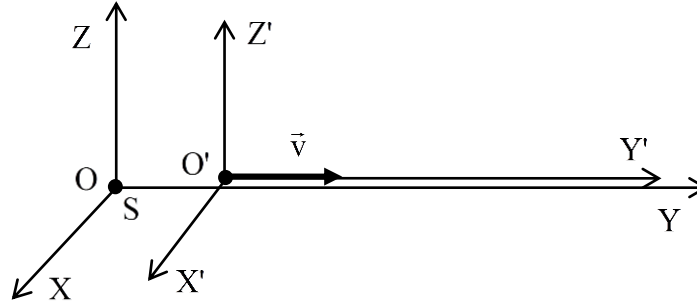


**Problema 1. Sisteme de referință inerțiale în mișcări relative**

**A. Două sisteme de referință inerțiale (invariant relativist)**

În originea O a sistemului inerțial fix, XYZ, reprezentat în desenul din figura 1, se află o sursă S de oscilații electromagnetice, efectuate de-a lungul axei Z după legea:

$$E_S = E_{\max} \sin \omega_s t = E_{\max} \sin 2\pi\nu_s t.$$



**Fig. 1**

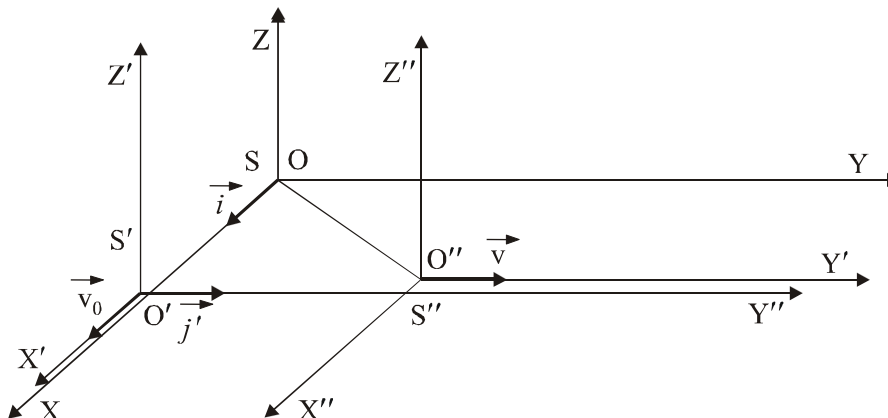
Transmiterea din aproape în aproape a acestor oscilații, de-a lungul axei Y, cu viteza c, reprezintă o undă electromagnetică (transversală) plană.

a) Să se determine frecvența oscilațiilor electromagnetice,  $\nu_{\text{obs}}$ , corespunzătoare efectului Doppler relativist longitudinal, observată din originea O' a sistemului inerțial mobil, X'Y'Z', care se deplasează, în raport cu sistemul XYZ, cu viteza constantă  $\vec{v}$ .

Se știe că faza unei unde electromagnetice plane este un invariant al transformărilor Lorentz speciale. La momentul inițial, când  $t = t' = 0$ , originile celor două sisteme de referință coincid.

**B. Trei sisteme de referință inerțiale (mișcări relative)**

Originile și axele celor trei sisteme de referință inerțiale reprezentate în desenul din figura 2 coincid la momentul inițial. Sistemul S' se deplasează uniform, prin translație față de sistemul fix S, astfel încât viteza originii O', față de originea O, este  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ , iar sistemul S'' se deplasează uniform prin translație față de sistemul S', astfel încât viteza originii O'', față de originea O', este  $\vec{v} = v \vec{j}'$ .



**Fig. 2**

b) Să se determine unghiurile  $\theta$  și respectiv  $\theta''$ , pe care segmentul de dreaptă OO'' le face, la un anumit moment, cu axa OX (în raport cu sistemul S) și cu axa O''X'' (în raport cu sistemul S'').

Să se determine diferența  $\theta'' - \theta$ , atunci când  $v \ll c$ ,  $v_0 \ll c$  și  $v \ll v_0$ .

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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

c) În diferite puncte ale sistemelor S și respectiv S' se află ceasornice în repaus. Ceasornicele din fiecare sistem au fost sincronizate.

Care este, la momentul  $t$  (măsurat în sistemul S), ceasornicul din sistemul S' a cărei indicație este identică cu cele ale tuturor ceasornicelor din S?

