

IVAN GUILHON MITOSO ROCHA



FÍSICA

EM NÍVEL OLÍMPICO

VOLUME I

Física em Nível Olímpico - volume 1

Ivan Guilhon Mitozo Rocha

7 de Abril de 2017

Física em Nível Olímpico - volume 1
1ª edição - 2017

Autor: Ivan Guilhon Mitozo Rocha
website: www.ivanguilhon.com.br
email: nivel.olimpico@gmail.com

Capa: Aline Cristina de Miranda
Diagramação: Ivan Guilhon Mitozo Rocha
Prefácio: Lara Kühn Teles
Ilustrações: Ivan Guilhon Mitozo Rocha
Revisão ortográfica: Diana Lourdes Prado de Moraes

Agradecimentos especiais:
Fábio Nogueira Rocha;
Norma Noeme Guilhon Mitozo Rocha;
Pedro Bittencourt Arruda; e
Carlos A. Novak Madureira.

Os direitos desta obra estão reservados. Cópias, edições e reproduções não autorizadas pelo autor dessa obra, por quaisquer meios físicos ou digitais, estão proibidas.

*A Deus, criador do céu e da terra,
de todas as coisas visíveis e invisíveis.*

Sobre o Autor

Ivan Guilhon graduou-se em Engenharia Eletrônica no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) no ano de 2014 com distinção Magna Cum Laude, outorgada a alunos que atingiram alto grau de desempenho acadêmico nas disciplinas do curso de engenharia. Atualmente está cursando o seu doutorado no programa de Física Atômica e Molecular no ITA. O autor tem trabalhos apresentados em congressos científicos e artigos publicados em periódicos sobre materiais bidimensionais e suas possíveis aplicações tecnológicas. Ivan está envolvido desde 2009 com a preparação de alunos para olimpíadas internacionais de Física em colégios de diferentes estados do Brasil.



Como competidor em olimpíadas científicas conquistou, entre outras premiações:

- Medalha de ouro na Olimpíada Brasileira de Física (OBF) em 2007 e 2009;
- Medalha de prata na Olimpíada Internacional de Física (IPhO) em 2009;
- Primeiro lugar no prêmio IFT de Jovens Físicos 2012;
- Duas vezes agraciado com o terceiro prêmio na Competição Internacional de Matemática (IMC) na Bulgária, em 2012 e 2014.

Carta ao leitor

Caro leitor,

este livro que você acaba de adquirir foi fruto de muito estudo e trabalho distribuídos em anos de envolvimento com olimpíadas científicas. Foram vários anos atuando como estudante, como professor e agora como um autor de livro! Há aqui reunido uma coletânea de problemas cativantes que me marcaram em diferentes momentos da minha trajetória olímpica. São problemas que podem desafiar desde um aluno de ensino médio que busca aprofundar seus conhecimentos até um estudante de ensino superior. Espero que vocês enxerguem beleza nesses problemas da mesma forma que eu!

Após minha formatura no ITA, decidi que me dedicaria a esse projeto pessoal, que era um sonho de alguns anos. Depois dessa decisão vieram incontáveis noites de trabalho para se produzir esse livro, em paralelo com o meu curso de doutorado em Física. Foram meses vasculhando livros, revistas de ensino, olimpíadas científicas de diferentes lugares do mundo, provas de seleção de times das internacionais, até chegar nesta coletânea de problemas. Espero que todo esse trabalho tenha valido a pena e que o resultado dele possa ajudar muita gente a aprender um pouco mais de Física.

O processo de produção desse livro foi feito de modo a torná-lo o mais acessível ao público em geral. Por conta disso, conto com a ajuda de vocês para melhorar cada vez mais essa obra enviando notificações de erros e sugestões para o email: nivel.olimpico@gmail.com.

Bons estudos!

Estrutura do livro

O livro a seguir contém uma lista de problemas, acompanhados de dicas e de soluções. Os exercícios escolhidos abrangem cinemática e dinâmica da partícula, termologia, gases ideais, termodinâmica, teoria cinética dos gases, noções de mecânica estatística, óptica geométrica, óptica física e ondulatória. Os problemas estão organizados em três capítulos:

1. Mecânica;
2. Termodinâmica;
3. Óptica e ondulatória.

Na primeira parte do livro encontram-se os enunciados dos problemas propostos. Os enunciados vêm acompanhados de uma indicação da dificuldade do problema em ordem crescente, variando de *, ** até ***.

