

### Problema 1 (Electromagnetism)

A. O ramă metalică fixă, de forma literei  $\Pi$  (alfabetul grecesc), așezată vertical, se află într-un câmp magnetic omogen având inducția  $\vec{B}$  orientată perpendicular pe planul ramei. O tijă metalică MN, orizontală, începe să alunece din repaus, pe cele două laturi verticale ale ramei, fără frecare, dar menținând permanent contacte electrice cu aceste laturi. Cunoscând distanța  $l$  dintre laturile verticale ale ramei, masa  $m$  și rezistența electrică  $R$  ale tijei, să se stabilească:

- Dependența de timp  $v = v(t)$  a vitezei tijei;
- Legea de mișcare  $z = z(t)$  a tijei;
- Dependența de timp  $a = a(t)$  a accelerației tijei.
- Să se reprezinte grafic, calitativ, dependențele stabilite la punctele a), b) și c).

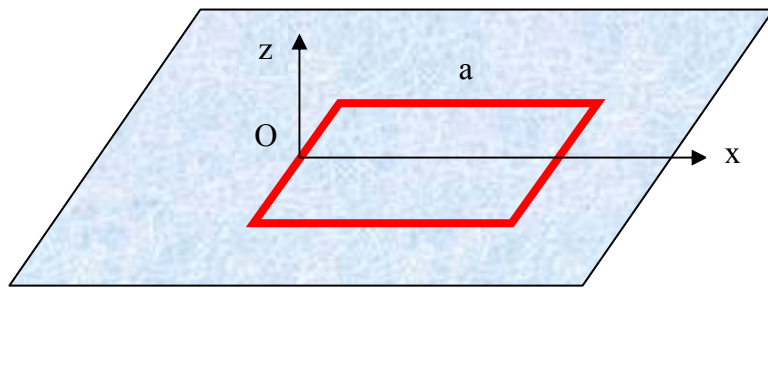
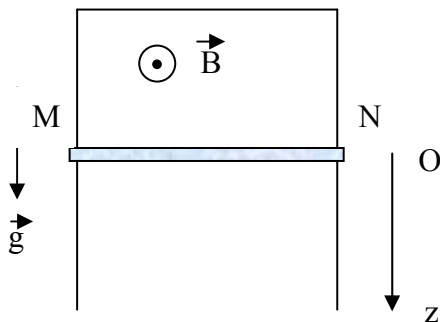
Se neglijează rezistența electrică și inductanța ramei. Se cunoaște accelerația gravitațională  $g$  a locului.

**Indicație:** Soluția ecuației diferențiale  $\frac{dy}{dx} = A + By$ , cu  $A$  și  $B$  constante, are forma

generală  $y(x) = -\frac{A}{B} + Ce^{Bx}$ ,  $C$  fiind o constantă de integrare.

B. Un cadru metalic pătratic de latură  $a$ , supraconductor ( $R = 0$ ), cu inductanța  $L$  și masa  $m$ , așezat pe o suprafață orizontală netedă, se află în întregime într-un câmp magnetic vertical, neomogen, a cărui inducție variază de-a lungul axei  $Ox$  după legea  $B_z = B_0(1 + \alpha x)$ , unde  $\alpha$  este o constantă pozitivă. Axa  $Ox$  este perpendiculară pe două din laturile cadrului. Se imprimă cadrului o viteză inițială  $\vec{v}_0(v_0, 0, 0)$ .

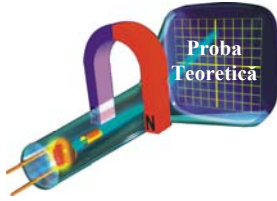
- Să se determine legea de mișcare a cadrului, precizând caracteristicile acestei mișcări.
- Ce influență ar avea asupra mișcării, existența unei rezistențe electrice diferite de zero a cadrului? (Explicație calitativă).



### Problema 2 (Optică)

A. Două surse punctiforme de lumină,  $s_1$  și  $s_2$ , sunt situate, în aer, la distanța  $d$  una de alta. Ele emit în fază radiație monocromatică cu aceeași lungime de undă  $\lambda$ . Rezultatul interferenței undelor ce pornesc de la cele două surse se urmărește în lungul axei  $s_1z$ , care este perpendiculară pe  $s_1s_2$  (vezi figura alăturată, în care punctul  $s_1$  joacă rol de origine).

