

# Olimpiada Națională de Fizică

## Vaslui 2015

### Proba practică

**XII**

#### A. TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

##### CONSIDERAȚII TEORETICE

##### 1. STRATUL SUPERFICIAL. PRESIUNEA INTERNĂ A LICHIDELOR

Tensiunea superficială este proprietatea unei suprafețe lichide care o face să se comporte ca o membrană elastică tensionată. Forțele care se manifestă între moleculele lichidului sunt numite forțe de coeziune și scad în valoare odată cu creșterea distanței dintre molecule. Distanța de la care forțele de coeziune devin neglijabile ( $d \approx 10^{-7}$  m) definește sfera de acțiune moleculară. Forțele de atracție care se manifestă între molecule de natură diferită (solid-lichid, lichid-gaz) se numesc forțe de adeziune. Forțele de adeziune și coeziune determină fenomenele superficiale.

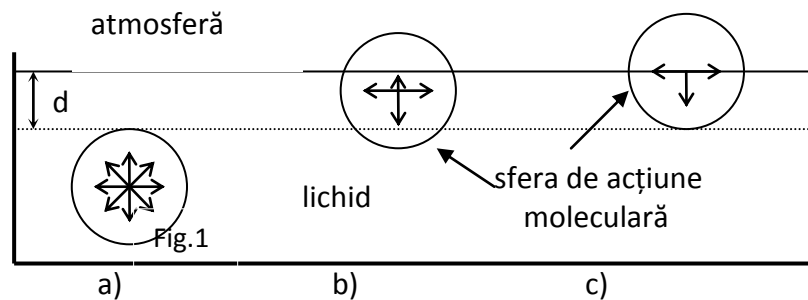


Fig.1 Pozițiile sferelor de acțiune moleculară pentru diferite molecule

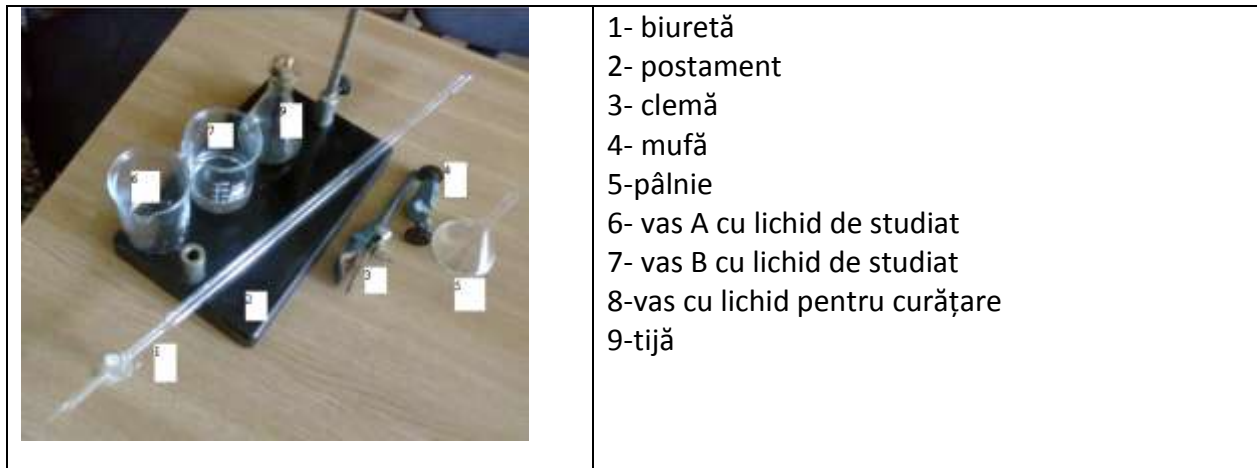
Moleculele aflate în stratul superficial de separare lichid-gaz sunt supuse la forțe de atracție diferite; aceste forțe nu vor mai fi egale ca mărime, nici uniform distribuite așa ca vor da o rezultantă diferită de zero, îndreptată înspre interiorul lichidului și perpendicular pe suprafața liberă (fig.1.b.c.). Stratul de la suprafața lichidului având grosimea egală cu raza sferei de acțiune moleculară poartă numele de *strat superficial*.

