

Carta do Editor

Em uma lúcida análise sobre a história e estágio atual da formação de professores de Ciências no Brasil, Villani, Pacca e Freitas¹ destacam ao final a necessidade de um acordo entre Universidades, Escolas e Secretarias com a finalidade de “estabelecer um planejamento viável para a formação de professores ao longo da vida útil dos professores de Ciências” – a formação continuada – “visando dentre outros objetivos, promover a colaboração sistemática entre as autoridades escolares, os professores e os especialistas acadêmicos, para definir o lugar mais apropriado, os conteúdos mais significativos e os procedimentos mais eficientes, incluindo a colaboração na pesquisa”. Parece necessário, segundo os autores, um esforço conjunto do tríduo para adequar e implementar as Diretrizes Curriculares Nacionais. Temos vivido atualmente na UFSCar uma experiência – ainda incipiente – que acreditamos possa contribuir para alcançar este objetivo. Pela primeira vez estamos atuando no programa Pró-Ciências de forma articulada com as escolas e a secretaria da educação². Os professores-alunos foram selecionados pela própria escola em consonância com a secretaria e seguindo critérios próprios estabelecidos sem ingerência da universidade. Ao mesmo tempo, a secretaria encaminhou as seguintes recomendações que julgamos bastante pertinentes: adequar os conteúdos para atender às necessidades específicas dos participantes; relacionar os conteúdos do curso com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNs) e com os planos de ensino do professor-aluno; considerar os materiais pedagógicos disponíveis nas escolas; orientar a divulgação dos conteúdos desenvolvidos para o restante da equipe escolar; acompanhar e avaliar o impacto do curso durante sua realização. Como o programa é dirigido para professores de Ciências e Matemática, ficou estabelecido o trabalho com temas geradores e integradores das respectivas

áreas. A escolha recaiu sobre o Sol. A partir da discussão de conteúdos relacionados ao Sol específicos de Física, Química, Biologia e Matemática, os professores-alunos, divididos em grupos temáticos formados por sua própria escolha dentro de determinada escola ou região planejam, executam e avaliam uma aula inovadora em sua escola e finalmente relatam suas experiências para os participantes do programa. Para nós, da área de Física, foi surpreendente e gratificante; para os alunos, muito estimulante, o fato fortuito de que o Prêmio Nobel de 2002 tenha sido outorgado a pesquisadores que muito contribuíram para a nossa compreensão dos fenômenos solares e do nosso universo distante (ver matéria na página 19). Nosso esforço tem sido dirigido para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e constatamos que, apesar do interesse e motivação dos professores, lhes faltam os necessários conteúdos específicos dos temas contemporâneos de cada área. Além da formação continuada, urge transformar a atual estrutura curricular dos cursos de licenciatura em Física para incluir em maior escala o ensino da Física Moderna e Contemporânea.

O programa Pró-Ciências é uma iniciativa da CAPES e da Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico (SEMTEC) do MEC que tem como objetivo o aprimoramento em serviço de professores de Ensino Médio nas áreas de Biologia, Física, Matemática e Química. Apesar de implantado em 1996, não temos conhecimento de uma avaliação geral dos efeitos do programa sobre os professores. O último “termo de referência” do Pró-Ciências aponta a iniciativa do SEMTEC/CAPES, “em tempo oportuno”, de proceder a uma avaliação do programa em nível regional e nacional. No entanto, a coordenadora do programa em São Paulo, Marília Pontes Sposito, da Faculdade de Educação da USP, em depoimento à revista *Pesquisa-FAPESP*³ faz um balanço alta-

mente positivo do programa no estado de São Paulo ressaltando tanto a “sua capacidade de impacto no processo de capacitação de professores, como a inovação na criação de material didático”. Uma questão crucial refere-se à continuidade do Pró-Ciências. Há demandas de pesquisadores e professores em torno desta questão. O programa foi inicialmente financiado pela CAPES e nesta segunda fase os recursos provêm da SEMTEC. E depois? Como colocar em termos concretos a proposta de Villani, Pacca e Freitas deste acordo entre Universidades, Escolas e Secretarias de Educação na tarefa de assegurar um programa consistente e continuado de formação de professores ao mesmo tempo em que se implementam as novas diretrizes curriculares? Nas diversas avaliações de programa, temos recebido pareceres apenas dos especialistas e faltam as críticas, sugestões e demandas dos professores do Ensino Médio. A *Fne* está à disposição dos professores de Ensino Médio para comentários e propostas, em forma de artigos e cartas ao editor que possam contribuir para colocar a formação continuada no nível mais elevado de suas pretensões profissionais e aprimoramento intelectual.

Nelson Stuardant

¹Villani, A; Pacca, J.L.A; Freitas, D. Formação do professor de Ciências no Brasil: Tarefa impossível? In: Vianna, D.M.; Peduzzi, L.O.Q.; Borges, O.N.; Nardi, R. (orgs). Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2002 (CD-Rom: CO21_3.pdf).

²Os dois projetos anteriores de que participamos foram gerenciados pela fundação estadual de apoio à pesquisa (FAPESP).

³*Pesquisa FAPESP* 75, p. 20, maio 2002, www.revistapesquisa.fapesp.br.

Carta dos Leitores

Projeto Arquimedes

Lendo a revista *Física na Escola*, v. 3, n. 1, 2002, li a Carta do Editor sobre o “Projeto Arquimedes” e me interessei muito, principalmente pela possibilidade da produção de kits para escolas e aprimoramento de professores do Ensino Médio. Sou professor de Física em duas escolas públicas e sinto muita falta dessas ferramentas para poder aprimorar e valorizar mais as aulas. Gostaria muito que a revista fornecesse maiores informações ou como poderíamos ter acesso ao processo de andamento deste projeto.

Prof. Heraldo Costa dos Santos
Belo Horizonte, MG

Fiquei muito contente ao ler o último número d’*A Física na Escola* e saber da existência do “Projeto Arquimedes”. Gostaria, portanto, que o senhor me deixasse a par dos detalhes desse projeto para que possamos iniciar uma melhoria no ensino de Ciências e Matemática nos Ensinos Médio e Fundamental.

Cordialmente,

A.O. Bolívar
bolívar@ime.unicamp.br

O projeto Arquimedes foi incluído no livro azul do MCT intitulado “Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Social” como proposta n. 5.

Professor, profissão de alto risco: violência na escola

Onde estão as reais causas da violência escolar, da violência familiar e da violência social como um todo?

Na verdade, estas são questões multicausais e complexas que demandam análises e estudos mais aprofundados. A miséria, o desemprego, as desigualdades sociais, a falta de oportunidades para os jovens e a presença insuficiente ou inadequada do Estado

fazem aumentar as manifestações de violência no país. Entretanto, não se trata de um fenômeno ligado apenas a fatores estruturais de ordem sócio-econômica. A violência deve ser entendida no âmbito cultural e psico-social dos indivíduos, dos grupos e da sociedade.

Diariamente assistimos estarrecidos e impotentes diversos assaltos à mão armada, seqüestros, depredações, espancamentos etc. A situação de abandono evidenciada pela mídia em muitas de nossas escolas públicas demonstra onde chegamos: uma completa degeneração de valores como respeito, solidariedade e dignidade, que colocam em risco a sobrevivência da humanidade.

Ser professor diante deste quadro é uma profissão de alto risco. A maioria de nós não está preparada para enfrentar situações de perigo. Não é algo que se aprenda na faculdade. A faculdade também não ensina como conduzir a relação com alunos que dão pouca ou nenhuma importância à escola. Nem ensina como lidar com o sentimento de medo e insegurança aliada à banalização da vida que invade cada vez mais nossas escolas.

Solucionar o problema de violência na escola e na sociedade passa por um processo de restabelecimento da saúde dos indivíduos. Entendendo-se saúde como qualidade de vida. Assim, promover saúde é investir em um conjunto de fatores que contribuam para uma melhor qualidade de vida dos indivíduos: educação, alimentação, moradia, renda e acima de tudo “justiça social”.

Precisamos urgentemente enfrentar a violência na escola, mas para enfrentá-la é preciso acreditar em alguns pontos fundamentais: violência, praticada por aluno no interior da escola ou por criança/adolescente na rua é muito mais um caso pedagógico do

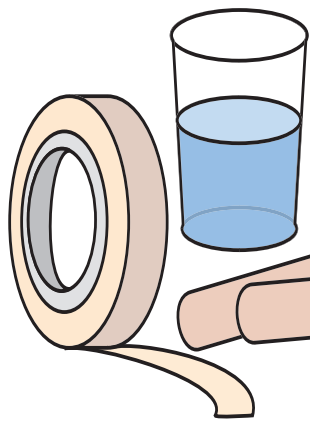
que policial. Violência praticada por adultos fora da escola é sim problema policial. Somente um esforço conjunto e participativo pode levar a um compromisso dos envolvidos (alunos, professores, pais, comunidade e autoridades) com a solução do problema; qualquer esforço para reversão do quadro atual deve buscar uma sustentabilidade para que os sintomas não retornem.

Diante disso, melhorar a qualidade de vida de quem ensina é fundamental. É preciso resgatar sua autoestima. É preciso capacitar este professor não apenas do ponto de vista especificamente disciplinar, mas dar a ele ferramentas que lhe permitam interligar sua área do conhecimento com o seu dia a dia e redimensionar a sua postura na construção de uma sociedade que tenha por base a afirmação da vida e da dignidade. O professor precisa acreditar e canalizar as suas potencialidades.

Portanto, a formação de educadores, bem como cursos de capacitação para docentes em exercício, devem priorizar a inserção de metodologias renovadoras que permitam potencializar o prazer de aprender e ensinar. Os espaços educacionais devem propiciar o desenvolvimento de atividades onde os conteúdos são abordados de forma altamente interativa e de maneira descontraída e acima de tudo prazerosa.

Somente dentro destas convicções é que certamente os cursos de extensão e formação de educadores poderão contribuir para uma real evolução no quadro educacional brasileiro, permitindo uma melhor qualidade de vida para a população e uma consequente redução dos níveis de violência em nossa escola.

Marisa Almeida Cavalcante
PUC/SP
marisac@puccsp.br



Improvizando

Dentro da Sala de Aula

Óptica

Astigmatismo

O astigmatismo talvez seja a deficiência mais freqüente da visão. Decorre de uma deformação não uniforme da curvatura da córnea (córneas assimétricas) do olho humano, que não permite ver todas as partes de uma imagem ao mesmo tempo, ou seja, a luz de qualquer ponto originada de um objeto não consegue convergir para formar todas as partes da imagem na retina.

Para corrigir este defeito torna-se necessário o uso de lentes cilíndricas. Estas lentes irão mudar a distância focal do olho na direção onde o raio de curvatura da córnea difere de suas demais partes. Para ilustrar este defeito

da visão precisamos dos seguintes materiais: um copo de vidro transparente com água, uma vela e fósforos.

Procedimentos

Encha o copo com água e acenda a vela. Focalize a luz da vela com o copo em um anteparo (Figura a) que pode ser uma folha de papel em branco. Mantendo o copo na mesma distância da vela, gire-o para a esquerda e para a direita como ilustram as Figuras b e c.

Por que a imagem alongada projetada pelo copo no anteparo encurvase na direção de giro do copo?

No procedimento experimental ilustrado pela Figura 1 (a, b e c), vemos que a imagem formada pela vela aparece alongada no anteparo, ou seja, ela é formada na direção do eixo

.....
Henrique Bezerra Cardoso
Mestrando em Física pelo
Departamento de Física da UFC.
.....
Josué Mendes Filho
(josue@fisica.ufc.br)
Coordenador do curso de pós-
graduação em Física da UFC
.....

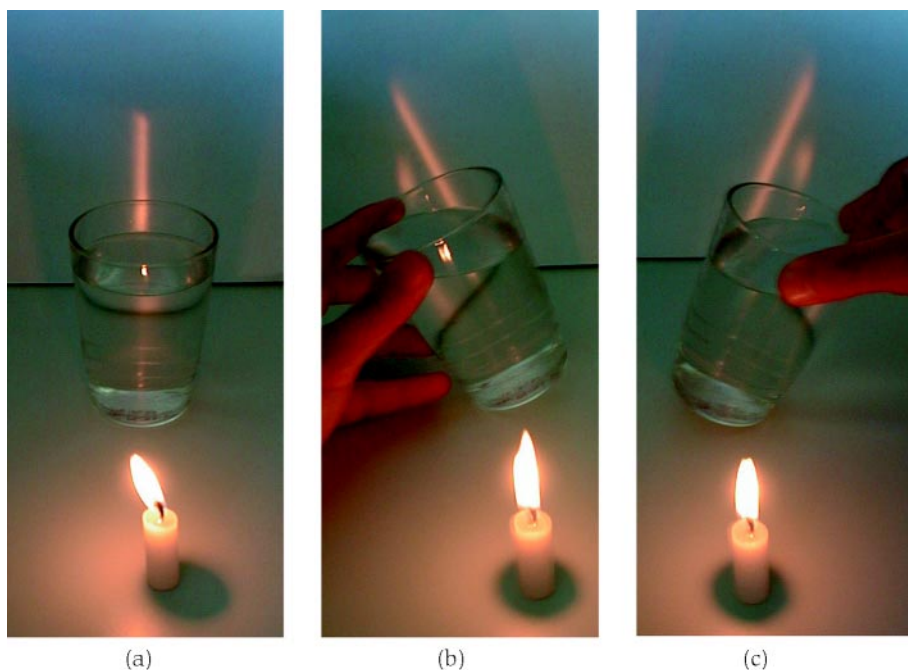


Figura 1. Projeção da luz passando através de um copo com água.

Este artigo apresenta experimentos de Física possíveis de se realizar em sala de aula com a utilização de materiais de fácil acesso nas escolas ou de uso comum pelos alunos.

de simetria do copo. Nas Figuras b e c, o copo, funcionando como uma lente cilíndrica, faz com que os raios de luz que o atravessam converjam na direção paralela ao eixo do copo mostrando, portanto, uma imagem alongada nesta direção. No caso de lentes esféricas, a simetria da lente permite a formação da imagem proporcionalmente em todas as direções, o que não ocorre nas lentes cilíndricas.

Como detectar a existência de astigmatismo? Olhe para a Figura 2 sem óculos e veja se consegue ver nitidamente todas as linhas.



Figura 2. Teste de astigmatismo: para uma pessoa normal, todas as linhas devem aparecer igualmente escuras.

Fibra Óptica

Uma fibra óptica é um fio fino de vidro (fibras dielétricas transparentes). A luz, ao penetrá-lo obliquamente, não consegue escapar lateralmente devido ao fenômeno de reflexão total interna, conseguindo, portanto, ser transmitida através dele (Figura 3).

Para ilustrar o funcionamento de uma fibra óptica são necessários os seguintes materiais: uma caneta ou chaveiro *laser point* e uma caneta esferográfica de corpo transparente (caneta BIC, por exemplo).

Procedimentos

Tire o refil da caneta e incida a luz do laser obliquamente em uma de suas extremidades (Figura 4). Observe que a luz atravessa a caneta saindo pela outra extremidade sem escapar lateralmente.

Referências Bibliográficas

Rossing, Thomas D.; Chiaverina, Christopher J. Light science - physics and the visual arts. USA: Springer, 1999.

Taylor, Lloyd W. Physics the pioneer science, Dover, v. 2, 1959.

Hewitt, Paul G. Conceptual Physics. 8 ed. Addison Wesley, 1997.



Figura 3. Propagação da luz dentro de uma fibra óptica.

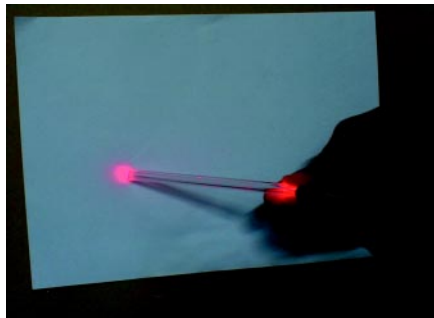


Figura 4. A estrutura de uma caneta sendo usada como fibra óptica.

Pressão Atmosférica

Bebendo Água

Podemos demonstrar a existência da pressão atmosférica fazendo uma pegadinha com um amigo. Para isso vamos precisar de um copo com água potável (suco ou refrigerante) e canudos.

Procedimentos

Coloque um canudo no copo com água e peça para um amigo que aspire a água pelo o canudo. Depois coloque dois canudos dentro do mesmo copo e peça para seu amigo aspirar novamente a água com os dois canudos juntos. Mude, colocando um canudo dentro do copo e o outro fora e peça para ele aspirar a água sugando pelas duas extremidades livres do canudo ao mesmo tempo. Ele ainda consegue beber? Por que? Para que a água seja sugada é preciso haver diferença de pressão...

Sifão

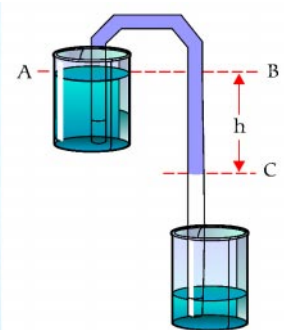
Você já deve ter visto alguém esvaziando, ou já esvaziou, um depósito de água ou um tanque de gasolina do carro por meio de uma mangueira ou



(a)



(b)



(c)

Figura 5. Esquema de montagem de um sifão.

sifão. O funcionamento de um sifão baseia-se na diferença de pressão entre as extremidades nos dois ramos da mangueira. Nós podemos facilmente construir um sifão de improvisado. Para isto precisaremos de um canudo, três copos e um clipe.

Procedimentos

Encurve o clipe e enfie dentro do canudo (veja a Figura 5a). Depois é só montar o esquema da Figura 5b. Coloque o canudo dentro do copo. Em seguida, derrame a água no copo de cima e, para que o sifão comece a funcionar, aspire a água pela extremidade de baixo do canudo até que ela comece a descer.

O princípio de funcionamento de um sifão é bastante simples. Vejamos a Figura 5c. A pressão exercida no ponto A é igual à pressão atmosférica. A pressão em C é igual à pressão de B (que é igual à pressão em A) mais a pressão exercida pela coluna de água "h". Portanto, a diferença de pressão entre os dois ramos, devido à coluna de água "h", faz com que a água do copo desça pelo canudo. Existe uma altura máxima de desnível para que um sifão possa ou não funcionar?

Referências Bibliográficas

Blackwood, Oswald H. *et al.* Física na escola secundária, Mec, 1962.

Edge, R.D. String & sticky tape experiments. Publicação da American Association of Physics Teachers (AAPT), 1981.

Nota

O leitor poderá ter acesso a mais experimentos acessando a seção *Improvando Dentro da Sala de Aula*, do site Convite à Física no endereço: www.conviteafisica.com.br.

O Espaço Pleno e a Concepção do



Éter

Quando nos perguntamos o que há entre a Terra e a Lua, ou entre os demais planetas, a resposta vem com facilidade: o “vácuo”. Nossa concepção de universo nos leva a imaginar uma porção de matéria bem localizada nas estrelas, nos planetas e demais astros, cercada de vazio por todos os lados. Bem, isto parece certo hoje. Mas será que em nosso mundo sempre houve lugar para o vazio?

Se nos afastarmos do nosso século, vamos encontrar diversos períodos onde as pessoas em geral, e os cientistas em particular, tiveram a convicção de que o Universo era pleno e que o vazio era algo impensável, para não dizer absurdo. Na Grécia antiga isto aparece de

forma muito clara na concepção de universo de Aristóteles (século IV antes de Cristo). Para ele, o universo era composto por cinco elementos básicos, quatro presentes na Terra e suas imediações (terra, água, ar e fogo) e um quinto extremamente sutil, nomeado *éter*, que preencheria todo o resto, indo da órbita da Lua até as porções mais distantes do céu. É conferida a Aristóteles, a autoria de uma frase que se tornaria famosa na Idade Média: “A natureza tem horror ao vácuo”. Nela aparece claramente a convicção dos antigos de que o vazio não poderia existir.

Muitos séculos depois de Aristó-

teles, Descartes, um cientista francês do século XVII, desenvolveu uma explicação física para o movimento dos astros baseado na existência de turbilhões de matéria na região inter-estelar. Para ele, o espaço era preenchido por uma espécie de fluido, (também chamado *éter*), no qual o Sol, a Terra, os demais planetas e estrelas encontravam-se imersos. Ao rotacionar, um astro colocava o fluido em movimento, que por sua vez acabava por influenciar os demais astros. O Sol, ao girar sobre si mesmo, acabava por produzir um redemoinho que

Para justificar a existência do éter, Descartes desenvolveu uma explicação física para o movimento dos astros baseado na existência de turbilhões de matéria na região inter-estelar

colocava a Terra e demais planetas do sistema em movimento de translação em torno de si. A translação da Lua, por sua vez, seria resultado de um redemoinho cujo centro

se encontrava na Terra. O éter era fundamental na física cartesiana, pois sem ele não existiriam turbilhões e uma estrela como o Sol não poderia fazer os planetas girar ao seu redor.

Para Descartes, o éter era também responsável pela transmissão da luz e calor proveniente das estrelas. Luz nada mais era que uma espécie de pressão resultante também do movimento produzido pelo Sol e transmitida pelo éter. Descartes não foi o único a pensar no éter como um meio responsável pela propagação da luz através do espaço. Huygens, Euler, Young e Fresnel, dentre outros, depois dele também pensaram dessa forma.

.....
Maurício Pietrocola
Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo
.....

Este artigo mostra como o conceito de éter entrou e saiu do pensamento científico até sua completa explicação.

O sucesso da teoria newtoniana no início do século XVIII fez com que o espaço passasse a ser pensado como algo vazio. Diferentemente de Descartes, Newton não baseava a explicação do movimento dos corpos em turbilhões; o éter veio a tornar-se então desnecessário. Para ele, o movimento constante dos planetas, entre outros argumentos, faria supor um espaço sem nada que pudesse gerar atrito. Na concepção newtoniana, a luz constituía-se num feixe de partículas muito pequenas que poderiam muito bem ser emitidas pelo Sol, atravessando o espaço vazio e chegar à Terra.

Fresnel, outro cientista francês, participou ativamente da reabilitação do éter como meio inter-espacial propagador da luz. No início do século XIX, ele conseguiu demonstrar que boa parte dos fenômenos ópticos poderiam ser melhor entendidos concebendo a luz como onda. Na época, uma onda, a exemplo do som, só poderia se propagar num meio material e Fresnel voltou a propor que o universo não poderia ser vazio, mas deveria ser preenchido por um fluido capaz de transmitir a luz. Principalmente em função do sucesso da teoria ondulatória da luz de Fresnel, o espaço voltou a ser preenchido pelo éter.

Ao longo de todo século XIX, intensificaram-se as teorias que procuraram explicar os fenômenos físicos como manifestações do éter. O calor, a eletricidade, o magnetismo e outros fenômenos físicos passaram a ser interpretados a partir do éter. Sua importância foi tão grande neste período que alguns anos depois J.J. Thomson se manifestaria da seguinte forma sobre o éter:

“O éter não é uma criação fantástica de uma filosofia especulativa; ele é essencial para nós, como o ar que respiramos.”¹

Porém nem só de sucesso viveu a física do éter. Muitas dificuldades se seguiram ao preenchimento do espaço por uma substância material. Como Newton já havia indicado, seria difícil imaginar que a regularidade nos períodos orbitais de planetas, cometas e satélites pudesse resistir a um movimento constantemente “atrapalhado” por um fluido. Para evitar esta crítica,

os defensores do éter garantiam que ele era uma substância muito fluida, praticamente não oferecendo resistência à passagem dos astros. Embora difícil de aceitar, um éter super-fluido permitiria entender por que sua presença não perturbava o movimento dos astros. Porém, a este problema associaram-se outros. Para poder explicar os fenômenos de polarização, observados na época

por Malus (1772-1812), Fresnel introduziu a hipótese de que as ondas luminosas seriam transversais e não longitudinais como o som. Mas já se sabia na época que apenas corpos rígidos eram capazes de transmitir tais ondas e que em geral tais corpos eram viscosos e não fluidos. Instala-se, então, uma contradição na concepção do éter: ele deveria ser muito fluido para não atrapalhar o movimento dos astros, mas também muito rígido para transmitir ondas transversais em altíssima velocidade. Além de não ser conhecida substância que preenchesse esses requisitos, essas duas propriedades pareciam se excluir!

Os problemas na concepção do éter continuaram a aparecer ao longo do século XIX, embora os cientistas em geral acreditassem que as soluções fossem possíveis de serem encontradas.

