



AO ESTUDANTE*

A engenharia é um campo desafiador, tanto para o estudante quanto para o profissional. Para ser bem-sucedido, você deve manter hábitos de estudo seguros, somando estrutura e disciplina a sua rotina. Oferecemos a seguir as ferramentas criadas para ajudá-lo a atingir este objetivo.

Leitura - O Metodo SQ3R

O processo de ler um livro didático não é o mesmo de ler um romance por lazer. Ao ler um romance, não damos uma olhada superficial no texto para pegar os pontos-chave, não vamos até o fim para tomar conhecimento do desfecho, e não voltamos para preencher as lacunas. Esta abordagem iria contra o objetivo de se ler um romance. No entanto, e exatamente isto que você deve fazer para maximizar seu entendimento e retenção ao ler um livro didático. Desenvolvido por Francis Robinson (1970), O método **SQ3R** é um procedimento formal que se mostrou efetivo em melhorar a compreensão da leitura de livros didáticos. O nome SQ3R (ou SQRRR) significa, em inglês, Explore, Questione, Leia, Elabore e Revise (Survey, Question, Read, Recite and Review).

Explore (Survey)

A melhor forma de começar um novo capítulo é lê-lo superficialmente. Leia o título das seções, as legendas das figuras, os itens em destaque, O resumo do capítulo, e qualquer outro material relevante que indique idéias-chave. Isto lhe dá uma idéia geral do que será discutido, como está organizado, e como os tópicos se relacionam uns com os outros e com aquilo que você já sabe.

Questione (Question)

Antes de ler uma seção, pergunte a você mesmo o que ela irá cobrir e o que você deverá aprender dela. Use os títulos e os subtítulos, as legendas das figuras e os itens em destaque como guia para se questionar sobre o material. Seja o mais específico possível. Anote suas questões de forma resumida, deixando espaço para as respostas. As questões não precisam ser particularmente profundas ou complexas; enfoque o básico. Este passo lhe permite criar uma estrutura de trabalho mental para lembrar a informação detalhada de que você precisa para aprender enquanto lê.

Leia (Read)

Uma vez que você tenha se preparado para absorver nova informação, leia o texto e pense no que você está lendo. As questões que levantou estão sendo respondidas? Você entende as relações entre os tópicos? Leia uma pequena quantidade do material por vez. Se este parecer difícil ou confuso, não continue. Volte e releia a seção, talvez um parágrafo ou dois por vez, até que faça sentido.

Elabore (Recite)

No final de cada seção, pare. Com suas palavras, elabore as idéias principais. Responda as questões em seu resumo. Se seu conjunto inicial de questões estiver incompleto, faça - e responda - questões adicionais. Não siga adiante até que você tenha elaborado as idéias principais com as próprias palavras. Se não conseguir responder algumas de suas questões, leve-as para a aula e as discuta com seu professor.

Revise (Review)

No final do capítulo, revise todo o seu material e suas notas; então formule e responda suas questões novamente. Você deve ser capaz de enxergar as relações dos tópicos de cada seção e entre as seções. Tendo absorvido os conceitos principais, os fatos individuais se tornam mais fáceis de lembrar. Pode ser de grande ajuda trabalhar com um colega de classe e cada um interrogar o outro. Finalmente, combine suas notas SQ3R com suas notas de aula para criar um pacote coerente e bem organizado sobre o capítulo. Então, pare um momento e relaxe. Aborde cada capítulo com uma perspectiva renovada.

Tomada de Notas

Tomar notas durante uma aula é algo bem diferente da atividade de um taquígrafo ou estenógrafo de tribunal. O estenógrafo registra toda palavra dita, mas o propósito de se tomar notas em uma aula é captar os pontos principais de forma precisa e organizada para que você possa usar esses dados mais tarde como ferramenta

* Texto integral dos autores ARTHUR BORESI & RICHARD SCHMIDT, professores da Universidade de Wyoming e autores do Livro Estática, Ed. THOMSON.



de estudo. Estudantes que criam um resumo mental das idéias principais de uma aula e se concentram em apreendê-las em poucas palavras normalmente as recordam mais do que os que tentam anotar todos os detalhes.

