

Introdução

Transporte de Calor e Massa

Professor: Adriano Possebon Rosa

Departamento de Engenharia Mecânica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Transporte de Calor e Massa engloba 3 disciplinas:

- Mecânica dos Fluidos
- Transferência de Calor
- Termodinâmica

TCM estuda como quantidade de movimento (ou momento linear), energia e massa são transportados.

Vamos estudar alguns **tópicos introdutórios** de cada uma dessas disciplinas, o que nos possibilitará uma **compreensão** melhor de diversos **fenômenos físicos** importantes na engenharia, na indústria, na biologia, na química e na vida.

Vamos ver um pouco de **teoria** e vamos ver algumas **aplicações** também.

Esta disciplina vai possibilitar que vocês encarem disciplinas mais técnicas das áreas térmicas e de fluidos.

A nossa disciplina também é conhecida como **Fenômenos de Transporte**.

Perguntas:

- o que é um fluido?
- como ocorre a lubrificação em um sistema mecânico?
- qual é o perfil de temperatura em uma barra aquecida?
- quais são os parâmetros que interferem no conforto térmico?
- o que é o efeito estufa?
- como é o comportamento de um fluido no escoamento em uma tubulação?
- quais são os parâmetros que influenciam na escolha de uma bomba hidráulica para uma dada aplicação?
- como ocorre a circulação do sangue em nosso corpo e o aquecimento dos órgãos?
- como descrever o aquecimento da atmosfera pela radiação solar?
- como ocorre a dispersão de um poluente lançado em um rio ou na atmosfera?

Não sei se vamos conseguir responder a todas essas perguntas aqui neste curso. Mas com certeza vamos fazer várias outras.

Por que estudar esses fenômenos em um mesmo curso?

- geralmente eles ocorrem juntos (nós os estudamos separadamente para podermos entendê-los melhor);
- as equações básicas são muito parecidas.

Os fenômenos que vamos estudar se baseiam em princípios ou leis fundamentais.

Além de aprender esse conteúdo, vamos trabalhar no domínio/desenvolvimento da **arte de resolução de problemas**, que é tão importante quanto o aprendizado de qualquer assunto.

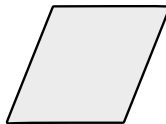
Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos**
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

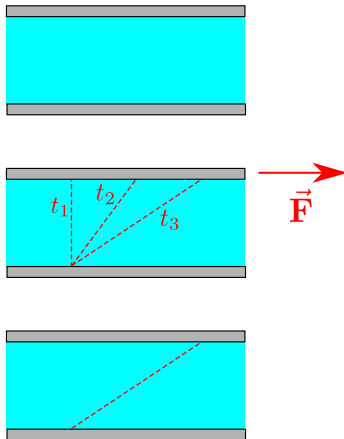
Mecânica dos Fluidos é a ciência que trata do comportamento dos fluidos em repouso (estática dos fluidos) e dos fluidos em movimento (cinemática e dinâmica dos fluidos), assim como da interação de fluidos com sólidos ou outros fluidos.

Fluido: é uma substância no estado líquido ou gasoso. Um fluido se deforma continuamente quando sob a aplicação de uma força tangencial (tensão de cisalhamento), não importando sua intensidade. Já um sólido se deforma até alcançar uma posição de equilíbrio estático (deformação elástica).

Sólido:



Fluido:



Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor**
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Transferência de calor é a disciplina que estuda a taxa em que calor é transmitido. Mecanismos de transferência de calor: **condução**, **convecção** e **radiação**.

Calor: forma de energia que pode ser transferida de um sistema para outro em consequência da **diferença de temperatura** entre eles.

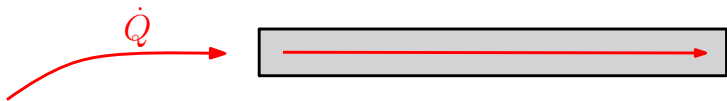
Não há transferência de calor líquida sem diferença de temperatura.

