

QUEDA LIVRE E LANÇAMENTO HORIZONTAL

1. OBJETIVO:

- Verificar experimentalmente a trajetória de um projétil em um plano e obter a velocidade inicial do projétil no caso de um lançamento horizontal.
- Comparar fisicamente os movimentos de lançamento horizontal e queda livre.
- Medir a aceleração da gravidade local a partir do estudo do movimento de uma esfera em queda livre.

2. INTRODUÇÃO:

Ao longo do dia é muito comum observarmos o movimento de queda de objetos. Seja uma caneta que cai da mesa, um pingo de chuva que cai na terra ou mesmo uma folha seca que cai da árvore no inverno. Dessa forma, o estudo desse tipo de movimento se torna algo importante para o entendimento de processos tais como os exemplificados. Normalmente, num movimento de queda como esses, a força de atrito também influencia no movimento; entretanto, num tratamento mais simplificado, desconsiderando os efeitos desta força, pode-se dizer que a força peso é a responsável pela queda do objeto até o chão.

Nesta prática, se fará um estudo comparativo entre o movimento parabólico de um projétil lançado horizontalmente e o movimento de um corpo em queda livre (ou seja, sem velocidade horizontal).

Chama-se lançamento horizontal quando um corpo é lançado de uma certa altura velocidade inicial horizontal diferente de zero, conforme a figura 1. O movimento de uma bola caindo de uma mesa é descrito por esse tipo de lançamento.

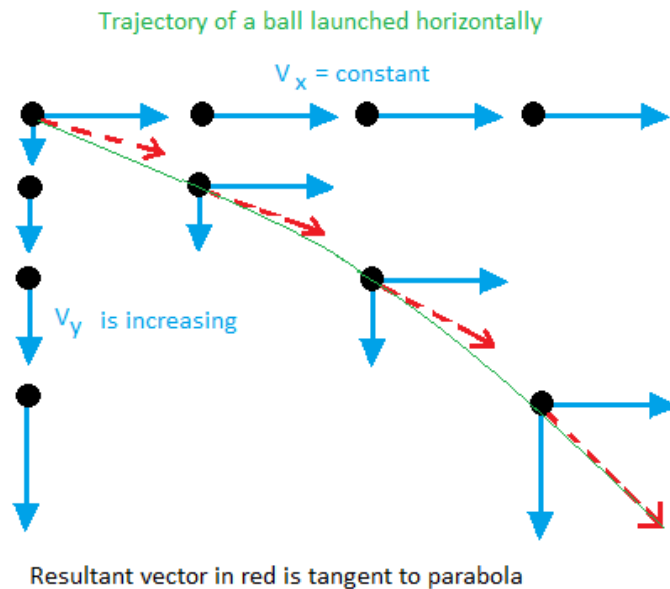


Figura 1: Lançamento horizontal de um projétil, com velocidade horizontal constante e sob efeito apenas da força da gravidade. Fonte da figura: <https://www.introduction-to-physics.com/projectile-launched-horizontally.html>

Vamos desconsiderar forças de dissipação: o projétil está sujeito apenas à força gravitacional que, num sistema de coordenadas cartesianas usual, é vertical para baixo. Portanto, podemos separar a análise da trajetória desse movimento nas duas direções:

- vertical (y). A componente vertical do vetor velocidade (v_y) é variável, pois nesta direção atua a aceleração da gravidade (g), sempre para baixo, oriunda da força gravitacional.

- horizontal (x): A componente horizontal do vetor velocidade (v_x) é constante pois nenhuma força (desprezando qualquer tipo de resistência) atua sobre o corpo nessa direção.

Assim, as equações para cada componente, adotando o eixo vertical (y) positivo orientado para baixo, são:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2. \quad (1)$$

Como na horizontal $a_x=0$ e na vertical $a_y=g$, teremos:

1) Horizontal: $x = x_0 + v_{0x} t \quad (2)$

2) Vertical: $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$

Notem que, se v_{0x} for nulo, o movimento na vertical será o que chamaremos simplesmente de “queda livre”, a queda simples de um objeto sem velocidade horizontal. Nesta prática, portanto, estudaremos os dois movimentos: o lançamento horizontal (que, no nosso caso, terá $v_{0y}=0$) e queda livre.

Parte 1: Lançamento Horizontal

3. METODOLOGIA:

MATERIAL UTILIZADO:

Calha, esfera, régua centimetrada, folha de papel carbono coberta com papel branco, fita adesiva, corda com peso na ponta (prumo), nível, papel milimetrado.