Aqui estão algumas dicas simples para tomar notas de maneira eficaz:

1. Venha para a aula preparado. Faça as leituras pedidas antes da aula e traga suas notas SQ3R. Faça suas perguntas quando o professor estiver discutindo os tópicos que o confundem. Anote a resposta em seu resumo. Use o tempo de aula para preencher as lacunas de seu entendimento, não para ter uma primeira exposição do assunto. Se você se preparar para a aula, já terá seu resumo geral, e reconhecerá os pontos importantes.
2. Todo dia, imagine que você está tomando notas para seu melhor amigo que não pode ir a aula naquele dia. Seu objetivo é dar a seu amigo um conjunto organizado de notas que registrem os pontos-chave da aula. Suas notas de aula devem ser um suplemento para suas notas SQ3R.
3. Durante a aula, preste atenção nas palavras-chave que indiquem as idéias principais ("As três razões principais para que ..."), uma explicação alternativa ("Em outras palavras, ..."), uma conclusão ou afirmação resumida ("Finalmente, podemos dizer que ..."), ou uma mudança de direção ("Por outro lado ...").
4. Não espere que o professor vá escrever no quadro tudo que você deve saber. Leia tudo que for escrito e escute tudo que for dito; mas seja seletivo quanto ao que você escreve. Anotar exige concentração. Tome notas resumidas de forma que você não se distraia da aula por longos períodos.
5. Entre uma aula e outra, junte suas notas SQ3R e suas notas de aula em uma unidade organizada. Esta é outra oportunidade para rever o material e solidificar seu entendimento. Se você perdeu um ou dois pontos da exposição, deixe espaço em suas anotações reescritas para detalhes adicionais. Então converse com o professor para preencher as lacunas. Quando for época de provas, suas notas reescritas estarão bem organizadas e completas - perfeitas para você se preparar para uma prova.

Desenvolvendo Habilidades para Resolver Problemas

Para ser um solucionador de problemas efetivo, você deve seguir uma estratégia organizada.

1. **Defina o problema.**
Leia atenta e cuidadosamente toda informação que lhe for dada antes de trabalhar o problema. Informações desnecessárias, incorretas ou enganosas podem desviá-lo da questão verdadeira.
2. **Pense.**
Certifique-se de ter um entendimento preciso do problema. Não vá para o processo de solução sem identificar os fatos e as características da situação-problema. Resuma e organize o que é dado. Você tem informação suficiente para resolver o problema? Você já resolveu algo semelhante?
3. **Planeje a abordagem.**
Faça um fluxograma para resumir o processo de solução. Decida por onde começar e qual seqüência de passos seguir para atingir a solução. Desmembre o problema em peças administráveis que possam ser resolvidas uma por vez. Pense em planos alternativos, caso seu primeiro plano não seja bem-sucedido.
4. **Execute seu plano.**
Persevere e não perca a confiança em seu plano.
5. **Olhe para trás e avalie.**
Tenha certeza de que você resolveu o problema que foi proposto. Decida se sua solução é razoável. Ela está de acordo com o que sua intuição lhe diz? Verifique todos os cálculos procurando por erros de matemática, de sinais, de pontos decimais, de dígitos trocados, de unidades, e assim por diante. Certifique-se de que a solução e a resposta sejam apresentadas de uma forma legível e lógica, que não será mal interpretada.



PONTO MATERIAL E CORPO RÍGIDO

PONTO MATERIAL ou PARTÍCULA é uma pequena porção de matéria que pode ser considerada como um ponto no espaço, ou seja, suas dimensões, em determinada situação, não influenciam sua resposta às forças a ele aplicadas. No ponto material, o movimento de rotação pode ser ignorado. O estudo dos pontos materiais antecede o estudo dos corpos rígidos e, em muitos problemas, a teoria dos pontos materiais pode ser aplicada para solução de problemas envolvendo corpos rígidos.

CORPO RÍGIDO é uma combinação de um grande número de pontos materiais que não se deforma sob a ação de forças (lembre-se que a Mecânica Geral não considera as deformações). Geralmente, suas dimensões influenciam sua resposta às forças a ele aplicadas.

