Aula 5

CINEMÁTICA EM DUAS DIMENSÕES

META

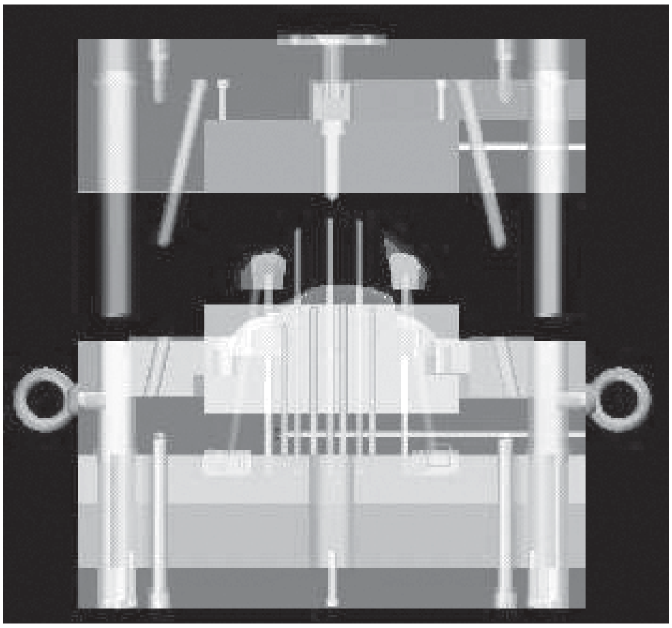
Revisar o conceito de vetor e aplicá-lo para descrever o movimento de objetos em duas dimensões.

OBJETIVOS

Ao final desta aula o aluno deverá:
somar e subtrair vetores; multiplicar vetores por escalares; e descrever o movimento de projéteis em duas dimensões sem aceleração, utilizando vetores.

PRÉ-REQUISITOS

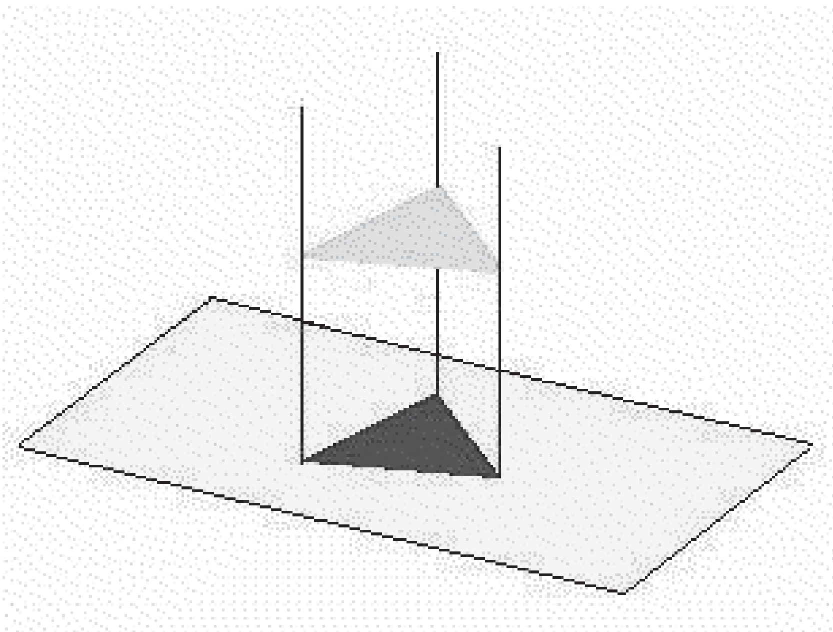
Conhecimentos de trigonometria básica e de álgebra básica.



Existem módulos de criação de planos 2D que permitem representar vistas e secções, introduzir detalhes, cortar o desenho etc. (Fonte: http://www.deltacad.es).

INTRODUÇÃO

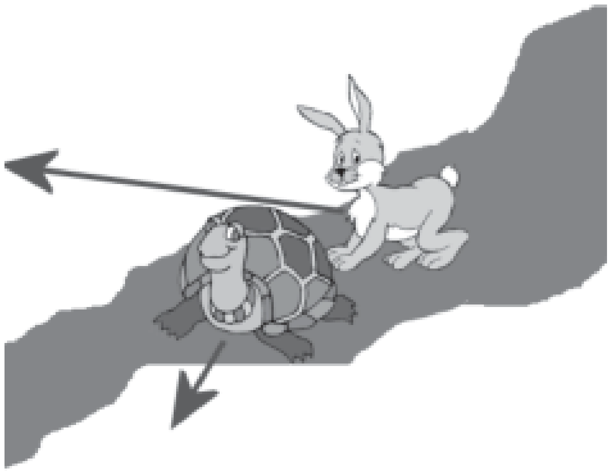
Bem-vindo, caro aluno. Hoje iniciamos uma nova fase de nossos estudos. Sairemos do movimento unidimensional para alcançar as estrelas, ou, de uma maneira mais floreada, estudar o movimento de objetos em duas e três dimensões (no plano e no espaço respectivamente). Para que esta transição seja feita suavemente, faremos uma introdução ao estudo de vetores. Expandiremos, nesta aula, os conceitos básicos de cinemática de uma dimensão para duas dimensões. Na primeira parte, lidaremos com conceitos de vetores e escalares e suas propriedades principais. Apesar de uma extensão para três dimensões ser trivial, ela será evitada. Essa extensão sobrecarregaria demais a notação e não adicionaria qualquer novidade para você, neste momento. Na segunda parte, aplicaremos os conceitos e propriedades estudados de vetores para o caso do movimento em duas dimensões sem aceleração. Esta escolha deriva da própria sistemática do curso onde a cinemática sem aceleração precede àquela com aceleração que será estudada na próxima aula.



