



**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE CADEIRAS GERAIS**

Experiência Laboratorial Nº 3 – **Atrito estático e Atrito cinético**

Unidade curricular: Física I **Ano:** 2022 **1º Semestre**

Objectivos

1. Determinar os coeficientes de atrito dinâmico e estático entre duas superfícies em contacto;
2. Comprovar as leis experimentais que se resumem os fenómenos de atrito.

Resumo teórico

Em todos os fenómenos mecânicos participam forças de atrito que vão quase sempre acompanhadas da transformação de uma forma de energia noutra, em geral, a energia mecânica transforma-se em energia calorífica graças à acção das forças de atrito.

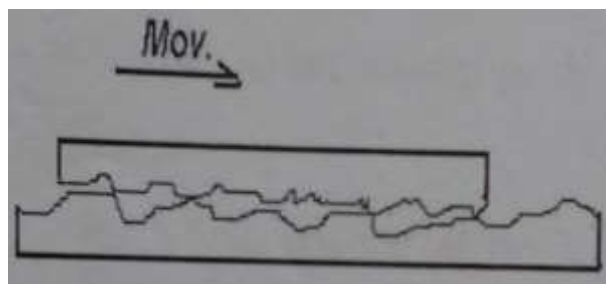


Figura 1.

Uma partícula microscópica deste fenómeno, apresentada na **Figura 1**, permite-nos imaginar como as irregularidades das superfícies em contacto chocam e se engrenam umas as outras, dando em suma o efeito macroscópico do atrito.

Numa escala atómica uma superfície mais fina e polida não é plana. Pode-se esperar então que quando dois corpos são postos em contacto, a área real microscópica de contacto é muito menor que a área aparente de contacto. Na superfície real (microscópica), muitos dos pontos em contacto chegam realmente a estar "soldados" entre si. Este fenómeno deve-se ao facto de os pontos em contacto, as moléculas dos lados opostos de ambas superfícies não estarem tão próximo entre si, as forças intermoleculares que se exercem umas sobre as outras são verdadeiramente intensas.

Quando um corpo se desliza sobre outro, a força de atrito é devida à ruptura de milhares destas pequenas soldaduras, que se reproduzem ao ocorrer novos contactos casuais. Experiências tem

demonstrado que, no processo de ruptura, podem-se desprender pequenos fragmentos de uma superfície e aderir a outra. Se a rapidez relativa das superfícies ultrapassa certo valor, pode ocorrer a fusão local em algumas áreas de contacto, sem que a superfície completa se sinta moderadamente quente.

Existem dois tipos de forças, dependendo das superfícies em contacto que se encontrarem em movimento relativo ou não. No primeiro caso, caso diremos que o atrito actua e dinâmico e no segundo, é estático.

Analisemos as duas variantes

(a) Quando tratamos de mover um corpo, como se mostra a **Figura 2**.

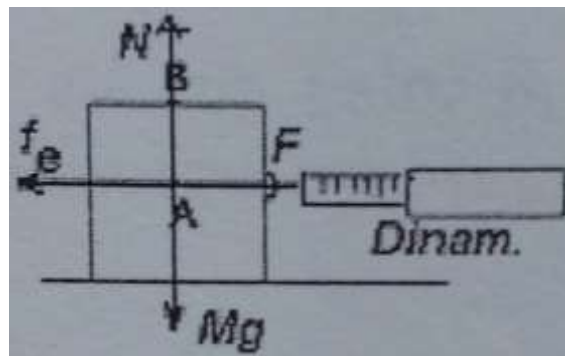


Figura 2

observa-se que, enquanto a força F que exercemos sobre ele não alcança certo valor, este não se move. Uma vez superado certo valor máximo observamos que este se move, e que para manter o movimento, não é necessário exercer tanta força (pode verificar-se com um dinamómetro) como a que utilizamos para provola-lo. Enquanto não logramos mover o corpo, nele estará actuando a força estática f_e , e uma vez iniciado o movimento, actua a força dinâmica f_d . Daqui se conclui que: **tendo em conta a Segunda lei de Newton, a força de atrito estática toma todos os valores da força externa que se exerce sobre o corpo, até ao momento em que esta última toma um valor tal que o atrito alcança o seu máximo valor.** Produz-se um estado de movimento iminente, e ante um mínimo aumento da força externa, o corpo inicia o movimento e o atrito que começa actuar é o dinâmico.

Muitas experiências realizadas permitem a formulação das seguintes leis:

1. A força f_e de fricção (atrito) estática máxima é proporcional a força N de reacção normal entre as superfícies

$$f_e(\text{máxima}) = \mu_e N$$

O coeficiente adimensional μ_e de proporcionalidade é conhecido como coeficiente de atrito estático.

2. A força f_d de fricção (atrito) dinâmica é proporcional a força N de reacção normal entre as superfícies:

$$f_d = \mu_d N$$

O coeficiente adimensional μ_d de proporcionalidade é conhecido como coeficiente de atrito dinâmico.