A parte II do livro contém dicas que podem auxiliar na solução do problema, oferecendo muitas vezes os primeiros passos ou ideias da solução proposta. Na parte III encontram-se as soluções de todos os problemas propostos. Na parte IV há uma lista de referências bibliográficas, de teoria e de exercícios, além de referências auxiliares de matemática.

Orientação de estudos

Esse livro foi pensado para um público que busca uma preparação de alto nível para olimpíadas científicas de Física. Vale salientar que alunos que se preparam para vestibulares altamente concorridos, ou mesmo estudantes universitários, podem fazer excelente uso desse material devido as questões de alto nível.

Uma rápida observação nas soluções dos problemas propostos é suficiente para verificar que grande parte delas demanda conhecimentos

de cálculo diferencial e integral, o que não é comumente ensinado para alunos de ensino médio. No entanto, as provas seletivas para as equipes das olimpíadas internacionais, assim como essas competições, costumam exigir esses conhecimentos.

Antes de atacar os problemas expostos nesse livro é fundamental ter o domínio da matéria de Física cobrada no ensino médio convencional do assunto correspondente. No final do livro, você pode observar uma lista de excelentes referências sugeridas para usar em conjunto com esse material nos seus estudos.

Satisfeita essa primeira condição, você deve estar pronto para navegar por águas mais profundas! Se você for um aluno de ensino médio, é útil ter algum livro de Física em nível superior e algum material de introdução ao cálculo diferencial e integral. Focaremos nesse livro em uma aplicação prática e intuitiva dessa teoria, ignorando algumas vezes os seus pormenores, pois para nós **a Matemática é uma ferramenta e a Física é o prato principal.**

Seguem algumas dicas de estudo para olimpíadas científicas de Física:

1. Aprenda cálculo diferencial e integral.

Grande parte da diferença de cobrança entre Física de ensino médio convencional e olimpíadas de Física está na exigência de um formalismo matemático mais poderoso, muitas vezes contendo noções básicas de cálculo diferencial e integral.

Saber efetuar funções derivadas, funções integrais e entender as suas interpretações físicas é suficiente para acompanhar o livro. Não se preocupe caso não domine esses assuntos no início dos seus estudos, com um pouco de tempo, prática e esforço você se habituará com esse tipo de matemática.

Seguem agora algumas valiosas dicas de estudo para olimpíadas científicas:

2. Escolha uma (ou mais) coleção de nível superior para orientar seu estudo.

Em nível de olimpíada é extremamente útil que você utilize na sua preparação os livros das matérias iniciais de Física de âmbito universitário. Não se espera que você resolva todos os problemas desses livros, é importante, porém, que você busque se acostumar com esse outro nível de profundidade no assunto. Concentre-se bastante em exercícios resolvidos e nos exemplos fornecidos nos livros. Refazer demonstrações da teoria também ajuda bastante.

3. Tenha diferentes livros de exercícios.

Após estudar a teoria, é hora de se preparar para as provas! Para se sair bem, além de ter uma boa teoria, é preciso treinar a resolução de exercícios. Os problemas desse livro são de alto nível e tem como foco desenvolver a sua criatividade. É interessante combiná-lo com outros livros de exercícios que tenham exercícios mais básico, por exemplo. Algumas sugestões estão listadas na parte IV do livro.

4. Explore as provas antigas.

A seleção das equipes brasileiras para as olimpíadas internacionais é realizada pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e pode variar um pouco de ano para ano. É importante que você esteja atento às regras de seleção e ao formato de prova que você vai fazer.

Consiga acesso a provas antigas e resolva todas. Se sobrar um tempo, busque provas de olimpíadas de diferentes lugares do mundo (IPhO, APhO, OIbF, outras olimpíadas nacionais)!

Prefácio

O estudo da Física é fascinante, mas exige esforço e dedicação. É inegável e ilusório pensar que é possível compreender a teoria Física sem resolver um número considerável de exercícios. Se você é um estudante que vê beleza na matemática e na física e gosta de desafios, então com certeza fará um bom uso deste livro. Compreender a física e realizar exercícios desafiadores trabalha o modo de pensar e é uma motivação em si mesmo. Certamente, Ivan Guilhon apresenta isso de forma singular em seu livro, separando-o em três seções: os exercícios propostos, as dicas de resolução e, finalmente, as soluções. Essa separação torna o livro muito mais pedagógico, uma vez que permite ao leitor não apenas tentar resolver os problemas, mas, se este não conseguir após algumas tentativas, ainda sem ver a solução, analisar as dicas de solução e trabalhar mais um pouco o seu modo de pensar.