PROCEDIMENTOS:

A Figura 2 ilustra o aparato que será utilizado para a realização do experimento. A esfera será abandonada do topo de uma calha (ponto A). No ponto B, *tomado com a origem do sistema de referência* ($y_0=0$ e $x_0=0$), a esfera abandonará a calha e atingirá o piso no ponto C.

Vamos fazer uma tabela com medidas diferentes de y e de x , mantendo para cada conjunto de medidas a mesma configuração inicial. Para isso, selecione um valor para a altura y e a seguir solte a esfera sempre de uma altura h fixa. Com isso conseguiremos para cada lançamento a mesma velocidade inicial no final da calha (ponto B). O ponto em que a esfera se choca com o piso (ponto C) refere-se ao alcance x correspondente a esta altura y .

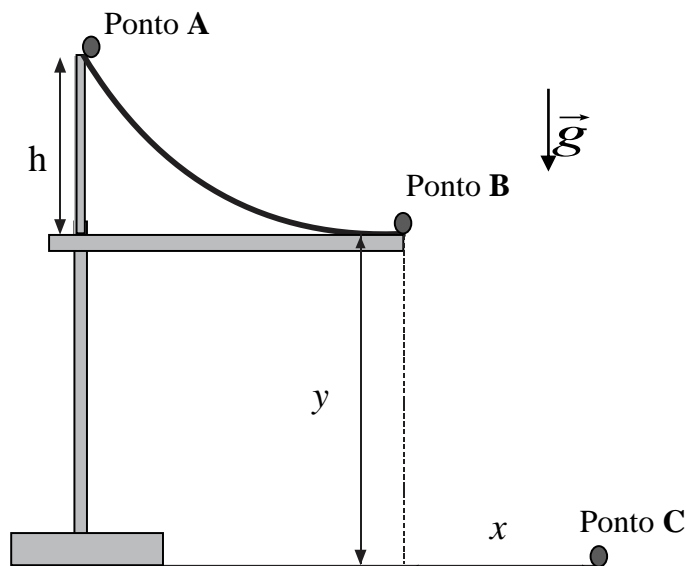


Figura 2- Esquema do aparato experimental.

Passos para a realização das medidas:

- Nivele a base horizontal da calha para garantir um lançamento horizontal ($v_{0y}=0$).
- Com o auxílio do prumo marque no piso o ponto $x_0=0$. Esse ponto deve ser sempre o mesmo em todas as medidas.
- Marque o ponto inicial de lançamento na calha (Ponto A).
- Utilizando um sensor de tempo (Photogate), obtenha o valor de v_{0x} (esperado).

v_{0x} (esperado) = _____

e) Faça um lançamento teste para um determinado y e onde a esfera tocar o piso coloque a folha de papel carbono coberta com papel branco. A esfera deixará uma marca no papel branco e através desta marca o valor de x poderá ser obtido.

f) Varie y 8 vezes e para cada valor de y faça 3 lançamentos. Meça com uma régua centimetrada o valor médio de x para cada y e complete a tabela a seguir.

y (cm)								
x (cm)								
$\bar{x} \pm \Delta x$ (cm)								
$x^2 \pm \Delta x^2$ (cm ²)								

4. ATIVIDADES:

- Faça um esboço do gráfico de y versus x . Que tipo de relação existe entre x e y ?
- Linearize o gráfico fazendo um gráfico de y versus x^2 em um papel milimetrado.
- Quais são os significados físicos da inclinação da reta e da interseção desta com o eixo vertical?

(**DICA:** Do movimento horizontal temos $t = x/v_{0x}$. Substituindo este tempo na equação (3) você pode obter uma equação para y em função de x^2 . Esta será a equação para a trajetória do projétil, deduzida a partir das equações dadas.)

- Adotando-se o valor de $g = (9,78 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$, determine a velocidade com que a esfera abandonou o extremo inferior da calha (v_{0x}).
- Compare o valor de v_{0x} obtido no item anterior com o obtido utilizando o sensor e discuta o resultado.**

Parte 2: Queda livre

1. METODOLOGIA:

MATERIAL UTILIZADO:

Dispositivo para medição de tempo, suportes, esferas e trena.

PROCEDIMENTOS:

Nesta prática deseja-se coletar dados de tempo de queda t referente à respectiva altura y da qual a esfera foi abandonada.

Passos para a realização das medidas:

- a) Disponha o equipamento como mostrado na Figura 2. Use uma esfera de 13 mm de diâmetro como o objeto em queda.

