



PERSPECTIVAS
REVISTA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

VOL. 7, Nº 2, 2022, P. 274-311
ISSN: 2448-2390

As três palestras William James, de Erwin Schrödinger: uma tradução para o português brasileiro.

The three William James lectures, by Erwin Schrödinger: a translation into Brazilian Portuguese

DOI: 10.20873/rpv7n2-54

Tradução de Caroline Elisa Murr

Orcid ID: 0000-0002-9936-4247
Email: caromurr@gmail.com

Gabriel Neves Ferrari

Orcid ID: 0000-0003-0995-9245
Email: gnevesferrari@gmail.com

Resumo

Schrödinger escreveu as Palestras William James em 1954, mas estas não foram publicadas durante sua vida. Escritas em inglês, foram guardadas e publicadas somente em 1995, em uma coletânea organizada por Michel Bitbol, em que se baseia esta tradução. O primeiro texto se inicia discutindo relações entre filosofia e ciência, abordadas usando exemplos que relatam como as cores e os sons são abordados por diferentes ciências. Na segunda palestra, Schrödinger aborda um tema que foi alvo de muitas discussões na filosofia: as sensações. Ele discute vários exemplos de medições na física, argumentando o quanto a observação e a interferência humanas são necessárias; por outro lado, o quanto a física se esforçava para afastar essa imagem. Na terceira palestra, Schrödinger analisa o papel da mente humana, atento especialmente ao planejamento e construção dos instrumentos de medição. É nessa palestra que encontramos também a definição mais concisa de um conceito central e original na filosofia de Schrödinger: a “formação de invariantes”, que de acordo com Schrödinger é o que permite a todas as pessoas “verem” as mesmas coisas. Pelos temas que abordam, exemplos que exploram e ideias que expressam, os textos aqui traduzidos são de interesse para toda a comunidade filosófica de leitores da língua portuguesa. Além disso, esta tradução é útil em cursos de graduação não só na área de filosofia, mas também física e química, por exemplo.

Palavras-chave

Schrödinger. Tradução. Sensações. Filosofia da física. Medição. Mente.

Abstract

Schrödinger wrote the William James Lectures in 1954, but these were not published during his lifetime. Written in English, they were saved and published only in 1995, in a collection organized by Michel Bitbol, on which this translation is based. The first text begins by discussing relationships between philosophy and science, approached using examples that relate how colors and sounds are approached by different sciences. In the second lecture, Schrödinger addresses a topic that has been the subject of many discussions in philosophy: sensations. He discusses various examples of measurements in physics, arguing how necessary human observation and interference are; on the other hand, how hard physics tried to dispel this image. In the third lecture, Schrödinger analyzes the role of the human mind, paying particular attention to the planning and construction of measuring instruments. It is in this lecture that we also find the most concise definition of a central and original concept in Schrödinger's philosophy: the "formation of invariants", which according to Schrödinger is what allows all people to "see" the same things. Due to the themes they address, the examples they explore and the ideas they express, the texts translated here are of interest to the entire philosophical community of readers of the Portuguese language. Furthermore, this translation is useful in undergraduate courses not only in philosophy, but also in physics and chemistry, for example.

Keywords

Schrödinger. Translation. Sensates. Philosophy of physics. Measurement. Mind.

Apresentação

Erwin Schrödinger(1887-1961) é reconhecido como físico, tendo sido um dos cientistas participantes do período inicial da revolução quântica. Mas esse intelectual austríaco, que ia a congressos vestido com roupas típicas tirolesas, de bermudas e suspensórios, não contribuiu apenas para o contexto da física. Schrödinger é autor de vários textos filosóficos, os quais foram mais profícuos e revelaram mais de suas ideias sobre diversos temas, problematizando questões filosóficas importantes. Dentre elas, estão a distinção entre sujeito e objeto, o status de realidade dos objetos científicos e cotidianos, a objetividade da ciência, a construção da realidade, entre outras¹.

Schrödinger escreveu as Palestras William James porque foi convidado para falar nesse evento em 1954, mas sua ida aos Estados Unidos não se efetivou. As palestras, escritas em

¹ Para saber mais sobre as ideias filosóficas de Schrödinger, ver AUTOR1, DATA.

inglês, foram guardadas e publicadas somente em 1995 em uma coletânea de vários textos organizada por Michel Bitbol, em que se baseia esta tradução.

Estudei os textos filosóficos de Schrödinger durante alguns anos, tendo produzido uma dissertação de mestrado, uma tese de doutorado e alguns artigos envolvendo as suas ideias. A necessidade da tradução surgiu na sala de aula: em uma experiência de disciplina optativa sobre o pensamento de Schrödinger, na UFPR em 2015. Os textos que já contam com tradução para o português, “O que é vida?” e “Mente e Matéria”, foram trabalhados, mas tive impressão de que os textos das palestras aqui traduzidas continham elementos fundamentais para se compreender melhor o todo do pensamento schrödingeriano.

A tradução desses textos exigiu mais do que eu imaginava a princípio. Essas palestras, diferentemente de outros textos tardios de Schrödinger, contêm muitos exemplos vindos da física. Já familiarizada através da pesquisa acadêmica com as ideias do autor, mesmo já tendo encontrado passagens em que ele discorre sobre física, me deparei nessas palestras com exemplos de física experimental, e ainda com vocabulário da época. Nesse sentido, a tarefa de traduzir, já bastante árdua por si só, tornou-se ainda mais exigente, mas ao mesmo tempo interessante. Nesse contexto, contei com a colaboração de AUTOR2, doutor em física e professor universitário, que revisou a tradução, colaborando com a melhor forma de expressão de termos envolvendo teorias físicas na língua portuguesa. Por isso, publicamos este trabalho em coautoria.