Essa coletânea de exercícios em português é sem dúvida valiosa também do ponto de vista da nossa sociedade brasileira, tão carente do ponto de vista da educação, o que não quer dizer ausente de seres curiosos e audaciosos que querem compreender a vida e usufruir da liberdade que o conhecimento proporciona.

Não posso deixar de terminar este prefácio sem falar um pouco sobre o autor. Conheci Ivan, ainda durante o segundo ano da graduação no ITA, quando fui a sua professora de Eletricidade e Magnetismo, na sequência também ministrei a disciplina de Ondas e Física Moderna para a sua turma. No ITA há um sistema de tutoria, no qual se configuram conselheiros (professores) e aconselhados (alunos), e também tive o prazer de tê-lo como meu aconselhado. Ainda durante o curso de graduação, motivada pelo seu excelente desempenho nas disciplinas e seu entusiasmo para com a Física, convidei-o para integrar o grupo de pesquisa, do qual fui uma das fundadoras no ITA, o Grupo de Materiais Semicondutores e Nanotecnologia do ITA. Foi neste período que Ivan iniciou o seu trabalho de iniciação científica e pôde apresentar seus

resultados científicos na conferência *International Material Research Society*, realizada em Cancún. Na sequência, após formado iniciou o Doutorado Direto sob a minha orientação.

Posso dizer que tive e tenho o privilégio de trabalhar com uma pessoa que, muito além de ser inteligente, é extremamente humana, preocupada com a sociedade, por isso mesmo teve várias atuações neste sentido, como, por exemplo, ser professor do CASDVest, que tem por missão aprovar pessoas sem condições financeiras em universidades públicas, oferecendo ensino de qualidade por meio de um curso pré-vestibular sem fins lucrativos. E, é neste sentido humano e de repartir o seu conhecimento e, através do seu comprometimento com a educação, que Ivan dedicou o seu tempo precioso e preparou este livro que, com certeza, poderá ajudar outras centenas ou milhares de estudantes a atingirem seus objetivos.

Bom trabalho a todos os estudantes que quiserem se divertir um pouco, se desafiando, persistindo e indo além dos seus limites!

Lara Kühl Teles

Conteúdo

I	Problemas propostos	21
1	Mecânica da Partícula	23
1.1	Barcos em formação triangular*	23
1.2	Desvio de um asteroide*	24
1.3	Alcance do Chafariz*	24
1.4	Carro no atoleiro*	25
1.5	Deslizamento bidimensional no plano inclinado**	26
1.6	A corrente e a balança (OIBF) **	26
1.7	Máquina de Atwood com infinitas massas**	27
1.8	Anel de polias*	28
1.9	Corda suspensa no plano inclinado (EUA) **	28
1.10	Cavidade em um planeta*	29
1.11	Queda livre espacial***	30
1.12	Triângulo planetário (IPhO) ***	31
1.13	Iglu (Brasil) **	31
1.14	Movimento de um foguete**	32
1.15	Dinâmica de uma gota de chuva**	33

1.16	Deslizamento de Cilindros (Brasil) **	34
1.17	Viagem por dentro da Terra*	34
1.18	Desvio da vertical do pêndulo (Brasil adap.) **	35
1.19	Barco de guerra (OIbF adap.) **	36
1.20	Cilindros Rolantes*	36
1.21	Corrente na polia**	37
1.22	Colisões bidimensionais (Brasil) **	38
1.23	Satélite em formato de haltere (OIbF adap.)**	39
1.24	Potencial Efetivo **	41
1.25	Perturbação de órbita***	42
1.26	Pilha de tijolos*	43
1.27	Cordão elástico*	44
1.28	Conta no aro girante**	45
1.29	Pêndulo no carrinho**	45
1.30	Oscilações Acopladas I (IPhO adp.)**	46
1.31	Oscilações acopladas II (Brasil)**	47
2	Termodinâmica	49
2.1	Aquecimento de duas esferas (IPhO)*	49
2.2	Tira bimetálica**	50
2.3	Termômetro de mercúrio*	51
2.4	Esfera na água aquecida*	52
2.5	Condutividade térmica de barras*	52
2.6	Chapas de aço no Sol**	53
2.7	Congelamento de um lago**	53
2.8	Sistema com pistão ligado a uma mola**	54
2.9	Estrangulamento de tubo (OIbF) *	55
2.10	Transformação gasosa irreversível*	55
2.11	Bomba de de gás (IME) **	56
2.12	Volante oco com gases (OIbF) ***	57
2.13	Gases Ideais (Canadá) **	59
2.14	Relação de Mayer e aquecimento de gás (Brasil) *	59