(Fonte: http://www.fag.edu.br).

Muitas das grandezas físicas que conhecemos têm, não apenas um valor numérico, mas também uma indicação de direção. Imagine, por exemplo, como você responderia à seguinte pergunta: qual a velocidade daquele carro (um que você esteja vendo)? Para responder, seria necessário dizer que ele tem uma velocidade de 80 km/h (magnitude) e está indo em direção à praia. Entendeu? Esta e muitas outras grandezas físicas só podem ser definidas quando lhes atribuímos uma magnitude e uma direção e, nestes casos, a grandeza é representada por um *vetor*. Graficamente falando, um vetor é apenas uma flecha, como a mostrada abaixo que liga um ponto O a um ponto P.

O comprimento da flecha está relacionado à sua magnitude, e a sua direção indica a própria direção. Note que, além da direção, a seta indica um *sentido*. Esta particularidade se tornará mais transparente logo à frente. Veja a figura abaixo, simbolizando um coelho e uma tartaruga apostando uma corrida:

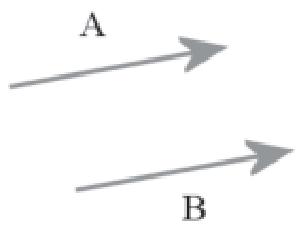


As setas indicam a velocidade dos dois animais. Pode-se ver claramente que eles partem em direções distintas e têm diferentes velocidades. O método gráfico de mostrar os vetores é muito útil quando queremos visualizar operações entre eles, mas, na maioria dos casos, queremos apenas fazer operações com eles. Para isso, precisamos utilizar alguma simbologia que os diferencie de números apenas. Na figura do vetor, por exemplo, a seta sai de certa origem O e chega até o ponto P. A maneira mais simples de descrever este vetor poderia ser: $\overline{OP}$. Este símbolo, no entanto, é utilizado com maior freqüência para designar um segmento de reta. Os símbolos mais usados para descrever um vetor assumem que a origem é conhecida, ou seja, eles indicam uma magnitude, uma direção e um sentido com relação a uma dada origem. Neste caso estes símbolos são $\vec{P}$ ou simplesmente **P** (em negrito).

A primeira informação que pode ser obtida de um vetor é a sua magnitude, ou "módulo": $|\mathbf{P}| = P$. Nas próximas páginas, quando definirmos uma base, ou sistema de coordenadas, teremos uma visualização melhor sobre como calcular o módulo.

As operações que são comuns com os números comuns também podem ser estendidas para os vetores, mas algumas regras são diferentes, como veremos mais adiantes. Para introduzi-las, no entanto, vamos apresentar duas definições simples, mas importantes.

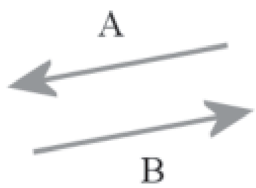
Dois vetores $\vec{A}$ e $\vec{B}$ serão idênticos se eles tiverem a mesma magnitude, mesma direção e mesmo sentido (não importando de onde saem e aonde chegam).



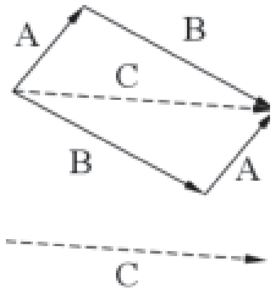
Neste caso, dizemos que $\vec{A} = \vec{B}$, ou, que **A**=**B**. Para facilitar a leitura, daqui para frente deixaremos de utilizar a simbologia que emprega uma flecha sobre a letra para indicar um vetor. Usaremos apenas caracteres em **negrito**.

Quando nos depararmos com uma expressão do tipo A=B, o que estamos dizendo é que $|A|=|B|$. Esta afirmação é distinta do primeiro caso. Ela não nos diz que os dois vetores são iguais, mas apenas que eles têm a mesma magnitude.

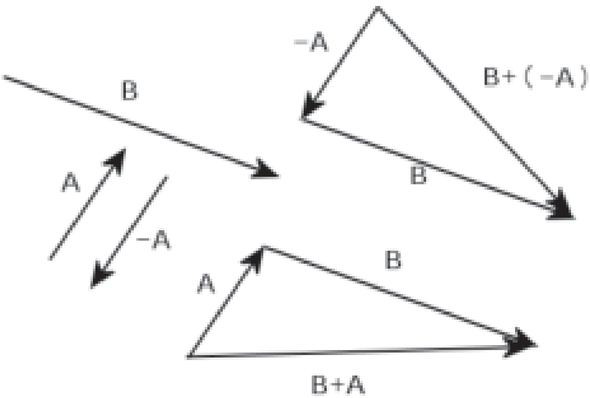
Se dois vetores têm o mesmo módulo e direção, mas sentidos inversos, então **A**=-**B**.