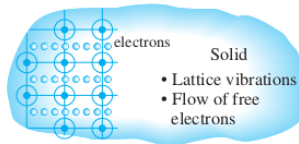
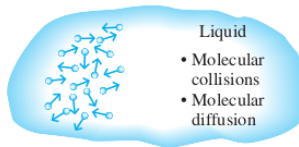
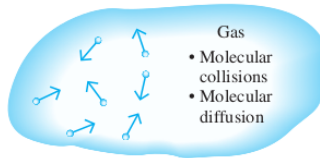
Taxa (de transferência) de Calor: calor transferido por unidade de tempo.

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - **Condução**
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Condução: mecanismo de transferência de calor por movimento aleatório de moléculas (sólidos, líquidos e gases) ou por transporte de elétrons (sólidos metálicos).

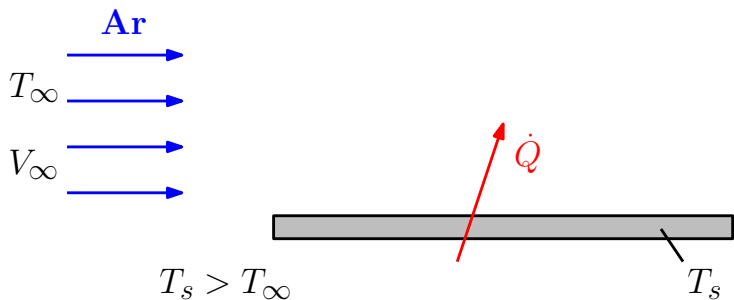




Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - **Convecção**
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Convecção: mecanismo de transferência de calor entre uma superfície sólida e o líquido ou gás adjacente, que está em **movimento** de fluido. Quanto mais rápido for o movimento do fluido relativamente ao sólido, maior será a transferência de calor por convecção. Convecção envolve **condução** e **movimento de fluido**.



Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - **Radiação**
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Radiação: mecanismo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas como resultado das mudanças nas configurações de átomos ou moléculas. Pode ocorrer no vácuo. Todos os corpos a uma temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação térmica. Essa é a forma como a energia do Sol atinge a Terra.

Estamos interessados em **radiação térmica**, que é a forma de radiação emitida pelos corpos por causa de sua temperatura.

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos**
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Termodinâmica: estuda as interações de troca de calor e trabalho entre um sistema e sua vizinhança. Está preocupada com a quantidade de energia necessária para que um sistema vá de um estado termodinâmico a outro, e não com o tempo que esse processo leva.

Transf. de calor

X

Termodinâmica

$$\frac{dQ}{dt} = \dot{Q} = ?$$

$$Q = ?$$

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - **Calor e Temperatura**
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Calor: forma de energia que pode ser transferida de um sistema para outro (ou de um local para outro no mesmo sistema) devido diferença de temperatura.

Um corpo nunca contém calor. Calor pode ser identificado somente quando atravessa a fronteira. Calor é um fenômeno transitório.

Calor será representado pela letra Q .

Unidade de Q :

$$[Q] = J = N.m = \frac{kg.m}{s^2} m = \frac{kg.m^2}{s^2}$$

Taxa de transferência de calor: quantidade de calor transferido por unidade de tempo. Será representada pela letra \dot{Q} .

Unidade de \dot{Q} :

$$[\dot{Q}] = \frac{J}{s} = W \quad (\text{Watt})$$

$$Q = \int_0^{\Delta t} \dot{Q} dt$$

Para o caso em que \dot{Q} é constante, temos:

$$Q = \dot{Q} \Delta t \quad \rightarrow \quad \dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t}$$

Temperatura: está relacionada à nossa noção de quente e frio. É uma medida quantitativa da energia cinética dos átomos ou moléculas de um sistema.

Igualdade de temperatura: dois corpos estão a uma mesma temperatura se, quando colocados em contato térmico, não há transferência de calor entre eles.