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



- a). Localizați prin coordonate  $z_{\text{Max}} > 0$ , poziția punctelor cu intensitate luminoasă maximă.  
b). Care este valoarea cea mai mare (superioară) a ordinului de interferență pentru maxime și cât este coordonata  $z_{\text{Max}}^{(\text{sup})}$  corespunzătoare?

c). Undele emise de sursele  $S_j$ ,  $j=1,2$ , au forma  $E_j = (K/r_j)\exp[i(kr_j - \omega t)]$ , unde  $K$  este o amplitudine constantă pozitivă,  $r_j$  cu  $j=1,2$ , sunt distanțele de la sursele  $S_j$  la punctul de observație de pe axa  $z$ , iar  $k$  și  $\omega$  au semnificațiile fizice uzuale ( $k = 2\pi/\lambda$ ,  $\omega = 2\pi/T$ ). Să se determine raportul intensităților luminoase ale celui mai îndepărtat (ultimului) maxim față de  $S_1$  și a celui mai apropiat (penultimului) maxim de lângă acest maxim îndepărtat.



d). Localizați (prin coordonata  $z$ ) minimul de intensitate luminoasă dintre maximele avute în vedere la punctul anterior al problemei.

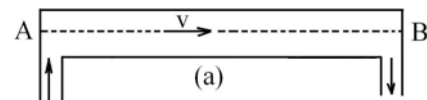
e). Este constantă (sau nu) distanța dintre două maxime (sau două minime) vecine? Argumentați prin calcule răspunsul dat !

f). Care este valoarea raportului dintre intensitățile luminoase ale maximelor extreme ?

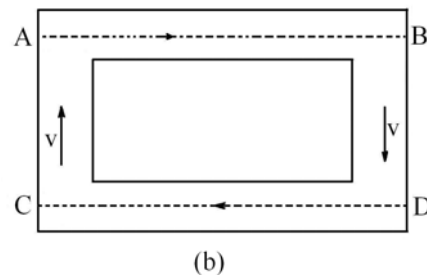
Aplicație numerică (pentru toate cerințele problemei) :  $d = 0,1 \text{ mm}$ ,  $\lambda = 700 \text{ nm}$ .

**Precizare:** Intensitatea luminoasă este direct proporțională cu mărimea  $|E|^2 = E^*E$ , steluța desemnând conjugarea complexă; se va avea în vedere relația  $\exp(i\theta) + \exp(-i\theta) = 2 \cos \theta$ .

**B. 1).** Un lichid refringent, neabsorbant, curge cu viteza  $v$  într-un tub cilindric [vezi figura (a)], cu axa  $AB$ , de lungime  $\ell$ . Într-un referențial legat de lichid, lumina se propagă cu viteza  $c/n$ , unde  $n$  este indicele de refracție al lichidului iar  $c$  este viteza luminii în vid. Calculați relativist, din punctul de vedere al observatorului din sistemul (S), al laboratorului, timpul  $t_{AB}$  necesar unui puls luminos pentru a se propaga de la A la B. Cât este  $t_{AB}$  în limita  $n \rightarrow 1$  ?

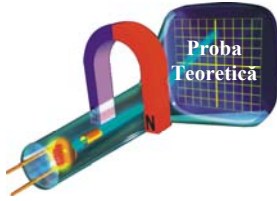


**2).** Se realizează o circulație închisă a lichidului, cu viteza constantă  $v$ , ca în figura (b). Traiectele  $AB$  și  $CD$  se presupun egale, cu lungimea  $\ell$ . O undă plană, monocromatică, de pulsație  $\omega$ , venind din stânga, sosește în A și C cu aceeași fază și se propagă pe cele două brațe, din A în B și din C în D.



2.1). Folosind legea relativistă de compunere a vitezelor, să se determine defazajul oscilațiilor sosite în punctele B și D.