Com estas definições, podemos passar para a adição de vetores: a soma de dois vetores **A** e **B** tem como resultado um terceiro vetor **C.** Graficamente falando, a soma destes vetores corresponderá ao ponto inicial de **B** colocado no ponto final de **A**, ou vice versa! Veja: **A**+**B**=**B**+**A**=**C**.

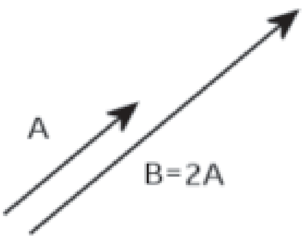


A subtração de vetores é a soma quando invertemos o sentido do vetor, ou seja, **B**-**A**=**B**+(-**A**). E, graficamente:



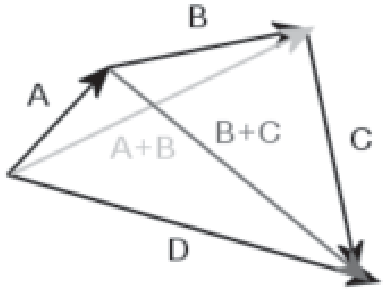
Quando tratamos da multiplicação de vetores, precisamos tomar um cuidado extra. Todos os números (que podem significar quantidades, ou não, mas que não têm associados direção e sentido) são conhecidos como *escalares*. Números, como 3, π, e quantidades, tais como temperatura, massa e etc. são escalares.

A multiplicação de um vetor **A** por um escalar *k* dá outro vetor **B**, de tal modo que **B**=k**A**. Os vetores B e A têm a mesma direção e o mesmo sentido, mas a magnitude mudou, de tal modo que |B|=k|A|. Na figura abaixo, mostramos um exemplo onde *k*=2.



É importante saber que, muitas leis que valem na álgebra, também valem na álgebra vetorial. Já vimos que a propriedade comutativa pode ser aplicada **A**+**B**=**B**+**A**.

A propriedade associativa também pode ser aplicada:
$\boldsymbol{A} + \boldsymbol{B} + \boldsymbol{C} = \boldsymbol{A} + (\boldsymbol{B} + \boldsymbol{C}) = (\boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}) + \boldsymbol{C} = \boldsymbol{D}$ ou, graficamente:

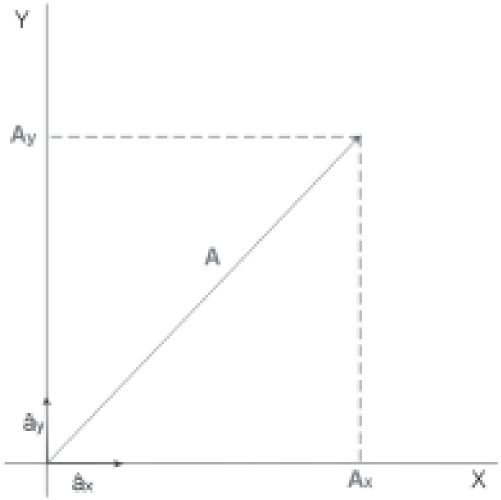


Para finalizar esta discussão sobre as propriedades, vamos apenas mencionar algumas relacionadas à multiplicação (onde usamos a notação de variáveis em negritos corresponderem a vetores, e as outras a escalares):

- Comutativa: k**A**=**A**k;
- Associativa: (k_1+k_2)**A**=k_1**A**+k_2**A**;
- Distributiva: k(A+B)=k**A**+k**B**.

Agora que já vimos as propriedades dos vetores de uma forma gráfica, vamos agora associar esses vetores a um ponto de referência, ou a uma *base*. Como nós vimos no estudo em uma dimensão, as distâncias são sempre referenciadas a uma origem. Dizíamos então "...no instante t=3.0 segundos, o automóvel se encontrava a 7 km da origem...". Agora em duas e depois, em três dimensões, precisaremos de uma definição mais sofisticada de *origem*.

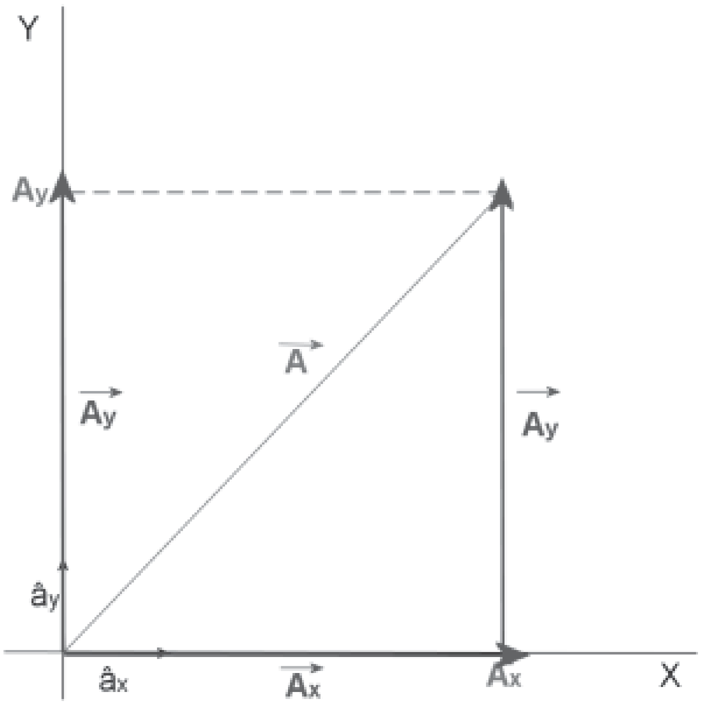
Definiremos a origem a partir de um sistema de coordenadas retangular (ou cartesiano) como sendo um ponto associado a dois vetores unitários e perpendiculares entre si. Esses vetores recebem um nome especial: *versores* e são designados por uma letra com um acento circunflexo: $\hat{x}$, $\hat{a}$, etc. A figura abaixo representa um sistema cartesiano:



Nesta figura, devemos destacar, em primeiro lugar, os eixos cartesianos X e Y. Eles são perpendiculares entre si e determinam a escala usada. Vemos também os versores $\hat{a}_x$ e $\hat{a}_y$ (ou $\hat{\imath}$ e $\hat{\jmath}$) que têm módulo igual a um e são paralelas às direções dos eixos cartesianos. Temos representado também um vetor **A** e as suas "componentes" A_x e A_y. Nós podemos ver que esses componentes são escalares: são distâncias. Se nós as multiplicarmos pelos versores correspondentes, elas se tornarão vetores.

$$A_x \hat{a}_x = \overline{A_x}$$

O mesmo vale para o eixo *y*. Note agora que, se utilizarmos as propriedades discutidas anteriormente, chegaremos à seguinte situação:



Temos agora os vetores $\mathbf{A}_x$ e $\mathbf{A}_y$. O segundo deles ou o primeiro pode ser livremente movido, de tal modo que o colocamos onde termina o primeiro. Chegamos, então, a um resultado muito importante:

$$\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y = \overline{A_x} + \overline{A_y}$$

Isto significa que os vetores podem ser decompostos entre as suas componentes!

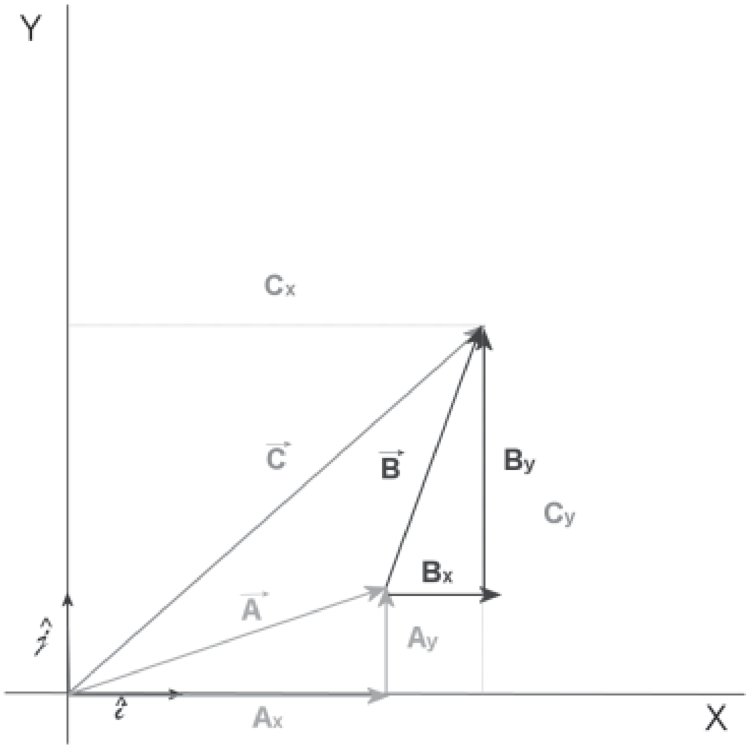
A primeira conseqüência disso é que podemos facilmente calcular o módulo dos vetores aplicando o teorema de Pitágoras: $A^2 = A_x^2 + A_y^2$.

A separação de um vetor em suas componentes também facilita as operações até aqui definidas. Veja:

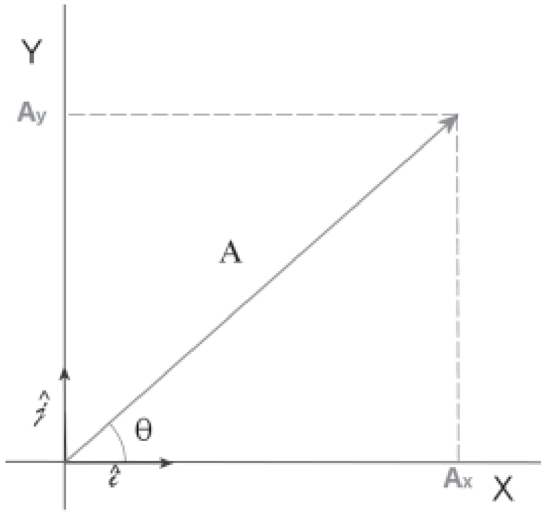
- Adição:

$$\text{Se } \vec{A} + \vec{B} = \vec{C} \text{ e}$$
$$\vec{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath}$$
$$\vec{B} = B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath}$$
$$\vec{C} = C_x\hat{\imath} + C_y\hat{\jmath}$$