Escala de temperatura: Celsius, Kelvin, Fahrenheit, Rankine.

Relações entre as escalas:

$$T_K = T_{\circ C} + 273,15 \quad (1)$$

$$T_{\circ C} = (T_{\circ F} - 32) \frac{5}{9} \quad (2)$$

$$T_{\circ F} = T_{\circ C} \frac{9}{5} + 32 \quad (3)$$

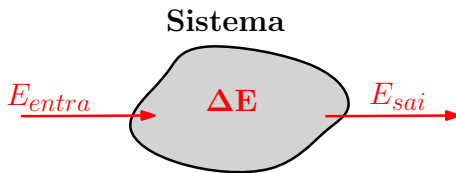
$$T_R = T_{\circ F} + 459,67 \quad (4)$$

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - **Primeira Lei da Termodinâmica**
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Primeira Lei da Termodinâmica: lei da conservação de energia. A energia não pode ser criada nem destruída durante um processo, pode apenas mudar de forma.

A variação líquida (aumento ou diminuição) na **energia total** de um sistema durante um processo é igual à diferença entre a energia total **recebida** e a energia total **rejeitada** (transferida para a vizinhança) pelo sistema durante o processo.



$$\Delta E = E_{entra} - E_{sai} \quad (5)$$

$$E_2 - E_1 = E_{entra} - E_{sai} \quad (6)$$

E_1 é a energia do sistema antes do processo; E_2 é a energia do sistema depois do processo; E_{entra} energia que passou da vizinhança para o sistema durante o processo; E_{sai} energia que passou do sistema para a vizinhança durante o processo.

Dividindo pelo tempo, podemos reescrever em forma de taxas:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{E}_{entra} - \dot{E}_{sai} \quad (7)$$

A energia E de um corpo pode ser transferida por meio de **trabalho** W e **calor** Q :

$$\Delta E = Q - W . \quad (8)$$

Q é o **calor transferido** para o sistema e W é o **trabalho realizado** pelo sistema sobre a vizinhança. Q e W podem ser positivos ou negativos.

Trabalho está relacionado a movimento. É toda transferência de energia que não é calor. Ou seja, não ocorre devido a uma diferença de temperatura.

Assim como calor, **trabalho não é uma propriedade termodinâmica do sistema**. É um fenômeno que ocorre na fronteira e diz respeito a uma interação entre o sistema e a vizinhança.

Exemplos: movimento de pistão, eixo, corrente elétrica.

Energia: conceito abstrato e de difícil definição (como os conceitos de massa e força). Uma tentativa é: energia é a capacidade de realizar trabalho.

Energia será representada pela letra E e tem unidade de J .

Estamos interessados sempre na **variação da energia**, e não no seu valor absoluto.

Formas de energia: mecânica, cinética, potencial, elétrica, magnética, nuclear, química, **interna**.

Na análise de **Transferência de Calor**, normalmente estamos interessados apenas nas formas de energia que podem ser transferidas como resultado de uma diferença **diferença de temperatura**.

Ou seja, estamos interessados em **Calor**, e não em **Trabalho**.

Assim:

$$\Delta E = Q \quad (9)$$

Mais especificamente, estamos interessados na variação da **energia interna** U .

$$\Delta E = \Delta U = Q \quad (10)$$

Energia interna: será representada pela letra U . É toda a **energia** de um sistema que está associada com os componentes **microscópicos** (átomos e moléculas) quando vistos a partir de um referencial em repouso com relação ao sistema.

É a energia que está associada à estrutura molecular do sistema e com o grau de agitação das moléculas.

A energia interna está diretamente associada à temperatura:

$$\Delta U = mc\Delta T \quad (11)$$

$$U_2 - U_1 = mc(T_2 - T_1) \quad (12)$$

U_2 é a energia interna no estado 2; U_1 é a energia interna no estado 1; T_2 é a temperatura no estado 2; T_1 é a temperatura no estado 1.

m é a massa.

c é o calor específico.

