



Olimpiada Națională de Fizică
Breaza aprilie 2018
Proba experimentală

IX

Barem de corectare

Subiectul I

Nr	Etapă de rezolvare	Punctaj
a.1	<p>Accelerația la coborârea pe planul înclinat este:</p> $a_c = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad (I.1)$ <p>unde g este accelerația gravitațională, α este unghiul de înclinare față de orizontală iar μ coeficientul de frecare la alunecarea dintre corp și planul înclinat</p>	0,5 p
a.2	<p>Viteza la baza planului înclinat se determină aplicând formula lui Galilei:</p> $v_A^2 = v_o^2 + 2a_c l \quad (I.2)$ <p>unde v_o reprezintă viteza inițială a corpului în vârful planului înclinat (punctul O), a_c accelerația la coborâre iar l lungimea planului înclinat.</p> <p>Ținând seama că $v_o=0$, și înlocuind pe a_c din relația (I.1) în relația (I.2), obținem:</p> $v_A^2 = 2gl(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad (I.3)$	0,5 p
a.3	<p>Distanța S pe orizontală la care cade corpul față de baza planului înclinat este:</p> $S = v_{Ax} t_c \quad (I.4)$ <p>unde v_{Ax} reprezintă componenta orizontală a vitezei v_A la baza planului înclinat iar t_c este timpul de coborâre în aer de la baza planului înclinat la sol. Avem:</p> $v_{Ax} = v_A \cos \alpha \quad v_{Ay} = v_A \sin \alpha \quad (I.5)$ $t_c = \frac{v_{By} - v_{Ay}}{g} \quad (I.6)$ $v_{By} = \sqrt{v_{Ay}^2 + 2gh_0} \quad (I.7)$ <p>Ca urmare, obținem pentru distanța S următoarea relație:</p>	2 p



Olimpiada Națională de Fizică
Breaza aprilie 2018
Proba experimentală

IX

	$S = (v_A \cos \alpha) \frac{\sqrt{v_A^2 \sin^2 \alpha + 2gh_0} - v_A \sin \alpha}{g} \quad (I.8)$	
a.4	<p>Pentru a exprima coeficientul de frecare în funcție de mărimile cunoscute, și anume, α, l, h_0, S, trebuie exploreate relațiile (I.3) și (I.8).</p> <p>Relația (I.8) poate fi adusă la forma:</p> $gS + v_A^2 \sin \alpha \cos \alpha = (v_A \cos \alpha) \sqrt{v_A^2 \sin^2 \alpha + 2gh_0} \quad (I.9)$ <p>Ridicând la pătrat relația (I.9), după efectuarea unor calcule simple, obținem:</p> $v_A^2 = \frac{gS^2}{2(h_0 \cos \alpha - S \sin \alpha) \cos \alpha} \quad (I.10)$ <p>Ținând seama de relațiile (I.3) și (I.10), putem scrie:</p> $2gl(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{gS^2}{2(h_0 \cos \alpha - S \sin \alpha) \cos \alpha} \quad (I.12)$ <p>Din relația (I.12) rezultă expresia coeficientului de frecare la alunecarea dintre corp și planul înclinat:</p> $\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{S^2}{4l(h_0 \cos \alpha - S \sin \alpha) \cos^2 \alpha} \quad (I.13)$	1,5 p
TOTAL (a)		4,5 pct
b	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizează configurația experimentală pentru determinarea coeficientului de frecare la alunecare: placa metalică este fixată cu ajutorul dispozitivelor de prindere astfel încât corpul să alunece atunci când este așezat pe placă; • Se așează pe masă hârtia milimetrică cu marginea în dreptul proiecției pe orizontală a bazei planului înclinat pentru a măsura distanța orizontală de cădere S. Peste hârtia milimetrică se așează hârtia-indigo pentru a putea fi marcată pe hârtia milimetrică urma lăsată de corp atunci când atinge masa; • Din vârful planului înclinat se lasă corpul să alunece liber; după ciocnirea cu masa orizontală se îndepărtează hârtia-indigo și se citește pe hârtia milimetrică distanța S la care se află urma lăsată de corp; • Se menține constantă înălțimea h_0 și se modifică înălțimea H cu ajutorul dispozitivului de fixare a plăcii; se repetă experimentul măsurând din nou distanța S. <p>Datele experimentale se prelucrează în tabelul următor:</p>	<p style="text-align: center;">4 p</p> <p>1 p pentru înregistrarea urmelor pe hârtia milimetrică; 3 p pentru completarea tabelului de prelucrare a datelor</p>



