

## Plano Experimento 4 – Queda livre

Objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer um modelo físico com idealização e poder apontar as suas limitações, levantando hipóteses sobre o que não foi levado em conta.
- Saber fazer gráficos segundo as convenções da Física.
- Interpretar e executar linearização de dados, entendendo sua relação com um modelo físico.

Conceitos e habilidades:

- modelo físico formulado em termos matemáticos
- modelo físico como aproximação e idealização
- visualização de dados quantitativos para: 1. Apresentar os dados, mas também 2. Ajudar a análise e comparação entre observações e modelo físico
- linearização de dados; coefs. angular e linear, relação com parâmetros do modelo
- simulação: a partir de um modelo físico obter observações ou dados simulados para comparação com dados reais.

### Primeira aula:

1- Discutir as forças atuando num corpo em queda no ar (incluindo empuxo e atrito) e discutir a nossa hipótese de que só iremos considerar a força peso atuando sobre o corpo.

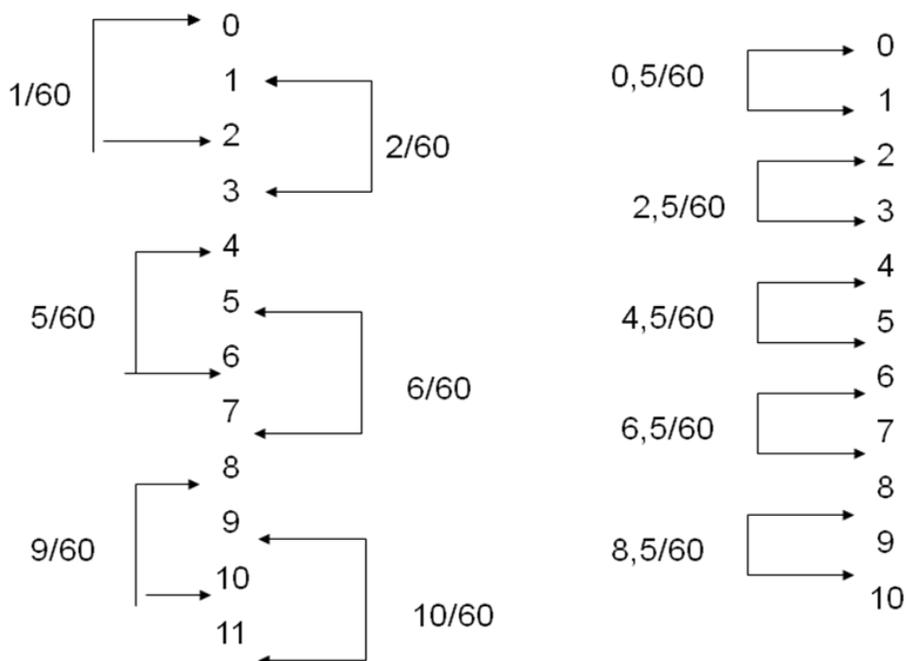
2- Após discussão estabelecer a metodologia para a realização do experimento.

**Avisar dos cuidados com choques. A regra primeira é que a fonte deve permanecer FORA DA TOMADA e ser ligada apenas para se tomar os dados. Se ficar ligada, além do risco do choque, o eletroímã esquentará demais podendo até pegar fogo!**

Obter a fita com marcas a cada  $1/60,00$ s da trajetória do corpo. Medir as posições de todos os pontos a partir da posição considerada inicial (definida como  $t = 0$  s). Discutir a incerteza devido a uma não perpendicularidade na trajetória da faísca. Sugerir uma medida para averiguar essa incerteza (*metade do tamanho do ponto para várias faíscas*).

3- Discutir o método para se obter as velocidades **instantâneas** em função do tempo.

4- Sugerir que cálculos de velocidade devem ser feitos de pelo menos duas formas (dois medidores): um, tipo A, que pula um ponto, e outro, tipo B, que mede em sequência. Dentro de uma mesma sequência **um mesmo ponto não deve pertencer a dois intervalos** para que todas as medidas sejam independentes. Para que os instantes sejam corretamente atribuídos os pontos devem ser **numerados** sequencialmente, mas ocorrendo **falha da faísca**, o número deve ser correspondentemente pulado. Na figura abaixo, também estão indicados os instantes médios de cada intervalo, pois a velocidade média no intervalo será tomada como sendo a *velocidade instantânea no instante médio*.