2.15	Ciclo Térmico *	60
2.16	Rendimento do ciclo Diesel*	60
2.17	Rendimento do ciclo Joule*	61
2.18	Rendimento do motor a gasolina*	62
2.19	Ciclo térmico de 3 estados **	63
2.20	Varição de entropia de um gás (Brasil adp.) **	64
2.21	Pressão de uma atmosfera isotérmica**	64
2.22	Pressão atmosférica em uma nave espacial**	65
2.23	Nuvem de gás quente*	65
2.24	Uma troca de Calor Diferente (Brasil) ***	65
2.25	Gás não-ideal (EUA) ***	66
2.26	Distribuição de probabilidade de velocidades de Maxwell**	67
2.27	Vazamento de gás**	68
2.28	Caixa de fótons (Canadá) ***	69
2.29	Tapete mágico***	70
2.30	Gás ideal 1D***	71
2.31	Osciladores harmônicos quânticos ***	71
2.32	Orientando de dipolos elétricos **	72
2.33	Efeito Schottky (Brasil) ***	73
2.34	Condensação de Bose-Einstein (Brasil) ***	75
3	Ondas e Óptica	79
3.1	Vidro semi-opaco (IME) *	79
3.2	Luz em um meio não homogêneo (Brasil) ***	79
3.3	Medindo a velocidade da luz (Brasil) **	80
3.4	Imagem de tamanho fixo**	81
3.5	Imagem de um projétil**	81
3.6	Desvio angular de um par de prismas *	82
3.7	Prisma ótico*	83
3.8	Interferência entre alto-falantes (OIBF) *	84
3.9	Experimento de Young com prismas (Canadá) **	85
3.10	Interferência em anteparo (OIBF) *	86

3.11	Interferência em um lago *	86
3.12	Cavidade ressonante de um LASER (Brasil) **	87
3.13	Sonar do morcego *	88
3.14	Radiação Cerenkov (IPhO) ***	88
3.15	Levitação óptica (IPhO) ***	89
3.16	Anéis de Newton *	90
3.17	Ionosfera em movimento (Brasil) **	91
3.18	Diâmetro de uma objetiva (Brasil) *	92
3.19	Física de uma câmera digital (IPhO) **	92
3.20	Lei de Bragg e difração de raios-X (Canadá)*	93

II Dicas de resolução 95

1 Mecânica da Partícula 97

1.1	Barcos em formação triangular	97
1.2	Desvio de um asteroide	97
1.3	Alcance do Chafariz	97
1.4	Carro no atoleiro	98
1.5	Deslizamento bidimensional no plano inclinado	98
1.6	A corrente e a balança (OIBF)	98
1.7	Máquina de Atwood com infinitas massas	99
1.8	Anel de polias	99
1.9	Corda suspensa no plano inclinado (EUA)	99
1.10	Cavidade em um planeta	99
1.11	Queda Livre Espacial	99
1.12	Triângulo planetário (IPhO)	100
1.13	Iglu	100
1.14	Movimento de um foguete	100
1.15	Dinâmica de uma gota de chuva	100
1.16	Deslizamento de Cilindros	100
1.17	Viagem por dentro da Terra	101
1.18	Desvio da vertical do pêndulo (Brasil)	101

1.19	Barco de guerra	101
1.20	Cilindros Rolantes	101
1.21	Corrente na polia	101
1.22	Colisões bidimensionais	102
1.23	Satélite em formato de haltere	102
1.24	Potencial Efetivo	102
1.25	Perturbação de órbita	103
1.26	Pilha de tijolos	103
1.27	Cordão elástico	103
1.28	Conta no aro girante	104
1.29	Pêndulo no carrinho	104
1.30	Oscilações Acopladas I	104
1.31	Oscilações acopladas II	104
2	Termodinâmica	105
2.1	Aquecimento de duas esferas	105
2.2	Tira bimetálica	105
2.3	Termômetro de mercúrio	105
2.4	Esfera na água aquecida	106
2.5	Condutividade térmica de barras	106
2.6	Chapas de aço no Sol	106
2.7	Congelamento de um lago	106
2.8	Sistema com pistão ligado a uma mola	106
2.9	Estrangulamento de tubo	107
2.10	Transformação gasosa irreversível	107
2.11	Bomba de de gás	107
2.12	Volante oco com gases	107
2.13	Gases Ideais	108
2.14	Relação de Mayer e aquecimento de gás	108
2.15	Ciclo Térmico	108
2.16	Rendimento do ciclo Diesel	108
2.17	Rendimento do ciclo Joule	109