Calor específico: representado pela letra c . É a energia necessária para aumentar a temperatura em um grau de uma unidade de massa de dada substância.

Está relacionado à capacidade de armazenamento de energia do material.

Unidade de c :

$$[c] = \frac{J}{g \cdot ^\circ C} = \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Exemplos:

água	$c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ C)$
cobre	$c = 0,39 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ C)$

Calor específico é uma propriedade do material e pode ser a pressão constante (c_p) ou a volume constante (c_v). Em líquidos e sólidos $c_p \approx c_v \approx c$.

Resulta:

$$Q = mc\Delta T \quad (13)$$

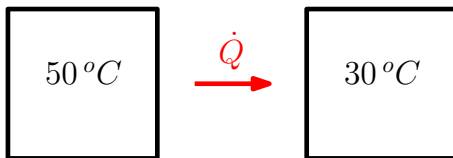
Na ausência de trabalho, a variação na quantidade de energia de um sistema fechado é igual à quantidade líquida de calor transferido.

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - **Segunda Lei da Termodinâmica**
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Segunda Lei da Termodinâmica: não é possível nenhum processo cujo único resultado seja uma transferência líquida de calor de uma região de baixa temperatura para uma região de alta temperatura (enunciado de Clausius).

Assim, **energia (calor)** vai do corpo “quente” para o “frio”. Ou da região quente de um corpo para a região fria.



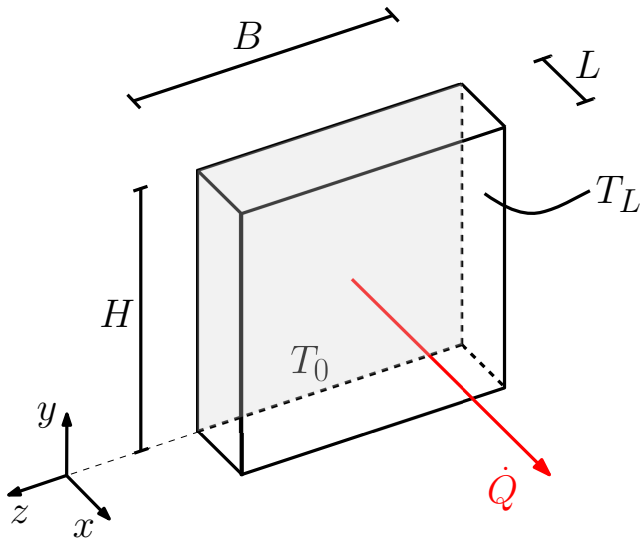
Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações**
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

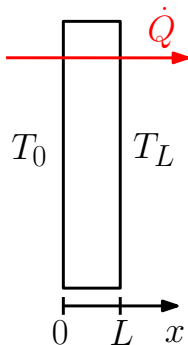
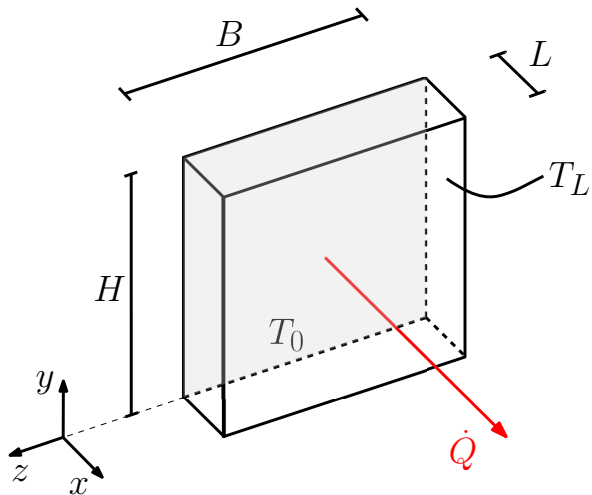
Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - **Condução**
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Equação para a condução.



Equação para a condução.



