

Métodos Estatísticos em Física Experimental

Prof. Zwinglio Guimarães

Determinação do coeficiente de atrito estático e cinético

Natália Camargo
1º Semestre/2015

O trabalho a ser apresentado é uma análise experimental do plano inclinado para a determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético.

Introdução

A força de contato que atua na superfície de um corpo e sempre se opõe à tendência de escorregamento ou deslizamento deste corpo em relação à superfície de um plano é chamada força de atrito.

Para demonstrar a força e determinar o coeficiente de atrito estático e cinético, foi colocada uma aeronave miniatura feita em material de plástico sobre a superfície de um plano inclinado de madeira. O ângulo de inclinação deste plano é então aumentado até que a força peso “vença” a força de atrito, fazendo com que o corpo deslize sobre a rampa. Pode-se assim determinar o coeficiente de atrito estático para diferentes alturas da rampa e o coeficiente de atrito cinético entre a aeronave de plástico e a madeira.

Todo o experimento foi filmado para posterior análise no programa [Tracker Video Analysis](#).

Objetivos:

- Determinar o coeficiente de atrito estático entre o plano de madeira o avião em função da inclinação do plano.
- Determinar o coeficiente de atrito cinético entre o plano de madeira o avião.
- Comparar os valores obtidos para os coeficientes de atrito estático e cinético.

Fundamento teórico

Para relacionar o atrito ao plano inclinado é necessário compreender as três leis de Newton:

1ª Lei de Newton ou Lei da Inércia;

2ª Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica;

3ª Lei de Newton ou Lei da Ação e Reação.

No experimento realizado é possível observar a relação das leis de Newton e assim determinar a força de atrito estático e a força de atrito cinético. Como demonstra a figura a seguir:

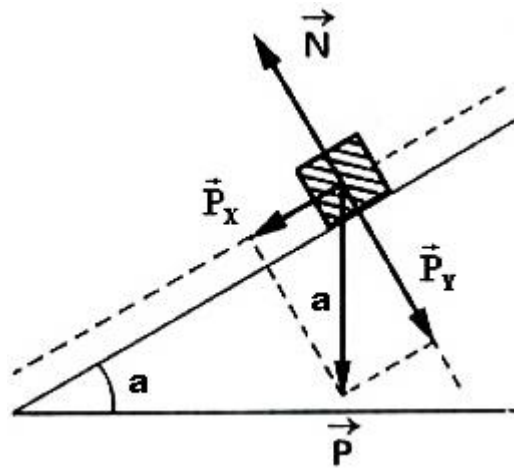


Figura 1 – Plano Inclinado

Material utilizado

Os principais materiais envolvidos nesse procedimento foram:

- Plano inclinado;



Figura 1 – Plano inclinado

Comprimento $L = (94,00 \pm 0,05)cm$

- Aeronave em miniatura em material metálico;



Figura 2 – Aeronave miniatura

Massa: 69 g

- dinamômetro;
- trena;
- câmera de vídeo.

Procedimento utilizado para a determinação do Coeficiente Estático:

Primeiramente colocou-se o plano de madeira sobre o chão e o avião sobre o plano. Em seguida elevou-se o plano e a altura H em relação ao chão foi medida para 7 inclinações diferentes em que o objeto mantinha-se parado.

Sabendo que o comprimento L do plano era igual a $(94,00 \pm 0,05)cm$, que a tangente do ângulo θ formado entre o chão e o plano é dada por $tg\theta = H/L$ e que $\mu_e = tg\theta$, montamos a tabela abaixo:

$(H \pm 0,05)cm$	μ_e	σ_{μ_e}
0,00	0,0000	0,0005
5,00	0,0533	0,0006
10,00	0,1070	0,0006
15,00	0,1616	0,0006
20,00	0,2178	0,0007
25,00	0,2759	0,0007
30,00	0,3368	0,0008
32,00	0,3621	0,0008

