

Academia da Força Aérea

# AERONÁUTICA

**Oficiais Aviadores, Intendentes e de Infantaria**

# SUMÁRIO

FÍSICA .....	15
■ CINEMÁTICA ESCALAR.....	15
MOVIMENTO UNIFORME .....	15
MOVIMENTO COM VELOCIDADE ESCALAR VARIÁVEL.....	15
MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO .....	15
MOVIMENTO VERTICAL NO VÁCUO .....	16
GRÁFICOS DO MOVIMENTO UNIFORME E DO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO .....	17
■ VETORES E GRANDEZAS VETORIAIS: CINEMÁTICA VETORIAL .....	19
VETORES .....	19
VELOCIDADE E ACELERAÇÃO VETORIAIS .....	21
MOVIMENTOS CIRCULARES .....	21
LANÇAMENTO HORIZONTAL E LANÇAMENTO OBLÍQUO NO VÁCUO .....	22
■ DINÂMICA.....	23
PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS: LEIS DE NEWTON.....	23
FORÇAS DE ATRITO.....	26
FORÇAS EM TRAJETÓRIA CURVILÍNEAS.....	26
TRABALHO E ENERGIA .....	27
IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO .....	28
GRAVITAÇÃO UNIVERSAL .....	28
■ ESTÁTICA.....	29
EQUILÍBRIO DO PONTO MATERIAL.....	29
EQUILÍBRIO DOS CORPOS EXTENSOS .....	29
■ HIDROSTÁTICA .....	30
MASSA .....	30
■ TERMOLOGIA .....	35
INTRODUÇÃO À TERMOLOGIA.....	35
TERMOMETRIA.....	35

DILATAÇÃO TÉRMICA DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS.....	35
■ CALOR .....	38
CALORIMETRIA .....	38
MUDANÇAS DE FASE.....	38
DIAGRAMAS DE FASE.....	41
PROPAGAÇÃO DO CALOR.....	41
■ TERMODINÂMICA.....	43
ESTUDO DOS GASES .....	43
AS LEIS DA TERMODINÂMICA .....	46
■ ÓPTICA.....	48
ÓPTICA GEOMÉTRICA .....	48
REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS.....	50
ESPELHOS ESFÉRICOS .....	50
REFRAÇÃO LUMINOSA .....	52
LENDES ESFÉRICAS DELGADAS.....	53
INSTRUMENTOS ÓPTICOS.....	54
■ ONDAS.....	55
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS).....	55
ONDAS.....	59
INTERFERÊNCIA DE ONDAS .....	60
ONDAS SONORAS.....	60
■ ELETROSTÁTICA.....	63
ELETRIZAÇÃO E FORÇA ELÉTRICA.....	63
CAMPO ELÉTRICO, TRABALHO E POTENCIAL ELÉTRICO .....	64
CONDUTORES EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO.....	65
CAPACITÂNCIA ELETROSTÁTICA E CAPACITORES.....	66
■ ELETRODINÂMICA.....	66
CORRENTE ELÉTRICA .....	66
RESISTORES .....	66
MEDIDAS ELÉTRICAS.....	67

GERADORES E RECEPTORES ELÉTRICOS.....	67
■ ELETROMAGNETISMO.....	68
CAMPO MAGNÉTICO.....	69
FORÇA MAGNÉTICA.....	69
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	69
■ FÍSICA MODERNA.....	70
NOÇÕES DE FÍSICA QUÂNTICA.....	70
Energia e Quantidade de Movimento.....	70
TEORIA DOS QUANTA.....	71
EFEITO FOTOELÉTRICO E CÉLULA FOTOELÉTRICA.....	72
O ÁTOMO DE BOHR.....	74
DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA: A HIPÓTESE DE BROGLIE.....	75
PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG.....	75
A NATUREZA “DUAL” DA LUZ.....	76
RELATIVIDADE ESPECIAL.....	77
RELATIVIDADE NA FÍSICA CLÁSSICA.....	77
RELATIVIDADE GALILEANA.....	77
EXPERIÊNCIA DE MICHELSON-MORLEY.....	80
RELATIVIDADE DE EINSTEIN.....	81
POSTULADOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL.....	82
MODIFICAÇÕES NA RELATIVIDADE GALILEANA.....	82
CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO.....	82
DILATAÇÃO DO TEMPO.....	83
COMPOSIÇÃO RELATIVÍSTICA DE VELOCIDADE.....	83
MATEMÁTICA.....	93
■ NOÇÕES DE CONJUNTOS.....	93
IGUALDADE DE CONJUNTOS.....	93
SUBCONJUNTOS.....	93
OPERAÇÕES COM CONJUNTOS: INTERSEÇÃO, REUNIÃO, DIFERENÇA E COMPLEMENTAR.....	94

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	96
<b>CONJUNTOS NUMÉRICOS: PROPRIEDADES, OPERAÇÕES E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....</b>	<b>98</b>
NATURAIS .....	98
INTEIROS.....	98
RACIONAIS.....	100
IRRACIONAIS .....	102
REAIS .....	104
INTERVALOS REAIS.....	104
<b>FUNÇÕES .....</b>	<b>104</b>
NOÇÃO INTUITIVA, DEFINIÇÃO E NOTAÇÃO DE FUNÇÃO .....	104
DOMÍNIO, IMAGEM E CONTRADOMÍNIO .....	105
CRESCIMENTO E DECRESCIMENTO DE FUNÇÃO: ANÁLISE DE GRÁFICO.....	105
PARIDADE DE FUNÇÃO.....	106
FUNÇÃO: SOBREJETORA, INJETORA E BIJETORAS .....	106
COMPOSIÇÃO DE FUNÇÃO.....	107
FUNÇÃO AFIM.....	107
Definição, Gráfico, Equações, Inequações e Resolução de Problemas.....	107
FUNÇÃO QUADRÁTICA .....	109
Definição, Gráfico, Equações, Inequações e Resolução de Problemas.....	109
FUNÇÃO MODULAR.....	113
Definição, Gráfico, Equações, Inequações e Resolução de Problemas.....	113
FUNÇÃO EXPONENCIAL .....	114
Definição, Gráfico, Equações, Inequações e Resolução de Problemas.....	114
LOGARITMO E FUNÇÃO LOGARÍTMICA: DEFINIÇÃO, PROPRIEDADES E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	115
FUNÇÃO RECÍPROCA E FUNÇÃO INVERSA.....	120
Definição, Gráfico, Equações, Inequações e Resolução de Problemas.....	120
<b>SEQUÊNCIAS .....</b>	<b>121</b>
DEFINIÇÃO .....	121
SEQUÊNCIAS NUMÉRICAS ALTERNADAS.....	121