Lei de Fourier para a Condução:

$$\dot{Q} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (14)$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (15)$$

A é a área perpendicular ao fluxo de calor. $[A] = m^2$.

x é a direção da transferência de calor. $[x] = m$.

T é a temperatura. $[T] = ^\circ\text{C}$.

k é a condutividade térmica do material. $[k] = W/(m \cdot ^\circ\text{C})$.

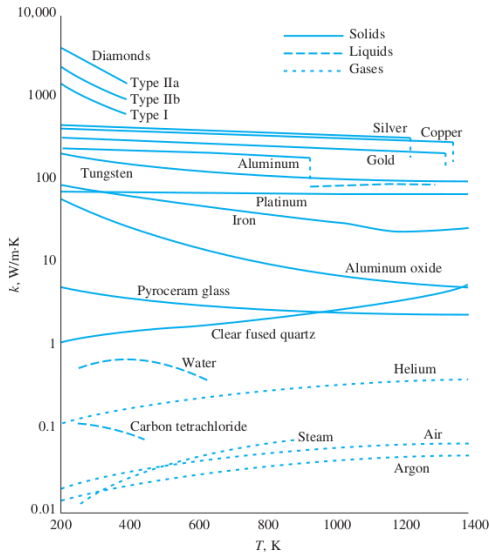
Alguns valores de k , em $W/(m.C)$.

Diamante	→	2300
Ouro	→	317
Alumínio	→	233
Água (s)	→	2,2
Água (l)	→	0,61
Borracha	→	0,2
Madeira	→	0,1
Ar	→	0,026

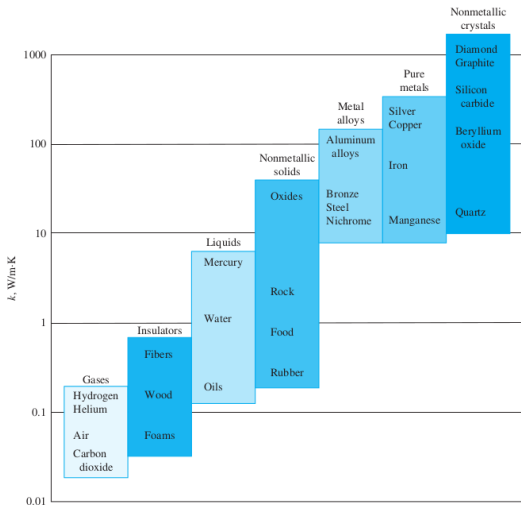
k é normalmente maior na fase sólida e menor na fase gasosa.

Na prática estaremos interessados em estudar condução em sólidos, porque em líquidos e gases quase sempre convecção e/ou radiação dominam.

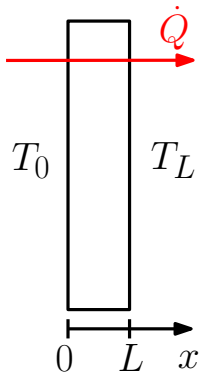
Dependência de k com a temperatura T :



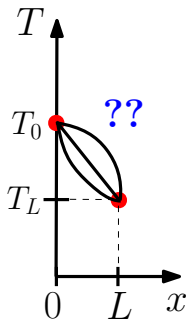
Valores aproximados de k para diferentes materiais:



Equação para a condução.



$$T = T(x)$$

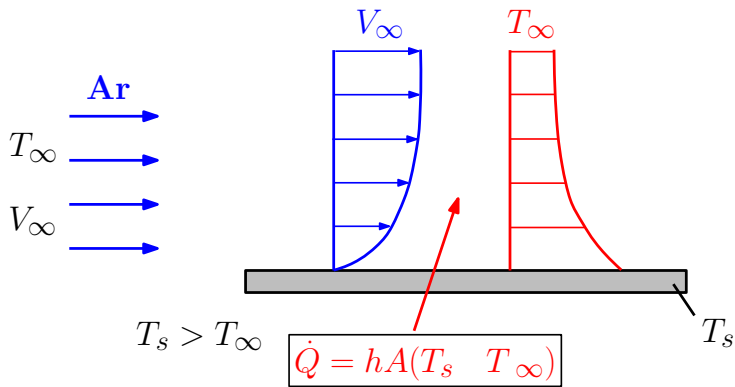


Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - **Convecção**
 - Radiação
- 6 Exemplos

Equação para a convecção. Lei de resfriamento de Newton:

$$\dot{Q} = hA(T_s - T_\infty) \quad (16)$$



T_s é a temperatura da superfície. $[T_s] = ^\circ\text{C}$.

