



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Mecânica dos Fluidos

Aula 1 – Definição de Mecânica dos Fluidos, Sistema de Unidades

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Apresentação do Curso e da Bibliografia.
- Definição de Mecânica dos Fluidos.
- Conceitos Fundamentais.
- Sistema de Unidades.

Conteúdo do Curso

- Definição de Mecânica dos Fluidos, Conceitos Fundamentais e Sistema Internacional de Unidades
- Propriedades dos Fluidos, Massa Específica, Peso Específico e Peso Específico Relativo
- Estática dos Fluidos, Definição de Pressão Estática
- Teorema de Stevin e Princípio de Pascal
- Manômetros e Manometria
- Flutuação e Empuxo
- Cinemática dos Fluidos, Definição de Vazão Volumétrica, Vazão em Massa e Vazão em Peso
- escoamento Laminar e Turbulento, Cálculo do Número de Reynolds
- Equação da Continuidade para Regime Permanente
- Equação da Energia para Fluido Ideal
- Equação da Energia na Presença de uma Máquina
- Equação da Energia para Fluido Real - Estudo da Perda de Carga
- Instalações de Recalque - Uma Entrada, Uma Saída
- Instalações de Recalque - Várias Entradas, Várias Saídas
- Curvas Características da Bomba e da Instalação
- Associação de Bombas

Bibliografia

- BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. São Paulo: Pearson, 2005. 410 p.
- WHITE, Frank M. Mecânica dos fluidos. 4. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, c1999. 570 p.
- POTTER, Merle C.; WIGGERT, D. C.; HONDZO, Midhat. Mecânica dos fluidos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 688 p.
- FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T. Introdução à mecânica dos fluidos. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, c1998. 662 p.

Definição de Mecânica dos Fluidos

- A mecânica dos fluidos é o ramo da mecânica que estuda o comportamento físico dos fluidos e suas propriedades. Os aspectos teóricos e práticos da mecânica dos fluidos são de fundamental importância para a solução de diversos problemas encontrados habitualmente na engenharia, sendo suas principais aplicações destinadas ao estudo de escoamentos de líquidos e gases, máquinas hidráulicas, aplicações de pneumática e hidráulica industrial, sistemas de ventilação e ar condicionado além de diversas aplicações na área de aerodinâmica voltada para a indústria aeroespacial.
- O estudo da mecânica dos fluidos é dividido basicamente em dois ramos, a estática dos fluidos e a dinâmica dos fluidos. A estática dos fluidos trata das propriedades e leis físicas que regem o comportamento dos fluidos livre da ação de forças externas, ou seja, nesta situação o fluido se encontra em repouso ou então com deslocamento em velocidade constante, já a dinâmica dos fluidos é responsável pelo estudo e comportamento dos fluidos em regime de movimento acelerado no qual se faz presente a ação de forças externas responsáveis pelo transporte de massa.
- Dessa forma, pode-se perceber que o estudo da mecânica dos fluidos está relacionado a muitos processos industriais presentes na engenharia e sua compreensão representa um dos pontos fundamentais para a solução de problemas geralmente encontrados nos processos industriais.

Definição de Fluido

- Um fluido é caracterizado como uma substância que se deforma continuamente quando submetida a uma tensão de cisalhamento, não importando o quão pequena possa ser essa tensão. Os fluidos incluem os líquidos, os gases, os plasmas e, de certa maneira, os sólidos plásticos. A principal característica dos fluidos está relacionada a propriedade de não resistir a deformação e apresentam a capacidade de fluir, ou seja, possuem a habilidade de tomar a forma de seus recipientes. Esta propriedade é proveniente da sua incapacidade de suportar uma tensão de cisalhamento em equilíbrio estático.
- Os fluidos podem ser classificados como: Fluido Newtoniano ou Fluido Não Newtoniano. Esta classificação está associada à caracterização da tensão, como linear ou não-linear no que diz respeito à dependência desta tensão com relação à deformação e à sua derivada.

