

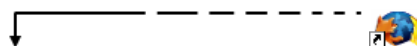
[Sumari](#)



COEFICIENTS DE FRICCIÓ

Anna Recasens

Segurament tots els nostres alumnes saben perfectament què és la força de fricció o fregament i de què depèn. Ara, molts d'ells, si els preguntem pel coeficient de fregament d'una superfície, pensaran que aquest depèn del pes que hi col·loques al damunt i de l'àrea d'aquest pes, o això és el que he pogut observar. D'aquí la idea de fer una pràctica de determinació dels coeficients de fricció estàtic i dinàmic i observar de què depenen els seus valors.



Orientacions per al professorat

Treballarem els coeficients de fregament, i per fer-ho, només cal una mica d'imaginació, unes superfícies amb diferent rugositat, uns dinamòmetres i analitzar els resultats obtinguts.

Podem mesurar la força necessària per moure diferents masses sobre una superfície rugosa, amb un dinamòmetre d'1 N de sensibilitat. Després, en podem calcular els coeficients de fregament estàtics i dinàmics, segons si les forces són d'iniciació del moviment o de manteniment del moviment. Finalment, es pot comprovar que els coeficients de fregament entre diferents superfícies es mantenen sempre iguals i, per tant, no depenen del pes de l'objecte, ni de com es col·loca aquest objecte (àrea de contacte).



Fig. 1:

Nivell

4t d'ESO o 1r de batxillerat per a l'anàlisi i reflexió de les dades obtingudes i el grau de coneixement de física, però extensible a 2n d'ESO si el que es vol és la comprensió de la força de fregament com una força que sorgeix entre superfícies i que és contrària al moviment.

Temporització

Dues sessions pràctiques al laboratori.

Material

Cal disposar de dos o tres superfícies amb diferent rugositat, diferents totxos o maons (diferent massa) i dinamòmetre tal com es pot observar en la figura 2.

Metodologia o proposta de treball a l'aula

Formulació d'hipòtesis

Alguns exemples:

- Com determinaríeu els coeficients de fregament estàtic i dinàmic sobre superfícies horitzontals?
- Com canvia el coeficient de fregament segons les característiques de la superfície de contacte?
- Es pot observar si l'àrea de contacte de la superfície afecta la força de fricció?
- Canvia el coeficient segons la força aplicada?



Fig. 2:

Planificació

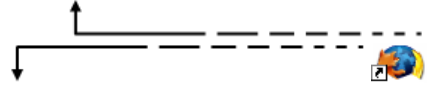
Proposar als alumnes que, en grups de treball, pensin en el tipus de mesures que es poden fer per comprovar els coeficients de fregament i poder respondre a les preguntes formulades.

Preses de mesures

Cal realitzar-les amb les diferents superfícies i totxos, anàlisi de la taula de resultats, elaboració de gràfiques, resolució de qüestions i redacció de conclusions. Treball en parelles o grups (30 minuts per la presa de mesures).

Debat final

Sobre la relació entre pes (en general millor introduir la reacció normal a la superfície) amb la força de fregament però no amb el coeficient de fregament de les superfícies.



Full de l'alumnat

1. Col·loqueu els totxos damunt de cada tauló i amb l'ajut del dinamòmetre mesureu la força necessària per a què comenci a lliscar. Repetiu la mesura tres vegades, per minimitzar l'error experimental comès, i anoteu aquesta força amb la massa del totxo a la taula de dades.

| Inici del moviment | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------|------------|------------|------------|-------------------|
| Superfície rugositat alta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |
| Superfície rugositat mitjana | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |
| Superfície de moqueta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |

Taula. 1:

2. Què succeeix amb els valors obtinguts de la força de fregament? Són els esperats?

3. Col·loqueu un altre cop els totxos damunt de cada tauló i mesureu ara la força necessària per mantenir l'estat de moviment. Repetiu la mesura tres vegades. Anoteu aquesta força amb la massa del totxo a la taula de dades.

| Manteniment del moviment | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------|------------|------------|------------|-------------------|
| Superfície rugositat alta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |
| Superfície rugositat mitjana | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |
| Superfície de moqueta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | | | | | | |
| Totxo 2 | | | | | | |
| Totxo 3 | | | | | | |
| Totxo 4 | | | | | | |

Taula. 2:

4. Què observeu ara amb aquests valors de força de fregament? Són els esperats ?
5. Tenint en compte les dades de força estàtica per als diferents totxos i les dades de força dinàmica per aquests mateixos totxos, feu una gràfica de la força respecte al pes (equivalent a la normal). Una per a cada superfície.
6. Quina relació observeu que hi ha entre la força de fregament i el pes? Escriviu la llei matemàtica que relaciona aquestes dues magnituds per a ambdues forces de fregament, l'estàtica i la dinàmica.
7. Calculeu ara matemàticament el coeficient de fricció.