O uso desse tipo de exemplo por Schrödinger, ainda em 1954, mostra que suas preocupações e motivações sempre partiram desse contexto. Além disso, esses textos fazem notar o quanto seu pensamento usa a física para se expressar, constituindo também uma reflexão constante em torno dessa ciência. Segundo o próprio Schrödinger, o cientista não pode se desfazer de sua “bobina mundana”² - metáfora usada para expressar que todo cientista leva sua humanidade para o laboratório, para o trabalho. De modo semelhante, Schrödinger levou sua “bobina de físico” para sua filosofia.

² Cf. Schrödinger, [1932], p. 80.

Os textos a seguir certamente são de grande importância para a história da física e da filosofia. Disponibilizar uma tradução para o português é fundamental para que o público leitor dessa língua, não somente no Brasil mas em outros países lusófonos, tenha acesso mais fácil e direto às ideias neles contidas. Além disso, esta publicação aumenta o número de materiais disponíveis nessa língua para uso em sala de aula, especialmente na graduação, em diversas áreas. Esses textos podem ser de interesse para cursos de filosofia, física, química, em diversas disciplinas, como filosofia da ciência, história da ciência, entre outras.

Nesta apresentação, o intuito não é fazer a discussão filosófica dos conceitos apresentados por Schrödinger nesses três textos, o que geraria um novo artigo. Por isso, vamos apenas pincelar os temas tratados em cada texto, enfatizando somente alguns pontos que revelam a relevância de sua divulgação.

Quanto ao conteúdo das palestras, a primeira se inicia discutindo relações entre filosofia e ciência. Mas o ponto central desse texto, e que conecta as três palestras, é um tema bastante caro a Schrödinger, do qual surge a sua motivação em desenvolver uma teoria da construção da realidade científica separadamente à da realidade cotidiana, embora esta se baseie naquela. É o tema da ausência não só de valores, mas das sensações, na ciência. Ele o aborda usando exemplos da física para relatar como as cores e os sons são vistos pela física, e em parte pela biologia e fisiologia.

O único conceito filosófico a que vamos nos ater um pouco mais é o de sensação, tendo em vista a variedade de interpretações que pode ter na filosofia. Schrödinger usa em inglês a palavra “sensate”, ao invés de “sensation”, nessas palestras. O que Schrödinger chama de sensação deve ser entendido internamente ao seu pensamento, embora tenha similaridades com outras maneiras de se conceituar sensações, tema tão controverso na filosofia³. Ele fala da sensação do amarelo, ou do som, significando um componente da construção da realidade que precisa estar presente nos objetos cotidianos. Estes, para ele, são compostos de sensações reais e virtuais, ou expectativas, enquanto que os objetos científicos contêm apenas sensações

³ Ver AUTOR1, DATA, para mais sobre a discussão do tema em Schrödinger e Russell.

virtuais⁴. Na segunda palestra, Schrödinger define as sensações reais como “dados primitivos da percepção imediata” (1954), afirmando que estes estão ausentes da descrição científica. De fato, Schrödinger considerava que os objetos científicos são constituídos apenas de percepções virtuais (Cf. Schrödinger, 1951, p. 125 e 1957, p. 212).

Nessa palestra, Schrödinger discute vários exemplos de medições na física, argumentando o quanto a observação e a interferência humanas são necessárias; por outro lado, o quanto a física se esforça para afastar essa imagem. Tem-se a impressão de que os instrumentos são responsáveis pelos resultados e as sensações ficam excluídas da imagem científica do mundo. Propositamente, as sensações que embasam todas as medições não estão contidas nos resultados, embora nenhum resultado possa ser obtido sem alguma interferência humana.

Na terceira palestra, Schrödinger desenvolve melhor essas ideias, analisando o papel da mente humana, atento especialmente ao planejamento e construção dos instrumentos de medição. Hoje as tecnologias são mais avançadas que então e nossos instrumentos contemporâneos reduzem a interferência humana. Mas se considerarmos uma cadeia causal encontraremos algo que a mente humana planejou ou construiu em algum ponto, por mais longínquo que seja. Aqui Schrödinger lança uma ideia interessante que não aparece em outros textos, com respeito à “criação” dos instrumentos. Ele defende que há uma linhagem que se pode seguir de uns até outros. Se uma chave de fenda e um parafuso são usados para construir um instrumento, por exemplo, estes seriam como antepassados desse instrumento. Essa ideia se parece com a de um autor mais recente em filosofia da tecnologia, Gilbert Simondon. Para esse autor, a compreensão dos objetos técnicos depende de se olhar para sua gênese. Simondon afirma que a evolução anterior está na essência de um ser técnico; há que se assimilar a temporalidade, a evolução desse objeto (Cupani, 2011, p. 60). Segundo Cupani, para Simondon: “O motor à gasolina, por exemplo, é, a rigor, uma continuidade que vai desde a sua invenção até a sua forma atual” (p. 60). Essa comparação é um exemplo de como Schrödinger levantou discussões que se tornaram importantes em filosofia da ciência e até de uma área que ainda não existia em sua época: a filosofia da tecnologia.

⁴ Ver AUTOR1, DATA, cap. 1 e AUTOR1, DATA, cap. 3 para mais detalhes sobre essas concepções.