Divisão dos Fluidos

- Os fluidos também são divididos em líquidos e gases, os líquidos formam uma superfície livre, isto é, quando em repouso apresentam uma superfície estacionária não determinada pelo recipiente que contém o líquido. Os gases apresentam a propriedade de se expandirem livremente quando não confinados (ou contidos) por um recipiente, não formando portanto uma superfície livre. A superfície livre característica dos líquidos é uma propriedade da presença de tensão interna e atração/repulsão entre as moléculas do fluido, bem como da relação entre as tensões internas do líquido com o fluido ou sólido que o limita.
- Um fluido que apresenta resistência à redução de volume próprio é denominado fluido incompressível, enquanto o fluido que responde com uma redução de seu volume próprio ao ser submetido a ação de uma força é denominado fluido compressível.



Unidades de Medida

- Antes de iniciar o estudo de qualquer disciplina técnica, é importante entender alguns conceitos básicos e fundamentais. Percebe-se que muitos alunos acabam não avançando nos estudos, e por isso não aprendem direito a disciplina em estudo, por não terem contato com estes conceitos. Nesta primeira aula serão estudadas as unidades e a importância do **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.
- No nosso dia-a-dia expressamos quantidades ou grandezas em termos de outras unidades que nos servem de padrão. Um bom exemplo é quando vamos à padaria e compramos 2 litros de leite ou 400g de queijo. Na Física é de extrema importância a utilização correta das unidades de medida.
- Existe mais de uma unidade para a mesma grandeza, por exemplo, 1 metro é o mesmo que 100 centímetros ou 0,001 quilômetro. Em alguns países é mais comum a utilização de graus Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) ao invés de graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) como no Brasil. Isso porque, como não existia um padrão para as unidades, cada pesquisador ou profissional utilizava o padrão que considerava melhor.

Sistema Internacional de Unidades

- Como diferentes pesquisadores utilizavam unidades de medida diferentes, existia um grande problema nas comunicações internacionais.
- Como poderia haver um acordo quando não se falava a mesma língua? Para resolver este problema, a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) criou o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**.
- O Sistema Internacional de Unidades (SI) é um conjunto de definições, ou sistema de unidades, que tem como objetivo uniformizar as medições. Na 14^a CGPM foi acordado que no Sistema Internacional teríamos apenas uma unidade para cada grandeza. No Sistema Internacional de Unidades (SI) existem sete unidades básicas que podem ser utilizadas para derivar todas as outras.

Unidades Básicas do Sistema Internacional (SI)

Grandeza	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Intensidade de corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de substância	mole	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Resumo das Unidades Básicas

- Unidade de comprimento - O **metro** é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de $1 / 299\,792\,458$ do segundo.
- Unidade de massa - O **quilograma** é a unidade de massa; é igual à massa do protótipo internacional do quilograma.
- Unidade de tempo - O **segundo** é a duração de $9\,192\,631\,770$ períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.
- Unidade de intensidade de corrente elétrica - O **ampere** é a intensidade de uma corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível e colocados à distância de 1 metro um do outro no vácuo, produziria entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento.
- Unidade de temperatura termodinâmica - O **kelvin**, unidade de temperatura termodinâmica, é a fração $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água.
- Unidade de quantidade de matéria - O **mole** é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em 0,012 quilograma de carbono 12. Quando se utiliza o mole, as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas.
- Unidade de intensidade luminosa - A **candela** é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e cuja intensidade energética nessa direção é $1 / 683$ watt por esterorradiano.

Unidades Suplementares (Ângulos)

- Unidade de **ângulo plano** - O **radiano (rad)** é o ângulo plano compreendido entre dois raios de um círculo que, sobre a circunferência deste círculo, interceptam um arco cujo comprimento é igual ao do raio.
- Unidade de **ângulo sólido** - O **esterorradiano (sr)** é o ângulo sólido que, tendo seu vértice no centro de uma esfera, intercepta sobre a superfície desta esfera um área igual a de um quadrado que tem por lado o raio da esfera.

