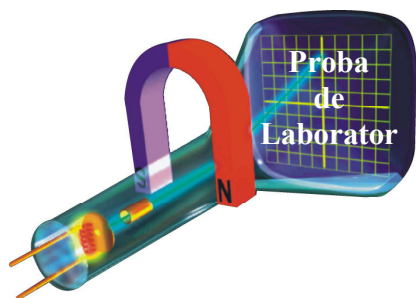


OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ

Rm. Vâlcea, 1 - 6 februarie 2009



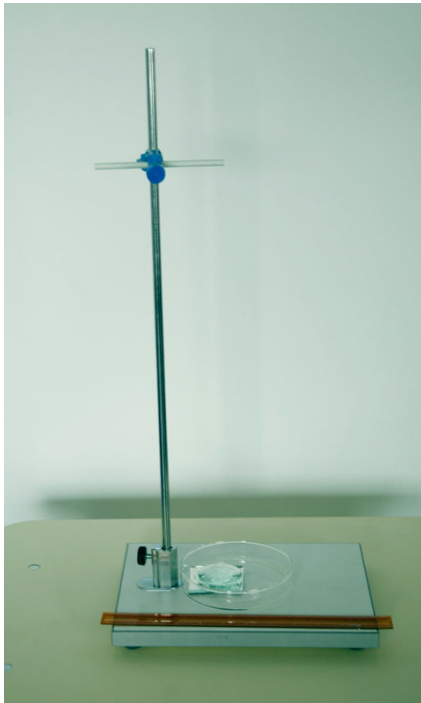
2 februarie 2009



Lucrarea A

**Determinarea convergenței unei lentile
și a indicelui de refracție al unui lichid transparent necunoscut**

Barem de notare

Lucrarea A	Parțial	Punctaj
A. Barem de notare - Lucrarea A		10
a) Determinarea convergenței lentilei		3,00
1) Se realizează montajul reprezentat în figura 1.  Fig. 1	0,50	

2) Pentru determinarea convergenței lentilei biconvexă dată, se realizează montajul din figura 2 și se reglează poziția obiectului, menținându-l perpendicular pe axul optic principal al lentilei, astfel încât, privind pe verticală, de sus în jos, de deasupra obiectului, obiectul și imaginea sa să fie în prelungire și identice ca dimensiuni (lățime). Se măsoară distanța d corespunzătoare acestei stări.

0,50

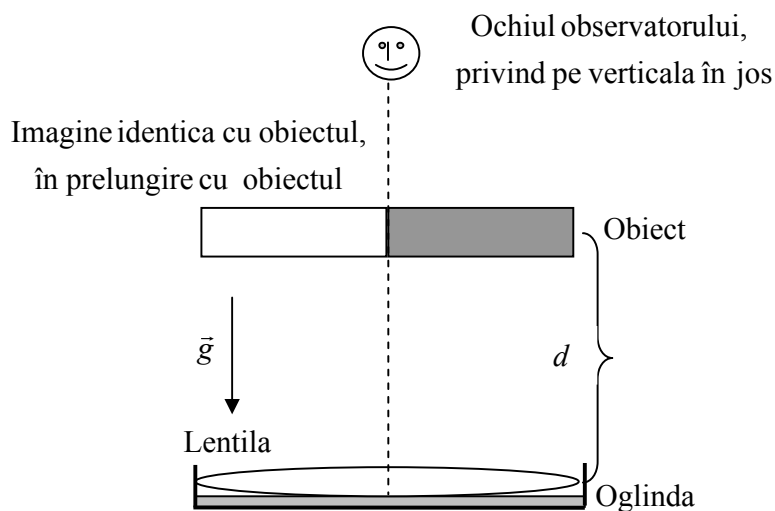


Fig. 2

În drumul său de la obiect până la ochiul observatorului, lumina plecată de la obiect spre sistemul optic reprezentat în figura 1, trece prin lentilă, mai întâi de sus în jos (respectând legile refracției), se reflectă pe oglindă (respectând legile reflexiei) și apoi trece din nou prin lentilă, de jos în sus (respectând legile refracției), formând imaginea obiectului, în prelungirea acestuia și identică cu acesta, așa cum, în detaliu, se dau explicații în figura 3.