Então $C_x = A_x + B_x$ e $C_y = A_y + B_y$.
Fica mais fácil se olharmos para uma figura como a colocada abaixo:



Muito simples? Não muito, mas com os exercícios à frente conseguiremos uma melhor visualização. Para encerrar o assunto de vetores, vamos apenas relembrar algumas relações trigonométricas adaptadas à linguagem vetorial. Isto é necessário porque, algumas vezes, nos depararemos com situações em que sabemos qual é o módulo de um vetor e também qual é o ângulo que ele faz com algum eixo da base e, a partir deles, teremos que obter as componentes. Considere a figura abaixo:



O vetor **A** pode ser definido por suas componentes A_x e A_y, ou pelo seu modulo $|\mathbf{A}|$ e seu ângulo θ com a horizontal. As relações entre estas grandezas são dadas pelas equações abaixo, provenientes da trigonometria básica:

$$|\boldsymbol{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$\text{sen}\,\theta = \frac{A_y}{|\boldsymbol{A}|}$$

$$\cos\theta = \frac{A_x}{|\boldsymbol{A}|}$$

$$\text{tg}\,\theta = \frac{A_y}{A_x}$$

E estas relações levam a novas relações:

$$A_x = |A|cos\theta$$

$$A_y = |A|sen\theta$$

Vamos agora fazer alguns exercícios para que os vetores tornem-se um pouco mais “amigáveis”.

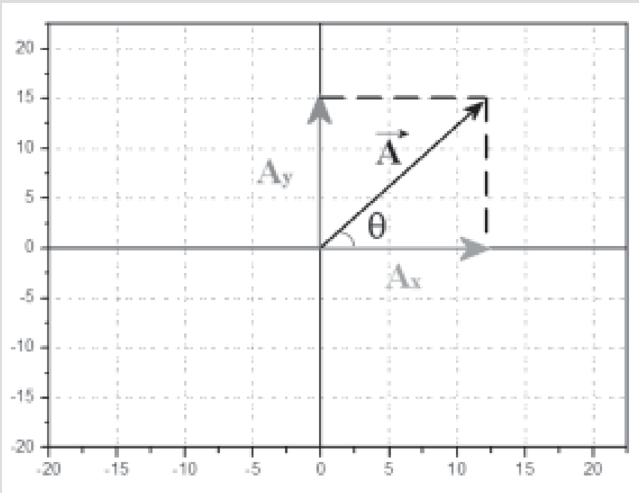
ATIVIDADES

I. Um vetor que sai da origem tem componentes A_x = 12 metros e A_y = 15 metros. Determine o seu módulo e o ângulo que o mesmo faz com o eixo y.
II. Dados os vetores: $\mathbf{A}=1.5\hat{\mathbf{a}}_x\ -1.7\hat{\mathbf{a}}_y$; $\mathbf{B}=3.2\hat{\mathbf{a}}_x+0.5\hat{\mathbf{a}}_y$;$\mathbf{C}=0.1\hat{\mathbf{a}}_x$. Calcule: $\mathbf{D}=2\mathbf{A}-\mathbf{B}+3\mathbf{C}$. Determine o módulo de D e o ângulo que o mesmo faz com a horizontal.

II. Para procurar um mapa do tesouro saindo de uma árvore, algumas crianças receberam as seguintes indicações: caminhem 23 passos diretamente para o norte; caminhem agora 14 passos em uma direção que faz um ângulo de 25º do norte para o oeste; finalmente caminhem 10 passos em uma direção que faz um ângulo de 77º do sul para o leste. Qual é a posição do tesouro em relação a esta árvore?

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

I. Como de costume, será uma boa idéia prepararmos um desenho para identificar o que sabemos e o que não sabemos.



Este é o desenho padrão de um vetor em um eixo cartesiano. Utilizando as equações citadas no texto, ou mesmo o teorema de Pitágoras podemos facilmente obter o módulo de **A**.

$$|A| = \sqrt{12^2 + 15^2} = 19.21\,m$$

O cálculo do ângulo também é muito simples quando prestamos atenção para perceber que θ é o ângulo formado entre o vetor e o eixo x, sendo que o pedido é o ângulo entre o vetor e o eixo y. Para calcular θ precisamos apenas das equações anteriores:

$$tg\theta = \frac{A_y}{A_x} \rightarrow \theta = \tan^{-1}\frac{15}{12} \approx 51^o$$

Mas, como mencionamos anteriormente, este não é o ângulo pedido, é o seu complementar. Isto significa que a soma deste ângulo com aquele que foi pedido deve resultar em 90º. $51 + \alpha = 90 \rightarrow \alpha \approx 39^o$