O último capítulo desta história teve origem em um problema aparentemente simples. Em 1810, Arago, também francês, pretendeu, sem sucesso, detectar a influência do movimento terrestre na refração da luz emitida pelas estrelas. Como o índice de refração do meio depende da velocidade da luz, ele acreditava que mediria um desvio diferente produzido por um prisma se movimentando com a Terra pelo espaço. Logo em seguida, em 1818, Fresnel propõe uma explicação para o resultado negativo da experiência, propondo a hipótese do arrastamento parcial do éter pela matéria. À experiência de Arago seguiram-se

diversas outras, sendo que a de Michelson e Morley, realizada em 1881-1816, foi a que se tornou mais famosa. As experiências indicavam que

Diferentemente de Descartes, Newton não baseava a explicação do movimento dos corpos em turbilhões; para ele, o movimento constante dos planetas, entre outros argumentos, faria supor um espaço sem nada que pudesse gerar atrito

não havia efeito gerado pelo movimento da Terra em relação ao éter inter-espacial, causando enormes dificuldades para os físicos teóricos da época. Em 1905, Einstein resolveu tais problemas envolvendo a óptica/eletrodinâmica

dos corpos em movimento, propondo que o nosso espaço é vazio, embora capaz de transmitir ondas de natureza eletromagnética, como a luz. Dê uma só tacada, ele eliminou diversos problemas associados ao éter, mas também a principal base teórica da Física da época. Seria como jogar fora “o bebê junto com a água suja do banho”. O espaço pleno do século XIX voltou a ser vazio como na época áurea do newtonianismo.

Foi necessário tempo para que as pessoas se acostumassem com a idéia de um espaço vazio. Depois da publicação

de Einstein, durante algumas décadas, algumas experiências ainda tentaram, sem sucesso, detectar o vento de éter passando próximo à superfície terrestre.

Para nós que nascemos numa concepção de espaço vazio, isto nos parece natural. Porém até quando o espaço continuará a ser sinônimo de vácuo?!

Newton pensava também que seria difícil imaginar a regularidade nos períodos orbitais dos corpos celestes resistindo a um movimento “atrapalhado” por um fluido

Referências Bibliográficas

Conceptions of Ether: studies in the history of ether theories, edited by Cantor, G.N. and Hodge, M.J.S. Cambridge University Press, Cambridge, 1981.

Pietrocola, Maurício. Fresnel e o arrastamento parcial do éter: A influência do movimento da Terra sobre a propagação da luz. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 157-172, 1993.

Nota

¹Thomson, J.J. Presidential address to the British Association at Winnipeg, *The Electrician*, 63, p. 778, 1909.

Um Poema para Galileu



Estou olhando o teu retrato, meu velho pisano,
aquele teu retrato que toda a gente conhece,
em que a tua bela cabeça desabrocha e floresce
sobre um modesto cabeção de pano.

Aquele retrato da Galeria dos Ofícios da tua velha Florença.
(Não, não, Galileu! Eu não disse Santo Ofício.
Disse Galeria dos Ofícios).

Aquele retrato da Galeria dos Ofícios da requintada Florença.
Lembras-te? A ponte Vecchio, a Loggia, a Piazza della Signoria...
Eu sei... Eu sei...
As margens doces do Arno às horas pardas da melancolia.
Ai que saudade, Galileu Galilei!

Olha. Sabes? Lá na Florença
está guardado um dedo da tua mão direita num relicário.
Palavra de honra que está!
As voltas que o mundo dá!
Se calhar até há gente que pensa
que entraste no calendário.

Eu queria agradecer-te, Galileu,
a inteligência das coisas que me deste.
Eu,
e quantos milhões de homens como eu
a quem tu esclareceste,
ia jurar - que disparate, Galileu!
- e jurava a pés juntos e apostava a cabeça
sem a menor hesitação -
que os corpos caem tanto mais depressa
quanto mais pesados são.

Pois não é evidente, Galileu?
Quem acredita que um penedo caia
com a mesma rapidez que um botão de camisa ou que um seixo da
praia?
Esta era a inteligência que Deus nos deu.

.....
Antônio Gedeão

Físico, historiador e divulgador da
Ciência, o autor também foi poeta
.....

Este poema escrito por Rômulo de Carvalho (como poeta adotou o pseudônimo de Antonio Gedeão), faleceu em 1997, aos 91 anos. A *Gazeta de Física* de Portugal prestou-lhe recentemente homenagem com uma bela exposição de sua obra. *FnE* apresenta, com muito orgulho, uma pequena mostra de seu trabalho poético.

Estava agora a lembrar-me, Galileu,
daquela cena em que tu estavas sentado num
escabelo
e tinhas à tua frente
um guiso de homens doutos, hirtos, de toga e de
capelo
a olharem-te severamente.

Estavam todos a ralhar contigo,
que parecia impossível que um homem da tua idade
e da tua condição,
se estivesse tornando um perigo
para a Humanidade
e para a civilização.

Tu, embaraçado e comprometido, em silêncio
mordiscava os lábios,
e percorrias, cheio de piedade,
os rostos impenetráveis daquela fila de sábios.
Teus olhos habituados à observação dos satélites e
das estrelas,
desceram lá das suas alturas
e poisaram, como aves aturdidadas - parece-me que
estou a vê-las -,
nas faces grávidas daquelas reverendíssimas criaturas.

E tu foste dizendo a tudo que sim, que sim senhor,
que era tudo tal qual
conforme suas eminências desejavam,
e dirias que o Sol era quadrado e a Lua pentagonal
e que os astros bailavam e entoavam
à meia-noite louvores à harmonia universal.

E juraste que nunca mais repetirias

nem a ti mesmo, na própria intimidade do teu
pensamento, livre e calma,
aquelas abomináveis heresias
que ensinavas e escrevias
para eterna perdição da tua alma

Ai, Galileu!

Mal sabiam os teus doutos juízes, grandes senhores
deste pequeno mundo,
que assim mesmo, empertigados nos seus cadeirões
de braços,
andava a correr e a rolar pelos espaços
à razão de trinta quilômetros por segundo.

Tu é que sabias, Galileu Galilei.

Por isso eram teus olhos misericordiosos,
por isso era teu coração cheio de piedade,
piedade pelos homens que não precisam de sofrer,
homens ditosos
a quem Deus dispensou de buscar a verdade.

Por isso, estoicamente, mansamente,
resististe a todas as torturas,
a todas as angústias, a todos os contratempos,
enquanto eles, do alto inacessível das suas alturas,
foram caindo,
caindo,
caindo,
caindo sempre,
e sempre,
ininterruptamente,
na razão direta dos quadrados dos tempos.



Elasticidade do Vidro

Objetivo

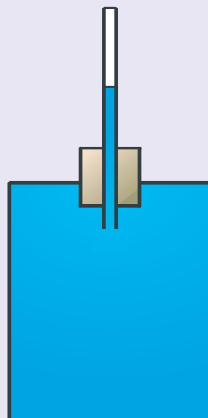
Através de um tubo capilar (que tem área interna bem pequena), mostra-se que é possível detectar a deformação mecânica sofrida por uma garrafa de vidro ao ser comprimida.

Material

- garrafa de vidro de secção transversal retangular;
- rolha;
- tubo de vidro capilar ou pipeta de 0,2 mL.

Procedimento

Encha completamente a garrafa com água e algum corante para facilitar a visualização (por exemplo, tinta para carimbo). Faça um furo na rolha e encaixe o tubo de vidro nela. Coloque a rolha na garrafa de forma que o líquido suba até uma determinada altura no tubo capilar. Aperte a gar-



rafa na sua menor e maior dimensão.

Observe que...

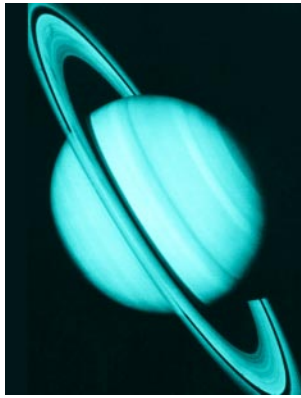
O tubo capilar mostra as variações de volume do recipiente ao se apertar mais ou menos a garrafa.

Observe ainda que, conforme o lado que se aperta, o nível do líquido sobe ou desce.

Explicação

Ao ser pressionada, pequenas deformações sofridas pelo vidro mudam o volume interno da garrafa. Uma pequena variação de volume altera sensivelmente a altura do líquido no tubo capilar, já que a sua área interna é muito pequena.

Marcelo M.F. Saba
Clube de Ciências Quark
S. J. Campos - SP



Resultados da III Olimpíada Brasileira de

Astronomia

Introdução

Ao contrário das Olimpíadas esportivas onde uns poucos ganham e os demais são apenas figurantes para elevar a glória dos poucos premiados, nas Olimpíadas Científicas todos ganham sempre! Como isso é possível? Simples: para se preparar para participar de uma Olimpíada Científica o estudante precisa simplesmente do óbvio: estudar, ler e se informar. Quem estuda ganha sempre. Ao contrário, quem não estuda perde sempre. E se existem perdedores nas Olimpíadas Científicas eles são sempre os não partici-

pantes. O atleta olímpico prepara-se para a competição e depois dela seu preparo esvai-se com o tempo; ao contrário, o “atleta” científico, enquanto se prepara para o evento, na verdade prepara-se para a vida, para o futuro, talvez para a sua própria profissão. Enquanto o atleta esportivo precisa de técnico ou treinador, além de equipamentos para praticar sua modalidade esportiva (quadras, cavalos, esgrimas, barcos, raquetes, bolas, campos, revólveres etc.), o “atleta” científico precisa simplesmente estar na Escola, ter professores, livros e revistas para ler. Enquanto um prepara-se para um evento efêmero o outro prepara-se para uma vida toda.

Como é intrínseco do ser humano o gosto pela competição, usamos essa

Como é intrínseco do ser humano o gosto pela competição, usamos essa atração pelas competições como um recurso pedagógico para despertar o interesse pelas ciências e assim descobrir talentos precoces

atração como um recurso pedagógico que, muito mais do que premiar os melhores estudantes, desperta o interesse pelas ciências e descobre talentos precoces. Como fazer isso? Simples. Primeiro, uma Sociedade Científica que congrega os profissionais de determinada área do conhecimento, conscientes de suas responsabilidades para com o ensino e divulgação do conhecimento entre a população, planeja e organiza o evento, tal como fazem, por exemplo, a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e a Sociedade Brasileira de Física. Em seguida divulga-se o evento entre as escolas públicas ou

privadas, para cadastrar pelo menos um professor responsável pelo ensino dos conteúdos do conhecimento da Olimpíada de cada escola. Este professor receberá o regulamento da Olimpíada, bem como material de divulgação entre os alunos de sua escola. O professor e a escola darão aos alunos interessados em participar da Olimpíada um treinamento prévio, que consiste de mais aulas, pesquisas em grupos ou orientadas, promovem visitas educativas, consulta-se a internet; estuda-se, prepara-se para o evento. Observe que neste trabalho de preparação também o professor e a escola se preparam para o evento. O professor se aprofunda nos conhecimentos da Olimpíada, obtém mais informações, lê e também estuda mais, para melhor preparar seus

.....
João Batista Garcia Canalle

Instituto de Física/UERJ

.....
Daniel Fonseca Lavouras

Sistema Elite de Ensino

.....
Rute Helena Trevisan

UEL

.....
Célia Maria Resende de Souza

Planetário de Vitória

.....
Eugênio Scalise Júnior

INPE

.....
Germano Bruno Afonso

UFPR

Descrevemos aqui os resultados da III Olimpíada Brasileira de Astronomia (III OBA), organizada pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e realizada em 20/5/00, em todos os Estabelecimentos de Ensino Fundamental e Médio, públicos ou privados, previamente cadastrados. Participaram das provas da III OBA 23.913 alunos, pertencentes a 599 Estabelecimentos de Ensino, distribuídos por todos Estados, inclusive o Distrito Federal. Apresentamos na forma de histogramas as distribuições Estaduais de: a) representantes regionais; b) escolas cadastradas; c) alunos participantes e d) medalhas. Também apresentamos as distribuições das notas obtidas pelos alunos e descrevemos a participação da Equipe Brasileira na V Olimpíada Internacional de Astronomia em outubro de 2000, na Rússia.

alunos. Em determinado dia e hora todos os alunos previamente inscritos, junto dos professores cadastrados, fazem simultaneamente, em todo o Brasil, uma prova bastante interessante. A prova, cautelosamente elaborada pela Sociedade Científica organizadora do evento, no caso presente a Sociedade Astronômica Brasileira, deve ter o cuidado de não

A prova elaborada por uma Sociedade Científica organizadora de Olimpíada deve ter o cuidado de não afastar o estudante pela falta de conhecimento, mas reter sua atenção, despertar sua imaginação e interesse científico e, portanto, proporcionar mais prazer ao ato de estudar aquela área do conhecimento

afastar o estudante pela falta de conhecimento, mas reter sua atenção, despertar sua imaginação e interesse científico e, portanto, proporcionar mais prazer no ato de estudar aquela área do conhecimento. O professor da escola participa da correção e com isso ainda mais se envolve no processo. As notas e provas são enviadas para a Comissão Organizadora Nacional da Olimpíada, que em seguida digita todas as notas e emite certificados de participação a todos (alunos, professores e diretores) e atribui medalhas para aqueles que obtêm nota acima de certos valores limites. Medalhas são enviadas para as escolas e estas promovem uma solenidade para entrega das mesmas aos melhores dos seus alunos na classificação nacional.

As Olimpíadas Científicas no Brasil, como recurso pedagógico, infelizmente ainda são pouco exploradas. Fora do Brasil existem há muitos anos. Alguns exemplos de estudantes projetados por elas foram apresentados no artigo "Olimpíada da Criatividade" do mês de setembro de 2000 da revista Galileu.

Devido aos resultados da I e II Olimpíada Brasileira de Astronomia - I e II OBA, (Lavouras e Canalle, 1999; Canalle *et al.* 2000 e 2001), a Diretoria da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) decidiu encarregar a sua Comissão de Ensino (CESAB) de organizar a III Olimpíada Brasileira de Astronomia (III OBA), a qual constituiu a Comissão Organizadora da III OBA (CO/III OBA). A primeira etapa da CO/III OBA foi fazer pequenos ajustes no

regulamento da OBA que encontrasse na *home page* (<http://www2.uerj.br/~oba>) da Olimpíada Brasileira de Astronomia.

O número de escolas públicas de Ensino Fundamental ou Médio no Brasil é de cerca de 250.000. Como seria impossível para a CO/III OBA enviar mesmo que uma única carta a cada uma delas explicando os objetivos da III OBA, a CO/III OBA

decidiu pedir a colaboração de voluntários na tarefa de divulgar o evento. Para tanto, instituímos o "Representante Regional da OBA" e convidamos a participar todos os membros da SAB (Sociedade Astronômica Brasileira), da SBF (Sociedade Brasileira de Física), da ABP (Associação Brasileira de Planetários), de sociedades de Astrônomos Amadores, bem como um grande número de membros de clubes, museus e centros de ciências e um grande número de estudantes (e ex-estudantes) de cursos de Astronomia (de extensão ou não). Responderam positivamente a este convite 430 pessoas. A este contingente de voluntários somaram-se todos os professores de todas as escolas que participaram da

As Olimpíadas Científicas no Brasil, como recurso pedagógico, infelizmente ainda são pouco exploradas. Fora do Brasil existem há muitos anos

II OBA em 1999. A cada uma dessas pessoas atribui-se um conjunto de escolas para as quais deveriam enviar correspondência (com recursos de suas instituições) ou que deveriam ser visitadas com o objetivo de divulgar o evento.

O resultado do trabalho deste contingente de voluntários na divulgação da III OBA resultou em 1.874 estabelecimentos de ensino cadastrados, para as quais foram enviadas as respectivas provas e orientações pertinentes. Contudo, do total acima, apenas 599 aplicaram as provas e devolveram as mesmas corrigidas à CO/III OBA. Infelizmente vários Estados estavam com suas Escolas públicas em greve no dia da prova da III OBA.

As provas foram aplicadas em três níveis: Nível I para alunos da 1ª a 4ª série do Ensino Fundamental; Nível II para alunos da 5ª a 8ª série; e Nível III para alunos do Ensino Médio.

Distribuições de Representantes da III OBA por Estado

A Figura 1 mostra o número de representantes regionais por estado da Federação (incluído o Distrito Federal). A CO/III OBA encarregou-se de divulgar a III OBA nos estados sem representantes e colaborou com aqueles das regiões com baixo número de representantes.

A Figura 1 ilustra muito bem o

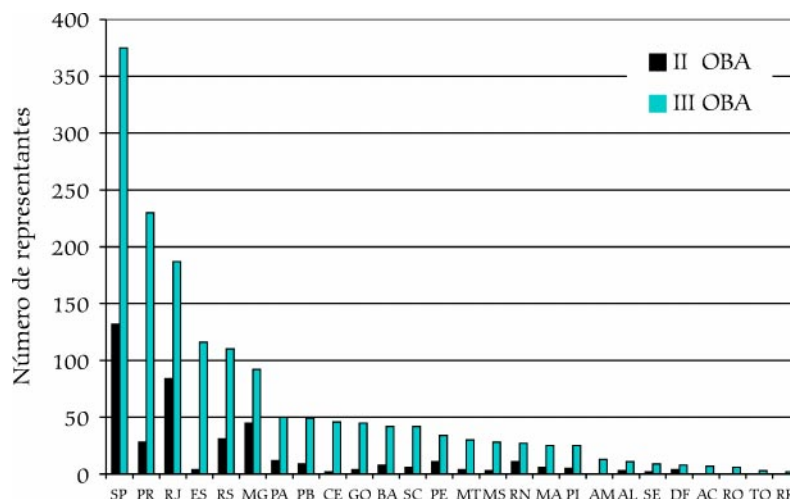


Figura 1. Distribuição dos representantes regionais por estado.

crescimento do número de representantes regionais por todos os estados da Federação incluindo o Distrito Federal. Estes colaboradores transformam a missão da divulgação em um efeito de “pirâmide”, pois no ano de 2002 teremos a colaboração dos participantes cadastrados em 2001 somados aos anteriores e assim por diante.

A Figura 2 mostra a distribuição de escolas cadastradas para aplicarem

as provas da III OBA, por estado.

A Figura 3 mostra a distribuição de alunos participantes da III OBA por estado. O total de alunos, do Ensino Médio e Fundamental, foi de 23.913.

Apesar de, coincidentemente, termos o mesmo número de escolas do ano anterior que efetivamente aplicaram, corrigiram e nos devolveram as provas, o número de alunos participantes passou de 15.500 para

23.913. Também notamos que as escolas que participaram pela segunda vez tiveram um número maior de alunos participantes no segundo evento.

De qualquer forma, pode-se observar claramente um aumento significativo de alunos participantes em quase todos os Estados, exceto TO, AM e MS. São Paulo, entre outros estados, estava com sua rede pública de educação em greve no dia da prova, mas mesmo assim o número de alunos de SP foi quase o mesmo do ano de 1999.

A Figura 4 mostra a distribuição estadual de alunos de Nível I, II e III, ou seja, alunos do Ensino Fundamental (1ª à 4ª série - Nível I), alunos do Ensino Fundamental (5ª à 8ª série - Nível II) e alunos do Ensino Médio (Nível III) que participaram da III OBA. Pode-se observar que em todos os estados a maior participação de alunos é daqueles do Nível II.

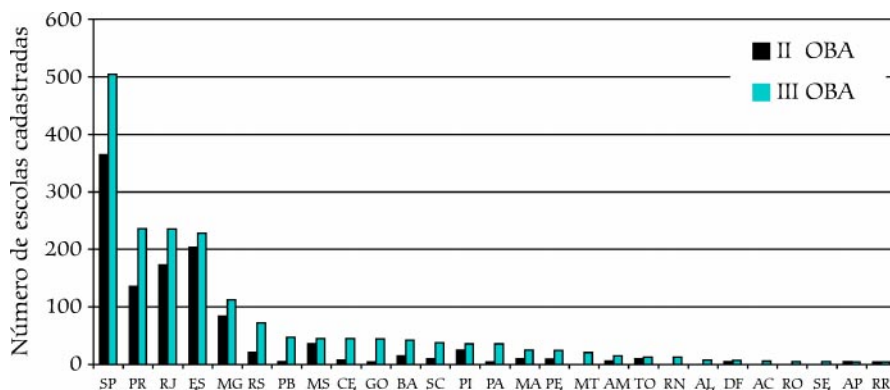


Figura 2. Distribuição do número de escolas cadastradas por estado.

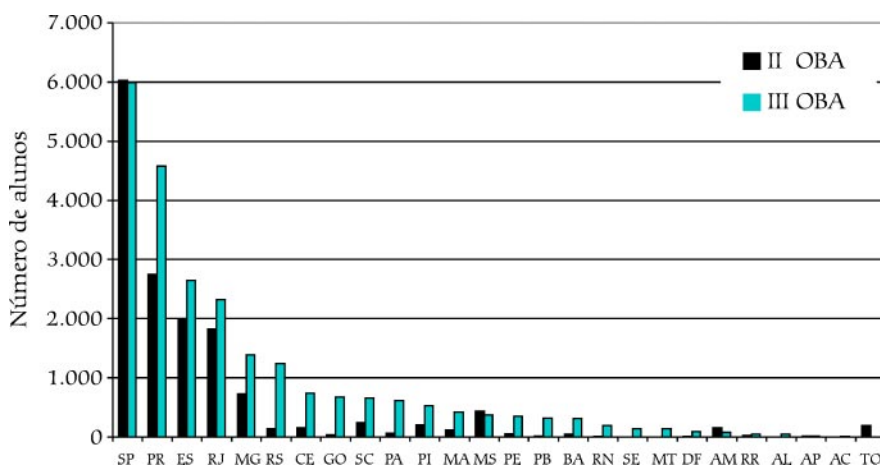


Figura 3. Comparação do número total de alunos participantes da II e III OBAs.

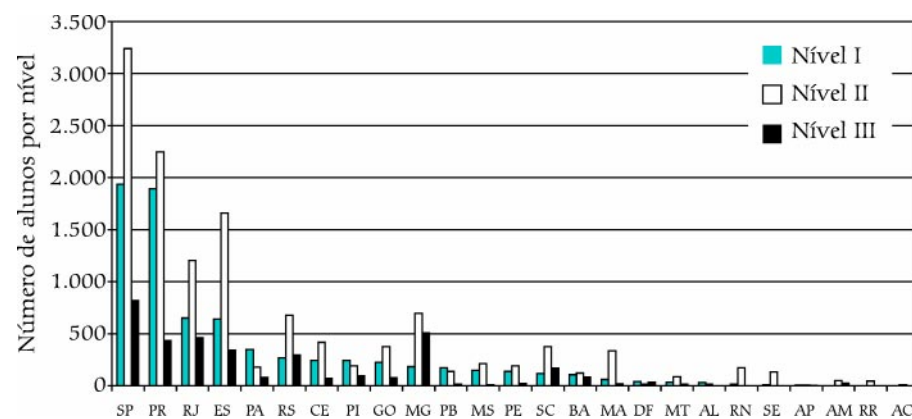


Figura 4. Distribuição dos alunos participantes da III OBA, por estado e por nível de escolaridade.

Prêmios e Distribuição de Medalhas da III OBA

Os professores representantes da III OBA nas escolas foram incentivados a buscarem, junto ao comércio e indústria locais, brindes que pudessem ser doados aos alunos participantes das respectivas escolas. Além disso, a CO/III OBA enviou cartas a todas as editoras do Brasil pedindo doações de livros, revistas, fitas de vídeo, CDs etc. Recebemos cerca de 3.500 itens de doação entre revistas, livros, livretos, fitas, binóculos, lunetas, assinaturas de revistas e globos terrestres, para serem distribuídos entre os alunos que obtivessem medalhas. Com este grande número de itens recebidos pudemos enviar cerca de 5 livros para cada escola que participou da III Olimpíada Brasileira de Astronomia.

Cada aluno recebeu certificado de participação no qual constou, no caso de premiação, o tipo de medalha. O grande número de premiados, 2200 no total teve por objetivo motivar os alunos. Ao contrário das competições esportivas, onde se premia apenas os três primeiros classificados, a CO/III OBA decidiu atribuir medalhas para todos aqueles que obtiveram um índice de acerto maior ou igual a 70%.

Na premiação usamos o seguinte critério: Medalha de ouro para um índice de acerto maior ou igual a 90%; de prata para índice de acerto maior ou igual a 80% e menor que 90%; e medalha de bronze para índice de acerto maior ou igual a 70% e menor que 80%.

Os professores representantes da III OBA nas escolas e os representantes regionais também receberam seus respectivos certificados de participação na III OBA, em suas respectivas funções.

A Figura 5 apresenta as distribuições de medalhas de bronze, prata e ouro para o Nível I, por estado. Paraná mostra que seu currículo privilegia os conteúdos de Astronomia e que seus professores estão se capacitando no ensino destes conteúdos, pois o estado obteve o maior número de medalhas de prata e bronze.

Ao contrário do Nível I, onde o Paraná obteve o maior número de medalhas de bronze e prata, e São Paulo o maior número de medalhas de ouro, no Nível II o Estado de São Paulo obteve o maior número de medalhas de prata e bronze, mas o Paraná obteve o maior número de medalhas de ouro, conforme podemos ver na Figura 6.

A Figura 7 mostra claramente a predominância do Estado de São Paulo nos resultados, pois obteve o maior número de medalhas de ouro, prata e bronze seguido pelo Estado do Rio de Janeiro.

Distribuições de Notas

As Figuras 8 e 9 mostram as distribuições de notas dos alunos dos Níveis I e II, respectivamente. Ambas possuem distribuição aproximadamente gaussiana com um máximo próximo à nota 4.

A Figura 10 mostra a distribuição de notas dos alunos do Nível III, e esta revela um máximo na nota zero, o que indica que a prova estava acima dos conhecimentos dos alunos.