2.18	Rendimento do motor a gasolina	109
2.19	Ciclo térmico de 3 estados	109
2.20	Variação de entropia de um gás	109
2.21	Pressão de uma atmosfera isotérmica	110
2.22	Pressão atmosférica em uma nave espacial	110
2.23	Nuvem de gás quente	110
2.24	Uma troca de Calor Diferente	110
2.25	Gás não-ideal	111
2.26	Distribuição de probabilidade de velocidades de Maxwell	111
2.27	Vazamento de gás	112
2.28	Caixa de fótons (Canadá)	112
2.29	Tapete mágico	112
2.30	Gás ideal 1D	112
2.31	Osciladores harmônicos quânticos	113
2.32	Orientando de dipolos elétricos	113
2.33	Efeito Schottky	113
2.34	Condensação de Bose-Einstein	114
3	Ondas e Óptica	117
3.1	Vidro semi-opaco	117
3.2	Luz em um meio não homogêneo	117
3.3	Medindo a velocidade da luz	117
3.4	Imagem de tamanho fixo	118
3.5	Imagem de um projétil	118
3.6	Desvio angular de um par de prismas	118
3.7	Prisma ótico	118
3.8	Interferência entre alto-falantes	118
3.9	Experimento de Young com prismas	119
3.10	Interferência em anteparo	119
3.11	Interferência em um lago	119
3.12	Cavidade ressonante de um LASER	119
3.13	Sonar do morcego	120

3.14	Radiação Cerenkov	120
3.15	Levitação óptica	120
3.16	Anéis de Newton	120
3.17	Ionosfera em movimento	121
3.18	Diâmetro de uma objetiva	121
3.19	Física de uma câmera digital	121
3.20	Lei de Bragg e difração de raios-X	122

III Soluções 123

1 Mecânica da Partícula 125

1.1	Barcos em formação triangular	125
1.2	Desvio de um asteroide	126
1.3	Alcance do Chafariz	128
1.4	Carro no atoleiro	129
1.5	Deslizamento bidimensional no plano inclinado	131
1.6	A corrente e a balança (OIbF)	133
1.7	Máquina de Atwood com infinitas massas	135
1.8	Anel de polias	136
1.9	Corda suspensa no plano inclinado (EUA)	138
1.10	Cavidade em um planeta	140
1.11	Queda Livre Espacial	143
1.12	Triângulo planetário (IPhO)	145
1.13	Iglu	148
1.14	Movimento de um foguete	151
1.15	Dinâmica de uma gota de chuva	153
1.16	Deslizamento de Cilindros	155
1.17	Viagem por dentro da Terra	157
1.18	Desvio da vertical do pêndulo (Brasil)	158
1.19	Barco de guerra	160
1.20	Cilindros Rolantes	162
1.21	Corrente na polia	165

1.22	Colisões bidimensionais	168
1.23	Satélite em formato de haltere	171
1.24	Potencial Efetivo	175
1.25	Perturbação de órbita	177
1.26	Pilha de tijolos	182
1.27	Cordão elástico	185
1.28	Conta no aro girante	187
1.29	Pêndulo no carrinho	190
1.30	Oscilações Acopladas I	193
1.31	Oscilações acopladas II	195
2	Termodinâmica	203
2.1	Aquecimento de duas esferas	203
2.2	Tira bimetálica	205
2.3	Termômetro de mercúrio	206
2.4	Esfera na água aquecida	207
2.5	Condutividade térmica de barras	208
2.6	Chapas de aço no Sol	209
2.7	Congelamento de um lago	211
2.8	Sistema com pistão ligado a uma mola	212
2.9	Estrangulamento de tubo (OIBF)	214
2.10	Transformação gasosa irreversível	216
2.11	Bomba de gás	218
2.12	Volante oco com gases	222
2.13	Gases Ideais	227
2.14	Relação de Mayer e aquecimento de gás	229
2.15	Ciclo Térmico	232
2.16	Rendimento do ciclo Diesel	233
2.17	Rendimento do ciclo Joule	235
2.18	Rendimento do motor a gasolina	236
2.19	Ciclo térmico de 3 estados	238
2.20	Variação de entropia de um gás	241

