



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SÃO PAULO

# Mecânica Técnica

## Aula 1 – Conceitos Fundamentais

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

# Tópicos Abordados Nesta Aula

- Apresentação do Curso.
- Apresentação da Bibliografia
- Definição da Mecânica Técnica.
- Sistema Internacional de Unidades.

# Apresentação do Curso

- Aula 1 - Definição de Mecânica, Conceitos Fundamentais e Sistema Internacional de Unidades
- Aula 2 - Escalares e Vetores - Lei dos Senos, Lei dos Cossenos e Regra do Paralelogramo
- Aula 3 - Sistema de Forças Coplanares
- Aula 4 - Adição e Subtração de Vetores Cartesianos
- Aula 5 - Vetor Posição e Produto Escalar
- Aula 6 - Equilíbrio do Ponto Material em Duas Dimensões
- Aula 7 - Equilíbrio do Ponto Material em Três Dimensões
- Aula 8 - Equilíbrio do Ponto Material em Três Dimensões
- Aula 9 - Avaliação 1
- Aula 10 - Momento de uma Força, Formulação Escalar
- Aula 11 - Momento de uma Força, Formulação Vetorial, Princípio dos Momentos
- Aula 12 - Momento em Relação a um Eixo Específico e Momento de um Binário
- Aula 13 - Sistemas Equivalentes de Cargas Concentradas
- Aula 14 - Sistemas Equivalentes de Cargas Distribuídas
- Aula 15 - Cálculo de Reações de Apoio em Estruturas
- Aula 16 - Equilíbrio de um Corpo Rígido em Duas e Três Dimensões
- Aula 17 - Estudo de Treliças Planas
- Aula 18 - Estudo de Máquinas e Estruturas
- Aula 19 - Avaliação 2
- Aula 20 - Exame Final

## Bibliografia Recomendada

- HIBBELER, R. C. **Mecânica Estática**. 10 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005, 540p.
- BEER, F. P.; JOHNSTON JR, E. R. **Mecânica Vetorial para Engenheiros: Estática**. 5.ed. São Paulo: Makron Books, 1991. 980p.
- BEDFORD & FOWLER. Engineering Mechanics – Statics 3<sup>a</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002, 583p.

# Definição de Mecânica

- A mecânica pode ser definida como o ramo das ciências físicas dedicado ao estudo do estado de repouso ou movimento de corpos sujeitos à ação de forças. Normalmente o estudo da mecânica é dividido em três partes: a mecânica dos corpos rígidos, a mecânica dos corpos deformáveis e a mecânica dos fluidos.

# Mecânica dos Corpos Rígidos

- A mecânica dos corpos rígidos pode ser dividida em **estática** (equilíbrio de um corpo rígido) e **dinâmica** (movimento de um corpo rígido).
- A **estática** tem por finalidade o estudo do equilíbrio de um corpo em repouso ou em movimento com velocidade constante.
- A **dinâmica**, por sua vez, pode ser caracterizada como a parte da mecânica dos corpos rígidos dedicada ao estudo do movimento de corpos sob a ação de forças, ou seja, movimentos acelerados dos corpos.

# Grandezas Físicas Presentes na Mecânica

- **a) Comprimento:** Grandeza essencial que localiza a posição de um ponto no espaço. A partir do comprimento é possível descrever com exatidão a dimensão de um sistema físico. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade básica de comprimento é o metro (m).
- **b) Tempo:** Pode ser definido como o intervalo entre dois eventos consecutivos. Medições desse intervalo podem ser realizadas por comparações, como por exemplo, eventos repetitivos tal como a rotação da Terra ao redor de seu próprio eixo. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade básica de tempo é o segundo (s). Como o presente curso trata apenas dos problemas de estática, a quantidade tempo não possui influência significativa na solução dos problemas, porém em problemas de dinâmica, o tempo é uma grandeza muito importante para descrever as variações de posição, velocidade, aceleração e forças em um corpo.
- **c) Massa:** A massa de um corpo representa uma quantidade absoluta que independe da posição do corpo e do local no qual o mesmo é colocado. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade básica de massa é o quilograma (kg). A massa representa uma propriedade da matéria que permite comparar a ação de um corpo em relação a outro e de um modo geral pode ser interpretada com a resistência que um corpo oferece a mudanças em seu movimento de translação.
- **d) Força:** Pode ser definida como a ação de um corpo em outro corpo. Como um corpo não pode exercer uma força em um segundo corpo a menos que este ofereça uma resistência, pode-se concluir que uma força nunca existe só, ou seja, as forças sempre ocorrem aos pares, e as duas forças possuem a mesma magnitude e sentidos contrários. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade básica de força é o Newton (N), que é representado a partir da seguinte relação,  $1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$ .