Participação da Equipe Brasileira na V OIA

Concluída a III OBA, selecionamos 5 alunos dentre aqueles de maior nota e dentro da faixa etária exigida pelas regras da Olimpíada Internacional de

Astronomia para constituírem a equipe que representou o Brasil naquela Olimpíada, que ocorreu na Rússia no período de 20/10/00 a 27/10/00, no Observatório Astrofísico Especial da Academia Russa de Ciências, localizado no Cáucaso. A Olimpíada Internacional de Astronomia é organizada pela Sociedade Astronômica Euro-Asiática (Nielsen, 2000).

O aluno Shridhar Jayanthi, que obteve medalha de prata na Olimpíada

Internacional de Astronomia de 1999, teve automaticamente o direito de participar da Olimpíada Internacional de Astronomia de 2000. Assim sendo, a equipe brasileira foi constituída por dois professores (exigência dos organizadores da Olimpíada Internacional de Astronomia) astrônomos líderes da equipe (Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle e Prof. Dr. José Renan de Me-deiros) e os seis alunos relacionados na Tabela 1.

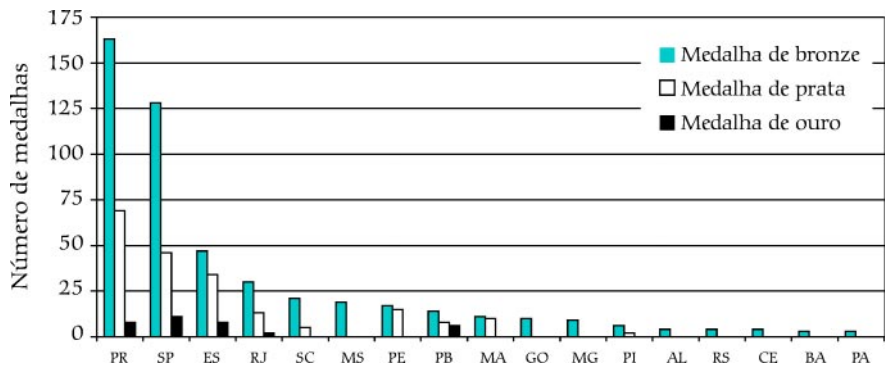


Figura 5. Distribuição de medalhas de ouro, prata e bronze entre os alunos do Nível I.

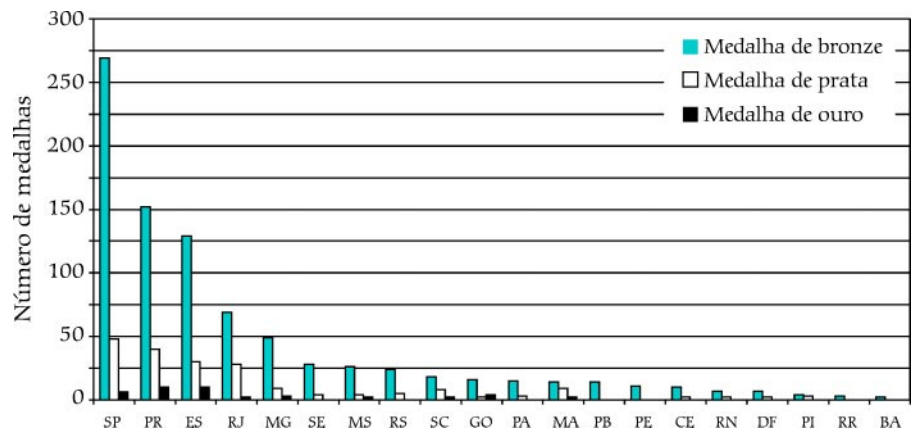


Figura 6. Distribuição de medalhas de bronze, prata e de ouro entre os alunos do Nível II participantes da III OBA, por estado.

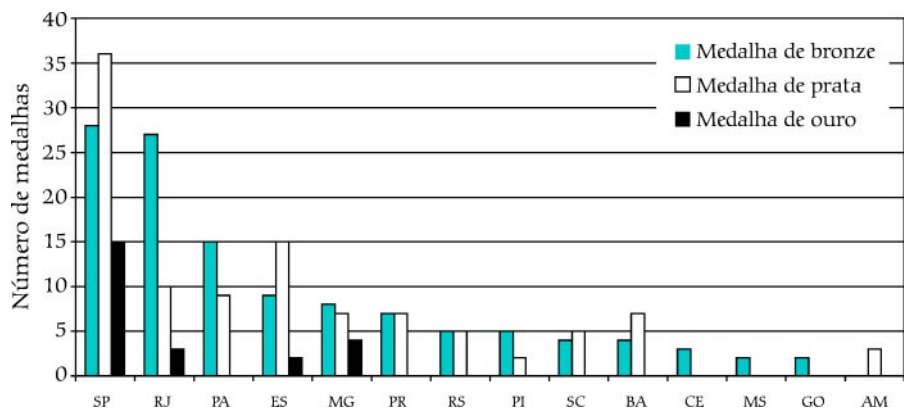


Figura 7. Distribuição de medalhas do Nível III aos alunos participantes da III OBA, por estado.

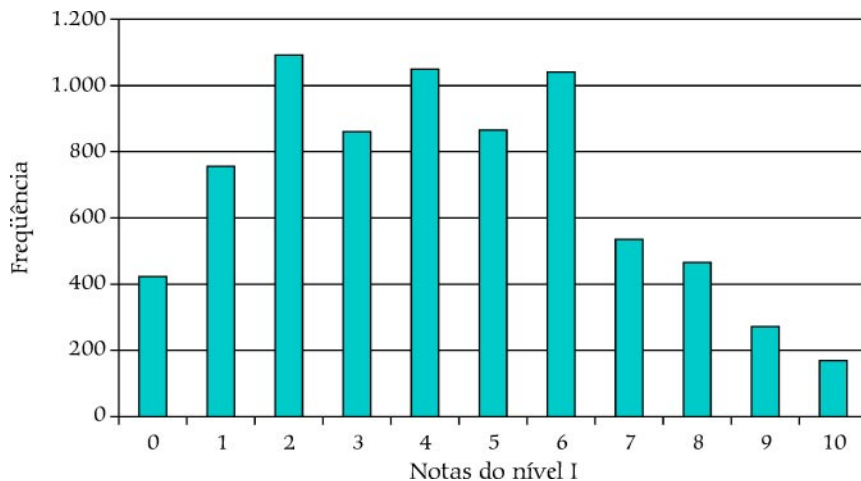


Figura 8. Distribuição das notas dos alunos do Nível I da III OBA.

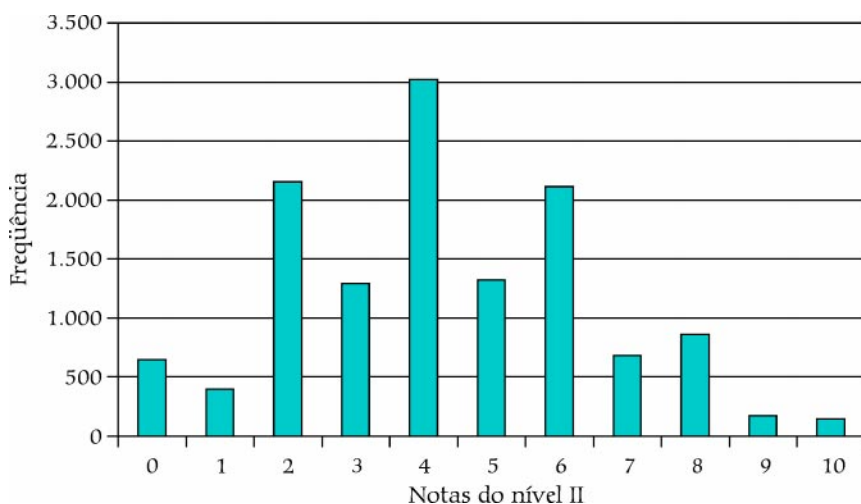


Figura 9. Distribuição das notas dos alunos do Nível II da III OBA.

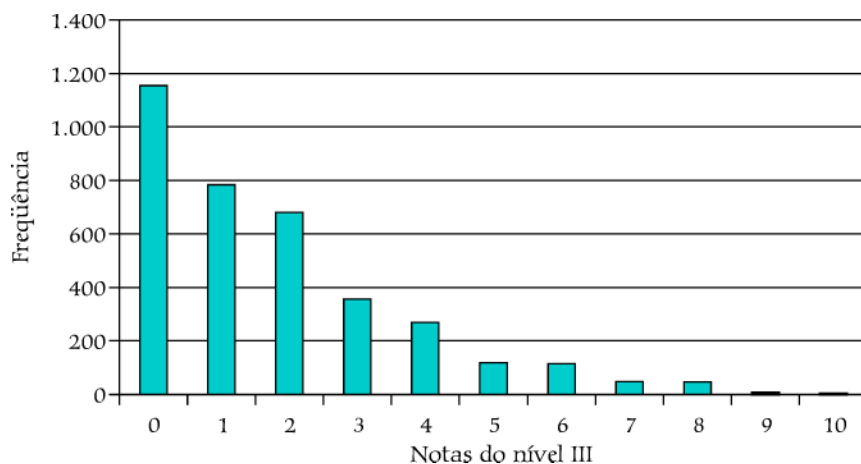


Figura 10. Distribuição das notas dos alunos do Nível III da III OBA.

Não houve recursos e tempo para darmos uma preparação adicional aos alunos. As provas da Olimpíada Internacional de Astronomia são de nível muito superior ao das provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia; o céu

do hemisfério norte é parcialmente estranho aos alunos do hemisfério sul e há provas prática, observacional e teórica. Apesar das dificuldades o representante brasileiro Shridhar Jayanthi conquistou a medalha de bronze.

Planejamento para a IV OBA

Em função da aprendizagem que obtivemos ao longo da realização da II e III OBAs, estamos transferindo a realização da IV OBA para o horário das 14:00 horas e vamos manter o mês de maio para a realização da IV Olimpíada Brasileira de Astronomia.

Conclusões

Durante os trabalhos da III OBA ficaram evidenciados que: a) o evento contribui, de um modo geral, para desenvolver ou aprofundar o estudo da ciência astronômica em todo o Brasil e, particularmente, entre os estudantes, pois eles tiveram uma motivação lúdica; b) usar os enunciados das questões para levar conhecimento correto e atualizado aos alunos e indiretamente aos seus professores (pois são os que corrigem as provas mediante um gabarito fornecido pela Comissão Organizadora da III OBA) é um mecanismo extremamente profícuo inclusive para contestar conhecimentos errôneos advindo do “bom senso” ou do livro didático mal escrito; c) o evento incentivou professores responsáveis pelo ensino dos conteúdos de Astronomia no Ensino Médio e Fundamental a se atualizarem e também os envolveu em um mutirão de caráter nacional em prol do ensino da Astronomia, pois eles tiveram que preparar cursos “de férias” ou especiais para seus alunos participarem da III OBA, tudo isto com o intuito de melhor poderem atender aos anseios de boa classificação dos seus alunos (nesse mutirão também estiveram envolvidos os respectivos coordenadores pedagógicos e seus diretores); d) estimulou o nascimento de clubes de Astronomia ou clubes de astrônomos amadores; e) a possibilidade do aluno ser selecionado para representar o Brasil nas Olimpíadas Internacionais de Astronomia é um elemento fortemente motivador para a participação dos alunos na Olimpíada Brasileira de Astronomia e mesmo o recebimento de um certificado de participação e/ou de uma medalha em um evento de caráter nacional, para jovens desta faixa

Tabela 1. Alunos participantes da V Olimpíada Internacional de Astronomia.

Nome	Cidade/Estado
Caio Cícero Gomes	São Paulo/SP
Flávio Luiz Cardoso Ribeiro	Curitiba/PR
Isis Woltzenlogel Paleo	Piracicaba/SP
Paulo Júlio O'Rely de Souza Pedrosa	Rio de Janeiro/RJ
Shridhar Jayanthi	São José dos Campos/SP
Raphael Quachio	São Bernardo do Campo/SP

etária (Ensino Médio e Fundamental) mostrou-se extremamente motivador.

Não temos dúvida sobre o potencial de estímulo deste evento sobre os estudos, potencial este que não tem sido explorado no Brasil com a devida intensidade. A Comissão de Ensino de Astronomia da Sociedade Astronômica Brasileira está desempenhando suas funções ao colocar o conhecimento astronômico atual e correto diante de alunos e professores. Também acreditamos que as agências de financiamento de pesquisa e ensino e as de promoção social estão cumprindo plenamente parte das suas funções ao apoiarem financeiramente este evento.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da VITAE, FAPERJ, CNPq, Colégio Ábaco, Colégio Bandeirantes, Colégio Poliedro, Colégio MV1, O Boticário e às seguintes editoras e empresas pelas doações de livros, revistas, globos, lu-

netas etc.: Abril S.A. Revista Superinteressante; Augustus Editora; Be up Imports; Casa Publicadora Brasileira; Companhia Melhoramentos de São Paulo; Cortez Editora; Darriel Hoff, Ph.D., Fris Physics Dep./Luther College; Edições Consultor; Editora Árvore da Terra; Editora Crescer; Editora Edgard Blücher Ltda; Editora FTD S.A.; Editora Hucitec Ltda; Editora Logosófica; Editora Market Books do Brasil Ltda; Editora Nova Fronteira S.A.; Editora Scipione Ltda; Editora Vozes; Educator Editora e Desenvolvimento empresarial; Formato Editorial; Fundação Veritas; Instituto Cultural Itaú – ICI; Kerr Editorial Ltda; Laborciência – Tecnologia Educacional; Libreria Editoria Ltda; Livraria Allan Kardec Editora; Lumni; Módulo Editora e Desenvolvimento Educacional; Moisés Limonad; Ordem do Graal na Terra; Petit Editora; Sargarmatha; Seicho-No-Ie do Brasil; Tigre S.A. – Tubos e Conexões, Revista Galileu; Editora Globo; Opto – Mecâ-

nica Equipamentos Ltda; Cambridge University Press; Ciranda Cirandinha Papeleria, Brinquedos e Presentes; Livraria da Física – USP.

Agradecemos também a todas as instituições dos representantes regionais, as quais colaboraram com xerox, envelopes e selos para que estes pudessem enviar os materiais de divulgação da III OBA. Agradecemos ainda aos representantes regionais que mesmo sem o apoio de suas instituições usaram recursos próprios para divulgar a III OBA.

Agradecemos em particular aos bolsistas pagos pela UERJ, através do Cetreina e do programa de Extensão (SR3) para trabalharem exclusivamente na III OBA: Eará de Souza Luz, Flávia Brum Fernandes, Joney Justo da Silva, Michele Ebrenz, Caroline de Souza Franco e Luiz Fernando Lage Barreto.

Referências Bibliográficas

Canalle, J.B.G.; Lavouras, D.F.; Arany-Prado, L.I. e Abans, M.O. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17 n. 2, p. 239, Agosto/2000.

Canalle, J.B.G.; Lavouras, D.F.; Arany-Prado, L.I. e Abans, M.O. Revista Universo, publicação oficial da LIADA, Liga Iberoamericana de Astronomia, v. 20 n. 46, p. 14, Abril/2001.

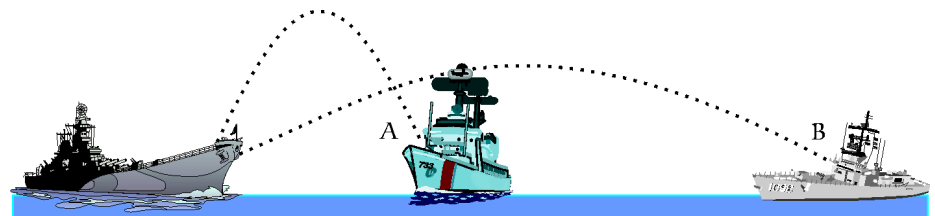
Lavouras, D.F. e Canalle, J.B.G. Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira, v. 18 n. 3, p. 39, 1999.

Nielsen, H. Sky & Telescope, v. 99, n. 3, p. 86, Março/2000.



Desvendando a Física!

Um encouraçado dispara simultaneamente dois projéteis na direção de navios inimigos, um próximo (A) e o outro bem distante (B). Os projéteis são lançados em diferentes ângulos. Se os projéteis seguem as trajetórias parabólicas indicadas abaixo, qual dos navios é atingido primeiro?



- (a) A
- (b) B
- (c) A e B são atingidos simultaneamente
- (d) Mais informação é necessária

Olimpíadas de FÍSICA

Brasil Conquista Medalha na Olimpíada Internacional de Física - IPhO2002

A equipe Brasileira conquistou uma **Medalha de Bronze** e duas **Menções Honrosas** na 33ª International Physics Olympiad (IPhO), realizada de 21 a 30 de julho último em Bali, na Indonésia. Nossos quatro estudantes foram selecionados pela Olimpíada Brasileira de Física (OBF), programa permanente da Sociedade Brasileira de Física (SBF) para o Ensino Médio e que tem o apoio do CNPq.

Este é o terceiro ano que a OBF seleciona e envia estudantes para esta que é a maior competição em Física realizada no mundo. Os nossos premiados concorreram com cerca de

300 estudantes de 70 países representados no evento.

Foram nove dias de disputas entre os melhores estudantes do Ensino Médio de todo o mundo. Entre os temas abordados nas provas experimentais e teóricas, considerados difíceis até para estudantes universitários, estavam um radar para encontrar objetos enterrados, um mecanismo elétrico observado em peixes e medidas de propriedades atômicas.

O desempenho dos brasileiros vem melhorando nestes três anos, devendo ser lembrado que muitos países cujos sistemas educacionais são melhores que o nosso demoraram muito mais tempo para conseguir sua primeira medalha.

.....
José David M. Vianna

Pesquisador Sênior, UnB e presidente da Comissão da Olimpíada Brasileira de Física
.....

A Olimpíada Brasileira de Física é um projeto permanente da Sociedade Brasileira de Física e único passaporte para as Olimpíadas Internacionais de Física



A delegação brasileira após a cerimônia de abertura da 33ª IPhO (da direita para a esquerda): Suéli Silva (observadora), Ronaldo Pelá (medalha de bronze), Janilo Saraiva, Ronaldo Muniz (menção honrosa), Rafael Fonteles (menção honrosa) e Paulo Barone (líder).

Esta coluna apresenta notícias sobre a Olimpíada Brasileira de Física e outras olimpíadas internacionais.

O campeão absoluto da Olimpíada foi um estudante do Vietnã, cujo prêmio foi entregue pelo 'Nobel' de Física de 1997, o francês Claude Cohen-Tannoudji. O Ministro da Educação da Indonésia também entregou prêmios aos vencedores. A Presidente da República participou da cerimônia de abertura, lançando um selo comemorativo.

Nesta Olimpíada Internacional de Física, da qual participaram países com tradição de pesquisa em Física como Inglaterra, Alemanha, Rússia e Canadá, destacaram-se países da Ásia e Oriente Médio, como Vietnã, República Popular da China, Coreia do Sul, Indonésia, Irã e Tailândia. O estímulo à educação observado nesses países mostra uma decisão política na direção de qualificar os jovens para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, passo fundamental para o progresso e melhoria da qualidade de vida de um povo.

A premiação dos estudantes brasileiros foi muito comemorada e indica uma melhoria no Ensino de Física no Brasil.

A nossa equipe de "atletas" foi

formada por Janilo P. Saraiva (CE), Rafael T. Fonteles (PI), Rodrigo A. Muniz (ES) e Ronaldo R. Pelá (SP), tendo como líder o professor Paulo M.V.B. Barone, da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Olimpíada Brasileira de Física - OBF2002

A Primeira Fase da Olimpíada Brasileira de Física de 2002, realizada em agosto, teve a participação de cerca de 22.000 estudantes. A segunda fase ocorreu em setembro e a terceira, que além da parte teórica tem uma parte experimental, ocorrerá em 26/10 em 23 Unidades da Federação. Será dessa OBF2002 que sairão as equipes que nos representarão nas Olimpíadas Internacionais em 2004.

Os estudantes classificados na OBF2001 para preparação, visando as Olimpíadas Internacionais de 2003, serão orientados pelos coordenadores de seus estados e professores a partir do segundo semestre de 2002, seguindo um programa definido pela OBF. Eles farão as provas seletivas em abril e maio do próximo ano para compor as equipes que irão participar da 34ª

International Physics Olympiad em Taiwan, e da VIII Olimpíada Iberoamericana de Física, em Cuba.

Maiores informações nos telefones da SBF: (11) 3814.5152 e (11) 3816-4132 e na página da Olimpíada Brasileira de Física: www.sbf.if.usp.br/olimpiadas/obf2002.

Olimpíada Iberoamericana de Física 2002

A Olimpíada Brasileira de Física (OBF) anualmente também seleciona, prepara e envia alunos à Olimpíada Iberoamericana de Física (OIbF), que congrega países de língua portuguesa e espanhola. Em 2001, na Bolívia, nossa equipe formada por quatro alunos conquistou duas **Medalhas de Ouro**, uma **Medalha de Prata** e uma **Medalha de Bronze**.

Neste ano a VII Olimpíada Iberoamericana de Física foi realizada no período de 29/9 a 4/10/2002, na cidade de Antigua Guatemala. A equipe brasileira, que teve como líder o prof. Carlito Lariucci (UFG), participou com os estudantes Daniel P. M. Cunha (CE), Henrique Chociay (PR) e Júlio C.M. Oliveira (CE).

Equilíbrio de Pressão entre duas Bolhas

Material

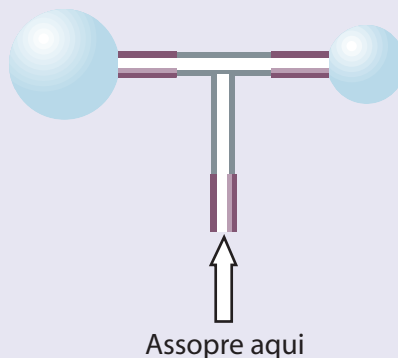
- conexão T;
- solução para fazer bolhas de sabão (10 copos de água para cada copo de detergente + 1/2 copo de glicerina);
- tubo de borracha ou mangueira.

Procedimento

Corte 3 pedaços de mangueira e encaixe-os em cada uma das extremidades da conexão T. Molhe duas extremidades na solução e assopre na terceira. Aperte uma das man-



gueiras de borracha para que uma das bolhas seja maior que a outra.



Observe que...

Ao contrário do que se esperava, a bolha menor enche a maior, porque a tensão superficial da primeira é mais intensa do que a da última. Podemos observar um efeito análogo ao encher um balão de aniversário: é mais fácil enchê-lo à medida que o seu volume aumenta.

Tópicos de discussão

- Tensão superficial
- Relação entre a área e o volume de uma esfera
- Pressão e fluxo de ar

Marcelo M.F. Saba
Clube de Ciências Quark
S.J. Campos - SP



Nobel 2002

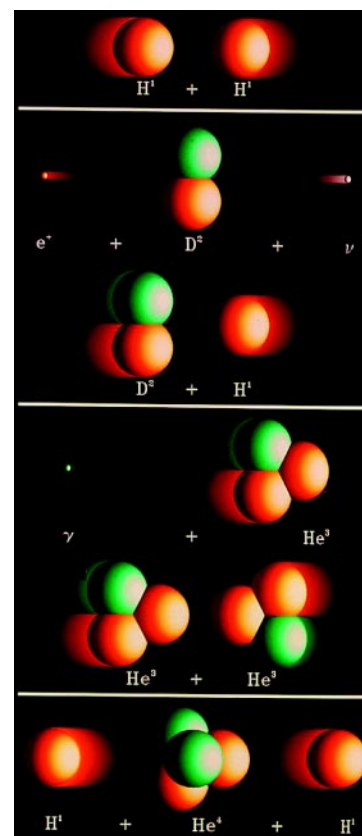
Astrofísica Premiada



O Comitê Nobel de 2002 premiou três físicos que muito contribuíram para o avanço da astrofísica moderna. Dois deles, Raymond Davis Jr. dos EUA e Masatoshi Koshihba do Japão, construíram equipamentos para detectar os neutrinos cósmicos, muitos deles provenientes das reações nucleares do Sol. O outro agraciado, Riccardo Giacconi, nascido na Itália mas radicado nos EUA, descobriu fontes de raios X cósmicos. Uma questão crucial da ciência sempre foi a fonte de energia do Sol. Por que o Sol brilha? A partir da proposta de Arthur Eddington de que a energia é proveniente de reações nucleares envolvendo o hidrogênio e o hélio, pode-se inferir que a transformação do hidrogênio em hélio produz neutrinos – uma partícula elementar proposta por Pauli para explicar o decaimento radiativo β – numa série de reações nucleares. O teste desta teoria parecia um sonho para muitos cientistas porque os neutrinos interagem fracamente com a matéria. Estima-se que, a cada segundo, trilhões de neutrinos de baixa energia produzidos no Sol atravessam nossos corpos sem deixar sinal. No entanto, uma reação muito rara gera neutrinos de alta energia que podem ser detectados quando estes interagem com o núcleo de cloro produzindo átomos de argônio em igual número de neutrinos incidentes. Nos anos 60, Davis colocou um tanque contendo 600 toneladas de tetra-cloro-etileno (líquido usado para limpeza a seco) em uma mina de ouro e conseguiu colectar até 1994 apenas cerca de 2.000 átomos de argônio, muito me-

nos do que o esperado. Simultaneamente, Koshihba construiu um detector, chamado de Kamiokande, que consistia num enorme tanque de água também colocado em uma mina no Japão. O neutrino neste caso interage com o núcleo da água e na reação um elétron é liberado, resultando em pequenos *flashes* que podiam ser detectados através de fotomultiplicadores. A experiência confirmou os resultados anteriores de Davis com a vantagem ainda de registrarem os tempos dos eventos e serem sensíveis à direção. Assim pôde-se comprovar que os neutrinos proviam do Sol. O Kamiokande ainda detectou em 1987 uma porção de neutrinos provenientes da explosão de uma supernova. Em 1996, Koshihba construiu o Super Kamiokande que detectou neutrinos produzidos dentro da atmosfera sugerindo um novo fenômeno, as oscilações do neutrino, em que uma espécie de neutrino pode mudar para outro tipo. Isto só pode ocorrer se os neutrinos possuem uma massa diferente de zero. Este resultado é extremamente significativo para o modelo padrão de partículas elementares e para o papel dos neutrinos no universo, podendo explicar ainda porque Davis havia detectado menos neutrinos do que os esperados.