PROGRESSÕES ARITMÉTICAS.....	121
PROGRESSÕES GEOMÉTRICAS .....	123
<b>■ TRIGONOMETRIA.....</b>	<b>124</b>
<b>RELAÇÕES FUNDAMENTAIS E FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS INVERSAS:   RELAÇÕES DE IDENTIDADE .....</b>	<b>124</b>
ARCOS E ÂNGULOS .....	125
CICLO TRIGONOMÉTRICO .....	126
ARCO TRIGONOMÉTRICO.....	126
REDUÇÃO AO 1° QUADRANTE.....	126
TABELA DOS ARCOS .....	127
CIRCUNFERÊNCIA TRIGONOMÉTRICA: FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS .....	128
TRANSFORMAÇÕES.....	133
<b>RELAÇÕES MÉTRICAS NO TRIÂNGULO QUALQUER: LEI DOS SENOS,   LEI DOS COSENOS E ÁREA .....</b>	<b>137</b>
<b>■ MATRIZES, DETERMINANTES E SISTEMAS LINEARES .....</b>	<b>138</b>
MATRIZ: CONCEITO, TIPOS ESPECIAIS, OPERAÇÕES E INVERSA.....	138
DETERMINANTES: CONCEITO, RESOLUÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES .....	143
SISTEMAS LINEARES: RESOLUÇÃO E DISCUSSÃO.....	146
<b>■ GEOMETRIA ESPACIAL .....</b>	<b>153</b>
POLIEDROS CONVEXOS E NÃO CONVEXOS.....	153
POLIEDROS DE PLATÃO.....	153
PRISMAS: ELEMENTOS, CLASSIFICAÇÃO, CÁLCULO DE ÁREA E VOLUME .....	155
<b>PIRÂMIDE E TRONCO DE PIRÂMIDE: ELEMENTOS, CLASSIFICAÇÃO,   CÁLCULO DE ÁREA E VOLUME .....</b>	<b>156</b>
<b>CILINDRO: ELEMENTOS, CLASSIFICAÇÃO, SEÇÃO LONGITUDINAL E   SEÇÃO TRANSVERSAL, CÁLCULO DE ÁREA E VOLUME .....</b>	<b>157</b>
<b>CONE E TRONCO DE CONE: ELEMENTOS, CLASSIFICAÇÃO, SEÇÃO   MERIDIANA, CÁLCULO DE ÁREA E VOLUME .....</b>	<b>158</b>
<b>ESFERA: ELEMENTOS, SEÇÕES, FUSO ESFÉRICO, CUNHA ESFÉRICA,   CÁLCULO DE ÁREA E VOLUME .....</b>	<b>159</b>
INSCRIÇÃO E CIRCUNSCRIÇÃO DE SÓLIDOS .....	160
<b>■ GEOMETRIA PLANA .....</b>	<b>161</b>
CONGRUÊNCIA DE FIGURAS PLANAS.....	161

SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS .....	163
POLÍGONOS REGULARES .....	164
ÁREAS DE POLÍGONOS, CÍRCULO, COROA E SETOR CIRCULAR .....	165
<b>■ ANÁLISE COMBINATÓRIA E PROBABILIDADE .....</b>	<b>169</b>
PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA CONTAGEM .....	169
ARRANJOS .....	169
PERMUTAÇÕES .....	170
COMBINAÇÕES .....	171
PERMUTAÇÃO SIMPLES .....	171
PERMUTAÇÕES COM ELEMENTOS REPETIDOS .....	172
PROBABILIDADE .....	172
BINÔMIO DE NEWTON: TERMO GERAL .....	178
TRIÂNGULO DE PASCAL .....	180
<b>■ GEOMETRIA ANALÍTICA .....</b>	<b>182</b>
COORDENADAS CARTESIANAS NO PLANO: DISTÂNCIA ENTRE DOIS PONTOS, PONTO MÉDIO, CONDIÇÃO DE ALINHAMENTO DE TRÊS PONTOS, MEDIANA E BARICENTRO .....	182
ESTUDO DA RETA: EQUAÇÃO GERAL, REDUZIDA, SEGMENTÁRIA E PARAMÉTRICA; INTERSEÇÃO DE RETAS, PARALELISMO E PERPENDICULARISMO; DISTÂNCIA ENTRE PONTO E RETA; ÁREA DE UM TRIÂNGULO; INEQUAÇÕES DO 1° GRAU COM DUAS INCÓGNITAS .....	182
CÔNICAS: ELIPSE, HIPÉRBOLE E PARÁBOLA (ELEMENTOS E EQUAÇÕES) .....	192
<b>■ NÚMEROS COMPLEXOS .....</b>	<b>201</b>
FORMA ALGÉBRICA, CONJUGADO, QUOCIENTE DE DOIS NÚMEROS COMPLEXOS .....	201
OPERAÇÕES COM PARES ORDENADOS .....	202
FORMA TRIGONOMÉTRICA .....	203
MÓDULO .....	203
Argumento .....	203
Multiplicação .....	203
Divisão .....	204
FORMA POLAR .....	204
POTENCIAÇÃO E RADICIAÇÃO .....	204
FORMA EXPONENCIAL DE UM NÚMERO COMPLEXO .....	205
EQUAÇÕES BINÔMIAS .....	206

EQUAÇÕES TRINÔMIAS .....	206
■ <b>POLINÔMIOS E EQUAÇÕES ALGÉBRICAS</b> .....	208
ADIÇÃO, SUBTRAÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE POLINÔMIOS .....	208
DEFINIÇÃO E FUNÇÃO POLINOMIAL .....	209
TEOREMA DAS RAÍZES RACIONAIS .....	209
RAIZ .....	209
POLINÔMIO NULO .....	210
POLINÔMIOS IGUAIS (OU IDÊNTICOS) .....	210
Valor Numérico .....	210
<b>DIVISÃO</b> .....	210
Teorema do Resto e Divisões Por $(X - A)$ .....	211
<b>DISPOSITIVO PRÁTICO DE BRIOT-RUFFINI</b> .....	211
Coeficiente Dominante .....	211
<b>TEOREMA FUNDAMENTAL DA ÁLGEBRA</b> .....	212
Teorema da Decomposição .....	212
<b>MULTIPLICIDADE DE UMA RAIZ</b> .....	212
<b>RELAÇÕES DE GIRARD</b> .....	213
<b>RAÍZES COMPLEXAS</b> .....	214
■ <b>ESTATÍSTICA BÁSICA</b> .....	215
<b>TABELAS DE FREQUÊNCIA E VARIÁVEL</b> .....	215
<b>REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS</b> .....	217
<b>MEDIDAS DE CENTRALIDADE</b> .....	220
Cálculo da Mediana .....	220
Determinação da Classe Modal .....	221
<b>MEDIDAS DE DISPERSÃO</b> .....	222
Cálculo do Desvio Padrão .....	223
 LÍNGUA INGLESA.....	 231
■ <b>COMPREENSÃO E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS</b> .....	231
■ <b>ESTRUTURAS GRAMÁTICAS</b> .....	237
<b>SUBSTANTIVOS: GÊNERO, NÚMERO, CONTÁVEIS E INCONTÁVEIS</b> .....	237