T_∞ é a temperatura do fluido no escoamento não perturbado (longe da placa). $[T_\infty] = ^\circ\text{C}$.

A é a área da superfície. $[A] = \text{m}^2$.

h é o coeficiente de transferência de calor por convecção. $[h] = \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

O problema é determinar h , que depende das propriedades do fluido (viscosidade, densidade), da velocidade do escoamento e da geometria.

h é obtido por meio de experimentos ou por meio de simulação computacional.

Tipos de convecção:

Forçada	X	Natural
Interna	X	Externa

Alguns valores típicos para h , em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$:

Natural, gases \rightarrow 2 – 25

Natural, líquidos \rightarrow 10 – 1000

Forçada, gases \rightarrow 25 – 250

Forçada, líquidos \rightarrow 50 – 20000

Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - **Radiação**
- 6 Exemplos

A **taxa máxima** de radiação térmica que pode ser emitida por uma **superfície** a uma dada temperatura T_s é dada pela **Lei de Stefan-Boltzmann**:

$$\dot{E} = \sigma A_s T_s^4 \quad (17)$$

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^4)$ é chamada de constante de Stefan-Boltzmann.

A_s é área da superfície. $[A_s] = \text{m}^2$.

T_s é a temperatura absoluta da superfície, **em Kelvin**.

O \dot{E} dado pela lei de Stefan-Boltzmann é teórico, emitido por uma superfície ideal denominada **corpo negro**.

Para superfícies reais temos:

$$\dot{E} = \epsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (18)$$

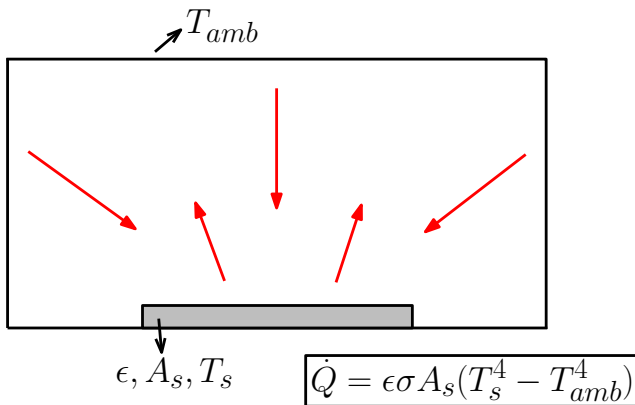
ϵ é chamado de **emissividade**, e possui valor entre 0 e 1. Para o corpo negro $\epsilon = 1$. A radiação é muito influenciada pelas condições da superfície.

Exemplos de ϵ :

Pele humana	→	0,95
Vegetação	→	0,92 – 0,96
Ouro polido	→	0,03

Considere uma superfície com emissividade ϵ e área superficial A_s a uma temperatura T_s em um ambiente fechado, cujas paredes estão a uma temperatura T_{amb} . Para esse caso temos:

$$\dot{Q} = \epsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{amb}^4) \quad (19)$$



Sumário

- 1 O que é TCM?
- 2 Mecânica dos Fluidos
- 3 Transferência de Calor
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 4 Termodinâmica: Conceitos Básicos
 - Calor e Temperatura
 - Primeira Lei da Termodinâmica
 - Segunda Lei da Termodinâmica
- 5 Mecanismos de Transferência de Calor: Equações
 - Condução
 - Convecção
 - Radiação
- 6 Exemplos

Exemplo: Uma face de uma placa de cobre de 3 *cm* de espessura e 1 *m*² de área é mantida a 110 °C, e a outra face é mantida a 100 °C. Sabendo que a condutividade térmica do cobre é 370 *W/(m. °C)*, determine a transferência de calor através da placa.

