

## Imaginação Científica

Eu lhes peço que imaginem os campos magnéticos e elétricos. Como fazer? Sabem como eu imagino o campo elétrico e magnético? O que eu vejo realmente? Quais são as exigências da imaginação científica? É algo diferente de imaginar que uma sala está cheia de anjos invisíveis? Sim, pois não é como imaginar anjos invisíveis. É necessário um grau maior de imaginação para compreender o campo eletromagnético que para compreender anjos invisíveis. Por que? Por que para se compreender os anjos invisíveis, tudo que tenho que fazer é alterar suas propriedades *um pouquinho* – imagino-os ligeiramente visíveis e então posso ver as formas de suas asas e seus corpos – . Uma vez que consigo imaginar um anjo visível, a abstração necessária – que torne os anjos quase invisíveis é imaginá-los completamente invisíveis – é relativamente fácil. Então vocês dirão: “professor, me de uma descrição completa de ondas eletromagnéticas, embora seja ligeiramente inexata, de modo que eu possa vê-las como posso ver os anjos invisíveis. Logo modificarei a imagem para chegar a abstração necessária”.

Eu sinto que não posso fazer isso. Não sei como fazê-lo. Não tenho nenhuma imagem do campo eletromagnético que de algum modo seja precisa. Deve fazer algum tempo que sei o que é um campo eletromagnético – faz 25 anos que estive na mesma posição que vocês, agora eu tenho 25 anos a mais de experiência pensando nesta ondas serpenteantes. Quando penso em descrever o campo eletromagnético no espaço, falo dos campos **E** e **B**, e agito meus braços se imagino que os posso ver. Lhes direi o que vejo. Vejo algo assim como linhas **borradas serpenteantes** – aqui e ali há um **B** e um **E** escritos sobre elas, e de alguma forma algumas linhas tem flechas – uma flecha aqui e ali que desaparece quando olho atentamente. Quando falo de campos cortando o espaço, tenho uma confusão terrível entre os símbolos que uso para descrever os objetos e os objetos mesmo. Realmente não posso fazer uma imagem sequer parecida com uma onda verdadeira. Assim que se tem uma dificuldade de se formar uma imagem, não creio que seja uma dificuldade pouco comum.

Nossa ciência apresenta terríveis dificuldades de imaginação. O grau de imaginação necessário é muito mais extremo que o necessário para algumas idéias antigas. As idéias modernas são muito difíceis de imaginar. E usamos muitas ferramentas. Usamos equações e regras matemáticas e construímos um montão de imagens. O que é pior e quando falo de campo eletromagnético no espaço, vejo uma espécie de superposição de todos os diagramas que sempre é visto a esse respeito. Não vejo se fazer pequenas linhas de campo correndo por que me preocupa que se correrem a uma velocidade diferente das que fazem desaparecer. E nem sempre vejo os campos elétricos e magnéticos porque as vezes penso que deveria ter formado uma imagem com potencial vetorial e o potencial escalar posto que talvez sejam as coisas que “serpenteiam”, sejam as que possuem maior significado físico.

Talvez, você dirá: “a única esperança é tomar um ponto de vista matemático”. E o que é um ponto de vista matemático? Do ponto de vista matemático há um vetor campo elétrico e um vetor campo magnético em cada ponto do espaço: é dizer, há seis números associados com cada ponto. Podem imaginar seis números associados com cada ponto? Eu não posso! Poso imaginar coisas como a temperatura a cada ponto do espaço. Isso se parece compreensível. Há um frio e um calor que variam de um lugar a outro. Mas honestamente não entendo a idéia de um *número* em cada ponto.

Talvez devamos perguntar: podemos representar o campo elétrico com algo parecido com a temperatura? Por exemplo como o descongelamento de um pedaço de gelatina? Suponhamos que imaginássemos o mundo coberto por uma camada fina de gelatina e que os campos representam uma distorção – estiramento, uma torção digamos – da gelatina. Então poderíamos visualizar o campo. Depois de “ver” qual o seu aspecto, tirariamos a gelatina por abstração. Durante muitos anos isso foi o que a gente tratou de fazer. Maxwell, Ampère, Faraday e outros trataram de compreender o eletromagnetismo desta forma. (As vezes eles chamaram de “éter” a gelatina abstrata.) Mas resultou que a tentativa de imaginar o campo eletromagnético desta forma era realmente estacionar na via do progresso. Desafortunadamente estamos limitados a abstração, a usar instrumentos para detectar o campo, a usar símbolos matemáticos para descrever o campo, etc. Mas, sem embargo, em certo sentido os campos são reais, porque depois de ter perdido o tempo com as equações matemáticas – fazendo e não imaginando, tratando e não imaginando os objetos – todavia podemos fazer com que os instrumentos detectem os sinais procedentes do Mariner II e fazer descobrimentos sobre galáxias a milhões de quilômetros de distância, e assim sucessivamente.

