

SUMÁRIO

I.	Introdução	
	<i>Portfolio</i> de Fenômenos de Transporte II	1
	Algumas palavras introdutórias	2
	Senso comum $\times$ ciência	4
	Uma pequena história sobre o nascimento da ciência	4
	Das Verdades científicas	6
	Tese da Ciência de Fenômenos de Transporte	7
	Lei de Conservação aplicada a um VC	8
	Metodologia de modelagem	8
	Lei da Conservação de Massa (Global)	9
	Exercícios de Revisão de Balanço de Massa	11
	Revisão – Conceitos Fundamentais	14
	Um breve comentário sobre o cálculo de energia interna e entalpia para substâncias puras em uma fase	17
	Exemplos e exercícios sobre o cálculo de energia interna, entalpia, energia cinética e potencial	18
	Alguns conceitos básicos sobre transferência de energia	22
	Equações gerais descritivas do transporte de energia	23
	Experiência 1: observando a chama de uma vela – construindo o conceito de geração de energia e energia interna	24
	Sintetizando os seus conceitos – energia interna e geração de calor	25
	Para estudo em casa	25
	Revedo a lei de conservação de energia aplicada a um VC macroscópico homogêneo	27
	Interpretando como a energia pode ser transformada	29
	Exercícios	30
	Leituras recomendadas	32
	Exercícios recomendados	33
II.	Transporte por condução	34
	Experiência 2: agora a chama irá aquecer uma colher	34
	Para a sua reflexão - sintetizando as informações sobre a condução	36
	Exercícios	40
	Estudo dirigido	42
	Forma Geral da Lei de Fourier	42
	Exercícios	43
	Distribuição (perfil) de temperatura em placa plana	44
	A condutividade térmica é função da temperatura	44
	Exercícios	45
	Semelhança entre as equações de transporte condutivo	48
	Difusividade térmica	49
	Definição de resistência e coeficiente de troca térmica por condução	49
	Exercício	50
	Leitura Recomendada	51
	Resistências Térmicas em Série	52

Resistências Térmicas em Paralelo	53
Exercícios	54
Exercícios recomendados	54
III. Transporte por convecção	55
Alguns fatos do cotidiano	55
Experiência 3: troca térmica entre água e sólido quente	55
Experiência 4: voltando ao estudo da vela, de como forma energia é transferida da colher para o ar?	57
Para a sua reflexão - sintetizando as informações sobre a convecção	59
Lei de Resfriamento de Newton	60
Interpretando a camada limite térmica	61
Valores típicos para o coeficiente de transferência de calor por convecção	63
Cálculo do coeficiente de película	63
Procedimento experimental usual de determinação do coeficiente de película	64
Adimensionais importantes na troca térmica	65
Mecanismo de Condução $\times$ Mecanismo de Convecção	66
Constância do coeficiente de película	66
Exemplos de correlações para o cálculo do coeficiente de película	66
Resistência e coeficiente (global) de troca térmica por convecção	67
Quadro resumo de resistências	67
Leituras recomendadas	67
Exemplos recomendados para leitura	67
Exercícios	68
Estudo dirigido	73
Questão para reflexão	74
Fator de Incrustação	75
Valores representativos do coeficiente global	76
Leitura recomendada	76
Exemplos recomendados para leitura	76
Exercícios resolvidos	76
Exercícios recomendados	79
Transferência de calor em regime transiente – abordagem macroscópica – método da capacitância global	80
Cálculo da taxa de calor transferida	82
Critério de validade	82
Leitura recomendada	84
Exemplos recomendados para leitura	84
Exercícios básicos recomendados da lista	84
Exercícios	84
Experiência 5: estudo dos processos de transferência de calor na interface entre dois sólidos – pedaço de porta de geladeira	87
Resistência Térmica de Contato	87
Leitura recomendada	88
Exemplos recomendados para leitura	88

Exercícios	89
Sistemas de Isolamento	91
Leitura recomendada	91
Estudo dirigido	92
O raio crítico	93
Exemplo recomendado para leitura	96
Exercícios	96
Exercícios recomendados	97
IV. Transporte por radiação	99
Refletindo sobre os seus conceitos prévios	99
Experiência 7: voltando ao estudo da vela, de que forma a mão é aquecida?	100
Para a sua reflexão - sintetizando as informações sobre a radiação	101
Sobre ondas	102
Sintetizando a reflexão	105
O espectro eletromagnético	105
Como ocorre a emissão e absorção: fenômeno de superfície × fenômeno volumétrico	106
Tratamento matemático – entendendo o caráter espectral e modelando os fenômenos radiantes de superfície	106
Exemplo de aplicação da lei de Wien	110
Procedimento de modelagem da radiação enquanto fenômeno de superfície – caso de superfícies que se enxergam totalmente	111
Exemplos resolvidos	112
Resistência e coeficiente de troca térmica para o mecanismo da radiação	114
Procedimento de modelagem da radiação enquanto fenômeno de superfície – caso de superfícies que não se enxergam totalmente	115
Exemplo de aplicação	116
Modelagem da radiação atmosférica – numa abordagem de fenômeno de superfície	117
Resumo do glossário de radiação	118
Resumindo os principais aspectos a serem usados na modelagem simplificada da radiação enquanto fenômeno de superfície	118
Leitura recomendada	119
Exemplos recomendados para leitura	119
Exemplos de aplicação	119
Exercícios	121
Exercícios recomendados	122
Questões para reflexão	123
Sobre a atmosfera terrestre	123
Sobre a diferença entre as temperaturas da Terra e da Lua	123
Sobre as cores	123
Quantificando o efeito da radiação	124
Dos fornos de microondas	124
Do efeito estufa	125