Voltando ao tema principal das palestras, Schrödinger argumenta que essas medições pretendem formar uma imagem da realidade ao nosso redor, mas a descrição por elas produzida não contém as sensações. Onde elas são posicionadas então? Na mente; no entanto, essa resposta não é satisfatória, pois a rigor todo o restante também estaria na mente. Schrödinger discute esse problema nesses textos.

É nessa palestra que encontramos também a definição mais concisa do conceito de “formação de invariantes”, que de acordo com Schrödinger é o que permite a todas as pessoas “verem” as mesmas coisas. Para Schrödinger, os invariantes iniciam-se com o indivíduo, mas estendem-se para comunidades que mantêm contato social direto. Esse processo começa com o próprio corpo e o ambiente em torno. Por exemplo, como invariantes, primeiro são adquiridas noções geométricas (Schrödinger, 1954, p. 148). Invariantes podem ser noções ou os próprios objetos, comuns a quem pertence ao mesmo contexto social. Nesta palestra, Schrödinger traz uma noção mais esclarecida desse conceito, que talvez se constitua na sua contribuição mais importante para a filosofia.

Em meio a todas essas discussões, Schrödinger revela diversos aspectos de seu pensamento. Esse é um dos motivos para difundi-las, uma vez que corroboram interpretações que foram feitas de outros textos. As reflexões aqui contidas podem tanto encaminhar o leitor para o início do estudo do pensamento schrödingeriano quanto ajudar o pesquisador mais experiente a justificar ou rever suas interpretações.

Por fim, agradeço à família de Schrödinger, especialmente ao Sr. Leonhard Braunizer, por ter autorizado a publicação desta tradução em português, e também ao Sr. Peter Graf, responsável pelos arquivos Schrödinger na Universidade de Viena, por ter feito a intermediação da comunicação a respeito da autorização. Além destes, agradeço ao AUTOR2, que revisou cuidadosamente a tradução com respeito aos termos e teorias físicas presentes, contribuindo valiosamente para a maior exatidão e qualidade deste trabalho.

Palestras “William James”⁵

Primeira Palestra: Ciência, Filosofia e as Sensações⁶

Tendo sido convidado como cientista para palestrar para um grupo de filósofos, penso que as coisas que eu pretendo dizer-lhes neste conjunto de palestras serão, falando de maneira geral, classificadas em duas categorias. Do cientista vocês esperam alguma informação sobre ciência, mais especificamente sobre a sua própria área da ciência, a física, em que ele, talvez, fale com alguma autoridade – tanto quanto um ser humano em uma certa época pode falar, em um certo domínio de conhecimento. Isso seria, por assim dizer, alimentar os seus próprios pensamentos filosóficos. Mas como filósofos vocês podem também estar interessados nas *minhas* opiniões filosóficas, as quais eu formei a partir da soma de meus conhecimentos, na sua maioria científicos – formei dentro da minha capacidade como ser humano. Com respeito a essas coisas, eu falarei apenas por mim mesmo e sem nenhuma autoridade. Agora, é claro, esses dois tipos de tema não precisam estar divididos em “parte I” e “parte II” nestas palestras; eles estarão intimamente entrelaçados. Ao me dar o devido crédito – ou negando-o – vocês devem usar o seu próprio discernimento, de acordo com a natureza da posição.

O que é o pensamento filosófico – como oposto ao pensamento científico? Começemos pela minha própria ciência. A física é normalmente dividida em física experimental e teórica. A divisão é artificial. A física consiste em experimentar com a natureza, fazer observações cuidadosas, pensar sobre elas e então planejar e implementar novas observações, sugeridas pelo resultado de pensar, planejar, experimentar e observar, alternados continuamente. Nessa sequência, pensar e planejar são chamados de física teórica, experimentar e observar são chamados de física experimental. A divisão é comumente causada pelo fato de que as duas

⁵ N. T.: Série de 3 palestras que seriam proferidas por Schrödinger em Harvard por volta de 1954. As palestras não ocorreram devido a um mal-entendido com respeito a datas. Foram publicadas em Bitbol (1995) no idioma original inglês.

⁶ N. T.: Schrödinger usa o termo “sensates” com sentido de “aquilo que é percebido através dos sentidos”. Como o termo “percebido” já carrega alguma conotação na filosofia, não necessariamente a mesma expressa por Schrödinger, escolhemos “sensações”, levando ainda em conta que no decorrer do texto fica claro que esse é o tema principal desta palestra: analisar filosoficamente a participação ou não das sensações na física.

atividades requerem, cada uma delas, treinamentos e habilidades tão especiais e elaborados, que são frequentemente comandadas cada qual pela mesma pessoa – Ernest Rutherford e Enrico Fermi sendo raras exceções.

O mesmo estado de coisas pode ser visto na maioria das outras ciências, embora não levado ao mesmo extremo, pois a física é a mais modesta, mais fundamental, mais básica, e portanto a mais avançada das ciências.

Atrevo-me a afirmar que a filosofia guarda para o somatório das ciências a mesma relação que qualquer parte teórica de qualquer ciência específica tem para com a sua parte experimental ou observacional. Na tentativa de a todo momento unir o resultado da pesquisa científica a uma imagem do mundo exterior⁷, a filosofia alcançará importante influência para dirigir a pesquisa futura – não em detalhes, mas no que concerne à atitude geral de como conduzi-la.