PRONOMES: PESSOAL, OBLÍQUO, POSSESSIVO, REFLEXIVO, DEMONSTRATIVO, RELATIVO, INDEFINIDO E INTERROGATIVO .....	239
ADJETIVOS: GRAUS COMPARATIVO E SUPERLATIVO .....	244
PREPOSIÇÕES .....	249
CONJUNÇÕES.....	253
ADVÉRBIOS.....	255
NUMERAIS .....	259
ARTIGOS: DEFINIDOS E INDEFINIDOS .....	261
VERBOS: TEMPOS, MODOS, FORMAS E VOZES.....	263
■ CASO POSSESSIVO .....	277
■ QUESTIONTAG E RESPOSTAS CURTAS .....	277
■ ESTRUTURA DA ORAÇÃO E PERÍODO COMPOSTO .....	282
ORAÇÕES CONDICIONAIS, RELATIVAS, APOSITIVAS, ETC.....	282
■ DISCURSOS: DIRETO E INDIRETO .....	283
LÍNGUA PORTUGUESA.....	293
■ ESTUDO DE TEXTO.....	293
INTELECÇÃO DE TEXTOS.....	293
Literários e Não Literários .....	293
Verbais e Não Verbais .....	293
■ GRAMÁTICA .....	293
FONOLOGIA: FONEMAS, ENCONTROS CONSONANTAIS E VOCÁLICOS, DÍGRAFOS, DIVISÃO SILÁBICA, ACENTUAÇÃO GRÁFICA E ORTOGRAFIA (CONFORME A NOVA ORTOGRAFIA) .....	293
■ MORFOLOGIA .....	298
ESTRUTURA DAS PALAVRAS .....	298
FORMAÇÃO DE PALAVRAS.....	299
■ CLASSES DE PALAVRAS: CLASSIFICAÇÃO, FLEXÃO E EMPREGO.....	302
ARTIGO.....	302
NUMERAL.....	302
SUBSTANTIVO .....	303
ADJETIVO.....	304

ADVÉRBIO .....	306
PRONOME .....	309
Colocação Pronominal .....	312
VERBO .....	312
PREPOSIÇÃO .....	317
CONJUNÇÃO.....	320
INTERJEIÇÃO.....	321
■ SINTAXE.....	321
ANÁLISE SINTÁTICA DA ORAÇÃO E ANÁLISE SINTÁTICA DO PERÍODO .....	321
PERÍODO SIMPLES – TERMOS DA ORAÇÃO.....	322
TERMOS ESSENCIAIS DA ORAÇÃO .....	322
CONCORDÂNCIA .....	332
■ PONTUAÇÃO .....	338
■ ESTUDO DA CRISE.....	340
■ SEMÂNTICA E ESTILÍSTICA .....	342
VARIEDADES LINGUÍSTICAS.....	342
SINONÍMIA E ANTONÍMIA, HIPONÍMIA E HIPERONÍMIA, POLISSEMIA E AMBIGUIDADE .....	343
DENOTAÇÃO E CONOTAÇÃO .....	345
FIGURAS DE LINGUAGEM .....	345
FUNÇÕES DA LINGUAGEM.....	348
VÍCIOS DA LINGUAGEM .....	349
VERSIFICAÇÃO .....	351

# FÍSICA

## CINEMÁTICA ESCALAR

### MOVIMENTO UNIFORME

Neste tópico, trataremos sobre Movimento Uniforme, uma matéria muito importante para a realização de provas de concursos, sendo, geralmente, um dos primeiros assuntos a serem estudados na Física. Estude esses conceitos com muita atenção, pois eles são a base de todos os assuntos que envolvem qualquer movimento.

A princípio, estudaremos o Movimento Retilíneo Uniforme, o famoso “MU”. Trata-se de um movimento que é dado em linha reta, onde o vetor velocidade permanece sempre constante ao longo do movimento.

Logo, podemos calcular o vetor velocidade da seguinte forma:

$$V = \frac{D}{t}$$

Onde “D” é o “deslocamento”, que, no sistema internacional de unidades (SI), é dado em metro, e “t” é o intervalo de tempo, que, no SI, é dado em segundos.

#### Conversão de Unidade de Velocidade

Basicamente, você só precisa lembrar que a operação deve ser feita com o número 3,6. Se você tem a velocidade em m/s e precisa converter a unidade para km/h, deverá multiplicar o número por 3,6, conforme apresentado nos exemplos a seguir. Caso você tenha a velocidade em km/h e queira converter a unidade para m/s, deverá dividir esse número por 3,6.

Vejam alguns exemplos:

$$V=10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

$$V=20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$$

$$V=30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$$

### MOVIMENTO COM VELOCIDADE ESCALAR VARIÁVEL

É o movimento dado em linha reta, no qual o vetor velocidade permanece sempre constante ao longo do movimento. Logo, podemos calcular o vetor velocidade da seguinte forma:

$$v = \frac{D}{t}$$

Onde “D” é o “deslocamento”, que, no sistema internacional de unidades (SI) é dado em metro, e “t” é o intervalo de tempo que, no SI, é dado em segundos.

#### Conversão de Unidade de Velocidade

Vejam alguns exemplos:

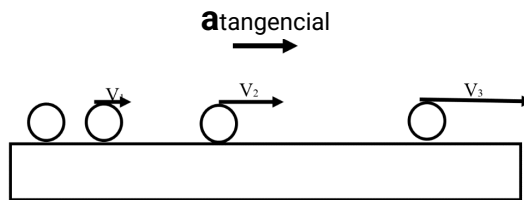
- $V: 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h} (10 \cdot 3,6);$
- $V: 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h} (20 \cdot 3,6);$
- $V: 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h} (30 \cdot 3,6).$

#### Dica

Basicamente você só precisa se lembrar de que a operação é com o número 3,6. Se você tem a velocidade em m/s e precisa dela em km/h, você multiplica o número por 3,6, como apresentado nos exemplos e, caso você tenha a velocidade em km/h e precise dela em m/s, você divide esse número por 3,6.

### MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

Vamos desvendar o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado — MRUV. Contudo, primeiramente, será necessário entendermos que o vetor velocidade será variável e seu valor irá mudar sempre da mesma maneira. É o movimento que é dado em linha reta, onde o vetor velocidade muda sempre da mesma maneira (**há aceleração tangencial constante**).



É importante notar que não podemos mais usar a equação mostrada a seguir nesse movimento.

$$\cancel{v_{\text{instantânea}} = \frac{D}{t}}$$

Essa equação era usada somente em movimentos nos quais não existia aceleração tangencial (MRU).

#### Aceleração Tangencial (a)

A grandeza física chamada **aceleração tangencial** fornece-nos a taxa de variação de velocidade por tempo. De maneira simplificada: “aceleração tangencial diz-nos o quanto a velocidade muda por segundo” (as aspas simbolizam que não necessariamente precisa ser em segundos).

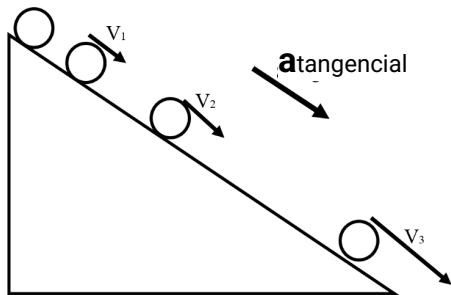
Logo, podemos verificar que a **velocidade** varia sempre da mesma maneira, ou seja, existe **aceleração tangencial constante (a)**, que é calculada por:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Onde “ $\Delta V$ ” é a “variação da velocidade” e “ $\Delta t$ ” é variação do tempo. A unidade oficial no SI de aceleração é m/s<sup>2</sup>.

Uma maneira interessante de pensar é que a aceleração tangencial diz o quanto a velocidade muda por unidade de tempo.