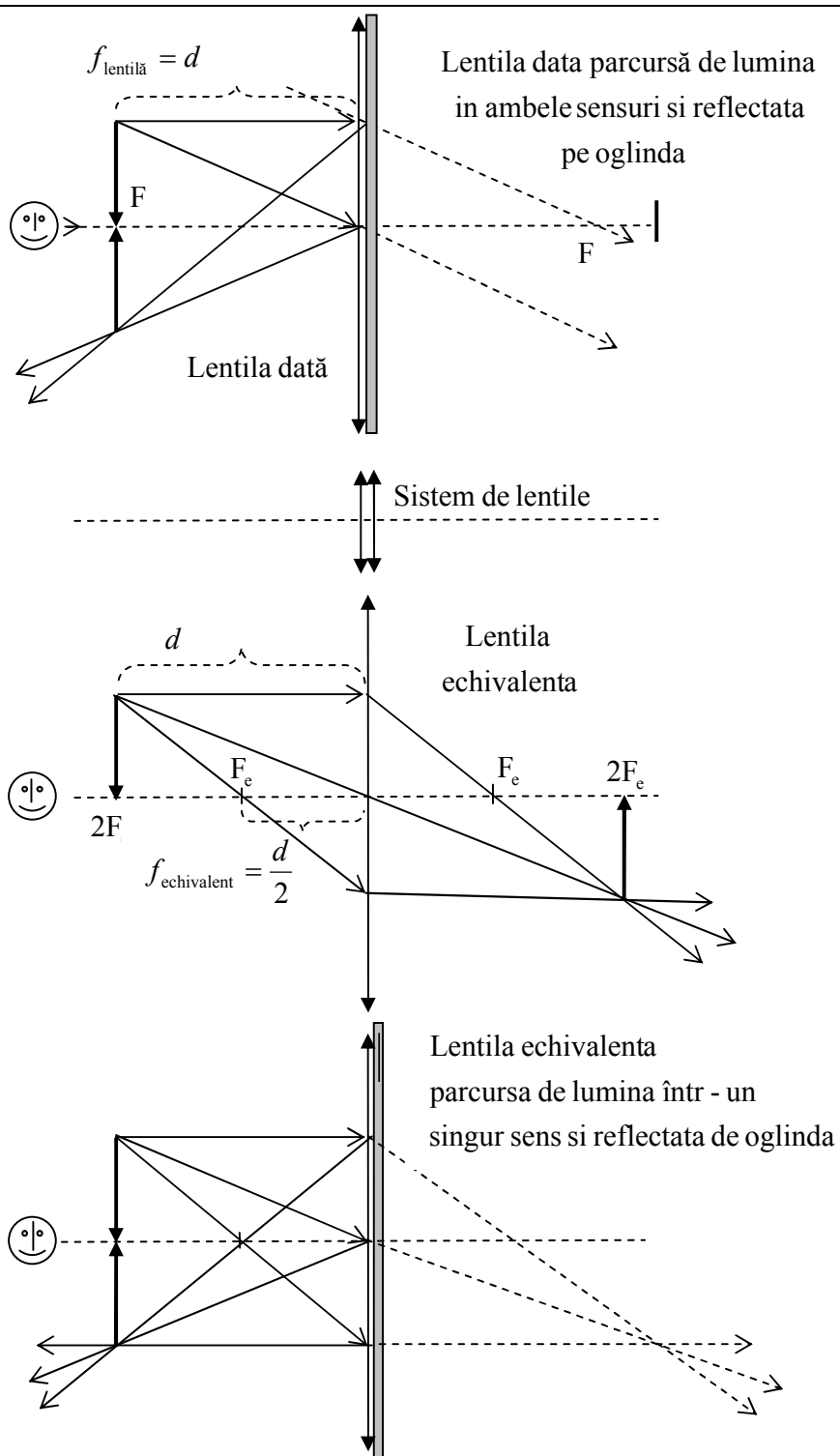


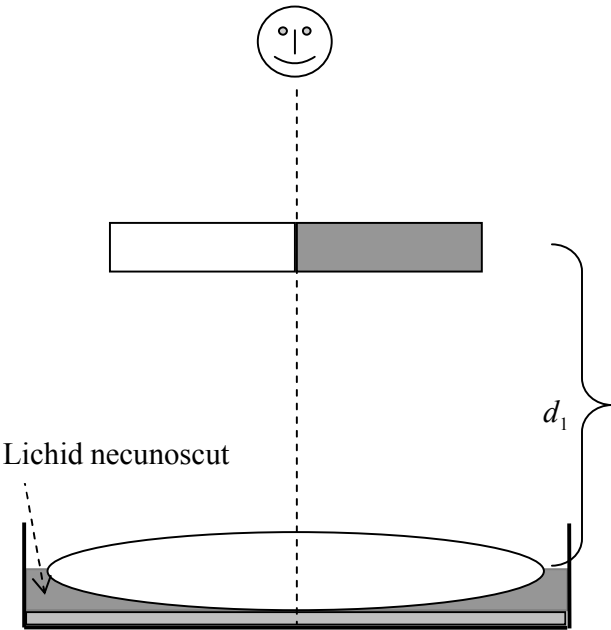
Fig. 3

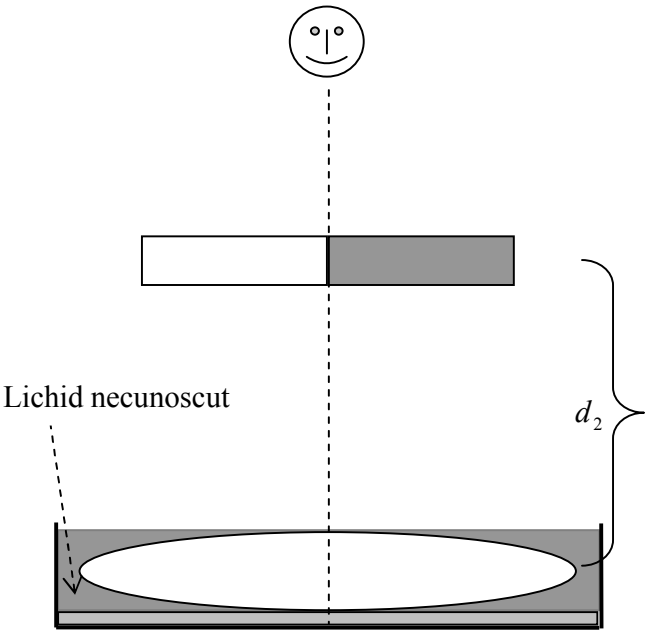
În aceste condiții sistemul optic dat înseamnă două lentile identice alipite, echivalente cu o singură lentilă având distanța focală echivalentă dată de expresia:

$\frac{1}{f_{\text{echivalent}}} = \frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_{\text{lentilă}}} = \frac{2}{f_{\text{lentilă}}};$ $f_{\text{echivalent}} = \frac{f_{\text{lentilă}}}{2}.$ Deoarece „distanța obiect” = “distanța imagine” = d, rezultă: $\frac{1}{f_{\text{echivalent}}} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{2}{d};$ $f_{\text{echivalent}} = \frac{d}{2} = \frac{f_{\text{lentilă}}}{2}; f_{\text{lentilă}} = d;$ $C_{\text{lentilă}} = \frac{1}{f_{\text{lentilă}}} = \frac{1}{d}.$ Rezultat experimental: $C_{\text{lentila}} = 0,01 \text{ m}^{-1}$.		
b) Determinarea razelor de curbură ale suprafețelor lentilei		3,00
1) Pentru determinarea razelor de curbură ale celor două suprafețe biconvexe identice ale lentilei, se pune apă între lentilă și oglindă, așa cum indică figura 4, formându-se acolo o lentilă divergentă plan concavă cu distanța focală f_a. Fig. 4 Știind că distanța focală a unei lentile este dată, în general, de expresia: $\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$ rezultă că expresia distanței focale a lentilei divergente, plan concavă, formată de apa dintre lentila dată și suprafața oglinzii plane este dată de expresia:		

