

## Movimento Vertical no Vácuo

- No vácuo, quando temos ausência da resistência do ar, o corpo sofre a ação da aceleração da gravidade, considerada constante, o que torna o movimento vertical no vácuo um caso de movimento uniformemente variado.

**Função Horária do Espaço:**

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

**Função Horária da Velocidade:**

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

**Equação de Torricelli:**

$$V = V_0 + at$$

nas equações acima, podemos substituir por:

$a = -g$ , quando a trajetória é orientada para cima.

$a = +g$ , quando a trajetória é orientada para baixo.

No qual  $g$  é a aceleração da gravidade, igual a  $9.8\text{m/s}^2$

Podemos também considerar as seguintes equações para o movimento vertical no vácuo:

**Altura máxima:**

$$h_{\text{máx}} = \frac{V_0^2}{2g}$$

no qual a  $h_{\text{máx}}$  é a altura máxima.

Tempo de subida: 
$$t_s = \frac{V_0}{g}$$

No qual  $t_s$  é o tempo que o corpo leva para subir.

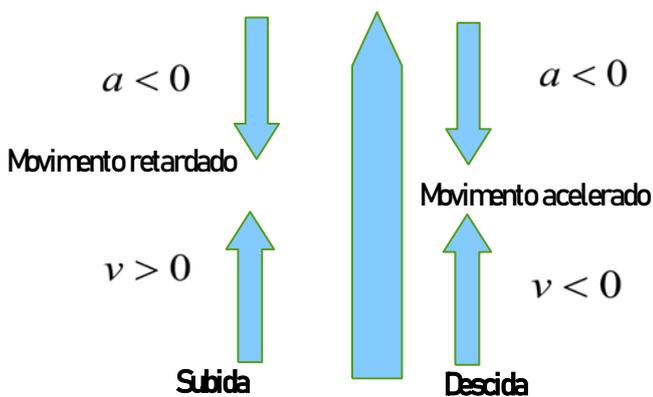
Velocidade ao passar por uma altura qualquer: 
$$V_0 = \pm \sqrt{V_0^2 - 2gh}$$

É importante notar os sinais de mais e menos na frente da raiz quadrada. Isso ocorre devido ao corpo passar pelo mesmo lugar duas vezes, uma vez na subida e outra na descida.

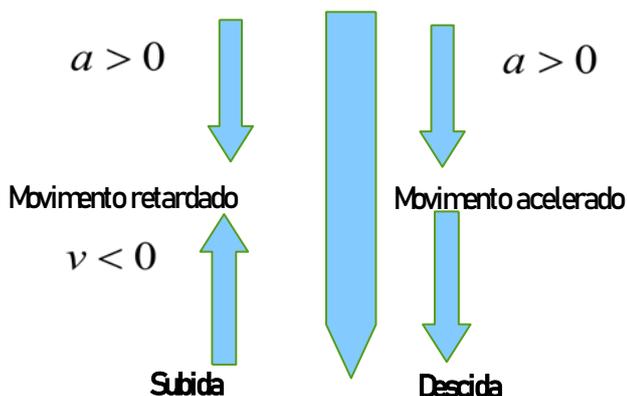
Tempo de subida e descida entre dois pontos de alturas iguais:

$$t_s = t_d$$

**Classificações do movimento:** assim como no MUV aqui também podemos classificar o movimento com base nos valores de aceleração e velocidade.

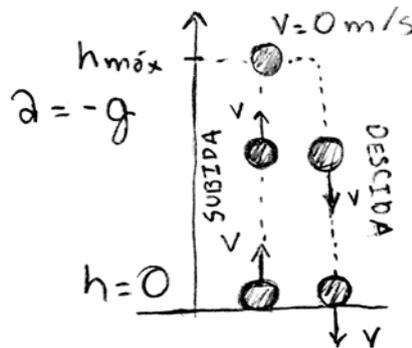


Classificações do movimento quando o lançamento vertical é feito com orientação positiva para cima.



Classificações do movimento quando o lançamento vertical é feito com orientação positiva para baixo.

Outro ponto importante de comentar é o valor da velocidade na altura máxima. Quando o corpo atinge a altura máxima sua velocidade, naquele instante, passa a ser zero e o sentido da velocidade troca.



## Exercícios

**4 UFRJ 2001** Um paraquedista radical pretende atingir a velocidade do som. Para isso, seu plano é saltar de um balão estacionário na alta atmosfera, equipado com roupas pressurizadas. Como nessa altitude o ar é muito rarefeito, a força de resistência do ar é desprezível. Suponha que a velocidade inicial do paraquedista em relação ao balão seja nula e que a aceleração da gravidade seja igual a  $10 \text{ m/s}^2$ . A velocidade do som nessa altitude é  $300 \text{ m/s}$ . Calcule:

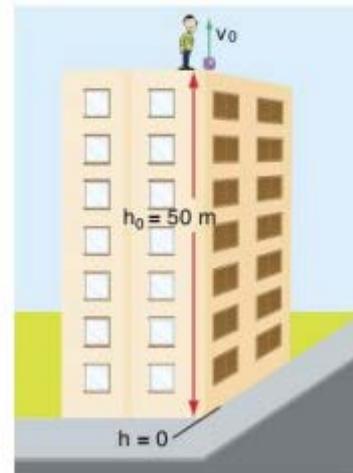
- em quanto tempo ele atinge a velocidade do som.
- a distância percorrida nesse intervalo de tempo.