Destaca-se que o movimento também pode ocorrer de modo que o **vetor aceleração tangencial** tenha sentido contrário do **vetor velocidade** e isso faz com que o módulo da velocidade diminua ao invés de aumentar, como podemos observar na figura a seguir:



### Como Calcular Deslocamento no MRUV

Deslocamento é uma grandeza física essencial no MRUV; ela envolve duas equações que podemos usar, por exemplo, para calcular a altura de um prédio ou de um deslocamento na horizontal de um corpo em MRUV.

$$D = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$V_f^2 = V_0^2 + 2aD$$

Onde:

- D = deslocamento (sistema internacional de medidas é em “metros”).
- t = tempo (sistema internacional de medidas é em “segundos”).
- a = aceleração tangencial constante (sistema internacional de medidas é em “metros/segundo<sup>2</sup>”).

O **deslocamento** é a Grandeza Vetorial que representamos por vetores, por isso, apenas medimos o comprimento do vetor da **posição inicial** até a **posição final**.

### Dica

É importante que você saiba diferenciar muito bem o que é “**velocidade**” do que é “**aceleração tangencial**”. O primeiro conceito mencionado fornece-nos o quanto o corpo está mudando de posição por unidade de tempo; já o segundo devolve-nos o quanto a velocidade do corpo está mudando por unidade de tempo.

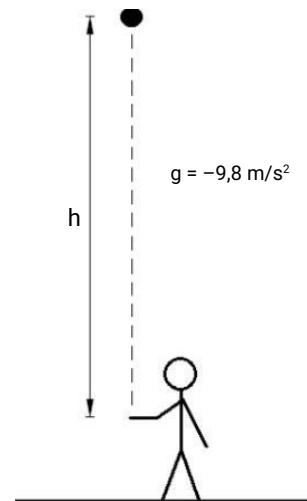
## MOVIMENTO VERTICAL NO VÁCUO

O movimento vertical no vácuo é um caso particular do movimento retilíneo uniformemente acelerado (MRUA), onde a única força atuante sobre o corpo é a força gravitacional. Esse tipo de movimento pode ser analisado em duas situações principais: queda livre e lançamento vertical.

### Queda Livre

Ao analisarmos movimentos, surge, intuitivamente, a questão: como analisar um corpo que é abandonado de alguma altura em direção ao chão?

Esse objeto pode ser abandonado de cima de uma árvore, como o movimento de frutas caindo do pé. Esse movimento é conhecido na física como **queda livre**, que é um movimento no qual corpos são abandonados de certa altura e são acelerados pela gravidade em direção ao solo.



Como o movimento em queda livre é um **movimento retilíneo uniformemente variado**, as equações vistas anteriormente também são válidas para esse tipo de movimento. Na queda livre, porém, **atenção**, a aceleração que atua sobre esse corpo, agora, é a aceleração da gravidade.

$$h = h_i + v_i t + \frac{g}{2} t^2$$

Onde  $h_i$  é a altura inicial  
 $v_i$  é a velocidade inicial  
 $g$  é a gravidade  
 $t$  é o tempo

Sabendo que  $t$  representa o tempo de queda. Considerando a bola saindo de uma altura zero:

$$h = v_i t + \frac{g}{2} t^2$$

Onde  $v_i$  é a velocidade inicial  
 $g$  é a gravidade  
 $t$  é o tempo.

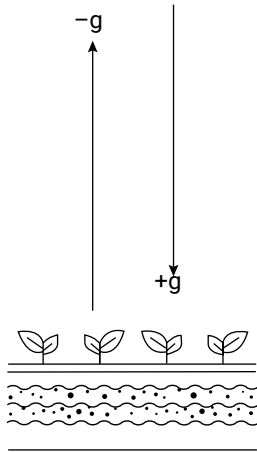
O valor da intensidade da gravidade medida ao nível do mar é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### Lançamento Vertical

No lançamento vertical, o corpo é impulsionado para cima com uma velocidade inicial  $v_0$ .

- A aceleração gravitacional atua no sentido oposto ao movimento, desacelerando o objeto;
- No ponto mais alto, a velocidade se torna zero momentaneamente;

- Após atingir a altura máxima, o corpo inicia uma queda livre



$$V_F = V_i \pm gt$$

$$S_F = S_i + V_i \cdot t \pm \frac{gt^2}{2}$$

$$V_F^2 = V_i^2 \pm 2 \cdot g \cdot \Delta S$$

$$\Delta S = \left( \frac{V_i + V_F}{2} \right) \cdot t$$

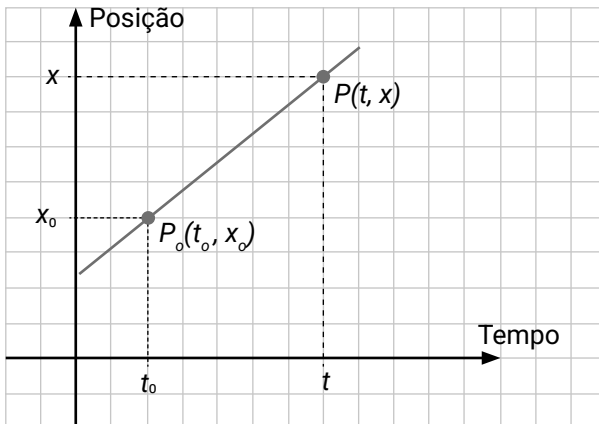
- $S_i$ : posição inicial (m);
- $S_F$ : posição final (m);
- $V_i$ : velocidade inicial (m/s);
- $t$ : tempo (s);
- $a$ : aceleração (m/s<sup>2</sup>);
- $\Delta S$ : variação da distância (m);
- $g$ : aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

## GRÁFICOS DO MOVIMENTO UNIFORME E DO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

O estudo do movimento pode ser analisado com a ajuda das funções matemáticas, por meio dos gráficos equivalentes. As funções permitem um tratamento matemático mais simples, enquanto os gráficos permitem uma melhor visualização de como variam as grandezas que descrevem o movimento.

### Gráficos do MU

A função da posição de um **MU** é linear do primeiro grau em  $t$ , portanto, o seu gráfico é uma reta. Observe o gráfico a seguir:



Da expressão do coeficiente angular:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

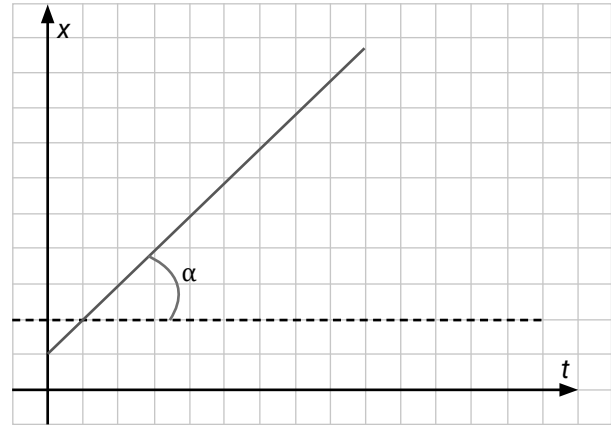
Aplicada aos pontos  $P(t, x)$  e  $P_0(t_0, x_0)$ , obtemos:

$$m = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

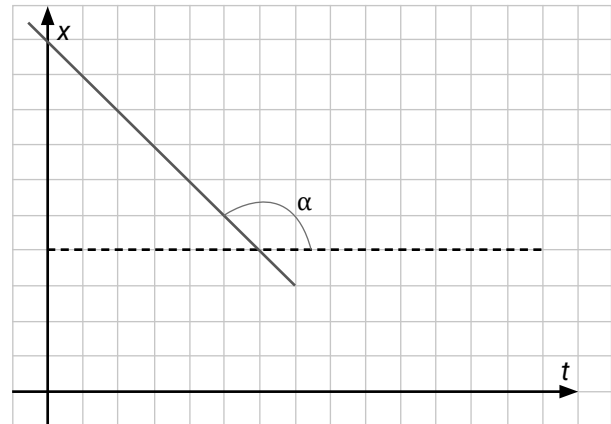
Como na expressão da velocidade do ponto material em MRU:

$$V = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

- Velocidade positiva, pois a sua declividade é positiva:

