Descrição da queda de uma mola real com o modelo de mola ideal

João MC Santos1, João AN Esteves1, Luís JM Amoreira1,2,3

1 Departamento de Física da Universidade da Beira Interior

2 LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas

3 CMAUBI - Centro de Matemática e Aplicações da Universidade da Beira Interior

E-mail de contacto: [amoreira@ubi.pt](mailto:amoreira@ubi.pt)

resumo

Vários vídeos disponíveis na plataforma YouTube mostram a queda de uma mola elástica a partir de uma situação de repouso estático em que ela se encontra na vertical, suspensa da sua extremidade superior [1]. Estes vídeos são interessantes porque mostram a extremidade inferior da mola como que a aguardar que a extremidade superior a atinja, antes de começar o seu movimento de queda propriamente dito.

A explicação deste comportamento é dada pela elasticidade da mola. A onda de deformação gerada na extremidade superior da mola no instante em que ela é solta e inicia o seu movimento propaga-se longitudinalmente com uma velocidade finita, e só quando atinge a extremidade inferior, alterando aí o estado de deformação inicial, se modifica o equilíbrio de forças (peso e força elástica) que mantinham esta extremidade em repouso.

Claramente, o modelo elementar de mola ideal, em que se despreza a sua massa, é insuficiente para enquadrar esta explicação, uma vez que (1) não tendo massa, não tem inércia; logo, a sua deformação é sempre uniforme, o que significa que a força elástica sobre a extremidade inferior altera-se instantaneamente assim que a extremidade superior inicia a sua queda; (2) não tendo massa, a mola não tem peso, ou seja, nem sequer cai! Mas será possível dar conta do comportamento das molas reais ilustrado nos vídeos referidos considerando molas ideais com massas distribuídas regularmente ao longo do seu comprimento?

Neste trabalho analisa-se o numericamente (usando a linguagem Python e as bibliotecas Numpy e Scipy [2]) o movimento de queda de um sistema formado por massas iguais ligadas sequencialmente por molas iguais. Esta análise foi verificada experimentalmente usando uma mola real de aço e bolas de ténis como massas, para os casos e . A queda deste sistema foi registada em vídeo a 120 fps e analisada com o programa Tracker [3] para recolher as posições das diferentes massas como funções do tempo.

Verifica-se que a queda das molas reais pode de facto ser aproximada com este modelo e que, como seria de esperar, a aproximação é tanto melhor quanto maior for (mantendo constante a massa total e as características de elasticidade da mola).

Consideramos que este trabalho permite identificar claramente os elementos essenciais do modelo de mola ideal e pôr em evidência situações em que ele é inapropriado. Parece-nos um problema adequado para mostrar a necessidade de uma descrição contínua da deformação e tensão das molas em situações em que a própria dinâmica das molas é relevante, e para ilustrar essas descrições contínuas (teorias de campo) como limite de teorias discretas em que o número de elementos do sistema em análise (logo, de graus de liberdade) tende para um infinito não numerável.

[1] YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=uiyMuHuCFo4>)

[2] Python (<https://www.python.org/>); Numpy (<https://numpy.org/>); Scipy (<https://scipy.org/>)

[3] Tracker (<https://physlets.org/tracker/>)