Toda esta questão de imaginar a ciência é pequena e mal entendida pelas pessoas que se dedicam a outras disciplinas. Tratam de por a prova a nossa imaginação da seguinte forma. Dizem: “aqui tem o quadro de certa pessoa em uma situação.



Figura 1 .A intensidade das ondas eletromagnéticas em função do comprimento de onda para três ângulos(medidos na direção oposta ao sol), observada somente com certas condições meteorológicas.

O que se imagina que logo acontecerá?” E quando contestamos: “não posso imaginar”, pode ser que pensem que temos pouca imaginação.

Parece que tudo o que nos é permitido imaginar na ciência deve ser *compatível com tudo que conhecemos*: os campos e as ondas que temos falado não são simplesmente pensamentos felizes que somos livres para conceber como queremos, sim idéias que devem ser compatíveis com todas as leis conhecidas da física. Não nos podemos permitir imaginar seriamente coisas que estão em evidente contradição com as leis conhecidas da natureza. E assim, nossa classe de imaginação é um jogo difícil. Se deve ter suficiente imaginação para se conceber algo que nunca tenha sido visto ou ouvido. Ao mesmo tempo os pensamentos estão confinados em uma camisa de força, por assim dizer, limitados pelas condições que provem de nosso conhecimento do que realmente é a natureza. O problema de crer em algo que é novo, mas compatível com todas as coisas que foram vistas antes é uma dificuldade extrema.

Já que entramos neste tema quero falar que será possível imaginar a beleza de algo que não podemos ver. É uma questão interessante. Quando olhamos para um arco-íris, nos parece belo. Todo mundo diz: “Ah, um arco-íris”. (Podem notar o cientista que sou. Tenho medo de dizer que algo é belo a menos que tenha uma forma experimental para o definir.) Mas como descreveríamos um arco-íris se estivéssemos cegos? *Estamos* cegos quando medimos o coeficiente de reflexão infravermelho do cloreto de sódio, ou quando falamos das frequências das ondas que vem de alguma galáxia que não podemos ver – fazemos um diagrama, um gráfico – . Por exemplo, para o arco-íris, tal gráfico seria a intensidade da radiação em função da comprimento de onda medida com um espectrofotômetro para cada direção do firmamento. Geralmente essas medições dariam uma curva que seria bastante chata. Logo, certo dia, alguém descobriria que para certas condições de tempo e para certo ângulo do firmamento, o espectro da intensidade em função da longitude da onda se comportaria estranhamente, teria a uma curva. Quando o ângulo do instrumento varia só um pouquinho, o máximo da concavidade se moveria de uma longitude de onda a outra. Depois um dia uma revista de Física para cegos publicaria um artigo técnico com o título “A intensidade da radiação em função do ângulo para certas condições de tempo”. Neste artigo apareceria um gráfico tal como o da figura 1. Talvez o autor diria que em alguns ângulos grandes havia mais radiação a comprimentos de ondas grandes, mas que para ângulos pequenos o máximo de radiação caía em longitudes de ondas ais curtas. (Deste nosso ponto de vista, diríamos que a 40° a luz é predominante verde e a 42° a luz predominante é violeta).

Agora bem, encontramos beleza no gráfico da figura. Contém muito mais detalhes que não era percebido quando olhávamos um arco-íris, porque nossos olhos não podem ver detalhes exatos da forma de um espectro. Sem dúvidas, eu olho e vejo o quanto um arco-íris é belo. Temos imaginação suficiente para ver nas curvas espectrais a mesma beleza que vemos ao olhar diretamente uma arco-íris? Não sei.

Mas suponha que tenha um gráfico do coeficiente de reflexão de um cristal de cloreto de sódio em função do comprimento de onda no infravermelho e também em função do ângulo. Teria uma representação de como apareceria a meus olhos se vissem no infravermelho – talvez algum “verde” brilhante, mesclado com as reflexões da superfície em um “violeta metálico” –. Seria belo, mas não sei se alguma vez pude olhar um gráfico do coeficiente de reflexão do NaCl medido por algum instrumento e dizer que tem a mesma beleza.

Por outro lado, ainda que não podemos ver a beleza no resultado particular de uma medição *possamos* ver uma certa beleza nas equações que descrevem as leis físicas gerais. Por exemplo, na equação de onda, existe algo belo na regularidade da aparição do  $x$ , do  $y$ , do  $z$  e do  $t$ . e esta bela simetria de aparição de  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , e  $t$  sugere a mente uma grande beleza que tem a ver com as quatro dimensões, a possibilidade de analisar isto e desenvolver a teoria especial da relatividade. Existe, pois, beleza abundante associada com as equações.