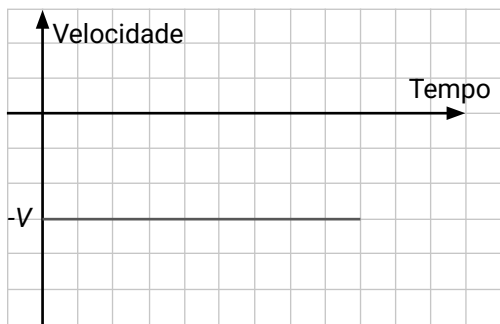


- Velocidade negativa, pois a sua declividade é negativa:

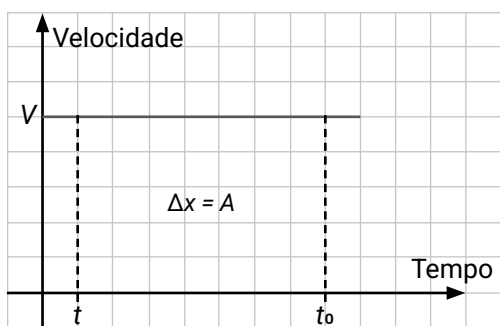


Como, no MU, a velocidade é constante, a função da velocidade com o tempo também é constante.





Pode-se demonstrar, usando matemática avançada, que o **deslocamento** no intervalo de tempo  $\Delta t$ , representado no gráfico a seguir, por  $\Delta x$ , é igual à “área **sob a curva**” do gráfico **velocidade x tempo** nesse mesmo intervalo de tempo.

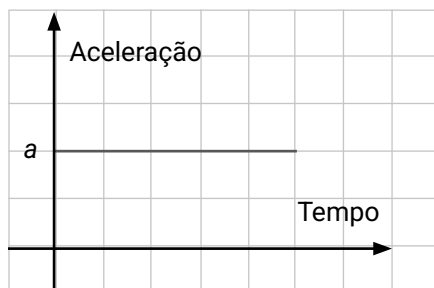


**Obs.:** independentemente de a velocidade ser constante ou não.

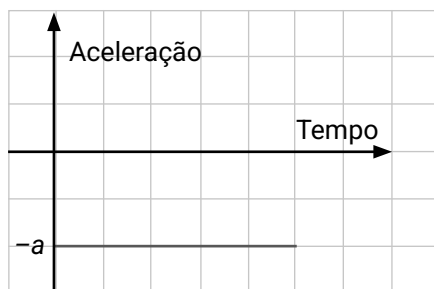
### Gráficos do MUV

Como, no MUV, a aceleração tangencial é constante, o gráfico é uma reta paralela ao eixo do tempo, como você pode ver a seguir:

#### Aceleração positiva

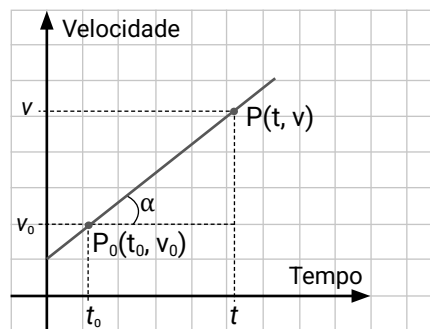


#### Aceleração negativa



A função da velocidade em relação ao tempo do MUV é uma função do primeiro grau (do tipo “afim”),

linear. Portanto, o seu gráfico é uma reta, conforme se pode ver a seguir:



O coeficiente angular dessa reta, determinado a partir das coordenadas dos pontos  $P_0$  e  $P$ , é:

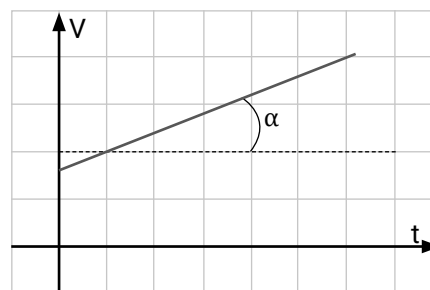
$$m = \frac{V - V_0}{t - t_0}$$

Como também:

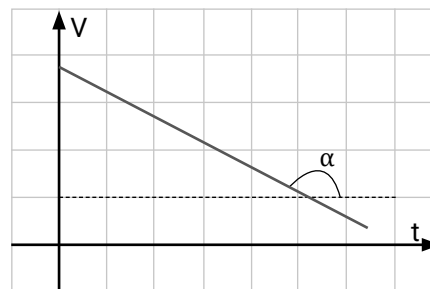
$$a = \frac{V - V_0}{t - t_0}$$

Concluimos que o coeficiente angular do gráfico velocidade por tempo do MUV é igual à aceleração desse movimento em módulo e sinal. Observe a seguir:

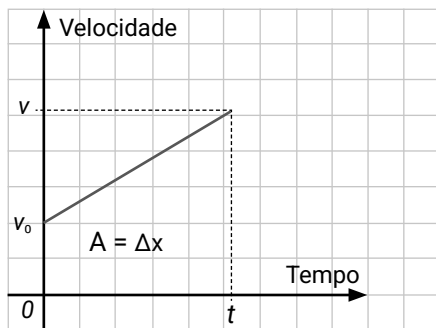
#### Aceleração positiva



#### Aceleração negativa



No MUV, assim como no MU, a “área sob a curva”  $A$ , do gráfico **velocidade x tempo** no intervalo de tempo  $\Delta t$ , é igual ao módulo do deslocamento  $\Delta x$  do corpo.



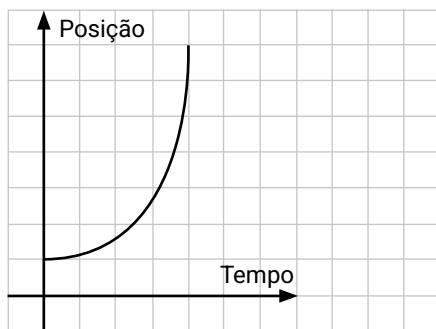
Com o referencial adotado, a função da posição em relação ao tempo do corpo em MUV permite a determinação da sua posição  $x$  em qualquer instante  $t$ . A função que descreve isso é:

$$S = S_0 + V \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

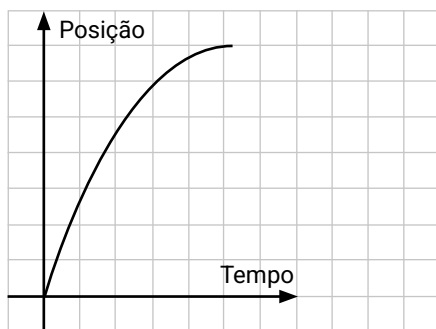
$S$  = posição final;  
 $S_0$  = posição inicial;  
 $\Delta S = S_f - S_0$ .