Apresso-me em me corrigir. Filosofia, no sentido mais geral dessa palavra, também diz respeito a coisas com as quais a ciência – ciência natural – *Naturwissenschaft* – nunca se preocupa. A filosofia também lida com *valores*, com *ética* e até com *estética*. Essas coisas são excluídas da ciência, propriamente falando, não pela sua natureza, mas por uma convenção simplificadora que a ciência adotou e ainda não foi capaz de descartar, como eu explicarei mais adiante em detalhes.

Logo, a filosofia tem um escopo muito mais amplo do que eu circunscrevi há pouco, tendo de fato uma tarefa muito difícil. Pois a ciência, por assim dizer, monopolizou todo o âmbito da experiência e o arranjou em um esquema de pensamento que não apenas desconsidera valores éticos e estéticos, mas seria completamente perturbado se eles fossem admitidos. Portanto, um filósofo que decidiu pelo princípio coerente de basear-se somente na experiência, por ser a única coisa que temos, encontra todo esse campo ocupado pela ciência. E se ele está naturalmente hesitante em interferir com a organização do conhecimento que a ciência alcançou, o filósofo pode estar em desvantagem para encontrar uma base para a teoria dos valores, incluindo a ética.

⁷ N. T.: De modo a fazer sentido, devemos considerar que há um erro de digitação neste trecho. No original lê-se: “In attempting to unite the outcome of scientific research along the whole line to a picture of the external work”. Cremos que a intenção de Schrödinger fosse dizer “external world”.

Acredito que esta é a razão pela qual a filosofia antiga, depois dos avanços científicos verdadeiramente importantes dos pré-socráticos, incluindo Demócrito, afastaram-se mais e mais da ciência, deixando-a por conta própria, por assim dizer. As grandes mentes filosóficas dos séculos seguintes foram intensamente interessadas nos problemas da ética, em que podem ter sentido a visão de mundo puramente científica mais como um grilhão do que como uma ajuda. Diferentes tentativas de transpor esse abismo, o qual ia de Platão, por um lado, ao seu grande adversário Epicuro, do outro, não foram muito bem-sucedidas; ambos transpareciam igual falta de compreensão do espírito científico.

Vamos tentar chegar à raiz dessa estranha alienação da ciência com relação a todos os tipos de valores, éticos, estéticos e outros, se é que há outros. Embora a teoria dos valores em si não nos vá ocupar nestas palestras, a razão pela qual a ciência não só é reticente quanto a valores, mas está ansiosamente em guarda para não tê-los introduzidos em seu domínio, é, assim creio, de primordial interesse, a partir do momento em que se pretenda colocar o pensamento científico e o pensamento filosófico sob um escopo comum, como é a intenção aqui. Deve haver uma característica fundamental na estrutura do pensamento científico que exclui de seu âmbito precisamente aquilo que, para a mente humana em geral, parece ser da maior relevância.

Se submetermos a visão de mundo científica a uma inspeção mais profunda, veremos que a imagem que ela nos mostra é um esquema do tipo esqueleto, no qual muito mais do que só valores estão faltando; coisas que nos são até mais próximas, mas digamos que em níveis mais profundos. Se perguntamos a um físico qual é a sua ideia da luz amarela, ele irá nos dizer que são ondas eletromagnéticas transversais de comprimento de onda por volta de 590 milimicrômetros⁸. Se perguntamos a ele: “Mas onde entra o amarelo?” Ele dirá: “Em minha idealização não entra de maneira nenhuma, mas esse tipo de vibrações, quando alcançam a retina de um olho saudável, dão à pessoa a quem o olho pertence a sensação de amarelo”. Continuando os questionamentos, podemos ouvir que diferentes comprimentos de onda produzem diferentes sensações de cores, mas nem todos o fazem, apenas aqueles aproximadamente entre 800 e

⁸ N. T.: Equivalentes a 590 nanômetros (nm).

400 nm. Para o físico, as ondas de infravermelho (>800) e ultravioleta (<400) são praticamente o mesmo tipo de fenômeno do que aquelas na região entre 800 e 400 nm, às quais o olho é sensível. Como essa seleção peculiar acontece? É obviamente uma adaptação à radiação solar, que é mais forte nessa região de comprimentos de onda, caindo rapidamente mais para as extremidades. Além disso, a sensação de cor intrinsecamente mais brilhante, o amarelo, é encontrada em um lugar dentro daquela região onde a radiação solar exhibe o seu máximo, um verdadeiro pico⁹.

Podemos perguntar ainda: a radiação na vizinhança do comprimento de onda 590 nm é a única a produzir a sensação de amarelo? A resposta é: não, de maneira nenhuma. Se ondas de 760 nm, as quais produzem sozinhas a sensação de vermelho, são misturadas em uma certa proporção com ondas de 535 nm, que sozinhas produzem a sensação de verde, essa mistura produz um amarelo que é indistinguível daquele produzido pelos 590 nm. Dois campos adjacentes, iluminados um pela mistura e o outro apenas pela luz espectral simples, têm exatamente a mesma aparência, não se pode dizer qual é qual. Isso poderia ser previsto a partir dos comprimentos de onda – há uma conexão numérica entre essas características físicas, objetivas das ondas? Não. É claro, a tabela de todas as misturas desse tipo foi construída empiricamente; é chamada de triângulo das cores. Mas não é simples a conexão com os comprimentos de onda. Não há uma regra geral de que uma mistura de duas luzes espectrais coincida com uma que está entre elas. Por exemplo, a mistura de “vermelho” e “azul” das extremidades do espectro resultam em “roxo”, o qual não é produzido por nenhuma luz espectral sozinha. Além disso, a tabela citada, o triângulo das cores, varia ligeiramente de uma pessoa para outra, e difere consideravelmente para algumas pessoas, as quais possuem tricromacia anômala e *não* são daltônicas¹⁰.

