

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICĂ" DIN BUCUREȘTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE FIZICĂ GENERALĂ
BN - 122 B**

DETERMINAREA TIMPULUI DE CIOCNIRE

2004 - 2005

DETERMINAREA TIMPULUI DE CIOCNIRE

1. Scopul lucrării

Lucrarea are ca scop studiul ciocnirii a doua bile metalice suspendate în aer și verificarea experimentală a dependenței între timpul de ciocnire și viteza relativă a corpurilor aflate în contact.

2. Teoria lucrării

Ciocnirea este un proces de interacție prin contact între două sau mai multe corpuri.

Timpul de interacție (în care corpurile sunt în contact) este finit și se numește timp de ciocnire. El este mult mai mic decât timpul de observație al altor fenomene mecanice, dar variază în limite foarte largi. Astfel, ciocnirile între corpurile macroscopice se desfășoară în limite de ordinul 10^{-4} s, iar ciocnirile particulelor elementare se fac în timpi de ordinul 10^{-18} s, datorită forțelor nucleare foarte intense. În cazul particulelor elementare, ciocnirea trebuie interpretată conform modelului cuantic de corpuscul - undă, iar prin contact trebuie să se înțeleagă o apropiere la o distanță de ordinul 10^{-15} m.

În această lucrare se studiază ciocnirea corpurilor macroscopice.

Două corpuri se ciocnesc atât timp cât sunt în contact și au viteza relativă diferită de zero.

Un proces de ciocnire cuprinde două etape: etapa de comprimare și etapa de separare (relaxare). În etapa de comprimare, care începe în momentul contactului, corpurile se deformează reciproc, viteza relativă scade de la valoarea maximă la zero, când deformația este maximă.

Etapă de relaxare începe în momentul deformării maxime și se termină în momentul desprinderii corpurilor. Timpul de comprimare este diferit de timpul de relaxare, iar suma lor este egală cu timpul de ciocnire.

Într-o ciocnire reală, deformațiile se produc astfel încât nu toată energia de deformare se transformă în energie cinetică, o parte a acesteia se transformă în alte forme de energie (căldură, etc).

Ciocnirile reale au cazuri limită ciocnirea perfect elastică și ciocnirea perfect plastică. Într-o ciocnire elastică, după deformare, corpurile se desprind și își recapătă forma inițială. Impulsul total și energia cinetică totală se conservă.

Într-o ciocnire plastică, corpurile rămân în stare de deformare maximă, fuzionând într-un singur corp. Se conservă doar impulsul nu și energia cinetică totală. Ciocnirea plastică are doar etapa de comprimare.

În general, timpul de ciocnire, τ , depinde de constantele elastice ale corpurilor și de viteza lor relativă din timpul contactului.

Una din cele mai frecvente legi de variație $\tau = \tau(v)$ este o lege de tip putere:

$$\tau = \alpha \cdot v^\beta \tag{1}$$

unde α și β sunt constante de material.

În lucrarea de față se verifică relația de dependență a timpului de ciocnire de viteza relativă a corpurilor în contact și se stabilesc constantele α și β . Corpurile studiate sunt două bile metalice suspendate.

Pentru calculul vitezei de ciocnire se folosește relația

$$v = \frac{d_0}{h_0} \sqrt{gH} \quad (\text{vezi Anexa!}) \quad (2)$$

Pe tot parcursul lucrării h_0 și H rămân constante și se variază doar d_0 (fig. 4 din Anexă).

3. Dispozitivul experimental

Dispozitivul de lucru este alcătuit dintr-un cadru metalic pe care sunt fixate firele de suspensie a doua bile metalice. Cadrul este gradat pentru a permite citirea distanțelor d_0 .

Timpul de ciocnire este extrem de mic și nu poate fi măsurat direct cu cronometrul, întrucât eroarea absolută ar fi mai mare decât timpul pe care îl măsurăm. În general, timpul de ciocnire este măsurat cu aparatele electronice.

Metoda se bazează pe folosirea unui numărator universal de construcție românească. Aparatul indică timpul cât bilele sunt în contact electric (deci și mecanic), prin atingere.

4. Modul de lucru

Înainte de începerea determinărilor, se va pregăti numărătorul pentru a înregistra corect timpii de ciocnire. Pentru aceasta butoanele de pe panoul frontal și posterior vor fi poziționate astfel:

A. panoul frontal (fig. 1)

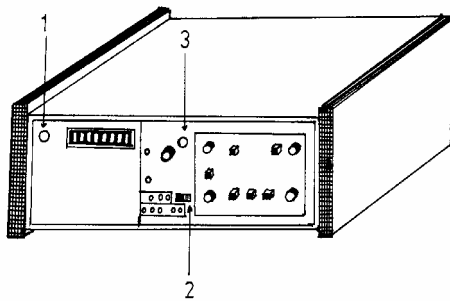


Fig. 1.

