

DETERMINAREA COEFICIENȚILOR DE FRECARE DE ALUNECARE ȘI DE ROSTOGOLIRE

1. SCOPUL LUCRĂRII:

Scopul lucrării îl reprezintă determinarea experimentală a variației coeficientului de frecare în funcție de materialul utilizat pentru suprafețele aflate în contact și trasarea graficului de variație a reacțiunii normale în funcție de forța de frecare, pentru diferite materiale (oțel turnat, alamă, ferodou, nylon, cauciuc) și în condiții diferite (frecare umedă sau frecare uscată).

2. PREZENTAREA DISPOZITIVULUI

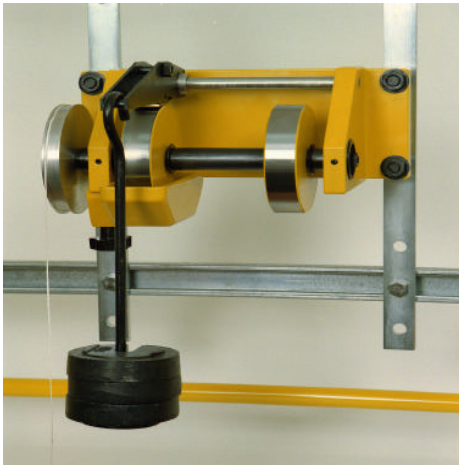


Fig. 1 Dispozitivul utilizat pentru studiul frecărilor

Dispozitivul destinat studiului frecărilor, prezentat în Fig. 1, este utilizat în diferite aplicații de laborator pentru:

- determinarea relației ce se stabilește între forța de frecare respectiv forța de reacțiune normală care apare între cele două suprafețe aflate în contact;
- compararea valorilor pentru coeficientul de frecare la alunecare dintre două suprafețe aflate în contact utilizând materiale diferite;
- compararea valorilor obținute pentru coeficientul de frecare la alunecare pentru cazul suprafețelor uscate sau lubrificate;
- compararea valorilor obținute pentru forțele de frecare în cazul frecării de alunecare cu valorile obținute în cazul frecării de rostogolire.
- compararea forțelor de frecare pentru cazul suprafețelor de rostogolire „tari” respectiv „moi”.

Dispozitivul utilizat în cadrul lucrării este format din două discuri de diametre egale, notate cu **A** respectiv **B**. Discul **A** este utilizat pentru experimentele destinate studiului frecării umede (baie de ulei) și discul **B** care poate fi utilizat atât în studiul frecării uscate cât și în baie de ulei. Pentru efectuarea experimentelor se vor utiliza așa numiți saboți de fricțiune, confecționați din materiale având coeficienți de frecare diferiți (oțel turnat, aramă, ferodou, nailon și cauciuc). Schița de principiu a dispozitivului utilizat în cadrul experimentului este prezentată în Fig. 2.

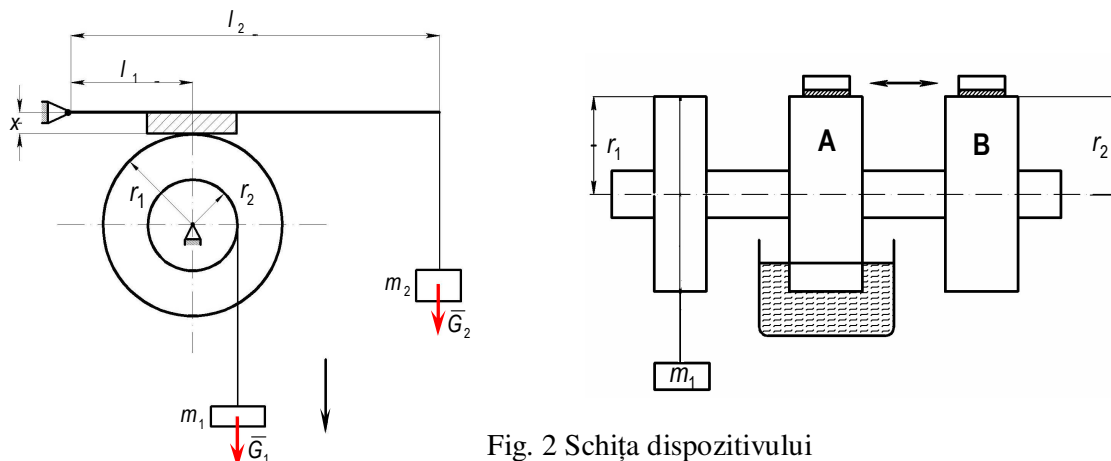


Fig. 2 Schița dispozitivului

3. CONSIDERAȚII TEORETICE

Din punct de vedere teoretic, coeficientul de frecare la alunecare este definit ca raportul dintre forța de frecare F_f și reacțiunea normală N dintre suprafețele aflate în contact (Fig. 3):

