

Determinarea modului longitudinal de elasticitate

Scopul lucrării:

Determinarea modului longitudinal de elasticitate la întindere (modulul lui Young) pentru un fir din oțel.

I. Considerații teoretice

În general, dacă asupra unui corp acționează forțe exterioare, acestea produc două efecte importante: deplasarea corpului precum și deformarea lui. De cele mai multe ori, deformarea corpului este foarte mică, și nu este luată în considerare. Deformarea corpului este elastică dacă după încetarea acțiunii forțelor exterioare corpul revine la forma inițială, iar în caz contrar, deformarea este neelastică, sau plastică. Nu există corpuri perfect elastice, sau perfect plastice, în realitate întodeauna o deformare elastică este însoțită de o deformare plastică, și invers.

Dacă forțele exterioare sunt mici, aproape orice corp solid poate fi considerat elastic. Vom analiza deformațiile elastice ale unui corp solid în limita forțelor exterioare mici. Considerăm un fir metalic de lungime inițială l_0 , secțiune S , fixat la un capăt (Fig. 1a). Dacă la celălalt capăt acționează o forță exterioară \vec{F} , orientată după verticala punctului de suspensie, firul metalic se alungește cu Δl (Fig. 1b).

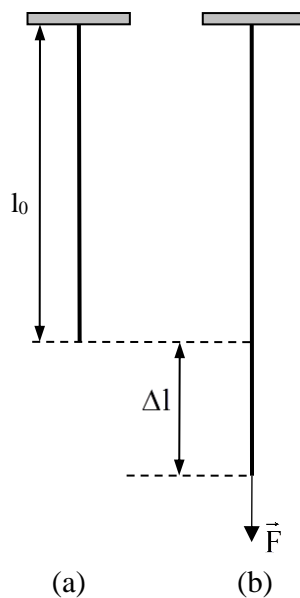


Fig. 1.

Dacă deformarea este elastică, în interiorul corpului deformat ia naștere o forță elastică, \vec{F}_e , care se opune solicitării exterioare și care are expresia:

$$F_e = -k \cdot \Delta l = -F \quad (1)$$

unde k se numește constanta elastică a materialului, supus solicitării.

Experimental s-a constatat că alungirea, Δl , a firului metalic supus întinderii de către o forță deformatoare \vec{F} , este:

- direct proporțională cu forța aplicată: $\Delta l \approx F$;
- direct proporțională cu lungimea inițială a firului: $\Delta l \approx l_0$;
- invers proporțională cu aria, S , a secțiunii transversale: $\Delta l \approx \frac{1}{S}$.

Așadar:

$$\Delta l \approx F \cdot \frac{l_0}{S} \quad (2)$$

Constanta de proporționalitate se notează cu $\frac{1}{E}$, unde E se numește modul longitudinal de elasticitate, sau modulul lui Young, și este o constantă ce depinde de materialul din care este confecționat firul metalic.

Atunci relația (2) devine:

$$\Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{F \cdot l_0}{S} \quad (3)$$

sau:

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0} \quad (4)$$

Relația (4) este cunoscută sub numele de legea lui Hooke.

Raportul $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ se numește alungire relativă, iar raportul $\sigma = \frac{F}{S}$ reprezintă forța exercitată pe unitate de suprafață, și se numește efort unitar. Cu aceste notații, legea lui Hooke devine:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (5)$$

Deoarece legea lui Hooke este valabilă până la o anumită valoare a efortului unitar, valoare specifică fiecărui material, legea lui Hooke este considerată o lege de material.

Folosind ca forțe exterioare, diverse greutate marcate, $F = m \cdot g$, se poate determina valoarea modulului de elasticitate longitudinal, cu ajutorul relației:

$$E = \frac{m \cdot g \cdot l_0}{S \cdot \Delta l} \quad (6)$$

unde $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ este accelerația gravitațională.

Dimensiunea modulului longitudinal de elasticitate este $L^{-1}MT^{-2}$, iar unitatea de măsură în sistemul internațional este N/m^2 .