É interessante que cada aluno da dupla trabalhe numa das duas sequências, e assim os dois alunos fazem o trabalho completo.

5- Cada aluno da dupla deverá medir e tabelar os  $\Delta x$  da sua sequência, indicando na mesma tabela o intervalo de tempo ao qual o  $\Delta x$  se refere, e indicando também a incerteza. Discutir como será atribuída a incerteza.

6- Cada aluno deverá também calcular a velocidade indicando na mesma tabela o  $v_i$  e o  $t_i$ . Entretanto é recomendado que se trabalhe com uma unidade de tempo  $1\text{ut} = 1/60\text{ s}$ , pois os instantes aparecerão como números inteiros ou semi-inteiros, e a velocidade em  $\text{mm/ut}$  ou  $\text{cm/ut}$  será numericamente igual ao  $\Delta x$  ou metade dele. As incertezas também deverão ser indicadas. Discutir que apesar da incerteza no  $\Delta x$  ser a mesma nas duas sequências, a incerteza na velocidade será menor na sequência de intervalo duplo.

7 – Fazer o gráfico de  $v_i$  versus  $t_i$  em aula. Chamar a atenção para os casos em que a unidade de tempo sendo em “ut”, o gráfico nesta unidade ficará muito mais fácil de representar e de ler do que se for em segundo.

9 - Ensinar a traçar a melhor reta que represente os dados do gráfico.

10 - Ensinar a obter do gráfico por ajuste “à mão” os coeficientes  $a$  e  $b$  da reta e suas respectivas incertezas.

As incertezas dos coeficientes angular e linear são calculadas por duas outras retas traçadas aos pontos (reta 2 e reta 3). A incerteza do coeficiente angular será  $|a_2 - a_3|/2$  e a do coeficiente linear,  $|b_2 - b_3|/2$ .

Se as incertezas forem muito pequenas e os pontos bem alinhados, fica difícil traçar duas outras retas. Ensinar os alunos a estimar a incerteza dos coeficientes através da própria incerteza do gráfico (para o cálculo da incerteza pode-se usar uma escala para cima e uma para baixo).

11 - Se der tempo pedir para fazer o gráfico de  $x_i$  por  $t_i$ . Se não tiver tempo, pedir para fazerem o gráfico em casa para usarem na aula seguinte.

12 - NÃO ESQUECER DE PEDIR AOS ALUNOS A FOLHA DE DADOS DAS MEDIDAS  $\Delta t$ ,  $\Delta x$ ,  $t_i$  e  $v_i$  (vejam exemplo de folha de dados em anexo).

13 – Pedir para a próxima aula para trazerem a tabela de  $\Delta x$ ,  $t_i$ ,  $v_i$  e incerteza de  $v_i$ , bem como a fita.

## Segunda aula:

1- Discutir o significado dos coeficientes angular e linear obtidos do ajuste do gráfico  $v \times t$ .

Lembrem-se que, se usaram nos gráficos a unidade de tempo em “ut”, devemos transformar depois em *segundo* para determinar  $g$  em  $\text{cm/s}^2$ .

2 – Explicar o conceito de *simulação*, ensinando a calcular o valor de  $x$  esperado usando o valor de  $g$  obtido no ajuste de reta do gráfico  $v \times t$ . Em outras palavras, pedir para gerar uma tabela de  $x$  (usando  $g$  ajustado) e para colocar também esses pontos no gráfico já feito de  $x_i \times t_i$ .

3 – Explicar o conceito de *linearização* e pedir para fazer um gráfico de  $x$  por  $t^2$ . Pedir para que se obtenha o valor de  $g$  a partir de um ajuste de reta.

4 - Valores e a compatibilidade com o valor de  $g$  do IAG ( $978,642(11) \text{ cm/s}^2$ )

5 – Se der tempo (improvável) sugerir que se faça o gráfico de  $1/v$  x  $1/t$  com os dados da aula anterior. Se não der tempo, pelo menos discutir como obter o valor de  $1/f$  desse gráfico.