$\frac{1}{f_{\text{apă}}} = -\frac{n_{\text{apă}} - 1}{R} < 0,$ unde $n_{\text{apă}}$ (indicele de refracție al apei) se cunoaște.		
2) Se repetă experimentul, reglând din nou poziția obiectului, menținându-l perpendicular pe axul optic principal al lentilei, astfel încât, privind pe verticală, de sus în jos, de deasupra obiectului, obiectul și imaginea sa să fie în prelungire și identice ca dimensiuni (lățime). Se măsoară distanța d' corespunzătoare acestei noi stări. Deoarece în acest caz, lumina trece în ambele sensuri atât prin lentila de sticlă, cât și prin lentila de apă, reflectându-se apoi pe oglindă, sistemul dat însemnează patru lentile alipite, echivalente cu o singură lentilă având distanța focală echivalentă dată de expresia: $\frac{1}{f_e} = 2 \left(\frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_{\text{apa}}} \right) = \frac{2}{d'}.$ Rezultă: $\frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_{\text{apă}}} = \frac{1}{d'}; \quad \frac{1}{d} - \frac{n_{\text{apă}} - 1}{R} = \frac{1}{d'};$ $R = \frac{dd'(n_{\text{apă}} - 1)}{d' - d}.$		
3) Pentru repetarea determinării razelor de curbură ale celor două suprafețe biconvexe identice ale lentilei, se pune apă în cuvă până când se acoperă lentila, așa cum indică figura 5, formându-se acolo două lentile divergente plan concave, fiecare cu distanța focală f_a. Fig. 5		

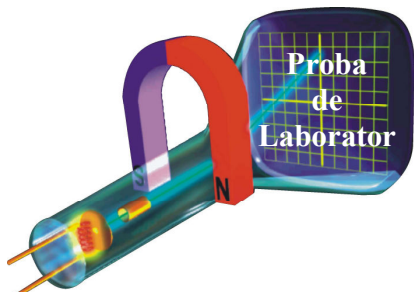
Deoarece în acest caz, lumina trece în ambele sensuri atât prin lentila de sticlă, cât și prin lentilele de apă, reflectându-se apoi pe oglindă, sistemul dat însemnează șase lentile alipite, echivalente cu o singură lentilă având distanța focală echivalentă dată de expresia: $\frac{1}{f_e} = 2 \left(\frac{1}{f_{apă}} + \frac{1}{f_{lentilă}} + \frac{1}{f_{apa}} \right) = \frac{2}{d''}.$ Rezultă: $\frac{1}{f_{lentilă}} + \frac{2}{f_{apă}} = \frac{1}{d''}; \quad \frac{1}{d} - 2 \frac{n_{apă} - 1}{R} = \frac{1}{d''};$ $R = \frac{2dd''(n_{apă} - 1)}{d'' - d}.$ <i>Rezultat experimental:</i> $R = 11,68 \text{ cm}.$		
c) Detrminarea indicelui de refracție al lichidului necunoscut		3,00
1) Pentru determinarea indicelui de refracție al sticlei din care este confecționată lentila, știm că, în general: $\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right); \quad R_1 = R_2 = R.$ Rezultă: $\frac{1}{f_{lentilă}} = \frac{2(n - 1)}{R} = \frac{1}{d} = C;$ $n = 1 + \frac{R}{2d}.$ <i>Rezultat experimental:</i> $n_{sticlă} = 1,52.$		
2) Pentru determinarea indicelui de refracție al lichidului transparent necunoscut se reia experimentul prezentat în figura 4, înlocuind apa cu lichidul necunoscut, așa cum indică figura 6, al cărui indice de refracție este n_x.		

 Fig. 6		
3) Se caută distanța d_1 pentru care obiectul și imaginea se văd în prelungire. În aceste condiții, avem: $\frac{1}{f_{1,\text{echivalent}}} = 2 \left(\frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_x} \right) = \frac{2}{d_1};$ $\frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_x} = \frac{1}{d_1}; \quad \frac{1}{d} - \frac{n_x - 1}{R} = \frac{1}{d_1};$ $n_x = 1 + \frac{R(d_1 - d)}{dd_1}.$ <i>Rezultat experimental:</i> $n_x = 1,42$.		
4) Pentru repetarea determinării indicelui de refracție al lichidului transparent necunoscut se reia experimentul prezentat în figura 5, înlocuind apa cu lichidul necunoscut, așa cum indică figura 7, al cărui indice de refracție este n_x.		