2.21	Pressão de uma atmosfera isotérmica	244
2.22	Pressão atmosférica em uma nave espacial	246
2.23	Nuvem de gás quente	247
2.24	Uma troca de Calor Diferente	248
2.25	Gás não-ideal	250
2.26	Distribuição de probabilidade de velocidades de Maxwell	254
2.27	Vazamento de gás	256
2.28	Caixa de fótons (Canadá)	257
2.29	Tapete mágico	258
2.30	Gás ideal 1D	261
2.31	Osciladores harmônicos quânticos	265
2.32	Orientando de dipolos elétricos	269
2.33	Efeito Schottky	272
2.34	Condensação de Bose-Einstein	278
3	Ondas e Óptica	285
3.1	Vidro semi-opaco	285
3.2	Luz em um meio não homogêneo	286
3.3	Medindo a velocidade da luz	288
3.4	Imagem de tamanho fixo	291
3.5	Imagem de um projétil	293
3.6	Desvio angular de um par de prismas	295
3.7	Prisma ótico	296
3.8	Interferência entre alto-falantes	299
3.9	Experimento de Young com prismas	301
3.10	Interferência em anteparo	302
3.11	Interferência em um lago	303
3.12	Cavidade ressonante de um LASER	304
3.13	Sonar do morcego	307
3.14	Radiação Cerenkov	308
3.15	Levitação óptica	310
3.16	Anéis de Newton	312

3.17 Ionosfera em movimento	314
3.18 Diâmetro de uma objetiva	316
3.19 Física de uma câmera digital	317
3.20 Lei de Bragg e difração de raios-X	319

IV Bibliografia 323

1 Referências 325

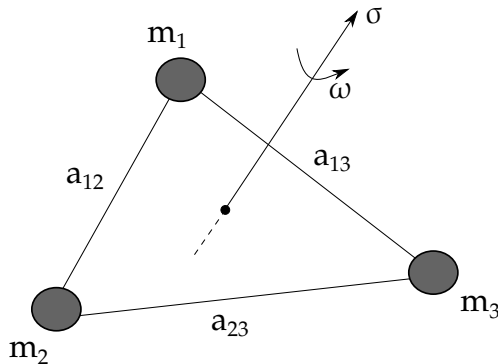
1.1 Bibliografia de estudo recomendada	325
1.2 Bibliografia referente aos problemas propostos	326

Parte I

Problemas propostos

1.12 Triângulo planetário (IPhO) ***

Três planetas, cujas massas são dadas por m_1 , m_2 e m_3 , estão localizados nos pontos não colineares P_1 , P_2 e P_3 . Eles interagem entre si somente mediante às forças gravitacionais. Os astros estão livres e isolados no espaço, interagindo apenas entre si. Considere σ como sendo o eixo que passa pelo centro de massa dos três corpos e é perpendicular ao triângulo $\Delta P_1 P_2 P_3$.



Qual deve ser a velocidade angular ω do sistema, em relação ao eixo σ , e as distâncias a_{12} , a_{13} e a_{23} para que a forma e o tamanho do triângulo permaneçam inalterados durante o movimento, ou seja, para que o sistema se comporte como um corpo rígido em relação ao eixo σ .

1.13 Iglu (Brasil) **

Uma partícula de massa m é posicionada no topo de uma superfície semiesférica de raio R e de massa M , conforme é mostrado na figura abaixo:

Um leve toque faz com que a partícula comece a deslizar sem atrito sob a ação da gravidade na superfície (veja figura acima). Determine o ângulo θ (medido a partir do topo da superfície) em que a partícula perde contato com a superfície nas seguintes condições:

que a pressão atmosférica depende exponencialmente da altitude

$$p(z) = p_0 e^{\lambda z}, \quad (2.6)$$

e calcule o valor do parâmetro λ .

2.22 Pressão atmosférica em uma nave espacial**

Uma estação espacial é composta por um grande cilindro de raio R_0 cheio de ar. O cilindro gira sobre o seu eixo de simetria a uma velocidade angular Ω , criando uma “gravidade artificial” na borda do cilindro igual a g , com o objetivo de simular as condições de vida terrestres no espaço sideral. Supondo que a temperatura T é constante dentro a estação, calcule a razão entre a pressão do ar no centro da estação e a pressão na borda?

2.23 Nuvem de gás quente*

Uma nuvem quente e esfericamente simétrica de um gás ideal encontra-se no espaço sideral. O gás tem uma densidade de massa no equilíbrio dado por

$$\rho(r) = \rho_0 r^{-2}. \quad (2.7)$$

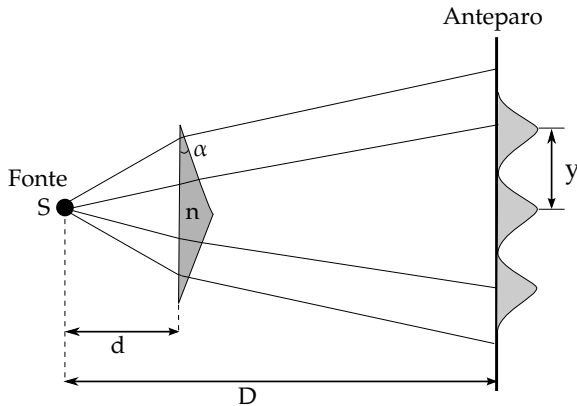
Determine como varia a temperatura da nuvem de gás.