Grandeza	Nome	Símbolo	Unidades do SI
Ângulo plano	radiano	rad	$m \cdot m^{-1} = 1$
Ângulo sólido	esterorradiano	sr	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$

Unidades Derivadas do (SI)

- As unidades derivadas do SI são definidas de forma que sejam coerentes com as unidades básicas e suplementares, ou seja, são definidas por expressões algébricas sob a forma de produtos de potências das unidades básicas do SI e/ou suplementares, com um fator numérico igual a 1. Várias unidades derivadas no SI são expressas diretamente a partir das unidades básicas e suplementares, enquanto que outras recebem uma denominação especial (Nome) e um símbolo particular.
- Se uma dada unidade derivada no SI puder ser expressa de várias formas equivalentes utilizando, quer nomes de unidades básicas/suplementares, quer nomes especiais de outras unidades derivadas SI, admite-se o emprego preferencial de certas combinações ou de certos nomes especiais, com a finalidade de facilitar a distinção entre grandezas que tenham as mesmas dimensões. Por exemplo, o 'hertz' é preferível em lugar do 'segundo elevado à potência menos um'; para o momento de uma força, o 'newton.metro' tem preferência sobre o joule.

Tabela de Unidades Derivadas

Grandeza	Nome	Símbolo
Superfície	metro quadrado	m^2
Volume	metro cúbico	m^3
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Número de ondas	metro á potencia menos um	m^{-1}
massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
Aceleração angular	radiano por segundo ao quadrado	rad/s^2

Resumo das Unidades Derivadas

- Unidade de **velocidade** - Um **metro por segundo** (m/s ou m s^{-1}) é a velocidade de um corpo que, com movimento uniforme, percorre, o comprimento de um metro em 1 segundo.
- Unidade de **aceleração** - Um **metro por segundo quadrado** (m/s^2 ou m s^{-2}) é a aceleração de um corpo, animado de movimento uniformemente variado, cuja velocidade varia, a cada segundo, de 1 m/s.
- Unidade de **número de ondas** - Um **metro á potência menos um** (m^{-1}) é o número de ondas de uma radiação monocromática cujo comprimento de onda é igual a 1 metro.
- Unidade de **velocidade angular** - Um **radiano por segundo** (rad/s ou rad s^{-1}) é a velocidade de um corpo que, com uma rotação uniforme ao redor de um eixo fixo, gira em 1 segundo, 1 radiano.
- Unidade de **aceleração angular** - Um **radiano por segundo quadrado** (rad/s^2 ou rad s^{-2}) é a aceleração angular de um corpo animado de uma rotação uniformemente variada, ao redor de um eixo fixo, cuja velocidade angular, varia de 1 radiano por segundo, em 1 segundo.

Unidades Derivadas com Nomes e Símbolos Especiais

Grandeza	Nome	Símbolo	Expressão em outras unidades SI	Expressão em unidades básicas SI
Frequência	hertz	Hz		s^{-1}
Força	newton	N		$m \text{ kg } s^{-2}$
Pressão	pascal	Pa	$N \text{ m}^{-2}$	$m^{-1} \text{ kg } s^{-2}$
Energia, trabalho, Quantidade de calor	joule	J	$N \text{ m}$	$m^2 \text{ kg } s^{-2}$
Potência	watt	W	$J \text{ s}^{-1}$	$m^2 \text{ kg } s^{-3}$
Quantidade de eletricidade carga elétrica	coulomb	C		$s \text{ A}$
Potencial elétrico força eletromotriz	volt	V	$W \text{ A}^{-1}$	$m^2 \text{ kg } s^{-3} \text{ A}^{-1}$
Resistência elétrica	ohm	Ω	$V \text{ A}^{-1}$	$m^2 \text{ kg } s^{-3} \text{ A}^{-2}$
Capacitância elétrica	farad	F	$C \text{ V}^{-1}$	$m^{-2} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^4 \text{ A}^2$
Fluxo magnético	weber	Wb	$V \text{ s}$	$m^2 \text{ kg } s^{-2} \text{ A}^{-1}$
Indução magnética	tesla	T	$Wb \text{ m}^2$	$\text{kg } s^{-2} \text{ A}^{-1}$
Indutância	henry	H	$Wb \text{ A}^{-1}$	$m^2 \text{ kg } s^{-2} \text{ A}^{-2}$

