



LADIF

ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA

Disciplina: Mecânica Clássica

Tema : Dinâmica de corpos rígidos, Mecânica do contínuo.

Código : **1B-19**

Nome : **Chafariz de Corrente**

Onde encontrar : (localizar)

Potencialidade : observar a consequência de forças anômalas na trajetória de uma corrente em queda livre.

Palavras Chaves : Meios contínuos; Corpos rígidos; Corrente .

Ref. Bibliográficas : “Mecânica Analítica” - Lemos; Biggins, J. S., and M. Warner. “Understanding the Chain Fountain.” *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 470, no. 2163, p. 20130689; Denny, Mark. “A Uniform Explanation of All Falling Chain Phenomena.” *American Journal of Physics*, vol. 88, pp. 94–101

Roteiro da experiência

Material Utilizado:

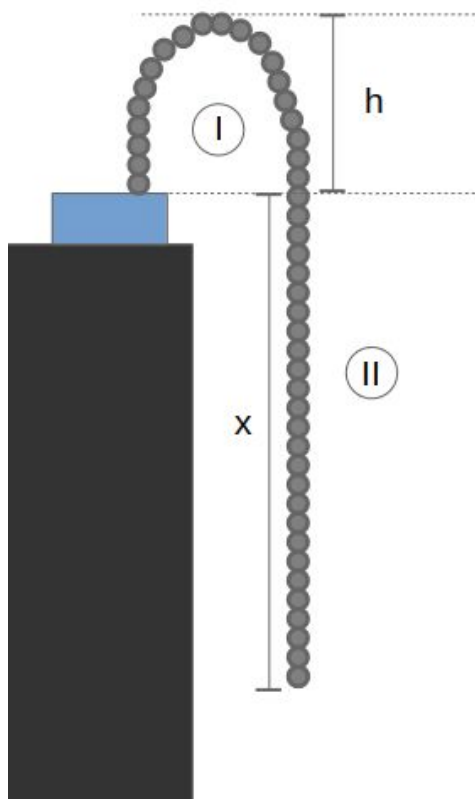
- Uma corrente composta por pequenos grânulos metálicos.
- Um pequeno pote, no qual a corrente caiba.

Montagem:

Uma pessoa apoia o pote com a corrente em uma superfície plana. A pessoa solta uma das extremidades da corrente de um lugar alto.

Explicação:

Ao soltar a corrente, nota-se a formação de um arco que parece desafiar a gravidade. Essa observação leva necessariamente à conclusão de que existe uma força para cima atuando na pilha de corrente, a força acelera a corrente para cima, o que gera a forma observada. Para analisar o problema mais a fundo, separaremos a corrente em duas regiões, como na imagem abaixo.



A princípio, poderia se acreditar que, além da força peso, teríamos apenas a tensão na corrente atuando nessa região corda. Mas, como mostraremos em seguida, essa força não é suficiente para explicar o movimento da corrente. Desse modo, postula-se a chamada “força anômala” que aponta para cima e atua na extremidade direita da região (I), onde a corrente está apoiada na superfície.

Essa é dada por:

$$F_{an} = \alpha\rho\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \quad (1)$$

Na equação acima α é um parâmetro adimensional e ρ é a densidade linear da corrente. Essa força tem uma interpretação física, que será explicada mais adiante. Aplicando a segunda lei de Newton ao segmento contido na região (I) e supondo que a corrente ainda não tenha atingido o chão, pode-se mostrar que:

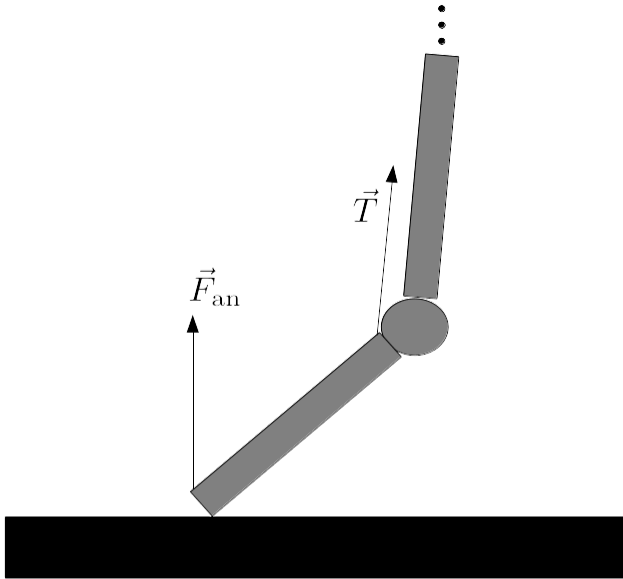
$$h \approx \frac{\alpha}{\alpha+2}x \quad (2)$$

Desse modo, enquanto a corrente não atingir o chão, a altura do arco cresce proporcionalmente à fração da corrente que está em queda na região (II). Além disso nota-se que no caso em que não há força anômala, ou seja, em que $\alpha = 0$, a altura é nula. Isso confirma que se houvesse apenas tensão e peso, o chafariz não se formaria.

O que resta é explicar o mecanismo pelo qual a força anômala surge. Consideremos uma corda flexível. Quando resolvemos problemas com cordas não é necessário que se postule forças anômalas, a tensão explica a razão pela qual podemos usar a corda para puxar blocos ou por que elas vibram e podem ser usadas para produzir música. Então, as forças anômalas surgem de alguma propriedade especial das correntes.

A questão é que uma corrente é um conjunto de várias pequenas estruturas rígidas conectadas entre si. Imagine uma dessas estruturas (que podem ser pensadas como pequenas barras) em repouso, horizontalmente apoiada no pote ou em cima do resto da pilha. Eventualmente a tensão na corrente puxará, como o esperado, a parte superior da barra para cima. No entanto, devido a rigidez da barra, esse puxão para cima faz com que haja, na parte inferior da barra, uma tendência a mover-se para

baixo. A barra, porém, está em cima da pilha. Esse fato impede que a parte inferior da barra se mova para baixo. Com isso, a própria pilha de corrente deve fazer uma reação a essa tentativa de ir para baixo gerando uma força pra cima. Essa força é a chamada força anômala. Há, na figura abaixo um diagrama de forças da situação descrita:



Portanto, apesar de haver tensão, o que torna a corrente especial e é a causa desse fenômeno estranho é a força anômala. Ela não explica apenas essa situação, essa força é responsável por muitos fenômenos contra intuitivos que ocorrem em movimentos de correntes caindo. Esses exemplos são explorados em detalhe na terceira referência bibliográfica.