II. Metodica experimentală

II.1. Dispozitivul experimental

Dispozitivul experimental este prezentat în Fig. 2 și constă dintr-un cadru din lemn prevăzut cu o consolă rigidă (din lemn) pe care este fixată o sanie metalică de tip “coadă de rândunică”.

Firul din oțel, al cărui modul de elasticitate urmează a fi măsurat, este fixat rigid în partea de sus a cadrului. Partea inferioară a firului este fixată de partea culisabilă a saniei. În partea de jos a saniei, este fixat un taler pe care se pun diverse greutate marcate. Pe o riglă rigidă, sub sanie, este montat un ceas comparator care poate măsura alungirea, Δl , cu o precizie de 0,01 mm.

Lungimea inițială a firului din oțel, se măsoară cu o ruletă ce are precizia de 1 mm, iar diametrul firului se măsoară cu un micrometru, a cărui precizie este de 0,01 mm.

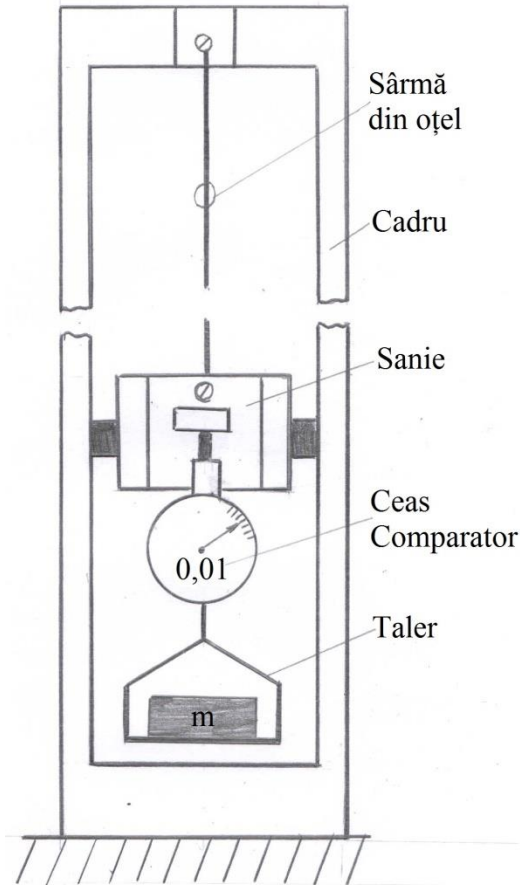


Fig. 2.

II.2. Modul de lucru

- i. Se măsoară lungimea inițială l_0 și diametrul firului metalic;
- ii. Se aduce acul comparatorului la diviziunea zero;
- iii. Se solicită firul cu diverse greutăți și se măsoară, cu ajutorul comparatorului, alungirile corespunzătoare;
- iv. Datele obținute se trec în tabelul 1.

Tabelul 1.

l_0 (m)	d (m)	S (m ²)	m (kg)	Δl ($\cdot 10^{-5}$ m)	E (N/m ²)	\bar{E} (N/m ²)	$\frac{\Delta E}{E}$ (%)	ΔE (N/m ²)	$\Delta \bar{E}$ (N/m ²)

II.3. Prelucrarea datelor experimentale

- i. Se calculează modulul lui Young cu relația (6);
- ii. Se calculează:

$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5} \quad (7)$$

iii. Eroarea relativă se calculează cu relația:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta l_0}{l_0} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta l} \quad (8)$$

unde:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\Delta d}{d} \quad (9)$$

iv. Se calculează: $\Delta E = a \cdot E$, deoarece $\frac{\Delta E}{E} = a$;

v. Se calculează:

$$\Delta \bar{E} = \frac{\Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4 + \Delta E_5}{5} \quad (10)$$

vi. Rezultatele obținute se trec în tabelul 1;

vii. Rezultatul final se scrie sub forma:

$$E = \bar{E} \pm \Delta \bar{E} \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (11)$$