



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

## **Montando um pêndulo isócrona**

Diego D. Uzêda

&

Carlos Farina de Souza

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Diego D. Uzêda, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro  
2011

# Apêndice F

## Proposta de atividade experimental

Apresentamos, aqui, uma pequena proposta de atividades experimentais de baixo custo que podem ajudar na compreensão e consolidação de alguns tópicos da teoria abordada no Capítulo 1. As atividades podem ser feitas em grupo ou individualmente.

### F.1 Construindo uma cicloide

#### 1. Construção cinemática

Fixe um lápis ou caneta na extremidade de um disco (um CD por exemplo), faça-o girar sem deslizar sobre uma superfície plana horizontal até que complete uma volta. Desenhe a trajetória descrita por ele sobre uma cartolina.

#### 2. Construção algébrica

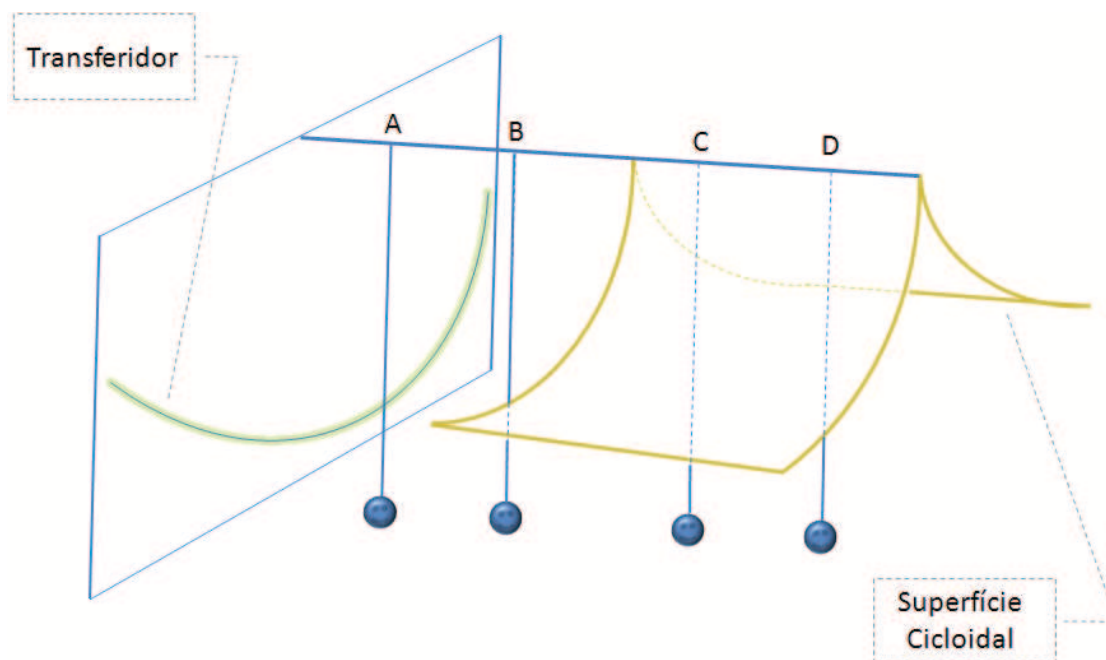
A partir das equações paramétricas da cicloide, marque, num papel milimetrado, os pontos de  $x(\theta)$  e  $y(\theta)$  escolhendo valores genéricos para  $\theta$  (em radianos), com raio  $R$  sendo igual ao raio do disco utilizado na construção cinemática anterior.

Agora, verifique que os desenhos coincidem.

As cicloides geradas poderão servir como moldes para as superfícies cicloidais a serem utilizadas como obstáculos laterais na confecção de um pêndulo ciloidal a ser construído (caso você ache pequeno o raio de um CD, pode redimensionar o problema utilizando, por exemplo, um disco de vinil).

## F.2 Construindo uma estrutura de pêndulos

Construa obstáculos cicloidais rígidos, de madeira (procure um marceneiro) ou usando folhas de alumínio. Com os obstáculos cicloidais prontos, prendas-os em uma haste que, por sua vez, deverá ser fixada a um anteparo rígido. Nesse anteparo fixe um transferidor grande e de fácil leitura. Agregue à haste quatro pêndulos de comprimento duas vezes maior do que o diâmetro do disco geratriz dos obstáculos cicloidais construídos. Verifique se a haste está suficientemente fixa, para que não esteja balançando com as oscilações dos pêndulos. Apresentamos, abaixo, um esquema simplificado da estrutura de pêndulos sugerida.



### F.3 Isocronismo do pêndulo cicloidal

De posse da estrutura de pêndulos que você acabou de construir, você realizará pequenos experimentos demonstrativos a respeito do período de pêndulos simples e pêndulos cicloidas.

1. Abandone simultaneamente os pêndulos **A** e **B** a partir do repouso e com pequenas amplitudes de oscilação (entre  $0^\circ$  e  $20^\circ$ ) mas faça isso escolhendo amplitudes diferentes para cada pêndulo. Verifique que os pêndulos **A** e **B** começam a se movimentar em fase e permanecem em fase por muitas oscilações, mostrando que, para pequenas amplitudes, o pêndulo simples é isócrono, como descoberto por Galileu. Repita muitas vezes esse procedimento, mantendo sempre pequenas amplitudes de oscilação e veja quanto tempo (medido em número de oscilações) leva para que se defasem substancialmente (de  $\pi/2$ , por exemplo, caso em que quando um deles está com amplitude máxima, o outro está na vertical).
2. Agora, abandone o pêndulo **A** com grande amplitude (ângulos próximos a  $70^\circ$  ou  $80^\circ$ , por exemplo) e, simultaneamente, o pêndulo **B** com uma amplitude tão pequena quanto no item anterior (por exemplo, menor do que  $10^\circ$ ). Verifique que os pêndulos **A** e **B** rapidamente se defasam. Veja, por exemplo, quantas oscilações de um deles se passaram até que a defasagem entre os dois fosse de  $\pi/2$  e verifique que esse número foi bem menor do que no experimento anterior. Esse experimento deixa evidente que, na verdade, o pêndulo simples não é isócrono, mas seu período depende da amplitude de oscilação.
3. Repita mais uma vez o experimento anterior, mas agora se preocupando em observar qual dos pêndulos irá se atrasar em relação ao outro. Você irá verificar que o de maior amplitude é o que se atrasa, mostrando que, quanto maior a amplitude, maior será o período das oscilações.

4. Por fim, você verificará agora o isocronismo do pêndulo cicloidal. Com esse objetivo, abandone simultaneamente o pêndulo simples **B** e o pêndulo cicloidal **C**, mas escolhendo pequenas amplitudes para o primeiro e grandes amplitudes para o segundo. Verifique que tais pêndulos permanecerão em fase por muito tempo, mesmo que suas amplitudes sejam muito diferentes entre si. Caso venham a se defasar com o passar do tempo, provavelmente é porque a superfície cicloidal não foi construída com perfeição (os comprimentos dos pêndulos e os objetos em seus extremos devem ser idênticos para que novas fontes de erros sejam evitadas).
5. Bem, nesse último item deixamos você à vontade para criar seu próprio experimento. Por exemplo, você pode construir pêndulos com comprimentos diferentes e verificar o que acontece ao repetir alguns dos procedimentos anteriores, ou pode tentar verificar de forma mais quantitativa a dependência do período com a amplitude, uma vez que você tem a expressão exata do período de um pêndulo simples para qualquer amplitude de oscilação, fórmula escrita no Capítulo 1 desta tese (e tem um transferidor na estrutura de pêndulos construída).