# Sistema Internacional de Unidades

- A 11ª CGPM, em 1960, através de sua Resolução n°12, adotou finalmente o nome **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES**, com abreviação internacional **SI** para o sistema prático de unidades, e instituiu regras para os prefixos, para as unidades derivadas e as unidades suplementares, além de outras indicações, estabelecendo uma regulamentação para as unidades de medidas. A definição de Quantidade de Matéria (mol) foi introduzida posteriormente em 1969 e adotada pela 14ª CGPM, em 1971.
- CGPM - Conférence Générale de Poids et Mesures



# Unidades de Base do SI

- São sete unidades bem definidas que, por convenção, são tidas como dimensionalmente independentes. Essas unidades são apresentadas na Tabela a seguir.

Grandeza	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

# Definição das Unidades de Base

- **Metro (m):** É o caminho percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de  $1/299\,792\,458$  de um segundo.
- **Quilograma (kg):** É igual à massa do protótipo internacional, feito com uma liga platina - irídio, dentro dos padrões de precisão e confiabilidade que a ciência permite.
- **Segundo (s):** É a duração de  $9\,192\,631\,770$  períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do átomo de césio-133, no estado fundamental.
- **Ampère (A):** É uma corrente constante que, se mantida em dois condutores retilíneos e paralelos, de comprimento infinito e seção transversal desprezível, colocados a um metro um do outro no vácuo, produziria entre estes dois condutores uma força igual a  $2 \times 10^{-7}$  newton, por metro de comprimento.
- **Kelvin (K):** É a fração  $1/273,16$  da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água.
- **Mol (mol):** É a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos forem os átomos contidos em  $0,012$  quilograma de carbono 12. Comentários: a) O nome desta quantidade vem do francês "quantité de matière", derivado do latim "quantitas materiae", que antigamente era usado para designar a quantidade agora denominada de "massa". Em inglês usa-se o termo "amount of substance". Em português, consta no Dicionário como "quantidade de substância", mas pode-se admitir o uso do termo "quantidade de matéria", até uma definição mais precisa sobre o assunto. b) Quando se utiliza o mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras partículas ou agrupamentos de tais partículas.
- **Candela (cd):** É a intensidade luminosa, em uma determinada direção, de uma fonte que emite radiação monocromática de frequência  $540 \times 10^{12}$  hertz e que tem uma intensidade radiante naquela direção de  $1/683$  watt por esterradiano.

# Unidades Suplementares do SI

- São apenas duas as unidades suplementares: o radiano, unidade de ângulo plano e o esteradiano, unidade de ângulo sólido.

Grandeza	Unidade	Símbolo
ângulo plano	radiano	rad
ângulo sólido	esteradiano	sr

# Unidades Derivadas do SI

- São formadas pela combinação de unidades de base, unidades suplementares ou outras unidades derivadas, de acordo com as relações algébricas que relacionam as quantidades correspondentes. Os símbolos para as unidades derivadas são obtidos por meio dos sinais matemáticos de multiplicação e divisão e o uso de expoentes. Algumas unidades SI derivadas têm nomes e símbolos especiais.