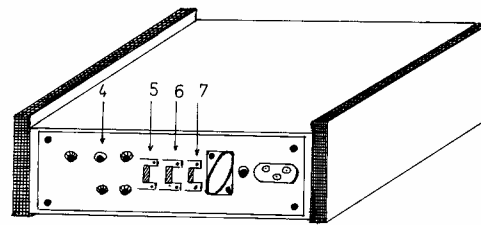


Fig. 2.

1. Aparatul se porneste de la intrerupatorul 1 (comutatorul basculant in poziția REȚEA).

2. Comutatorul prin translație 2 trebuie pus in FUNCȚIUNI (dreapta). Selectarea funcțiunii se face prin acționarea butonului 3 până la aprinderea LED-ului corespunzator notației NT_B .

3. Se trece comutatorul prin translație 2 pe poziția REZOLUȚIE (stânga). Cu ajutorul butonului 3 (ștergere, selectare), prin apăsare, urmărind iluminarea LED-ului respectiv, stabilim o rezoluție de 0,1 μ s.

4. Se aduce comutatorul 2 in poziția RECICLARE (mijloc).

5. După fiecare măsurare se șterge valoarea anterior afișată cu ajutorul comutatorului

3.

B. panoul posterior (fig. 2)

1. comutator EXT - LNT pe poziția INT (comutatorul 5);

2. comutator POARTA pe poziția START (comutator 6);

3. comutator MEMORIE pe poziția cu MEMORIE (comutator 7).

După această pregătire se încep determinările experimentale.

Pentru o valoare fixată a lui d_0 , se ridică bila din stânga până la o înălțime căreia îi corespunde pe rigla orizontală chiar distanța d_0 , apoi i se dă drumul, înregistrând pe numărător un anumit timp de ciocnire.

Se măsoară timpul de ciocnire de zece ori pentru aceeași valoare a coordonatei d_0 ; se obține media aritmetică a rezultatelor și se repetă șirul de determinări pentru încă nouă valori diferite ale lui d_0 , obținând timpii $\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2, \dots, \bar{\tau}_{10}$, corespunzând vitezelor diferite v_1, v_2, \dots, v_{10} .

Distanțele d_{0i} trebuie să difere cât mai mult între ele ca să obținem diferențe între v_i .

După ciocnire, se va evita o ciocnire ulterioară (înregistrarea unui timp cumulativ) prin interpunerea unui carton între bile.

Rezultatele experimentale se trec în tabelul de mai jos.

Tabelul timpilor de ciocnire τ

Nr. crt	$d_{01} =$ (mm)	$d_{02} =$ (mm)	$d_{03} =$ (mm)	$d_{04} =$ (mm)	$d_{05} =$ (mm)	$d_{06} =$ (mm)	$d_{07} =$ (mm)	$d_{08} =$ (mm)	$d_{09} =$ (mm)	$d_{10} =$ (mm)
1										
2										
3										
⋮										
10										
τ_{mediu}	$\bar{\tau}_1 =$	$\bar{\tau}_2 =$	$\bar{\tau}_3 =$	$\bar{\tau}_4 =$	$\bar{\tau}_5 =$	$\bar{\tau}_6 =$	$\bar{\tau}_7 =$	$\bar{\tau}_8 =$	$\bar{\tau}_9 =$	$\bar{\tau}_{10} =$
$S_{\bar{\tau}_i}$										

ATENȚIE!

Restul comenzilor nu vor fi acționate sub nici un motiv deoarece dereglează aparatul. De asemenea, trebuie să se lucreze cu multă grijă întrucât numărătorul universal, aparat de mare performanță se deteriorează când este folosit greșit. Cablul se conectează la mufa BNC (INTRARE 10 MHZ, poziția 4).

5. Prelucrarea datelor experimentale

Se vor determina valorile vitezelor de ciocnire corespunzătoare fiecărei înălțimi utilizând relația (2).

Se reprezintă grafic $\ln(\tau) = f(\ln v)$ folosind valorile medii ale timpului de ciocnire $\bar{\tau}_i$ corespunzător fiecărei înălțimi. Se va trasa dreapta de regresie și se vor determina constantele α și β , care apar în formula generală: $\tau = \alpha \cdot v^\beta$.

$$\ln \tau = \ln \alpha + \beta \ln v$$

Notând cu a ordonata la origine a graficului $\ln \tau = f(\ln v)$, $a = \ln \alpha$, rezultă că $\alpha = e^a$.

Notând m panta graficului $\ln \tau = f(\ln v)$, rezultă:

$$m = \beta.$$

Se calculează valoarea medie și abaterea pătratică medie corespunzătoare fiecărui timp de ciocnire τ_i pentru cele zece distanțe d_{0i} , utilizându-se relațiile:

$$\bar{\tau}_i = \sum_{j=1}^n \frac{\tau_{ij}}{n}$$

$$s_{\bar{\tau}_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\tau_{ij} - \bar{\tau}_i)^2}{n(n-1)}} \quad \text{unde } n=10$$

Timpul de ciocnire este dat de relația:

$$\tau_i = \bar{\tau}_i \pm s_{\bar{\tau}_i}$$

Rezultatele calculului valorii medii și abaterii pătratice medii corespunzătoare fiecărui timp de ciocnire τ_i se trec în tabelul de mai sus.