### Problema 2. Punți peste...punți

**Recomandare.** Circuitele de curent alternativ pot fi rezolvate folosind aceleași legi ca și în curent continuu, cu condiția ca toate mărimile din aceste legi să fie considerate în mulțimea numerelor complexe. În aceste condiții, de exemplu, modulul impedanței complexe reprezintă valoarea impedanței respective, iar raportul dintre partea imaginară și partea reală a impedanței complexe este tangenta unghiului de defazaj curent-tensiune la bornele acelei impedanțe. Impedanțele complexe ale celor mai întâlnite elemente ideale de circuit sunt:

$$\underline{Z}_R = R ; \underline{Z}_L = jX_L ; \underline{Z}_C = -jX_C$$

Elementele reale de circuit pot fi modelate ca grupări formate dintr-un rezistor și o reactanță ideală, în serie sau paralel. Pe fig.3, între AB și AD sunt două condensatoare reale. Unghiul de pierderi într-un condensator real este complementar cu unghiul de defazaj între I și U.

a) Circuitul din fig.1 se numește **punte Wheatstone** și un asemenea circuit se folosește pentru măsurări electrice atât în curent continuu, cât și în curent alternativ. Puntea se consideră echilibrată dacă instrumentul de zero (galvanometru, difuzor, osciloscop, etc.), conectat între B și D indică un curent nul. Stabiliți condițiile de echilibru ale punții în curent continuu și în curent alternativ, înlocuind rezistențele cu impedanțe. Ce particularități apar în cazul folosirii punții în curent alternativ?

b) **Puntea Anderson** (fig.2) este o variantă modificată a punții Wheatstone în curent alternativ. Deduceți condiția de echilibrare a punții (intensitatea curentului prin instrumentul de zero să fie nulă) și precizați în ce condiții această punte se reduce la o punte Wheatstone.

c) Circuitul din fig.3 se numește **puntea Wien** și se folosește pentru măsurarea capacităților condensatoarelor cu pierderi mari sau cu pierderi mici.

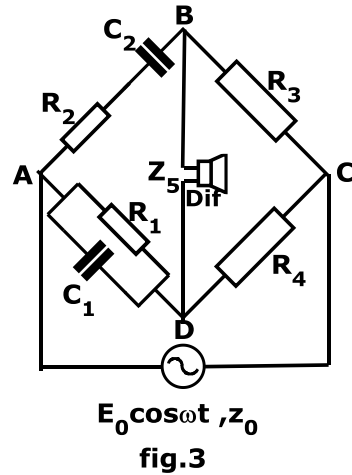
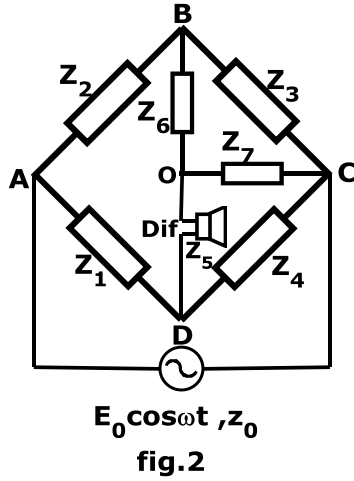
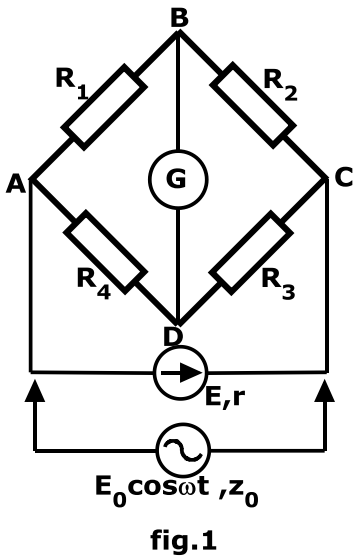
i) care dintre cele două condensatoare, conectate între AD și între AB este cu pierderi mari și care este cu pierderi mici? Motivați răspunsul.

ii) Deduceți condițiile de echilibru ale punții.

iii) Într-un experiment de laborator s-a folosit o cutie cu condensatoare etalon, iar montajul a fost alimentat la o tensiune alternativă sinusoidală cu frecvența 1000 Hz. Instrumentul de zero a fost un difuzor cu amplificator. Rezistențele ohmice ale condensatoarelor etalon au fost măsurate în circuite separate prin alte metode. Valorile rezistențelor  $R_4$  și  $R_3$  au fost alese egale. S-a obținut tabelul de date experimentale alăturat. Determinați capacitatea electrică  $C_1$  și exprimați rezultatul final sub forma  $C_1 = \bar{C}_1 \pm |\Delta C_1|$ .

