

SUMÁRIO

Apresentação	15
1. Referenciais e Coordenadas Cartesianas	17
1.1 Introdução.....	17
1.2 O Espaço Físico.....	18
1.3 Tempo.....	19
1.3.1 Mas o Tempo é Finito ou Infinito?.....	21
1.3.2 Pode-se Viajar no Tempo Continuamente, como se Pudéssemos Assistir a um Filme de Trás para a Frente?	21
1.4 Posição no Espaço	22
1.5 Eventos	22
1.6 Movimentos	23
1.7 Sistemas de Referência, ou Referenciais	23
1.7.1 Sistema de Referência Cartesiano	25
1.8 Coordenadas	27
1.8.1 Coordenadas Cartesianas em uma Dimensão.....	27
1.8.2 Coordenadas Cartesianas em Duas e Três Dimensões.....	28
1.8.3 Distância entre Dois Pontos no Espaço.....	35
1.9 Equivalência de Referenciais	37
1.10 Referenciais Inerciais.....	37
2. Outras Coordenadas.....	39

2.1	Coordenadas mais Gerais.....	39
2.2	Superfícies e Curvas Generalizadas.....	41
2.3	Coordenadas Cartesianas	42
2.4	Coordenadas Cilíndricas	45
2.5	Coordenadas Polares	49
2.6	Coordenadas Esféricas	51
2.7	As Coordenadas Latitude e Longitude.....	53
3.	Movimento: Conceitos Cinemáticos.....	57
3.1	Movimentos no Universo	57
3.2	Movimento e Repouso	60
3.3	Trajetoória	60
3.4	A Coordenada Espaço	62
3.5	Velocidade	65
3.6	Velocidade Escalar Média	65
3.7	Velocidade Escalar Instantânea	68
3.8	Aceleração Escalar	72
3.9	Conclusão	78
4.	Grandezas Escalares e Vetoriais	79
4.1	Introdução.....	79
4.2	Grandezas Vetoriais e Grandezas Escalares.....	80
4.3	Representação Gráfica de Vetores.....	81
4.4	Representação Analítica de um Vetor	82
4.4.1	Componentes no Espaço Tridimensional	85
4.5	Operações com Vetores.....	85
4.5.1	Multiplicação por um Escalar (por um Número).....	86
4.5.2	Soma de Vetores.....	87
4.5.3	Subtração de Vetores	92
4.6	Extensão para Muitos Vetores	93
4.7	Produtos de Vetores	95
4.7.1	Produto Escalar de Dois Vetores.....	95
4.7.2	Produto Vetorial de Dois Vetores	97
4.8	Grandezas Definidas como Produtos Vetoriais	98
5.	Cinemática Vetorial	101
5.1	Referenciais	101
5.2	Referencial Cartesiano Generalizado.....	104
5.3	Referenciais Vetoriais mais Gerais.....	108
5.4	Vetores em Coordenadas Polares.....	110
5.5	Vetores Velocidade e Aceleração em Coordenadas Cartesianas	112

5.6	Vetor Aceleração	115
5.6.1	Vetor Posição em Coordenadas Polares	116
5.6.2	Vetor Velocidade em Coordenadas Polares	119
5.7	Vetor Posição e Vetor Velocidade em Coordenadas Cilíndricas.....	120
5.8	Vetor Aceleração em Coordenadas Polares e Cilíndricas	121
6.	As Leis de Newton	125
6.1	Os <i>Principia</i>	125
6.2	Lei da Inércia.....	126
6.3	A Primeira Lei de Newton: Referenciais Inerciais.....	128
6.4	O que é Massa?	129
6.5	A Segunda Lei de Newton	132
6.5.1	A Segunda Lei de Newton em Coordenadas Cartesianas	136
6.6	A Terceira Lei de Newton.....	139
6.7	A Segunda Lei de Newton em Coordenadas Polares.....	143
6.8	Comentários Sobre as Leis de Newton	147
6.8.1	Sobre a Independência das Leis	147
6.8.2	Sobre as Condições Iniciais	147
6.8.3	Mecanicismo	148
6.9	Resolvendo Problemas de Mecânica	148
7.	Movimentos Simples.....	155
7.1	Introdução.....	155
7.2	O Movimento Uniforme	156
7.3	Movimento Uniforme ao Longo de uma Curva.....	161
7.4	A Luz e o Movimento Uniforme	165
7.5	Movimento Uniformemente Variado.....	168
7.5.1	Forças Constantes.....	168
7.5.2	Aceleração Escalar Constante.....	171
7.6	Lançamento na Vertical e a Queda Livre.....	174
7.7	Movimento numa Calha e num Plano Inclinado	179
8.	Movimento dos Projéteis.....	185
8.1	Introdução.....	185
8.2	Galileu e o Movimento dos Projéteis.....	186
8.3	As Condições Iniciais.....	187
8.3.1	Ângulo de Tiro e as Componentes da Velocidade.....	189
8.4	O Problema Geral.....	189
8.4.1	Tempo de Voo e Alcance do Projétil.....	190
8.4.2	Altura Máxima	190
8.5	Equações Básicas do Movimento.....	191