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 în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

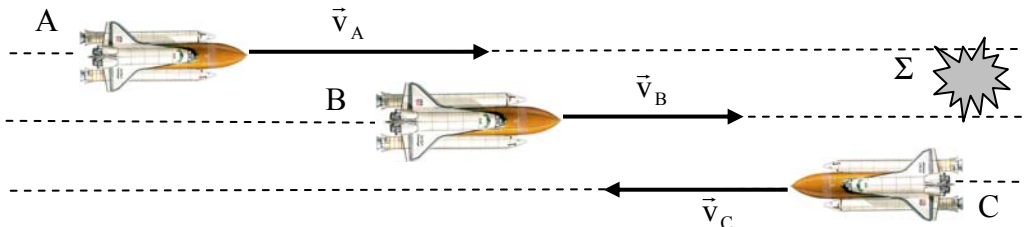


2.2). Cum ar putea fi observat experimental defazajul oscilațiilor sosite în B și D ? Prezentați schița unei instalații imaginate de D-voastră în acest scop !

3). Refaceți calculul defazajului solicitat la punctul 2.1) al problemei bazându-vă pe cinematica clasică (nerelativistă). Calculați limita  $n \rightarrow 1$  a rezultatului obținut și discutați-l din punct de vedere fizic .

### Problema 3 (Nave cosmice relativiste)

Trei nave cosmice (A, B și C) se deplasează rectiliniu și uniform pe direcții paralele foarte apropiate, având față de o stea fixă,  $\Sigma$ , vitezele  $\vec{v}_A$ ,  $\vec{v}_B$  și respectiv  $\vec{v}_C$ , ale căror module sunt comparabile cu viteza luminii în vid ( $c$ ), și orientate așa cum indică figura alăturată, astfel încât vitezele relative ale navelor A și C în raport cu nava B sunt egale în modul și de sens contrar ( $\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{CB}$ ;  $v_{AB} = v_{CB} = v$ ). Fiecare navă este dotată cu un ceasornic.

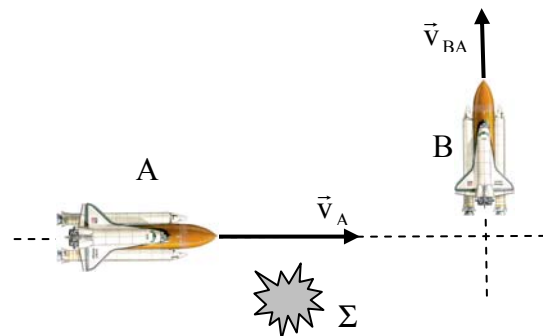


Se realizează mai întâi întâlnirea navelor A și B, când ceasornicele acestora se sincronizează astfel încât ambele să indice ora zero. La următoarea întâlnire, aceea a navelor A și C, ceasornicul lui C se sincronizează după ceasornicul din A, astfel încât ambele ceasornice indică ora  $t'$ .

a) Să se determine indicațiile ceasornicelor de pe navele B și C la întâlnirea acestora, precum și diferența acestor indicații. Să se particularizeze rezultatul pentru varianta nerelativistă ( $v \ll c$ ).

b) Cunoscând  $v_A$  și  $v_C$  să se determine  $v_B$  astfel încât vitezele relative ale navelor A și C în raport cu nava B să fie egale în modul și de sens contrar ( $\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{CB}$ ). Să se justifice rezultatul.

c) Să se stabilească elementele vectorului  $\vec{v}_B$ , reprezentând viteza navei B în raport cu steaua  $\Sigma$ , dacă observatorul din nava A apreciază că nava B se deplasează, în raport cu el, cu viteza  $\vec{v}_{BA} \perp \vec{v}_A$ , așa cum indică figura alăturată. Se cunosc  $v_A$  și  $v_{BA}$ . Să se particularizeze rezultatul pentru varianta nerelativistă ( $v \ll c$ ).



Probleme selecționate și propuse de prof. univ. dr.Florea Uliu - Universitatea din Craiova, prof. dr. Mihail Sandu - Călimănești și prof. Liviu Arici - C.N. „N.Bălcescu”- Brăila

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 în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.