



FÍSICA

1

MECÂNICA I

Mecânica Gráfica para alunos do ensino médio utilizando o PUCK

5. Movimento circular

NOME _____
ESCOLA _____
EQUIPE _____ SÉRIE _____
PERÍODO _____ DATA _____

QUESTÃO PRÉVIA

No ventilador da figura abaixo (fig. 5.1), as velocidades escalares nos pontos A e B das pás de um ventilador são iguais ou diferentes? Justificar a resposta.

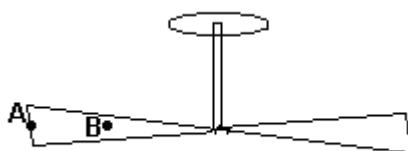


Figura 5.1 – Ventilador

Resposta:

OBJETIVOS

- Realizar experiências quantitativas do movimento circular uniforme.
- Verificar que a aceleração centrípeta e a velocidade escalar são constantes.
- Comparar o valor da aceleração centrípeta obtido experimentalmente com o valor obtido na teoria.
- Aprender os conceitos de frequência, período, velocidade angular, aceleração centrípeta.

INTRODUÇÃO

Conceito de movimento circular uniforme: Vamos afirmar que: "Um carro estando com a velocidade escalar constante pode ter aceleração". O que você acha? Esta afirmativa parece falsa, mas é verdadeira. Esta situação acontece quando o carro está se movimentando em uma trajetória circular (fig. 5.2a).

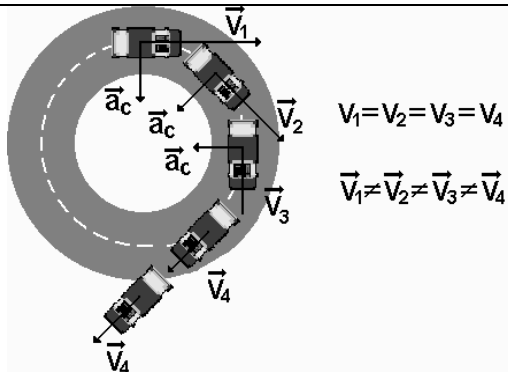


Figura 5.2a - Carro em movimento circular

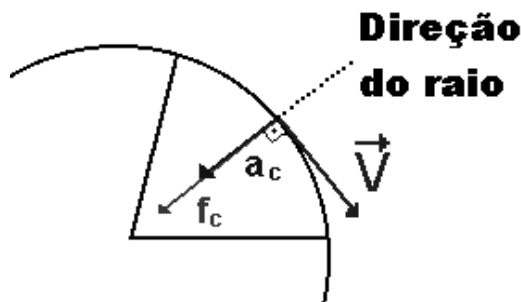


Figura 5.2b - Vetores força centrípeta e aceleração centrípeta

Neste caso o vetor velocidade varia de direção e sentido no decorrer do tempo, podendo o seu módulo permanecer constante ou não.

Quem provoca esta variação na direção do vetor velocidade?

Sabemos que para mudar qualquer característica do vetor velocidade é necessária uma força. Esta força, denominada força centrípeta, atua na direção do raio da circunferência, buscando o centro, imprimindo ao carro uma aceleração na mesma direção e no mesmo sentido, denominada *aceleração centrípeta* (fig. 5.2b).

No caso do carro, a força centrípeta é a força de atrito entre os pneus e a estrada. Se não existisse esta força, o carro sairia pela tangente em movimento retilíneo uniforme (posição 4 da fig. 5.2a).

Veja que esta aceleração é devida à variação da direção do vetor velocidade e não à variação do módulo do vetor velocidade. Concluímos que a nossa afirmativa inicial é verdadeira, isto é, o carro pode estar com velocidade escalar constante e possuir uma aceleração (aceleração centrípeta), quando sua trajetória é circular.

Movimento circular uniforme: quando a trajetória é circular e a velocidade é constante em módulo.

Da fig. 5.2a, o carro estando em movimento circular uniforme, temos que:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \text{ (velocidades escalares iguais)}$$
$$V_1 \neq V_2 \neq V_3 \neq V_4 \text{ (velocidades vetoriais diferentes)}$$

CARACTERÍSTICAS DO VETOR ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

Notação: $a_c \rightarrow$ vetor aceleração centrípeta

Direção do vetor aceleração centrípeta: a direção do raio (perpendicular ao vetor V)

Sentido do vetor aceleração centrípeta: de fora para dentro da circunferência (buscando o centro)

Módulo do vetor aceleração centrípeta: $a_c = V^2/R$ 5.1

CONCEITO DE VELOCIDADE ANGULAR

Velocidade angular é o ângulo ($\Delta\theta$) percorrido em um intervalo de tempo (Δt).

Notação: $\omega \Leftrightarrow$ velocidade angular.

Expressão: $\omega = (\Delta\theta) / (\Delta t)$ (velocidade angular) (5.2)

onde $\Delta\theta$ (ângulo descrito) é medido em radianos.

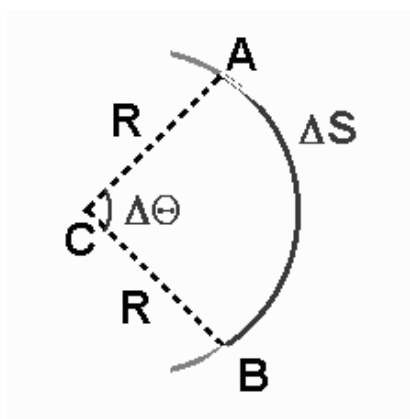


Figura 5.3 - Ângulo descrito e arco percorrido em um intervalo de tempo (Δt), quando o carro vai da posição A para B.