$$\mu = \frac{F_f}{N} \quad (1)$$

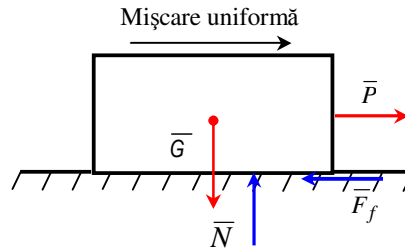


Fig. 3 Reprezentarea forțelor care acționează pe suprafața de contact

Pentru determinarea reacțiunii normale și a forței de frecare se separă cele două corpuri (pârghia și discul) și se scriu ecuațiile de momente la limita echilibrului alunecării (vezi Fig. 4).

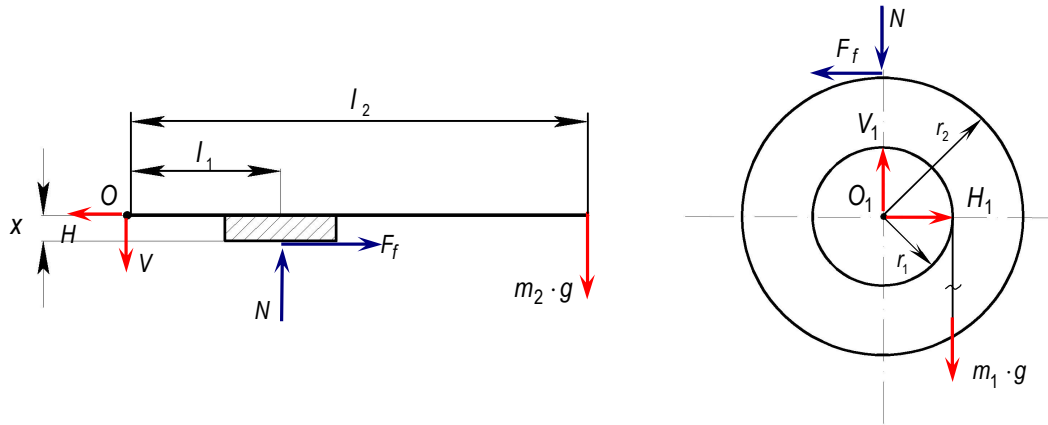


Fig. 4 Schemele de forțe pentru cele două corpuri

Pentru ca pârghia și rotorul să se afle în echilibru este necesar să fie îndeplinite următoarele condiții:

$$\begin{cases} m_2 \cdot g \cdot l_2 - N \cdot l_1 - F_f \cdot x = 0 \\ F_f \cdot r_2 - m_1 \cdot g \cdot r_1 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Din ecuațiile de momente prezentate mai sus se pot determina expresiile pentru N și F_f :

$$\begin{cases} F_f = m_1 \cdot g \cdot \frac{r_1}{r_2}; \\ N = \frac{m_2 \cdot g \cdot l_2 - F_f \cdot x}{l_1} = \frac{m_2 \cdot g \cdot l_2 - m_1 \cdot g \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot x}{l_1} \end{cases} \quad \begin{cases} l_1 = 60 \text{ (mm)} \\ l_2 = 180 \text{ (mm)} \\ r_1 = r_2 = 60 \text{ (mm)} \\ x = 20 \text{ (mm)} \end{cases} \quad (3)$$

Cunoscând expresiile ce caracterizează reacțiunea normală N și respectiv forța de frecare, F_f se poate determina raportul (1), raport ce reprezintă tocmai valoarea unghiului de frecare:

$$\mu = \frac{F_f}{N} \Rightarrow \mu = \frac{m_1 \cdot l_1}{m_2 \cdot l_2 - m_1 \cdot x} \quad (4)$$

Se poate observa că în calcule nu s-a ținut cont de greutatea pârgheiei .