 Fig. 7		
5) Se caută distanța d_2 pentru care obiectul și imaginea se văd în prelungire. În aceste condiții, avem: $\frac{1}{f_{2,\text{echivalent}}} = 2 \left(\frac{1}{f_x} + \frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{1}{f_x} \right) = \frac{2}{d_2};$ $\frac{1}{f_{\text{lentilă}}} + \frac{2}{f_x} = \frac{1}{d_2}; \quad \frac{1}{d} - 2 \frac{n_x - 1}{R} = \frac{1}{d_2};$ $n_x = 1 + \frac{R(d_2 - d)}{2dd_2}.$		
Oficiu		1,00

OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ

Rm. Vâlcea, 1 - 6 februarie 2009



XII

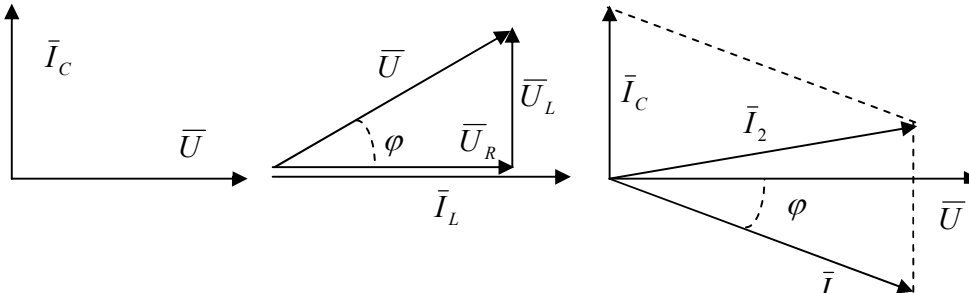
2 februarie 2009

Lucrarea B

Determinarea inductanței și a rezistenței ohmice ale unei bobine cu miez feromagnetic

Barem de notare

Lucrarea B	Parțial	Punctaj
B. Barem de notare - Lucrarea B		10
a) Determinarea inductanței L a bobinei, cu miezul feromagnetic în interiorul bobinei		4,00
1) Cu întrerupătoarele k_1 și respectiv k_2 deschise, corespunzător schemei a din figura 1, indicația I_1 a ampermetrului A este dată de expresia: $I_1 = \frac{U}{X_C} = U\omega C.$ $I_1 = \frac{U}{X_C} = U\omega C.$ a b Fig. 1	0,50	

2) Întrerupătorul k_1 rămâne deschis, iar întrerupătorul k_2 se închide, așa cum indică schema b din figura 1. Utilizând diagramele fazoriale din figura 2, rezultă că indicația I_2 a ampermetrului este dată de expresia: $\bar{I}_2 = \bar{I}_C + \bar{I}_L;$ unde $\bar{I}_2$, $\bar{I}_C$ și $\bar{I}_L$ sunt fazorii asociați valorilor efective ale intensităților curenților din laturile rețelei; $I_2^2 = I_C^2 + I_L^2 + 2I_C I_L \cos(90^\circ + \varphi);$ $I_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}};$ $\sin \varphi = \frac{U_L}{U} = \frac{I_L X_L}{I_L \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}.$  Fig. 2	1,00	
3) Se deplasează foarte lent miezul feromagnetic al bobinei, în interiorul acesteia, până în momentul când indicația ampermetrului A este aceeași, indiferent de poziția închis sau deschis a întrerupătorului k_2. Dacă este cazul se reglează tensiunea sursei în așa fel încât valoarea acesteia să fie egală cu cea inițială, U. În aceste condiții, rezultă: $I_2 = I_1; I_C = \frac{U}{X_C} = I_1; I_2 = I_1 = I_C;$ $I_2^2 = I_1^2 + I_L^2 - 2I_1 I_L \sin \varphi;$ $I_1^2 = I_1^2 + I_L^2 - 2I_1 I_L \sin \varphi;$ $I_L = 2I_1 \sin \varphi;$ $\frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = 2 \frac{U}{X_C} \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}};$ $2X_L = X_C;$ $2\omega L = \frac{U}{I_1}; L = \frac{U}{2\omega I_1} = \frac{U}{4\pi \nu I_1}.$	1,00	
4) Se repetă experimentul pentru diferite valori ale tensiunii U, realizând de fiecare dată un reglaj foarte mic al miezului feromagnetic, astfel	1,50	