Bibliografia citada	125
V. Balanço de energia na abordagem microscópica	126
Exemplos de problemas de transporte de energia que requerem modelagem via abordagem microscópica	126
Alternativas para a modelagem de processos de transferência de calor na abordagem microscópica	127
Uma recordação de cálculo	128
Procedimento de resolução de uma equação diferencial ordinária homogênea de 2ª ordem	130
Procedimento de dedução de equações de BE-microscópico a partir de VC homogêneos	131
Processos de transferência de calor bidimensionais com abordagem de condução unidimensional - superfícies estendidas & aletas	132
Modelagem – dedução do BE microscópico	136
Procedimento de cálculo da taxa de transferência de calor	138
Exercícios	139
Estabelecendo soluções analíticas	142
Exercício	142
Caso A	143
Caso B	143
Exercício	143
Caso C	145
Cálculo do gradiente da temperatura	146
Caso D	147
Exercícios	148
Cálculo do calor dissipado pela aleta	149
Exercícios	149
Para as aletas correspondentes ao caso C	149
Cálculo da transferência de calor para o meio externo	150
Equivalência para os casos B e C para as situações em que no caso C existe ponto de mínimo ou máximo	150
Para as aletas correspondentes ao caso D	151
Exercício	151
Quadro resumo dos modelos de aletas	152
Comprimento corrigido	153
Rendimento (eficiência) de aletas	154
Exercício	154
Resistência de aletas	155
Exercício	155
Múltiplas Aletas	156
Exercício	156
Efetividade de aletas	157
Aletas anulares	157
Exercícios	160
Condução multidirecional: a equação de difusão de calor	163
Problemas motivadores	163
Dedução do BE-microscópico na abordagem analítica para problemas envolvendo transferência de calor por condução multidirecional	164

Sistemas de coordenadas carterisianas	164
Simplificações possíveis	166
A equação de Laplace	166
Sistemas de coordenadas cilíndricas	167
Sistemas de coordenadas esféricas	168
Estabelecimento do modelo de processo	169
Condição inicial	169
Condições de contorno	169
Leitura recomendada	169
Exemplo 01	170
Exercício	172
Procedimento numérico de resolução: uso do método de diferenças finitas em regime permanente	174
Exemplificando o método	176
Cálculo da taxa de calor nas arestas em que ocorre convecção	178
Apêndice A:	
Relevância do estudo do transporte de energia e sua relação com a termodinâmica	1
Opiniões sobre aprendizagem, ciência, senso comum e conhecimento	3
Apêndice B:	
Conhecimentos prévios	7
Conceitos básicos - definições	7
Leis de conservação – visão macroscópica	9
Forma geral	9
BM – VC homogêneo	9
BM - geral	9
BQM – VC homogêneo em e.e.	9
BQM - geral	9
BEM em e.e.	10
Relações fundamentais da termodinâmica	10
Simplificações usuais da prática da engenharia	10
Exercícios de revisão de balanço de massa	11
Exercício 01	11
Exercício 02	12
Exercício 04	13
Exercícios de revisão de termodinâmica	14
Exercício 01	14
Exercício 02	16
Exercício 03	18
Exercício 04	20
Exercício 06	22
Exercício 10	24

Apêndice C:	
Metodologia de resolução de problemas	25
Metodologia de resolução de problemas na visão de Incropera & De Witt	28
Procedimento de modelagem matemática baseado nas leis físico-químicas	28
Recomendações de outros autores	30
Construindo uma própria metodologia de resolução de problemas	30
Apêndice D	
Experiência 1: geração de calor e energia interna	31
Experiência 2: mecanismo de condução	33
Experiências 4 e 5: mecanismo de convecção	34
Experiência 7: mecanismo de radiação	35
Apêndice E: Atividades de Laboratório	
Apêndice F: Listas de exercícios	
Apêndice G:	
Comentários de Aula	
Resolução de exercícios	