

Mecânica e Ondas

Trabalho de Laboratório

Estudo da trajetória parabólica dum grave

Objectivo

Estudo da queda dum grave numa trajetória parabólica, determinação da velocidade inicial, medição da aceleração gravítica g .

Resumo do processo experimental e da análise teórica

Parte da montagem experimental a utilizar está ilustrada na figura 1.



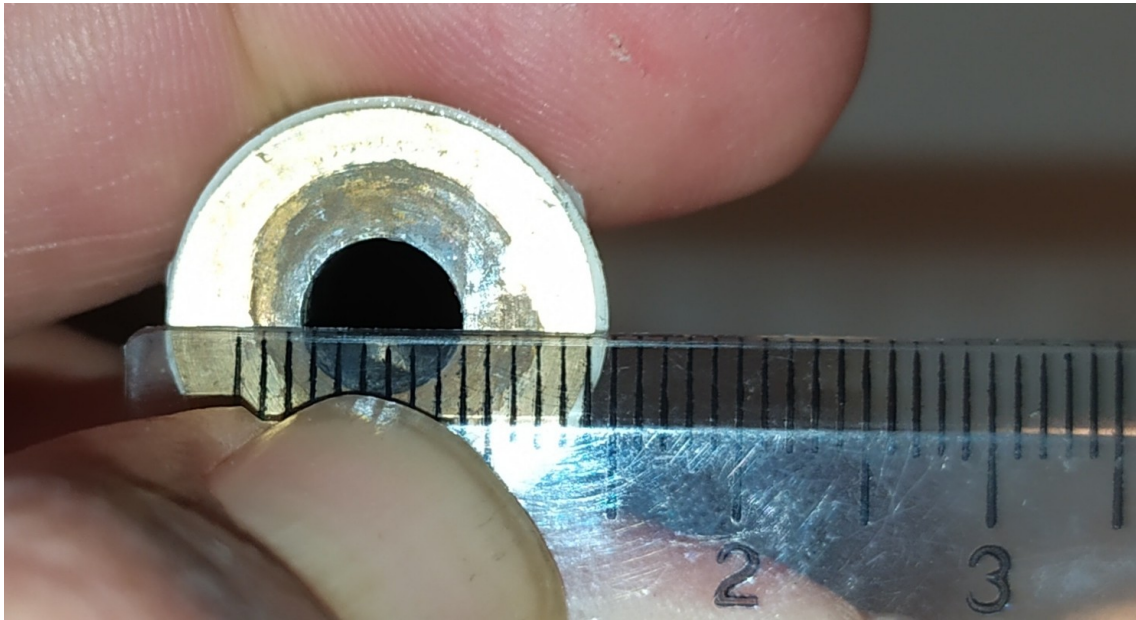


Figura 1: Fotos da montagem a utilizar

O sistema consiste num jato de água, com uma forma parabólica, lançado em frente a uma superfície com pontos de referência que possam servir para medir a trajetória. Neste exemplo usa-se o tubo dum chuveiro (do qual se desaparafusou o “telefone”) e uma parede com azulejos de 15cm.

É importante que a fotografia seja tirada de frente para não distorcer a imagem.

Deve também utilizar um recipiente para recolher a água e medir o seu volume.

Vamos supor que a água é lançada pelo tubo num jato com velocidade média inicial V_0 e com um ângulo α .

Se desprezarmos o atrito com o ar e as forças de ligação entre os elementos de volume de água, a única força que atua nos elementos de volume da água é o peso. Aplicando a 2ª Lei de Newton, a trajetória seguida corresponde à queda dum grave. No caso dum movimento a duas dimensões apenas, temos a solução, na componente horizontal (supomos que o ponto inicial está na origem (0,0) do referencial),

$$x(t) = V_0 \cos(\alpha) t,$$

e na componente vertical,

$$y(t) = V_0 \sin(\alpha) t - \frac{1}{2} g t^2$$

Substituindo o tempo, obtemos a equação da trajetória, $y=y(x)$,

$$y(x) = \tan(\alpha)x - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2(\alpha)} x^2 \quad (1)$$

Assim, se conseguirmos medir os dois coeficientes desta trajetória parabólica passando pela origem, com o primeiro termo conseguimos determinar o ângulo α e depois substituindo no segundo termo conseguimos determinar o rácio g/V_0^2 .

O nosso primeiro objetivo é medirmos a trajetória do grave. Para tal usamos um jato de água estático que conseguimos fotografar por exemplo com a câmara de um telemóvel. O jato deve fluir em frente a pontos numa parede cuja posição conhecemos. Podemos utilizar uma parede forrada a azulejos com tamanho conhecido, ou uma fita métrica.

Em seguida, pretendemos determinar o módulo da velocidade inicial da água V_0 . Sabendo esse valor conseguimos então medir a aceleração da gravidade g .