Tabela 1 – Coeficiente de atrito estático

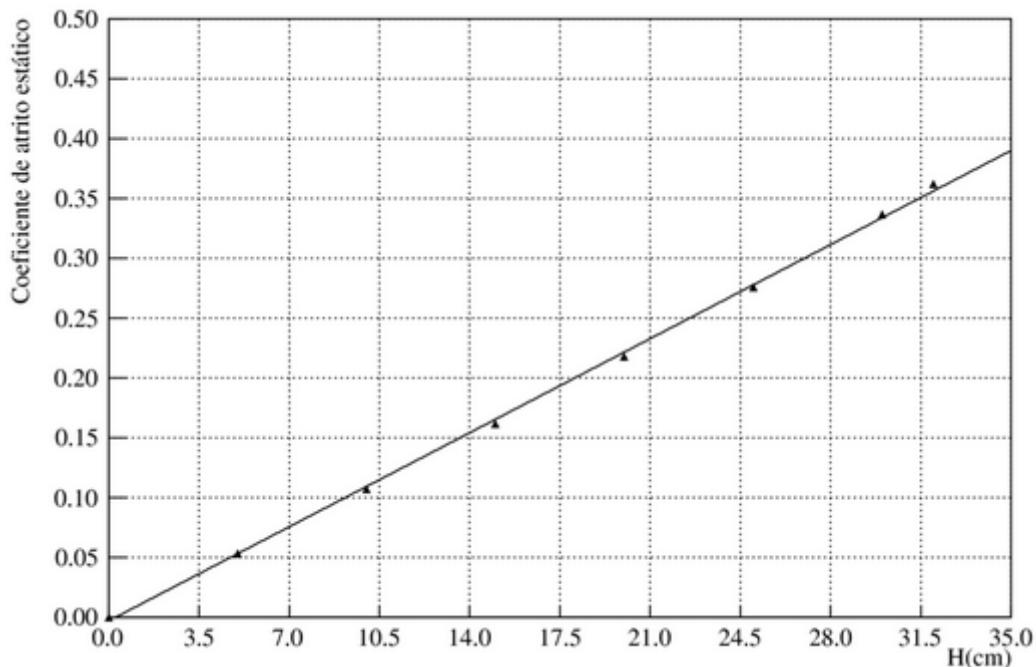


Gráfico 1 – coeficiente de atrito estático em função da posição

Logo, o coeficiente de atrito estático crítico (na eminência do movimento) é:

$$\mu_{ec} = 0,3621 \pm 0,0008$$

Procedimento utilizado para a determinação do Coeficiente Cinético:

Primeiramente o plano inclinado foi colado no chão e lentamente sua altura foi aumentada até que o avião começou a deslizar. A altura em que se deu o deslizamento foi medida: $(32,00 \pm 0,05)$ cm. Todo o procedimento foi filmado.

O vídeo está disponível no link a seguir: [Video1](#)

Os dados de posição e tempo a seguir foram obtidos através do programa Tracker Video Analysis.

T(s)	X(cm)	T(s)	X(cm)
0,00	0,00	0,53	22,23
0,02	0,20	0,55	23,59
0,03	0,22	0,57	25,12
0,05	0,26	0,58	26,77
0,07	0,36	0,60	28,49
0,08	0,46	0,62	30,17
0,10	0,68	0,63	32,00
0,12	0,93	0,65	33,75
0,13	1,15	0,67	35,72
0,15	1,48	0,68	37,65
0,17	1,82	0,70	39,58
0,18	2,17	0,72	41,56
0,20	2,62	0,73	43,59
0,22	3,12	0,75	45,59
0,23	3,85	0,77	47,73
0,25	4,51	0,78	49,95
0,27	5,08	0,80	52,22
0,28	5,69	0,82	54,56
0,30	6,44	0,83	56,88
0,32	7,20	0,85	59,21
0,33	8,11	0,87	62,27
0,35	9,04	0,88	63,76
0,37	10,06	0,90	66,43
0,38	11,06	0,92	68,50
0,40	12,02	0,93	71,66
0,42	13,12	0,95	74,22
0,43	14,24	0,97	76,78
0,45	15,39	0,98	78,77
0,47	16,69	1,00	81,08
0,48	18,00	1,02	83,32
0,50	19,37	1,03	85,95
0,52	20,75	1,05	88,06

Tabela 2 – Posição x Tempo

Em seguida os dados foram importados para o programa [Webroot](#).