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza aprilie 2018

Proba experimentală

IX

	<table><tr><th>Nr</th><th>α [°]</th><th>$\sin\alpha$</th><th>$\cos\alpha$</th><th>S [cm]</th><th>μ</th><th>$\overline{\mu}$</th></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Nr	α [°]	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	S [cm]	μ	$\overline{\mu}$	1							2						3						
Nr	α [°]	$\sin\alpha$	$\cos\alpha$	S [cm]	μ	$\overline{\mu}$																						
1																												
2																												
3																												
	<p>În tabelul de mai sus μ se calculează cu relația (I.13) pentru fiecare măsurătoare în funcție de valorile mărimilor din coloanele precedente.</p> <p>În coloana a 7-a a tabelului se calculează media aritmetică a celor 3 valori ale coeficientului de frecare din fiecare măsurătoare:</p> $\overline{\mu} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{n} \tag{I.14}$ <p>Ținând seama de gradul diferit de lustruire a suprafețelor aflate în contact se acceptă pentru coeficientul de frecare valori cuprinse în intervalul</p> <p>μ: 0,20 0,30</p>																											
c	<p>Surse de erori:</p> <ul style="list-style-type: none">Erori datorate experimentatorului: citirea diviziunilor pe riglă la măsurarea înălțimii h_0; citirea diviziunilor pe raportor la măsurarea unghiului α; alinierea imperfectă a hârtiei milimetrice sub baza planului înclinat; alinierea imperfectă a ghidajului metalic pe care alunecă corpul etc.Erori datorate preciziei aparatelor de măsură: imprecizia etalonării riglei, imprecizia etalonării raportorului, gradul diferit de lustruire a ghidajului pe care alunecă corpul etc. <p>Micșorarea erorilor se poate realiza prin citirea mai exactă și de mai multe ori a instrumentelor de măsură, prin experimentări repetate (micșorarea erorilor de citire)</p>	<p>0,5 p</p>																										
TOTAL SUBIECTUL I		<p>9 pct</p>																										

Subiectul II

Nr	Etapă de rezolvare	Punctaj
1	<p>Teoria lucrării</p> <p>Orice corp din natură este mai mult sau mai puțin deformabil. Sub acțiunea forțelor exterioare, în interiorul corpului apar tensiuni interne, datorită deformării</p>	0,5 p



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza aprilie 2018

Proba experimentală

IX

	<p>corpului. Deformațiile care dispar după încetarea acțiunii forțelor care le-au produs, se numesc elastice, iar cele care nu dispar se numesc plastice.</p> <p>Considerând deformarea după o anumită direcție, dacă forța exterioară nu depășește o valoare limită caracteristică corpului – limita de elasticitate – atunci expresia acestei forțe este:</p> $F = kx \tag{II.1}$ <p>unde x este alungirea absolută, $x=\Delta l=l-l_0$, l_0 – lungimea inițială nedeformată a corpului, l - lungimea corpului deformat, k - constanta elastică a corpului, F – forța deformatoare.</p> <p>Dispozitivul experimental este format dintr-un stativ cu braț orizontal de care se suspendă pe rând resortul și, respectiv, banda elastică. De capetele libere ale celor două corpuri se suspendă cârlige pentru masele marcate</p>																										
2	<p>Modul de lucru</p> <ul style="list-style-type: none">Se măsoară lungimea inițială nedeformată a fiecărui corp și se notează valorile respective; măsurătorile se efectuează așezând corpurile pe masă în poziție orizontală;Se realizează dispozitivul experimental cu ajutorul stativului și a ruletei atașate, în poziție verticală, pentru măsurarea lungimii corpurilor deformat;Se atașează cu ajutorul cârligului masele marcate și se măsoară lungimea fiecărui corp elastic în urma deformării; se efectuează, pentru resort 10 măsurători doar în sens direct, cu masele marcate în ordine crescătoare, iar pentru banda elastică 10 măsurători în sens direct, cu masele marcate în ordine crescătoare, și 10 măsurători în sens invers, cu masele marcate în ordine descrescătoare;Rezultatele se înscriu în 2 tabele diferite (un tabel pentru fiecare corp elastic). Fiecare tabel cuprinde următoarele rubrici: numărul măsurătorii, valoarea masei suspendate, m, valoarea calculată a forței deformatoare, $F=mg$, unde g – accelerația gravitațională, $g=9,81\text{ m/s}^2$, lungimea corpului deformat, l, valoarea calculată a alungirii absolute $x=\Delta l=l-l_0$. <table border="1"><thead><tr><th>Nr</th><th>m [g]</th><th>F=mg [N]</th><th>l [mm]</th><th>x=Δl [m]</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>...</td><td>....</td><td>.....</td><td>.....</td><td>.....</td></tr><tr><td>n</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> <p>(n este numărul de măsurători)</p> <ul style="list-style-type: none">Se reprezintă grafic dependența alungirii absolute de forța deformatoare pentru cele două corpuri elastice	Nr	m [g]	F=mg [N]	l [mm]	x=Δl [m]	1					2					n					0,5 p
Nr	m [g]	F=mg [N]	l [mm]	x=Δl [m]																							
1																											
2																											
...																							
n																											
3	Completarea tabelului de valori	1 p																									