Para tal medimos primeiro o caudal Φ , em unidade de volume / unidade de tempo. Recolhemos a água por exemplo num balde. O volume Vol é medido com um recipiente de volume conhecido, por exemplo uma garrafa de plástico de água (por exemplo de 1,5l) e o tempo de enchimento t é medido com um cronómetro, disponível em qualquer telemóvel. Em seguida, determinamos a velocidade dividindo o caudal pela secção (superfície de corte) do jato, sendo S uma função do diâmetro do jato.

$$V_0 = \frac{\phi}{S} = \frac{4\phi}{\pi d^2}, \quad (2)$$

onde

$$\phi = \frac{Vol}{t} \quad (3)$$

Finalmente obtemos o valor da velocidade inicial da água V_0 com o qual conseguimos medir a aceleração da gravidade g .

Nota: se preferir pode utilizar outro dispositivo físico (por exemplo editando os frames dum vídeo dum projétil) desde que consiga atingir os mesmos objetivos.

Mecânica e Ondas

Relatório do Trabalho de Laboratório

Estudo da trajetória parabólica dum grave

Relatório *(a preencher em azul escuro,
sem apagar o que está escrito a preto)*

(imprima no formato pdf para enviar no fim da aula ao docente)

Data	Turno	Grupo
data de entrega	dia da semana e hora	

Nº	Nome	Curso

I. Fotos do grupo

Insira aqui as fotos do grupo a trabalhar com a montagem experimental, para comprovar que a experiência foi realizada pelos alunos. Como os alunos devem trabalhar remotamente, podem optar por mostrar fotografias separadas dos alunos.



Figura 1 – fotos do grupo, mostrando todos os elementos a trabalhar.

II. Introdução

II.1 - Objetivos

II.2 – Breve introdução teórica (*facultativa, não será avaliada*)

III. Montagem experimental

Insira aqui as fotos da montagem experimental. Deve incluir todo o equipamento que utiliza. Inclua uma tabela com o inventário de todo o equipamento utilizado.