##### 2. FORȚE DE TENSIUNE SUPERFICIALĂ

Pentru ca o moleculă să treacă din interiorul lichidului în stratul superficial, ea trebuie să înving forțele datorate presiunii interne, care cresc pe măsura apropierii de suprafață. În aceste condiții, energia cinetică a moleculei scade, energia sa potențială devenind mai mare decât a moleculelor din interiorul lichidului. Forțele de tensiune superficială apar ca rezultat macroscopic al forțelor de interacțiune dintre moleculele lichidului. Forțele de tensiune superficială sunt tangente la suprafața lichidului și acționează în sensul micșorării acestei suprafețe și deci a minimizării energiei stratului. S-a găsit că intensitatea acestei forțe este proporțională cu lungimea conturului stratului superficial și depinde de natura lichidului. Constanta de proporționalitate poartă numele de coeficient de tensiune superficială și este egal prin definiție cu forța de tensiune superficială care se exercită asupra unității de lungime sau cu lucrul mecanic efectuat de

forțele de tensiune superficială pentru a mări suprafața lichidului cu o unitate  $\sigma = \frac{F}{l} = \frac{\Delta L}{\Delta S}$

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

**LUCRARE DE LABORATOR:****DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE TENSIUNE SUPERFICIALĂ****Materiale la dispoziție:**

Pentru măsurarea coeficientului de tensiune superficială se vor folosi materialele precizate, astfel încât să se obțină picături cu un ritm convenabil de curgere. Ritmul de curgere a picăturilor se reglează folosind robinetul biuretei.

**CERINȚE:**

1. Să se realizeze montajul experimental pentru determinarea coeficientului de tensiune superficială, astfel încât să se obțină picături cu un ritm convenabil de curgere. Pe lucrare se va prezenta desenul pentru dispozitivul realizat. Să se precizeze modul de lucru.
2. Să se stabilească condiția de desprindere de vârful biuretei a unei picături de lichid. Se va exprima această relație în funcție de numărul de picături.
3. Folosind lichidul din vasul A, să se determine diametrul orificiului vârfului la biuretă cu ajutorul montajului realizat. Se cunosc: densitatea lichidului  $\rho_A = 1 \text{ g/cm}^3$  și coeficientul de tensiune superficială  $\sigma_A = 7,27 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$ . Se vor realiza cel puțin 10 determinări. În tabelul rezultatelor experimentale se vor trece erorile de măsură. Se va preciza principala eroare de măsură.
4. Pentru a elimina erorile legate de diametrul orificiului vârfului la biuretă la determinarea coeficientului de tensiune superficială, se compară curgerea lichidului A cu curgerea lichidului B. Se cunosc: densitatea lichidului A,  $\rho_A = 1 \text{ g/cm}^3$  și coeficientul de tensiune superficială  $\sigma_A = 7,27 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$ , densitatea lichidului B,  $\rho_B = 1,262 \text{ g/cm}^3$ . Să se determine coeficientul de tensiune superficială a lichidului B în funcție de  $\rho_A$ ,  $\sigma_A$ ,  $\rho_B$  și de numărul de picături  $n_A$ ,  $n_B$  a celor două lichide. Se vor realiza cel puțin 10 determinări. În tabelul rezultatelor experimentale se vor trece erorile de măsură.

**Observație:**

- 1) După scurgerea lichidului A, se va curăța biureta cu lichidul din vasul C. Se va turna lichidul din vasul C în biuretă cu ajutorul pâlniei, iar apoi se va recupera acest lichid din biuretă în vasul C.
- 2) Fiecare lichid se va recupera în vasul din care provine.

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

## B. Studiul oscilatorilor cuplați

Ai la dispoziție următoarele materiale:

1. postament cu clema, tijă verticală, mufă, tijă scurtă orizontală – 2 buc
2. cronometru
3. riglă
4. fir metalic de aproximativ 3 m (pentru resortul slab)
5. ață
6. corp cilindric metalic greu cu masă precizată– 2 buc -
7. disc cu masa de 5,1 g



Cerințe:

Să se întocmească un referat care să conțină următoarele aspecte:

1. Să se confecționeze din firul metalic un resort slab și să se determine pe cale experimentală constanta elastică a acestuia.
2. Să se construiască cu ajutorul aței și corpurilor cilindrice două pendule gravitaționale identice cuplate prin resortul slab la nivelul centrului de masă al corpurilor în așa fel încât resortul slab să fie nedeformat. Lungimea pendulelor gravitaționale formate să fie de aproximativ 40 cm (vezi figura).

