

Segunda Lei de Kepler

CONFIRMAÇÃO DO LEI DAS ÁREAS IGUAIS PARA MOVIMENTOS CENTRAIS DE FORÇA (SEGUNDA LEI DE KEPLER).

- Anotação da oscilação elíptica de um pêndulo segundo o processo das marcas em 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.

UE1030700

03/16 JS

FUNDAMENTOS GERAIS

Durante o movimento de um planeta em torno do sol, o impulso giratório continua inalterado, pois que 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, é 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 (veja fig. 1) e a cada ponto r sofre a ação de uma força impulsiva

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

g : Aceleração da Gravidade, d : Comprimento do Pêndulo, m : Massa do Pêndulo

que ao ponto estável do Pêndulo é direcionado. Essa força permite o impulso rotacional

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

que é invariável ao pêndulo. Então é também a área pontilhada formada do Vetor Radial $r(t)$ por intervalo de tempo Δt

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

constante (veja fig. 2).

No experimento, o movimento dos pêndulos é esboçado pelo método das marcas em 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.

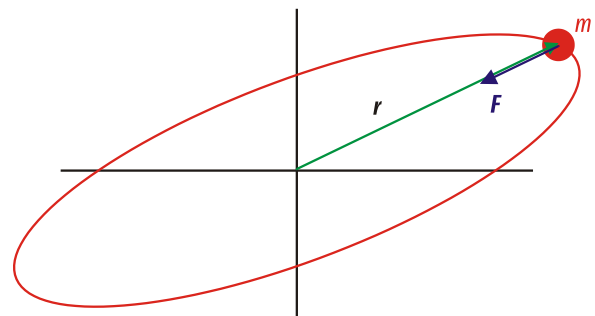


Fig. 1: Oscilação elíptica do Pêndulo vista de cima.

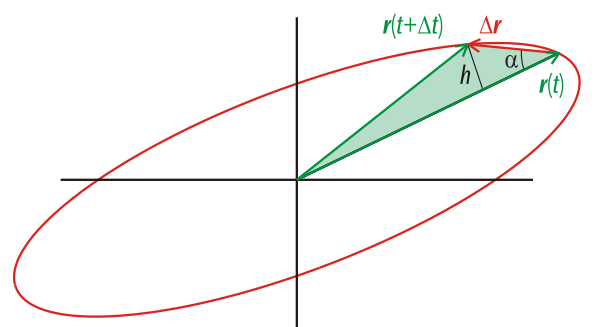


Fig. 2: Área destacada a partir do vetor radial do pêndulo no intervalo de tempo Δt

LISTA DE APARELHOS

1 Conjunto de aparelhos para o registro por marcas em pó	1000739 (U8400870)
1 Pêndulo com eletrodo marcador	1000780 (U8405640)
2 Pé de apoio, 3 pernas, 150 mm	1002835 (U13270)
2 Vara de apoio, 1000 mm	10002936 (U15004)
1 Vara de apoio, 750 mm	1002935 (U15003)
3 Manga universal	1002830 (U13255)

MONTAGEM



Fig. 3: Arranjo de medição

- Fixar as varas de apoio compridas nos tripés e montar no seu terminal superior a vara de apoio menor (veja fig. 3).
- Distribuir com o pincel o pó de enxofre numa fina camada, no possível em granulação fina e uniforme, sobre toda a placa de traçado.
- Para pendurar o pêndulo, fixar o pino de metal no terminal superior da corrente do pêndulo na terceira manga universal.
- Colocar a placa de traçado entre ambos os tripés e alinhar o pêndulo no meio sobre a placa de traçado.
- Soltar a proteção do eletrodo marcador.
- Ajustar em altura, a través de deslocação vertical da vara transversal e rotação da manga universal em volta da vara transversal de tal maneira, que o eletrodo marcador tenha contato com a placa de traçado inclusive com o pêndulo estendido.

EXECUÇÃO

- Conectar o transformador na rede elétrica.
- Conectar um plugue na tomada da placa de traçado e o e pinçar o segundo conduzindo eletricidade firmemente no tripé.
- Empurrar o corpo do pêndulo para descrever uma oscilação elíptica, na qual se distingam claramente os dois semi-eixos da elipse.
- Parar o corpo do pêndulo após uma ou máximo dois desenhos de elipses e finalizar o desenho.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

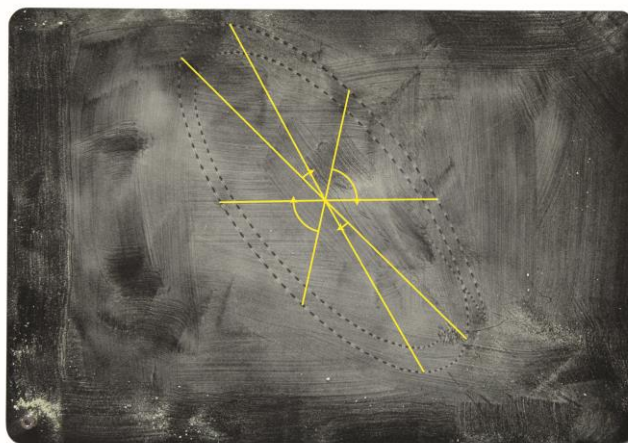


Fig. 4: Traçado compassado do corpo de pêndulo por frequência de rede (desenhado em amarelo: áreas cobertas com a mínima e máxima distância ao centro, em 10 períodos de oscilação do vetor de rádio)

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 (veja fig. 4).

Para estes pontos da curvatura, a superfície é determinada em 10 períodos de tensão alternada do vetor radial (veja fig. 4), por onde as figuras se parecerão com um triângulo. Com esta aproximação a curvatura do trilho é desprezada. O resto não captado pode-se conceber uma vez mais numa 2. aproximação como triângulo com lado de base igual g (ver Tab. 1).

A soma F das duas áreas triangulares da 1. e 2. aproximação no movimento do pêndulo vai diminuir cada vez mais (ver Tab. 1), porque o impulso de rotação do corpo de pêndulo diminui cada vez mais devido ao atrito.

Tab. 1: Determinação do vetor de rádio da área traçada F em 10 períodos de oscilação

	1. Aproximação		2. Aproximação		Soma
g / mm	h_1 / mm	F_1 / mm^2	h_2 / mm	F_2 / mm^2	F / mm^2
37	125	2310	7	130	2440
87	53	2310	3	130	2440
34	122	2070	7	120	2190
82	51	2090	2	80	2170