A sensação de cor não pode ser levada em conta pela imagem objetiva das ondas de luz do físico. O fisiologista poderia levá-la em conta, se ele tivesse um conhecimento mais completo

⁹ N. T.: Também chamado de “crista” no linguajar da física, na língua portuguesa.

¹⁰ N. T.: É importante destacar que o daltonismo (“color-blindness”) abrange todos os casos de incapacidade para distinguir algumas ou todas as cores, apesar de comumente lembrado como a incapacidade de distinguir verde e vermelho. O trecho original de Schrödinger é: “...anomalous trichromates, persons who are *not* color-blind”.

do que tem com respeito aos processos na retina e dos processos nervosos configurados por eles nos feixes de nervos óticos e no cérebro? Eu não acho que possa. Podemos, na melhor das hipóteses, chegar a um conhecimento objetivo de quais fibras nervosas são excitadas e em que proporção, bem como até mesmo saber exatamente os processos que elas produzem em certos neurônios – sempre que nossa mente registra a sensação de amarelo em uma direção ou domínio particular do nosso campo de visão. Mas até mesmo esse conhecimento profundo não nos diria nada a respeito da sensação da cor, mais particularmente do amarelo nesse sentido – os mesmos processos fisiológicos concebivelmente poderiam resultar em uma sensação de gosto doce, ou qualquer outra. Eu quero dizer simplesmente isto: que podemos estar certos de que não há nenhum processo nervoso cuja descrição objetiva inclui a característica “cor amarela” ou “gosto doce”, tampouco a descrição objetiva de uma onda eletromagnética inclui qualquer dessas características.

O mesmo vale para outras sensações. É muito interessante comparar a percepção da cor, a qual examinamos, com a do som. Este é normalmente trazido até nós por ondas elásticas de compressão e expansão, propagadas no ar. Seu comprimento de onda – ou, para ser mais preciso, sua frequência – determina a altura¹¹ do som ouvido. (Importante: A relevância fisiológica pertence à frequência, não ao comprimento de onda, também no caso da luz, em que no entanto os dois são virtualmente correspondentes exatos um do outro, uma vez que a velocidade de propagação no espaço vazio ou no ar não varia perceptivelmente.) Não preciso dizer-lhes que o alcance da frequência do “som audível” é muito diferente daquele da “luz visível”, variando de aproximadamente 12 ou 16 [Hertz]¹² por segundo a 20.000 ou 30.000 [Hertz] por segundo, enquanto para a luz essa escala é da ordem de várias centenas de milhões de milhões¹³. O alcance relativo, no entanto, é muito mais amplo para o som, englobando aproximadamente 10 oitavas (contra nem ao menos *uma* para a “luz visível”). Além disso, ela muda de acordo com o

¹¹ N. T.: “Altura” referindo-a a sons graves ou agudos.

¹² Dessa forma entre colchetes serão indicadas observações de tradução, seja acréscimos ou itens necessários ao entendimento.

¹³ N. T.: O texto original refere-se a “(English) billions”; o bilhão foi uma unidade usada em certa época no Reino Unido significando “milhão de milhão”.

indivíduo, especialmente com a idade: o limite superior da altura é regularmente e consideravelmente reduzido com o avanço da idade. Mas o fato mais notável sobre o som é que a mistura de várias frequências distintas *nunca* é combinada para produzir apenas *uma* altura intermediária, assim como se poderia produzir por apenas *uma* frequência intermediária. Em grande medida, as alturas superpostas são percebidas separadamente – embora simultaneamente – especialmente por pessoas extremamente musicais. A adição de muitas notas mais altas a essa mistura (“sobretons”) de várias qualidades e intensidades resulta no que é chamado de variação de timbre (alemão: *Klangfarbe*), pela qual aprendemos a distinguir um violino, uma corneta, um sino de igreja, um piano... até mesmo por uma única nota soada. Mas até barulhos têm o seu timbre, a partir dos quais podemos inferir o que está acontecendo; até meu cachorro está familiarizado com o barulho peculiar da abertura de uma certa lata, de dentro da qual ele ocasionalmente recebe um biscoito. Em tudo isso as razões entre as frequências cooperantes são essenciais. Se elas são todas mudadas na mesma razão, como por exemplo ao se tocar um disco de gramofone muito devagar ou muito rápido, você ainda reconhece o que está acontecendo. Ainda assim, algumas diferenças relevantes dependem das frequências absolutas de certos componentes. Se um disco de gramofone contendo voz humana é tocado muito rápido, as vogais mudam perceptivelmente, particularmente o *a* como em “*car*” muda para aquele como em “*care*”¹⁴. Um espectro contínuo de frequências é sempre desagradável, seja oferecido em sequência, como por uma sirene ou um gato uivando, ou simultaneamente, o que é difícil de implementar, exceto talvez por uma multidão de sirenes ou um regimento de gatos uivando. Novamente, isso é completamente diferente da percepção da luz. Todas as cores que normalmente percebemos são produzidas por misturas contínuas; e uma gradação contínua de matizes, em uma pintura ou na natureza, é algumas vezes de grande beleza.