Să se măsoare perioadele proprii  $T_1$  și  $T_2$  ale sistemului și să se compare cu valorile calculate teoretic pentru cele două moduri de oscilație. Pentru ambele moduri de oscilație pendulele gravitaționale se scot din poziția de echilibru pe direcția resortului de legătură, pentru primul mod de oscilație devierea este în același sens, iar pentru al doilea devierea este în sensuri contrare.

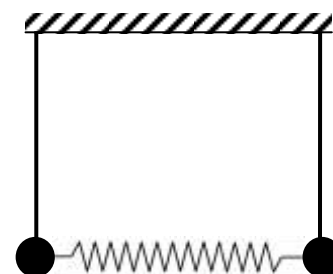


3. Se studiază cazul în care, din poziția de echilibru, doar unul din pendule este nedeformat, iar celălalt este scos din poziția de echilibru. Să se pună în evidență fenomenul de bătăi, să se determine legile de mișcare al celor

două corpuri, să se determine teoretic care este perioada bătăilor și să se compare cu valoarea determinată experimental.

Observații:


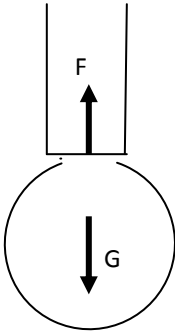
- a. Pendulele gravitaționale se consideră ideale.
- b. Toate abaterile de la echilibru sunt considerate mici.
- c. Datele experimentale se colectează într-un tabel care să fie apoi completat cu alte coloane corespunzătoare pentru determinarea valorii medii și erorilor de măsură.



*Propunători: Irimia Jan, Liceul Teoretic „Mihail Kogălniceanu” Vaslui  
Stancu Nicolae, Liceul Tehnologic „Nicolae Iorga” Negrești  
Matei Gabriel, Liceul Tehnologic „Nicolae Iorga” Negrești*

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.

Barem de corectare pentru lucrarea practică clasa a XII-a

Nr. crt	Rezolvare subiect	punctaj
A1	 <p data-bbox="879 286 1278 685">-Biureta se prinde în poziție verticală folosind clema de prindere a biuretei,mufa de prindere a clemei de tijă și suportul.Se toarnă lichid din vasul A în biuretă.După turnare de lichid în biuretă,se așează vasul A sub biuretă pentru recuperarea lichidului.Curgerea lichidului din biuretă se reglează cu ajutorul robinetului astfel se obțin picături cu un ritm lent.</p>	1,5p
A2	 <p data-bbox="533 819 1270 958">- Prin deschiderea lentă a robinetului se obțin picături cu un ritm lent.La desprinderea unei picături greutatea picăturii egalează forța de tensiune superficială cu care stratul superficial prins de vârful biuretei se opune desprinderii picăturii. <math>F=G \rightarrow</math></p> <p data-bbox="533 976 1206 1048"><math>\sigma_A \cdot \pi \cdot d = m_A \cdot g</math> ,(0,5p ) unde <math>m_A</math> este masa picăturii din lichidul A. Lăsând să curgă <math>n_A</math> picături din lichidul A ,nivelul</p> <p data-bbox="533 1066 1254 1144">lichidului A scade de la <math>V_i</math> la <math>V_f</math> rezultă că: <math>m_A = \frac{M_A}{n_A} = \frac{\rho_A \cdot V}{n_A}</math> ,</p> <p data-bbox="533 1155 663 1189">(0,5p) unde</p> <p data-bbox="533 1223 1142 1249"><math>V = V_i - V_f</math> .Din condiția de desprindere a picăturii rezultă</p> <p data-bbox="533 1267 951 1346"><math>\sigma_A \cdot \pi \cdot d = \frac{\rho_A \cdot V \cdot g}{n_A}</math> (1). (0,5p)</p>	1,5p
A3	<p data-bbox="213 1384 1190 1413">Din relația (1) rezultă că se poate determina diametrul orificiului prin care ies picăturile cu</p> <p data-bbox="213 1429 1262 1507">ajutorul relației : <math>d = \frac{\rho_A \cdot V \cdot g}{\pi \cdot n_A \cdot \sigma_A}</math> (1p) .Se lasă să se scurgă lichidul A din biuretăși se numără</p> <p data-bbox="213 1525 1270 1664">picăturile când volumul se micșoreazăde la la <math>V_i</math> la <math>V_f</math> , astfel că volumul celor <math>n</math> picături este <math>V = V_i - V_f</math> . Se repetă măsurătorile de cel puțin 10 ori iar rezultatele măsurătorilor se trec în următorul tabel,după care se fac prelucrările.Tabelul următor prezintă un set de date experimentale posibile</p>	3p