3. Dentro de amplos limites, ambos os coeficientes são independentes da área de contacto.

4. Ambos os coeficientes dependem do estado de polimento das superfícies em contacto, e do material das mesmas.
5. Geralmente, o coeficiente de atrito estático é maior que o de atrito dinâmico, e do material das mesmas.

Aplicando a Segunda lei de Newton teremos: $F - \mu_e N = 0$, que podemos transformar em: $F = \mu_e mg$, sendo m a massa do bloco.

Se sobre o bloco colocarmos um corpo de massa conhecida (M), então:

$$F = \mu_e(m + M)g$$

- (b) O corpo encontra-se num plano inclinado, como se mostra na **Figura 3**. A força que actua sobre o corpo é, neste caso, a componente em x de mg . Logo, pode-se dizer, $mg \sin \theta$.

De variarmos θ até um valor θ_1 , como se mostra na **Figura 3**, por cima do qual se provoca o deslizamento do corpo, o mesmo estará em movimento iminente.

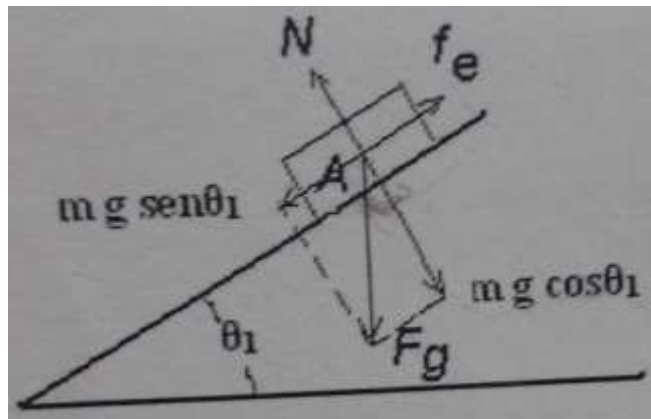


Figura 3.

Neste caso, do diagrama de forças se obtém:

$$\sum F_x = mg \sin \theta_1 - f_e(\max) = 0$$

$$\sum F_y = N - mg \cos \theta_1 = 0$$

donde a soma das forças é zero, porque o corpo encontra-se em repouso. Em movimento iminente $f_e(\max) = \mu_e N$, deste modo:

$$mg \sin \theta_m = \mu_e N = \mu_e mg \cos \theta_1$$

Portanto ;

$$\mu_e = \tan \theta_1$$

Este resultado pode aplicar-se para a determinação experimental do coeficiente μ_e , forma conhecida como o **método da tangente**.

Se o corpo encontra-se num plano inclinado, a um ângulo θ_2 menor que θ_1 , como se mostra na **Figura 4**, e movendo-se com velocidade constante.

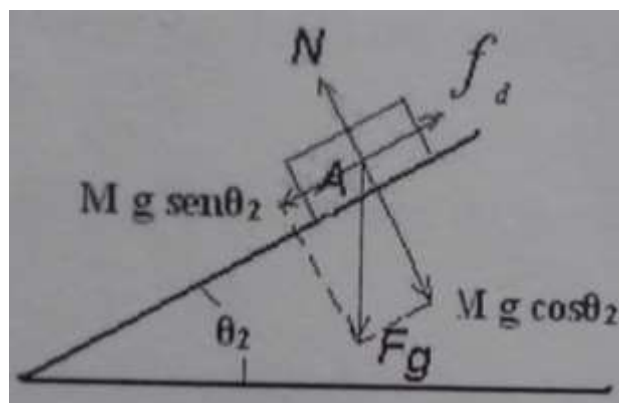
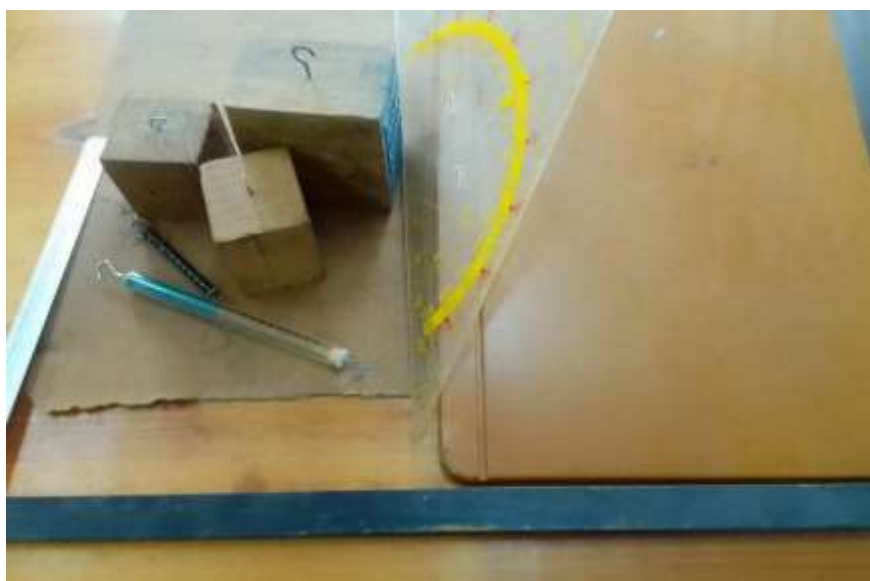


Figura 4.