Cu ajutorul dispozitivului utilizat se mai poate studia și frecarea de rostogolire montând în locul saboților două role, una cu bandaj de cauciuc și cealaltă cu bandaj de oțel. Schema dispozitivului în acest caz este prezentată în Fig. 5. Pentru determinarea coeficientului frecării de rostogolire s dintre rolă și disc, se separă cele trei corpuri: pârghia, rola și discul (Fig. 6) și pentru fiecare dintre acestea se scriu ecuațiile de echilibru de momente. Se consideră că între rolă și disc forța de frecare nu atinge valoarea maximă, ceea ce înseamnă că: $F_f < \mu \cdot N$ (5)

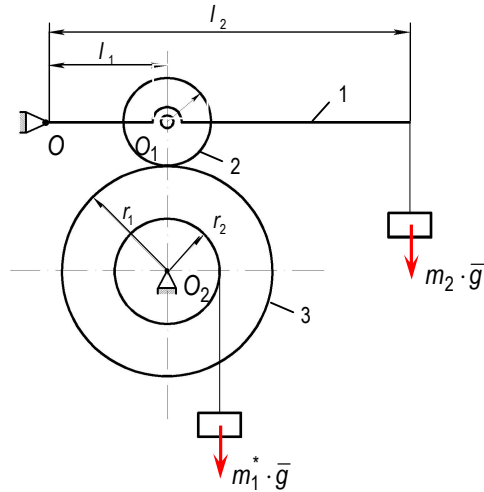


Fig. 5 Schema dispozitivului în cazul studiului frecării de rostogolire

$$\text{Corpul 1:} \quad m_2 \cdot g \cdot l_2 - N \cdot l_1 = 0 \quad (6)$$

$$\text{Corpul 2:} \quad M_r - F_f \cdot r = 0 \quad (7)$$

$$\text{Corpul 3:} \quad m_1^* \cdot g \cdot r_2 - F_f \cdot r_1 - M_r = 0 \quad (8)$$

La ecuațiile (6), (7) și (8) se mai adaugă:

$$M_r = s \cdot N \quad (9)$$

unde: M_r reprezintă momentul frecării de rostogolire, s - coeficientul de frecare de rostogolire iar r reprezintă raza rolei. Din rezolvarea sistemului de ecuații (6)-(9), rezultă expresia coeficientului de frecare de rostogolire s :

$$s = \frac{m_1^*}{m_2} \cdot \frac{r}{\left(\frac{r}{r_2} + \frac{r_1}{r_2} \right)} - \frac{l_1}{l_2} \quad (10)$$