Grandeza	Unidade	Símbolo
área	metro quadrado	m <sup>2</sup>
volume	metro cúbico	m <sup>3</sup>
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo quadrado	m/s <sup>2</sup>
número de onda	metro recíproco	m <sup>-1</sup>
densidade	quilograma por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
volume específico	metro cúbico por quilograma	m <sup>3</sup> /kg
concentração	mol por metro cúbico	mol/m <sup>3</sup>

# Unidades Derivadas do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Expressão(*)
freqüência	hertz	Hz	$s^{-1}$
força	newton	N	$kg\ m/s^2$
pressão, tensão	pascal	Pa	$N/m^2$
energia, trabalho	joule	J	N m
potência, fluxo radiante	watt	W	J/s
quantidade de eletricidade	coulomb	C	A s
potencial elétrico	volt	V	W/A
capacitância elétrica	farad	F	C/V
resistência elétrica	ohm		V/A
condutância elétrica	siemens	S	A/V
fluxo magnético	weber	Wb	V s
densidade de fluxo magnético	tesla	T	$Wb/m^2$
indutância	henry	H	Wb/A
temperatura celcius	grau celcius	$^{\circ}C$	K

# Unidades Derivadas do SI

Grandeza	Unidade	Expressão(*)
aceleração angular	radiano por segundo quadrado	rad/s <sup>2</sup>
velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
densidade de corrente	ampère por metro quadrado	A/m <sup>2</sup>
densidade de carga elétrica	coulomb por metro quadrado	C/m <sup>2</sup>
força do campo elétrico	volt por metro	V/m
densidade de energia	joule por metro cúbico	J/m <sup>3</sup>
entropia	joule por kelvin	J/K
força do campo magnético	ampère por metro	A/m
energia molar	joule por mol	J/mol
entropia molar	joule por mol kelvin	J/(mol K)
densidade de potência	watt por metro quadrado	W/m <sup>2</sup>
radiância	watt por metro quadrado esterradiano	W/(m <sup>2</sup> sr)
potência radiante	watt por esterradiano	W/sr
energia específica	joule por quilograma	J/kg
entropia específica	joule por quilograma kelvin	J/(kg K)
tensão superficial	newton por metro	N/m
condutividade térmica	watt por metro kelvin	W/(m K)

# Múltiplos e Submúltiplos

Fator	Prefixo	Símbolo
1 000 000 000 000 000 000 = $10^{21}$	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 = $10^{18}$	exa	E
1 000 000 000 000 000 = $10^{15}$	peta	P
1 000 000 000 000 = $10^{12}$	tera	T
1 000 000 000 = $10^9$	giga	G
1 000000 = $10^6$	mega	M
1 000 = $10^3$	quilo	k
100 = $10^2$	hecto	h
10 = $10^1$	deca	da
0,1 = $10^{-1}$	deci	d
0,01 = $10^{-2}$	centi	c
0,001 = $10^{-3}$	mili	m
0,000 001 = $10^{-6}$	micro	$\mu$
0,000 000 001 = $10^{-9}$	nano	n
0,000 000 000 001 = $10^{-12}$	pico	p
0,000 000 000 000 001 = $10^{-15}$	femto	f
0,000 000 000 000 000 001 = $10^{-18}$	atto	a
0,000 000 000 000 000 000 001 = $10^{-21}$	zepto	z

# Escrita de Unidades

- Os princípios gerais relativos à escrita de símbolos das unidades foram adotadas pela 9ª CGPM, em 1948, alguns comentários são apresentados a seguir.
- a) Os símbolos usados para discriminar quantidades físicas devem ser apresentados em *itálico*, mas os símbolos das unidades são digitados em romano [ex:  $F = 23 \text{ N}$ ].
- b) As unidades derivadas de nomes próprios devem ser escritas com a primeira letra em maiúsculo, enquanto que as outras devem ser apresentadas em minúsculo [ex: newton, N; pascal, Pa, metro, m], exceto o litro, que pode ser escrito em minúsculo ou maiúsculo (l ou L).
- c) O símbolo da unidade é geralmente descrito pela primeira letra do nome da unidade [ex: grama, g e não gm; segundo, s e não seg ou sec], com algumas exceções [ex: mol, cd e Hz]. Também, o símbolo da unidade não deve ser seguido por um ponto e o seu plural não é seguido de "s" [ex: 3 kg e não 3 kg. ou 3 kgs].
- d) A palavra "grau" e seu símbolo "°" devem ser omitidos da unidade de temperatura termodinâmica,  $T$  [isto é, usa-se apenas kelvin ou K e não Kelvin ou °K], mas são retidos quando se quer designar temperatura Celcius,  $t$  [ex: graus Celcius ou °C].
- e) Os símbolos dos prefixos que representam grandezas maiores ou iguais a  $10^6$  são escritos em maiúsculo, enquanto que todas os outros são escritos em minúsculo [ex: mega, M; hecto, h].
- f) Um prefixo nunca deve ser usado sozinho [ex:  $10^6/\text{m}^3$ , mas não M/ $\text{m}^3$ ].
- g) Não deve ser colocado espaço entre o prefixo e a unidade e prefixos compostos devem ser evitados [ex: 1 pF, e não 1 p F ou 1  $\mu\mu\text{F}$ ; 1 nm, e não 1m $\mu\text{m}$ ].