| Superfície Rugositat Alta | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Valors mitjos | | | | |

Taula. 3a:

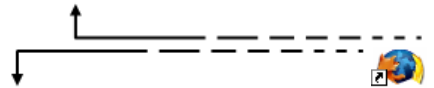
| Superfície Rugositat Mitjana | | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Valors mitjos | | | | |

Taula. 3b:

| Superfície Moqueta | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Valors mitjos | | | | |

Taula. 3c:

- Compareu els resultats experimentals obtinguts en la representació gràfica de dades i els calculats per la fórmula.
- Anoteu les conclusions a les quals heu arribat (comprovacions fetes). Expliqueu-ne el perquè.



Solucions

Nota: Els valors següents es van obtenir en l'experiència feta pels alumnes de primer de batxillerat de l'institut Montsoriu d'Arbúcies durant el curs 2014-15.

- Col·loqueu els totxos damunt de cada tauló i amb l'ajut del dinamòmetre mesureu la força necessària perquè comenci a lliscar. Repetiu la mesura tres vegades, per minimitzar l'error experimental comès, i anoteu aquesta força amb la massa del totxo a la taula de dades.

| Inici del moviment | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------|------------|------------|------------|-------------------|
| Superfície rugositat alta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Tobxo 1 | 1,27 | 12,46 | 9 | 8 | 9 | 8,7 |
| Tobxo 2 | 1,63 | 15,99 | 10 | 12 | 11 | 11,0 |
| Tobxo 3 | 2,19 | 21,48 | 16 | 14 | 16 | 15,3 |
| Tobxo 4 | 2,48 | 24,33 | 20 | 18 | 19 | 19,0 |
| Superfície rugositat mitjana | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Tobxo 1 | 1,27 | 12,46 | 7 | 7 | 7 | 7,0 |
| Tobxo 2 | 1,63 | 15,99 | 9 | 10 | 9 | 9,3 |
| Tobxo 3 | 2,19 | 21,48 | 13 | 13 | 12 | 12,7 |
| Tobxo 4 | 2,48 | 24,33 | 17 | 18 | 18 | 17,7 |
| Superfície de moqueta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Tobxo 1 | 1,06 | 10,39 | 6 | 6 | 6 | 6,0 |
| Tobxo 2 | 1,63 | 15,97 | 10 | 10 | 10 | 10,0 |
| Tobxo 3 | 2,04 | 19,99 | 14 | 14 | 15 | 14,3 |
| Tobxo 4 | 2,41 | 23,62 | 16 | 16 | 15 | 15,7 |

Taula. 1:

Nota. Les dades s'han pres amb una dinamòmetre de 25 N i sensibilitat 1N.

Els valors obtinguts de força mitjana corresponen a la força de fregament estàtica (F_{fe}) ja que són d'oposició a la iniciació del moviment.

2. Què succeeix amb els valors obtinguts de la força de fregament? Són els esperats?

S'observa una relació directament proporcional entre la massa del totxo i la força de fregament en cada superfície. També s'observa que, per a les diferents superfícies, com menys rugosa és més petita és la força de fregament. Sí, són els valors esperats.

3. Col·loqueu un altre cop els totxos damunt de cada tauló i mesureu ara la força necessària per mantenir l'estat de moviment. Repetiu la mesura tres vegades. Anoteu aquesta força amb la massa del totxo a la taula de dades.

| Manteniment del moviment | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------|------------|------------|------------|-------------------|
| Superfície rugositat alta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | 1,27 | 12,46 | 7 | 6 | 7 | 6,7 |
| Totxo 2 | 1,63 | 15,99 | 9 | 10 | 9 | 9,3 |
| Totxo 3 | 2,19 | 21,48 | 12 | 12 | 13 | 12,3 |
| Totxo 4 | 2,48 | 24,33 | 17 | 16 | 16 | 16,3 |
| Superfície rugositat mitjana | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | 1,27 | 12,46 | 6 | 6 | 6 | 6,0 |
| Totxo 2 | 1,63 | 15,99 | 8 | 7 | 8 | 7,6 |
| Totxo 3 | 2,19 | 21,48 | 11 | 12 | 12 | 11,7 |
| Totxo 4 | 2,48 | 24,33 | 17 | 17 | 16 | 16,7 |
| Superfície de moqueta | Massa (kg) | Pes (N) | Força1 (N) | Força2 (N) | Força3 (N) | Força mitjana (N) |
| Totxo 1 | 1,06 | 10,39 | 5 | 5 | 5 | 5,0 |
| Totxo 2 | 1,63 | 15,97 | 10 | 9 | 9 | 9,3 |
| Totxo 3 | 2,04 | 19,99 | 14 | 14 | 13 | 13,7 |
| Totxo 4 | 2,41 | 23,62 | 15 | 15 | 14 | 14,7 |

Taula. 2:

Nota: Les dades s'han pres amb una dinamòmetre de 25 N i sensibilitat 1N.