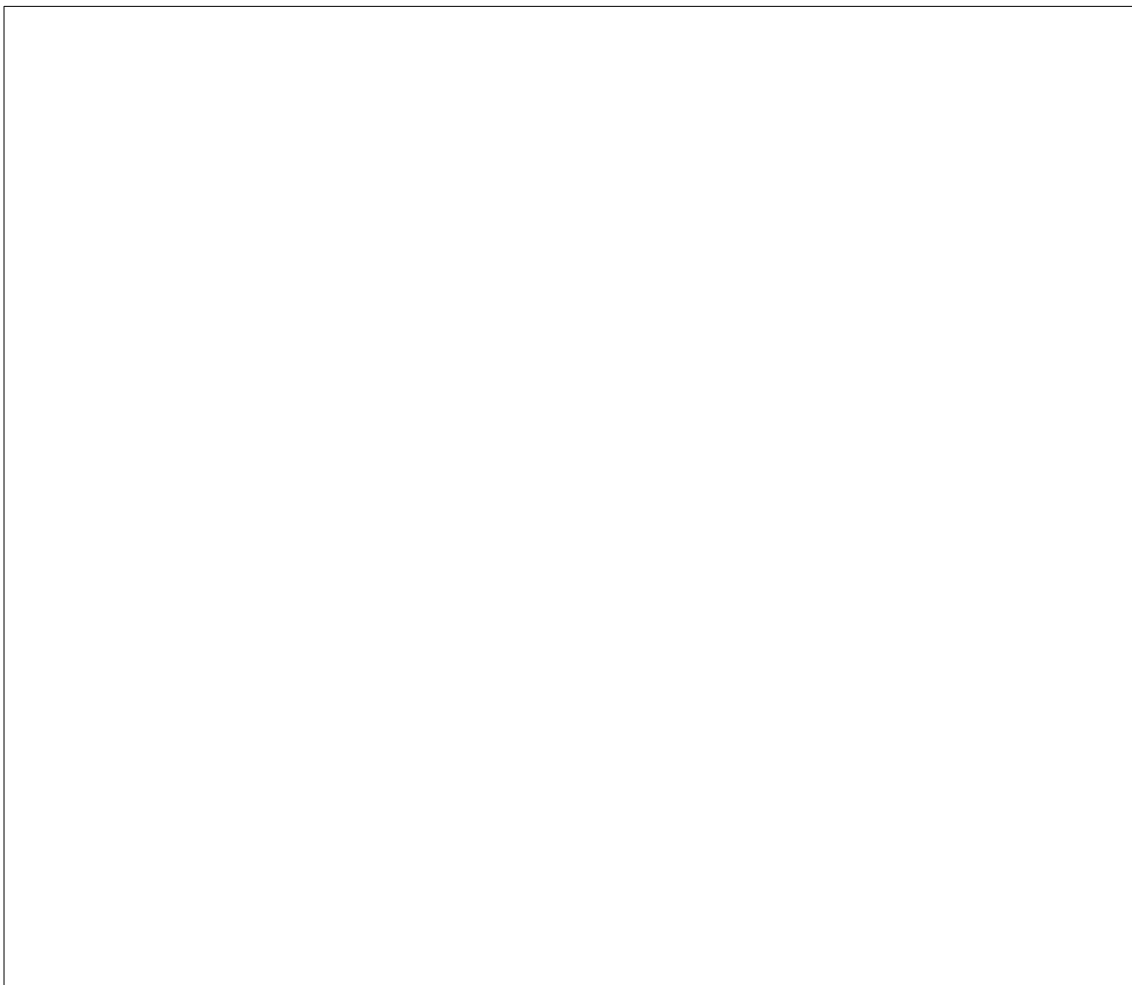


Figura 2 – Fotos da montagem experimental (pode utilizar mais páginas)

Tabela 1 – Inventário de todo o equipamento utilizado

IV. Tabelas de medições experimentais

Tabela 2 - Registo dos valores experimentais para a trajetória parabólica do jato. A partir de uma fotografia que apresentou na Fig. 2 (semelhante à da Fig. 1) tire vários pontos ao longo da parábola, sendo x a abcissa horizontal e y a ordenada vertical.

x (U. Fig.)	x (m)	$y_{inferior}$ (U. Fig.)	$y_{inferior}$ (m)	$y_{superior}$ (U. Fig.)	$y_{superior}$ (m)	y_{medio} (m)

Nota: tendo o jato uma certa espessura, determine as alturas y da parte superior e da parte inferior do jato, para as diferentes posições escolhidas no eixo do x . Calcule em seguida, na última coluna da tabela, a altura média.

Nota: a fotografia não tem a escala real, deve converter os valores medidos nas unidades da fotografia (U. Fig.) para metros. É necessário que a foto inclua uma escala métrica horizontal e outra vertical. (por exemplo o tamanho dos azulejos, ou marcações na parede com uma caneta de feltro não permanente, ou duas fitas métricas coladas na parede). Para medir na fotografia em unidades (U. Fig.) pode, por exemplo, utilizar um programa de edição de imagem ou então medi-la numa página impressa ou mesmo no ecrã do computador, usando uma régua.

Os dois fatores de conversão entre (u. Fig.) e (m) utilizados na tabela são,
 fator horizontal:

fator vertical:

Comente com o maior detalhe possível que técnica utilizou para medir as posições.

Nota: os cálculos de conversão de (U. Fig.) para metros podem ser todos feitos numa folha de cálculo – por exemplo excel, libre office ou google spreadsheets – nesse caso pode copiar diretamente a respetiva tabela.

Tabela 3 - Registo dos valores experimentais para o tempo de enchimento do recipiente.

	V (m)	t (s)	d (m)
1ª medição			
2ª medição			
3ª medição			
valor médio			

Nota: a fim de diminuir o erro repita algumas vezes a medição do tempo de enchimento do volume do recipiente, medindo também o diâmetro do jato de água à saída do tubo. Calcule em seguida, na última linha, os valores médios.

Nota: é importante obter pelo menos dois algarismos significativos para estas medições. Por exemplo para o cálculo do diâmetro pode aumentar a foto do diâmetro interior do tubo junto com uma régua para medir os décimos de milímetro.

Comente com o maior detalhe possível que técnicas utilizou para estas medições.

V. Cálculos dos resultados pedidos.

V.1 - Usando uma folha de cálculo – por exemplo excel, libre office ou google spreadsheets – ajuste o conjunto dos pontos (x,y) a um polinómio de 2º grau, o que equivale a uma parábola. Para tal, por exemplo no excel, deve seguir alguns passos:

- pintar duas colunas vizinhas usando a tecla shift,
- fazer ‘‘insert char’’,
- escolher o tipo de gráfico ‘‘xy (scatter)’’ para ter abcissas e ordenadas,
- no gráfico clicar num dos pontos com o lado direito do rato,
- escolher a opção ‘‘add trend line ‘‘
- nessa opção escolher o tipo de regressão ‘‘polinomial’’ de grau 2,
- mas abaixo escolher ‘‘show equation’’.

Deve então aparecer o gráfico com a curva do ajuste e a respetiva equação.