Resumo das Unidades

- Unidade de **freqüência** - Um **hertz (Hz)** é a freqüência de um fenômeno periódico cujo período é de 1 segundo.
- Unidade de **intensidade de força** - Um **newton (N)** é a intensidade de uma força que, aplicada a um corpo que tem uma massa de 1 quilograma, lhe comunica uma aceleração de 1 metro por segundo quadrado.
- Unidade de **pressão** - Um **pascal (Pa)** é a pressão uniforme que, exercida sobre uma superfície plana de área 1 metro quadrado, aplica perpendicularmente a esta superfície uma força total de intensidade 1 newton.
- Unidade de **Energia, trabalho, Quantidade de calor** - Um **joule (J)** é o trabalho realizado por uma força de intensidade 1 newton, cujo ponto de aplicação se desloca de 1 metro na direção da força.
- Unidade de **potência, fluxo radiante** - Um **watt (W)** é a potência que dá lugar a uma produção de Energia igual a 1 joule por segundo.
- Unidade de **Quantidade de carga elétrica** - Um **coulomb (C)** é a quantidade de carga transportada em 1 segundo por uma corrente elétrica de intensidade igual a 1 ampère.
- Unidade de **potencial elétrico, força eletromotriz** - Um **volt (V)** é a diferença de potencial elétrico que existe entre dois pontos de um condutor elétrico que transporta uma corrente de intensidade constante de 1 ampère quando a potencia dissipada entre estes pontos é igual a 1 watt.
- Unidade de **resistência elétrica** - Um **ohm (Ω)** é a resistência elétrica que existe entre dois pontos de um condutor quando uma diferença de potencial constante de 1 volt aplicada entre estes dois pontos produz, nesse condutor, uma corrente de intensidade 1 ampère. (não há força eletromotriz no condutor).

Resumo das Unidades

- Unidade de **capacitância elétrica** - Um **farad (F)** é a capacitância de um capacitor elétrico que entre suas armaduras aparece uma diferença de potencial elétrico de 1 volt, quando armazena uma quantidade de carga igual a 1 coulomb.
- Unidade de **fluxo magnético** - Um **weber (Wb)** é o fluxo magnético que, ao atravessar um circuito de uma só espira produz na mesma uma força eletromotriz de 1 volt, quando se anula esse fluxo em um segundo por decaimento uniforme.
- Unidade de **indução magnética** - Um **tesla (T)** é a indução magnética uniforme que, distribuída normalmente sobre uma superfície de área 1 metro quadrado, produz através desta superfície um fluxo magnético total de 1 weber.
- Unidade de **indutância** - Um **henry (H)** é a indutância elétrica de um circuito fechado no qual se produz uma força eletromotriz de 1 volt, quando a corrente elétrica que percorre o circuito varia uniformemente à razão de um ampère por segundo.

Unidades Derivadas Usando Aquelas que tem Nomes Especiais no (SI)

Grandeza	Nome	Símbolo	Expressão em unidades básicas SI
Viscosidade dinâmica	pascal segundo	Pa s	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-1}$
Entropia	joule por kelvin	J/K	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$
Capacidade térmica específica	joule por quilograma. kelvin	J/(kg K)	$\text{m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$
Condutividade térmica	watt por metro kelvin	W/(m K)	$\text{m kg s}^{-3} \text{K}^{-1}$
Intensidade de campo elétrico	volt por metro	V/m	$\text{m kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$

Resumo das Unidades

- Unidade de **viscosidade dinâmica** - Um **pascal segundo (Pa s)** é a viscosidade dinâmica de um fluido homogêneo, no qual, o movimento retilíneo e uniforme de uma superfície plana de 1 metro quadrado, da lugar a uma força resistente de intensidade 1 newton, quando há uma diferença de velocidade de 1 metro por segundo entre dois planos paralelos separados por 1 metro de distância.
- Unidade de **entropia** - Um **joule por kelvin (J/K)** é o aumento de entropia de um sistema que recebe uma quantidade de calor de 1 joule, na temperatura termodinâmica constante de 1 kelvin, sempre que no sistema não tenha lugar nenhuma transformação irreversível.
- Unidade de **capacidade térmica específica (calor específico)** - Um **joule por quilograma kelvin (J/(kg K))** é a capacidade térmica específica de um corpo homogêneo com massa de 1 quilograma, no qual a adição de uma quantidade de calor de um joule, produz uma elevação de temperatura termodinâmica de 1 kelvin.
- Unidade de **condutividade térmica** - Um **watt por metro kelvin (W/ m.K)** é a condutividade térmica de um corpo homogêneo isótropo, no qual uma diferença de temperatura de 1 kelvin entre dois planos paralelos, de área 1 metro quadrado e distantes 1 metro, produz entre estes planos um fluxo térmico de 1 watt.
- Unidade de **intensidade de campo elétrico** - Um **volt por metro (V/m)** é a intensidade de um campo elétrico, que aplica uma força de intensidade 1 newton sobre um corpo eletrizado com quantidade de carga de 1 coulomb.