Olimpiada Națională de Fizică

Breaza aprilie 2018

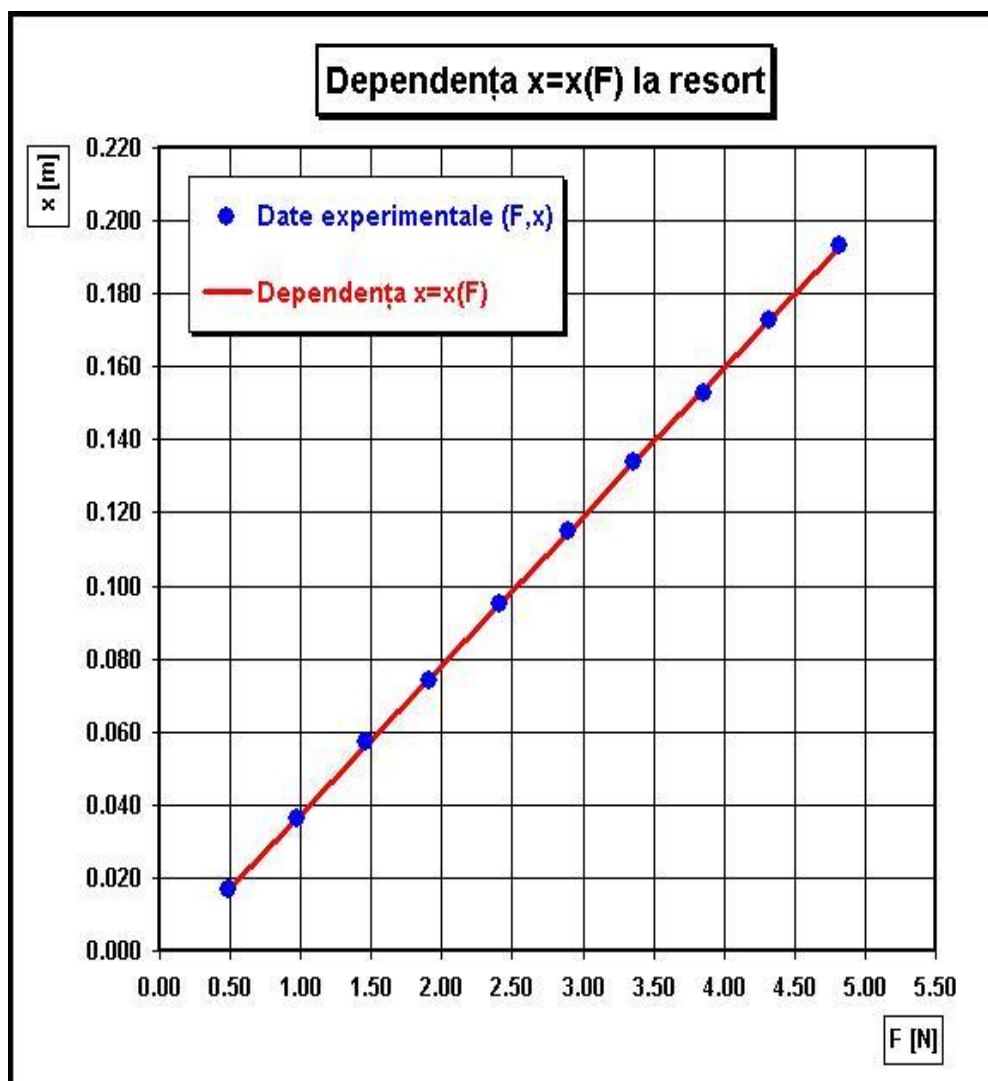
Proba experimentală

IX

- Valorile pentru m și $F=mg$ și unitățile lor de măsură;
- Valorile pentru l_0 și l și unitățile lor de măsură;
- Valorile pentru $x=\Delta l$ și unitățile lor de măsură

