# Movimento vertical no vácuo

Dizem que, por volta de 1590, Galileu Galilei subiu ao alto da Torre de Pisa e de lá abandonou, simultaneamente, duas pequenas esferas de massas diferentes. Elas chegaram juntas ao solo. Galileu concluiu então que elas foram igualmente aceleradas, embora fossem de massas diferentes.

No final do século XVI, portanto, o homem percebeu que todo corpo abandonado em queda livre (desprezando a resistência do ar) cai com uma aceleração aproximadamente constante (desprezam-se variações na altitude e outros efeitos) quando próximo da superfície da Terra. Essa aceleração foi chamada de *aceleração da gravidade* e representada por ***g***. Seu valor a uma latitude de 45º e ao nível do mar é:

$$\boxed{g = 9{,}80655\ m/s^2}$$

A famosa demonstração de Galileu.

**Galileu Galilei** nasceu em Pisa, em 1564. Em 1632, quando já existia na Itália uma carregada atmosfera de perseguição cultural, iniciada por **Urbano VIII**, Galileu publicou uma obra confirmando a teoria de Copérnico. O conteúdo desse trabalho foi considerado pela Igreja Católica uma heresia, e Galileu passou a ser perseguido pela Santa Inquisição.

Em 1633, foi convocado para se apresentar em Roma e obrigado a desmentir publicamente o que dissera, sendo condenado ao exílio. Somente em 1992 a Igreja Católica, através de João Paulo II, reconheceu seu erro e absolveu Galileu de suas ‘heresias”.

Galileu Galilei

Urbano VIII

*"Abjuro, amaldiçoo e detesto os supraditos erros e heresias, e geralmente qualquer outro erro, heresia e seita contrária à Santa Igreja."*

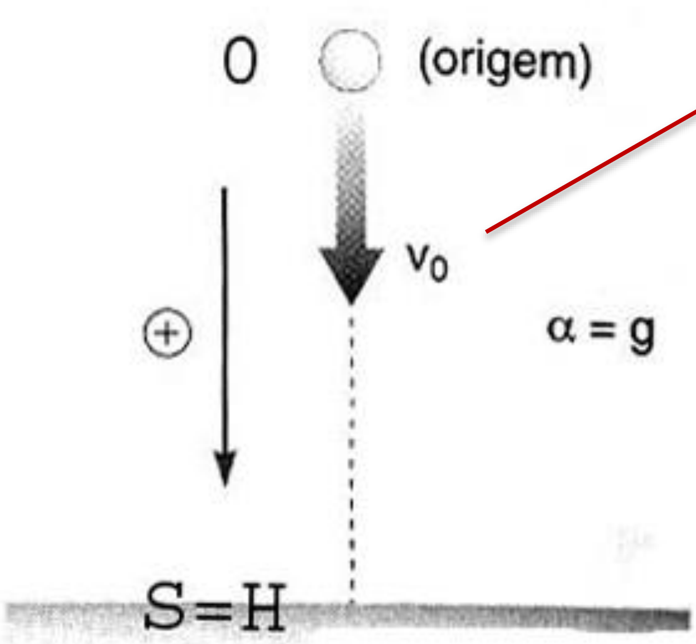
*Galileu Galileu em Roma, 1633*

- Obs.: David Scott (missão Apollo 15) na superfície da Lua, em 1971

# ✓ A queda livre dos corpos

Todo corpo em movimento vertical para baixo tem aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. O que percebemos então é que a queda livre trata-se de um ***movimento uniformemente variado na vertical*** com aceleração igual a ***g***.

## ✓ *Equacionamento*




lançamento vertical para baixo ($v_0 \neq 0$)

Para as equações horarias do **MUV** temos:

$$v = v_0 + at \Rightarrow \boxed{v = v_0 + gt}$$

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{a}{2}t^2 \Rightarrow \boxed{S = v_0 t + \frac{g}{2}t^2}$$