Como o corpo está em movimento, a fricção é dinâmica. Ao se mover com velocidade constante, a sua aceleração é nula, a força resultante que atua sobre ele é zero e, podemos obter:

$$\mu_d = \tan \theta_2$$

No laboratório utilizaremos um sistema com as condições anteriores descritas. Mostramos a seguir a seguinte foto:



Material necessário

- ❖ 1 Sistema de plano e plano inclinado;
- ❖ 1 tábua lisa;
- ❖ 1 tábua rugosa;
- ❖ 1 barra metálica preta;
- ❖ 1 transferidor graduado;
- ❖ 2 blocos de madeira (maior e médio);
- ❖ 1 dinamômetro de 3N;
- ❖ 1 régua graduada.

Ordem de execução

Superfície horizontal

1. Anote o valor da massa do bloco de madeira.

$m_1 =$ _____.

$m_1 =$ _____.

2. Coloque sobre o plano horizontal da superfícies lisa, e utilizando o dinamometro realize as medições necessárias para determinar os coeficiente de atrito estático e dinâmicos do bloco de massa m_1 , realize dez ensaios experimentais para melhor precisão.

Bloco m_1 Sob superfície lisa			
Atrito estático		Atrito dinâmico	
n°	f_e	n°	f_d
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	

3. Coloque sobre o plano horizontal da superfície rugosa, e utilizando o dinamometro realize as medições necessárias para determinar os coeficiente de atrito estático e dinâmicos do bloco de massa m_1 , realize dez ennsaios experimentais para melhor precisão.

Bloco m_1 Sob superfície rugosa			
Atrito estático		Atrito dinâmico	
n°	f_e	n°	f_d
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	

4. Repita as medições da alinea 2 e 3, mas agora usando o bloco de massa m_2 .

5. Compare os resultados de determinação dos coeficiente de atrito estático e dinâmicos do bloco de massa m_1 e massa m_2 , e tire conclusões, tome do ponto de vista a análise do contacto entre madeira – madeira na superfície horizontal lisa e na rugosa.
6. Realize as medições possíveis e necessárias para comprovar as leis experimentais citadas no resumo teórico.

Plano inclinado

7. Utilizando a barra metálica preta calce a tábua de superfície lisa vai levantando até na iminência do movimento, e anote o ângulo θ correspondente;
8. Realize as medições necessárias para determinar os coeficiente de atrito estático e dinâmico entre madeira – madeira para o bloco de massa m_1 neste plano inclinado de ângulo θ .

Bloco m_1 Sob Plano inclinado da superfície lisa			
Atrito estático		Atrito dinâmico	
n°	f_e	n°	f_d
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	

9. Utilizando agora, a barra metálica preta calce a tábua de superfície rugosa e vai levantando até na iminência do movimento, e anote o ângulo θ correspondente;
10. Realize as medições necessárias para determinar os coeficiente de atrito estático e dinâmico entre madeira – madeira para o bloco de massa m_1 neste plano inclinado de ângulo θ .

Bloco m_1 Sob o Plano inclinado da superfície rugosa			
Atrito estático		Atrito dinâmico	
n°	f_e	n°	f_d
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	

11. Repita as medições da alínea 8 e 10, mas agora usando o bloco de massa m_2 .
12. Compare os resultados de determinação dos coeficiente de atrito estático e dinâmicos do bloco de massa m_1 e massa m_2 , e tire conclusões, tome do ponto de vista a análise do contacto entre madeira – madeira no plano inclinado da superfície lisa e na rugosa.
13. Organize as suas medições nas tabelas acima e apresente-as numa folha.
14. Mostre ao docente a sua folha de dados experimentais para validação dos mesmos.

Orientações para o relatório

- (a) Determine para ambas variantes os coeficiente de atrito estático e dinâmico, entre madeira-madeira.
- (b) Demostre a comprovação das leis experimentais sobre o fenómeno da força de atrito.
- (c) Elabore um relatório do trabalho realizado, utilizando para o efeito o Modelo de Relatório.

Bibliografia

1. Alonso e Finn, "Física", Addison-Wesley, 1999, Espanha;
2. D. Halliday e R. Resnick, "Fundamentos de Física", Volume 1, livros Técnicos e Científicos editora, 1991, RJ, Brasil;
3. Frederic J. Keller e outros, Física, Volume 1, Editora Afiliada, Brasil.