Els valors obtinguts de força mitjana corresponen a la força de fregament dinàmic (F_{fd}) donat que són obtingudes per mantenir l'estat del moviment.

4. Què observeu ara amb aquests valors de força de fregament? Són els esperats ?

En aquest cas observem el mateix que per iniciar el moviment, és a dir, cal fer més força com més pesa el totxo i com més rugosa és la superfície, però ara la intensitat d'aquestes forces és inferior pel fet que costa menys mantenir l'estat de moviment que iniciar-lo. Sí, són els resultats esperats.

5. Tenint en compte les dades de força estàtica per als diferents totxos i les dades de força dinàmica per aquests mateixos totxos, feu una gràfica de la força respecte al pes (equivalent a la normal). Una per a cada superfície.

Gràfiques amb la força com a variable dependent (eix d'ordenades) i la massa (pes), variable independent (eix d'abscisses).

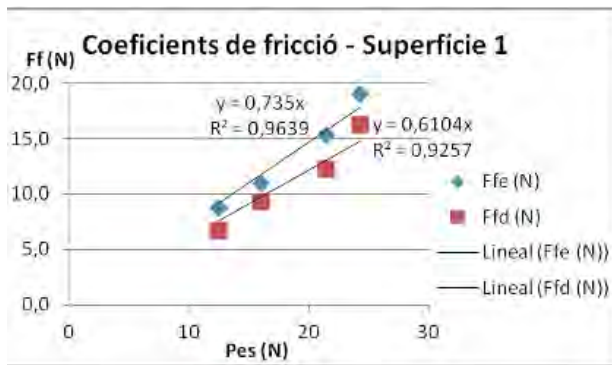


Fig. 3a:

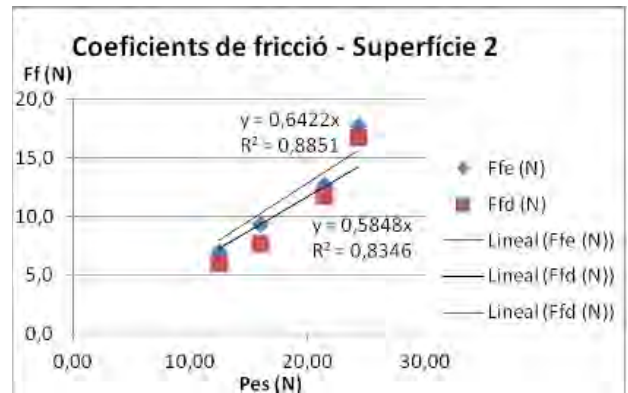


Fig. 3b:

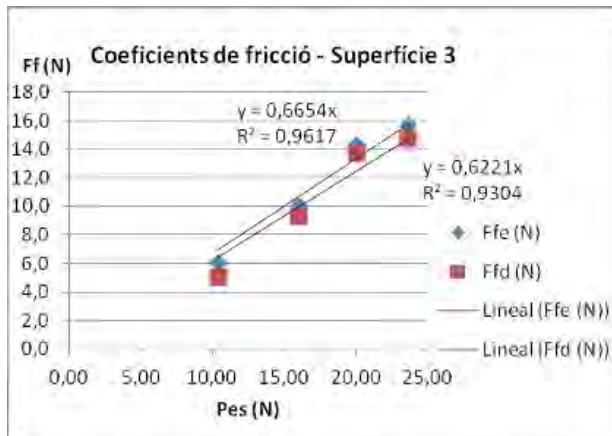


Fig. 3c:

Els valors de pendents obtinguts són molt bons en tots els casos doncs dona unes rectes de regressió amb variàncies també bones.

La relació entre les variables surt en totes aquestes variables, en forma d'una recta amb un pendent positiu, el valor del qual serà el coeficient de fregament.

6. Quina relació observeu que hi ha entre la força de fregament i el pes? Escriviu la llei matemàtica que relaciona aquestes dues magnituds per a ambdues forces de fregament, l'estàtica i la dinàmica.