A outra metade do prêmio foi outorgado a Riccardo Giacconi, um precursor da construção de telescópicos de raios X. Como é bem conhecido, raios X são ondas eletromagnéticas de altas frequências bem distantes das frequências do espectro da luz visível. O funcionamento do telescópio baseia-se em fenômeno análogo ao que produz aquela paisagem observada no ar próximo ao asfalto de uma rodovia em dias extremamente quentes. Giacconi e colaboradores conseguiram realizar experimentos com o telescópio instalado em foguetes que subiam a altas altitudes, detectando assim fontes extremamente



A série de reações da fusão H-H. Dois prótons H^1 colidem formando o deuteron (D^2) + elétron + neutrino (ν). O ciclo prossegue até que o hélio é formado. A letra γ representa o fóton de alta energia.

intensas de raios X provenientes do universo. Estas descobertas permitiram um desenvolvimento intenso da astronomia de raios X e muitos objetos novos foram então observados: estrelas duplas, estrelas de nêutrons e uma indicação da existência de buracos negros. Atualmente, o telescópio Einstein de raios X de alta resolução está instalado em um satélite artificial e tem permitido um grande número de grandes descobertas: novas estrelas duplas, restos de supernovas, novas estrelas fora da Via Láctea, dentre outras, contribuindo ainda para a nossa compreensão sobre a matéria escura do universo. Graças às descobertas de Giacconi, o universo é para nós hoje é bem mais impressionante do que era há 50 anos.

Nelson Studart - UFSCar



R. Davis, R. Giacconi e M. Koshihba

detectando assim fontes extremamente

Entrevista com

Kepler:

Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis



Kepler:

Do seu Nascimento à Descoberta das duas Primeiras Leis

Alexandre Medeiros

Departamento de Física – Universidade
Federal Rural de Pernambuco

Este texto segue a mesma linha de um outro artigo deste autor – *Entrevista com Tycho Brahe* – publicado nesta revista em outubro de 2001. O presente artigo foi escrito em face da boa acolhida que os leitores da *FnE* deram ao texto sobre o Tycho. Assim como aquele anterior, o texto atual pretende-se uma leitura divertida de um assunto muito sério: a vida e a obra de Johannes Kepler. Kepler é um personagem enigmático que deu uma enorme contribuição ao desenvolvimento da Física. Suas leis do movimento planetário explodiram o dogma do movimento circular platônico e assentaram as bases para o desenvolvimento da gravitação newtoniana. O modo nada ortodoxo como Kepler chegou às suas leis é ainda hoje alvo de um debate histórico entre os estudiosos. As versões têm variado de leituras mais tradicionais do seu empreendimento, comuns nos livros didáticos e que empobrecem as influências pitagóricas sobre o seu pensamento, até versões exageradamente místicas, associadas aos historiadores da Astrologia, que, na verdade, subestimam o esforço kepleriano de enquadrar os velhos mitos em um novo padrão de racionalidade. Há, também, a polêmica sobre a sua interação com o Tycho Brahe, descrita comumente nos livros didáticos de forma absurdamente simplificada, como se fosse pacífica e harmoniosa, quando os registros históricos apontam para conclusões opostas. Kepler deu, também, contribuições de vulto no desenvolvimento da Óptica que, entretanto, nem sempre lhes são devidamente creditadas. Contribuiu, igualmente, para lançar as bases do estudo dos Logaritmos e do Cálculo e pode ser considerado ainda o precursor da Cristalografia pelo seu estudo pioneiro sobre os cristais de gelo.

Diante de tão rico personagem, a tarefa de construir um relato de sua vida e obra impõe-se como um enorme desafio, mais ainda quando se pretende comunicá-lo de forma leve e pretensamente divertida, mas onde não se sacrifique o rigor das informações históricas veiculadas. Diante desse dilema, recorreremos a várias fontes. A mais acessível ao grande público é o livro *Os Sonâmbulos*, do Arthur Koestler. Consultamos também várias outras obras, principalmente os clássicos de Max Caspar, Olga Baulmgardt, Edward Rosen e Owen Gingerich. Acima de tudo, foi possível consultar as reedições das obras do próprio Kepler – coletadas e reunidas independentemente por Caspar, Baumgardt e Rosen. Felizmente, para nós, Kepler é um dos cientistas sobre o qual se tem preservado um grande número de textos e correspondências originais. As inúmeras cartas escritas por Kepler equivalem, em termos modernos, a verdadeiros artigos científicos, tal a precisão de detalhes nelas contidos. Deste modo, tentamos construir um relato que pudesse parecer divertido mas que não fugisse da precisão histórica possível em um simples artigo com uma narrativa tão heterodoxa. No intuito de tornar essa narrativa divertida, fizemos uma entrevista fictícia imaginando o nosso personagem histórico cercado por colegas professores de Física, no cenário do nosso sítio em Aldeia. O texto expõe vários pontos sérios e complexos como a interpretação do modo como Kepler chegou às suas leis, entrecortados por outros mais leves e divertidos como, por exemplo, a polêmica envolvendo Tycho, Ursus e o próprio Kepler. Apesar da forma propositadamente irreverente segundo a qual a conversa desenvolve-se, os relatos históricos, mesmo aqueles mais divertidos, como o acima citado envolvendo Ursus, estão apoiados em obras de inegável valor acadêmico.



Kepler jovem, em Praga.

Este artigo apresenta uma bem humorada conversa entre Kepler e um grupo de professores em descanso tranquilo no sítio de um deles, à beira de um pacote de amendoim. Embasado por diversos estudos acadêmicos, este texto também pode ser utilizado como uma representação teatral para se discutir aspectos históricos da astronomia.

A Entrevista com Kepler

Era véspera de ano novo e os amigos haviam vindo nos visitar em nosso sítio em Aldeia, junto de Recife. Comentavam a entrevista com o Tycho Brahe que havia saído na *Física na Escola*. Era uma reunião de professores de Física. Lá estavam o Jomar, Rogério, Galamba, Pedro Loureiro, Maria Amélia, Nairon e claro a Cleide e eu. Havia também o Carriço, um convidado especial lá de Natal, que trabalha com magnetismo e também queria conversar sobre o assunto, além de cobrar a realização da entrevista com o Kepler. Rogério reforçou a cobrança do Carriço, sugerindo que aproveitássemos a oportunidade e entrevistássemos Kepler, seu grande ídolo na história da Física, sem demora. Então eu entrei na história.

Alexandre: Só tem um problema: como vamos fazer a entrevista sem o Fernando de Niterói? Ele é que sabe como conversar com esses caras que já se foram há bastante tempo.

Rogério: Lembre-se que ele só ficou inspirado depois de tomar aquele copo de cerveja em Natal. Poderíamos tentar com outra pessoa.

Carriço: Eu me ofereço para tomar o copo de cerveja.

Risos!!!

Amélia: E então Kepler, podemos conversar?

Carriço: Cadê o Kepler?

Rogério: Não deu certo! Tem algo faltando!

Cleide: Vai ver que foi o amendoim. O Fernando estava comendo amendoim que o Jafelicé havia comprado quando surgiu o Tycho Brahe.

Carriço: Eu tenho aqui um resto de amendoins lá da praia de Ponta Negra. Vamos experimentar.

Amélia: E então? Vamos logo!

Carriço: Calma, devagar, hoje estou todo dolorido. Aliás, sempre fui um cara muito doente, desde que nasci em Weil Der Stadt em 1571.

Rogério: Deu certo! A mágica é o amendoim da praia de Ponta Negra, não a cerveja. Olha o Kepler falando conosco.

Pedro: Eu queria logo perguntar ao Kepler sobre o que ele achava do Tycho Brahe. Pela entrevista do Tycho

deu para perceber que ele não tinha lá uma grande afinidade com o Kepler.

Kepler: Eu vou ter mesmo de falar nesse assunto, só não gostaria de falar daquele velho ranzinza e egoísta logo agora. Eu li a entrevista dele na *FnE* e não gostei. Ele falou mal de mim e o editor da revista deixou. Vou querer meu direito de resposta.

Alexandre: Calma Kepler, nós estamos aqui justamente para entrevistá-lo, mas veja se modera a sua linguagem para que a entrevista possa sair na íntegra.

Kepler: Vá lá! Prefiro contar como tudo começou. Eu nasci em 1571 em Weil Der Stadt, uma cidadezinha perto de Leonberg, no Sacro Império Romano-Germânico. Ela fica, hoje, no sul da Alemanha, perto de Stuttgart e da França. Eu nasci de uma família aparentemente importante, mas só aparentemente.

Rogério: Como assim?

Kepler: Bem, meu avô paterno, Sebald Kepler, havia sido prefeito, burgo-mestre para ser mais preciso, de Weil Der Stadt. Ele era um artesão respeitado. Meu avô por parte de mãe, Melchior Guldenmann, também havia sido prefeito de Eltingen, uma vila próxima de Weil Der Stadt.

Jomar: Quer dizer que você já nasceu com a caminha pronta? Era da elite, da classe dominante...

Kepler: Engano seu, meu caro, deixe-me continuar. Apesar do meu avô paterno haver sido prefeito de Weil der Stadt, a fortuna da minha família estava em franco declínio na época em que eu nasci. Além disso, o ambiente familiar não era dos melhores. Minha avó paterna era uma mulher insaciável, esperta e uma grande criadora de problemas. Além disso, era invejosa, violenta, odiava as pessoas facilmente e guardava rancor. Todos os seus filhos herdaram algo daquele seu caráter pouco admirável. Meu pai, por exemplo, era um homem rude, cheio de vícios, inflexível e imoral. Um aventureiro e um autêntico criador de casos, que ganhava a vida precariamente como soldado mercenário, lutando para quem lhe pagasse mais. A mamãe também não era lá nenhuma flor. Era, também, uma criadora de problemas, que vivia

freqüentemente de mau humor. Ela coletava ervas e fazia poções que acreditava terem poderes mágicos. Isso terminou por lhe trazer sérios problemas quando eu já era adulto. Ela foi acusada de bruxaria e quase foi queimada na fogueira, como era o costume da época. Aliás, mamãe havia sido criada por uma tia que foi realmente queimada na fogueira como bruxa. Eu deixei tudo registrado nos horóscopos da família, uma espécie, também, de memória.

Amélia: Cruz credo, arreda capeta! Já estou ficando com medo desse cara, gente. Acho que vou embora enquanto não escurece. E além de falar todas essas coisas, o bicho já morreu.

Kepler: Pois é, aquilo tudo me marcou muito mesmo. Sempre fui um cara sofrido. Nasci uma criança prematura, de sete meses, e doente. A minha gestação teve exatos 224 dias, 9 horas e 53 minutos. Ainda bebezinho contrái varíola e quase fui para a terra dos pés juntos antes do tempo. A varíola atacou a minha vista e fiquei enxergando mal pelo resto da vida. Isso me impediu de ter vindo a ser um astrônomo observacional, como foi o Tycho Brahe. Como sempre fui apaixonado pelos astros, compensei essa minha deficiência física dedicando-me a interpretar as observações de outros. Fui, acima de tudo, um teórico que tentou encontrar uma ordem no caos das observações de outros astrônomos. Vi com os olhos poderosos da matemática.

Pedro: Estou calado até agora, só ouvindo você falar e notei que de vez em quando você fala umas coisas esquisitas. Agora, mesmo, referiu-se à sua gestação no útero de sua mãe de um modo que nunca havia visto ninguém falar antes. Desculpe, mas estou começando a achar que você não regula muito bem. Dá para tentar explicar essas coisas um pouco melhor?

Kepler: Meus amigos, a minha forma de falar, que lhes parece estranha, é decorrente das minhas crenças astrológicas. Sempre fui místico e desde cedo dediquei-me a fazer horóscopos. Isso tem, claro, um fundamento astrológico. Para a Astrologia, o destino dos homens está traçado nos

céus e pode ser seguido pela observação cuidadosa do movimento dos astros que ocupavam posições de destaque no preciso momento do nascimento de uma pessoa. Por isso, registrei de forma tão precisa a minha gestação, para saber o momento exato em que vim ao mundo e dessa forma poder estudar de modo mais preciso o meu próprio destino.

Alexandre: Isso tudo me deixa bastante intrigado. Não acredito em Astrologia e não quero, portanto, fazer apologia da mesma, mas tenho uma posição de respeito pelos que acreditam no que quer que queiram. Sei que você esteve sempre envolvido com a Astrologia. Já li, porém, e isso é muitas vezes posto em destaque nos livros mais conservadores, que você também criticou bastante a Astrologia, chegando até a zombar da mesma. Sei, também, que você foi muito influenciado pelas suas concepções místicas para ter chegado às suas formulações astronômicas. Seu próprio modelo de Universo com esferas circuncritas em poliedros regulares e aquela coisa da música celestial, da harmonia do cosmos como uma sinfonia, são testemunhas dessa influência mística, pitagórica ou neo-platônica, como queira. Queria entender como essas coisas se encaixavam no seu pensamento. Para mim, soa um tanto esquisito em alguns momentos você falar em termos astrológicos e em outros desancar a Astrologia. Como é essa coisa? O que há de verdade nisso tudo?

Kepler: Bem, eu fui mudando minha atitude perante a Astrologia com o decorrer da minha vida. Sempre fui e continuei sendo místico, mas apesar disso, entrei, realmente, em choque com a Astrologia em diversos momentos. Não é que não acreditasse nos seus princípios fundamentais, naquela coisa de que a posição dos astros determinava os destinos dos homens, mas no sentido de que as bases astronômicas da Astrologia, seus fundamentos observacionais, eram dignos do riso. Certamente eu sempre fui místico, eu acreditava piamente naquelas idéias pitagóricas, mas eu não fui místico no sentido de adotar exclusivamente um pensamento especula-

tivo. Muito pelo contrário! Eu tentei enquadrar as minhas próprias convicções místicas em um padrão de racionalidade matemática. Isso muitos não percebem ou não compreendem e criam, então, a maior celeuma. Uns me caricaturam como um astrólogo e outros como um adversário da Astrologia.

Alexandre: Ok! Prossiga, por favor.

Kepler: Como disse, eu nasci prematuramente e sempre fui um cara fraco e doente a vida inteira. Já nasci com miopia e visão múltipla.

Galamba: Quer dizer que você via fantasmas?

Kepler: Mais ou menos. E, além disso, eu sempre tive problemas de estômago e de vesícula. Sem falar que sofria de hemorróidas e tinha o corpo freqüentemente coberto por furúnculos e erupções.

Amélia: Galamba, dá licença. Troca de lugar comigo, não quero ficar junto do Kepler.

Pedro: Você não era hipocondríaco?

Kepler: De fato, vários biógrafos meus têm assinalado essa sua opinião. Confesso que quando vivo pensei sempre ser muito doente mesmo, mas é possível que muitas vezes a coisa tivesse mesmo um fundamento psicossomático. Mas deixe-me continuar meu papo. Meus pais eram muito pobres e por isso, de início, fui criado pelos meus avós.

Jomar: Isso está parecendo a história do Tycho que foi criado pelo tio dele. Será que não ser criado pelos próprios pais influencia no fato das pessoas virem a se tornar astrônomos?

Kepler: Acho que não, mas às vezes a gente fica mesmo a ver estrelas (risos). De toda forma, prefiro não fazer essa comparação com a história do Tycho. Ele era um cara sadio e que foi criado por um tio rico, riquíssimo. Eu era uma criança doente e fui, de início, criado por avós falidos.

Galamba: Está certo que a sua história tem uns tantos infortúnios, mas você é meio chorão, heim cara? Desse jeito a gente não anda nessa sua história.

Kepler: Pois bem, dos 3 aos 5 anos de idade, eu morei com os meus avós

paternos. Em 1576 meus pais mudaram-se para a vizinha Leonberg e eu fui com eles. Aos oito anos, em 1579, entrei para a Escola em Leonberg para aprender Latim e Alemão. Não fui um aluno notável; demorei duas vezes mais tempo na Escola de Latim do que o normal, que seria dois anos. Em 1584, entrei na Escola do Monastério (o seminário menor) em Adelberg. Lá comecei a me revelar como um estudante bastante talentoso. Em 1586, aos quinze anos, fui estudar em Maulbronn, em uma Escola preparatória para a Universidade de Tuebingen.

Cleide: E como foram seus dias na Escola?

Kepler: Minhas lembranças são as piores possíveis. Certamente, tive até a sorte de entrar para a Escola em um período em que o ensino estava sendo muito valorizado pela Reforma Protestante. Os protestantes incentivavam a educação básica para que as pessoas pudessem ler corretamente e interpretar a Bíblia. Os duques de Württemberg haviam criado na minha região, nessa perspectiva protestante, um sistema de ensino muito eficiente, tradicionalmente falando. A idéia era a de recrutar as melhores mentes para o nascente clero protestante. Para tal, um sistema de bolsas de estudo havia sido criado para crianças promissoras, do sexo masculino, de famílias pobres. E apesar de eu ser uma criança doente e fraca, eu era muito inteligente, precocemente brilhante mesmo.

Galamba: Puxa, que modéstia!

Kepler: Aquilo me garantiu, entretanto, um sucesso apenas relativo. Minhas notas eram as mais altas, mas eu era sempre alvo de zombarias. Apesar do sucesso nas notas, tive uma vivência escolar miserável.

Cleide: Conte isso melhor.

Kepler: Eu me sentia solitário e infeliz. Minha inteligência apenas contribuía para irritar os meus colegas, despertando-lhes a inveja. Eles, freqüentemente, batiam em mim. Eu não tinha como reagir, pois era mesmo fraco e doente. Era um autêntico saco de pancadas, um bobo da corte, um *nerd*, como vocês dizem atualmente. Eu mesmo me considerava um

cara repulsivo, feio. Eu me via como *um cão com medo de água*. Deixei isso por escrito em minhas memórias, como sabem. Eu sentia que ninguém poderia gostar mesmo de mim. Sentia-me um estranho no ninho, um patinho feio, um ET.

Galamba: Quer parar com essa lamentação, seja homem, cara!

Kepler: Pois é, o Galamba parece com os meus colegas.

Cleide: É Galamba, não tem graça, para com isso!

Jomar: Eu acho que o Galamba tem razão, professora, o cara é muito chorão, mesmo. E, além disso, gostaria que ele fosse sincero e nos contasse se só havia uma vítima nessa história toda...

Kepler: Bem, apesar de fraco e doente eu era um tipo meio provocador. Admito que criava alguns casos. Nos meus escritos de memórias chego a admitir ter sido várias vezes desleal e até mesmo invejoso. E eu sei que era muito competitivo mesmo, mas que era mais talentoso, isso era inquestionável. E eu às vezes tentava demonstrar isso, tornar esse fato público e evidente.

Pedro: Então está explicado, companheiro! Parece que você era mesmo um chato, como disse o Tycho.

Kepler: Pode ser que sim, mas apesar disso, desses momentos de distúrbios emocionais, eu não procurava contato com outros colegas, eu era bastante introvertido. Desse modo, descontente com a minha realidade material, voltei-me para o mundo das idéias e encontrei na religião, na minha fé, uma tábua de salvação. Minhas convicções religiosas eram tudo para mim. Elas eram o meu único modo de escapar de todas aquelas agruras terrenas. E assim fui estudar na Escola preparatória e depois na própria Universidade de Tuebingen. Procurei lá as coisas do pensamento, as coisas do céu.

Alexandre: Fica claro, então, o que você foi estudar lá.

Kepler: Pois é! Em 1589 entrei para a Universidade Protestante de Tuebingen para estudar Teologia, Filosofia, Matemática e Astronomia. Eu desejava ser um pastor luterano. Para isso, estudei bastante Teologia e li muito.

Rogério: Mas você chegou a se tornar um pastor luterano?

Kepler: Não, por duas razões principais e interligadas: a recusa em aderir à *Fórmula da Concórdia* e a minha convicção copernicana. Embora a minha família fosse luterana e eu, conseqüentemente, tivesse aderido à *Confissão de Augsburg* de 1530, eu me recusaria a aderir à *Fórmula da Concórdia* de 1577.

Pedro: *Confissão* de que? Que *Fórmula da Concórdia* é essa?

Kepler: São coisas da Reforma Protestante iniciada por Lutero. Em 1530 Melancthon redigiu uma espécie de formulário, denominado *Confissão de Augsburg*. A *Confissão* continha 28 artigos que sintetizavam a profissão de fé luterana. Assinar a *Confissão* significava aderir formalmente à fé luterana. Eu já havia assinado a minha adesão à *Confissão*, mas recusei-me a assinar a minha adesão à *Fórmula da Concórdia*, que me parecia muito radical.

Nairon: O que era essa *Fórmula da Concórdia*?

Kepler: Era um documento oficial posterior do luteranismo, bem mais radical, surgido em 1577, que sintetizava os conteúdos, as regras e os padrões de acordo com os quais todos os dogmas deveriam ser julgados e todas as controvérsias do ensino deveriam ser decididas e explicadas de um modo cristão. Como vocês sabem, Lutero havia condenado a doutrina de Copérnico e, assim sendo, ela havia sido rejeitada pelos cânones da *Fórmula da Concórdia*. Eu, que já me tornara um copernicano convicto, recusei-me, então, a aderir à *Fórmula*.

Pedro: E aí o caldo entornou...

Kepler: Quase! Não cheguei a ser expulso da Universidade, mas as minhas chances de tornar-me pastor luterano desapareceram. Eu fui excluído do recebimento dos sacramentos. Passei a ser visto com desconfiança pelos luteranos. Para eles eu era um meio luterano, não um luterano convicto.

Amélia: Mas como é mesmo que o Copérnico entrou nessa história?

Kepler: Bem, em Tuebingen eu fui aluno do grande astrônomo Michael Maestlin, que foi um dos primeiros a defender o sistema de Copérnico,

ainda que meio na surdina. Maestlin nascera em 1550, logo após a morte do Copérnico. Ele foi um dos primeiros astrônomos a aderir àquelas idéias. Ele foi da geração do Tycho Brahe, mas diferentemente do Tycho, ele aderiu ao copernicanismo. Para evitar polêmicas, ele ensinava aos alunos da graduação em Tuebingen as teorias do Ptolomeu e apenas aos mais adiantados as teorias do Copérnico. Ao tomar contato com as idéias do Copérnico eu me tornei logo um copernicano por razões físicas, ou mesmo metafísicas se vocês preferirem assim.

Jomar: Como assim?

Kepler: Eu era místico, um pitagórico que aceitava aquela idéia do Filolau, antigo filósofo grego, do fogo central do Universo. As idéias do Copérnico casaram, quase que instantaneamente, com as minhas concepções mais fundamentais sobre o Universo.

Rogério: E como foi sua vida na Universidade?

Kepler: Eu lia muito, muito mesmo. Passei nos exames e obtive o meu grau de Mestre em 1591. Poderia ensinar, mas não seria mais ministro de Deus, apenas um seu seguidor incompreendido pelos meus contemporâneos, uma ovelha desgarrada.

Galamba: Que cara dramático!

Kepler: Drama coisa nenhuma, eu cometi em Tuebingen a ousadia de defender o sistema copernicano em um debate público. Aquilo sepultou também minhas chances de obter um lugar para lecionar na Universidade. Lembrem-se que o próprio Martinho Lutero havia condenado as idéias de Copérnico e citado as Sagradas Escrituras para provar que ele estava errado.

Rogério: O livro do Leo Huberman, *A História da Riqueza do Homem*, menciona esse episódio sobre o Lutero e o Copérnico.

Pedro: E o que você fez ao concluir sua graduação?

Kepler: Continuei estudando em Tuebingen, como vocês diriam atualmente, como um estudante de pós-graduação. Fiquei lá com uma bolsa do ducado de Wuerttemberg até 1594, ano em que fui aceito para ensinar

Matemática no seminário protestante em Graz, na Áustria.

Cleide: E como foi a sua experiência como professor de Matemática?