As características principais da percepção do som são bem compreendidas no mecanismo das orelhas, do qual temos conhecimento melhor e mais seguro do que aquele referente à química da retina. O órgão principal é a cóclea, um tubo ósseo enrolado que se parece com a

¹⁴ N. T.: Mantivemos o exemplo da língua inglesa dado por Schrödinger; o importante é notar a mudança de som ocorrida.

concha de um certo tipo de caracol marinho: uma pequenina escadaria espiralada que torna-se mais e mais estreita à medida que “sobe”. No lugar dos degraus (continuando nossa comparação) fibras elásticas são esticadas através do compartimento enrolado, formando uma membrana; a largura da membrana (ou o comprimento das fibras individuais) diminuindo de “baixo” para “cima”. Então, como as cordas de uma harpa ou de um piano, as fibras de diferentes comprimentos respondem mecanicamente a oscilações de diferentes frequências. A uma determinada frequência responde uma determinada área pequena – não apenas uma fibra – da membrana; a uma frequência mais alta outra área, onde as fibras são mais curtas. Essas vibrações mecânicas devem configurar, em *muitas* fibras nervosas *diferentes*, os impulsos nervosos bem conhecidos que são propagados para certas regiões do córtex cerebral. Digo em diferentes fibras nervosas pois temos o conhecimento geral de que o processo de condução é mais ou menos o mesmo em todos os nervos e muda apenas com a intensidade da excitação; isso é devido à frequência dos pulsos, que não devem, é claro, ser confundidos com a frequência do som no nosso caso (os dois não têm nada a ver um com o outro).

O quadro não é tão simples quanto desejamos que seja. Se o físico tivesse construído a orelha, visando a dar ao seu possuidor a discriminação incrivelmente fina de altura e timbre que ele de fato possui, o físico a teria construído diferente. Mas talvez ele voltasse atrás. Seria mais simples e mais elegante se pudéssemos dizer que cada “corda” ao longo da cóclea responde apenas à frequência estritamente definida da vibração que está entrando. Isso não acontece dessa forma. Mas por que não? Porque a vibração dessas “cordas” é fortemente amortecida. Isso necessariamente amplia seu alcance de ressonância. Nosso físico pode tê-las construído com o menor amortecimento possível. Isso teria a consequência terrível de que a percepção de um som não cessaria quase que imediatamente quando a onda produzida cessa, mas permaneceria por algum tempo, até que o ressonador pobremente amortecido na cóclea parasse de vibrar. A discriminação de altura seria obtida sacrificando-se a discriminação no tempo entre sons subsequentes. É intrigante como o mecanismo real consegue reconciliar ambos da forma mais perfeita.

Entrei em alguns detalhes aqui para fazê-los sentir que nem a descrição do físico nem a do fisiólogo contêm traços da sensação do som. Qualquer descrição desse tipo está fadada a terminar com uma sentença como: esses impulsos nervosos são conduzidos para uma certa porção do cérebro, onde são registrados como uma certa sequência de sons. Podemos seguir as mudanças de pressão no ar enquanto elas produzem as vibrações do tímpano, podemos ver como seu movimento é transferido por uma cadeia de pequeninos ossos para outra membrana e eventualmente para partes da membrana interior da cóclea, composta de fibras de comprimentos variados, descritas acima. Podemos alcançar uma compreensão de como tal fibra vibrante inicia um processo eletroquímico de condução na fibra nervosa com a qual está em contato. Podemos seguir essa condução ao córtex cerebral e podemos até obter conhecimento objetivo de algumas das coisas que lá ocorrem. Mas em lugar nenhum vamos nos deparar com o “registro como som”, o qual simplesmente não está contido em nossa imagem científica, mas está apenas na mente da pessoa de cujo cérebro estamos falando.

Poderíamos, da mesma forma, discutir as sensações de tato, de quente e frio, de olfato e de paladar. Os dois últimos, os sentidos químicos, como são algumas vezes chamados, o olfato permitindo um exame de substâncias gasosas, o paladar de fluidos, têm em comum com a sensação visual que a um número infinito de estímulos possíveis eles respondem com um leque restrito de qualidades sensoriais. No caso do gosto: amargo, doce, azedo e salgado e suas misturas peculiares. O olfato é, creio, mais variado, e particularmente em certos animais é muito mais refinado que no homem. Que características objetivas de um estímulo físico ou químico modificam notavelmente a sensação é algo que parece variar sensivelmente no reino animal. *Abelhas*, por exemplo, são daltônicas (dicromatas¹⁵) mais ou menos com o tipo de visão encontrada em aproximadamente 3 ou 4% dos *homens*. Por outro lado, como von Frisch em Munique descobriu não faz muito tempo, abelhas são peculiarmente sensíveis a vestígios de polarização da luz, o que ajuda a sua orientação com respeito ao sol de um modo surpreendentemente elaborado. Para um ser humano, até a luz completamente polarizada é indistinguível da normal, não-polarizada. *Morcegos* foram descobertos como sendo sensíveis a frequências

¹⁵ N. T.: Dicromatas possuem células receptoras de apenas duas das cores fundamentais.

extremamente altas de vibração (“ultrassons”) muito além do limite superior humano de audição; eles mesmos os produzem, usando-os como uma espécie de “radar”, para evitar obstáculos. A sensibilidade humana para o quente e o frio exhibe a estranha característica de “*les extrêmes se touchent*”¹⁶: se inadvertidamente tocamos um objeto muito frio, podemos por um momento acreditar que está quente e queimou nossos dedos.