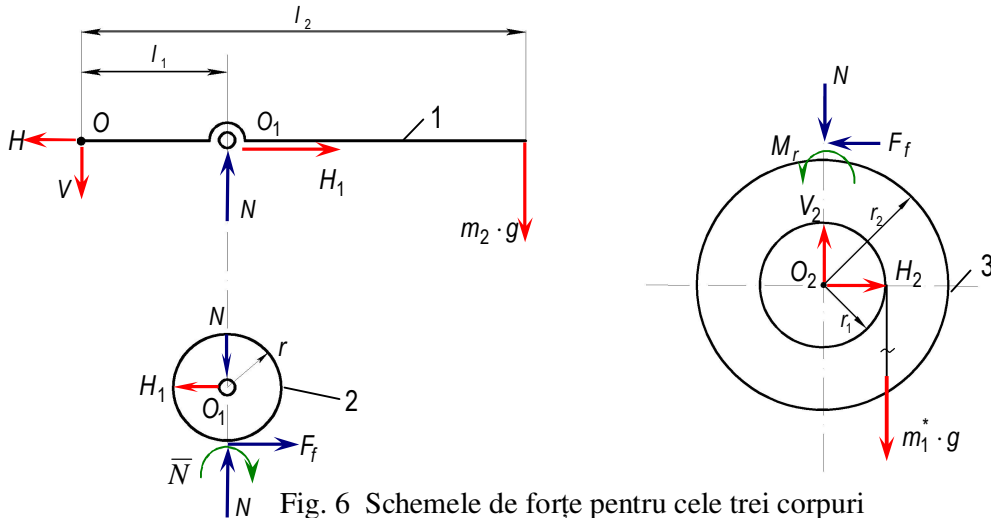


Fig. 6 Schemele de forțe pentru cele trei corpuri

Se constată că pentru aceleași materiale și aceleași mase m_2 , în cazul rolor, masele m_1^* corespunzătoare sunt mult mai mici decât masele m_1 utilizate în cazul saboților. Raportul m_1^* / m_1 reprezintă raportul dintre rezistența determinată de forțele de frecare în cazul celor două tipuri de frecări studiate alunecare și rostogolire). Se mai constată faptul că:

$$s_{\text{otel-otel}} < s_{\text{cauciuc-otel}} \cdot$$

4. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se vor realiza o serie de experimente având drept scop determinarea relației care se stabilește între forța de frecare și forța normală ce caracterizează suprafețele aflate în contact. Se vor compara valorile obținute pentru forțele de frecare și forțele normale corespunzătoare, în condiții diferite și utilizând materiale diferite. Dispozitivul utilizat prezintă două discuri – discul **A** care va fi utilizat pentru experimentele destinate studiului frecării umede (baie de ulei) și discul **B**, utilizat în studiul frecării uscate precum și în baie de ulei.

Forța gravitațională produsă de masa m_2 , acționează asupra pârghiei determinând apariția reacțiunii normale $\bar{N}$ din partea tamponului. Forța de greutate produsă de masa m_1 va determina apariția unui moment necesar rotirii discului. Creșterea progresivă a masei m_1 va impune o creștere a masei m_2 , fiind astfel satisfăcute condițiile de echilibru ale sistemului.

Înainte de efectuarea oricărui experiment ce utilizează discul **B**, se verifică starea discului și a sabotului care urmează a fi folosit (suprafețele lor trebuie să fie uscate și curate). Dacă la începutul experimentului masa m_2 nu este atașată, forța normală va fi rezultatul acțiunii greutății asupra tamponului iar pentru echilibru trebuie determinată masa m_1 corespunzătoare.

5. INTERPRETAREA REZULTATELOR

Pentru fiecare material utilizat se efectuează trei măsurători care se înregistrează în *Tabelul 1*.

Tabelul 1

	nylon			oțel turnat			alamă			ferodou			cauciuc		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
m_1 [kg]															
m_2 [kg]															
F_f [N]															
N [N]															

Pe baza datelor din tabel se trasează la scară diagramele de variație a forței de frecare în funcție de reacțiunea normală. Panta fiecărei drepte obținute reprezintă valoarea coeficientului de frecare la alunecare (Fig. 7). Înlocuind sabotii cu cele două role prevăzute cu bandaj metalic și de cauciuc se poate face un studiu comparativ între frecarea de alunecare și rostogolire.

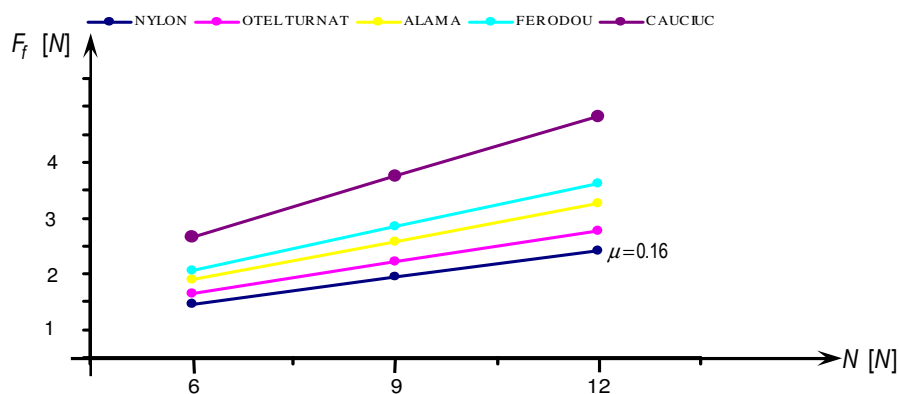


Fig. 7 Reprezentarea grafică a variației forței de frecare în raport cu reacțiunea normală