2.24 Uma troca de Calor Diferente (Brasil)

Imagine um corpo ideal, que não muda sua massa ou volume, que possui capacidade térmica dada por $C(T) = aT^n$, onde a é um constante

3.9 Experimento de Young com prismas (Canadá) **

O problema a seguir trata de uma interessante variação da experiência de dupla fenda de Young concebida por Fresnel. Nessa experiência dispomos de apenas uma fonte óptica e utilizamos um par de prismas ópticos delgados idênticos, feitos de um material de índice de refração n e unidos ao longo do seu menor lado, conforme a figura a seguir. O ângulo de abertura α dos prismas ópticos pode ser considerado pequeno e pode-se considerar que o ângulo de incidência dos raios de luz nos prismas estão próximos do eixo de simetria da figura.



Uma fonte de luz S , de comprimento de onda λ , é localizada a uma distância d das faces dos prismas, conforme mostra a figura. Os raios de luz da fonte S são desviados pelos prismas e criam um padrão de interferência em um anteparo distante de D da fonte luminosa, apresentando franjas claras e escuras. Calcule a distância y entre duas franjas de interferência claras em função dos parâmetros fornecidos.

recebidos, varia entre dois máximos consecutivos, 8 vezes por minuto. Este fenômeno é devido ao deslocamento da ionosfera. Determine qual é a velocidade de deslocamento da ionosfera. Assuma que a superfície da terra é praticamente plana e que não haja nenhuma turbulência na atmosfera.

3.18 Diâmetro de uma objetiva (Brasil) *

Um telescópio será utilizado para observar, a 10 km de distância, dois objetos separados por 0,12 m. Faça uma estimativa do diâmetro da lente objetiva do telescópio para que seja possível fazer uma distinção entre estes dois objetos, considerando que ambos são iluminados por uma luz monocromática de comprimento de onda 600 nm.

3.19 Física de uma câmera digital (IPhO)

**

Considerar uma câmera fotográfica digital com um sensor CCD quadrado de dimensão linear $L = 35$ mm e $N_p = 5$ Mpix (1 Mpix = 10^6 pixels). A distância focal da lente desta câmera é $f = 38$ mm. A bem conhecida sequência de números que aparece na lente (2 / 2,8 / 4 / 5,6 / 8 / 11 / 16 / 22) indica o chamado número-F, designado por $F\#$. Este número é o quociente entre a distância focal f e o diâmetro D da abertura da lente

$$F\# = \frac{f}{D}. \quad (3.4)$$

- (a) Determinar a melhor resolução espacial Δx_{min} , no CCD, da câmera, supondo que a única limitação é a lente. Escrever o resultado em função do comprimento de onda λ e do número-F, $F\#$, e obter o valor numérico para $\lambda = 500$ nm.
- (b) Qual é o número N de Mpix necessários para que o sensor CCD chegue a esta resolução ótima?

Parte II

Dicas de resolução

1.12 Triângulo planetário (IPhO)

Aplique conceitos de centro de massa e de força resultante centrípeta. Escrever o problema utilizando vetores pode ser uma boa ideia.

1.13 Iglu

- (a) Analise o movimento da partícula de massa m sobre o iglu e determine o ângulo θ tal que a força de contato entre ela e o iglu seja nula.
- (b) Utilize o referencial não inercial do iglu adapte as ideias utilizadas no item anterior nessa nova situação.

1.14 Movimento de um foguete

- (a) Conserve o momento do sistema (foguete+gases expelidos).
- (b) Utilize o resultado do item anterior e o fato da taxa de queima de combustível ser constante.

1.15 Dinâmica de uma gota de chuva

- (a) Utilize a definição de $\lambda = \frac{dm}{Sdt}$
- (b) Utilize a segunda lei de Newton para sistemas com massa variável.
- (c) Integre o resultado do item anterior no tempo.

1.16 Deslizamento de Cilindros

Tente calcular até que instante os cilindros permanecem em contato um com o outro.

2.21 Pressão de uma atmosfera isotérmica

- (a) Tome um cilindro de ar e calcule o aumento de pressão com a altitude decorrente do peso do ar contido no cilindro.
- (b) Utilize o resultado do item a) associado a equação de Clapeyron.