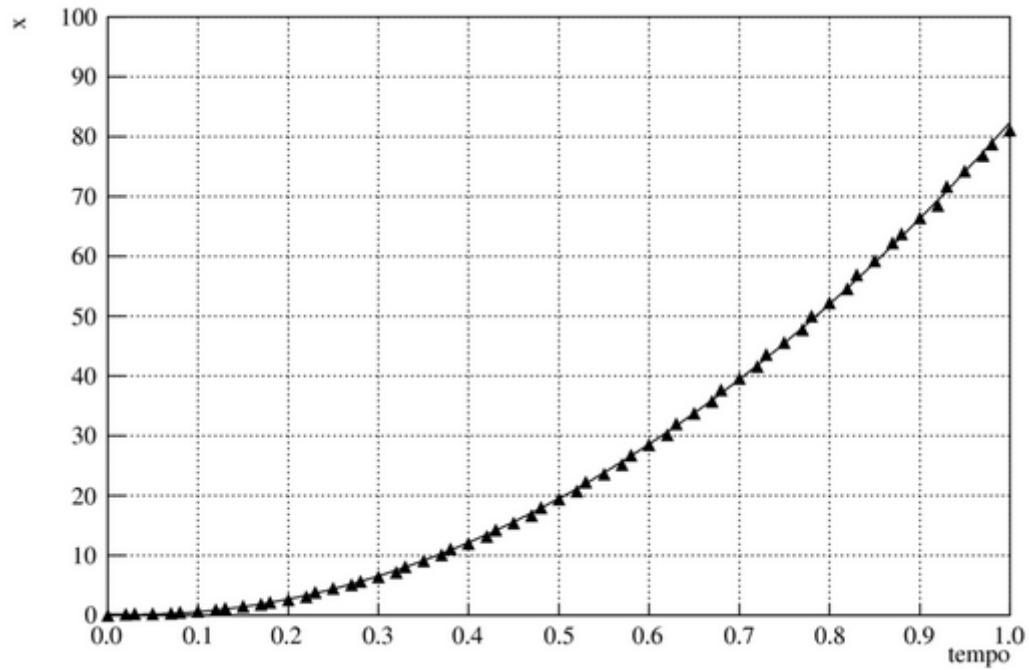


Gráfico 2 – Posição x tempo

Resultados do ajuste

Número de parâmetros	3
Chi ²	3018.42
Número de graus de liberdade	58

parâmetro	Valor	Incerteza
0	87.0616	0.0832196
1	-4.91937	0.0860325
2	0.182314	0.0186035

Matriz de covariância

$$\begin{bmatrix} 0.00692549 & -0.00692549 & 0.00113521 \\ -0.00692549 & 0.00740159 & -0.00137326 \\ 0.00113521 & -0.00137326 & 0.000346091 \end{bmatrix}$$

Matriz de correlação

$$\begin{bmatrix} 1.00 & -0.97 & 0.73 \\ -0.97 & 1.00 & -0.86 \\ 0.73 & -0.86 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Dessa forma, temos:

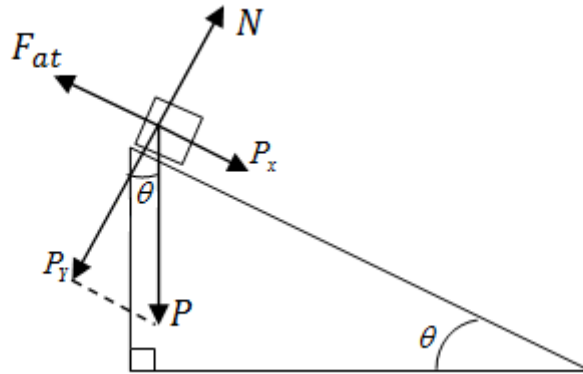
$$x = (87,06 \pm 0,08)t^2 - (4,92 \pm 0,09)t + (0.18 \pm 0,02)$$

Com o valor do parâmetro [0] determinado, somos capazes de determinar o valor da aceleração da aeronave miniatura durante sua decida.

Logo:

$$a = (174,1 \pm 0,2) \text{ cm/s}^2$$

Com esse dado e aplicando as leis de Newton ao plano inclinado, temos:



$$P_x - F_{at} = ma \quad (1.0)$$

$$P_x = \text{sen} \theta . m . g \quad (1.1)$$

$$F_{at} = \mu_c . N = \mu_c . P_y$$

$$P_y = \text{cos} \theta . m . g$$

$$F_{at} = \mu_c . \text{cos} \theta . m . g \quad (1.2)$$

Substituindo as equações (1.2) e (1.1) na primeira equação (1.0), temos:

$$\mu_c = \frac{\text{sen} \theta . g - a}{\text{cos} \theta . g}$$

Temos também que a altura H em que se deu início ao deslizamento é igual a $(32,00 \pm 0,05) \text{ cm}$ e que o comprimento do plano é igual a $(94,00 \pm 0,05) \text{ cm}$. Assim:

$$\text{sen} \theta = \frac{(32,00 \pm 0,05)}{(94,00 \pm 0,05)} = 0,3404 \pm 0,0007$$

$$\text{cos} \theta = \frac{(88,40 \pm 0,05)}{(94,00 \pm 0,05)} = 0,940 \pm 0,001$$

$$\mu_c = \frac{(0,3404 \pm 0,0007) . 9,7838 - (1,741 \pm 0,002)}{(0,940 \pm 0,001) . 9,7838} = \frac{1,589 \pm 0,009}{9,20 \pm 0,01} = 0,173 \pm 0,001$$

$$\mu_c = 0,173 \pm 0,001$$

Conclusão

O coeficiente de atrito estático encontrado no experimento foi $\mu_{ec} = 0,3621 \pm 0,0008$ e o coeficiente de atrito cinético foi $\mu_c = 0,173 \pm 0,001$. Esses valores apresentam-se coerentes pois o coeficiente de atrito estático deve ser menor ou igual ao coeficiente de atrito cinético: $\mu_{ec} \leq \mu_c$.

Também podemos concluir que não é necessário saber a massa do objeto para a determinação do coeficiente de atrito cinético, bastando saber o ângulo do plano inclinado em que ocorre o deslizamento, a distância que o objeto percorreu e o tempo.