A Terra pode ser considerada como uma partícula, no cálculo do movimento em relação ao sol, já que a rotação tem um efeito muito pequeno em seu movimento em torno do sol. De outra maneira, a terra deve ser considerada como um corpo rígido no que diz respeito ao seu movimento de rotação em torno de seu eixo.

PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

LEI DO PARALELOGRAMO (aplicada no estudo do equilíbrio do ponto material)

Representa a adição pelo método gráfico de dois vetores. Mecanicamente, estabelece que duas forças atuantes sobre um ponto material podem ser substituídas por uma única força, chamada resultante obtida pela diagonal do paralelogramo cujos lados são as duas forças dadas.

PRINCÍPIO DA TRANSMISSIBILIDADE (aplicado no estudo dos corpos rígidos)

Uma força que atua num dado ponto pode ser substituída por outra de mesma intensidade, mesma direção e mesmo sentido, desde que na MESMA LINHA DE AÇÃO.

PRIMEIRA LEI DE NEWTON

A resultante das forças atuando em um corpo em equilíbrio ou com velocidade constante em linha reta é ZERO.

SEGUNDA LEI DE NEWTON (Aplicada no estudo da Dinâmica)

Se uma partícula for submetida a uma força, a partícula será acelerada e a aceleração terá a direção e o sentido da força. $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$

TERCEIRA LEI DE NEWTON (aplicado no estudo do equilíbrio de corpos rígidos)

Para toda ação, há uma reação igual e oposta. Lei da ação e reação

LEI DE GRAVITAÇÃO DE NEWTON (Dinâmica)

1.2 SISTEMAS DE UNIDADES

Aos conceitos de espaço, tempo, massa e força, estão associadas as chamadas unidades cinéticas. No Sistema Internacional de Unidades – SI, três das unidades são definidas arbitrariamente:

Unidade de comprimento = metro (m)

Unidade de tempo = segundo (s)

Unidade de massa = quilograma (kg)

A unidade de força é uma unidade derivada, pois depende da unidade de massa e da unidade de aceleração (Segunda Lei de Newton):

Unidade de força = (N)

É a força que imprime uma aceleração de 1 m/s^2 a uma massa de 1 kg.

Newton (N) é a força que imprime uma aceleração de 1 m/s^2 à massa de 1 kg. Logo $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$.



1.3 CÁLCULOS EM ENGENHARIA

Em problemas de engenharia, os dados raramente são fornecidos com precisão maior que 0,2 % . Uma força de 100 kN, na verdade seria 100 +/- 0,2 kN. Portanto, não se justifica escrever as respostas com precisão maior, nem tampouco, “arredondar” o resultado para valores sem precisão adequada.

A precisão da resposta depende de três fatores:

- **A precisão da análise (modelagem e teoria utilizadas)**
Depende da teoria utilizada no cálculo.
- **A precisão dos dados fornecidos**
Lembre-se: na engenharia a precisão raramente é maior que 0,2%.
- **A precisão dos cálculos numéricos**
Arredondamentos antes do final do cálculo prejudicam a precisão.

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Os algarismos significativos de uma medida são aqueles razoavelmente confiáveis. Só é duvidoso o último algarismo.

Devemos utilizar valores somente com os algarismos significativos para não dar uma idéia falsa de precisão.

- Zero à esquerda não é significativo:
0,0345 m tem três algarismos significativos = 34,5 mm.
- Utilizar a notação científica para não dar idéia falsa de precisão: 345.000 cm ou 3.450,00 m significa que há 6 algarismos significativos. A precisão seria de centímetros. Se não for o caso, deveríamos representar 34,50 x 10⁴ cm (ou 3.450 m) para representar que há somente 4 algarismos significativos. A precisão seria de metros.
- Números inteiros que representam objetos discretos possuem precisão infinita:
5 dias = 5,0000000... dias.
3 forças = 3,00000... forças.
- Números que fazem parte de uma expressão possuem precisão infinita: $2 \times \pi \times D$

18,11 – quatro algarismos significativos
18,110 – cinco algarismos significativos
0,0092 – dois algarismos significativos
1,000 – quatro algarismos significativos

9,2 m não pode ser representado como 9.200 mm se não houver certeza da precisão de milímetro. A rigor, seria 9,2 x 10³ mm: DOIS ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS.

