât lungimea acestei sărituri să fie maximă.

### Sarcina de lucru nr. 4 – Săritura în lungime din alergare

Un atlet aleargă câteva secunde pe o pistă orizontală, apoi își „ia avânt” și execută o săritură în lungime. Într-o modelare simplă, consideră că în intervalul de timp foarte scurt cât atletul își „ia avânt”, centrul său de masă se situează cu  $l_1 \cong 0,4 \text{ m}$  în fața ultimului loc în care picioarele atletului mai sunt în contact cu pista de alergare (figura 3). În acest interval de timp, atletul utilizează o energie suplimentară de circa  $5,5 \cdot 10^2 \text{ J}$  pentru a-și imprima o viteză verticală; energia suplimentară este eliberată ca urmare a unor procese biochimice care apar în mușchi.

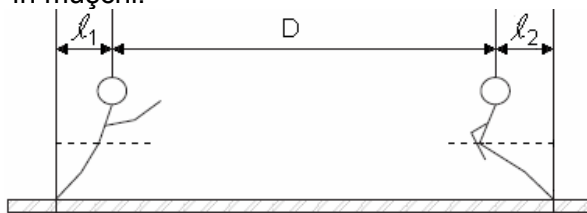


Figura 3

La aterizare, centrul de masă al atletului se situează cu  $l_2 \cong 0,4 \text{ m}$  în spatele locului în care atletul atinge nisipul cu călcâiele.

**4.a.** Estimează, pe baza acestui model simplificat, recordul unui atlet la săritura în lungime din alergare.

**4.b.** Estimează valoarea unghiului format de viteza atletului cu direcția orizontală, imediat după ce acesta și-a „luat avânt” și picioarele sale nu mai sunt în contact cu pista de alergare.

© 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