# ✓ Lançamento vertical para cima

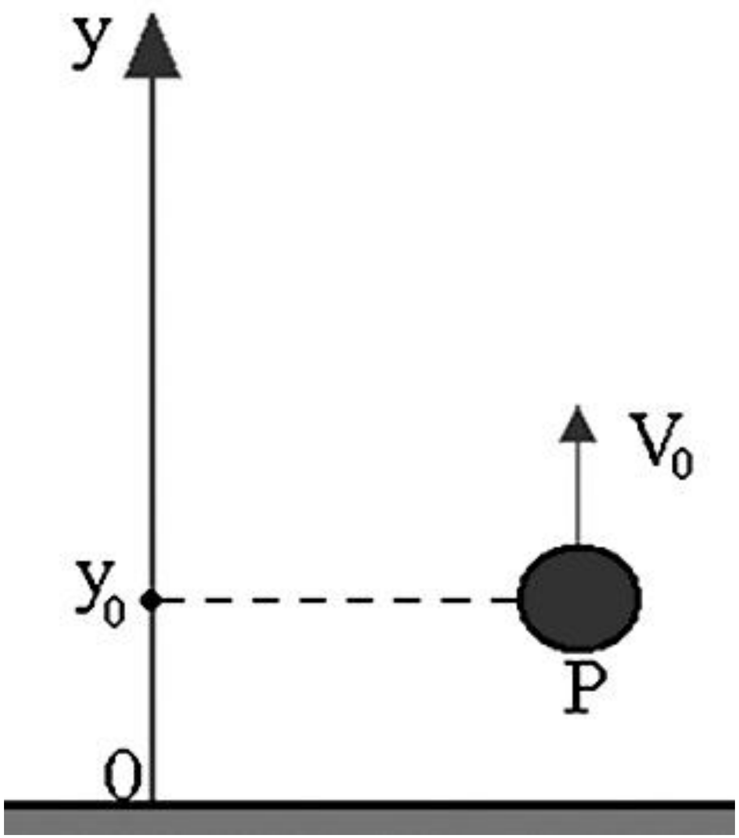
Um corpo, ao ser lançado verticalmente para cima e desprezando-se a resistência do ar, passa por duas etapas (lembrando que nesse movimento ele possui aceleração igual à aceleração da gravidade ***g***):

*1ª etapa*: durante a subida o movimento é ***retardado***. O módulo da velocidade inicial vai diminuindo até chegar a zero, quando o corpo atinge sua altura máxima. Logo, no ponto de altura máxima: $v = 0$.

*2ª etapa*: durante a descida, o movimento é ***acelerado***. Nessa situação o módulo da velocidade vai aumentando.

ponto mais alto ($v = 0$)

## ✓ *Equacionamento*




- Obs.: durante todo o trajeto ***a = – g***

Para as equações horarias do **MUV** temos:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow \boxed{S = S_0 + v_0 t - \frac{g}{2} t^2}$$

$$v = v_0 + at \Rightarrow \boxed{v = v_0 - gt}$$

no ponto mais alto *v* = 0

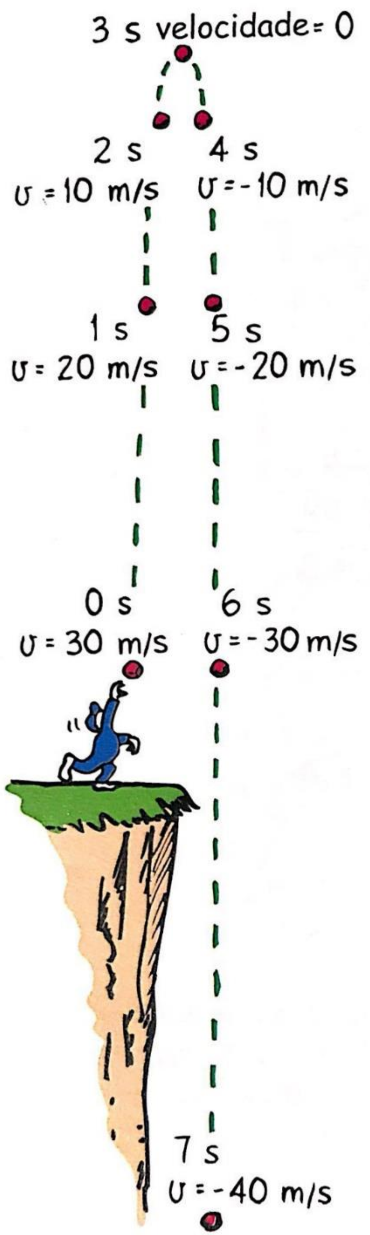
### ✓ *Propriedades do lançamento vertical para cima*

***1ª propriedade*:** um corpo, quando lançado verticalmente para cima, passa duas vezes por um mesmo ponto: uma vez subindo e outra descendo. Pode-se demonstrar que ele passa por essa posição com a mesma velocidade escalar, em módulo, ou seja:

$$\boxed{v_{sub} = -v_{des}}$$

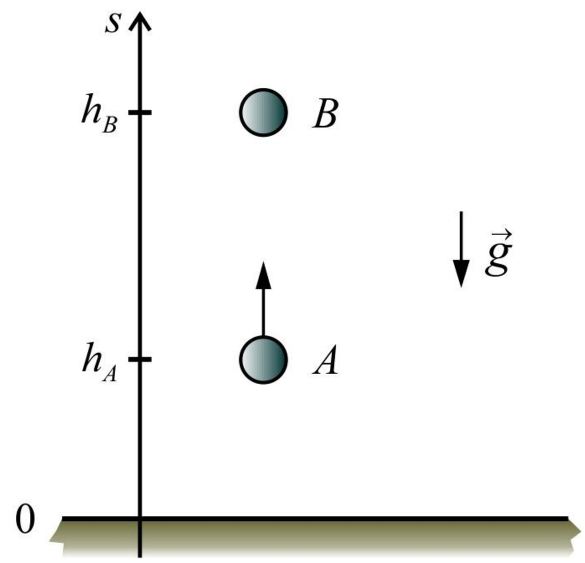
***2ª propriedade*:** a contar do ponto de lançamento, o intervalo de tempo que o corpo "gasta" para subir é o mesmo que ele "gasta" para descer. Ou seja, se ele percorrer um certo trajeto *AB* durante a subida e levar para isso um tempo $\Delta t_{sub}$, na descida ele levará o mesmo tempo para percorrer o trajeto *BA*. Logo:

$$\boxed{\Delta t_{sub} = \Delta t_{des}}$$



➢ Obs.: demonstração das propriedades do lançamento vertical para cima

**1ª propriedade** $\boxed{v_{sub} = -v_{des}}$




$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S \Rightarrow v_2^2 = v_1^2 + 2a.0 \Rightarrow v_2 = \pm v_1$$

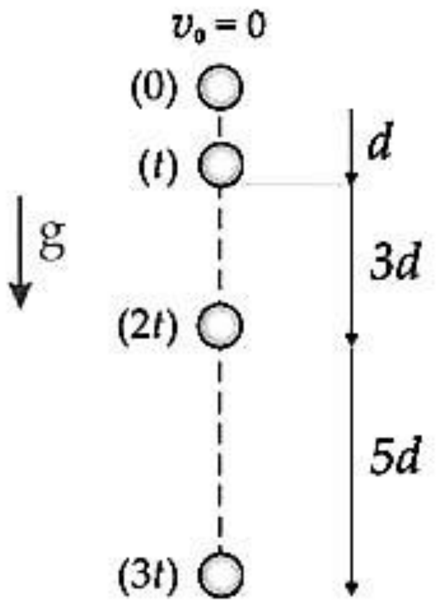
**2ª propriedade** $\boxed{\Delta t_{sub} = \Delta t_{des}}$

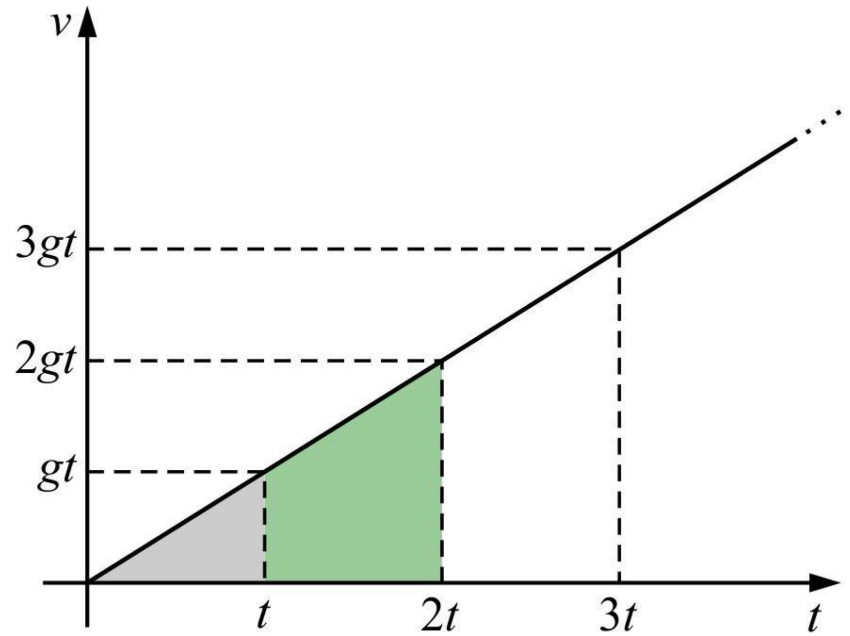
Na subida: $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -g = \dfrac{v_B - v_A}{\Delta t_{sub}} \Rightarrow \Delta t_{sub} = \dfrac{v_A - v_B}{g}$

Na descida: $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -g = \dfrac{-v_A - (-v_B)}{\Delta t_{des}} \Rightarrow \Delta t_{des} = \dfrac{v_A - v_B}{g}$

✓ ***Regra de Galileu***

Para qualquer MUV com $v_0 = 0$, os espaços percorridos (**em intervalos de tempo iguais**) são proporcionais a d, 3d, 5d, ...




De acordo com a propriedade dos gráficos velocidade versus tempo, temos:

- para o instante **t**:

$$\Delta S \overset{N}{=} Área \overset{N}{=} \frac{b.h}{2} \Rightarrow |\Delta S| = \frac{t.gt}{2} = \frac{gt^2}{2} = d$$

- para o intervalo entre **t** e **2t**:

$$\Delta S \overset{N}{=} Área \overset{N}{=} \frac{(B+b)h}{2} \Rightarrow |\Delta S| = \frac{(2gt+gt)t}{2} = \frac{3gt^2}{2} = 3d$$