Prefixos no Sistema Internacional

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	quilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yocto	y

Tabela de Conversão de Unidades

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES: COMPRIMENTO						
	cm	m	km	in	ft	mi
1 centímetro (cm)	1	0,01	0,00001	0,3937	0,0328	0,000006214
1 metro (m)	100	1	0,001	39,3	3,281	0,0006214
1 quilômetro (km)	100000	1000	1	39370	3281	0,6214
1 polegada (in)	2,54	0,0254	0,0000254	1	0,08333	0,00001578
1 pé (ft)	30,48	0,3048	3,048	12	1	0,0001894
1 milha terrestre (mi)	160900	1609	1,609	63360	5280	1

Tabela de Conversão de Unidades

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES: MASSA							
	g	Kg	slug	u.m.a.	onça	lb	ton
1 grama (g)	1	0,001	0,00006852	$6,024 \times 10^{23}$	0,03527	0,002205	0,000001102
1 quilograma (Kg)	1000	1	0,06852	$6,024 \times 10^{26}$	35,27	2,205	0,001102
1 slug	14590	14,59	1	$8,789 \times 10^{27}$	514,8	32,17	0,01609
1 u.m.a.	$1,66 \times 10^{-24}$	$1,66 \times 10^{-27}$	$1,137 \times 10^{-28}$	1	$5,855 \times 10^{-26}$	$3,66 \times 10^{-27}$	$1,829 \times 10^{-30}$
1 onça	28,35	0,02835	0,001943	$1,708 \times 10^{25}$	1	0,0625	0,00003125
1 libra (lb)	453,6	0,4536	0,03108	$2,732 \times 10^{26}$	16	1	0,0005
1 ton	907200	907,2	62,16	$5,465 \times 10^{29}$	32000	2000	1

Tabela de Conversão de Unidades

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES: ÁREA				
	m²	cm²	ft²	in²
1 metro quadrado(m²)	1	10000	10,76	1550
1 centímetro quadrado(cm²)	0,0001	1	0,001076	0,1550
1 pé quadrado(ft²)	0,0929	929	1	144
1 polegada quadrada(in²)	0,0006452	6,452	0,006944	1

Tabela de Conversão de Unidades

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES: VOLUME					
	m³	cm³	l	ft³	in³
1 metro cúbico(m³)	1	1000000	1000	35,31	61020
1 centímetro cúbico(cm³)	0,000001	1	0,001	0,00003531	0,06102
1 litro(l)	0,001	1000	1	0,03531	61,02
1 pé cúbico(ft³)	0,02832	28320	28,32	1	1728
1 polegada cúbica(in³)	0,00001639	16,39	0,01639	0,0005787	1

Tabela de Conversão de Unidades

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADES: VÁRIOS	
Comprimento	1m=3,281pés=39,37pol
Área	1m ² =10,76pés ² =1.550pol ²
Volume	1m ³ =35,3pés ³ =1.000litros
Volume	1galão(USA)=3,8litros 1galão(GB)=4,5 litros
Massa	1kg=2,2 lb 1lb=0,45kg 1 onça=28,35g
Pressão	1atm=1,033kgf/cm ² =14,7lbf/pol ² (PSI)
Pressão	1bar=100kPa=1,02atm=29,5polHg
Energia	1kWh=860kcal 1kcal=3,97Btu
Energia	1kgm=9,8J 1Btu=0,252kcal
Potência	1kW=102kgm/s=1,36HP=1,34BHP=3.413Btu/h
Potência	1TR=3.024kcal/h=200Btu/min=12.000Btu/h
Temperatura	°F=32+1,8.°C K=273+°C R=460+°F

Próxima Aula

- Propriedades dos Fluidos.
- Massa Específica.
- Peso Específico.
- Peso Específico Relativo.