**17 PUC-MG** Um astronauta lança, na Lua, um objeto verticalmente para cima, com velocidade inicial de  $8,0 \text{ m/s}$ . O tempo de subida até alcançar a altura máxima foi de  $5,0 \text{ s}$ . Se o lançamento do objeto fosse feito na superfície da Terra, desprezando a resistência do ar, com a mesma velocidade inicial com que foi lançado na Lua, poderíamos fazer as seguintes afirmações, exceto:

- a altura máxima alcançada na Terra seria menor do que a que foi alcançada na Lua.
- o tempo de subida seria o mesmo nas duas situações.
- o módulo da aceleração da gravidade na Lua é menor do que na Terra.
- em um mesmo astro, o tempo de subida é igual ao tempo de descida.
- na altura máxima, tanto na Lua quanto na Terra, a velocidade do objeto é nula.

**19 Vunesp** Uma experiência simples, realizada com a participação de duas pessoas, permite medir o tempo de reação de um indivíduo. Para isso, uma delas segura uma régua de madeira, de  $1 \text{ m}$  de comprimento, por uma de suas extremidades, mantendo-a pendente na direção vertical. Em seguida, pede ao colega para colocar os dedos em torno da régua, sem tocá-la, próximos da marca correspondente a  $50 \text{ cm}$ , e o instrui para agarrá-la tão logo perceba que foi solta. Mostre como, a partir da aceleração da gravidade ( $g$ ) e da distância ( $d$ ) percorrida pela régua na queda, é possível calcular o tempo de reação dessa pessoa.

**23 CEFET-MG (Adapt.)** Um objeto é lançado, verticalmente para cima, do alto de um prédio de altura  $h_0 = 50 \text{ m}$ , com uma velocidade inicial  $v_0 = 15 \text{ m/s}$ .

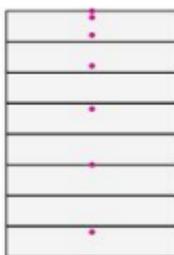


Calcule:

- o tempo gasto para alcançar a altura máxima.
- a velocidade  $4 \text{ s}$  após o lançamento.
- sua posição em relação ao nível  $h = 0$ , no instante  $4 \text{ s}$  após o lançamento.
- sua velocidade em  $h = 0$ .

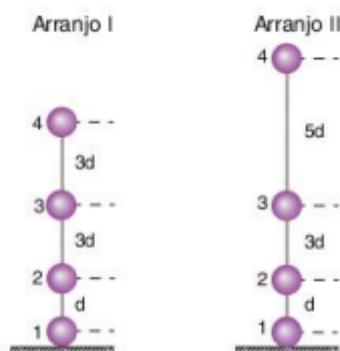
**34 UFBA** Um corpo é lançado verticalmente para cima com velocidade  $v_0$ . Ao atingir sua altitude máxima igual a  $100 \text{ m}$ , um segundo corpo é lançado do mesmo local e com velocidade inicial igual ao primeiro. Determine a altura  $h$  em que os corpos se encontram. Despreze a resistência do ar.

**21 Faap** Em um planeta, um astronauta faz a seguinte experiência: abandona uma bola na frente de uma tela vertical que possui marcadas linhas horizontais, separadas por 50 cm; simultaneamente é acionada uma máquina fotográfica de *flash* múltiplo, onde o intervalo entre os *flashes* é de 0,1 s. A partir da fotografia da queda da bola, indicada na figura, o astronauta calcula o módulo da aceleração da gravidade. Qual é o valor encontrado?



**35 UFF 2008** Em um dos seus projetos, o Grupo de Ensino do Instituto de Física da UFF desenvolve atividades que permitam a alunos com deficiências visuais terem experiências sensoriais diretas de fenômenos físicos. Numa dessas atividades, objetos pesados são presos a um barbante, separados por distâncias bem definidas. Inicialmente, o conjunto é mantido na vertical, segurando-se o objeto mais alto e mantendo-se o mais baixo no chão. Em seguida, o conjunto é solto, permitindo que o aluno ouça os sons emitidos ao fim da queda de cada objeto. Dois destes arranjos, chamados I e II, são mostrados na figura abaixo. Em ambos os arranjos as distâncias entre os objetos 1 e 2 e 2 e 3 são, respectivamente, iguais a  $d$  e  $3d$ . No arranjo I a distância entre os objetos 3 e 4 é  $3d$ , enquanto no arranjo II a distância entre eles é  $5d$ .

Escolha a alternativa que exibe corretamente a relação entre os intervalos de tempo decorridos entre os sons emitidos pela chegada ao chão dos objetos 2 e 3 ( $T$ ) e 3 e 4 ( $T'$ ) nos 2 arranjos.



- |     | Arranjo I | Arranjo II |
|-----|-----------|------------|
| (a) | $T < T'$  | $T = T'$   |
| (b) | $T = T'$  | $T < T'$   |
| (c) | $T = T'$  | $T > T'$   |
| (d) | $T > T'$  | $T < T'$   |
| (e) | $T > T'$  | $T = T'$   |