8.5.1	Trajectoria do Projétil	196
8.5.2	Altura Máxima.....	198
8.5.3	Tempo de Queda.....	200
8.5.4	Alcance do Projétil e Velocidade ao Atingir o Solo	201
8.6	Casos Particulares	204
8.6.1	Lançamento na Vertical	204
8.6.2	Lançamento Vertical para Cima.....	205
8.6.3	Lançamento Vertical para Baixo	207
8.6.4	Queda Livre	210
8.6.5	Lançamento na Horizontal.....	212
8.6.6	Lançamento a Partir do Solo	214
8.6.7	Alcance Máximo.....	215
9.	Movimento Circular	219
9.1	Introdução.....	219
9.1.1	Movimentos Circulares na Antiguidade	219
9.1.2	Epículos.....	220
9.2	Newton e o Movimento Circular Uniforme	223
9.3	Variáveis no Movimento Circular.....	223
9.4	Cinemática do Movimento Circular	226
9.4.1	Velocidade Angular, Velocidade Escalar e Velocidade Vetorial.....	226
9.4.2	Aceleração Angular, Vetorial e Centrípeta	231
9.5	A Dinâmica do Movimento Circular.....	234
9.6	Movimento Circular Uniforme.....	237
9.7	Movimento Circular em um Campo Gravitacional	243
10.	Trabalho e Variação da Energia Cinética	247
10.1	Introdução.....	247
10.2	A Energia Cinética	249
10.3	Trabalho Realizado por uma Força	250
10.4	Trabalho Realizado por uma Força Constante	250
10.5	Trabalho Realizado por uma Força que Não é Constante e Varia	253
10.6	Definindo Melhor a Integral de Linha do Vetor Força.....	255
10.7	Unidades de Trabalho.....	263
10.8	Forças Unidimensionais Dependentes Apenas de uma Variável	263
10.9	Potência de uma Força	265
10.10	Unidades de Energia e Potência.....	265
10.11	Trabalho e Variação de Energia Cinética.....	266

10.12	Forças que Não Realizam Trabalho	268
11.	Energia Mecânica	271
11.1	Forças Conservativas.....	271
11.2	Força Derivada a Partir da Energia Potencial	273
11.3	Diferencial de Funções	275
11.4	Trabalho e Variação da Energia Potencial.....	277
11.5	Caso Unidimensional	278
11.6	Energia Potencial Gravitacional a Partir da Força Gravitacional.....	280
11.7	Energia Potencial Eletrostática a Partir da Força Elétrica.....	282
11.8	Energia Mecânica e sua Conservação.....	282
11.9	Energia no Movimento dos Projéteis	283
11.10	Energia Mecânica Associada a Forças Elétricas	286
11.11	Forças Dissipativas	291
12.	Cinemática das Rotações.....	295
12.1	Introdução.....	295
12.2	Rotações	297
12.3	Rotação em Torno de um Eixo.....	301
12.4.	O Vetor Deslocamento Angular	305
12.5	O Vetor Velocidade Angular	306
12.6	Acelerações Angular e Centrípeta	309
12.7	Referenciais em Rotação.....	311
12.8	Vetor Aceleração: Caso Geral.....	314
13.	Forças de Inércia	317
13.1	Introdução	317
13.2	Referenciais Inerciais e Não Inerciais	318
13.3	Forças de Inércia	319
13.4	Sistemas Dotados de Aceleração numa Única Direção.....	321
13.5	Movimento ao Longo de uma Curva.....	323
13.6	Forças Centrífuga e de Coriolis	328
14.	Sistemas de Partículas	335
14.1	Introdução.....	335
14.2	Sistemas de Duas Partículas.....	336
14.3	As Equações de Evolução de um Sistema Discreto de Partículas.....	341
14.4	Conservação do Momento Linear	343
14.5	O Centro de Massa.....	344