Segunda Palestra: A técnica de medição

Lembrem-se de que iniciamos a partir da seguinte questão: Por que os valores estão faltando na imagem científica do mundo? Acreditamos já ter descoberto que algo muito mais primordial está ausente dela, a saber, todas as nossas sensações reais, os dados primitivos da percepção imediata. Tão logo compreendamos isso realmente, não será difícil atingirmos níveis mais elevados como dor física e deleite físico, alegria e tristeza, e possivelmente outras características, intermediárias entre as sensações e os valores, uma vez que, por um lado, elas são diretamente ligadas às sensações ou baseadas nelas e, por outro lado, formam a base dos valores. Embora – o que é bastante estranho – não seriam simplesmente os valores que promoveriam nosso próprio deleite pessoal e nossa alegria, ou que evitariam a dor e a tristeza para nós, transferindo-as a outros.

Porém no momento eu gostaria de impressioná-los com um fato excessivamente estranho, um aparente paradoxo, o qual tentaremos resolver. A imagem científica do mundo não contém as sensações; elas são, sem intenção mas bem sistematicamente, dela removidas. No entanto, essa imagem do mundo é inteiramente baseada em percepções sensoriais; elas são o material, os tijolos com que ela é construída. Um elétron não é nem vermelho, nem azul, nem de nenhuma outra cor; o mesmo vale para o próton, o núcleo do átomo de hidrogênio. Mas a união dos dois no átomo de hidrogênio, de acordo com o físico, produz radiação eletromagnética de um certo arranjo discreto de comprimentos de onda. Os componentes homogêneos

¹⁶ N. T.: Original em francês, “os extremos se tocam” em português.

dessa radiação, quando separados por um prisma ou uma grade ótica, estimulam em um observador as sensações de vermelho, verde, azul e violeta, por intermédio de certos processos fisiológicos, cujo caráter geral é no entanto suficientemente bem conhecido a ponto de afirmarmos que eles não são vermelhos ou verdes ou azuis. De fato, os elementos nervosos em questão não exibem nenhuma cor em virtude de serem estimulados; o branco e cinza que exibem, sejam estimulados ou não, é certamente insignificante com respeito à sensação de cor a qual, no indivíduo em cujos nervos está, acompanha a sua excitação.

No entanto, nosso conhecimento da radiação do átomo de hidrogênio e das propriedades físicas objetivas dessa radiação originou-se de alguém observando aquelas linhas espectrais coloridas em certas posições dentro do espectro obtido do vapor brilhante do hidrogênio. Isso promove um primeiro conhecimento, mas de maneira nenhuma o conhecimento completo. Para obtê-lo, a eliminação das sensações precisa instalar-se imediatamente e vale persegui-la neste exemplo particular. A cor em si não diz nada sobre o comprimento de onda; na verdade, já vimos anteriormente que, por exemplo, uma linha amarela pode concebivelmente não ser “monocromática” no sentido físico; poderia ser composta de muitos comprimentos de onda diferentes, se não soubéssemos que a construção de nosso espectroscópio exclui esse caso. Ele reúne luz de um comprimento de onda definido em uma posição definida do espectro. A luz que lá aparece tem sempre exatamente a mesma cor, seja de que fonte vier. Ainda assim, a qualidade da sensação de cor não dá nenhuma pista direta para inferir a propriedade física, o comprimento de onda, e isso sem considerar a pobreza comparativa de nossa discriminação de nuances, que não satisfaria o físico. *A priori* a sensação de azul poderia concebivelmente ser estimulada por ondas longas e a de vermelho por ondas curtas, ao invés do contrário, como de fato ocorre.

Para completar nosso conhecimento das propriedades físicas da luz vinda de qualquer fonte, um tipo especial de espectroscópio precisa ser usado; a decomposição é conseguida por meio de uma grade de difração. Um prisma não serviria, porque não se sabe de antemão os ângulos sob os quais ele refrata os diferentes comprimentos de onda. Eles são diferentes para prismas de diferentes materiais. Na verdade, *a priori* não se poderia nem ao menos dizer que a

radiação mais fortemente desviada é de comprimento de onda mais curto, como de fato é o caso.

A teoria da grade de difração é muito mais simples. Da pressuposição física básica sobre a luz – meramente que ela é um fenômeno ondulatório – pode-se, uma vez medido o número de sulcos equidistantes da grade por polegada (geralmente da ordem de muitos milhares), dizer o ângulo exato de desvio para um dado comprimento de onda, e portanto, inversamente, pode-se inferir o comprimento de onda a partir da “constante da grade” e do ângulo de desvio. Em alguns casos, especialmente o efeito Zeeman e o efeito Stark, algumas das linhas espectrais são polarizadas. Para completar a descrição física nesse sentido, no qual o olho humano é totalmente insensível, coloca-se um polarizador (um prisma de Nicol) no caminho do feixe, antes de decompô-lo; rotacionando o Nicol sobre o seu eixo, certas linhas são extintas ou reduzidas à luminosidade mínima para certas orientações do Nicol, as quais indicam a direção (ortogonal ao feixe) de sua polarização total ou parcial.

Uma vez que essa técnica completa é desenvolvida, pode ser estendida para muito além da região visível. As linhas espectrais de vapores fosforescentes não estão de maneira alguma restritas à região visível, que não é distinguível fisicamente. As linhas formam séries teóricas longas e infinitas. Os comprimentos de onda de cada série são relacionados por uma lei matemática relativamente simples, peculiar a ela, que continua uniformemente através da série sem se distinguir daquela parte da série que aparece na região visível. Essas leis de série foram antes encontradas empiricamente, mas são agora entendidas teoricamente. Naturalmente, fora da região visível, uma chapa fotográfica precisa substituir o olho. Os comprimentos de onda são inferidos de puras medições de comprimento, em primeiro lugar, já de início, da constante da grade, isto é, a distância entre sulcos vizinhos (o recíproco do número de sulcos por unidade de comprimento), depois medindo as posições das linhas na chapa fotográfica, a partir das quais, junto com as dimensões conhecidas do aparato, os ângulos de desvio podem ser computados.

