

## Experimentação

### Objetivos

- Medir velocidades médias em movimento retilíneo e obter as velocidades instantâneas em função do tempo.
- Representar graficamente os resultados obtidos (Veja o capítulo seguinte)
- Utilizando o gráfico de variação do espaço em função do tempo, obter as velocidades e acelerações correspondentes (derivação gráfica).
- Calcular os espaços correspondentes às velocidades a partir do gráfico de velocidades (integração gráfica).
- Interpretar gráficos, isto é, relacioná-los às equações correspondentes.

### Experimento 1.1

#### Quedas de esferas em tubos com óleo

Você vai utilizar esferas de rolamentos com diâmetro aproximado de 5 mm.

Você vai precisar também de um tubo de vidro de aproximadamente 1 metro de comprimento e diâmetro de ~ 6 cm, cheio de óleo.

Pode-se utilizar óleo de cozinha ou de motor de automóveis ou caminhões.

Faça marcas com fita adesiva: a 5 cm do fundo do tubo e a cada 20 cm acima dessa primeira marca.

Procedimento:

1. Inicialmente solte uma esfera e observe que, no trecho inicial, o movimento é claramente acelerado. Depois, nota-se que a velocidade não aumenta com a mesma razão.
2. Faça uma cronometragem entre o instante em que a outra bolinha é solta por um colega (A) e o instante em que ela passa pela 1ª marca, como indicado na figura. Você vai saber o tempo total gasto pela bolinha.
3. Organize a tomada de dados de modo que os diferentes participantes da cronometragem fiquem responsáveis por trechos diferentes. Um aluno (B) cronometra entre o instante em que a bolinha é solta pelo colega (A) e o instante em que ela passa pela 5ª marca. Outro aluno (C) cronometra entre o instante em que a bolinha é solta até a passagem pela 4ª marca, e assim por diante. O trecho anterior à 5ª marca não deve ser usado. Justifique por quê.
4. Organize uma tabela da tomada de dados, para medições com outras bolinhas iguais.

| $\Delta t$ aluno B         | $\Delta t$ aluno C        | $\Delta t$ aluno D | $\Delta t$ aluno E |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
| Repita a operação          |                           |                    |                    |
| $\langle \Delta t \rangle$ |                           |                    |                    |
| Desvio em $\Delta t$       | (valor max.-valor min.)/2 |                    |                    |

O símbolo  $\langle \Delta t \rangle$  indica o valor médio de  $\Delta t$ .

5. Meça as distâncias entre as marcas e o nível superior do óleo e organize a tabela de espaços em função do tempo. Utilize somente os valores médios dos tempos medidos no item anterior.

|          | Distância percorrida (cm) | Tempo gasto (s) |
|----------|---------------------------|-----------------|
| 5ª marca | $x_5$                     | $t_5$           |
| 4ª marca | $x_4$                     | $t_4$           |
| 3ª marca | $x_3$                     | $t_3$           |
| 2ª marca | $x_2$                     | $t_2$           |
| 1ª marca | $x_1$                     | $t_1$           |

6. Faça um gráfico das distâncias em função do tempo.
7. Acrescente uma coluna na tabela do item 5, calculando os tempos gastos pela bolinha entre traços vizinhos, por subtrações.
8. Calcule as velocidades médias nos diferentes trechos, usando os instantes de tempo em que a bolinha atravessou duas marcas consecutivas e lembrando que  $\Delta s = 20\text{cm}$  (se mudou o valor, use o adequado).

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Você vai ter 4 valores para os trechos considerados, que devem ser quase iguais. Note que os valores de tempos medidos pelos alunos no item 4 apresentaram um desvio, que vai afetar os cálculos de velocidade.

Caprichando nas medições de distância, vocês vão poder admitir que só as medições de tempo afetam a precisão do cálculo da velocidade.

Assim, o desvio na velocidade pode ser obtida:

$$\Delta v = \frac{(v_{\max} - v_{\min})}{2}$$

$$v_{\max} = \frac{\Delta s}{\Delta f_{\min}} = \frac{\Delta s}{\Delta f - \text{desvio}}$$

$$v_{\min} = \frac{\Delta s}{\Delta f_{\max}} = \frac{\Delta s}{\Delta f + \text{desvio}}$$

$v \pm \Delta v$  não definir intervalos de valores possíveis de velocidade para cada trecho.

Esses intervalos devem ser comparados e não só o valor médio. Se os intervalos apresentarem uma superposição, então dizemos que dentro da precisão das medidas as velocidades são iguais.

9. Se as velocidades são iguais, qual é a aceleração?
10. A soma dos vários intervalos de tempo de um evento deve ser praticamente igual ao tempo total gasto pela bolinha no item 2.
11. Ao retirar as bolinhas, por exemplo, com o auxílio de um ímã forte, sempre há perda de óleo. Por essa razão, é mais conveniente fazer as marcas de cronometragem a partir do fundo do tubo. Mas outras formas de obter o mesmo conteúdo experimental podem ser sugeridas e testadas.