# Escrita de Unidades

- h) O agrupamento formado pelo símbolo do prefixo ligado ao símbolo da unidade constitui-se em um novo e inseparável símbolo, de modo que pode ser elevado a potências positivas ou negativas e ser combinado com outros símbolos de unidades para formar símbolos de unidades compostas. Desta forma, um expoente se aplica à unidade como um todo, incluindo o seu prefixo [ex:  $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$ ;  $1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$ ;  $1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$ ;  $1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}$ ].
- i) Quando um múltiplo ou submúltiplo de uma unidade é escrito por completo, o prefixo deve ser também escrito por completo, começando com letra minúscula [ex: megahertz, e não Megahertz ou Mhertz].
- j) O quilograma é a única unidade de base cujo nome, por razões históricas, contém um prefixo. Seus múltiplos e submúltiplos são formados adicionando-se os prefixos à palavra "grama" [ex:  $10^{-6} \text{ kg} = 1 \text{ mg} = 1 \text{ miligrama}$  e não  $1 \text{ microquilograma}$  ou  $1 \mu\text{kg}$ ].
- k) A multiplicação de unidades deve ser indicada inserindo-se um ponto "elevado", ou deixando-se um espaço entre as unidades [ex: ou  $\text{N m}$ ].
- l) A divisão pode ser indicada tanto pelo uso de uma barra inclinada, de uma barra de fração horizontal ou por um expoente negativo [ex:  $\text{m/s}$ , ou  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ , ou  $\text{m s}^{-1}$ ], mas o uso repetido da barra inclinada não é permitido [ex:  $\text{m/s}^2$ , mas não  $\text{m/s/s}$ ;  $\text{m kg/ (s}^3 \text{ A)}$ , mas não  $\text{m kg/s}^3/\text{A}$ ]. Para se evitar má interpretação, quando mais de uma unidade aparece no denominador, deve-se utilizar parêntesis ou expoentes negativos [ex:  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$  ou  $\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ].

# Escrita de Unidades

- m) Os nomes das unidades não devem ser misturados com os símbolos das operações matemáticas [ex: pode-se escrever "metro por segundo", mas não metro/segundo ou metro segundo-1].
- n) Quando o produto de duas unidades é escrito por extenso, recomenda-se o uso de espaço entre elas mas nunca o uso do ponto. É tolerável o emprego de hífen nestes casos [ex: deve-se escrever newton metro ou newton-metro, mas não newtonmetro].
- Números com mais de quatro dígitos devem ser separados por um espaço a cada grupo de tres dígitos. Nunca utilizar pontos ou vírgulas nas separações, para evitar confusões com as marcações de decimais [ex: 299 792 458, mas não 299.792.458 ou 299,792,458]. Esta convenção é também aplicada à direita do marcador de decimais [ex: 22,989 8].
- o) O valor numérico e o símbolo da unidade devem ser separados por um espaço, mesmo quando usados como um adjetivo [ex: 35 mm, mas não 35mm ou 35-mm].
- p) Deve-se colocar um zero antes do marcador de frações decimais [ex: 0,3 J ou 0.3 J ao invés de ,3 J ou .3 J].
- q) Sempre que possível, o prefixo de uma unidade deve ser escolhido dentro de um intervalo adequado, geralmente entre 0,1 e 1000 [ ex: 250 kN; 0,6 mA].

# Próxima Aula

- Escalares e Vetores.
- Lei dos Senos.
- Lei dos Cossenos.
- Regra do Paralelogramo