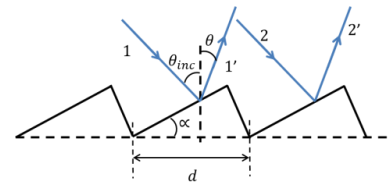
Nr.crt.	$C_2$ ( $\mu\text{F}$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$C_1$ (F)
1	0,022	$3,3 \cdot 10^4$	
2	0,047	$2,3 \cdot 10^4$	
3	0,068	$2 \cdot 10^4$	
4	0,22	$10^4$	
5	0,47	$7,3 \cdot 10^3$	
6	0,68	$6 \cdot 10^3$	
7	2,2	$3,4 \cdot 10^3$	
8	4,7	$2,3 \cdot 10^3$	
9	22	1073	
10	47	735	

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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



**Problema 3. Rețele de difracție**

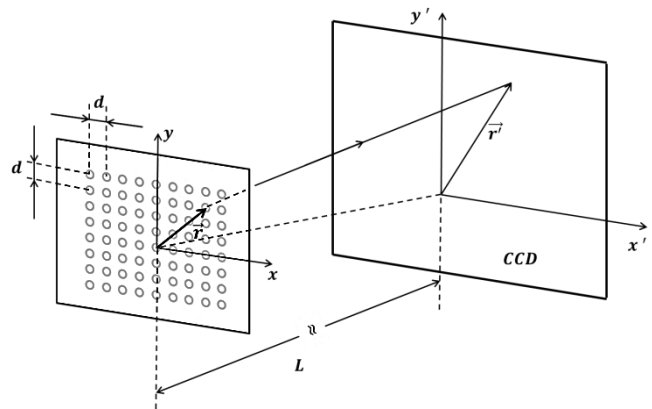
A. O lamă plană dintr-un material reflectant este crestată periodic astfel că se realizează o rețea de difracție de forma celei din figura alăturată. Suprafața creștăturii este înclinată și joacă rolul unei fante de difracție. Constanta rețelei este  $d$ . Rețeaua, aflată în aer este iluminată cu o radiație monocromatică cu  $\nu = 10^{15}$  Hz astfel încât maximum de difracție de ordinul 1 ( $m = 1$ ) să se afle pe direcția razei incidente ( $\theta = -\theta_{inc}$ ). Determinați:



a1. Valoarea constantei rețelei dacă  $\theta_{inc} = 5^\circ$ .

a2. Lățimea intervalului de lungimi de undă  $(\frac{d\lambda}{d\theta})$  care s-ar găsi într-un con de raze difractate cu deschiderea  $\Delta\theta = 5^\circ$ .

B. O membrană plană, elastică și opacă perforată cu mici orificii circulare dispuse în forma unei rețele de pătrate cu latura  $d$  joacă rolul unei rețele de difracție (se spune, în acest caz, că „celula” elementară a acestei rețele este un pătrat). Rețeaua este iluminată normal cu un fascicul de radiație monocromatică cu lungimea de undă  $\lambda$  ( $\lambda \ll d$ ). Figura de difracție este înregistrată pe un senzor optic (CCD) care apoi este analizată. Planul senzorului este paralel cu planul membranei și se află la distanța  $L$  de aceasta ( $L \gg d$ ).

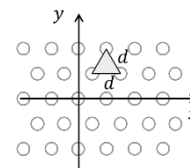


b1. Calculați dimensiunile laturilor unei ”celule” din rețeaua de difracție dacă membrana este alungită orizontal astfel că dimensiunile unei ”celule” de pe senzor sunt:  $d'_x = 2,11$  mm,  $d'_y = 8,44$  mm. Considerați că  $\lambda = 633$  nm și  $L = \frac{4}{3}$  m. Dacă este nevoie în calcule folosiți-vă de faptul că  $L$  este mai mult mare decât orice dimensiune a senzorului și că  $(1 + a)^n \cong 1 + na$ , dacă  $a \ll 1$ .

b2. Realizați un desen comparativ cu forma ”celulei” pe membrană și cu forma ”celulei” din figura de difracție corespunzătoare de pe senzor. De câte ori a fost alungită membrana?

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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

C. Se înlocuiește membrana cu alta având orificiile dispuse în forma unei rețele de triunghiuri echilaterale (având una dintre laturi paralelă cu axa  $Ox$ ) cu latura  $d$ , ( $d \ll L$ ,  $d \gg \lambda$ ).



**c1.** Realizați un desen comparativ cu forma celulei pe membrană și cu cea a „celulei” corespunzătoare din figura de difracție de pe senzor.

**c2.** Calculați dimensiunile laturilor „celulei” de pe ecran. Considerați că:  $d = 0,1 \text{ mm}$ ,  $\lambda = 633 \text{ nm}$  și  $L = \frac{4}{3} \text{ m}$ .

*Indicație: Considerați două celule vecine pe care le supuneți unor transformări convenabile până se transformă într-o celulă pătratică. Analizând transformarea „celulei” elementare a figurii de difracție în acest proces, puteți deduce forma figurii de difracție a rețelei de triunghiuri.*



*Subiect propus de:*

*prof. dr. Mihail SANDU – Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești*

*prof. Liviu ARICI, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu”, Brăila*

*prof. Constantin GAVRILĂ – Colegiul Național Sfântul Sava, 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.