încât indicația ampermetrului să fie aceeași, indiferent de poziția întrerupătorului k_2 . Se completează tabelul alăturat.						
Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	L (H)	L_{mediu} (H)		
1	1,00	3,2	0,4976	0,49407		
2	2,00	6,6	0,4825			
3	3,00	9,7	0,4924			
4	4,00	12,8	0,4976			
5	5,00	15,8	0,5039			
6	6,00	19,3	0,4950			
7	7,00	22,6	0,4932			
8	8,00	25,5	0,4995			
9	9,00	28,8	0,4976			
10	10,00	32,4	0,4914			
b) Justificare fenomenologică Intensitatea curentului prin spirele bobinei fiind variabilă, în miezul feromagnetic al bobinei apar curenți suplimentari, numiți curenți turbionari Foucault, ale căror câmpuri magnetice contribuie la fluxul magnetic propriu al bobinei, astfel încât, în aceste condiții, inductanța L a bobinei se schimbă, depinzând nu numai de caracteristicile bobinei. Pentru a compensa variațiile inductanței bobinei, datorită efectului curenților Foucault, trebuie realizată deplasarea miezului feromagnetic din interiorul bobinei, asigurând astfel constanța inductanței bobinei.					1,00	1,00
c) Determinarea rezistenței ohmice a bobinei						4,00
1) Închiderea întrerupătorului k_1 conectează cele două condensatoare în paralel, așa cum indică figura 3, astfel încât capacitatea lor echivalentă este $C'=2C$. Ca urmare, indicația ampermetrului A (a cărei rezistență internă este neglijabilă), când întrerupătorul k_2 rămâne deschis se va dubla față de situația anterioară, la aceeași valoare a tensiunii și va fi: $I_1' = \frac{U}{X_e} = \frac{U}{\frac{1}{\omega C_e}} = U\omega C_e = 2U\omega C \approx 2I_1.$					0,50	

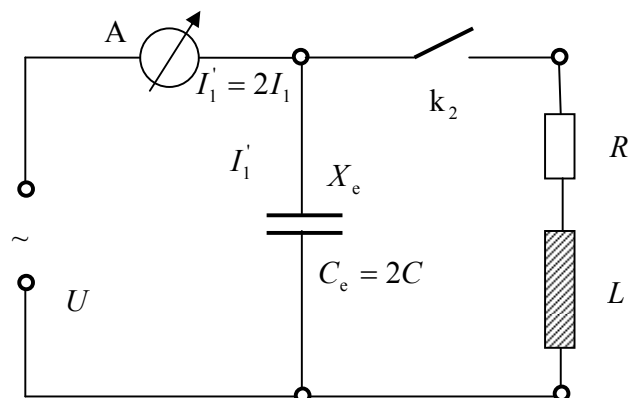


Fig. 3

2) Se închide și întrerupătorul k_2 , așa cum indică schema a din figura 4 și se citește indicația I'_2 a ampermetrului A.

1,50

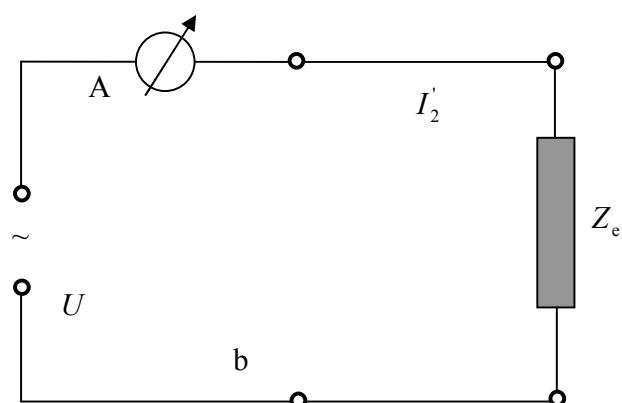
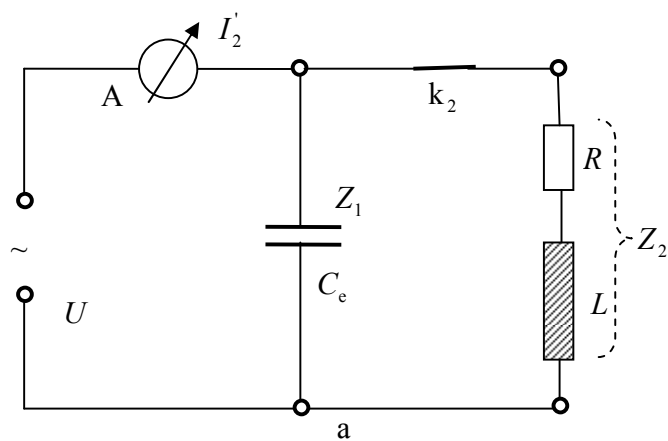