### Observação

O mesmo procedimento pode ser transportado para outras situações experimentais.

Se estiver disponível um trilho de ar que faz um móvel deslizar sobre uma plataforma retilínea sem atrito, pode-se marcar trechos do trilho e repetir o procedimento seguido para o tubo de óleo.

Em algumas montagens, é possível medir-se o tempo através de faíscas que marcam uma tira de papel. A frequência das faíscas é de 60 ciclos por segundo, de modo que o registro sobre uma fita apropriada pode dar os espaços percorridos a cada  $\frac{1}{60}$  s de segundo.

## Experimento 2.1

### *Carrinhos elétricos (de brinquedo)*

Usando um carrinho elétrico com aceleração constante, pode-se medir a sua velocidade. Em geral, a velocidade desses carrinhos atinge rapidamente a velocidade de regime, quando a aceleração proporcionada pelo motor elétrico exatamente contrabalança a desaceleração da força de atrito existente entre as rodas e o piso. Nesse caso, a velocidade do carrinho ficará constante. Escolha uma superfície plana e lisa para fazer o carrinho andar. Marque intervalos de 10 cm com fita adesiva. Organize equipes para a tomada de dados.

#### Procedimento:

1. Juntamente com os colegas de equipe cronometre os intervalos de tempo correspondentes a cada espaço percorrido.
2. Organize a tabela de dados experimentais.
3. Obtenha as velocidades médias em cada intervalo de 10 cm.
4. Faça um gráfico dos valores de velocidade em função do tempo.
5. Discuta os resultados.

## Experimento 3.1

### *Objetos em MRU mas sentidos opostos*

Usando a montagem descrita nas demonstrações com a bolha e a esfera de aço, pode-se medir as velocidades dos dois objetos e prever o ponto de encontro. Para esta atividade é mais conveniente ter o tubo de aproximadamente 1m.

#### Procedimento:

Marque com caneta hidrográfica referências a cada 5 cm.

Meça os intervalos de tempo, começando no instante da inversão do tubo. Se o movimento for muito lento, é possível realizar várias medidas simultaneamente se houver disponível um cronômetro, que permita leituras intermediárias sem parar a cronometragem.

Obtenha as velocidades médias em cada intervalo demarcado para a bolha e para a esfera de aço.

Faça gráficos das velocidades em função do tempo.

Usando as informações necessárias faça a previsão de onde a bolha deve encontrar a esfera.

Compare com observações e medições experimentais. Repita a medida algumas vezes.

#### Observação

Não se esqueça de comparar levando em consideração os desvios experimentais das medidas

## Demonstrações

1. Num tubo de vidro ou de plástico de 50 cm até 1m de comprimento e 1cm de diâmetro coloca-se um fluido viscoso e transparente, por exemplo, óleo de cozinha ou glicerina. Como tampa usa-se rolha de borracha. Ao fechar o tubo cheio de fluido, deixa-se formar uma bolha, controlando-se a quantidade de ar aprisionado. Ao inverter o tubo na vertical, a bolha subirá lentamente em movimento retilíneo e uniforme.

2. Pode-se usar a mesma montagem anterior, acrescentando uma esfera de aço de aproximadamente 5 mm de diâmetro. Quando a bolha de ar estiver subindo, a esfera de aço estará descendo. Por causa da viscosidade do fluido os movimentos são uniformes.

3. Numa superfície lisa que possa ser molhada, deixe uma camada de água e jogue um sabonete. Praticamente não haverá atrito e o sabonete deslizará com velocidade constante. Logo no início do movimento haverá uma aceleração positiva  $a > 0$ , mas logo o movimento entrará em regime. No fim do movimento, quando o sabonete estiver parando, haverá uma desaceleração ( $a < 0$ ).

4. Com um pouco de habilidade manual pode ser construído um dispositivo que desliza sobre uma superfície lisa

(mesa de fórmica, por exemplo), praticamente sem atrito. Num bloco liso de madeira faça um furo no centro e encaixe uma rolha. No centro da rolha coloque um tubo vazado, de diâmetro

adequado, que possibilite a instalação de uma bexiga cheia de ar. Ao ser expelido, o ar vai formar um colchão que reduz drasticamente o atrito. O dispositivo pode ser usado em diferentes experiências. (mesa de fórmica, por exemplo), praticamente sem atrito. Num bloco liso de madeira faça um furo no centro e encaixe uma rolha. No centro da rolha coloque um tubo vazado, de diâmetro adequado, que possibilite a instalação de uma bexiga cheia de ar. Ao ser expelido, o ar vai formar um colchão que reduz drasticamente o atrito. O dispositivo pode ser usado em diferentes experiências.