SEGUNDA LEI DE KEPLER

OBJETIVO

Confirmação do 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 Nº
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

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 $\boldsymbol{r}$ sofre a ação de uma força impulsiva

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

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

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

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

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 pós 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.

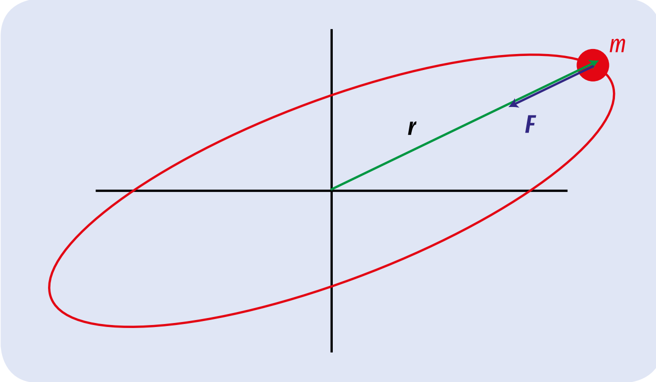

Fig. 1: Oscilação elíptica do Pêndulo vista de cima

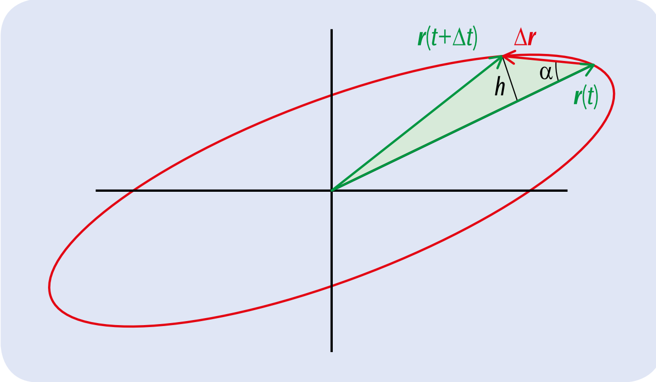

Fig. 2: Área destacada a partir do vetor radial do pêndulo no intervalo de tempo Δt

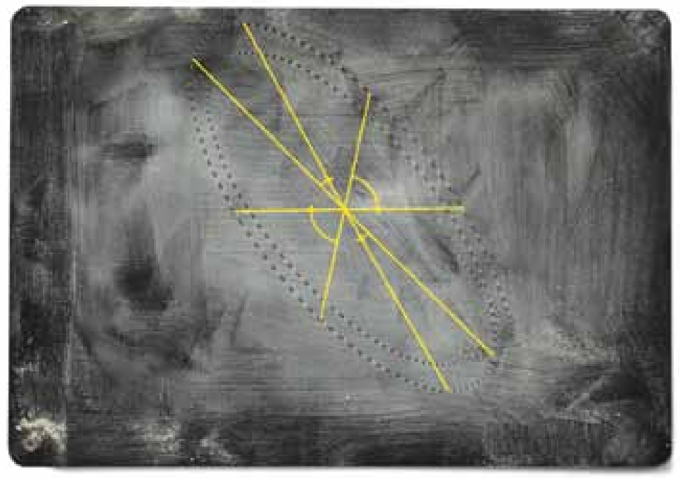

Fig. 3: Exemplo de medida com análise