CONSIDERANDO A PRECISÃO DE 0,2%, VAMOS ADOTAR PARA OS PROBLEMAS DO CURSO QUATRO ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS.

4 kN = 4,000 kN ou 4000 N
12 m = 12,00 m ou 1200 cm

Quando se usam números com incertezas ou erros para calcular outros números, o resultado também será impreciso.

Numa série de multiplicações ou divisões de números arredondados, mantenha um algarismo a mais (5 algarismos significativos) até o resultado final ser obtido, e então arredonde para os quatro algarismos significativos. Com a calculadora, você pode utilizar os resultados acumulados na memória da calculadora e arredondar somente o resultado final.

O estudante **NÃO** deve registrar mais algarismos significativos que o necessário (4 algarismos significativos)



2 ESTÁTICA DOS PONTOS MATERIAIS

2.1 INTRODUÇÃO

Em primeiro lugar, é preciso que o aluno entenda que o estudo de partículas, ou pontos materiais, não se limita a pequenos corpos. Um ponto material é um corpo cujo formato, em determinada situação, não afeta significativamente a resolução dos problemas. Em muitos problemas, apenas um ponto de toda uma estrutura complexa é estudado. Neste ponto, convergem todas as forças.

O prévio conhecimento de vetores e operações com vetores é essencial para a solução dos problemas da Mecânica Geral. O assunto é tratado nos tópicos seguintes apenas de forma superficial. Espera-se que o aluno tenha domínio do assunto para iniciar o estudo da Mecânica Geral.

Limitaremos nosso estudo às forças no plano. A grande maioria dos problemas de engenharia é resolvida com o estudo de forças no plano, como veremos ao longo da disciplina.

2.2 FORÇAS E VETORES*

Vetores são entes matemáticos que possuem intensidade, direção e sentido e que se somam de acordo com a lei do paralelogramo. A intensidade é dada por um certo número de unidades: por ex. 15 kN. A direção é dada por sua linha de ação, que é a reta ao longo da qual a força atua, caracterizada pelo ângulo que essa reta forma com algum eixo fixo (geralmente a horizontal). O sentido é indicado por uma seta.

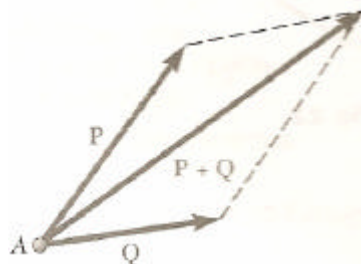
Uma força representa a ação de um corpo sobre outro, é representada por um vetor e seu ponto de aplicação. Então, uma força, assim como um vetor, SEMPRE será definida por sua INTENSIDADE, DIREÇÃO E SENTIDO.

ADICÃO DE VETORES

A soma de dois vetores **NÃO** é uma soma algébrica. Não confundir a soma algébrica com a soma vetorial. A soma vetorial se dá de acordo com a lei do paralelogramo.

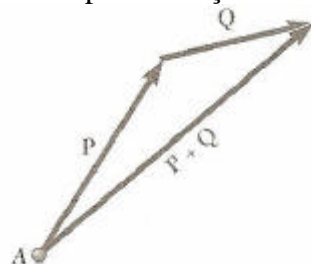
LEI DO PARALELOGRAMO: ORIGEM COINCIDE COM ORIGEM

Representa a adição pelo método gráfico de dois vetores. Mecanicamente, estabelece que duas forças atuantes sobre um ponto material podem ser substituídas por uma única força, chamada **resultante** obtida pela diagonal do paralelogramo cujos lados são as duas forças dadas.



REGRA DO TRIÂNGULO: EXTREMIDADE COINCIDE COM ORIGEM

Derivada da lei do paralelogramo, onde se tem apenas metade do paralelogramo. Pode ser utilizada sucessivamente para a adição de mais de dois vetores: REGRA DO POLÍGONO.



