

# Introdução às medidas físicas (4300152)

## Experimento 3 – Queda livre

### Considerações Teóricas

Um corpo abandonado a uma certa distância do solo, na ausência de outras forças (como as de atrito causadas pela viscosidade do ar, por exemplo), tem o seu movimento descrito como movimento retilíneo uniformemente acelerado. Orientando o eixo das posições ( $y$ ) do corpo verticalmente para baixo, em notação não vetorial, podemos escrever as equações do movimento como:

$$y=y_0+v_0t+\frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

$$v=v_0+gt \quad (2)$$

Se a origem das posições coincide com o início do movimento, devemos esperar  $y_0=0$ ; se o movimento se inicia do repouso,  $v_0=0$ . No experimento que vamos analisar (Queda Livre), esperamos que essas equações sejam válidas, com as condições iniciais descritas.

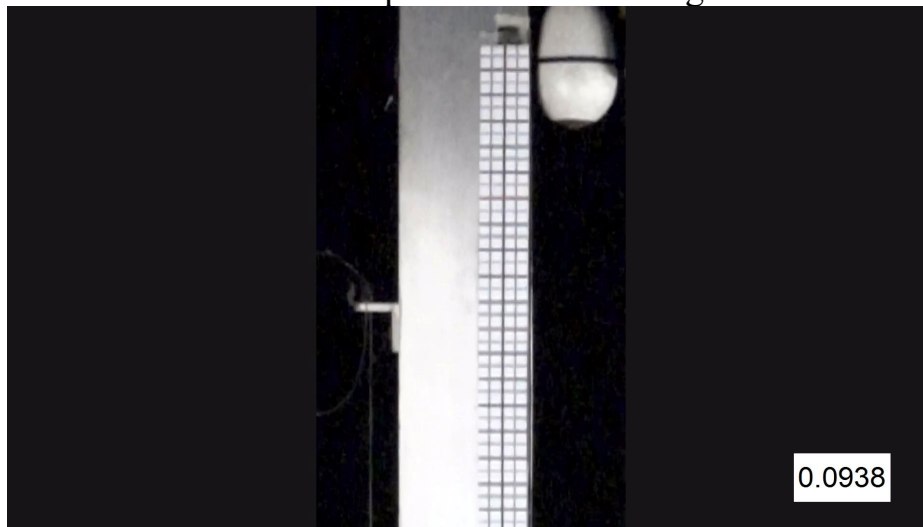
Um dos objetivos do experimento é verificar a validade das hipóteses de queda livre, determinando também a aceleração da gravidade. As equações (1) e (2) serão testadas, verificando-se, experimentalmente, se a velocidade cresce linearmente com o tempo de queda, e se a posição cresce com o quadrado do tempo de queda.

### Medidas Experimentais

Acesse o site

<http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/translacao/quedaLivre/quadros.php> para visualizar as imagens relativas ao seu conjunto de dados, como a mostrada na Figura 1. O corpo tem um formato aerodinâmico para diminuir o atrito com o ar durante a queda. As posições foram registradas com uma câmera muito rápida e um conjunto de fotos do movimento (os primeiros décimos de segundo) foi disponibilizado. Para toda a análise vamos considerar que os tempos marcados nas fotos têm incertezas desprezíveis.

Figura 1. Foto de uma das posições do corpo em queda livre obtido de Mecânica Experimental com Imagens



Na Tabela 1 apresente tanto os valores dos tempos das fotos do seu conjunto de dados como as respectivas posições  $y$  do corpo (medidas por você nas imagens pela posição superior do aro no centro do corpo na escala da imagem). Escreva os dados com as respectivas incertezas  $\Delta y$ . Vamos supor que a incerteza nos tempos é desprezível.