Exemplo: Uma face de uma placa de cobre de 3 cm de espessura e $1 m^2$ de área é mantida a $110^\circ C$, e a outra face é mantida a $100^\circ C$. Sabendo que a condutividade térmica do cobre é $370 W/(m.^\circ C)$, determine a transferência de calor através da placa.

Resposta:

$$\dot{Q} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\dot{Q} = - \left(370 \frac{W}{m.^\circ C} \right) \times (1 m^2) \times \frac{(100 - 110)^\circ C}{0.03 m}$$

$$\dot{Q} = 123333,3333333 W$$

$$\dot{Q} = 123 kW \quad (\text{Resposta final})$$

Atenção: unidades e algarismos significativos.

Exemplo: Ar a 20°C escoia sobre uma placa aquecida de 50 cm por 75 cm , mantida a 250°C . O coeficiente de transferência de calor por convecção é $25\text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$. Calcule a transferência de calor.

Exemplo: Ar a 20°C escoa sobre uma placa aquecida de 50 cm por 75 cm , mantida a 250°C . O coeficiente de transferência de calor por convecção é $25\text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$. Calcule a transferência de calor.

Resposta:

$$\dot{Q} = hA(T_s - T_{\infty})$$

$$\dot{Q} = \left(25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}}\right) \times (50\text{ cm} \times 75\text{ cm}) \times (250^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$\dot{Q} = \left(25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}}\right) \times (0,5\text{ m} \times 0,75\text{ m}) \times (250^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$\dot{Q} = 2156\text{ W}$$

$$\dot{Q} = 2,16\text{ kW}$$

Exemplo: Qual é a taxa máxima de emissão de calor por radiação possível para uma superfície de 2 m^2 que está a 30°C ?

Exemplo: Qual é a taxa máxima de emissão de calor por radiação possível para uma superfície de 2 m^2 que está a 30°C ?

Resposta:

$$\dot{Q} = \epsilon \sigma A_s T_s^4$$

Taxa máxima: $\epsilon = 1$, corpo negro. Atenção!!!! Temperatura sempre em **Kelvin** em problemas que envolvem radiação.

$$T_K = T_C + 273,15 = 30 + 273,15 = 303,15 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = (1) \times \left(5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right) \times (2 \text{ m}^2) \times (303,15^4 \text{ K}^4)$$

$$\text{errado: } \dot{Q} = 957,7305586743807 \text{ W}$$

$$\text{correto: } \dot{Q} = 958 \text{ W}$$

Unidades no SI:

Tempo	→	s (segundo)
Comprimento	→	m (metro)
Massa	→	kg (quilograma)
Temperatura	→	$^{\circ}\text{C}$ ou K
Força	→	N (newton)
Energia	→	J (joule)
Potência	→	W (watt)
Condutividade Térmica	→	$\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$
Coef. de Convecção	→	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
Calor Específico	→	$\text{J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$

Fatores de multiplicação para unidades no SI:

 $10^{12} \rightarrow \text{T (tera)}$ $10^9 \rightarrow \text{G (giga)}$ $10^6 \rightarrow \text{M (mega)}$ $10^3 \rightarrow \text{k (quilo)}$ $10^2 \rightarrow \text{h (hecto)}$ $10^{-2} \rightarrow \text{c (centi)}$ $10^{-3} \rightarrow \text{m (mili)}$ $10^{-6} \rightarrow \mu \text{ (micro)}$ $10^{-9} \rightarrow \text{n (nano)}$ $10^{-12} \rightarrow \text{p (pico)}$ $10^{-18} \rightarrow \text{a (ato)}$