* Vetores podem ser diferenciados de um escalar por seta curta acima da letra usada para representá-lo. Nesta apostila representaremos pela letra em negrito itálico.



PROPRIEDADES:

VETOR OPOSTO

Um vetor oposto a outro é aquele que tem mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto.

Subtrair um vetor é somar o correspondente vetor oposto: $P - Q = P + (-Q)$

COMUTATIVA: $P + Q = Q + P$

ASSOCIATIVA: $P + Q + S = (P + Q) + S = P + (Q + S)$

Observe que a ordem em que vários vetores são somados é irrelevante!

PRODUTO DE UM ESCALAR POR UM VETOR: $P + P = 2P$.

2.3 LEI DOS COSSENOS E LEI DOS SENOS

LEI DOS COSSENOS:

$A^2 = B^2 + C^2 - 2 \times B \times C \times \text{Cosseno}(a)$ (ângulo oposto a R)

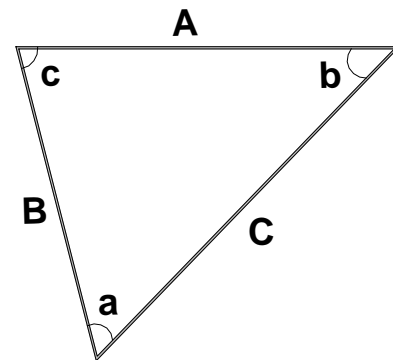
$B^2 = A^2 + C^2 - 2 \times A \times C \times \text{Cosseno}(b)$ (ângulo oposto a R)

$C^2 = A^2 + B^2 - 2 \times A \times B \times \text{Cosseno}(c)$ (ângulo oposto a R)

LEI DOS SENOS:

Quociente seno do ângulo pela força oposta é constante.

$$\frac{\text{Sen}(a)}{A} = \frac{\text{Sen}(b)}{B} = \frac{\text{Sen}(c)}{C}$$



EXERCÍCIOS



2.4 FORÇAS CONCORRENTES

Forças concorrentes são forças que passam pelo mesmo ponto. Forças concorrentes podem ser somadas pela regra do polígono ou pela aplicação repetida da regra do triângulo. Assim, a força resultante tem o mesmo efeito que as várias forças originais dadas.

2.5 COMPONENTES DE UMA FORÇA

Assim como duas forças podem ser substituídas por uma resultante **R**, de mesmo efeito sobre o ponto material, reciprocamente, uma única força pode ser substituída por duas ou mais forças que têm o mesmo efeito sobre o ponto material.

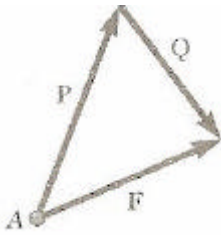
2 forças somadas = RESULTANTE

1 força dividida em 2 = COMPONENTES

Essas forças são chamadas de componentes da força **F**.

Para cada força **F** existe um número infinito de conjunto de componentes.

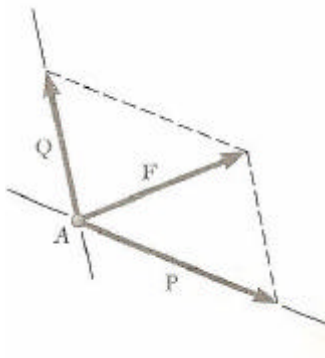
- Quando um dos componentes é conhecido, o outro é determinado pela regra do triângulo.



Para a força **F**, um dos componentes é conhecido: a força **P**. Unindo-se a extremidade de **P** à extremidade de **F** determina-se, completamente, a força **Q**.

A intensidade, direção e sentido são obtidos graficamente ou por trigonometria, utilizando-se as leis do cosseno e seno.

- Quando a linha de ação dos dois componentes é conhecida, a intensidade e a direção são determinadas pela aplicação da lei do paralelogramo.



Para a força **F**, as duas linhas de ação das forças **P** e **Q** são conhecidas.