Kepler: Não foi das melhores, o diretor implicava comigo. E eu não era um bom professor. Minha memória era muito seletiva, eu me recordava em detalhes de muitas coisas e esquecia de outras tantas. Isso me atrapalhava e me fazia misturar assuntos e falar muito ligeiro. Certo é que no primeiro ano o meu curso de Matemática teve poucos alunos e no ano seguinte nenhum.

Jomar: Aí, então, você foi demitido!

Kepler: Não, eu não fui demitido, coisa nenhuma! Eu tinha uma série de outras coisas para fazer.

Alexandre: Você refere-se ao diretor do Seminário com um certo rancor e sei que deixou isso registrado em suas cartas, mas há registros, também, de que ele livrou a sua pele quando os seus alunos sumiram. Ele afirmou que a culpa era dos alunos mesmo, que a Matemática era uma coisa difícil, que não era para qualquer um aprender. Não foi?

Cleide: Quer dizer que jogar a culpa nos alunos por eles não aprenderem Matemática é coisa antiga...

Kepler: Bem, eu sei que muitos dos meus biógrafos insinuam que eu tinha uma certa mania de perseguição. Naquela época eu não pensava assim, mas pode haver um fundo de verdade nisso mesmo. Mas de toda forma, eu não estou só nessas esquisitices na história da Física, não é?

Amélia: Com certeza! Tirando os malucos e os esquisitos, não sobra muita gente.

Jomar: Pensei que você tivesse sido demitido, pelo modo que falou. E o que mais você fazia?

Kepler: Eu havia sido indicado também, como matemático do distrito, responsável pela confecção do calendário. Uma das minhas obrigações principais era a de fazer previsões astrológicas, horóscopos. Apesar de fazê-los, eu comecei, desde aquela época, a esboçar a minha contrariedade contra os fundamentos da Astrologia.

Alexandre: Qual a sua discordância

com a Astrologia e como conciliava essa discordância com o fato de assim mesmo continuar a fazer horóscopos? Havia algo de cinismo nessa sua atitude? Você fazia, na prática, coisas com as quais, teoricamente, não estaria de acordo?

Kepler: Não exatamente! Esse é um ponto muito importante, que precisa ser compreendido com atenção. Meu desacordo não era com o fato da Astrologia prever o futuro, o destino dos homens marcados nos céus. Eu sempre acreditei no destino e na influência dos astros sobre a vida humana, fundamento maior da Astrologia. Ocorre, porém, que a Astrologia baseava-se no sistema Ptolomaico. Aliás, ainda hoje é assim, sabiam? Ela ainda fala em constelações, como se as mesmas tivessem existência real e não, apenas, aparente. Eu não gostava daquela imprecisão.

Pedro: Interessante! E daí?

Kepler: Daí que, tendo me tornado um copernicano convicto, queria reassentar as bases da Astrologia sobre novas concepções astronômicas. Aquela coisa velha que havia se tornado a Astrologia parecia-me totalmente em desacordo com as novas concepções trazidas pelo Copérnico. No fundo, eu não era um verdadeiro opositor, mas pretendia-me, sim, um reformador da Astrologia. Queria criar algo baseado na reflexão matemática. Foi por isso que fiz uma crítica dura que muitos não entenderam.

Alexandre: O que foi que você disse?

Kepler: Eu afirmei e isso está devidamente registrado, que: *uma mente acostumada à dedução matemática, quando confrontada com as bases falsas da Astrologia, resiste por muito tempo, tal qual uma mula obstinada, até ser compelida na pancada a por os seus cascos naquela lama podre.*

Alexandre: Mas apesar dessas suas críticas veementes você continuou a fazer horóscopos!

Kepler: Isso! Como disse antes, minha discordância era quanto às bases observacionais da Astrologia. Insisto que não havia nada de cínico em minha atitude.

Alexandre: Mas existem livros que insinuam, descaradamente, que você

fazia aquilo de modo um tanto ou quanto cínico. Que fazia para defender a sua sobrevivência, mas que desprezava a Astrologia.

Kepler: Acho que já expliquei a minha posição. Quero, além disso, assinalar que fiz duas importantes previsões que foram confirmadas com grande sucesso. Previ um inverno muito rigoroso na Áustria e uma invasão dos Turcos. A confirmação daqueles fatos me trouxe bastante prestígio e até um aumento salarial.

Pedro: Desculpe, não quero polemizar com o senhor, mas prever essas duas coisas não foi algo, assim, meio óbvio? Parece-me como prever uma seca no nordeste e uma invasão americana em algum país do oriente.

Kepler: Pode ser que sim, visto desse seu ângulo meio cético, mas para mim aquilo era coisa séria. Minha discordância se colocava nos termos que já expliquei.

Nairon: E quanto tempo você ficou em Graz?

Kepler: Até 1600, quando todos os protestantes foram intimados pelo imperador a se converterem ao catolicismo ou abandonarem a cidade.

Jomar: Por que isso?

Kepler: Eram atitudes da Contra-Reforma promovida pela Igreja Católica, numa tentativa de conter a Reforma Protestante que se espalhava pela Europa. Essas decisões haviam sido tomadas no Concílio de Trento, logo após a morte de Copérnico.

Rogério: Fale um pouco mais do que fez durante a sua estada em Graz.

Kepler: A vida lá não foi fácil. Durante os seis anos que passei em Graz ensinei Aritmética, Geometria, Evangelho e Retórica. Nas horas vagas eu estudava Astronomia e Astrologia. Foi em Graz que me casei pela primeira vez. Lá nasceram meus dois primeiros filhos, que morreram logo após o nascimento. Naquele mesmo ano do meu casamento publiquei meu primeiro trabalho, o *Mysterium Cosmographicum*. O livro era uma defesa clara e aberta do sistema copernicano. Eu não me contentei, entretanto, em reproduzir o esquema de mundo do Copérnico; eu queria mostrar ao mundo que ele fazia um sentido profundo, que havia uma

ordem divina subjacente ao mesmo. Foi nesse meu primeiro livro, sob forte influência neo-platônica, que desenvolvi aquela idéia de que as distâncias dos planetas até o Sol, no sistema copernicano, eram determinadas pelos cinco poliedros de Platão. Bastava supor que a órbita de cada planeta estava circunscrita sobre um sólido e inscrita em outros seguintes.

Jomar: Acho isso muito complicado. Já vi uma figura com esses sólidos e esferas, mas confesso que não entendo de onde você pode ter tirado aquela idéia. A minha primeira sensação é que... você sabe...

Galamba: Coisa de doido, aquilo me parece um chute. Ele quer dizer que parece coisa de doido e está acanhado, mas eu também achei isso logo que vi aquela figura. Para mim aquilo é um chute.

Kepler: Posso admitir que à primeira vista aquele meu esquema de órbitas inscritas em poliedros cause essa impressão, mas se vocês prestarem atenção no modo como aquela coisa toda me ocorreu, verão que ela faz um certo sentido.

Rogério: Pois explique, por favor. Estou curioso para saber de onde você tirou aquela idéia esquisita.

Kepler: Lecionando Geometria em Graz eu me questionava sobre a existência de uma ordem geométrica nos céus. Era uma postura, certamente, bastante pitagórica. Pitágoras e os seus discípulos acreditavam na existência de harmonias na natureza, algo como uma sinfonia divina. Restava encontrar aqueles acordes. Pois bem, eu me colocava a seguinte pergunta, o meu problema de pesquisa, como dizem atualmente os entendidos em metodologia da investigação: *Por que o Criador fez as órbitas dos planetas do tamanho que elas são?*

Nairon: E como a Geometria entrou nessa história?

Kepler: Buscando uma ordem subjacente que justificasse a escolha divina daquelas distâncias planetárias, eu comecei observando certas regularidades existentes na Geometria. Notei, por exemplo, logo de início, que circunscrevendo uma circunferência em um triângulo equilátero e logo após circunscrevendo um quadrado

sobre essa primeira circunferência e em seguida uma nova circunferência sobre este quadrado, era possível encontrar uma certa regularidade.

Nairon: Que regularidade?

Kepler: Na continuidade daquele processo, adicionando novos polígonos regulares, pentágonos, hexágonos etc, e as respectivas circunferências circunscritas, era possível notar que havia uma razão fixa entre os diâmetros daquelas circunferências. E como eu tinha sempre em mente as órbitas dos planetas, pensei que, talvez, aquela ordem se aplicasse aos tamanhos das órbitas. Deste modo, se assim fosse, os valores daquelas órbitas não seriam aleatórios, mas guardariam entre si uma relação estética e harmônica. Mas aquilo foi só o começo da idéia, como um todo.

Galamba: E deu certo?

Kepler: Infelizmente, não muito! Parecia que o plano de Deus era algo bem mais complicado, as razões não eram exatamente aquelas. Mas que o plano matemático divino existia, disso eu nunca duvidei. A razão matemática deveria existir, mas não era aquela encontrada com as figuras geométricas planas.

Rogério: Eu pensava que o seu modelo era composto de sólidos como havia falado antes. Agora você falou de figuras planas, polígonos. Como é essa coisa?

Kepler: Os poliedros regulares, ou mais precisamente, os sólidos de Platão, foram o próximo passo da minha investigação. Eu queria encontrar a simetria subjacente ao cosmos, entender a ordem oculta no Universo copernicano.

Amélia: Que bonito. E então?

Kepler: Então, seguindo a tradição de Pitágoras e Platão, tentei encontrar uma certa simetria que desse conta da beleza matemática do Cosmos. Eu pensei que deveria buscar para o Universo uma simetria tridimensional. Sendo o Universo tridimensional eu deveria pensar em termos de esferas celestes com as órbitas planetárias em seus equadores. Raciocinando de modo semelhante ao caso no plano, imaginei duas esferas concêntricas com um tetraedro entre elas de modo que a esfera externa passasse

pelos vértices do tetraedro e a esfera interna tocasse todas as suas faces, mas estivesse completamente contida no tetraedro. O processo prosseguia com a adição de novos poliedros. E tem mais: como existem apenas cinco sólidos platônicos, haveria exatamente seis planetas correspondentes aos raios das seis esferas. Assim, eu esperava que as distâncias planetárias ao Sol obedecessem aquele esquema, mantendo a mesma razão entre si que os raios das esferas do esquema geométrico que acabei de mencionar. Se isso se confirmasse eu teria, certamente, achado uma bela explicação do porque existiam apenas seis planetas e do porque as distâncias ao Sol assumiam aqueles valores encontrados. Era um modelo geométrico de uma incontestável elegância. Alguém duvida disso?

Pedro: Não! Parece algo realmente muito belo! Mas deu certo?

Kepler: Infelizmente, não tanto quanto eu desejava! Havia algumas discrepâncias nas medidas das órbitas que eu não sabia como explicar.

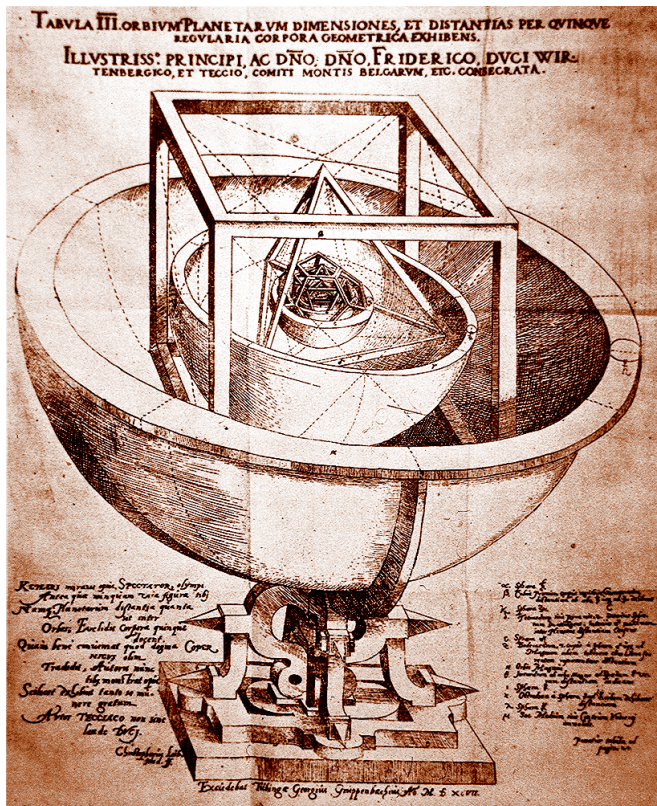
Galamba: Neste caso, como a medida das órbitas não dava exatamente o mesmo valor para a razão que aquele previsto pelo seu modelo, você, certamente, abandonou aquele modelo esquisito dos tais sólidos, certo?

Kepler: Errado!

Galamba: Como assim, cara? Quando uma concepção mostra-se errada na Ciência, em descordo com as observações, a gente não a abandona e parte logo para outra?

Kepler: Nem sempre meu jovem, não é tão simples assim. Por que eu haveria de abandonar o meu belo modelo? As discrepâncias observadas, principalmente aquelas existentes nos dados referentes às órbitas de Mercúrio e de Júpiter, poderiam, muito bem, ser explicados por erros nas tabelas de Copérnico. Tudo que eu precisava para confirmar minha hipótese era ter acesso a dados observacionais bem mais precisos que aqueles de Copérnico. Eu tinha a firme convicção de que, com dados melhores, poderia encontrar a ordem implícita na organização do Universo.

Alexandre: Foi aí, então, que você



Modelo kepleriano de sólidos platônicos para o universo apresentado no *Mysterium Cosmographicum*.

pensou nos dados coletados pelo Tycho Brahe...

Kepler: Certamente! O Tycho era um grande observador, o maior de todos. Os seus dados tornaram-se uma obsessão para mim.

Jomar: Deixe-me voltar um pouco no que você disse antes. Você falou várias vezes que um dos encantos dessa sua teoria dos tais sólidos platônicos residia no fato de também servir para justificar a existência de apenas seis planetas. Mas isso está errado, são nove, não?

Kepler: Na minha época eram apenas seis, incluindo a Terra entre eles, já que eu era um copernicano. Eram Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno. A descoberta dos outros veio bem depois da minha morte, coisas dos séculos XIX e XX.

Jomar: Ahhh...!

Rogério: Eu havia lido, não me lembro onde, que os antigos acreditavam na existência de sete planetas. Você, agora, falou em seis. Como é isso?

Kepler: Você está certo. Os antigos, Ptolomeu entre eles, falavam em sete planetas: Sol, Lua, Mercúrio, Vênus,

Marte, Júpiter e Saturno. Veja, que eu retirei dois deles: o Sol e a Lua e coloquei a Terra como um planeta. Para mim, o Sol era o centro de tudo e a Terra um simples planeta. Já a Lua eu não a considerava como um planeta. Cheguei até a introduzir uma nova palavra para descrevê-la: satélite. Mas essa denominação eu só passei a usar após haver tomado conhecimento das observações feitas por Galileu do planeta Júpiter. Isso, portanto, foi lá por 1611. Eu chego lá.

Amélia: Quer dizer que você, apesar de copernicano,

botou a culpa da falha do seu modelo nas tabelas do Copérnico?

Kepler: Isso! E qual é o cientista que bota logo a culpa dos desacordos observacionais na sua própria teoria? Quem é que gosta de atirar no próprio pé? O mais comum é atirar no pé dos outros. Certamente, todos nós precisamos ser críticos, mas é mais fácil criticar as idéias dos outros (risos). Eu era copernicano no tocante à concepção de mundo heliocêntrica do Copérnico, mas achava suas tabelas muito imprecisas. Recentemente, bem depois de morto, claro, li algumas coisas do Paul Feyrabend e acho que a sua visão sobre o papel da crítica na Ciência pode dar conta da minha atitude.

Amélia: Como assim? O que tem o Feyrabend com isso?

Kepler: Estou me referindo àquele debate famoso, ocorrido em Londres no final dos 1960 sobre a obra do Thomas Kuhn. O Kuhn foi criticado pelo Popper e pelos seus seguidores por não valorizar o papel da crítica no desenvolvimento da Ciência. O Popper disse, textualmente, que o cientista kuhneano era um deslavado cerebral e afirmou que a crítica é a mola mes-

tra da Ciência. Foi então que o Feyrabend entrou em cena e ironicamente ressaltou que essa crítica era sempre assimétrica, que os cientistas costumam tratar as suas próprias teorias como se elas fossem um cãozinho de estimação enquanto tratam as teorias dos outros como se fossem animais ferozes (risos). Pois bem, foi mais ou menos com esse espírito feyrabendiano que eu olhei para as minhas idéias e para as do Copérnico.

Amélia: Estou entendendo. Bem que a minha avó já dizia, *Mateus, Mateus, primeiro os teus*.

Cleide: E como o Tycho entrou no seu caminho?

Kepler: Bem, em 1598 todos os protestantes foram forçados a aderirem ao catolicismo ou saírem de Graz.

Jomar: Você tinha dito antes que isso tinha sido em 1600.

Kepler: Não, a perseguição começou logo em 1598, mas eu só vim a sair em 1600. Em 1598 o seminário protestante onde eu ensinava foi fechado pelo jovem arquiduque Ferdinando de Habsburgo. Ele queria eliminar a heresia luterana das suas províncias. Eu pude ficar, pois meu trabalho de fazer horóscopos era bem aceito. Entretanto, no ano seguinte a situação piorou e diante da obrigação de ter de me converter ao catolicismo ou sair de Graz, me vi compelido a ir trabalhar em outro lugar.

Rogério: Foi aí que você pensou em ir para Praga, trabalhar com o Tycho?

Kepler: Para ser sincero, não! Eu ainda tentei voltar para Tuebingen, mas os luteranos de lá não me viam com bons olhos pelo fato de eu ser um copernicano declarado. Foi então, nesse momento particularmente difícil da minha vida, que surgiu o convite do Tycho para ir trabalhar com ele. Naquela época nos correspondíamos há dois anos.

Jomar: Quer dizer que, no fundo, o Tycho agiu como seu amigo convidando-o nesse momento difícil. E parece que você não foi muito grato com ele.

Kepler: O Tycho não agiu como meu amigo coisa nenhuma! Foi um mero jogo de interesses da parte dele. Logo após publicar o meu *Mysterium*

Cosmographicum, em 1597, ficou claro para os astrônomos em geral, inclusive para Tycho, que eu era um teórico com grandes dotes matemáticos. E já naquela época, e mais ainda em 1600, o Tycho estava desesperado por não conseguir ajustar os seus dados observacionais com aquele seu modelo híbrido no qual os planetas giravam em torno da Terra e a Terra girava, juntamente com os demais planetas, em torno do Sol. Ele era apenas um astrônomo de campo, sem grande talento matemático e o seu grande ajudante, o Longomontanus, também não estava à minha altura. Logo...

Rogério: Mas você também só queria botar a mão nos dados observacionais do Tycho. Ele mesmo disse isso na entrevista que nos concedeu e você, de certo modo, confirmou essa versão.

Kepler: Vamos esclarecer essa coisa. Há muita água embaixo da ponte. Eu deixei por escrito a minha versão. O Tycho era um homem muito rico, riquíssimo. E como quase todo homem rico, não sabe bem o que fazer da sua fortuna. Claro, estou me referindo aos dados que ele possuía. Há uma enorme diferença de atitudes entre eu e o Tycho. Para começar, o Tycho era um sujeito detestável, egoísta, que não queria me mostrar os seus dados, apenas parte deles; aquilo que lhe parecia conveniente. Ele queria me usar para que eu confirmasse o seu modelo, enquanto eu queria apenas utilizar os seus dados para compreender a ordem oculta do Universo, para entrar na mente do Criador, descobrir o plano de Deus. Eu era um asceta, enquanto ele era um beberrão inveterado, que como vocês sabem bem morreu após uma carrapana.

Alexandre: Epa! Modera essa linguagem, senão o editor da revista corta a entrevista.

Kepler: Modero coisa nenhuma, o Tycho era mais do que isso! Invejoso, sarcástico, perverso, beberrão... Leia as minhas cartas ao Maestlin ou veja a peça escrita recentemente pelo Patrick Gabridge intitulada *Reading the Mind of God* (Lendo a Mente de Deus). Acho que ainda não traduziram para o português. Ela descreve, com fino

humor, o meu relacionamento, digamos... neurótico, com o Tycho.

Rogério: Calma Kepler. De todo modo, você impressiona com essa sua convicção baseada nas suas crenças religiosas, mas será que, no fundo, você não estava também querendo apenas provar o seu modelo, ainda que, digamos, por razões mais nobres?

Kepler: Como assim?

Nairon: Meu caro Kepler, apesar de simpatizar muito com a sua postura de buscar essa tal, digamos, "ordem implícita" no Universo copernicano, creio que o Rogério tem uma certa razão na sua crítica. Afinal, a sua convicção de que deveria existir uma razão que justificasse as distâncias dos planetas ao Sol, era um mero pressuposto metafísico. Neste sentido, sua intenção não era, mesmo, muito diferente da do Tycho.

Kepler: Creio que não! Deus não joga dados com o Universo. Aprendi isso muito tempo depois de morto lendo as coisas do Einstein.

Nairon: O que eu quero dizer é que olhando do ponto de vista da mecânica newtoniana, não faz sentido nenhum procurar uma razão especial de ser para essas distâncias entre os planetas e o Sol, como você queria. Elas não parecem coisas divinas, como pareciam para você, pois se, por exemplo, o sistema solar fosse perturbado pela proximidade de algum corpo celeste de grandes proporções, algo como uma estrela, sei lá, as tais distâncias dos planetas ao Sol seriam modificadas.

Kepler: Certo, mas eu não sabia disso. A Mecânica de Newton é posterior à minha morte. É por isso que, de certo modo, a mecânica newtoniana dessacraliza o Cosmos, ao menos nesse sentido relacionado às razões de ser das distâncias entre os planetas e o Sol – já que o próprio Newton via o espaço também de uma forma mística, como o sensorio de Deus. É importante, porém, notar que eu jamais poderia ter compreendido isso que você falou. A minha perspectiva teórica era outra. Para mim, o sistema solar era a parte mais importante da criação e deste modo eu esperava que algo muito especial houvesse sido plane-

jado pelo Criador e que se refletisse em alguma ordem geométrica subjacente. Sacou?

Galamba: Então nós podemos dizer que como você não conhecia a Mecânica de Newton, por haver morrido antes do seu aparecimento, a sua postura era um tanto antiquada ao estudar a natureza...

Kepler: Alto lá rapazinho, vê como fala. Sou fraco e doente, mas não gosto de levar desaforo para casa. E você vai ter que comer muito feijão preto com espinafre para chegar onde cheguei, ciente? Certamente a minha abordagem pode parecer antiquada quando comparada à postura newtoniana, mas não parece tão antiquada quando comparada à postura da Física Moderna.

Galamba: Como assim?

Kepler: Veja o que a Física do século XX nos ensinou e compare com a minha perspectiva clássica ou pré-clássica, como queira chamar.

Galamba: Eu não gosto de Física Moderna, acho que ela nem deveria ser ensinada na escola. Corta esse papo e vamos falar das suas teorias que, para mim, não têm nada com a Física Moderna.

Kepler: Pois você deveria gostar. Se eu estivesse vivo atualmente, gostaria de trabalhar com a Mecânica Quântica.

Galamba: Por que?

Kepler: Veja lá: o átomo de hidrogênio tem apenas um elétron girando em torno de um próton. Isso lembra um sistema planetário e a Mecânica Quântica estabelece que o elétron pode descrever apenas certas órbitas. Há, portanto, uma certa ordem geométrica, de algum modo semelhante àquela que eu gostaria de haver encontrado para os planetas no sistema solar.

Rogério: Estou entendendo onde você quer chegar. Pode ser que exista uma tal ordem geométrica mais básica na natureza, não mais no nível planetário. E, realmente, uma tal ordem guardaria semelhanças com a sua atitude, historicamente vencida, diante do sistema solar.

Galamba: Já estou todo atrapalhado com esse papo. Não gosto nada desses nossos entrevistados que já

morreram continuarem lendo as coisas de outros que vieram depois deles. Para mim o cara morreu, acabou. Deveria deixar de ser metido e ficar lendo as coisas dos outros que vieram depois. Dá para voltar o papo para a sua época e não sair mais de lá?

Rogério: Calma Galamba, o Kepler fez apenas uma incursão por épocas mais recentes em termos comparativos.

Kepler: É, vamos voltar mesmo aos anos em Praga, começando nos 1600.

Galamba: Ótimo! Você estava falando que Tycho o havia convidado por ter gostado do seu livro, o *Mysterium Cosmographicum*, não foi isso?

Kepler: Não exatamente! Eu não disse que ele gostou do livro; disse que o meu livro fê-lo perceber os meus dotes matemáticos, que poderiam ser úteis para ele.

Pedro: Tendo sido o seu primeiro livro, você não recebeu nenhuma ajuda do seu antigo mestre, o Maestlin?

Kepler: Claro! O Maestlin ajudou-me tanto com sugestões ainda no borrão quanto para a primeira edição do livro. Entretanto, ele adicionou naquela primeira edição do meu livro um apêndice com a quarta edição do *Narratio Prima* do Rethicus, e isso eu não posso dizer que apreciei. Era um texto muito primitivo, datado de 1540, sobre as idéias do Copérnico. Aquilo não casava bem com o propósito do meu livro, que era o de compreender o que estava subjacente ao esquema do Copérnico. Mas foi só na primeira edição, e tendo sido iniciativa do Maestlin, eu não tinha como recusar.