II. A solução deste problema passa pela utilização das regras da aritmética de vetores. Multiplicaremos os vetores por constantes quando for o caso e, depois, faremos as adições/subtrações:

$$2\mathbf{A}=3.0\,\hat{\mathbf{a}}_x -3.4\,\hat{\mathbf{a}}_y;$$

$$-\mathbf{B}=-3.2\,\hat{\mathbf{a}}_x -0.5\,\hat{\mathbf{a}}_y;$$

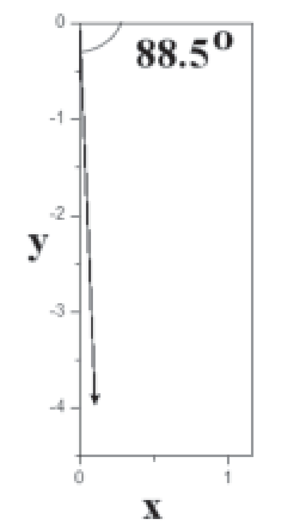
$$3\mathbf{C}=0.3\hat{\mathbf{a}}_x$$

$$\mathbf{D}=2\mathbf{A}-\mathbf{B}+3\mathbf{C}=0.1\,\hat{\mathbf{a}}_x -3.9\,\hat{\mathbf{a}}_y$$

O cálculo do módulo de **D** e do ângulo que o mesmo faz com a horizontal fica então muito simples, bastando aplicar as equações do texto:

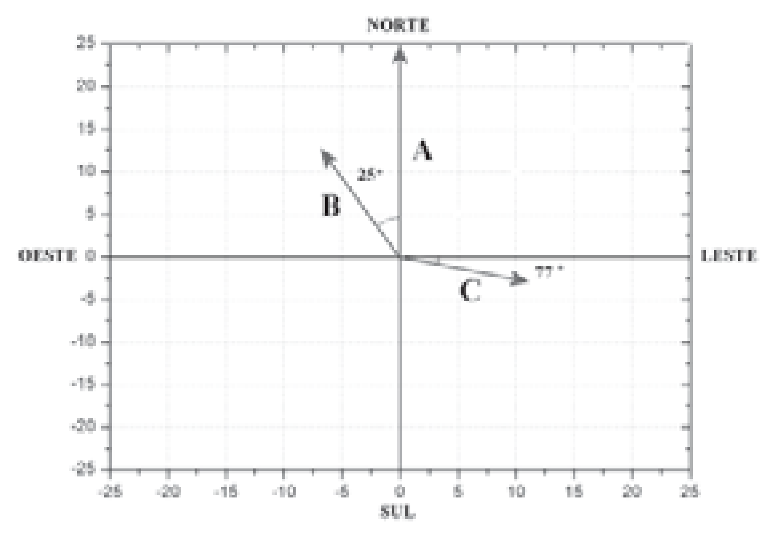
$$|D| = \sqrt{0.1^2 + (-3.9)^2} \approx 3.90$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{-3.9}{0.1} \approx -88.5^o$$



O aparecimento deste ângulo negativo pede uma explicação. Note que a componente horizontal de D é positiva, mas que a componente vertical é negativa. Isto faz com que o vetor esteja no quarto quadrante, e seu ângulo com relação à horizontal seja negativo.

III. Para resolver este problema só precisamos de álgebra: cada um dos deslocamentos pode ser definido como um vetor e tudo que temos a fazer é somá-los. Como estamos tratando de pontos cardeais, é uma boa idéia apresentar uma figura:



Você pode estranhar à primeira vista por ver que os vetores saem todos da origem, quando na verdade um deveria sair do final do outro. Mas, como vimos no início desta aula, tudo que um vetor tem é módulo, direção e sentido, não importando onde é colocado. Isto nos facilita muito as contas. Já sabemos o módulo dos vetores e os ângulos que os mesmos fazem com os eixos cartesianos. Para determinar as componentes dos mesmos, só precisaremos agora de um pouco de visualização e de trigonometria. Vamos usar a notação mais comum: $\vec{i}$ corresponde ao versor que aponta para o leste e $\vec{j}$ ao versor que aponta para o leste. Sendo assim podemos escrever os três vetores da seguinte forma:

$\vec{A} = 0\vec{i} + 24\vec{j}$

$\vec{B} = -14sen25°\vec{i} + 14cos25°\vec{j}$

$\vec{C} = 10sen77°\vec{i} - 10cos77°\vec{j}$

Com o auxílio de uma calculadora, chegamos aos valores:

$\vec{A} = 0\vec{i} + 24\vec{j}$

$\vec{B} = -5{,}9\vec{i} + 12{,}7\vec{j}$

$\vec{C} = 9{,}7\vec{i} - 2{,}3\vec{j}$

Obteremos o resultado final, somando as componentes e chamando o vetor resultante de **R**:

$$\vec{R} = 27{,}8\vec{i} + 10{,}4\vec{j}$$

Para podermos melhor apreciar o resultado, colocamos na figura abaixo os vetores da maneira que estariam em um mapa e com o vetor resultante. Note que, de fato, o vetor resultante tem componentes positivas. Para dizer às crianças como ir diretamente ao tesouro, poderíamos ter lhes dado diretamente o módulo de **R** e o ângulo que o mesmo faz com algum ponto cardeal. O módulo é facilmente calculado:

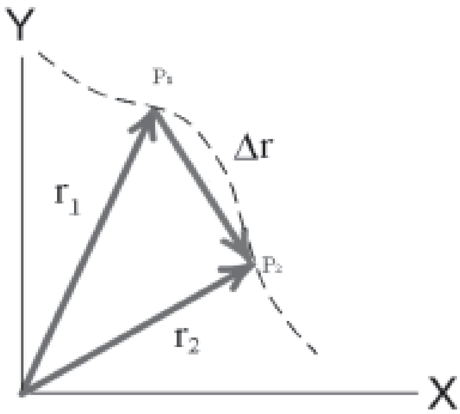
$$|R| = \sqrt{27{,}8^2 + 10{,}4^2} \approx 30\,passos$$

Quanto ao ângulo, precisamos determinar qual queremos: do norte para leste, ou leste para norte. Pessoalmente, prefiro de leste para norte. Assim,

$$\theta = \tan^{-1}\frac{R_y}{R_x} = \tan^{-1}\frac{27{,}8}{10{,}4} \approx 70^o$$

Olhe agora a figura. Estes valores de módulo e ângulo não lhe parecem corretos?

Agora que já estamos bem encaminhados no estudo de vetores, vamos analisar o movimento de objetos em duas dimensões, mas sem a aceleração. Este tipo de movimento pode ser descrito em um lugar sem gravidade ou sobre um suporte horizontal, como por exemplo, uma mesa. Para isto, será necessário que ampliemos a aplicabilidade de nossas equações horárias de escalares para vetores. Visualize, abaixo, o movimento de uma partícula no plano x-y:



Esta trajetória não é especial em nada. Pode ser, por exemplo, a trajetória de um peão que foi lançado e está prestes a cair. As forças envolvidas não são importantes para nós, neste momento, pois só estamos interessados na sua trajetória. Observe, agora, a sua descrição: em um momento t_1 a partícula se encontra em um ponto P_1 e em um tempo t_2 a partícula se encontra em um ponto P_2. O vetor $\boldsymbol{r_1}$ é o "vetor posição" da partícula no momento t_1 e corresponde a um vetor que sai da origem e termina no ponto P_1. Analogamente, $\boldsymbol{r_2}$ representa o vetor posição da partícula no instante t_2. Lembre-se de que, no caso unidimensional, nós definimos o deslocamento como sendo a diferença entre a posição inicial e a posição final. Aqui ocorre a mesma coisa, mas, ao invés de usarmos escalares, usamos vetores:

$$\Delta \boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_2 - \boldsymbol{r}_1$$

Este vetor **Δr** é chamado de vetor deslocamento, em analogia ao deslocamento unidimensional. Não se esqueça de que este deslocamento ocorre em um intervalo de tempo definido: $\Delta t=t_2-t_1$. Se nós colocamos agora os vetores-posição decompostos em suas coordenadas, podemos facilmente obter o vetor deslocamento.Veja:

$$\overrightarrow{r_1} = x_1\vec{\imath} + y_1\vec{\jmath}$$
$$\overrightarrow{r_2} = x_2\vec{\imath} + y_2\vec{\jmath}$$
$$\Delta\vec{r} = \overrightarrow{r_2} - \overrightarrow{r_1} = (x_2 - x_1)\vec{\imath} + (y_2 - y_1)\vec{\jmath}$$

Perceba que, quando o movimento é apenas no eixo x (unidimensional), voltamos à antiga definição $\Delta x=x_2-x_1$.

Agora que já definimos os vetores posição, podemos passar, sem problemas, para a definição das outras grandezas estudadas até agora. Começamos com a velocidade média:

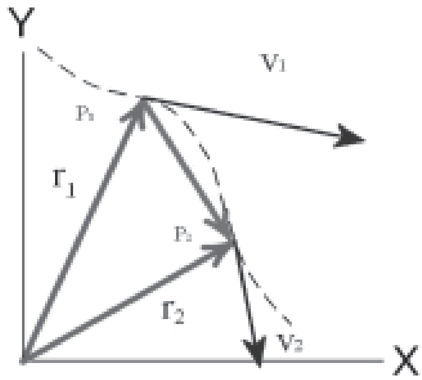
$$\overline{(\vec{v})} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

Muito simples? Com certeza! Mas, além disso, precisamos notar que (1/Δt) é um escalar e quando o multiplicamos por um vetor obtemos outro vetor na mesma direção, mas com módulo diferente. Nós já vimos isso anteriormente. Aqui vemos que a sua aplicação leva à conclusão de que o vetor velocidade tem a mesma direção do vetor deslocamento!

Aplicando o mesmo raciocínio do movimento unidimensional, definimos o vetor velocidade instantânea:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

A mesma discussão do parágrafo anterior aplica-se à velocidade instantânea. Como esta velocidade é definida em intervalos de tempo muito pequenos, os vetores velocidade correspondem às tangentes à trajetória em cada ponto da mesma. A figura abaixo ilustra este ponto:



Assim como o vetor posição, o vetor velocidade instantânea também pode ser decomposto em suas componentes:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(x\vec{i} + y\vec{j}) = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$$

De uma maneira absolutamente análoga, definimos a aceleração média e a aceleração instantânea como sendo, respectivamente:

$$\overline{(\vec{a})} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$$

Depois de todas estas considerações, podemos agora enunciar as equações horárias em suas formas vetoriais:

$$\vec{v} = \overrightarrow{v_0} + \vec{a}t$$

$$\vec{r} = \overrightarrow{r_0} + \overrightarrow{v_0}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

