

Todos os cálculos em física devem ser feitos usando um conjunto consistente de unidades. Neste livro é usado o sistema MKSC. Esse é o sistema oficialmente aprovado para trabalhos científicos e usado pelo National Bureau of Standards dos Estados Unidos em suas publicações. Seja extremamente cuidadoso em verificar a consistência das unidades nos seus cálculos. Também é uma boa idéia o uso de uma régua de cálculo desde o começo, pois a precisão de três algarismos, obtida até mesmo com as réguas de cálculo mais simples, economizará para você muitas horas. Em alguns casos, entretanto, uma régua de cálculo pode não fornecer a precisão necessária.

Uma lista selecionada de referências é dada no fim de cada capítulo. Consulte-a com o máximo de frequência possível. Algumas citações vão ajudá-lo a formar a idéia de que a física é uma ciência em evolução e outras complementarão o texto. Você vai achar o livro de Holton e Roller, *Foundations of Modern Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1958) particularmente útil para informações sobre a evolução das idéias na física.

ÍNDICE

Capítulo 14 Interação Elétrica

Introdução 1 □ Carga elétrica 2 □ Lei de Coulomb 3 □ Campo elétrico 5 □ A quantização da carga elétrica 12 □ Estrutura elétrica da matéria 14 □ Estrutura atômica 17 □ Potencial elétrico 23 □ Relações de energia em um campo elétrico 27 □ Corrente elétrica 33 □ Dipolo elétrico 34 □ Multipolos elétricos de ordem superior 41 □

Capítulo 15 Interação Magnética

Introdução 56 □ Força magnética sobre uma carga em movimento 57 □ Movimento de uma carga em um campo magnético 60 □ Exemplos do movimento de partículas carregadas em um campo magnético 67 □ Força magnética sobre uma corrente elétrica 74 □ Conjugado (Torque) magnético sobre uma corrente elétrica 76 □ Campo magnético produzido por uma corrente fechada 82 □ Campo magnético de uma corrente retilínea 83 □ Forças entre correntes 85 □ Campo magnético de uma corrente circular 88 □ Campo magnético de uma carga em movimento (não-relativístico) 93 □ Eletromagnetismo e o princípio da relatividade 95 □ O campo eletromagnético de uma carga em movimento 99 □ Interação eletromagnética entre duas cargas em movimento 103

Capítulo 16 Campos Eletromagnéticos Estáticos

Introdução 121 □ Fluxo de um campo vetorial 121 □ Lei de Gauss para o campo elétrico 123 □ Lei de Gauss na forma diferencial 128 □ Polarização da matéria 131 □ Deslocamento elétrico 135 □ Cálculo da suscetibilidade elétrica 137 □ Capacidade elétrica; capacitores 143 □ Energia do campo elétrico 146 □ Condutividade elétrica; lei de Ohm 149 □ Força eletromotriz 155 □ A lei de Ampère para o campo magnético 160 □ A lei de Ampère na forma diferencial 164 □ Fluxo magnético 166 □ Magnetização da matéria 167 □ O campo magnetizante 168 □ Cálculo da suscetibilidade magnética 171 □ Sumário das leis para campos estáticos 176

Capítulo 17 Campos Eletromagnéticos Dependentes do Tempo

Introdução 188 □ A lei de Faraday-Henry 188 □ O bétatron 191 □ Indução eletromagnética devida ao movimento relativo entre o condutor e o campo magnético 193 □ Indução eletromagnética e o princípio da relatividade 197 □ Potencial elétrico e indução eletromagnética 198 □ A lei de Faraday-Henry na forma diferencial 198 □ Auto-indução 200 □ Energia do campo magnético 204 □ Oscilações elétricas 207 □ Circuitos Acoplados 213 □ O princípio de conservação da carga 217 □ A lei de Ampère-Maxwell 218 □ A lei de Ampère-Maxwell na forma diferencial 221 □ Equações de Maxwell 223

PARTE 3 ONDAS

Capítulo 18 Movimento Ondulatório

Introdução 237 □ Descrição matemática da propagação 238 □ Análise de Fourier do movimento ondulatório 242 □ Equação diferencial

do movimento ondulatório 244 Ondas elásticas em um bastão sólido 246 Ondas de pressão em uma coluna de gás 250 Ondas transversais em um fio 254 Ondas superficiais em um líquido 258 O que se propaga em um movimento ondulatório? 261 Ondas em duas e três dimensões 265 Ondas esféricas em um fluido 269 Velocidade de grupo 272 O efeito Doppler 274 Som; Acústica 277

Capítulo 19 Ondas Eletromagnéticas

Introdução 286 Ondas eletromagnéticas planas 286 Energia e quantidade de movimento de uma onda eletromagnética 290 Radiação de um dipolo elétrico oscilante 294 Radiação de um dipolo magnético oscilante 299 Radiação de multipolos oscilantes de ordem superior 302 Radiação de uma carga acelerada 303 Absorção de radiação eletromagnética 311 Espalhamento de ondas eletromagnéticas por elétrons ligados 312 Espalhamento de radiação eletromagnética por um elétron livre; efeito Compton 314 Fótons 318 Ainda sobre fótons; efeito fotoelétrico 322 Propagação de ondas eletromagnéticas na matéria; dispersão 324 Efeito Doppler em ondas eletromagnéticas 328 O espectro da radiação eletromagnética 333

Capítulo 20 Reflexão, Refração, Polarização

Introdução 343 Princípio de Huygens 343 Teorema de Malus 346 Reflexão e refração de ondas planas 347 Reflexão e refração de ondas esféricas 351 Ainda sobre as leis de reflexão e refração 353 Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas 358 Propagação de ondas eletromagnéticas em um meio anisotrópico 361 Dicroísmo 367 Dupla refração 368 Atividade óptica 373 Reflexão e refração em superfícies metálicas 377 Propagação em um meio não-homogêneo 378

Capítulo 21 Geometria Ondulatória

Introdução 386 Reflexão em superfícies esféricas 387 Refração em superfícies esféricas 394 Lentes 397 Instrumentos ópticos 403 O prisma 407 Dispersão 408 Aberração cromática 411 Princípio de Fermat do tempo estacionário 415

Capítulo 22 Interferência

Introdução 426 Interferência de ondas produzidas por duas fontes síncronas 426 Interferência de várias fontes síncronas 432 Ondas estacionárias em uma dimensão 438 Ondas estacionárias e a equação de onda 440 Ondas eletromagnéticas estacionárias 446 Ondas estacionárias em duas dimensões 449 Ondas estacionárias em três dimensões; cavidades ressonantes 454 Guias de ondas 456

Capítulo 23 Difração

Introdução 470 Difração de Fraunhofer por uma fenda retangular 471 Difração de Fraunhofer por uma abertura circular 476 Difração de

Fraunhofer por duas fendas iguais e paralelas 478 Rêdes de difração 481 Difração de Fresnel 485 Espalhamento 491 Espalhamento de raios X por cristais 492

Capítulo 24 Fenômenos de Transporte

Introdução 504 Difusão molecular; lei de Fick 504 Condução térmica; lei de Fourier 511 Transporte com produção e absorção 518 Viscosidade 521 Caminho livre médio, frequência de colisão, e seção de choque de colisão 526 Teoria molecular dos fenômenos de transporte 530 Conclusão 533

Apêndice: Relações Matemáticas; Tabelas 539

Respostas a Alguns dos Problemas Ímpares 549

Índice Alfabético 557

Tabela. Classificação Periódica dos Elementos; Constantes Fundamentais
Símbolos e Unidades; Fatores de Conversão