Rogério: O Maestlin também publicou alguma coisa dele mesmo sobre o Copérnico, ou apenas ensinava furtivamente as suas teorias?

Kepler: Veja, o Maestlin era um homem de outra geração, havia nascido em 1550 e ensinava em uma Universidade protestante em plena eferescência da Reforma. Ele tinha de ser mais contido que eu. Eu era bem mais afoito que ele.

Amélia: Gostei! Gosto de pessoas afoitas, que desafiam a ordem estabelecida.

Kepler: Obrigado! Pois é, eu, de

certo modo, fui contra a ortodoxia tanto protestante quanto dos católicos a respeito da obra do Copérnico. Mas gostaria de assinalar que, apesar do seu modo mais prudente, o Maestlin, que ensinava predominantemente o modelo do Ptolomeu, chegou a acrescentar na última edição do seu *Epitome Astronomiae*, em 1588, um apêndice contendo breves informações sobre o sistema copernicano. Ele ainda viveu um bocado e pode acompanhar toda a minha trajetória. Aliás, o Maestlin morreu em 1631, já aos 81 anos de idade, um ano após a minha morte. A extensão de sua vida o fez contemporâneo das carreiras do Tycho e da minha própria.

Jomar: Por que esse papo todo sobre o Maestlin? Você não estava falando da sua ida para Praga, em 1600?

Kepler: É que quando o Tycho me convidou para ir trabalhar com ele em Praga, eu escrevi uma carta ao Maestlin na qual dizia, claramente, o que pensava do Tycho.

Cleide: Essa carta ainda existe?

Kepler: Sim! Está no livro da Baumgardt. Essa e muitas outras das minhas muitas cartas.

Rogério: E o que você dizia do Tycho?

Galamba: Aposto que boa coisa não era.

Kepler: Realmente! Eu já disse antes o espírito da coisa, mas, agora, vou usar as mesmas palavras contidas na carta que escrevi ao Maestlin. Eu escrevi em termos metafóricos o seguinte: *Tycho é superlativamente rico, mas não sabe como usar apropriadamente a sua fortuna. Como acontece com a maior parte dos ricos. Por isso, alguém tem que arrancar aquelas suas riquezas.*

Galamba: Você quer dizer roubar os dados do Tycho...

Kepler: Eu não usaria essas palavras. Eu já expliquei antes a minha verdadeira intenção. Eu queria compreender a mente de Deus.

Jomar: Mas utilizando o que não era seu.

Kepler: Os dados não eram dele. As posições dos astros não haviam sido inventadas por ele. Ele, apenas, as havia compilado rigorosamente. Eu não poderia ter feito aquilo, pois como

já expliquei antes, era meio cegueta. Mas, aquilo, para mim, eram as próprias palavras de Deus. O Tycho queria guardar aquilo só para si, usar para a sua glória pessoal, enquanto eu queria compartilhar com todos os homens de fé. Era preciso contemplar matematicamente a obra do Criador e aquilo eram as ferramentas básicas necessárias.

Cleide: Estou de acordo com o Kepler, aqueles dados eram mesmo um patrimônio da humanidade.

Kepler: Ainda bem que alguém está de acordo comigo, já estava ficando encabulado. Além disso, a minha convivência com o Tycho e a com a sua família foi muito atribulada. Todos eles me humilhavam sempre que podiam. Ele sonegava informações e apenas me deu os dados referentes à órbita de Marte por serem muito descontraídos com a sua própria teoria. Mas aquilo, ao final, revelou-se muito frutífero para mim, pois Marte apresentava uma das órbitas, como depois pude constatar, mais próximas de uma elipse, dentre os planetas do sistema solar conhecidos até então. Neste ponto, a sorte esteve do meu lado.

Pedro: Gostaria que você esclarecesse um pouco a origem dessa sua divergência com o Tycho. Além disso, alguns textos insinuam que vocês eram até amigos.

Kepler: De modo nenhum! Como já disse, o Tycho era um indivíduo invejoso, tinha receio que eu alcançasse um maior destaque que ele. Mas eu admito que cometi alguns erros que complicaram o nosso relacionamento. A culpa foi do Ursus.

Jomar: Do urso? Que conversa é essa, cara? Tem um urso nessa história?

Kepler: Alto lá mocinho, me respeite, eu falei Ursus e você ouviu muito bem. O Ursus era o Matemático Imperial antes do Tycho. Era um cara irascível e violento, mas um astrônomo competente. Ele e o Tycho eram inimigos de morte e eu entrei de boeira no meio da briga dos dois.

Jomar: Como assim?

Kepler: O Ursus havia visitado o Tycho, em Uraniborg. Tycho suspeitava que Ursus queria roubar os seus

dados, os esquemas do seu modelo planetário. E parece que o Ursus andou olhando mesmo, pois Tycho mandou um assistente seu, o Andreas, dormir no quarto com o Ursus para vigiá-lo. O Andreas, de fato, achou alguns papéis do Tycho entre as coisas do Ursus e daí foi uma briga feia.

Galamba (sussurrando): – A história está se complicando. O Tycho mandou o seu assistente dormir com o urso?

Rogério (sussurrando): – Cala a boca, Galamba. Se o Kepler ouvir isso vai terminar te dando uns tapas. E eu vou deixar.

Kepler: O que?

Galamba: Nada!

Kepler: Pois bem, logo depois o Ursus publicou um modelo planetário bem parecido com o do Tycho, que, afinal, não era nada lá muito original. Era, na verdade, uma nova versão do antigo modelo de Heraclides do Ponto. Mas foi uma baixaria a confusão armada. E eu não sabia nada disso; só soube muito depois. Então, logo após terminar o meu *Mysterium Cosmographicum*, em 1597, resolvi enviar cartas para vários astrônomos falando das minhas descobertas. Eu, àquela altura, ainda era um desconhecido buscando um lugar ao Sol. Dentre as cartas enviadas, mandei uma para o Ursus, cheia de elogios ao seu talento ao mesmo tempo em que me apresentava ao mesmo. O mal educado nem ao menos me respondeu. Entretanto, após ter me tornado famoso com o meu livro, ele publicou, sem minha autorização, aqueles elogios exagerados que eu havia feito à sua pessoa como uma forma de insinuar que eu estaria do seu lado na disputa dele com o Tycho.

Jomar: É nisso que dá ser bajulador. E logo bajulador de Ursus. E então, sobrou para você?

Kepler: Isso! E eu, de bobeira, ainda mandei um livro meu para o Ursus pedindo que ele desse ao Tycho. Quando percebi a besteira que havia feito, escrevi ao Tycho me humilhando, pedindo mil desculpas. Ele deu uma de superior, disse que não se importava, mas escreveu ao Maestlin falando mal de mim. E pior, quando eu

fui ser seu assistente, me obrigou a escrever um texto atacando o Ursus e defendendo o seu próprio modelo. E àquela época o Ursus já havia morrido, mas mesmo assim o Tycho ainda queria detratar a sua imagem e me usar para fazer aquilo. Aquilo me pareceu algo repugnante.

Amélia: Isso! E então você reagiu e disse ao Tycho que não se sujeitaria àquela patifaria, não foi?

Kepler: Não! O pior é que eu escrevi mesmo. Eu me acovardei e escrevi aquele troço, mesmo sem gostar. O panfleto chamava-se: – *A Defesa de Tycho feita por Kepler contra Ursus*.

Pedro: Essa história é verdade mesmo? Posso contar para os meus alunos ou é conversa mole?

Kepler: Claro que é verdade! Ela foi registrada por vários dos meus biógrafos. Essa obra foi reeditada pelo Nicholas Jardine em 1984 e está comentada na obra do Edward Rosen de 1986. Mas eu até prefiro que vocês não contem (risos).

Cleide: Deixando um pouco de lado essas suas disputas com o Tycho e com esse tal de Ursus, como foi a sua estada em Praga?

Kepler: Bem, eu fiquei em Praga por doze anos. Foi uma estada longa e muito produtiva, apesar de inicialmente difícil, como podem deduzir. Lá produzi as melhores obras de minha vida. Após pouco menos de um ano de convivência com Tycho, ele morreu depois daquela bebedeira e eu, rapidamente, aproveitei a situação para me apossar dos seus dados. A família dele tencionava vendê-los, mas eu fui mais rápido que eles e consegui salvar aquela imensa fortuna do conhecimento humano.

Galamba: Hum, hum... Sei...

Kepler: O Tycho era o matemático imperial e eu apenas o seu assistente. Com a sua morte, em 1601, fiquei sendo o novo matemático imperial, nomeado pelo imperador Rodolfo II. Fiquei com o posto até 1612, quando Rodolfo foi deposto. Meu salário era bom, mas freqüente não me pagavam. Deste modo, tive de sobreviver graças aos horóscopos que fazia para os poderosos.

Rogério: E a sua produção científica?

Kepler: Logo em 1604, publiquei a *Astronomia pars Optica* (A Parte Óptica da Astronomia) onde lidava com o problema da refração atmosférica e desenvolvia a teoria das lentes. Isso, sem esquecer que também explicava o funcionamento do olho. Sistematizei o estudo da óptica. Boa parte do que vocês ensinam da óptica geométrica ainda hoje, seguindo os seus livros didáticos, deve-se a mim, sabem?

Jomar: Não sabia. Pensava que você só havia se metido com a Astronomia.

Kepler: Não! Eu fui o primeiro a explicar a formação de imagens em uma câmara escura; fui, também, o primeiro a explicar a refração da luz dentro do olho; expliquei, igualmente, como calcular as lentes para corrigir a miopia e a hipermetropia; sem falar da explicação que dei sobre o modo como os dois olhos eram necessários para criarem a percepção de profundidade.

Pedro: E a Astronomia? As suas famosas leis, como nasceram?

Kepler: Bem, já em 1604 havia aparecido uma estrela Nova. Em 1606 lancei um livro intitulado *De Stella Nova* analisando aquele fenômeno. Em 1609, escrevi *Astronomia Nova*, onde apareciam as duas primeiras leis do movimento planetário.

Pedro: E a terceira lei?

Kepler: Essa eu ainda demorei mais nove anos perseguindo.

Rogério: Então conte como chegou às suas leis.

Kepler: Para começar, é interessante notar que enquanto os astrônomos até então haviam adotado uma postura cinemática de apenas descreverem o movimento dos planetas, eu segui uma abordagem totalmente nova. Eu queria saber o que causava aqueles movimentos. Deste modo, introduzi a Física nos céus, adotando uma abordagem dinâmica da situação.

Jomar: Quer dizer que você descobriu as suas duas primeiras leis em 1609, já bem depois da morte de Tycho?

Kepler: Não foi bem assim. Eu publiquei em 1609, mas a descoberta havia começado já em 1602.

Pedro: Mas a primeira lei foi descoberta em 1602?

Kepler: Não! Eu primeiro descobri a segunda lei, a lei das áreas, aquela que diz, na linguagem que vocês ensinam, que o raio vetor descreve áreas iguais em tempos iguais. Isso foi em 1602.

Galamba: Quer dizer que a primeira lei, que afirma que as trajetórias dos planetas são elípticas, é posterior?

Kepler: Isso mesmo! A primeira lei, a das elipses, eu a descobri em 1605.

Galamba: Isso não faz sentido. Por que você não chamou a primeira de segunda e segunda de primeira? Que confusão, cara.

Kepler: Não há nada de confusão. A questão é que a denominação da ordem nas leis é posterior e tenta dar conta de uma explicação para o sistema. Sua ordenação é, portanto, lógica, pedagógica, não cronológica. Sacou?

Nairon: E o que mais você estudou da Astronomia, por essa época?

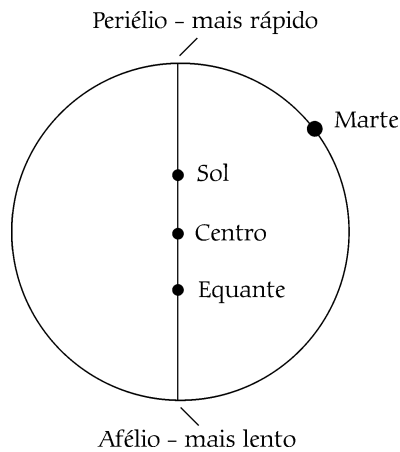
Kepler: Olha, em 1607, eu utilizei uma câmara escura para observar o disco solar e as manchas do Sol, que por um equívoco eu interpretei como sendo um trânsito de Mercúrio.

Rogério: Mas como você descobriu essas duas primeiras leis do movimento planetário?

Kepler: Essa é uma história muito longa e complicada, mas vou simplificar. Como eu já disse antes, eu estava trabalhando, inicialmente, com os dados de Tycho para a órbita de Marte. Embora, à primeira vista, a órbita de Marte fosse semelhante a uma circunferência, o Sol não parecia estar no centro da mesma. Claro, eu não percebi isso logo de início, mas o Sol estava situado em um ponto a uma distância de um terço do centro do círculo. Além disso, percebi que a velocidade de Marte variava ao longo de sua órbita. Ele movia-se mais rapidamente quando estava próximo do Sol e mais lentamente quando estava mais afastado do mesmo. Aquilo me intrigou.

Jomar: Por que?

Kepler: Porque eu acreditava, como de resto todos os outros astrônomos, que o movimento de qualquer



O equante e sua função reguladora.

planeta deveria ser uniforme. Era o dogma do movimento circular uniforme estabelecido na Antiguidade por Platão. E então eu me coloquei um problema clássico: – como poderia o movimento de Marte ser descrito por algum tipo de movimento uniforme?

Amélia: Essa forma de ver o problema está me parecendo com o modo do Ptolomeu tentar encontrar algum artifício mediante uma combinação de movimentos circulares que salvasse as aparências, ou seja, que mostrasse que as irregularidades eram apenas aparentes.

Kepler: Você tem razão, essa era mesmo a postura ptolomaica, mas ela não dava certo.

Rogério: Explica isso melhor, estou confuso.

Kepler: Veja, uma solução possível seria imaginar, como havia feito Ptolomeu, a existência de um ponto chamado 'equante', que ficasse, em nosso caso, a uma distância do centro da órbita circular do planeta igual à distância do Sol ao centro dessa mesma órbita. Ou seja, esse tal ponto equante e o Sol ficariam equidistantes em relação ao centro da órbita, mas de lados opostos. Sacou?

Rogério: Entendi onde ficava o tal equante, mas não compreendi como esse tal ponto auxiliava na explicação do movimento de Marte não ser uniforme.

Kepler: Bem, a idéia era a de que Marte mover-se-ia em torno do equante a uma velocidade angular constante. Para isso bastava imaginar o equante mais próximo do ponto da

órbita no qual o planeta atingia a menor velocidade, ou seja, a posição mais distante do Sol ou afélio. Imagine, por exemplo, um raio que saísse do equante até Marte. Esse raio poderia ser visto como varrendo ângulos iguais em tempos iguais, isso porque haveria uma compensação entre a menor distância do equante ao planeta e maior velocidade do mesmo, fazendo com que ele percorresse o mesmo ângulo que quando estivesse a uma maior distância do equante e com uma menor velocidade. Ok?

Pedro: Estou ligado, Marte visto do Sol apresentaria velocidade angular variável, maior nos pontos mais próximos da órbita e menor nos mais afastados. Entretanto, visto do equante, Marte apresentaria sempre a mesma velocidade angular. Certo?

Kepler: Isso!

Amélia: De onde vinha o nome equante?

Kepler: Equante quer dizer equalizador, ou seja aquele que torna as coisas iguais. A idéia era exatamente a que o Pedro acabou de falar: – visto do equante as velocidades angulares tornavam-se iguais. Daí a origem do nome.

Jomar: Mas por que você falou, momentos atrás, que não deu certo?

Kepler: Porque eu testei aquele modelo do equante utilizando as observações muito precisas das posições de Marte coletadas pelo Tycho e os seus dados não batiam com a idéia do equante. O melhor dos ajustes das posições do Sol e do equante ainda resultava em um pequeno erro de 8 minutos de arco para a órbita de Marte. Era, realmente, um erro praticamente desprezível para a maioria dos observadores. Aquele desacordo poderia muito bem ser atribuído a pequenos erros observacionais.

Galamba: Então estava resolvido meu amigo. Se era um erro desprezível, você já havia encontrado a solução com o tal equante e não havia percebido.

Kepler: De modo nenhum meu jovem. Um erro de oito minutos de arco seria realmente desprezível para as medidas de praticamente todos os astrônomos, mas jamais para as medidas do Tycho. Ele era um observador

perfeccionista. Ele jamais cometeria um erro daquele porte. Eu agarrei-me nessa convicção e não acreditei que fosse possível resolver o problema do movimento não uniforme de Marte utilizando o artifício do equante.

Rogério: Quer dizer, então, que você está admitindo que foram as medidas do Tycho que o fizeram tomar um outro rumo, buscar uma outra solução. Essa é mais ou menos a versão que os livros didáticos apresentam.

Kepler: Mas a questão é bem mais complexa. Eu já tinha uma tendência em não aceitar o equante. Ele violentava o dogma platônico dos movimentos celestes. Não foi apenas a confiança nos dados do Tycho que me lançou em outra direção da busca de uma nova solução. Foi um misto da minha atitude mística de não querer aceitar o equante, de achar que aquele artifício ia contra o dogma platônico do movimento circular, juntamente com a confiança nos dados do Tycho. Por isso eu também não aceitava a possibilidade de utilizar epiciclos, artifícios destinados a salvar as aparências, que consistiam em círculos menores centrados nas órbitas circulares dos planetas. Eles haviam sido criados pelo Hiparco, na Grécia antiga, haviam sido fartamente utilizados por Ptolomeu e pelos Árabes e até mesmo pelo Copérnico.

Pedro: Não estou entendendo. Você é conhecido por haver introduzido a elipse no estudo do movimento planetário e assim sendo tendo contribuído para derrubar o dogma platônico do movimento circular. Entretanto, você falou, agora, no seu apego às idéias platônicas. Como é essa coisa?

Kepler: Bem observado. A questão é que, de início, logo ao pegar os dados do Tycho, eu não pensava mesmo em elipses. Eu pensava, realmente em termos de movimentos circulares e uniformes. Só depois é que vim a pensar nas elipses, como você verá.

Nairon: Mas tendo renunciado a usar equantes e epiciclos, você defrontou-se com o problema de continuar sem saber explicar as aparentes mu-

danças de velocidade de Marte.

Kepler: Exatamente! E aquilo me encucou por um certo tempo. O que eu buscava era mais do que simplesmente encontrar um outro modelo descritivo. Eu não queria apenas salvar as aparências, como já haviam feito tantos outros, ou construir uma outra cinemática dos céus. O que eu queria era entender as causas daqueles movimentos. Meu desejo era construir, realmente, uma Física dos céus. Foi então que passei a pensar dinamicamente.

Rogério: Como assim?

Kepler: Eu tentei compreender o movimento planetário em termos de espíritos que arrastassem os planetas ao longo das suas trajetórias. Aquela poderia ser a causa dos movimentos observados. Esses espíritos deveriam atuar de tal maneira que fosse possível explicar porque Marte apresentava uma maior velocidade nos pontos mais próximos do Sol e uma menor velocidade nos pontos afastados do mesmo. Depois, bem depois, eu substituí aqueles espíritos pela idéia de uma força que emanasse do Sol.

Galamba: Você quer dizer a força gravitacional. E como você descobriu essa força?

Kepler: Eu não falei na força gravitacional nos termos que talvez você esteja pensando, digamos, nos moldes newtonianos. Não tinha nada daquilo de ser proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância. Aquilo foi realmente uma criação do Newton, ainda que ele tivesse para isso sido influenciado pelas minhas leis do movimento planetário e talvez até por pensadores mais antigos como o Plotino. E tem mais: – eu não descobri essa força no sentido empírico da palavra. Eu não deduzi a sua existência a partir diretamente dos dados observacionais do Tycho. Eu postulei a sua existência de tal forma que ela desse conta da mudança de velocidade de Marte.

Amélia: Mas que força era essa?

Kepler: Deveria ser uma força que repelisse o planeta quando este estivesse próximo do Sol, reduzindo a sua

velocidade, e o atraísse quando ele estivesse mais afastado do mesmo. Assim se justificariam as mudanças de velocidades planetárias. Pareceu-me, portanto, que deveria ser uma força magnética. A Terra já era vista então como um gigantesco imã, porque não pensar do mesmo modo para os outros planetas?

Galamba: Devo admitir que era muito interessante essa força magnética que você inventou entre os planetas.

Kepler: Obrigado, mas eu, de fato, não inventei isso. Eu apenas tomei essa idéia de empréstimo do Gilbert. Foi o William Gilbert quem havia colocado essa idéia no seu *De Magnete* em 1600. Eu apenas aproveitei a dica e a desenvolvi.

Rogério: E como você imaginou o mecanismo de atuação dessa força magnética?

Kepler: Eu só considere isso tempos depois, já após haver encontrado minhas duas primeiras leis, já a caminho da minha terceira lei. A coisa ficou meio latente por uns tempos.

Rogério: E como então você chegou à sua segunda lei, que na verdade foi a primeira que você descobriu?

Kepler: Eu observei, analisando a órbita de Marte, que o planeta varria áreas iguais a uma velocidade constante ao longo de sua órbita. Ele não mantinha a velocidade constante ao longo de sua trajetória, como já disse antes, mas varria áreas iguais a uma velocidade constante. Ali estava o movimento uniforme que eu procurava: – o movimento de varredura das áreas percorridas por um raio que saía do Sol até o planeta. Essa foi a primeira lei que eu descobri e que veio a ser denominada, posteriormente, de minha segunda lei.

Cleide: Mas para saber disso você teria de saber calcular aquelas áreas. Afinal os dados do Tycho apenas lhe forneciam as posições do planeta ao longo de uma trajetória curva. Como você calculou essas áreas?

Kepler: Olha, eu usei, com muita paciência, o método da exaustão do Arquimedes. Eu construí uma infinidade de “triângulos” com um dos la-

dos curvos e tomei as posições mais próximas possíveis. Ao fazer isso, eu contribuí para lançar as bases do Cálculo, antecipando-me, em certo sentido, ao Newton. Posteriormente, já em 1611, eu cheguei mesmo a escrever um livro sobre isso, um texto que continha as bases do Cálculo intitulado *Stereometrica Doliorum*.

Cleide: Mas você chegou a apresentar um corpo de conhecimentos matemáticos, neste aspecto, tão estruturado quanto o Newton?

Kepler: Certamente não, eu apenas lancei as bases daquelas idéias, estendendo com isso as idéias do Arquimedes, mas em compensação eu também fui pioneiro no estudo dos logaritmos, independentemente do Napier, como falarei daqui a pouco. E tudo isso foi um subproduto do meu esforço de compreender o movimento planetário. Eu pedi socorro aos matemáticos mais famosos da época, mas eles nem me responderam. Tive de desbravar tudo aquilo sozinho. Nem o Maestlin veio em meu socorro.

Alexandre: Você não acha que eles não entenderam as suas idéias; que pode ser que tenham achado todo aquele seu misticismo muito esquisito, quase como uma coisa de maluco?

Kepler: Depois de morto percebi que sim, mas naquela época fiquei sem compreender. O Maestlin que tanto me incentivara no início, após algum tempo não quis me ajudar a resolver aquele quebra-cabeças atroz. E o Galileu deveria pensar mesmo que eu era maluco mesmo.

Galamba: E você não era?

Kepler: Espera aí!

Cleide: Calma Kepler, o Galamba está brincando. Vá em frente.

Kepler: Tudo bem, no fundo eu acho que era isso mesmo que o maldito do Galileu pensava.

Jomar: Como maldito? Não vá dizer que você também não topava com o Galileu.

Kepler: Não é bem isso. A questão é que ele não foi leal comigo. Quando ele publicou as suas observações sobre os satélites de Júpiter, os quais eles chamou de planetas Medicianos, eu

fui um dos poucos a escrever que ele tinha razão. Ele estava sendo atacado por todos os lados e com certeza o meu apoio foi útil para ele. Eu, afinal, esquisito ou não, era um astrônomo de respeito. Então escrevi para ele pedindo que me mandasse um daqueles seus telescópios que ele dizia aumentar mil vezes. Ele nem me respondeu. Eu havia feito observações com um telescópio vagabundo que um amigo havia me obtido, mas o aumento era muito pequeno e não pude checar o que o Galileu havia visto. Mesmo assim eu acreditei nele e escrevi isso. Aquilo me colocou em uma situação difícil. Começaram a me atacar. Como é que eu, não tendo observado nada, podia acreditar no Galileu? Em desespero, escrevi novamente para ele e ameacei retirar o meu apoio; solicitei, mais uma vez, que me obtivesse um telescópio.

Amélia: E só então o espertinho lhe mandou o tal telescópio.

Kepler: Pior! Ele nem assim mandou. Agradeceu o meu apoio, mas disse que não podia mandar o instrumento solicitado por isso e por aquilo, que era trabalhoso, que era caro, que era demorado. Inventou uma porção de desculpas. Logo depois eu soube que ele presenteou uns poderosos com os seus telescópios. Daí por diante nunca mais escrevi para ele, nem ele para mim. E também nunca recebi o tal telescópio.

