

## Experimentação

### **Medir e analisar o movimento de uma bola descendo um plano inclinado**

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

**Proposta:** Medir espaços percorridos por uma bola num plano inclinado em diferentes instantes, determinar a variação temporal da velocidade, determinar a aceleração correspondente.

Serão necessários uma canaleta de alumínio de aproximadamente 2m de comprimento (pode ser um trilho de cortina ou uma rampa de acesso a pisos diferentes do edifício), uma bola ou um carrinho, cronômetros que podem ser dos relógios digitais de alguns alunos.

A cada 30cm faça um traço bem nítido por fora do trilho. Cada aluno fica numa das marcas do trilho e vai observar e detectar quando o móvel passa pelo ponto de sua responsabilidade. Fixe o trilho com uma certa inclinação.

Todos os alunos começam a contagem de tempo quando o móvel for solto no ponto mais alto do trilho. O aluno que vai soltar o móvel pode falar "já" e os cronômetros são disparados pelos alunos já posicionados. As medições devem ser repetidas algumas vezes para obter os dados. Organize uma tabela de dados.

<b>Tabela 3 - Dados experimentais s x t</b>					
<b><math>x_i</math>(cm)</b>	<b>t(s)</b>	<b>t'(s)</b>	<b>t''(s)</b>	<b>t'''(s)</b>	<b>t<sub>i</sub> médio</b>
30cm					
60cm					
90cm					
120cm					
150cm					
180cm					

Se os valores obtidos forem muito diferentes entre si façam um treinamento antes de tomar os dados definitivos.

1. Faça um gráfico dos  $x_i$  em função dos tempos médios correspondentes.
2. Trace uma curva média entre os pontos obtidos. (Não ligue os pontos em zigue-zague)
3. Utilize o gráfico do item 2 e escolha intervalos de tempo adequados.
4. Calcule as velocidades médias em cada intervalo, usando a curva para fazer as leituras de espaços. Preste atenção: as curvas representam comportamentos médios e "tiram" os erros eventuais.
5. Faça um gráfico das velocidades em função do tempo. Não se esqueça, as velocidades médias devem ser associadas ao instante intermediário dos intervalos.
6. Tente traçar a melhor reta pelos pontos, isto é, a reta que passa o mais perto possível de todos os pontos, deixando alguns para cima e outros para baixo da reta escolhida. Existe um método matemático, que define de modo único qual é a reta que melhor representa um conjunto de dados, chamado método dos mínimos quadrados.
7. Através da reta traçada no item anterior, calcule a aceleração dada pela variação da velocidade  $\Delta v$  em um intervalo de tempo  $\Delta t$ . Use intervalo de tempo grande, já que basta calcular uma vez a aceleração, e quanto maior o trecho usado menor é o erro cometido nessa medida.
8. Identifique o sistema de referência usado.

**Observação:**

Propomos que sejam usadas as curvas médias e não os pontos experimentais para considerar o comportamento médio, desprezando dessa forma erros eventuais de medida que dão origem às flutuações. Os zigzagues são consequência de diferenças em tempos de reação de diferentes alunos em diferentes posições e também da atenção diferente em cada medição.

É impossível tirar por completo erros introduzidos por variações de tempo de reação, a menos que se usem equipamentos mecanizados e automatizados. Apesar das inconveniências, experiências feitas pelos próprios alunos são sempre uma forma de fazer sentir uma medição e sua precisão.

Outras formas de análise de dados podem ser propostas e os resultados comparados, considerando sempre os possíveis erros experimentais.

**Demonstrações**

1. O arranjo ilustrado ao lado, no qual dois blocos são interligados por um fio, é um bom exemplo de movimento uniformemente acelerado.
2. O arranjo ao lado também provê um bom exemplo de movimento uniformemente acelerado. Neste caso, os dois blocos são presos por um fio, o qual passa por uma roldana. Para melhor observar e realizar medidas recomendam-se blocos com pequenas diferenças de massa.
3. Um objeto descendo um plano inclinado provê um outro exemplo de movimento uniformemente acelerado.
4. Do ponto de vista da demonstração, um ventilador com rodinha pode ser utilizado para exemplificar o movimento uniformemente variado.
5. Solte duas bolas de massas diferentes e tamanhos semelhantes de aproximadamente 2m de altura e verifique se elas chegam simultaneamente ao chão.
6. Solte agora duas folhas de papel iguais, mas uma delas amassada como uma bolinha. Observe e discuta o que acontece.