Traçando-se duas linhas paralelas (indicadas na figura pelas linhas tracejadas) é possível determinar completamente os dois componentes da força **Q**.

A intensidade e o sentido dos dois componentes são obtidos graficamente ou por trigonometria, utilizando-se as leis do cosseno e seno.

EXERCÍCIOS



2.6 COMPONENTES RETANGULARES

Uma situação particular dos componentes ocorre quando estes são escolhidos segundo os eixos y e x , perpendiculares e geralmente na horizontal e vertical. O essencial é que os componentes sejam perpendiculares. O paralelogramo desenhado para se obterem os componentes da força é um retângulo, e os componentes F_x e F_y são chamados de componentes retangulares.

Vetores unitários são vetores de intensidade 1, orientados, respectivamente, segundo os eixos x e y e representados por i e j .

Os componentes de uma força podem ser representados pelos vetores unitários i e j multiplicados pelos escalares apropriados.

$$F_x = F_x i$$

$$F_y = F_y j$$

$$F = F_x i + F_y j$$

Os escalares F_x e F_y podem ser positivos ou negativos.

Se o ângulo for medido a partir da horizontal e no sentido anti-horário os valores são dados por:

$$F_x = F \cdot \cos$$

$$F_y = F \cdot \sin$$

No entanto, é mais prático, e o aluno perceberá isto nos problemas mais avançados, que os sinais dos componentes de uma força sejam determinados por inspeção.

EXEMPLOS

2.7 ADIÇÃO DE FORÇAS PELAS COMPONENTES CARTESIANAS

Vimos que não é possível utilizar a regra do triângulo com mais de 2 forças. Para somar três ou mais forças é preciso utilizar a regra do polígono. Portanto, a solução trigonométrica somente se aplicaria aos casos de adição de duas forças (utilizando-se a lei do cosseno e lei do seno). Uma solução analítica para a adição de três ou mais forças pode ser utilizada a partir das componentes retangulares das forças:

$$R = P + Q + S$$

$$P = P_x i + P_y j$$

$$Q = Q_x i + Q_y j$$

$$S = S_x i + S_y j$$

$$R_x = (P_x + Q_x + S_x) i$$

$$R_y = (P_y + Q_y + S_y) j$$

A partir das componentes, a intensidade da resultante pode ser obtida por Pitágoras:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \text{ e o ângulo com a horizontal é } \operatorname{tg} \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

EXEMPLOS



2.8 EQUILÍBRIO DE UM PONTO MATERIAL

Quando a resultante de duas ou mais forças que atuam sobre um ponto material é nula, este ponto está em equilíbrio (movimento retilíneo uniforme ou repouso) = 1ª Lei de Newton.

PRIMEIRA LEI DE NEWTON

Se a intensidade de uma força atuante em um ponto material é ZERO, este permanece em repouso ou em movimento constante e em linha reta, se originalmente estava em repouso ou em movimento, respectivamente.

Um ponto material está em equilíbrio se a resultante igual a zero.

- Um ponto material, submetido à ação de apenas duas forças, estará em equilíbrio se as forças tiverem a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos contrários, pois é a única configuração que permite a resultante ZERO.
- Um ponto material, submetido à ação de mais de duas forças, estará em equilíbrio se as forças formarem um polígono fechado, quando arranjadas de modo que a origem de uma força recaia sobre a extremidade da força anterior, pois nesta configuração a resultante ZERO.

EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM PONTO MATERIAL

$$R = \sum F = 0 \qquad \begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \end{aligned}$$

2.9 DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

É a representação esquemática de um ponto material isolado do restante do sistema, e com todas as forças aplicadas a ele. O ponto material é escolhido de forma a representar as variáveis do problema. Em alguns problemas, a escolha do ponto material pode ser óbvia, em outros, nem tanto. É o passo mais importante na solução de problemas de mecânica! Por isso, é essencial que você escolha corretamente qual ou quais partículas de um sistema devem ser consideradas no problema.

Quando uma partícula está em equilíbrio sob três forças, o problema pode ser resolvido desenhando-se um triângulo de forças e aplicando-se as leis do seno e cosseno para encontrar as variáveis.