Galamba: Eu acho bom a gente conversar com Galileu sobre essa história. Esse Kepler está me parecendo cheio de confusão. Bem que o Tycho disse que ele era encrenqueiro.

Kepler: Vão lá, perguntem ao Galileu se ele me mandou algum telescópio.

Jomar: Engraçado, eu já li em um livro didático que Galileu o havia presenteado um telescópio e que você havia feito observações com ele.

Kepler: Mentira! Esses livros didáticos de vocês contam barbaridades; nesse ponto o Tycho tinha razão. Eu utilizei, como disse, um telescópio vagabundo, o Galileu não me mandou coisa nenhuma. Miserável!

Alexandre: Deixe para lá, isso já faz tempo.

Cleide: É, Kepler, você está ficando muito estressado. Continue a sua história sobre a descoberta das suas leis. Como você chegou à sua lei seguinte, ou seja, à sua primeira lei?

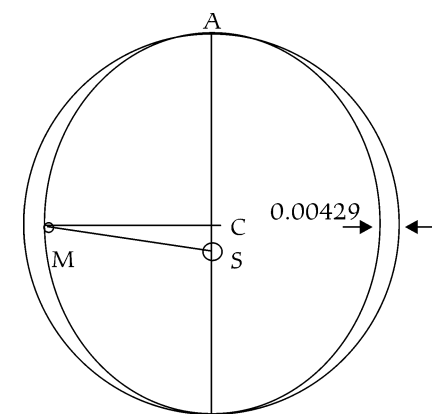
Kepler: Bem, eu rapidamente percebi que a órbita não era circular. E só acreditei nisso, mesmo, porque tinha uma enorme fé nas observações do Tycho. De início imaginei que fosse uma espécie de oval. Eu não pensei logo em uma elipse. Mas as ovais não se encaixavam com os dados das observações do Tycho.

Pedro: Por que você, dispondo dos dados relativos às posições de Marte, não equacionou logo o problema e observou tratar-se de uma elipse? Não teria sido mais fácil e imediato? Porque utilizando a Geometria Analítica...

Kepler: Mas aí é que está o problema. A Geometria Analítica ainda não havia sido criada pelo Descartes. Ela foi criada tempos depois. Eu não tinha como ver aquilo de imediato. O que eu fiz foi seguir um caminho bem mais tortuoso.

Amélia: Como assim?

Kepler: É difícil explicar exatamente nos mesmos termos originais. Se você tiver realmente essa curiosidade leia o meu *Astronomia Nova*. Mas posso lhe dar uma idéia. Veja essa figura. Nela, M representa Marte, S representa o Sol e A é afélio, o ponto extremo da órbita de Marte, onde ele tem a menor velocidade. Pois bem, veja como a figura auxilia a compre-



Tentativa kepleriana de ajustar círculos e ovais para as órbitas planetárias.

ensão. Eu trabalhava com a idéia de encaixar uma oval dentro de um círculo que lhe aproximasse. Para dar conta do quanto a minha suposta oval correspondia à deformação daquele círculo eu calculei, com os dados disponíveis do Tycho, a razão entre os comprimentos AC e MC e encontrei que ela era igual a 1,00429. Pensando nos ângulos subtendidos por Marte na linha de base eu calculei a razão SM sobre CM e para meu espanto encontrei o mesmo valor 1,00429. Eu deixei registrado esse meu espanto. Aquilo não parecia ser uma simples coincidência. Como lembra bem o Koestler, eu deixei assinalado que havia acordado de um longo sono. É como se até então eu houvesse andado para lá e para cá, apenas tateando a verdade divina, como se fosse um sonâmbulo.

Amélia: Será que foi por isso que o Koestler intitulou o seu livro de *Os Sonâmbulos*?

Kepler: Creio que sim! Creio que ele estava pensando nessa minha observação.

Nairon: Mas como você sacou que aquilo era, de fato, uma elipse?

Kepler: Eu intuí que aquela relação deveria valer para todos os outros pontos da órbita. E chequei aquela idéia para uma vasta quantidade de dados disponíveis, representando-os um a um e comecei, assim, a desconfiar que a curva era uma elipse com o Sol em dos seus focos. A elipse era uma curva que havia sido estudada na Antiguidade pelo Apolônio. A coincidência numérica apontava para o fato de que $AC/MC = MS/MC$, ou seja, que $AC = MS$.

Galamba: E daí?

Kepler: Veja, se nós construirmos uma elipse com uma cordinha em formato de anel com focos S e S' poderemos notar que SM tem um comprimento igual à metade do comprimento dessa corda. E como o ponto

A também pertence à elipse, o comprimento da corda pode ser visto como $SA + S'A$. Assim, o comprimento total da cordinha é $SA + S'A = 2AC$ e nós podemos ver que $AC = MS$.

Rogério: E então você enunciou a sua primeira lei.

Kepler: Isso! Eu, após seis longos anos de estudos, chequei os outros dados e generalizei as conclusões tiradas para Marte chegando à conclusão de que os planetas se movem em elipses com o Sol em um dos focos.

Jomar: E a terceira lei?

Kepler: Essa deu ainda mais trabalho. E é aí que eu retomei a questão da força magnética em conjunto com a minha idéia da existência de uma sinfonia planetária, de uma harmonia dos mundos, que, aliás, veio a ser o nome do meu livro publicado em 1619 no qual aparece a minha terceira lei do movimento planetário. Essa é uma história longa, deixe-me beber um copo d'água e descansar um pouco.

Referências Bibliográficas

Armitage, A. John Kepler. London: Faber, 1966.

Banville, J. Kepler. New York: Minerva, 1990.

Baumgardt, C. Johannes Kepler: Life and letters. London: Gollancz, 1952.

Cartier P. Kepler y la música del mundo. Mundo Científico v. 15, n. 161, Octubre 1996.

Caspar, M. Kepler. New York: Dover, 1990.

Crease, R. What does energy really mean? Physics World, July 2002.

Field, J. Kepler's geometrical cosmology. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

Gabridge, P. Reading the mind of god. Montreal: Blizzard Publishing, 1996.

Gingerich, O. The eye of heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler (Masters of modern Physics). New York: Springer Verlag, 1993.

Godwin, J. Harmonies of heaven and earth. London: Thames and Hudson, 1987.

Hallyn, F. The poetic structure of the world: Copernicus and Kepler, trad. Donald M. Leslie. New York: Zone Books, 1990.

Huberman, L. História da riqueza do homem. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1962.

Jardine, N. The birth of history and philosophy of science: Kepler's a defence of Tycho against Ursus. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

Kepler, J. Conversation with Galileo's sidereal messenger. Trad. Rosen, Edward New York: Johnson Reprint, 1965.

Kepler, J. Epitome of copernican astronomy & harmonies of the world. (Great Minds Series). Trad. Wallis, Charles Glenn. New York: Prometheus Books 1995.

Kepler, J. Mysterium cosmographicum - The secret of the universe. Trad. Duncan, A.M. New York: Abaris Books, 1981.

Kepler, J. New astronomy. Trad. Donahue, William H. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

Kepler, J. Somnium: the dream, or posthumous work on lunar astronomy, trad. Rosen, Edward (Madison: Univer-

sity of Wisconsin Press, 1967.

Kepler, J. The six-cornered snowflake. Trad. Hardie, Colin. Oxford: Clarendon Press, 1966.

Knight, D. Johannes Kepler and planetary motion. London: Chatto & Windus, 1965.

Koestler, A. The sleepwalkers. London: Arkana Books, 1989.

Rogers, E. Physics for the inquiring mind. Princeton: Princeton University Press, 1965.

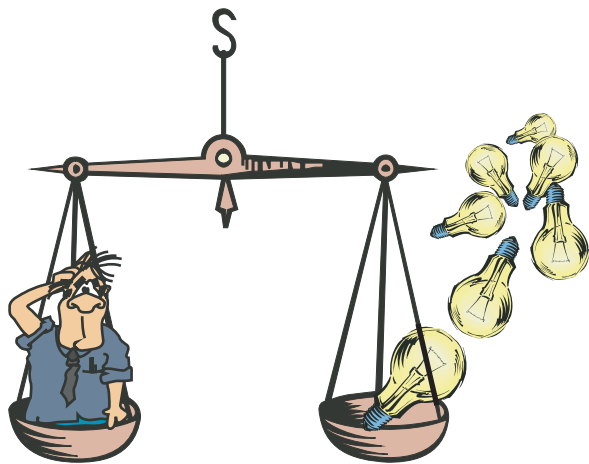
Rosen, E. Three imperial mathematicians: Kepler trapped between Tycho Brahe and Ursus. New York: Abaris Books, 1986.

Small, R. An account of the astronomical discoveries of Kepler. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1963.

Stephenson, B. Kepler's [hysical astronomy. New York: Springer-Verlag, 1987.

Tiner, J. Johannes Kepler - Giant of faith and science., Milford, Michigan (USA): Mott Media, 1977.

Voelkel, J. Johannes Kepler and the new astronomy. (Oxford Portraits in Science). Oxford: Oxford University Press, 2001.



A Quantas

LÂMPADAS

Equilave um Homem?

Osvaldo Shigueru Nakao

É docente da Escola Politécnica da USP da disciplina Introdução à Engenharia cujo projeto teve como tema a Racionalização do Uso da energia elétrica. É também professor de Matemática do Centro Educacional Objetivo.

José Roberto Drugowich de Felício

É físico e professor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP em Ribeirão Preto.

Há um horizonte muito amplo colocado pelo mundo contemporâneo para a escola. Não se pode perder de vista, porém, que ela é um espaço onde a aprendizagem de conteúdos deve estar obrigatoriamente voltada para a compreensão da realidade social.

No Brasil, a nova concepção de currículo, estabelecida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), construída a partir de uma Lei de Diretrizes e Bases (LDB) que descentraliza o sistema e dá autonomia às escolas, recomenda o estudo com ênfase no conhecimento do país. É dentro dessa nova maneira de encarar a educação que se insere o presente texto que tem no seu título uma provocação.

Desde meados de 2001, um assunto muito presente na mídia é a racionalização do uso de energia elétrica e a conseqüente meta de redução do consumo. O "apagão", iminente à época, desencadeou uma comoção nacional e tornou indispensável a discussão de conceitos e números antes ignorados pela grande maioria da população.

Muitos dos professores de Matemática, Física e Engenharia aproveitaram a motivação gerada por esse fato para introduzir conceitos, discutir posturas e políticas, analisar dados e para isso precisaram informar. Comentar, por exemplo, as diversas

unidades de medida de energia. Mas dizer que 1 quilowatt hora - kWh é igual a 3600 quilo joules - kJ - que por sua vez é igual a 860 quilo calorias - kcal - que ainda é igual a $8,6 \times 10^{-5}$ toneladas equivalentes de petróleo - TEP - nem sempre facilita a compreensão. Em outras palavras, afirmar que 1 caloria - cal - é igual a

4,18 joules - J - ou que 1 BTU (unidade ainda hoje utilizada para indicar a capacidade de refrigeração de aparelhos de ar condicionado) é igual a 0,293 Wh não motiva o estudante para a inves-

tigação ou para a compreensão da realidade que o cerca.

O assunto 'racionamento' pode ser adequado para explicar a relação existente entre nosso estágio de desenvolvimento e o consumo de energia.

Mas será que é simples explicar que o consumo diário de energia *per capita* (do homem de hoje) é cerca de 230 mil kcal considerando a sua alimentação (que demanda uma grande quantidade de energia para ser elaborada), a sua moradia, a existência do comércio, da indústria, da agricultura e do seu transporte? Há alguém vivendo nas grandes cidades que não utilize alimento e vestuário industrializados ou veículos como o ônibus que consomem muita energia? E muitas outras comparações podem ser feitas com o tema. Mas responder à pergunta: "A quantas lâmpadas equivale um homem?", parece ser muito intrigante e adequado para

O "apagão", iminente em 2001, desencadeou uma comoção nacional e tornou indispensável a discussão de conceitos e números antes ignorados pela grande maioria da população

Este artigo apresenta um questionamento bem contextualizado sobre um problema que tem preocupado muito a sociedade brasileira: a energia elétrica.

um estudante, principalmente do Ensino Médio. Então vamos à conta.

Bem, um homem precisa de cerca de 2000 kcal diárias para sobreviver (que o digam todos os gordinhos que fazem regime!). Ora, 2000 kcal equivalem a $2000 \times 4,18 = 8360$ kJ. Se 1 watt - W - é igual a 1 J/s então $1 \text{ J} = 1 \text{ W}\cdot\text{s}$ e $8360 \text{ kJ} = 8360 \text{ kW}\cdot\text{s}$. Portanto, um homem precisa de 2000 kcal, ou seja, 8360 kW.s por dia. Como 1 segundo - s - é igual a 1/3600 de hora - h -, tem-se $8360 \text{ kW}\cdot\text{s} = 8360/3600 \text{ kW}\cdot\text{h}$ que é cerca de 2,3 kW.h. Como esta é a energia consumida por dia e o dia tem 24 horas, a potência do homem é de 2,3/24 kW, ou seja, de cerca de 100 W.

Logo, em termos de consumo de energia, o homem é "equivalente a uma lâmpada de 100 W".

Podemos continuar as nossas investigações perguntando, por exemplo, quanto um homem gastaria para sobreviver se ele pudesse suprir as suas necessidades diárias consumindo a energia elétrica disponível em sua residência.

Ao preço de R\$ 0,25 o kW.h, a energia correspondente a 2000 kcal que é igual a 2,3 kW.h custa R\$ 0,57. Parece que é mais barato que os almoços de R\$ 1,00 que a imprensa tem divulgado como subsidiados pelo governo do Rio de Janeiro...

E quando comparada com uma

alimentação à base de queijo, como ficaria a nossa alternativa de usar a energia elétrica?

Para responder a essa pergunta é preciso comparar o que se paga pelo queijo e pela energia elétrica.

Um pedaço de queijo de 30 gramas tem cerca de 60 kcal. Para completar 2000 kcal, são necessários cerca de 30 pedaços. Esses pedaços de queijo certamente não sairão por menos de R\$ 5,00. Cerca de 900% mais caro que a energia elétrica!

Os números, apresentados de forma pura e simples, podem não seduzir a todos... mas não há curiosidade que não possa ser despertada com um problema bem contextualizado.



Neste número comentaremos alguns sítios dedicados à formação continuada de professores.

<http://ie.lbl.gov/xray/mainpage.htm>

Nesta página, produzida pelos pesquisadores do Lawrence Berkeley National Laboratory, podemos visualizar o espectro de raios-X dos elementos da tabela periódica. É possível também comparar simultaneamente dois espectros. Pode-se ainda obter gráficos do espectro de fluorescência de cada elemento.

<http://www.uniescola.ufrj.br/fisica>

Este sítio, em língua portuguesa, tem como principal objetivo a classificação de outros sítios e orientação para professores que busquem atuali-

zação. Como consta na página principal, ele destina-se à formação continuada de professores à distância, visando a atualização em conteúdos de várias áreas correlatas, assim como aspectos didáticos deste ensino. Vários vínculos podem

ser encontrados nesta página, como novas tecnologias, resumos de várias revistas, programas educacionais, História da Ciência, e outros. É um bom meio de interação com outros professores, propiciando auxílio, troca de experiências e sugestões, divulgando materiais e apresentando uma maneira de obter contato com outras pessoas com interesse comum em Ensino.

<http://www.conviteafisica.com.br/principal.htm>

'Convite à Física' é um sítio voltado para o ensino e divulgação da Física tanto para o nível mais fundamental quanto para universitários. Objetiva auxiliar professores e estudantes em sua formação complementar, disponibilizando referências

bibliográficas, textos, artigos, monografias e sugestões de experimentos com materiais de baixo custo, direcionados ao Ensino da Física. Atualmente conta com quatorze seções, das quais destacamos 'Improvizando em sala de aula' (veja matéria neste número), 'Física dos brinquedos', 'Livros e Revistas', 'Artigos e Monografias' e 'Experimentos de baixo custo', dentre outros.

<http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>

Física con ordenador - Curso Interactivo de Física en Internet. Este sítio do Professor Angel Franco Garcia da Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industria de Eibar - Países Bascos, oferece online um curso de Física Geral, abrangendo desde conceitos bem simples, tais como unidades de medidas e movimento retilíneo, até outros mais complexos e mais modernos, como Física Quântica. São cursos interativos utilizando *applets* (um total de 299) simulando sistemas físicos, práticas de laboratório, experimentos de relevância histórica e muitos outros. Os tópicos abordados são bastante variados, abordando Mecânica, Mecânica Celeste, Corpos Rígidos, Termodinâmica e Mecânica Estatística, Fluidos, Oscilações, Eletromagnetismo, Quântica e muito mais. Um bom sítio.

Resenhas

O Grande Circo da Física

A primeira vista, o título parece estranho: *O Grande Circo da Física*. Para muitas pessoas, circo combina com diversão e alegria, enquanto Física está associada com desinteresse e chatice. Normalmente os estudantes não acham Física uma ciência interessante e convidativa. *O Grande Circo da Física* é um bom exemplo para mostrar que esta concepção pode ser mudada. Com este livro, o leitor terá a chance de fazer uma incursão, de forma descontraída, nas dúvidas e curiosidades que carrega sobre alguns fenômenos e conceitos científicos, e sobretudo, reestruturar aquilo que aprendeu de maneira incompleta ou até mesmo errada.

O livro foi organizado em duas seções: a primeira, e mais importante, corresponde aos problemas acerca dos fenômenos que observamos ou podemos observar no nosso cotidiano (e outros que já ouvimos falar, tínhamos lido, ou não conhecíamos). Na segunda seção, são apresentadas as respostas dessas questões.

Os 619 problemas, alguns que podem ser resolvidos facilmente e outros não, são, em sua maioria, acompanhados de boas ilustrações e bem humorados quadrinhos.

Na seção destinada às respostas, o autor relata que as mesmas são o ponto de partida para as investigações, por serem, às vezes, curtas ou incompletas. (...) *São só a ponta do iceberg, por baixo há muito mais Física*. Ele também sugere que o leitor analise bastante os problemas antes de procurar as respostas, pois, caso contrário, os problemas perderão a graça.

Outro dado interessante e muito importante deste livro, é a sua bibliografia: são 1632 referências!

Para o leitor, em especial o professor de Física, *O Grande Circo da Física* é uma boa oportunidade de notar que o ensino de Física pode ser atraente, motivante, divertido e próximo do mundo vivencial dos alunos. E que a Física é uma ciência interdisciplinar, contextualizada e de suma importância para a educação científica de todo cidadão, muito diferente da Física ensinada em grande parte das instituições de Ensino Fundamental (no que toca o Ensino de Física), Médio e Superior: uma disciplina maçante, descontextualizada e rejeitada pela maioria dos estudantes.

O Grande Circo da Física, Coleção Aprender Fazer Ciência, Lisboa: Ed. Gradiva, 2ª edição, 2001, 563 p. Tradução portuguesa de *The Flying Circus of Physics with Answers*, por Jearl Walker, John Wiley & Sons, Inc. (1975, 1977).

Fábio Luís Alves Pena
IF/UFBA.

Fabiopeninha@bol.com.br

Tirinhas da Física

As "Tirinhas de Física" de Francisco Caruso e Luisa Daou vêm ocupar um espaço vazio em nossa literatura de divulgação científica, com uma surpreendente vantagem: acoplando a leveza lúdica das histórias em quadrinhos com o circunspeto e douto saber científico.



À primeira vista o leitor entra em um jogo delicioso envolvendo toda a brincadeira que os quadrinhos oferece. É isso que aparece em primeiro lugar, é isso que é percebido no instante inicial da leitura.

Aos poucos, à medida que avançamos na série, ela começa por instigar o leitor a querer penetrar em uma segunda leitura que o aspecto do divertimento esconde mas que, no mesmo movimento, cria a suspeita de sua existência.

A série de 5 volumes nos faz percorrer um mundo amplo da Física através de uma ilustração de leis físicas bem conhecidas (como, por exemplo, no caso da gravitação newtoniana que todos reconhecem de imediato) com outras mais "herméticas", como o mundo dos quarks.

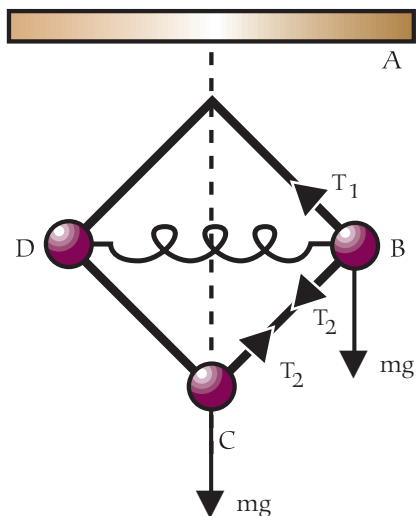
Em suma, o leitor, depois de ter o impacto da primeira leitura – a brincadeira, o riso simples – começa a transformar esta alegria em um "querer compreender mais", o que certamente é uma conquista dos autores na tentativa de atrair o leitor à reflexão racional.

Mário Novello
CBPF - Rio



Problemas Olímpicos

1 Oscilação de um paralelogramo: Começemos por escolher o sistema de coordenadas com a origem coincidindo com o ponto A, como mostrado, bem como as forças que atuam em nos corpos B e C. As equações de movimento para os corpos B e C podem agora ser escritas como segue (projeções nos eixos x e y).



$$ma_{Cx} = mg - 2T_2 \cos \alpha \quad (1)$$

$$ma_{Bx} = mg - T_1 \cos \alpha + T_2 \cos \alpha \quad (2)$$

$$ma_{By} = F_{elast} - T_1 \sin \alpha - T_2 \sin \alpha \quad (3)$$

sendo a força elástica dada por

$$F_{elast} = k(2L - 2L \sin \alpha) = k2L(1 - \sin \alpha)$$

Combinando as Eqs. 1, 2 e 3 temos

$$ma_{Cx} + ma_{Bx} - ma_{By} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = 2mg - F_{elast} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (4)$$

Esta equação é verdadeira para qualquer ângulo α . Quando as massas B e C são deslocadas de suas posições de equilíbrio, a variação Δx_B

e Δx_C das coordenadas de B e C estarão relacionadas através de

$$\Delta x_B = \frac{1}{2} \Delta x_C$$

As velocidades e acelerações obedecerão a mesma relação, então

$$a_{Bx} = \frac{1}{2} a_{Cx}$$

Se o desvio do equilíbrio for pequeno, isto é quando $\Delta \alpha \ll \alpha_0 = 45^\circ$. Da geometria do problema:

$$\Delta y_B = L[\sin(\alpha + \Delta \alpha) - \sin \alpha] = L[(\cos \alpha) \Delta \alpha] \cong L(\cos \alpha_0) \Delta \alpha.$$

De mesmo modo

$$\Delta x_C = -2L(\sin \alpha) \Delta \alpha \cong -2L(\sin \alpha_0) \Delta \alpha.$$

Portanto,

$$\Delta y_B \cong -\frac{\Delta x_C}{2 \operatorname{tg} \alpha_0} = -\frac{\Delta x_C}{2} \quad e$$

$$a_{By} \cong -\frac{a_{Cx}}{2 \operatorname{tg} \alpha_0} = -\frac{a_{Cx}}{2}$$

Para pequenas oscilações, a Eq. 4 fica

$$ma_{Cx} + \frac{1}{2} ma_{Cx} + \frac{1}{2} ma_{Cx} = 2ma_C$$

Na posição de equilíbrio $a_{C0} = 0$, e a Eq. 4 torna-se

$$2mg = F_{elast0} \frac{\cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} = 2kL(1 - \sin \alpha_0)$$

$$\text{ou } 2mg = 2kL(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) \quad (5)$$

O lado direito da Eq. 4 pode ser escrito como:

$$F_{elast0} \frac{\cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} - F_{elast} \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = 2kL(1 - \sin \alpha_0) \frac{\cos \alpha_0}{\sin \alpha_0} - 2kL(1 - \sin \alpha) \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Se $\Delta x_C = 2L(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$, então o último termo acima será $k\Delta x_C$. Para pequenos desvios do equilíbrio,

.....
Seleção e tradução:

José Evangelista Moreira

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará
e-mail: ita@fisica.ufc.br

.....
José Pedro Rino

Departamento de Física, Universidade Federal de S. Carlos
e-mail: djpr@df.ufscar.br

.....