Nr crt	V <sub>i</sub> (m)	V <sub>f</sub> (ml)	V(m)	n	d=Vρ <sub>g</sub> /πnσ (mm)	d <sub>med</sub> (mm)	(Δd) <sub>abs</sub> (mm)	(Δd) <sub>abs,med</sub> (mm)	Δd/d <sub>med</sub> *100%
1	0	1	1	31	1,38		0,07		-5,04%
2	2	4,5	2,5	70	1,53		0,07		5,13%
3	5	7	2	57	1,51		0,05		3,29%
4	7,5	9	1,5	42	1,53		0,07		5,13%
5	10	11	1	32	1,34		0,12		-8,01%
6	11,5	12,5	1	33	1,30	1,46	0,16	0,08	-10,80%
7	12,5	13,5	1	32	1,34		0,12		-8,01%
8	14	19	5	136	1,58		0,12		8,22%
9	19,5	21	1,5	44	1,46		0,01		0,35%
10	21,5	23	1,5	43	1,50		0,04		2,69%
11	23	25	2	55	1,56		0,10		7,04%

(1,5p)

Din măsurători rezultă că d=(1,46±0,08)(mm).Rezultatele măsurătorilor sunt afectate de mai multe erori:

-citirea volumelor V<sub>i</sub> și V<sub>f</sub> ;

-numărarea picăturilor;

-precizia măsurătorilor pentru densitate și coeficientul de tensiune superficială.

În procesul de măsurare am presupus că diametrul tubului este egal cu diametrul strangulării picăturii.Această ipoteză de lucru nu este riguros adevărată ceea ce duce la eroarea cea mai mare.(0,5p)

**A4**

Pentru a elimina erorile legate de diametrul vârfului la biuretă la determinarea coeficientului de tensiune superficială ,se compară curgerea lichidului A cu curgerea lichidului B.Se folosesc datele de la curgerea lichidului A și se măsoară pentru lichidul B.Folosind formula 1 pentru lichidul A și pentru lichidul B rezulta

$$\sigma_B = \frac{\sigma_A \cdot n_A \cdot \rho_B}{n_B \cdot \rho_A} \quad 1p$$

Pentru compararea curgerii se fac măsurători între aceleași valori ale volumelor V<sub>i</sub> și V<sub>f</sub>.În tabelul următor sunt trecute valori posibile pentru unele biurete folosite

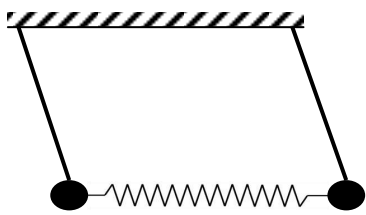
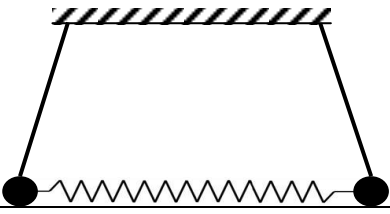
nr. crt	V <sub>i</sub> ( ml)	V <sub>f</sub> ( ml)	V(m l)	n <sub>A</sub>	n <sub>B</sub>	σ <sub>B</sub> =(σ <sub>A</sub> πAρ <sub>B</sub> )/(n <sub>B</sub> ρ <sub>A</sub> ) mN/m	σ <sub>Bmed</sub> ( mN/m)	Δσ <sub>B</sub> =σ <sub>B</sub> -σ <sub>Bmed</sub> ( mN/m)	(σ <sub>B</sub> -σ <sub>Bmed</sub> ) <sub>abs</sub> ( mN/m)	(σ <sub>B</sub> -σ <sub>Bmed</sub> ) <sub>abs,med</sub> ( mN/m)	Δσ <sub>B</sub> /σ <sub>Bmed</sub> ed 100%
1	0	1	1	31	41	69.37		2.43	2.43		3.63%
2	2	4.5	2.5	70	92	69.81		2.87	2.87		4.28%
3	5	7	2	57	80	65.37		-1.57	1.57		-2.35%
4	7.5	9	1.5	42	62	62.15		-4.79	4.79		-7.15%
5	10	11	1	32	40	73.40		6.46	6.46		9.65%
6	11.5	12.5	1	33	45	67.28	66.94	0.34	0.34	2.74	0.51%
7	12.5	13.5	1	32	42	69.90		2.96	2.96		4.43%
8	14	19	5	136	200	62.39		-4.55	4.55		-6.80%
9	19.5	21	1.5	44	62	65.11		-1.83	1.83		-2.73%
10	21.5	23	1.5	43	59	66.87		-0.07	0.07		-0.11%
11	23	25	2	55	78	64.69		-2.25	2.25		-3.36%