La relació és directament proporcional. Calculem el pendent de la recta, el valor del qual serà el coeficient de fregament estàtic i dinàmic de cada superfície.

| Superfície rugositat alta (1) | | | | |
|----------------------------------|----------|---|------------|----------------|
| $Y = 0,74 x$ | és a dir | $F_{f\text{estàtic}} = 0,74 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_e = 0,74$ |
| $Y = 0,61 x$ | és a dir | $F_{f\text{dinàmic}} = 0,61 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_d = 0,61$ |
| Superfície rugositat mitjana (2) | | | | |
| $Y = 0,64 x$ | és a dir | $F_{f\text{estàtic}} = 0,64 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_e = 0,64$ |
| $Y = 0,58 x$ | és a dir | $F_{f\text{dinàmic}} = 0,58 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_d = 0,58$ |
| Superfície moqueta (3) | | | | |
| $Y = 0,66 x$ | és a dir | $F_{f\text{estàtic}} = 0,66 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_e = 0,66$ |
| $Y = 0,62 x$ | és a dir | $F_{f\text{dinàmic}} = 0,62 \cdot \text{Pes}$ | pel què... | $\mu_d = 0,62$ |

Taula. 2:

(Les lletres F_f representen la força de fregament; μ_e i μ_d representen el coeficient de fregament estàtic i dinàmic respectivament.)

7. Calculeu ara matemàticament el coeficient de fricció.

Sabem que $\mu_e = F_{fe}/pes$ i $\mu_d = F_{fd}/pes$ ja que tota $F_f = \mu \cdot N$ (i en superfícies horitzontals la normal equival al pes). Feu un esquema del resultat de l'experiència anterior.

| Superfície Rugositat Alta | | | | |
|---------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| 12,46 | 8,7 | 6,5 | 0,70 | 0,52 |
| 15,99 | 11,0 | 9,3 | 0,69 | 0,58 |
| 21,48 | 15,3 | 12,3 | 0,71 | 0,57 |
| 24,33 | 19,0 | 16,3 | 0,78 | 0,67 |
| Valors mitjos | | | 0,72 | 0,58 |

Taula. 3a:

| Superfície Rugositat Mitjana | | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| 12,46 | 6,8 | 5,8 | 0,55 | 0,47 |
| 15,99 | 9,3 | 7,5 | 0,58 | 0,47 |
| 21,48 | 12,7 | 11,5 | 0,59 | 0,54 |
| 24,33 | 17,7 | 16,5 | 0,73 | 0,68 |
| Valors mitjos | | | 0,57 | 0,49 |

Taula. 3b:

| Superfície Moqueta | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Pes (N) | F_{fe} (N) | F_{fd} (N) | μ_e | μ_d |
| 10,39 | 6,0 | 5,0 | 0,57 | 0,48 |
| 15,97 | 10,0 | 9,3 | 0,63 | 0,58 |
| 19,99 | 14,3 | 13,7 | 0,72 | 0,68 |
| 23,62 | 15,7 | 14,7 | 0,66 | 0,62 |
| Valors mitjos | | | 0,67 | 0,63 |

Taula. 3c:

Nota: amb vermell hi ha els valors que no s'han tingut en compte en fer la mitjana.

8. Compareu els resultats experimentals obtinguts en la representació gràfica de dades i els calculats per la fórmula.

Els valors obtinguts a partir del gràfic s'aproximen força als valors teòrics calculats (observeu les mitjanes).

9. Anoteu les conclusions a les quals heu arribat (comprovacions fetes). Expliqueu-ne el perquè.

- 1) El coeficient de fregament és independent del pes. Això ho observem, ja que encanviar de totxo no canvia el valor del coeficient.
- 2) El coeficient de fregament depèn només del tipus de superfície i és que el valor d'aquest canvia d'una superfície a l'altra.
- 3) El coeficient de fregament estàtic és superior al dinàmic sempre (en les tres superfícies).
- 4) Com més rugosa és una superfície, més alt és el seu coeficient de fregament. S'ha observat que els valors més alts de coeficients són els que corresponen a la superfície rugosa alta i els de la de rugositat mitjana i la moqueta són semblants.
- 5) L'àrea de la superfície de contacte afecta poc la força de fregament. Modificant la superfície de contacte del totxo amb el terra no s'observaven variacions significatives dels resultats.



Treballem conjuntament : Societat Catalana de Física, Associació de Professores i Professors de Física i Química de Catalunya, XTEC, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de Barcelona



Aquesta obra està subjecta a una [Llicència de Creative Commons](#)



Programació web: Xavier Jaén i Daniel Zaragoza.

Correcció lingüística: Serveis Lingüístics de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Recursos de Física col·labora amb [la baldufa](#) i també amb [ciències](#) Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundària (Edita: CRECIM-UAB)