A função da posição em relação ao tempo do MUV é uma função de grau 2 em  $t$  e, por isso, seu gráfico é uma parábola com a concavidade para cima quando a aceleração é positiva ou com a concavidade para baixo quando a aceleração é negativa. Veja os exemplos a seguir:

#### Aceleração positiva



#### Aceleração negativa



#### Dica

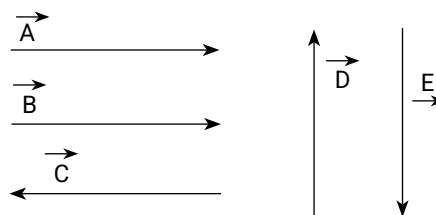
Se você sentir dificuldade nesse assunto, encare como se fosse uma aula de Funções, da matemática, que fica muito simples a compreensão.

## VETORES E GRANDEZAS VETORIAIS: CINEMÁTICA VETORIAL

### VETORES

O vetor, por sua vez, é uma figura representada por uma seta. A seta leva consigo a intensidade (também chamada de módulo) do objeto que ela representa, assim como sua direção e sentido. Quando se fala de velocidade, por exemplo, necessita-se estabelecer seu valor (intensidade ou módulo), sua direção (vertical, horizontal ou diagonal) e seu sentido (da esquerda para direita, da direita para a esquerda, de baixo para cima ou de cima para baixo) – uma seta representa essas três características.

Observe a imagem abaixo:



#### Conceituação de Grandezas Escalares e Vetoriais

Grandezas relacionam-se a tudo que pode ser medido, como por exemplo: a velocidade, o tempo, a temperatura, a força, a pressão, a densidade, etc.

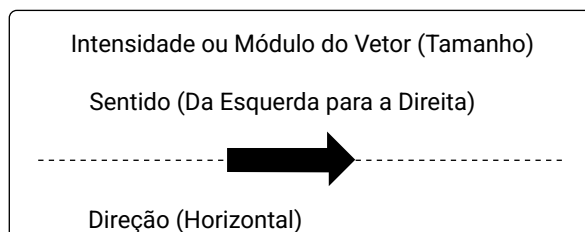
Agora, perceba que dentro desse tema surgem duas subdivisões:

- **Grandezas escalares:** São grandezas que são suficientemente representadas por valores numéricos, sem a preocupação com a direção ou sentido. Exemplos: tempo, temperatura, volume, massa etc;
- **Grandezas vetoriais:** São grandezas que além de um valor (também chamado de módulo), necessitam de uma direção (horizontal, vertical, diagonal) e um sentido (da esquerda para direita, da direita para esquerda, de cima para baixo ou de baixo para cima). Com isso, utiliza-se setas (vetores) para representar esse tipo de grandeza. Exemplos: força, aceleração, velocidade, campo elétrico, deslocamento, impulso, momento linear etc.

#### Operações Básicas com Vetores, Composição e Decomposição de Vetores

Vetores são “setas” que são orientadas em direção e sentido.

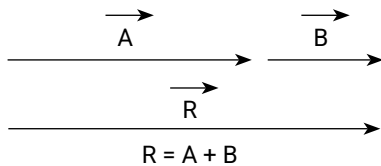
Para entender melhor, observe a representação abaixo:



Com eles, pode-se aplicar operações básicas, como: soma, subtração, multiplicação por um escalar e decomposição. Observe cada caso abaixo e veja que os resultados não possuem unidades de medida, pois não estão sendo aplicados em contextos específicos:

### Soma de Vetores Paralelos

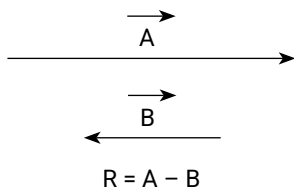
A soma de vetores paralelos ocorre quando os vetores se encontram em uma mesma direção (horizontal, vertical ou diagonal) e em um mesmo sentido, ou seja, a ponta da seta aponta para a mesma posição. Nesse caso, o vetor resultante (R) é a soma numérica do valor de cada vetor. Observe a representação a seguir:



### Subtração de Vetores Paralelos

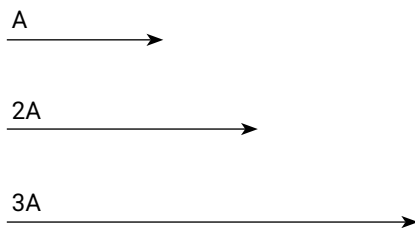
A subtração de vetores paralelos ocorre quando os vetores se encontram em uma mesma direção (horizontal, vertical ou diagonal) e em um sentido oposto, ou seja, a ponta da seta aponta para posições opostas. Nesse caso, o vetor resultante (R) é a subtração numérica do valor de cada vetor.

A função das barras laterais (módulo) é transformar o número em positivo, se o resultado final for negativo. Isso acontece, pois o interesse é no valor final do vetor, e não em seu sinal. Observe a representação abaixo:



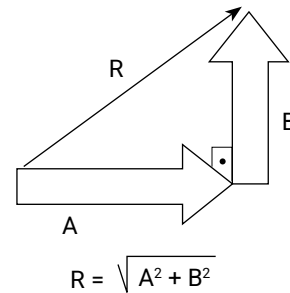
### Multiplicação de Vetores por Um Escalar

Se um vetor for multiplicado por um escalar (número qualquer), seu valor será alterado na proporção da multiplicação. Multiplicando por dois, seu tamanho dobra; por três, seu tamanho triplica, e assim sucessivamente. Observe a representação abaixo:



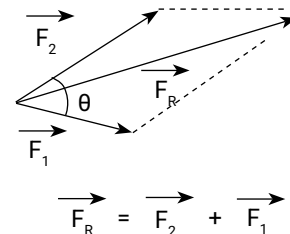
### Soma de Vetores Perpendiculares

Vetores perpendiculares possuem um ângulo de  $90^\circ$  entre eles. A soma é realizada pelo teorema de Pitágoras. Observe a representação abaixo:



### Soma de Vetores Obliquos

Vetores oblíquos, diferentemente dos perpendiculares, possuem um ângulo qualquer entre eles (excetuando ângulos paralelos e perpendiculares – assuntos tratados acima). Nesse caso, a soma é realizada pela lei dos cossenos. Observe a representação a seguir:

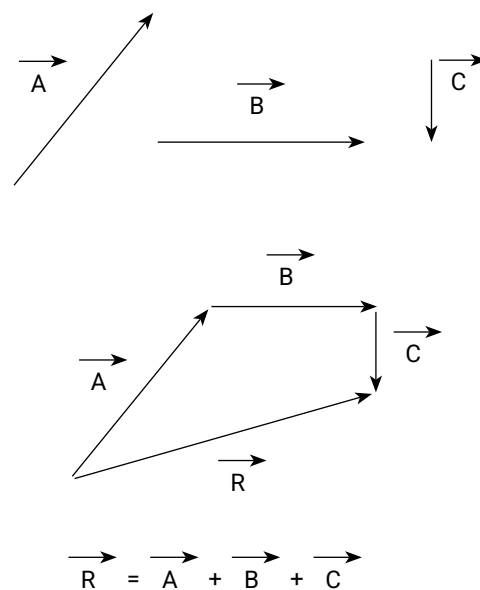


Lei dos Cossenos

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \theta}$$

### Soma de Vetores pelo Método Poligonal

Com esse método, pode-se somar mais de dois vetores de uma única vez. Para isso, une-se um vetor pela origem e o outro pela extremidade (ponta). Esses passos serão realizados com todos os vetores disponíveis para a soma, sendo que o espaço que sobrar no desenho, será o vetor resultante da operação. Observe a representação a seguir:

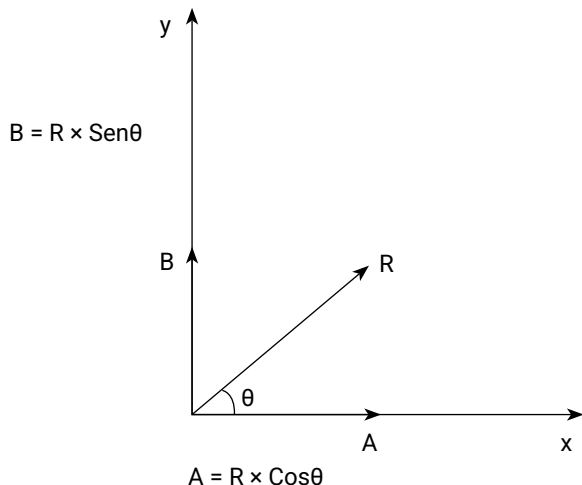




## Decomposição de Vetores

Em contextos específicos da Física, vetores na direção diagonal são difíceis para se trabalhar. Nesse contexto, surge o artifício da decomposição de vetores.

Utilizando as relações de seno e cosseno, consegue-se a decompor um vetor na diagonal em dois vetores (um na horizontal e outro vertical). Observe a representação a seguir:



## VELOCIDADE E ACELERAÇÃO VETORIAIS

### Velocidade

É a relação entre uma grandeza de espaço e uma grandeza de tempo. Exemplo: m/s (lê-se “metros a cada segundo”), km/h (lê-se “quilômetros a cada hora”).

UNIDADE	CONVERSÃO
km/h para m/s	÷ 3,6
m/s para km/h	· 3,6

Uma velocidade **negativa** indica que o objeto está contrário ao eixo adotado como principal.

Exemplo: se adotarmos da esquerda para a direita como sentido principal, um carro transitando da direita para a esquerda terá uma velocidade negativa.

Portanto, não confunda velocidade negativa (que envolve o eixo adotado) com aceleração negativa (que indica que o objeto está diminuindo a velocidade — “freando”).

A velocidade **média** de um objeto é a divisão da distância percorrida pelo tempo gasto nesse trajeto:

$$V_m = \frac{DS}{DT}$$

- **Unidade-padrão** de velocidade média: m/s;
- **Unidade usual** de velocidade média: km/h.

### Aceleração

É a taxa de aumento ou diminuição da velocidade em relação ao tempo.

Sua unidade-padrão (e que comumente é utilizada nos exercícios) é o **m/s<sup>2</sup>**.

Exemplos: um objeto com uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup> aumenta a velocidade de 2 m/s em 2m/s a cada segundo (daí o “s<sup>2</sup>” na unidade de m/s<sup>2</sup>). Nesse caso, o objeto está “acelerando”.

Do mesmo modo, um objeto com uma aceleração de -35m/s<sup>2</sup> diminui a velocidade de 35m/s em 35m/s a cada segundo.

**Atenção!** Uma aceleração **negativa** indica que o objeto está diminuindo a velocidade em relação ao tempo (o objeto estará “freando”). A aceleração **média** de um corpo é a divisão da variação da velocidade pelo tempo gasto para esse feito:  $A_m = \frac{DV}{DT}$ . A unidade-padrão de aceleração média é **m/s<sup>2</sup>**.

## MOVIMENTOS CIRCULARES

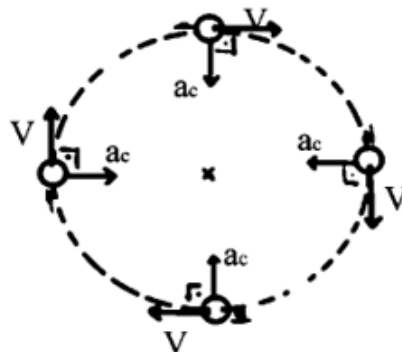
Movimento Circular é um movimento que muitas vezes os alunos não estudam, mas é necessário. O movimento é muito interessante, pois sempre terá a componente centrípeta da **aceleração centrípeta (a<sub>c</sub>)**.

Um erro muito comum é os alunos esquecerem que velocidade é uma grandeza vetorial, ou seja, que é definida por Módulo, Direção e Sentido.

### Movimento Circular Uniforme (MCU)

Neste movimento, **apenas** o **módulo** da sua velocidade linear (tangencial) permanece constante e possui também **aceleração centrípeta (a<sub>c</sub>)**, em um ângulo de 90°, com o vetor velocidade linear a todo instante.

Na figura a seguir podemos ver o movimento. Tal grandeza, chamada **aceleração centrípeta (a<sub>c</sub>)**, tem a função de fazer o corpo executar curvas.



Para calcularmos o módulo dessa aceleração centrípeta, consideramos:

$$a_c = \frac{V^2}{R}$$

Onde:

- V = velocidade linear ou tangencial do corpo, no SI [m/s].
- R = raio da Trajetória. no SI [m].
- a<sub>c</sub> = aceleração centrípeta no SI [m/s<sup>2</sup>].

### Dica

Sempre que uma questão falar em “aceleração” ou “velocidade”, ela está se referindo ao vetor aceleração e ao vetor velocidade.

Obs.: No MCU, aceleração e velocidade são **vetores** variáveis, pois mudam direção e sentido.

## Conceitos Importantes

Nos movimentos periódicos, como o MCU, existem duas grandezas físicas que são fundamentais nos estudos: “**Período**” e “**Frequência**”.

**Frequência (f):** no SI [1/segundos] = [herz].

$$f = \frac{\text{número de ciclos}}{\text{tempos}}$$

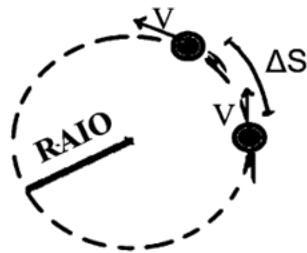
**Período (T):** tempo para um ciclo completo, no SI [segundos].

- **Relação Importante entre Frequência e Período:** Como essas grandezas são periódicas, podemos demonstrar matematicamente que uma grandeza é o inverso da outra e por isso afirmamos que:

$$f = \frac{1}{T}$$

## Velocidade Linear ou Tangencial (V)

Velocidade já é uma grandeza conhecida desde o início dos movimentos, a única mudança que fazemos é a interpretação para o movimento circular, que é a rapidez para percorrer um arco de circunferência ( $\Delta S$ ):



Em provas, é mais interessante sabermos uma forma de calcular a velocidade linear usando uma volta completa de circunferência ( $\Delta S = 2\pi R$ ), como a seguir demonstrado:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ ou } v = 2\pi R \cdot f$$

Onde:

Período (T): tempo para um ciclo completo, no SI [segundos].

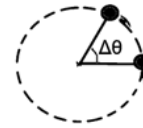
Frequência (f): no SI [1/segundos] = [herz].

Raio (R): é o Raio do círculo.