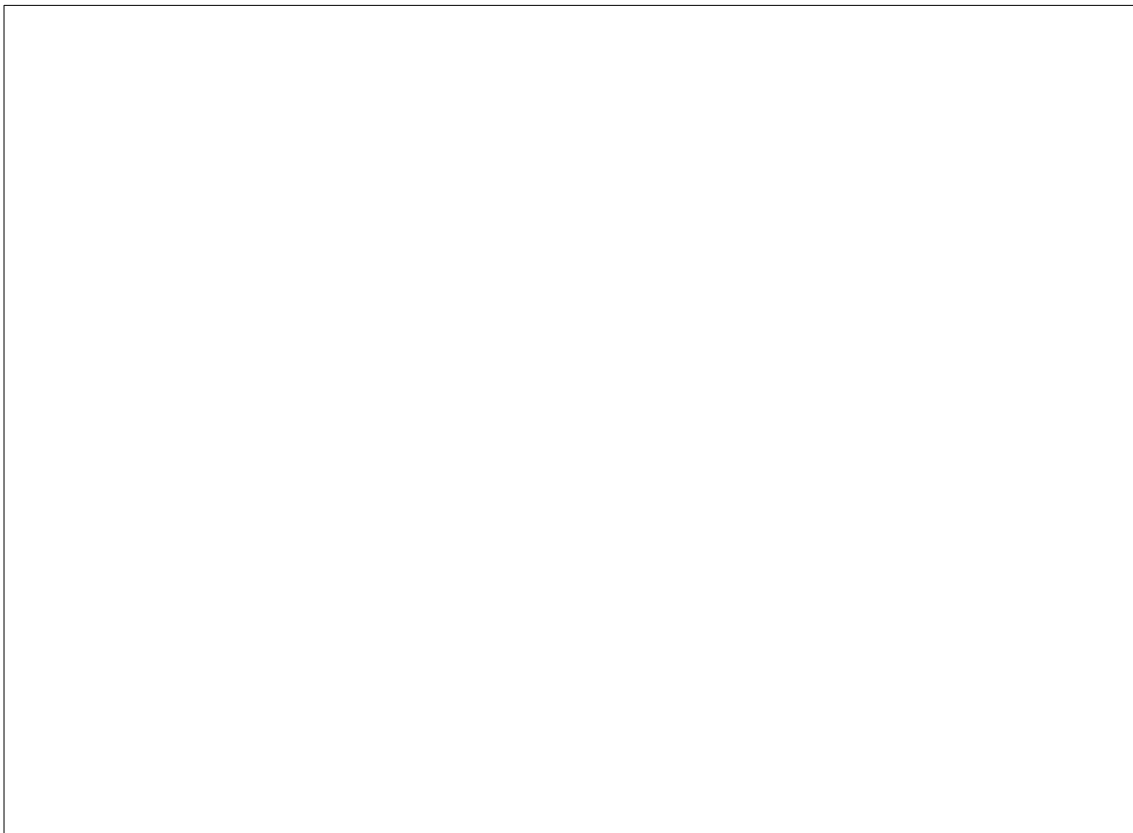


Figura 3 – Copie o gráfico da parábola média da folha de cálculo e cole aqui a respetiva imagem.

Transcreva também aqui a expressão da trajetória média na forma duma função $y=y(x)$:

Comente se a parábola tem o termo constante próximo de zero ou não (tal como deveria ter por passar pela origem (0,0)). Se assim for, pode de agora em diante desprezar este termo, de forma à equação da trajetória ter apenas dois parâmetros.

V.2 - Determine então o ângulo α e o rácio g/V_0^2 .

Que equação utilizou para determinar estes valores?

V.3 - Calcule o valor do caudal de enchimento do recipiente.

A partir do caudal Vol/t e do diâmetro inicial d do jato, para os valores médios, determine a velocidade inicial da água à saída do tubo.

V.4 - Determine então o valor da aceleração gravítica g .

Comente (quantitativamente) se este valor é próximo do valor correto para g à nossa latitude.

VI. Cálculo de erros

VI.1 - Repita todos os cálculos da secção anterior, considerando a curva correspondente a $y_{\text{superior}} = y_{\text{superior}}(\mathbf{x})$, notando aqui a expressão com parâmetros numéricos,

mostrando os cálculos que efetua até chegar a um novo valor de g_{superior} ,

Nota: considere o valor da velocidade inicial V_0 dado pelo caudal médio.

VI.2 - Repita de novo os cálculos, partindo agora dos valores de $y_{\text{inferior}} = y_{\text{inferior}}(\mathbf{x})$,

mostrando os cálculos que efetua até calcular um novo valor de g_{inferior} ,

VI.3 – Usando estes dois resultados, determine o valor médio para g e a respetiva barra de erro,

VII. Conclusão

Comente muito brevemente se conseguiu atingir os objetivos do trabalho, se o resultado médio é bom (quantitativamente), se o resultado esperado está dentro da barra de erro (quantitativamente), e como poderia melhorar os resultados.