Esta seção apresenta problemas desafiadores que têm sido propostos em olimpíadas, gincanas e livros e comenta a solução dos mesmos.

$$\Delta x_c \cong -2L(\sin\alpha_0)\Delta\alpha$$

Assim

$$\frac{\cos\alpha_0}{\sin\alpha_0} - \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \cong \frac{\Delta\alpha}{\sin^2\alpha_0} \cong \frac{-\Delta x_c}{2L\sin^3\alpha_0}$$

Finalmente, para pequenas oscilações, o lado direito da Eq. 4 fica

$$2mg - F_{elast} \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \cong -k \cdot \Delta x_c \left(\frac{1}{\sin^3\alpha_0} - 1 \right)$$

$$\cong -k \cdot \Delta x_c (2\sqrt{2} - 1)$$

Usando a Eq. 5 obtemos a expressão para a aceleração para pequenas oscilações:

$$a_{Cx} = -\frac{g(2\sqrt{2}-1)}{L(2-\sqrt{2})} \Delta x$$

resultando então que o período para pequenas oscilações é

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L(2-\sqrt{2})}{g(2\sqrt{2}-1)}}$$

2 O sistema mecânico de 3 massas. Como o carro A não tem aceleração na direção vertical, os carros A e B estão em repouso, podemos então considerar os carros A, B e C como sendo um único sistema.

a) A tensão na corda é: $T = m_A g = 0.3 \times 9.81 = 2.94 \text{ N}$.

b) Esta tensão é transmitida pela corda aplicando uma força em B e, portanto uma aceleração a dada por

$$m_A g = m_B a \rightarrow a = \frac{m_A g}{m_B}$$

$$= \frac{0.3}{0.2} \times 9.81 = 14.7 \text{ m/s}^2$$

Desta forma a aceleração dos três carros será igual a $a = 14.7 \text{ m/s}^2$.

c) Na direção horizontal, a equação de movimento é:

$$F = (m_A + m_B + m_C)a = (0.3 + 0.2 + 1.5) \times 14.7 = 29.4 \text{ N}$$

3 A máquina de combustão interna. Para uma variação adiabática temos que

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (1)$$

Bem como

$$PV = RT \quad (2)$$

Destas duas equações podemos facilmente obter

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad (3)$$

Podemos agora analisar cada estágio. Para o estágio 1 \rightarrow 2 teremos:

Em 1: $P_1 = 1 \text{ atm}$, $T_1 = 300 \text{ K}$ e

$$V_1 = eV_0$$

Em 2: $P_2 = ?$, $T_2 = ?$ e $V_2 = V_0$

Através da Eq. 3 obtemos T_2

$$T_2 = 300 \times 9.5_{1-1.4} = 738 \text{ K}$$

e da Eq. 2, equação de estado, obtemos a pressão P_2 :

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = R = \frac{P_1 V_1}{T_1} \rightarrow P_2 = \frac{1 \times 1.95 \times 738}{300}$$

$$= 23.37 \text{ atm}$$

Para o estágio 2 \rightarrow 3 teremos:

$$P_3 = 2P_2 = 46.74 \text{ atm}$$

e como o volume é constante neste processo

$$\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow T_3 = 2 \times 738 = 1476 \text{ K}$$

Para o estágio 3 \rightarrow 4 teremos:

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1}$$

Substituindo os valores, obtemos

$$T_4 = \frac{1476}{9.5^{0.4}} = 599.7 \text{ K}$$

e da equação de estado obtemos P_4

$$\frac{P_4 V_4}{T_4} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \rightarrow P_4 = \frac{T_4}{T_3} \times \frac{V_3}{V_4} = 2.0 \text{ atm}$$

Resumindo,

Estado	1	2	3	4
P (atm)	1	23.37	46.74	2
T (K)	300	738	1476	599.7

4 O canhão de elétrons. A trajetória do elétron até atingir o ponto M é uma circunferência de raio r . Além disso, temos que

$$\frac{mv^2}{r} = evB$$

sendo v (que é constante) a magnitude do vetor velocidade do elétron ao longo da circunferência, e a carga do elétron, m sua massa e B a magnitude do campo magnético necessária.

$$r = \frac{mv}{eB} \quad (1)$$

A energia cinética do elétron é

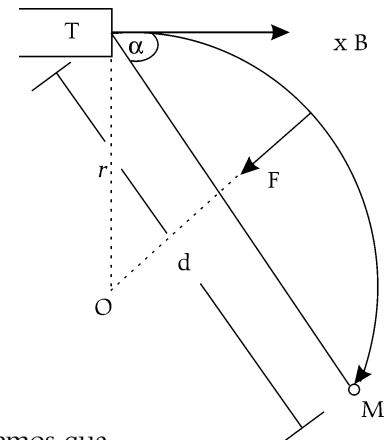
$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = eU$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (2)$$

Substituindo v em (1) resulta

$$r = \frac{m}{eB} \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Observando o diagrama



temos que

$$\frac{d}{2r} = \sin\alpha$$

Substituindo r , obtemos

$$\frac{d}{2\sin\alpha} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

e então

$$B = \frac{2\sin\alpha}{d} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

Pelos valores dados, $U = 10^3 \text{ V}$, $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $d = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$ e $\alpha = 60^\circ$, obtemos

$$B = 3.8 \times 10^{-3} \text{ tesla}$$

Novos problemas

1 Energia liberada por uma bomba atômica. A série de fotografias vista na figura anexa mostra a expansão da “bola de fogo” na explosão de uma bomba atômica em um teste ocorrido no deserto do Novo México, na década de 40. Como se pode ver, a “bola de fogo” tem forma aproximadamente esférica e contorno

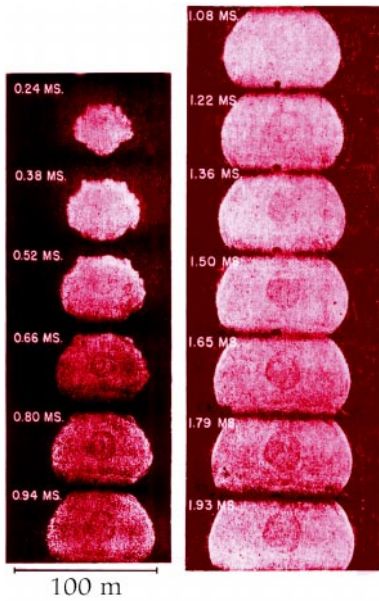
mais ou menos bem definido. Os instantes de cada foto são dados em milissegundos após a explosão e a escala na parte inferior indica uma distância de 100 metros.

O raio R da “bola de fogo” em uma atmosfera de densidade ρ depende dessa densidade, do tempo t após a explosão e da energia E liberada pela

bomba.

a) Ache uma expressão para a energia E em termos de R , ρ e t , supondo que qualquer constante adimensional que apareça nessa expressão seja igual a 1.

b) A partir da seqüência de fotografias da figura anexa, obtenha uma tabela com os valores do raio R da “bola



de fogo" e do instante t correspondente. Complete essa tabela com valores dos logaritmos decimais de R e t .

c) Use um papel de gráficos log-log para traçar uma curva do logaritmo de R contra o logaritmo de t .

d) A partir do gráfico obtido no item anterior, ache o valor da energia E liberada pela bomba, em joules. Use a densidade do ar como sendo $\rho = 1,0 \text{ kg/m}^3$.

e) Explosões nucleares costumam ser descritas pela massa de TNT que libera a mesma quantidade de energia. Considere que 1 tonelada de TNT libera $4,2 \times 10^9$ joules e converta a energia achada no item anterior para 10^3 toneladas de TNT (quilotons).

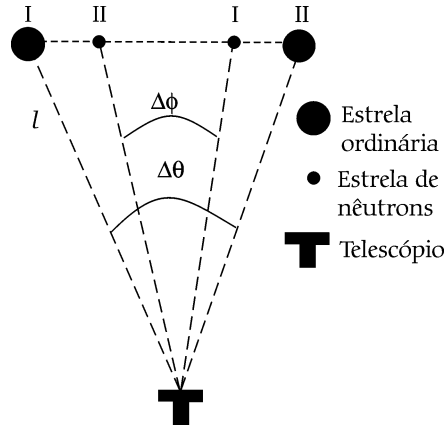
IX Olimpíada Cearense de Física
2001

2 Sistema estelar binário. a) Sabe-se que a maioria das estrelas forma sistemas binários. Um tipo de sistema binário consiste de uma estrela ordinária com massa m_0 e raio R , e uma estrela de nêutrons compacta e mais massiva, com massa M , girando em torno do centro de massa comum. No que se segue, ignore o movimento da Terra. Observações de tal sistema binário revelam as seguintes informações:

- O deslocamento angular máximo da estrela ordinária é $\Delta\theta$, enquanto que o da estrela de nêutrons é $\Delta\phi$ (veja a Figura 1).

- O tempo gasto nesses deslocamentos é τ .

- A radiação característica da es-



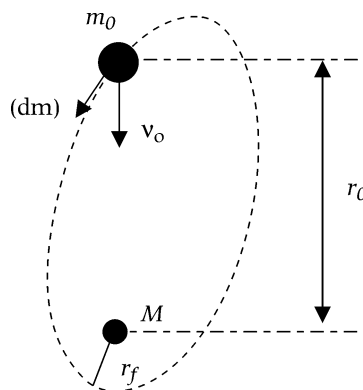
Problema 2, Figura 1.

trela ordinária indica que a temperatura de sua superfície é T e a energia incidente na superfície da Terra por unidade de área e por unidade de tempo é P .

- A linha espectral do cálcio nesta radiação difere do comprimento de onda normal λ_0 por uma quantidade $\Delta\lambda$, devido somente ao campo gravitacional da estrela ordinária. (Para esse cálculo, o fóton pode ser considerado como tendo uma massa efetiva de $h/c\lambda$.)

Encontre uma expressão para a distância l da Terra até esse sistema, somente em termos das quantidades observadas e de constantes universais.

b) Suponha que $M \gg m_0$, tal que a estrela ordinária está basicamente girando em torno da estrela de nêutrons numa órbita circular de raio r_0 . Suponha que a estrela ordinária começa a emitir gás na direção da estrela de nêutrons, com a velocidade v_0 no sistema de referência da própria estrela ordinária (veja a Figura 2). Supondo que a força gravitacional dominante neste problema é devida à estrela de nêutrons, e desprezando mudanças de órbita da estrela ordinária, encontre



Problema 2, Figura 2.

a distância de máxima aproximação r_f entre o gás e a estrela de nêutrons, mostrada na Figura 2.

32ª OIF
Turquia – 2001

3 A lebre e a raposa. Uma raposa persegue uma lebre correndo em linha reta até ela. Acontece que a lebre é estrábica, e por isso não corre ao longo da linha reta que liga a raposa e ela própria, sua velocidade a todo instante faz um ângulo de 60° com esta linha. A distância inicial entre a raposa e a lebre é L , e suas velocidades são iguais a v . Quanto tempo levará para que a raposa pegue a lebre? Qual a distância percorrida pela raposa desde o momento da perseguição até o momento em que ela pega a lebre? Como a resposta iria se modificar se a lebre zigzagueasse fazendo um ângulo de 90° ? E se o zigzague fosse em ângulos de 40° ?

Quantum
July/August 1995

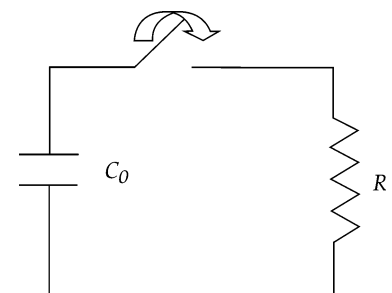
4 Máquina térmica. Uma máquina térmica opera um gás monoatômico rarefeito em ciclos. O ciclo consiste de duas isocóricas e duas isobáricas. Determine a máxima eficiência de tal ciclo.

Quantum
July/August 1995

5 Capacitor variável. Um capacitor variável de capacitância inicial C_0 é carregado até que atinja uma ddp V , sendo então conectado a um resistor (ver figura).

Quanto a capacitância deve ser variada para que a corrente elétrica se mantenha constante? Qual potência deve ser desenvolvida por uma força externa para variar a capacitância?

Quantum
July/August 1995



Uma Caixinha para Estudo de

ESPECTROS

.....
Marisa Almeida Cavalcante

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

<http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>

E-mail: marisac@pucsp.br
.....

Cristiane R.C. Tavoraro

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

E-mail: cris@pucsp.br
.....

As primeiras observações da luz solar passando por um prisma e se decompondo em várias cores tiveram grande importância no desenvolvimento da Física. Estava aberta a possibilidade de se analisar a composição da luz emitida por outros processos, como por uma vela, por descargas elétricas em gases etc. Isso levou à descoberta de novos elementos químicos a partir da análise da luz por eles produzida quando aquecidos ao rubro. A observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos. Construir um dispositivo que permita fazer a observação e análise do espectro luminoso de uma fonte de luz pode ser simples e barato, como veremos a seguir.

O prisma tem capacidade de separar as diversas cores porque o seu índice de refração é uma função da frequência da luz incidente. Desta forma a luz com diferentes frequências irá se propagar com diferentes velocidades dentro do prisma, sofrendo diferentes desvios.

A luz também pode ser decomposta quando atravessa uma rede de difração. A difração ocorre quando uma onda contorna um ou mais obstáculos, mudando sua direção de propagação. Ondas luminosas, ao sofrerem difração, invadem a zona de sombra geométrica após contornarem os obstáculos e ao atingirem um anteparo produzem interferências construtivas e destrutivas.

Se um feixe de luz monocromática (fonte F) atravessar a rede de difração da Figura 1, cujas fendas estão separadas pela distância d , a luz espalhada atingirá o anteparo, colocado a uma distância L da rede. Para que no ponto P ocorra uma interferência construtiva caracterizada por uma franja de luz, as ondas luminosas que se espalharam a partir das fendas A e B devem estar em fase, isto é, "crista com crista". No entanto, essas ondas caminham distâncias diferentes, como mostram os raios que partem das fendas na Figura 1. Então, para que estejam em fase, a diferença de caminhos percorridos, Δ , deve ser múltipla inteira de λ , o comprimento de onda da luz, isto é, $\Delta = n\lambda$, onde $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Para $n = 0$, a franja de luz é produzida por ondas luminosas que caminham a mesma distância, produzindo uma franja de interferência construtiva exatamente no eixo de incidência da luz. Chamamos essa franja de máximo central.

O ângulo θ corresponde ao ângulo de desvio do ponto P onde aparece a franja de luz em relação ao máximo

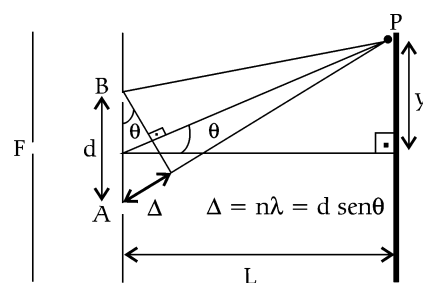


Figura 1. Diferença de caminhos percorridos por ondas luminosas que sofreram difração em uma rede cujas fendas são espaçadas pela distância d .

Este artigo mostra como pode-se construir um espectrômetro de baixo custo a partir de materiais simples e realizar experimentos com materiais facilmente encontráveis no mercado.

central. Vemos na Figura 1 que $\Delta = d \sin\theta$ e então podemos escrever que

$$n\lambda = d \sin\theta \quad (1)$$

Logo, escolhida a rede de difração (escolhido d), para um feixe de luz de comprimento de onda λ , teremos franjas de interferência construtiva em pontos diferentes do anteparo, pois para cada valor de n teremos um ângulo θ de desvio em relação ao máximo central, e simétricos a ele (Figura 2).

No entanto, nos interessa usar a rede de difração para decompor a luz policromática e determinar o comprimento de onda de suas componentes. Ao incidir luz policromática na rede, observaremos que quanto maior o comprimento de onda da componente, maior será o ângulo de desvio, isto é, cada cor de luz aparecerá em um ponto diferente do anteparo dependendo de seu comprimento de onda λ . Ao conjunto de componentes da luz chamamos 'espectro'. Esse espectro se repete para $n = 2, 3$ etc e o fator 'n' é chamado ordem do espectro (Figura 3).

Aqui cabe uma observação importante: para que o espaçamento entre as franjas de luz seja perceptível, isto é, para que ocorra uma boa dispersão da luz, é necessário que a distância d entre as fendas seja da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz, como mostra a Eq. 1. A luz visível tem comprimentos de onda aproximadamente entre 400 nm e 700 nm. Certamente as empresas que produzem equipamento de laboratório de Física e Química disponibilizam

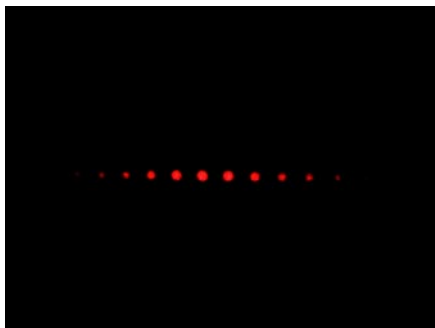


Figura 2. Feixe de laser (luz monocromática) projetado após atravessar uma rede de difração. Podemos ver as franjas de interferência em diferentes ângulos em relação ao eixo e simetricamente a ele.

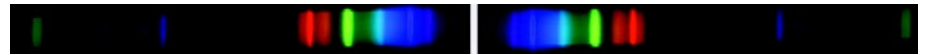


Figura 3. Espectro da luz policromática emitida por uma lâmpada de mercúrio.

redes de difração para espectrometria com cerca de 500 a 600 fendas/mm ($d = 6600$ nm, aproximadamente). No entanto nossa proposta é construir um dispositivo com material de fácil acesso de modo que professores e alunos possam reproduzir em casa.

Um CD pode ser utilizado como rede de difração. Em um primeiro momento podemos dizer que a luz refletida na película existente sobre as trilhas do CD sofre interferência, resultando no mesmo efeito descrito anteriormente. As cores que vemos no CD são consequência desse fenômeno. Um modo de otimizar o CD como rede é retirando a película refletora (CDs graváveis têm a película exposta podendo ser retirada com a ajuda de uma fita adesiva). Neste caso teremos uma rede de difração em potencial já que o CD tem cerca de 600 trilhas/mm, como as redes comerciais para espectrometria.

Vamos à construção do nosso espectrômetro caseiro. Corte o CD transparente em pequenos pedaços, cerca de 2 x 2 cm (um único CD renderá vários espectrômetros). Pegue uma caixa de papelão pequena, como uma caixa de disquetes, por exemplo. Em uma das tampas (aba móvel) recorte um quadrado pouco menor que sua rede de difração. Esta janela deve ser feita próximo à lateral da tampa (Figura 4a). A rede será encaixada nesta janela e presa com fita adesiva.

Na outra tampa precisamos produzir uma fenda de largura variável para a entrada de luz e um anteparo com uma escala graduada. Numa tira de papelão da mesma largura e comprimento da tampa, cole um pedaço de papel milimetrado, cobrindo totalmente a tira.

Recorte totalmente a tampa e cole-a na caixa transversalmente como mostra a Figura 4b. Desse modo a tampa funcionará como trilho suporte para o anteparo com a escala. Introduza o anteparo com a escala voltada para dentro e deixe um vão (fenda) do mesmo lado da rede de difração,

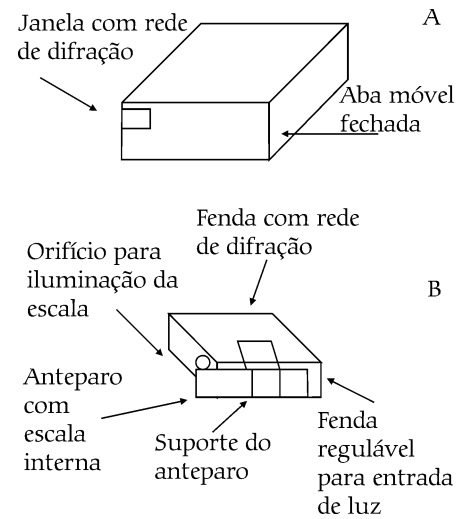


Figura 4. Montagem da caixa.

para a entrada de luz.

Pronto! Agora é só experimentar! Direcione a fenda para uma lâmpada qualquer e olhe através da rede. Ajuste a largura da fenda (cerca de 2 a 3 mm) até que seja possível ver o espectro projetado no anteparo.

Para determinar o comprimento de onda das diferentes radiações emitidas pela lâmpada, é necessário observar simultaneamente o espectro projetado e a escala graduada. Para isso vamos iluminar a escala através de uma abertura lateral (um furo de 1 cm de diâmetro na lateral oposta à fenda).

Dessa forma é possível medir a distância 'x' (Figura 5) entre a franja central (na posição da fenda) e a franja cujo λ se quer determinar. Dependem-

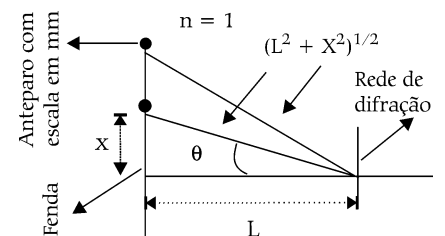


Figura 5. A distância 'x' corresponde à distância entre a fenda e cada uma das franjas de luz, sendo medida diretamente na escala do anteparo.

do do tamanho da caixa é possível observar também o espectro de segunda ordem ($n = 2$). Escolha $n = 1$ e determine $\sin\theta$ fazendo $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$, sendo L o comprimento da caixa e então $\lambda = d \sin\theta$, onde $d = 1/600$ trilhas/mm.

Referências Bibliográficas

1. Cavalcante, M.A.; Jardim, V. e Barros, A.A.J. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe de laser. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 2, 1999.

Lâmpadas incandescentes produzem espectros contínuos, isto é, os comprimentos de onda emitidos por um sólido incandescente são tão próximos que não percebemos separação entre eles. Já as lâmpadas luminescentes, que têm gases em seu interior (muitas vezes mercúrio), emitem um espectro discreto característico do gás,

2. Cavalcante, M.A. e Benedetto, A. Intrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio: Uma nova técnica para a análise quantitativa de espectros. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 21, n. 3, setembro de 1999.

3. Vuolo, J.H.; Mammanna, V.P. e Martins, J.M.V. Fendas micrografadas para experiências

isto é, alguns comprimentos de onda bem distintos. Use seu espectroscópio para estimar os comprimentos de onda do mercúrio e discuta com seus alunos a natureza discreta dos espectros gasosos. Esta é uma sugestão para introduzir um tema tão importante na Física e Química quanto ao modelo atômico de Bohr.

de difração de luz. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 22, n. 1, março de 2000.

4. Cavalcante, M.A. e Tavolara, C.R.C. Uma abordagem experimental e interdisciplinar da Física Moderna no Ensino. In: Prática de Ensino: Ações e reflexões. Ração, D. (org). Ed. Articulação Universidade/Escola, 1ª ed., p. 87-107, 2000.



Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora

Organizado por Maurício Pietrocola, Editora da UFSC, Florianópolis, 2001, 236 pp.

Este livro é o resultado de três anos de atuação de vários professores da UFSC no projeto Pró-Ciências/CAPES e versa sobre vários temas de interesse do Ensino de Física buscando a integração entre seus aspectos de conteúdo, epistemológicos e metodológicos. Esta bem sucedida experiência pode ser imitada em outros projetos de formação continuada de professores e os ensaios desta compilação podem fornecer subsídios relevantes na prática de ensino no nível médio.

Leituras de Física

Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física (GREF), IFUSP. Quatro cadernos: Mecânica, Física Térmica. Óptica e Eletromagnetismo

Após a bem sucedida coleção *Física*, destinada aos professores de Física do Ensino Médio, a equipe do GREF lança, numa versão preliminar, os cadernos de *Leituras*. São textos curtos,

bem ilustrados, em linguagem acessível, com exemplos do cotidiano, enfatizando os conceitos e fenômenos físicos e atendendo aos parâmetros curriculares nacionais definidos em legislação recente. Uma boa indicação aos professores de Física.

O Sol, o Genoma e a Internet: Ferramentas das Revoluções Científicas

Freeman Dyson, Cia. das Letras, São Paulo, 2001, 140 pp.

O físico Freeman Dyson, do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, retoma os seus ensaios, extraídos de palestras para o grande público, discutindo como surgem as revoluções científicas e o papel desempenhado pelos novos conceitos e ferramentas. O autor especula acerca do modo como novas tecnologias podem ser desenvolvidas em busca de maior justiça social e a preservação de nosso planeta. Leitura obrigatória para professores que buscam inserir um contexto multidisciplinar às suas aulas.

O Ano Miraculoso de Einstein: Cinco Artigos que Mudaram a Face da Física

Organizado por John Stachel, tradução de Alexandre Tort, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 2001, 222 pp.

O livro traz, pela primeira vez em português, os cinco artigos de Einstein

publicados em nos *anni mirabiles* de 1905: a sua tese de doutorado sobre as dimensões moleculares – por muito tempo, um dos seus trabalhos mais citados –, a formulação da hipótese do *quantum* de luz – reduzido equivocadamente ao “paper do efeito fotoelétrico” –, a teoria da relatividade especial que mudou as nossas concepções sobre espaço e tempo, as suas descobertas sobre o movimento browniano e aquele trabalho em que deriva a sua mais famosa equação, $E = mc^2$. Os textos são comentados por John Stachel, um historiador dedicado aos estudos einsteinianos. Os professores poderão admirar no original os profundos e consistentes *insights*, hipóteses e deduções de Einstein em variados temas que produziram um impacto incomensurável na nossa compreensão da Física.

Origens e Evolução das Idéias da Física

Organizado por José Fernando Rocha, EDUFBA, Salvador, 2002, 372 pp.

Uma coleção de ensaios de seis professores da UFBA que pretende “tratar os fatos científicos não com fatos isolados, mas, sobretudo, como consequência natural e lógica de circunstâncias sócio-culturais e econômicas bem definidas”. Os temas abordados são a Mecânica Newtoniana, a Termodinâmica e Mecânica Estatística, o Eletromagnetismo, a Relatividade Especial e as origens da Física Moderna.