14.6	Movimento do Centro de Massa.....	348
14.7	O Centro de Massa como Sistema de Referência.....	351
14.8	Momento Angular de um Sistema de Partículas.....	354
14.9	A Conservação do Momento Angular Total.....	355
14.10	Energia Cinética de um Sistema de Partículas.....	357
14.11	Energia Potencial do Sistema.....	358
15.	Colisões.....	361
15.1	Do Cotidiano à Investigação Científica.....	361
15.2	Etapas do Processo de Colisão.....	363
15.3	O Uso das Leis de Conservação	365
15.4	Colisões com Alvo Fixo.....	367
15.5	Colisões Decorrentes de Contato: O Papel da Dinâmica.....	368
15.6	Colisões Elásticas e Inelásticas	371
15.7	Colisões Totalmente Inelásticas	376
15.8	Colisões Frontais	378
15.9	Colisões Relativísticas e Não Relativísticas	381
16.	Movimento dos Corpos Rígidos	387
16.1	Introdução	387
16.2	Definindo as Variáveis do Movimento.....	389
16.3	A Velocidade de um Ponto Sobre o Corpo Rígido	391
16.4	Movimento de Translação	394
16.5	Movimento de Rotação.....	395
16.6	O Momento Angular	396
16.7	O Torque	397
16.8	Torque e Rotação.....	398
16.9	Momento Angular e o Momento de Inércia.....	401
16.10	O Teorema dos Eixos Paralelos	410
16.11	Eixos Principais de Inércia.....	414
16.12	Energias Cinética e Potencial do Corpo Rígido.....	416
17.	Dinâmica do Corpo Rígido.....	423
17.1	Utilização de Dois Referenciais na Descrição do Movimento	423
17.2	As Equações de Euler	424
17.3	Rolamento sem Deslizamento.....	428
17.4	Pêndulo Composto	430
17.5	Movimento Giroscópio	446
18.	Gravitação.....	451
18.1	A Interação Gravitacional.....	451

18.2	Newton, a Lua e a Teoria da Gravitação Universal.....	453
18.3	Massa e Gravitação	459
	18.3.1 Massa Inercial e Massa Gravitacional	460
18.4	Potencial Gravitacional e Campo Gravitacional.....	461
18.5	Massas Geram um Campo Gravitacional	462
18.6	Campo e Potencial Gravitacional de uma Distribuição Discreta de Massas	465
18.7	Campo e Potencial Gravitacional de uma Distribuição Contínua de Massas	467
18.8	Campo Gravitacional Gerado por uma Distribuição Esférica de Massas	471
18.9	A Aceleração da Gravidade	475
19.	As Leis de Kepler	483
19.1	Introdução.....	483
19.2	Forças Centrais.....	484
19.3	Dinâmica do Movimento.....	487
19.4	Lei das Áreas.....	489
19.5	Energias Positivas, Negativas e Nulas.....	491
19.6	Velocidade de Escape.....	494
19.7	O Problema das Órbitas.....	495
19.8	Órbitas Elípticas	497
19.9	Mais uma Lei de Kepler	498
19.10	A Velocidade Radial: Afélio e Periélio	501
19.11	Por que os Cometas Não Caem Sobre o Sol?.....	502
19.12	Outras Trajetórias Possíveis	503
	Referências Bibliográficas	505
	Sobre o Autor	507