Unidade da velocidade angular (Sistema Internacional) \rightarrow 1 rad/s

Relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular

$$V = \omega R \text{ (relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular)} \quad (5.6)$$

Observação: para determinar a medida de 1 rad basta considerar a medida do arco compreendido entre os lados do ângulo igual à medida do raio (fig. 5.3), obtendo:

$$1 \text{ rad} \cong 57,3^\circ$$

FREQUÊNCIA E PERÍODO

De um modo geral todos nós temos noção do que seja frequência e período. Frequência seria o número de vezes que um fenômeno se repete em um determinado tempo, e período é o tempo que leva para o fenômeno se repetir. Em linguagem mais específica para o movimento circular, definiremos:

Frequência: é o número de voltas que a partícula dá por unidade de tempo

Notação: $f \rightarrow$ frequência

Período: é o tempo que a partícula leva para dar uma volta completa

Notação: $T \rightarrow$ período

Pelas próprias definições temos que a frequência é o inverso do período e vice-versa, ou seja:

$$f = 1 / T \text{ ou } T = 1 / f \quad (5.3)$$

UNIDADES DE MEDIDA DE FREQUÊNCIA E PERÍODO (SI)

Unidade de período = unidade de tempo = 1 s. Outras unidades: 1 min, 1 h, 1 mês, 1 ano, 1 século...

Unidade de frequência = 1/unidade de tempo = 1/s = 1 s⁻¹ = 1 hertz (1 Hz)

Quando no movimento circular se tem uma frequência de 10 Hz, significa que o móvel faz 10 voltas em cada segundo.

Relação entre a velocidade angular e a frequência

$$\omega = 2 \pi f \text{ (relação entre a velocidade angular e a frequência)} \quad (5.4)$$

MATERIAL

- PUCK
- Barbante
- Ventosa
- Papel milimetrado (formato A3)

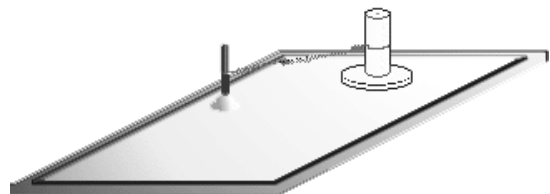


Figura 5.4 - Montagem do Kit do PUCK

PROCEDIMENTO

- Nivele a mesa.
- Coloque a ventosa próxima à margem da mesa (fig. 5.4).
- Fixe o papel milimetrado próximo à outra margem da mesa ou use a própria mesa para obter os pontos da trajetória do PUCK, transferindo depois estes pontos para o papel.
- Prenda uma das extremidades do fio no PUCK e a outra na ventosa.
- Dê um pequeno impulso perpendicular à lateral do PUCK, tal que ele comece a se movimentar.
- Passe para o papel milimetrado os pontos obtidos.
- Meça o raio da trajetória (o raio é a medida considerada do centro do PUCK ao centro da ventosa).
- Adote um sistema de eixos cartesiano adequado para fazer as medidas (despreze os pontos iniciais).

MEDIDAS - DIREÇÃO X

- Meça os valores do espaço x a cada seis intervalos e os correspondentes valores do tempo t e coloque estes valores na tabela 5.1.
- Calcule:
 - as variações de espaço (Δx)
 - os intervalos de tempo (Δt)
 - as velocidades escalares V_x ($V_x = \Delta x / \Delta t$)
 - as variações de velocidade (ΔV_x)
 - as acelerações na direção x ($a_x = \Delta V_x / \Delta t$) e coloque estes valores na tabela 5.1

MEDIDAS - DIREÇÃO Y

Faça o mesmo procedimento realizado na direção X para a direção Y e coloque os valores na tabela 5.2.

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE ESCALAR E DA ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

- Coloque os valores encontrados V_x e a_x da tabela 5.1, V_y e a_y da tabela 5.2 na tabela 5.3.
- Calcule: as velocidades escalares V ($V = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2}$) as acelerações centrípetas a_c ($a_c = (a_x^2 + a_y^2)^{1/2}$) e coloque estes valores na tabela 5.3.

QUESTÕES

- 1) Determine o valor médio das velocidades obtidas na tabela 5.3.
- 2) Determine o valor médio das acelerações centrípetas obtidas na tabela 5.3.
- 3) Calcule o valor da aceleração centrípeta ($a_c = V_{\text{média}}^2 / R$).
- 4) Calcule:
 - a) A *velocidade angular* do PUCK
 - b) A *frequência* do PUCK
 - c) O *período* do PUCK
- 5) Você chegou à conclusão, através dos resultados obtidos na tabela 5.3, que movimento do PUCK é circular uniforme? Justifique a resposta.
- 6) E agora você consegue responder a questão prévia?

Tabela 5.1 - Movimento Circular

x (cm)	T (s)	Δx (cm)	Δt (s)	V_x (cm/s)	ΔV_x (cm/s)	a_x (cm/s ²)

Tabela 5.2 - Movimento Circular

y (cm)	t (s)	Δy (cm)	Δt (s)	V_y (cm/s)	ΔV_y (cm/s)	a_y (cm/s ²)

Tabela 5.3 - Movimento Circular

V_x (cm/s)	V_y (cm/s)	V (cm/s)	a_x (cm/s ²)	a_y (cm/s ²)	a_c (cm/s ²)