2.22 Pressão atmosférica em uma nave espacial

Utilize o resultado $dp/dz = -\rho g$ e defina uma aceleração local efetiva, que surge a partir da força centrífuga vista pelo referencial girante da nave.

2.23 Nuvem de gás quente

Estude como a pressão deve variar com a distância do ponto até o centro da nuvem e, depois, utilize a equação dos gases para demonstrar que a temperatura da nuvem é constante.

2.24 Uma troca de Calor Diferente

- (a) Use a primeira lei da termodinâmica e a definição de entropia.
- (b) Imagine uma máquina de Carnot retirando trabalho desse sistema e discuta os efeitos disso sobre a entropia e a energia interna do sistema.
- (c) Análogo ao item (a).
- (d) Análogo ao item (b).

- (c) Utilize qual a relação entre a intensidade de uma onda e sua amplitude.

3.9 Experimento de Young com prismas

Mostre que o efeito dos dois prismas é criar duas imagens virtuais responsáveis pelo padrão de interferência idêntico ao observado no experimento de Young. O resultado de desvio angular $\delta = (n - 1)\alpha$ para prismas de ângulo de abertura pequenos e incidência quase normal pode ser útil.

3.10 Interferência em anteparo

- (a) Verifique as condições necessárias para a ocorrência de interferências construtivas para o ponto desejado.
- (b) Para calcular o raio do anel podem ser utilizados diferentes tipos de aproximações, uma vez que $D \gg \lambda$.

3.11 Interferência em um lago

Considere que a variação da intensidade do sinal recebido pela torre decorre da interferência do sinal recebido diretamente pela torre e do sinal recebido que sofreu uma reflexão na superfície do lago.

3.12 Cavidade ressonante de um LASER

- (a) Verifique que os comprimentos de onda λ das ondas estacionárias no interior da cavidade laser devem ser compatíveis com o seu comprimento. O cálculo realizado é análogo ao de uma corda de um violão.

- (b) Combine o resultado do item anterior com a condição de interferência construtiva ou destrutiva.

3.17 Ionosfera em movimento

Suponha que a ionosfera pode ser considerada como um espelho que se movimenta com relação ao solo e aplique condições de interferência construtiva/destrutiva.

3.18 Diâmetro de uma objetiva

Utilize a expressão dada pela fórmula de Airy para o poder separador da lente.

3.19 Física de uma câmera digital

- (a) A resolução angular máxima de uma abertura de diâmetro D , segundo o critério de Rayleigh, é dada por

$$\theta_R = 1,22 \frac{\lambda}{D}. \quad (3.1)$$


- (b) Para resolver esse problema, basta dividir o sensor quadrado de lado $L = 35$ mm em quadrado de lado Δx_{\min} e verificar o número de quadrados (ou pixels) necessários.
- (c) Combine os raciocínios dos itens anteriores para determinar o valor máximo possível de $F\#$. Em seguida, verifique qual o valor comercial de $F\#$ que melhor se adequa ao valor calculado.
- (d) Expresse a resolução angular φ do olho humano como uma função da separação mínima entre pontos distinguíveis l , localizados a uma distância de z dos olhos.

Parte III

Soluções

Parte IV

Bibliografia

A background collage of various historical scientists' portraits, including figures like Galileo Galilei, Isaac Newton, and Albert Einstein, rendered in a dark, monochromatic style. The portraits are arranged in a grid-like pattern, with some overlapping.

Esse livro traz uma coletânea de 85 desafios de Física destinados para a preparação de estudantes para olimpíadas científicas de Física. Todos os problemas propostos vêm acompanhados de dicas e soluções. O nível de dificuldade dos problemas abrange desde a preparação para vestibulares de alta performance até competições nacionais/internacionais de Física, com alguns problemas interessantes até mesmo para estudantes universitários.

Os desafios escolhidos envolvem conhecimentos de cinemática e dinâmica da partícula, termologia, gases ideais, termodinâmica, teoria cinética dos gases, noções de mecânica estatística, óptica geométrica, óptica física e ondulatória. O livro é organizado em três capítulos:

- Mecânica;
- Termodinâmica;
- Óptica e ondulatória.

Ivan Guilhon é doutorando no programa de Física Atômica e Molecular no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Graduado em Engenharia Eletrônica pelo mesmo instituto, tendo recebido distinção Magna Cum Laude pelo seu alto grau de desempenho acadêmico no curso. Como competidor de olimpíadas científicas foi premiado com medalha de prata na olimpíada internacional de Física (IPhO), além de outras premiações em competições nacionais e internacionais. O autor tem trabalhos apresentados em congressos científicos e artigos publicados em periódicos de Física.