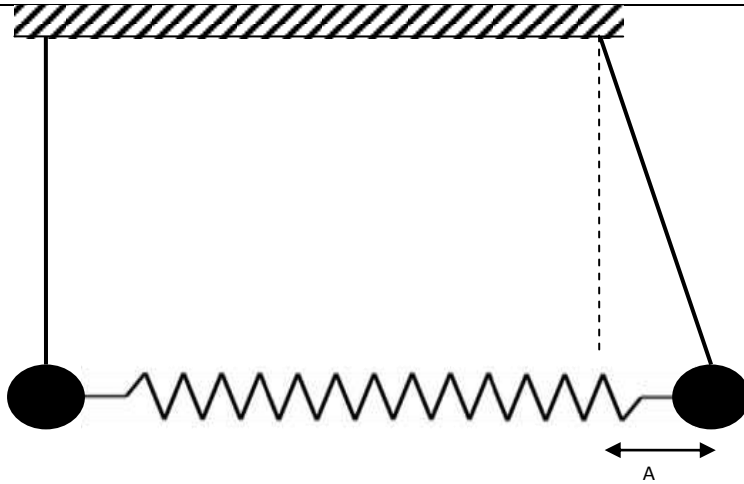
**3p**

(1,5p) Din măsurători rezultă că $\sigma_b = (66,94 \pm 2,74) \text{ mN/m}$ . Rezultatele măsurătorilor sunt afectate de mai multe erori: -citirea volumelor $V_i$ și $V_f$ ; -numărarea picăturilor; -precizia măsurătorilor pentru densități și coeficientul de tensiune superficială pentru lichidul A. 0,5p)	
Total punctaj—1p oficiu+9p	<b>10p</b>