Concordo que estas equações parecem assustadoras, mas você verá que nós sempre trabalharemos unicamente com as componentes! Todos os nossos dados serão separados em componentes e então trabalharemos independentemente, será ótimo! Para isto, construímos a tabela abaixo:

Horizontal (componente x)	Vertical (componente y)
$v_x = v_{x0} + a_x t$	$v_y = v_{y0} + a_y t$
$x = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$	$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2$
$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$	$v_y^2 = v_{y0}^2 + 2a_y(y - y_0)$

Podemos, então, agora, resolver alguns problemas para ganhar um pouco mais de intimidade com a matéria.

ATIVIDADES

I. Uma partícula parte da origem no momento que um cronômetro é disparado. Ela se move no plano x-y com velocidade constante dada pelo vetor: $\vec{v} = 4.2\vec{i} + 1.8\vec{j}$. Determine o vetor posição desta partícula nos instantes t=10 segundos e t=20 segundos. Determine a distância percorrida entre estes dois instantes.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

I. Para este tipo de problema, nem é necessário um desenho, e já é hora de começarmos a trabalhar com a matemática na certeza de que chegaremos ao resultado correto. Vamos, então, à interpretação da questão. É dado um valor constante para a velocidade e a mesma está dividida entre duas componentes. v_x = 4.2 m/s e v_y = 1.8 m/s. Isto nos diz que a partícula mover-se-á muito mais rapidamente para a direita do que para cima. Para obter as posições nos devidos instantes, tudo que temos a fazer é escrever as equações horárias. Como a partícula parte da origem e tem aceleração nula:

$$x(t) = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2 = 4{,}2t$$

$$y(t) = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = 1{,}8t$$

Então podemos construir uma tabelaonde colocamos os tempos em questão e as coordenadas correspondentes:

t(s)	x (m)	y (m)
0	0	0
10	42	18
20	84	36

Podemos então agora extrair os vetores posição correspondendo aos instantes iguais a dez e vinte segundos: $\vec{r}_{10} = 42\vec{i} + 18\vec{j}$ e $\vec{r}_{20} = 84\vec{i} + 36\vec{j}$. A distância entre estes dois pontos é apenas o módulo do vetor deslocamento, que é dado por: $\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}_{20}-\mathbf{r}_{10}=(84-48)\mathbf{i}+(36-18)\mathbf{j}$

CONCLUSÃO

A utilização da notação vetorial permite e facilita o estudo da física em mais de uma dimensão. A maneira de descrever os vetores varia muito. Existem as mais variadas notações para se simbolizar matematicamente uma entidade que tem módulo, direção e sentido. O conceito de ponto de referência, porém, está intimamente ligado aos sistemas de referência que servem como origem dos vetores. Mesmo sem o ferramental da álgebra vetorial, é possível a solução de problemas, através de simplificações.

RESUMO

Certas grandezas físicas podem ser definidas apenas através de um número. A única informação pertinente é a magnitude dessa grandeza. Estas grandezas são chamadas de escalares. Existem outras, no entanto, que necessitam de mais informações, tais como a velocidade, a força, etc. Neste segundo caso, precisamos de mais informações, nomeadamente a *direção* e o *sentido*. Assim, utilizamos os vetores cujas propriedades se assemelham muito àquelas dos escalares. Eles podem ser manipulados graficamente ou matematicamente. No primeiro caso, é possível uma visualização de suas propriedades, mas é muito pouco prático. A sua manipulação matemática permite a obtenção de informações sobre sua magnitude e direcionamento de maneira muito simples e direta. Os vetores podem ser definidos matematicamente de duas maneiras: a) a partir de seu módulo e do ângulo que este vetor faz com algum eixo do sistema de referência; e b) a partir das componentes do mesmo. A divisão em componentes permite separar o movimento completo do objeto em dois, cada um deles paralelo a um dos eixos do sistema de referência. Quando isto é feito, torna-se possível tratar um movimento em duas dimensões como dois movimentos unidimensionais, permitindo-nos, assim, utilizar o que já foi estudado sobre cinemática em uma dimensão.

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, estudaremos o movimento de projéteis, ou seja, o movimento de corpos sob a ação da gravidade em duas dimensões. O movimento deste tipo é conhecido como parabólico.

REFERÊNCIAS

DOUGLAS C. Giancoli. **Physics for Scientists and Engineers**. 3ed. New Jersey: Editora Prentice Hall, 2000.
HUGH D. Young e Roger A. Freedman. **Física I – Mecânica.**10ed. São Paulo: Editora Addison Wesley, 2003. Tradução de Adir Moysés Luiz.
FREDERICK J. Keller, W. Edward Gettys e Malcolm J. Skove. **Física.** São Paulo: Editora Makron Books, 1997. Vol.1. Tradução de Alfredo Alves de Farias.
ROBERT RESNICK, David Halliday e Kenneth S. Krane. **Física 1**. 5ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. Tradução de Pedro M. C. L. Pacheco, Marcelo A. Savi, Leydervan S. Xavier, Fernando R. Silva.