


**OBJETIVO**

Confirmação da lei das áreas iguais para movimentos centrais de força (Segunda Lei de Kepler)

**RESUMO**

Como exemplo de um movimento central de força desenha-se um movimento elíptico de um corpo oscilatório segundo o método de ranhuras de pó. Nesse processo se produz uma ranhura com marcas de tempo, de cujas distâncias espaciais se pode proceder à leitura da distância espacial da velocidade do corpo oscilatório. Além do mais, uma simples avaliação gráfica demonstra que o deslizamento pela superfície do radio vetor do corpo oscilatório, por intervalo de tempo, é constante e por isso independente do comprimento do radio vetor.

**TAREFAS**

- Anotação da oscilação elíptica de um pêndulo segundo o processo das marcas de pó.
- Comparação das velocidades dos corpos oscilatórios em intervalos de distância mínima e máxima para a posição de repouso.
- Determinação do radio vetor dos corpos oscilatórios por intervalo de tempo, em relação à superfície deslizada em intervalos de distância mínima e máxima para a posição de repouso.

**APARELHOS NECESSÁRIOS**

Número	Instrumentos	Artigo N°
1	Conjunto de aparelhos para o registro por marcas na poeira	U8400870
1	Pêndulo com eletrodo marcador	U8405640
2	Tripé 150 mm	U13270
2	Vara de apoio, 1000 mm	U15004
1	Vara de apoio, 750 mm	U15003
3	Manga universal	U13255

**1**
**FUNDAMENTOS GERAIS**

Durante o movimento de um planeta em torno do sol, o impulso giratório continua inalterado, pois a força que age no planeta está direcionada sobre o centro do movimento. A partir daí, conclui-se que o percurso dos planetas deve estar em um mesmo plano. Além disso, deduz-se também a segunda lei de Kepler como a lei das áreas iguais, em pontos onde a radiação do sol para os planetas em intervalos de tempo iguais formam áreas de extensão iguais.

Para validação da lei das áreas, a força centrípeta, exatamente em função do deslocamento do centro de força, não importa. Simplesmente, ela constitui a forma do movimento em volta do centro de força. Então, a lei das áreas vale também para as oscilações elípticas de um pêndulo em volta de uma posição estável, enquanto seu ângulo de deflexão não for muito alto. A massa do pêndulo move-se aproximadamente em um plano horizontal (ver Fig. 1) e a cada ponto  $r$  sofre a ação de uma força impulsiva

$$(1) \quad F = -\frac{m \cdot g}{d} \cdot r$$

$g$ : Aceleração da gravidade,  
 $d$ : Comprimento do pêndulo,  
 $m$ : Massa do pêndulo

que ao ponto estável do pêndulo é direcionada. Essa força permite o impulso rotacional

$$(2) \quad L = m \cdot r(t) \times \frac{\Delta r(t)}{\Delta t}$$

que é invariável ao pêndulo. Então é também a área pontilhada formada do vetor radial  $r(t)$  por intervalo de tempo  $\Delta t$

$$(3) \quad \Delta A = \frac{1}{2} \cdot |r(t) \times \Delta r(t)| = \frac{1}{2} \cdot r(t) \cdot \Delta r(t) \cdot \sin \alpha$$

constante (ver Fig. 2).

No experimento, o movimento dos pêndulos é esboçado pelo método das marcas de pó. Para isso, o eletrodo gravador se desloca sobre uma superfície isolada, que está cheia de pó de enxofre.

A placa com tensão AC da rede provoca uma tensão alternada entre o eletrodo e a superfície, podendo haver a atração eletrostática ou a repulsão das partículas. Será uma trilha desenhada a cada instante, e a velocidade do pêndulo poderá ser lida diretamente a partir do deslocamento espacial.

**ANÁLISE**

Inicialmente, determina-se graficamente o centro da superfície e os locais da curvatura, nos quais o deslocamento do centro é o maior e o menor.

Para estes pontos da curvatura, a superfície é determinada em 10 períodos de tensão alternada do vetor radial, por onde as figuras se parecerão com um triângulo.

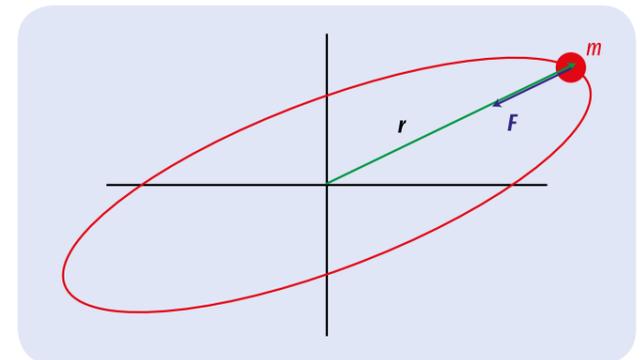


Fig. 1: Oscilação elíptica do Pêndulo vista de cima

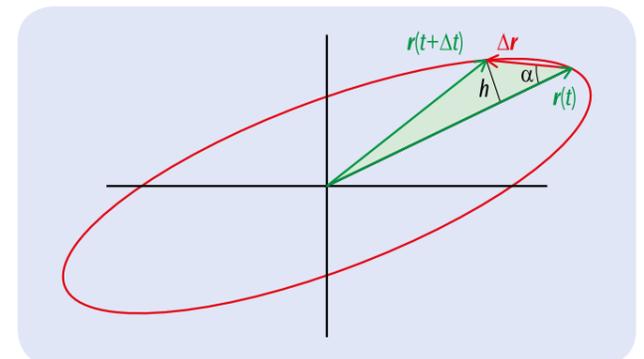
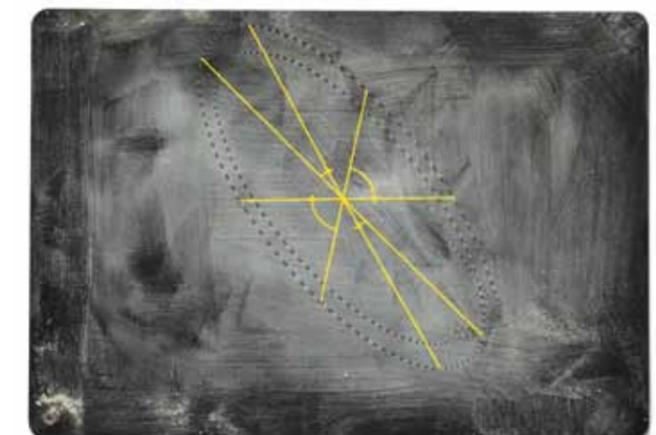

 Fig. 2: Área destacada a partir do vetor radial do pêndulo no intervalo de tempo  $\Delta t$ 


Fig. 3: Exemplo de medida com análise