Trasarea graficelor

- Pentru alegerea corespunzătoare a axelor, divizarea corectă și notarea lor;
 - Pentru împrăștierea normală a punctelor care să reflecte acuratețea modului de lucru;
 - Trasarea graficului $x=x(F)$ pentru resort (R) la o scară convenabilă
- Exemplu: graficul $x=x(F)$ la resort

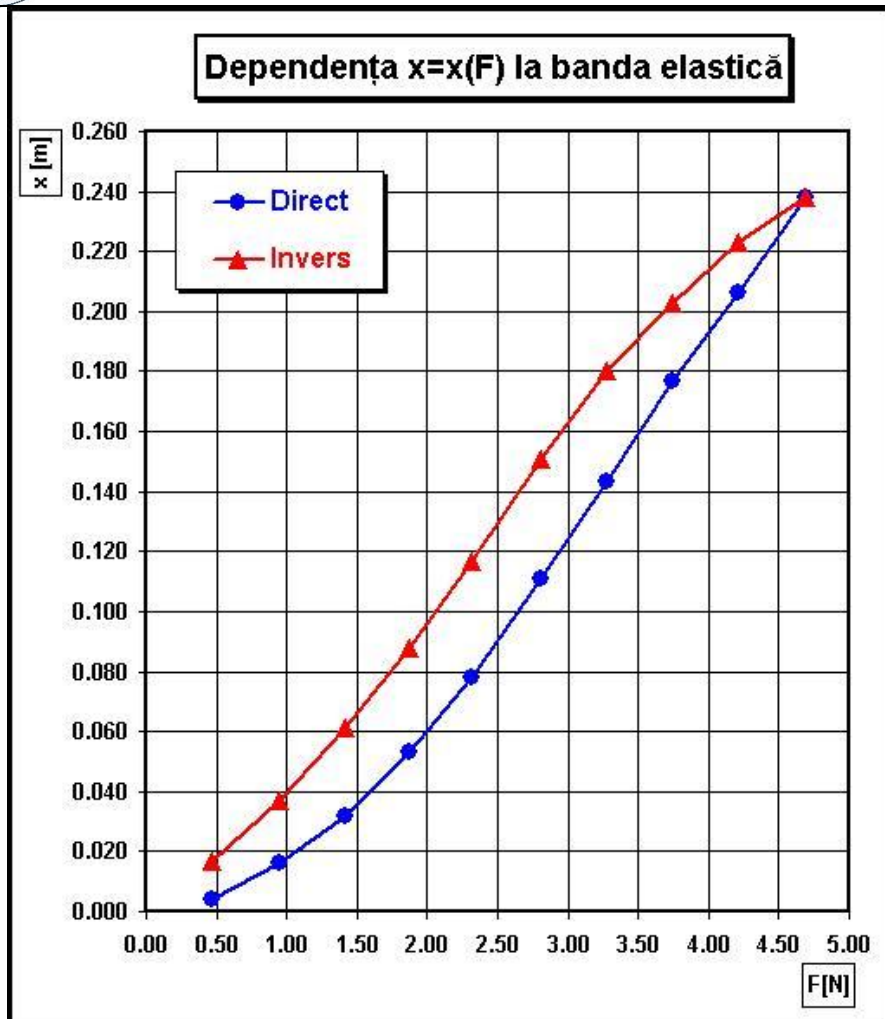


- Trasarea graficului $x=x(F)$ pentru banda elastică (B) în sens direct și în sens invers la o scară convenabilă
- Exemplu: graficul $x=x(F)$ la banda elastică

3 p

(1 p pentru graficul $x=x(F)$ la resort și 2 p pentru graficul $x=x(F)$ la banda elastică)

4



5

Interpretarea graficelor

- Sesizarea aspectului liniar al graficului trasat pentru resort;
- Sesizarea aspectului neliniar al graficului trasat pentru banda elastică;
- Observarea faptului că la banda elastică curba $x=x(F)$, la valori crescătoare ale forței F , nu coincide cu cealaltă curbă $x=x(F)$, la valori descrescătoare ale forței F ;
- Precizarea faptului că la revenire, pentru valori descrescătoare ale forței deformatoare, corpul se comportă diferit față de alungire, la valori crescătoare ale forței deformatoare.