Velocidade linear ou tangencial no SI [metros/segundo].

## Velocidade Angular ( $\omega$ )

Como dissemos, velocidade já uma grandeza conhecida desde o início dos movimentos. A única mudança que fazemos é a interpretação para ângulos, que é a rapidez para percorrer um arco de ângulo ( $\Delta\theta$ ):



Em provas, é mais interessante sabermos uma maneira de calcular a velocidade angular usando uma volta completa em ângulo ( $2\pi$  radianos):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi \cdot f$$

Onde:

Período (T): tempo para um ciclo completo, no SI [segundos].

Frequência (f): no SI [1/segundos] = [herz].

Raio (R): é o Raio do círculo.

Velocidade Angular ( $\omega$ ) no SI [radianos/segundo].

Atente-se às características importantes nos vetores do MCU:

	MÓDULO	DIREÇÃO	SENTIDO
VELOCIDADE LINEAR	Constante	Variável	Variável
ACELERAÇÃO CENTRÍPETA	Constante	Variável	Variável

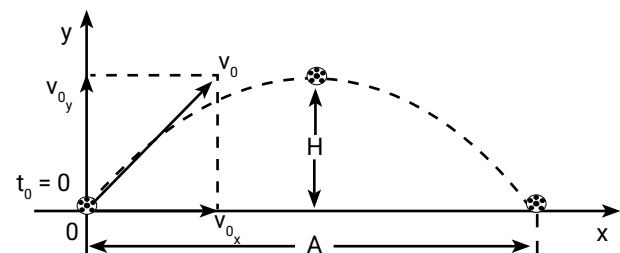
## LANÇAMENTO HORIZONTAL E LANÇAMENTO OBLÍQUO NO VÁCUO

### Lançamento Oblíquo

Quando estamos praticando algum esporte, como futebol, ao chutarmos a bola com toda força, notamos que ela atinge um ponto máximo (no alto) e em seguida retorna ao chão. Podemos tornar esse movimento da bola mais interessante descrevendo-o em termos das leis físicas!

O lançamento oblíquo é um movimento bidimensional usado para descrever trajetórias parabólicas feitas por corpos lançados com ângulos diferentes entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  em relação a superfície horizontal.

Trata-se de um movimento composto, pois, na direção horizontal, o corpo descreve um movimento uniforme, enquanto, na vertical, descreve um movimento de lançamento vertical durante sua subida e um movimento de queda livre durante sua descida. Vamos analisar a imagem a seguir:



A subida do projétil é sempre contra a ação da gravidade, tratando-se, portanto, de um **movimento uniformemente retardado**. Durante a descida, como o movimento está a favor da gravidade, ele é **uniformemente acelerado**. Além disso, os tempos de subida

e de descida são sempre iguais para esse tipo de lançamento. Relacionando as duas componentes da velocidade inicial com sua resultante por meio do teorema de Pitágoras (uma vez que  $v_x$  e  $v_y$  são **perpendiculares uma à outra**), temos:

$$v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$v_0$  é a velocidade inicial  
 $v_y$  é a velocidade em y  
 $v_x$  é a velocidade em x

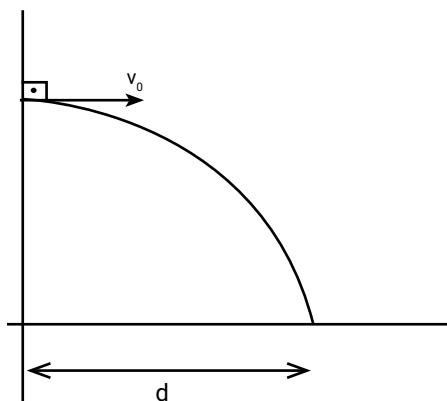
Quando um corpo é lançado obliquamente, ele pode atingir uma altura máxima. Nesse ponto, sua velocidade vertical se torna nula, já que, a partir de lá, inicia-se o movimento de queda. Podemos calcular a altura máxima atingida por um projétil em lançamento oblíquo por meio da seguinte equação:

$$H_{\max} = \frac{v^2 \sin^2 2\theta}{g}$$

Onde  $H_{\max}$  é a altura máxima  
 $v$  é a velocidade inicial (em m/s)  
 $\sin 2\theta$  é o seno do ângulo  
 $g$  a aceleração da gravidade (9,8 m/s<sup>2</sup>)

### Lançamento Horizontal

Vamos imaginar uma bola de gude rolando sobre uma mesa em velocidade constante e, em seguida, caindo em direção ao chão. Esse movimento é descrito como um lançamento horizontal, de acordo com a imagem a seguir:



Entendemos que a bolinha estava na horizontal x e em seguida se decompõe na vertical y. Para a parte vertical, temos:

$$x = x_0 + v_0 t$$

Onde  $x_0$  é a posição inicial  
 $v_0$  é a velocidade inicial  
 $t$  é o tempo

Estamos conscientes de que, após sair da mesa, a bolinha sofre ação da força gravitacional em queda livre. Para a parte vertical, temos:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2$$

$y_0$  é a posição inicial quando ela começa cair  
 $v_0$  é a velocidade inicial da queda  
 $t$  é o tempo de queda

Onde x e y dizem respeito às posições nas diferentes coordenadas a partir do movimento da bolinha.

## REFERÊNCIAS

GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B.; HELOU, R. D. **Física, volume 1**: mecânica: ensino médio. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

## DINÂMICA

### PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS: LEIS DE NEWTON

São compostas de três leis que estabelecem a base para a mecânica clássica. Elas fundamentam o conceito de “força” e sua implicação no surgimento e na alteração do movimento de um corpo.

A publicação dessas leis ocorreu pelo físico Inglês Isaac Newton no ano de 1687 com o livro “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*”. Vamos analisar uma a uma.

#### 1ª Lei de Newton

Newton descreve o seguinte trecho em sua primeira lei:

*Um objeto permanecerá em repouso (“parado”) ou em movimento uniforme em linha reta (MRU) a menos que tenha seu estado alterado pela ação de uma força externa.*

O intuito dessa lei é definir o propósito existencial de uma força: *alterar o estado de repouso ou MRU de um corpo*. Não existindo forças, esses estados não serão alterados (aqui não levando em consideração as forças dissipativas, como por exemplo a resistência do ar, o atrito etc.).

Para o melhor entendimento desse tópico, vamos analisar o conceito de **inércia**:

**Inércia** é a resistência que um corpo produz ao sofrer uma alteração do seu estado de repouso ou de MRU, ou seja, a inércia é a tendência (vontade) que os corpos possuem em permanecer em **repouso ou em MRU**. Quanto maior a massa do objeto, mais inércia ele possuirá. A alteração desse estado é causada por uma grandeza chamada “força”.

A inércia é facilmente entendida com alguns exemplos do nosso cotidiano.

Vejamos:

- Imagine uma pedra com uma massa imensa. Você amarra uma corda e tenta puxá-la. Provavelmente não irá conseguir movê-la. Isso ocorre pois ela possui uma inércia grande, ou seja, “uma vontade” de permanecer em repouso. Para mudar esse estado, há necessidade de uma força extremamente grande.
- Imagine você em movimento retilíneo uniforme (MRU) em cima de uma bicicleta com uma velocidade constante de 10 km/h. Você não vê um cachorro na calçada e, infelizmente, colide com