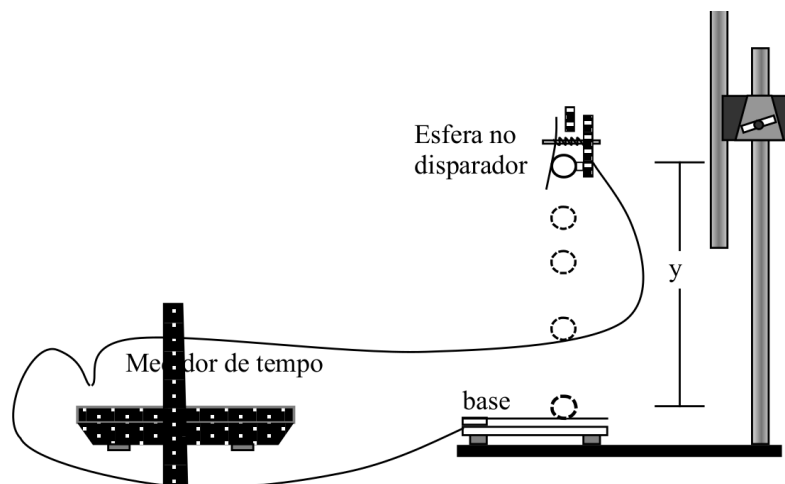


Figura 2- Esquema de montagem do equipamento para medição do tempo de queda da esfera.

- b) Ajuste a altura da qual a esfera cai até a base, em 1,80m. Meça tal altura e anote o valor na Tabela 1. Pressione o botão RESET no medidor de tempo e libere o parafuso do disparador tal que a esfera seja liberada. Anote o valor de tempo medido, t_1 , na Tabela 1. Repita a medida, anotando o correspondente valor t_2 . Calcule o valor médio do tempo, t_{med} , e anote na tabela.
- c) Repita o procedimento anterior para as diferentes alturas apresentadas na tabela.

Esfera	y (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	$t_{med} \pm \Delta t_{med}$ (s)	$t_{med}^2 \pm \Delta t_{med}^2$ (s ²)
Esfera de 13 mm	1,80				
	1,60				
	1,40				
	1,20				
	1,00				
	0,80				
	0,60				
	0,40				

Tabela 1: Dados coletados e calculados relativos à queda da esfera de 13mm de diâmetro.

- d) Repita os passos anteriores utilizando agora a esfera de 16 mm.

Esfera	y (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	$t_{med} \pm \Delta t_{med}$ (s)	$t_{med}^2 \pm \Delta t_{med}^2$ (s ²)
Esfera de 16 mm	1,80				
	1,60				
	1,40				
	1,20				
	1,00				
	0,80				
	0,60				
	0,40				

Tabela 2: Dados coletados e calculados relativos à queda da esfera de 16 mm de diâmetro.

2. ATIVIDADES:

- 1) Para cada esfera, faça um gráfico de y versus t_{med} no papel milimetrado. Faça os dois gráficos no mesmo papel e identifique com uma legenda apropriada. Qual a relação prevista entre y e t ? Discuta o comportamento obtido.
- 2) Linearize o gráfico relacionando, para cada esfera, y com t_{med} em um outro papel milimetrado. Fazendo a análise pela melhor reta visual e pela regressão linear, encontre, em cada caso, o relacionamento analítico entre as grandezas y e t_{med} . Faça os dois gráficos no mesmo papel e identifique com uma legenda apropriada.
- 3) A partir dos gráficos linearizados, responda:
 - 3.a) Qual o significado físico da interseção de cada reta com o eixo vertical? E do respectivo coeficiente angular?
 - 3.b.) A aceleração é constante para cada esfera? Como se conclui isso a partir dos gráficos?
- 4) A partir de sua resposta anterior e dos dados obtidos, determine a aceleração da gravidade local. A aceleração obtida foi a mesma para cada esfera?
- 5) Adotando $g = (9,78 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$ como sendo o valor esperado para a aceleração da gravidade local, qual o erro relativo percentual obtido?
- 6) Descreva o experimento e discuta sobre seus resultados. Sob que condições os resultados obtidos são válidos? Como os erros experimentais afetam as conclusões?

Última pergunta: como comparar os tempos necessários para cada corpo completar sua trajetória em cada experimento? Compare os tempos para a queda livre e o lançamento horizontal a uma mesma altura aproximada y e discuta.