1 p

6

Calculul constantei elastice a resortului

- Printre punctele experimentale se trasează dreapta $x=x(F)$;
- Din grafic se calculează $\tan \alpha$, unde α reprezintă unghiul dintre dreapta trasată, $x=x(F)$, și axa orizontală a valorilor lui F ;
- Constanta elastică a resortului va fi:

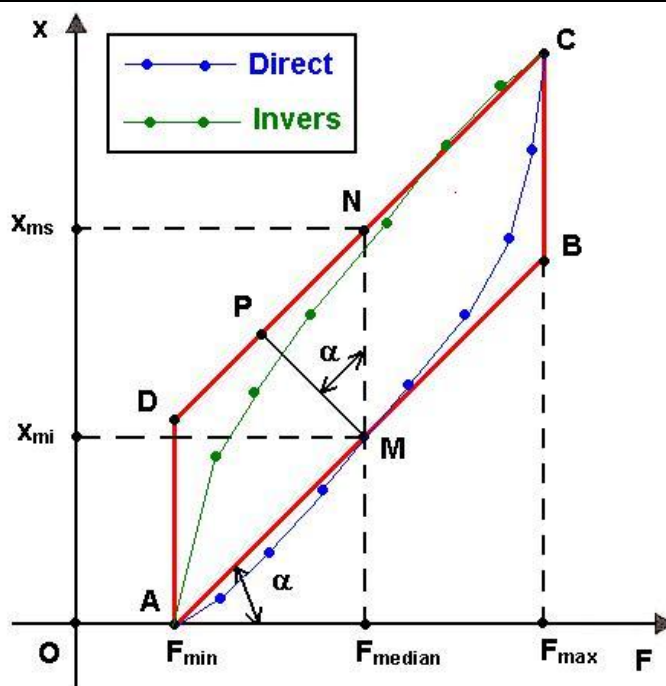
$$k = \frac{1}{\tan \alpha}$$

(II.2)

(pentru graficul $x=x(F)$ din figură, $k=24,58 \text{ N/m}$)

1 p

	<p>În experiment s-au utilizat trei resorturi diferite. Se acceptă următoarele valori pentru constanta elastică:</p> <p>Resortul R1: $k=24 \dots 26 \text{ N/m}$</p> <p>Resortul R2: $k=14 \dots 15 \text{ N/m}$</p> <p>Resortul R3: $k=8 \dots 9 \text{ N/m}$</p>	
7	<p>Formularea unei explicații a comportării elastice diferite a benzii elastice comparativ cu resortul:</p> <p>La banda elastică, odată ce este depășită limita elastică, au loc schimbări permanente ale formei materialului și acest proces este ireversibil.</p>	1 p
8	<p>Precizarea semnificației ariei cuprinse între cele două curbe: energia potențială elastică de deformare transformată în căldură.</p> <p>Calculul ariei cuprinse între cele două curbe:</p> <ul style="list-style-type: none"> direct, prin numărarea pătrățelelor domeniului delimitat de cele două curbe pe hârtia milimetrică <p>Exemplu:</p> <div style="text-align: center;"> <p>Dependența $x=x(F)$ la banda elastică</p> <p>Cu datele din graficul $x=x(F)$ din figură obținem $S=120 \text{ mJ}$.</p> <ul style="list-style-type: none"> prin aproximarea ariei domeniului delimitat de cele două curbe cu aria unui paralelogram și calculul ariei paralelogramului cu datele din grafic. </div>	1 p



După cum se observă în figură, aria paralelogramului ABCD, S , este:

$$S = AB \cdot MP \quad (II.3)$$

Distanțele MP și AB pot fi exprimate cu datele din grafic, după cum urmează:

$$MP = MN \cdot \cos \alpha = (x_{ms} - x_{mi}) \cos \alpha \quad (II.4)$$

$$AB = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\cos \alpha} \quad (II.5)$$

Înlocuind pe MP și pe AB din relațiile (II.4), respectiv (II.5), în relația (II.3) obținem:

$$S = (x_{ms} - x_{mi})(F_{\max} - F_{\min}) \quad (II.6)$$

unde x_{ms} - valoarea maximă a lui x de pe curba $x(F)$ în sens invers la valoarea lui F_{median} , x_{mi} - valoarea minimă a lui x de pe curba $x(F)$ în sens direct la valoarea lui F_{median} , F_{\max} - valoarea maximă a lui F , F_{\min} - valoarea minimă a lui F , $F_{\text{median}} = (F_{\max} - F_{\min})/2$.

Cu datele din graficul $x=x(F)$ din figură obținem **$S=144 \text{ mJ}$**

Se acceptă valori $S=100 \dots 150 \text{ mJ}$

TOTAL SUBIECTUL II

9 pct

TOTAL SUBIECTUL I + SUBIECTUL II

18 pct