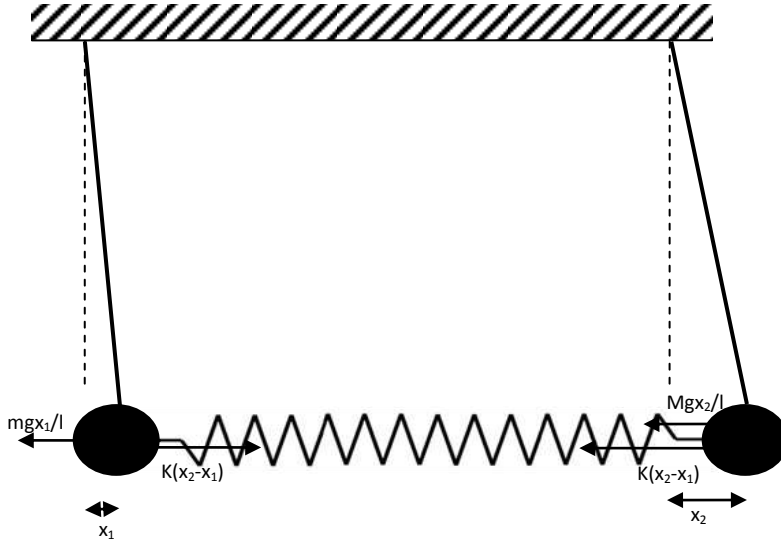
## B. Studiul oscilatorilor cuplați

### Barem

Studiul oscilatorilor cuplați		Punctaj
<i>Punctaj din oficiu</i>		1
1	<b>Determinarea experimentală a <math>k</math> printr-o metodă (statică sau dinamică)</b>	
	Precizarea metodei	0,25 p
	Determinarea datelor experimentale	0,5 p
	Precizarea erorilor și a modului în care aceste influențează rezultatul	0,25 p
2	<p>Calculul teoretic pentru <math>T_1</math> și <math>T_2</math> Pentru primul mod de oscilație resortul rămâne deformat și deci perioada de oscilație este cea a pendulului simplu:</p> $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ <p>Pentru al doilea mod de oscilație pendulul se alungește sau se comprimă în mod identic dar opus ca sens pentru cele două pendule, mijlocul resortului fiind fix. Constanta elastică echivalentă a oscilatorului este:</p> $k_e = 2k + \frac{mg}{l}$ <p>iar perioada este:</p> $T_2 = 2\pi / \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{2k}{m}}$	1 p
		
		
	Măsurători experimentale pentru $T_1$ și $T_2$	1 p
	Calculul erorilor și interpretarea rezultatelor experimentale	0,5 p
	Compararea rezultatelor experimentale cu cele teoretice și interpretarea lor	0,5 p
3	Realizarea graficului pentru modul general de oscilație cu precizarea forțelor pentru fiecare corp la momentul inițial	1 p



și la un moment t



Aplicarea principiului fundamental pentru cele două corpuri:

$$ma_1 = k(x_2 - x_1) - \frac{mgx_1}{l}$$

$$ma_2 = -k(x_2 - x_1) - \frac{mgx_2}{l}$$

0,25 p

Rezolvarea sistemului de ecuații și determinarea celor două moduri de oscilație în ecuațiile:

$$\ddot{x}_1 + \frac{g}{l}x_1 - \frac{k}{m}(x_1 - x_2) = 0$$

$$\ddot{x}_2 + \frac{g}{l}x_2 + \frac{k}{m}(x_1 - x_2) = 0$$

Se fac notațiile:  $X_I = x_1 + x_2$ ,  $X_{II} = x_2 - x_1$ , astfel că prin sumare și diferență se obțin ecuațiile fundamentale pentru oscilațiile de mod 1 și 2 de la punctul b:

$$\ddot{X}_I + \frac{g}{l}X_I = 0 \text{ cu } \omega_I = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\ddot{X}_{II} + \left(\frac{g}{l} + 2\frac{k}{m}\right)X_{II} = 0 \text{ cu } \omega_{II} = \sqrt{\frac{g}{l} + 2\frac{k}{m}}$$

0,75 p

Determinarea legilor de mișcare pentru cele două corpuri

Din forma generală a ecuațiilor

$$X_I = A_I \sin(\omega_I t + \varphi_I), X_{II} = A_{II} \sin(\omega_{II} t + \varphi_{II})$$

și ținându-se cont de condițiile inițiale:  $x_1 = 0, x_2 = A, \dot{x}_1 = 0, \dot{x}_2 = 0$

se obține  $\varphi_I = \varphi_{II} = \pi/2, A_I = A, A_{II} = A$

1 p

	<p>astfel că:  <math>X_I = A \cos \omega_I t, X_{II} = A \cos \omega_{II} t</math>            Refacem valorile lui <math>x_1</math> și <math>x_2</math>:  <math display="block">x_1 = \frac{A}{2} (\cos \omega_I t - \cos \omega_{II} t), x_2 = \frac{A}{2} (\cos \omega_I t + \cos \omega_{II} t)</math></p>	
	<p>Determinarea formulei de calcul pentru perioada bătăilor            Dacă transformăm suma și diferența în produs obținem pentru cele două elongații ecuații ale unor oscilații cu amplitudine lent variabilă:  <math display="block">x_1 = A \sin \frac{\omega_{II} - \omega_I}{2} t \cdot \sin \frac{\omega_I + \omega_{II}}{2} t, x_2 = A \cos \frac{\omega_{II} - \omega_I}{2} t \cdot \cos \frac{\omega_I + \omega_{II}}{2} t</math>            Perioada amplitudinii va fi:  <math display="block">T_0 = \frac{2\pi}{\frac{\omega_{II} - \omega_I}{2}} = \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{g}{l} + 2\frac{k}{m}} - \sqrt{\frac{g}{l}}}</math></p>	0,5 p
	Măsurători experimentale pentru perioada bătăilor	0,5 p
	Calculul erorilor și interpretarea rezultatelor experimentale	0,5 p
	Compararea rezultatelor experimentale cu cele teoretice și interpretarea lor	0,5 p
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>