Quando uma partícula está em equilíbrio sob mais de três forças, o problema pode ser resolvido por meio dos componentes retangulares das forças e as equações de equilíbrio.

Em alguns casos, dependendo do número de incógnitas do problema, pode ser necessário resolver o equilíbrio de mais de um ponto material do sistema.



2.10 TÉCNICAS DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS*

1. Faça um esboço preciso do sistema ou da estrutura mecânica descritos no problema, mostrando todas as dimensões importantes, inclusive os ângulos;
2. Escolha a partícula de interesse. Se várias partículas tiverem de ser consideradas, as condições de equilíbrio devem ser aplicadas a cada partícula individualmente. Lembre-se que, para cada partícula, as equações de equilíbrio fornecem apenas a determinação de duas incógnitas em problemas bidimensionais. Se houver muitas partículas, pode ser conveniente escrever as equações para as partículas em uma seqüência que permita determinar uma ou mais incógnitas imediatamente, em vez de juntar todas as equações para todas as partículas e resolvê-las simultaneamente. Em problemas relativamente simples, este método é conveniente. Em problemas mais complexos, as equações podem ter de ser resolvidas simultaneamente;
3. Escolha eixos de referência adequados e desenhe um diagrama de corpo livre da partícula. Isto é, faça um esboço da partícula e identifique tanto as forças conhecidas quanto as desconhecidas. Marque as forças conhecidas com suas magnitudes e sentidos. Marque as desconhecidas com um símbolo vetorial como F , por exemplo. Se a magnitude de uma força for desconhecida mas sua direção for conhecida, use uma letra para denotar a magnitude. Se tanto a magnitude quanto a direção de uma força forem desconhecidas, mostre a força como uma seta de magnitude F e suponha uma linha de ação e um sentido em relação aos eixos de referência. Lembre que a magnitude F de uma força deve ser um número positivo. Então, se F for negativa na solução, a força age no sentido oposto aquele imaginado anteriormente;
4. Use a equação $\sum F = 0$ com o método de construção do polígono para definir as condições de equilíbrio da partícula. Uma alternativa é, com eixos adequados, usar $\sum F_x = 0$ e $\sum F_y = 0$ com o método da projeção da força para definir o equilíbrio das forças coplanares. Para cada partícula, estas equações podem ser usadas a fim de se determinar o valor de duas incógnitas.
5. Com o método da projeção da força, escolha adequada de um sistema de coordenadas, mostrando a origem e as direções positivas dos eixos, geralmente simplifica a solução. Por exemplo, se um problema envolve um corpo em repouso num plano inclinado, pode ser mais simples escolher um eixo paralelo ao plano e outro perpendicular ao plano. Seja coerente com os sinais das projeções. Tendo definido as direções positivas dos eixos, a projeção de uma força sobre um eixo é positiva se a força possui uma componente que aponta no sentido positivo do eixo; do contrário, a projeção é negativa. Se uma força é perpendicular a um eixo, sua projeção sobre este eixo é nula. Ao substituir uma força por suas projeções, faça um traço sobre a força para que você não a conte duas vezes;
6. Se houver mais incógnitas do que equações (do Passo 4), você terá de considerar outros corpos no sistema e repetir os Passos 2 a 5. Se os corpos interagirem um com o outro, use a terceira lei de Newton para relacionar as forças mútuas que exercem. Para encontrar as incógnitas num problema estaticamente determinado, você precisa escrever tantas equações independentes (cada uma contém uma ou mais incógnitas, enquanto o conjunto de equações inclui todas as incógnitas) quantas forem as incógnitas. Então resolva essas equações para determinar as incógnitas;
7. Depois de determinar o valor das incógnitas, examine seus resultados para ver se fazem sentido. Por exemplo, os resultados satisfazem as condições de equilíbrio? As unidades são coerentes? As ordens de magnitude são razoáveis, isto é, você acertou a posição da vírgula?

* Texto integral dos autores ARTHUR BORESI & RICHARD SCHMIDT, professores da Universidade de Wyoming e autores do Livro Estática, Ed. THOMSON.