Referatul conține o scurtă prezentare a teoriei lucrării, a dispozitivului experimental și a modului de lucru și tabelul cu măsurătorile experimentale și rezultatele prelucrării datelor.

Întrebări

1. Ce diferențe există între ciocnirile reale și ciocnirile ideale?
2. De care mărimi depinde timpul de ciocnire dintre două corpuri?
3. Ce dimensiuni au constantele α și β ?

ANEXĂ

Un exemplu simplu de stabilire a dependenței timpului de ciocnire de viteza relativă, conform relației (1), este în cazul ciocnirii unei bile de raza r cu un perete elastic.

Forța medie care acționează asupra bilei este:

$$F = \frac{\Delta(m\bar{v})}{\tau} \quad (1a)$$

unde τ este timpul de ciocnire iar $\Delta(m\bar{v})$ este variația impulsului bilei. Deoarece în timpul ciocnirii elastice bila se deformează conform legii lui Hooke, avem:

$$F = E \frac{\Delta l}{l_0} S \quad (2a)$$

unde $l_0 = 2r$; S este suprafața de deformare iar E este modulul de elasticitate al materialului din care este confecționată bila.

Conform figurii 3, avem: $S = 2\pi r \cdot \Delta l$, adică aria calotei sferice de înălțime Δl .

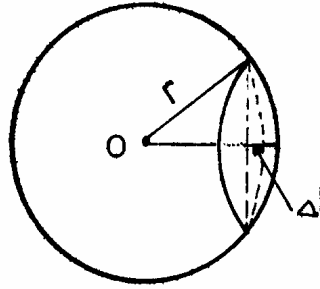


Fig. 3.

Considerând viteza medie \bar{v}_m în timpul ciocnirii ca media aritmetică:

$$\bar{v}_m = \frac{0 + \bar{v}}{2} = \frac{\bar{v}}{2}, \text{ vom scrie deformația ca fiind } \Delta l = v_m \tau = \frac{v}{2} \tau$$

Cunoscând variația impulsului pentru ciocnirea perfect elastică a unei bile cu peretele:

$$\Delta(m\bar{v}) = -2m\bar{v} \quad (3a)$$

și reunind relațiile de mai sus, rezultă că timpul de ciocnire are expresia:

$$\tau = 2 \cdot 3 \sqrt{\frac{m}{\pi E}} \cdot v^{-\frac{1}{3}} \quad (4a)$$

$$\text{În acest caz, } \tau = 2 \cdot 3 \sqrt{\frac{m}{\pi E}} \text{ și } \beta = -\frac{1}{3} \quad (5a)$$

În lucrarea de față se verifică relația de dependență a timpului de ciocnire de viteza relativă a corpurilor în contact și se stabilesc constantele α și β . Corpurile studiate sunt două bile metalice suspendate vertical.

Să presupunem că bilele au masele m_1 și m_2 și sunt dispuse ca în figura 4:

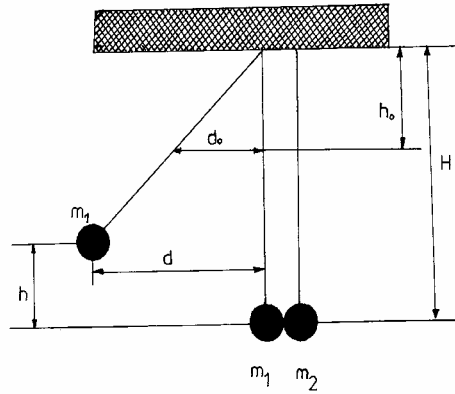


Fig. 4.

În stare de repaus centrele bilelor trebuie să se afle pe aceeași orizontală, acest lucru realizându-se din reglarea lungimii firelor de susținere.

Se consideră ca bila din stânga este ridicată la înălțimea h față de poziția ei inițială, iar bila din dreapta rămâne în repaus.

Viteza relativă de ciocnire va fi: $v = \sqrt{2gh}$

$$h = H - H \cos \theta = H(1 - \cos \theta)$$

Viteza relativă de ciocnire în funcție de unghiul θ făcut de firul bilei cu verticala este:

$$v = \sqrt{2gH(1 - \cos \theta)} \quad (6a)$$

Pentru exprimarea vitezei în funcție de deviația pe orizontală se scrie mai întâi:

$$h = H - \sqrt{H^2 - d^2}, \text{ deci } v = \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\sqrt{H^2 - d^2}}{H} \right)} \quad (7a)$$

Dacă fixăm o riglă orizontală la distanța h_0 de punctul de suspendare a bilei, deviația d_0 a firului citită pe această riglă permite evaluarea:

$$\cos \theta = \frac{h_0}{\sqrt{d_0^2 + h_0^2}} = \left[1 + \left(\frac{d_0}{h_0} \right)^2 \right]^{-1/2} \cong 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{d_0}{h_0} \right)^2$$

Astfel vom exprima viteza de ciocnire ca fiind:

$$v = \frac{d_0}{h_0} \sqrt{gH} \quad (8a)$$

unde doar d_0 diferă de la un experiment la altul.