Fig. 4

Dacă impedanțelor reale ale elementelor rețelei li se asociază, după reguli cunoscute, impedanțe complexe, utilizând și schema echivalentă b din figura 4, rezultă:

$\bar{Z}_e = \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2};$ $\bar{Z}_1 = -jX_e; \bar{Z}_2 = R + jX_L;$ $\bar{Z}_e = \frac{-jX_e(R + jX_L)}{-jX_e + R + jX_L} = \frac{X_e X_L - jRX_e}{R + j(X_L - X_e)};$ $\bar{Z}_e = \frac{RX_e^2 - jX_e[R^2 + X_L(X_L - X_e)]}{R^2 + (X_L - X_e)^2};$ $X_e = \frac{1}{\omega C_e} = \frac{1}{2\omega C} = \frac{X_C}{2} = \frac{2X_L}{2};$ $X_e = X_L;$ $\bar{Z}_e = \frac{X_L^2}{R} - jX_L;$ $Z_e = \frac{U}{I_2'};$ $Z_e^2 = \frac{X_L^4}{R^2} + X_L^2 = \frac{U^2}{I_2'^2};$ $\frac{X_L^4}{R^2} = \frac{U^2}{I_2'^2} - X_L^2;$ $R = \frac{X_L^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - X_L^2}};$ $R = \frac{\omega^2 L^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \omega^2 L^2}}; 2\omega L = \frac{U}{I_1}; \omega L = \frac{U}{2I_1};$ $R = \frac{\left(\frac{U}{2I_1}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{2I_1}\right)^2}}; R = \frac{\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}}.$																				
3) Se repetă experimentul pentru diferite valori ale lui U, aceleași cu cele anterioare. Se completează tabelele alăturate. Tabelul 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr. det.</th><th>U (V)</th><th>I_1 (mA)</th><th>$I_1' \approx 2I_1$ (mA)</th><th>I_2' (mA)</th><th>$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$</th><th>$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>1,00</td><td>3,2</td><td>6,5</td><td>4,5</td><td>23.668,63</td><td>49.382,71</td></tr> </tbody> </table>							Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	$I_1' \approx 2I_1$ (mA)	I_2' (mA)	$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$	$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$	1	1,00	3,2	6,5	4,5	23.668,63	49.382,71
Nr. det.	U (V)	I_1 (mA)	$I_1' \approx 2I_1$ (mA)	I_2' (mA)	$\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2$	$\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2$														
1	1,00	3,2	6,5	4,5	23.668,63	49.382,71														

2	2,00	6,5	13,4	9,3	22.276,67	46.248,12
3	3,00	9,6	19,3	13,1	24.161,72	52.444,49
4	4,00	12,8	25,7	17,3	24.224,43	53.459,85
5	5,00	16,1	32,4	21,6	23.814,96	53.583,67
6	6,00	19,2	38,3	25,7	24.541,71	54.504,98
7	7,00	22,4	44,2	30,4	25.081,38	53.021,12
8	8,00	26,2	52,4	35,5	23.308,66	50.783,57
9	9,00	29,2	58,7	39,4	23.507,62	52.178,61
10	10,00	32,5	65,2	44,4	23.523,65	50.726,40

Tabelul 3

Nr. det.	$\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}$	$R = \frac{\left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{U}{I_2'}\right)^2 - \left(\frac{U}{I_1'}\right)^2}}$	$R_{\text{mediu}} (\Omega)$
1	160,35 V/A	147,60 Ω	142,864 Ω
2	154,94	143,77	
3	168,17	143,67	
4	170,98	141,67	
5	172,53	138,03	
6	173,09	141,78	
7	167,15	150,05	
8	165,75	140,62	
9	169,32	138,83	
10	164,93	142,62	

Oficiu

1,00