**CUIDADO COM A UNIDADE DE TEMPO NAS FOTOS – ALGUNS CASOS A UNIDADE É ds (0,1 s)**

Identifique o conjunto de dados usado: \_\_\_\_\_

Foto	Tempo (s)	Posição $y$ (cm)	$\Delta y$ (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabela 1: Medidas das posições do corpo em função do tempo.

Justifique as incertezas usadas na Tabela 1.

## Análise de dados

Usaremos dois métodos gráficos para estimar o valor da aceleração da gravidade ( $g$ ), lembrando que assumimos que as posições medidas do corpo em queda livre seguem as fórmulas de um movimento retilíneo uniformemente variado, no qual a velocidade inicial é  $v_0 = 0$  cm/s.

### Método 1:

Vamos determinar as velocidades instantâneas do corpo em queda usando uma propriedade dos movimentos com aceleração constante: a velocidade média em um intervalo de tempo  $[t_1, t_2]$  coincide com a velocidade instantânea no instante médio desse intervalo  $(t_1 + t_2)/2$ .

Ou seja, ao calcular  $\bar{v}([t_1, t_2]) = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}$  estamos obtendo um valor bastante aproximado para a velocidade instantânea em  $t_{\text{médio}} = ((t_1 + t_2)/2)$ .

Na Tabela 2 apresente os valores das velocidades instantâneas em função do tempo que serão usadas em gráfico de Velocidade em função tempo para estimar o valor de  $g$ . Na primeira metade da tabela use os intervalos de tempo 1-2, 3-4, 5-6, etc para o cálculo (para obter  $v$  instantânea 1). Na segunda metade (para obter  $v$  instantânea 2) use os intervalos 2-3, 4-5, 6-7, etc. Obtenha as incertezas ( $\Delta v$ ) por propagação e coloque na última coluna da tabela.

t médio 1 (s)	v instantânea 1 (cm/s)	$\Delta v$ (cm/s)	t médio 2 (s)	v instantânea 2 (cm/s)	$\Delta v$ (cm/s)

Tabela 2. Velocidade em função do tempo

Justifique as incertezas nos valores de velocidade instantânea.

Usando os valores da Tabela 2, faça dois gráficos da velocidade instantânea em função do tempo, incluindo as barras de incerteza. Coerentemente com as hipóteses do experimento, ajuste uma reta a cada gráfico de maneira a obter tanto o valor da aceleração da gravidade ( $g$ ) quanto o valor de  $v_0$  e suas respectivas incertezas. Apresente os resultados na tabela 3. LEMBRE-



Resultados do ajuste gráfico	
$g/2$ (cm/s <sup>2</sup> )	$\Delta g/2$
$y_0$ (cm)	$\Delta y_0$
$g$ (cm/s <sup>2</sup> )	$\Delta g$

Tabela 5. Coeficientes linear e angular para os ajustes de reta do gráfico posição x tempo ao quadrado e respectivo valor derivado de aceleração da gravidade (g).

## Discussão

1. O coeficiente linear ( $v_0$ ) que você obteve com o Método 1 é coerente com um movimento que se iniciou no repouso?
2. Como avaliar se  $v_0$  está dentro do esperado?
3. O coeficiente angular obtido nos dois gráficos do Método 1 é compatível com o valor da aceleração da gravidade? - O IAG obteve o valor de  $978,64 \pm 0,02$  cm/s<sup>2</sup> para a aceleração da gravidade fazendo uma medida bastante precisa. Tome este valor como o esperado para a cidade de São Paulo.
4. Com o Método 2, o coeficiente linear ( $y_0$ ) que você obteve é coerente com um movimento que se iniciou na origem?
5. O coeficiente angular obtido do gráfico do Método 2 ( $g/2$ ) forneceu um valor da aceleração da gravidade compatível com o valor esperado?
6. Compare os valores da aceleração da gravidade que obteve com os dois métodos nos gráficos de velocidade e posição e comente sobre os métodos usados para obter g graficamente.

Para todas as comparações numéricas e verificação de compatibilidade, utilizem o teste Z.