Essas coisas são bem sabidas, mas eu gostaria de salientar dois pontos de importância geral, os quais se aplicam para quase todas as medições em física.

O estado de coisas sobre o qual eu me alonguei aqui um pouco mais é frequentemente descrito dizendo-se que, à medida em que a técnica de medição é refinada, o observador é gradualmente substituído por aparatos mais e mais elaborados. Isto não é, certamente no presente caso, verdadeiro; ele não é *gradualmente* substituído, mas do início. Tentei explicar que a impressão colorida do observador sobre o fenômeno não garante a mínima pista da sua natureza física. O dispositivo de cortar uma grade e medir certos comprimentos e ângulos deve ser introduzido, antes mesmo que o mais rude conhecimento qualitativo do que chamamos de natureza física objetiva da luz e de seus componentes físicos possa ser obtido. E este é o passo relevante. Que o dispositivo é em seguida gradualmente refinado, enquanto permanece essencialmente sempre o mesmo, é epistemologicamente irrelevante, por maior que seja o aprimoramento alcançado.

O segundo ponto é que o observador nunca é inteiramente substituído por instrumentos; pois se fosse, ele não poderia obter nenhum conhecimento, definitivamente. Ele deve ter construído o instrumento e, seja durante a sua construção ou depois, ele deve ter feito medidas cuidadosas de suas dimensões e checagens nas suas partes móveis – digamos que um braço de suporte girando em torno de um pino cônico e deslizando por uma escala circular de ângulos – visando a afirmar que o movimento é exatamente aquele pretendido. É verdade que para algumas dessas medições e checagens o físico poderia depender da fábrica que produziu e entregou o instrumento; ainda assim, toda essa informação volta em última análise às percepções sensoriais de uma ou mais pessoas vivas, sejam quais forem os simpáticos dispositivos usados para facilitar o trabalho. Finalmente, o observador deve, ao usar o instrumento para as suas investigações, fazer leituras nele, sejam elas diretas, de ângulos ou distâncias, medidas sob o microscópio, ou indiretas, entre linhas espectrais gravadas em uma chapa fotográfica. Novamente, muitos dispositivos úteis podem facilitar esse trabalho, como por exemplo o registro fotométrico, através da placa, de sua transparência, a qual produz um diagrama aumentado no qual as posições das linhas podem ser facilmente lidas. Mas elas devem ser lidas! Os sentidos do observador devem entrar eventualmente. O mais cuidadoso registro, se não inspecionado, não nos diz nada.

Então voltamos a esse estranho estado de coisas. Enquanto que a percepção sensorial direta dos fenômenos nada nos diz sobre a sua natureza física objetiva (ou o que assim chamamos normalmente), e precisa ser descartada do início como fonte de informação, ainda a imagem teórica que obtemos eventualmente reside inteiramente em um complexo arranjo de várias informações, todas obtidas por percepção sensorial direta. Reside nelas, é montada a partir delas, embora não se possa dizer realmente que as contém. Usando essa imagem, normalmente nos esquecemos delas – exceto no sentido bem geral que conhecemos, nossa ideia de uma onda de luz não é uma invenção aleatória de um “cientista aventureiro”, e sim baseada em experimentos.

Levei um golpe quando descobri por mim mesmo que esse estado de coisas era claramente compreendido pelo grande Demócrito no século V a.C., que não tinha nenhum conhecimento de nenhum aparato de medição física remotamente comparável àqueles de que lhes falei (os quais correspondem aos mais simples dentre os utilizados em nossa época).

Galeno nos preservou um fragmento (Diels fr. 125)¹⁷, no qual Demócrito introduz o intelecto tendo uma discussão com os sentidos sobre o que é “real”. O primeiro diz: “Aparentemente há cor, aparentemente doçura, aparentemente amargor; realmente apenas átomos e o vazio”, ao que os sentidos replicam: “Pobre intelecto, esperas nos derrotar enquanto de nós emprestas a tua evidência? A tua vitória é a tua derrota.”

Sobre esse discurso, o grande estudioso da antiguidade, Theodor Gomperz, ressalta: imagina-se o que Demócrito deixa o intelecto responder a isso. Eu presumo: nada. Teria sido muito ruim se Galeno tivesse citado apenas uma parte desse interessante diálogo. De qualquer forma, Gomperz escrevendo na primeira década do nosso século¹⁸, ainda julga ser a resposta correta mais ou menos como segue: a informação trazida a nós pelos sentidos se refere a propriedades “primárias” e “secundárias” das coisas ao nosso redor. As secundárias são as características como vermelho, azul, doce, quente, frio etc.; as primárias se referem a forma

¹⁷ N. T.: Schrödinger refere-se à obra *Die Fragmente der Vorsokratiker* (1903), de Hermann Diels, filósofo alemão que compilou textos dos pré-socráticos.

¹⁸ N. T. : Schrödinger faz referência ao Século XX. Gomperz foi um estudioso vienense da filosofia da Grécia antiga.

geométrica e arranjo, e a movimento. A imagem científica do mundo, afirma Gomperz, deve basear-se apenas nas últimas, pois elas são confiáveis, não nas primeiras, que não o são.

Não aceitamos essa distinção hoje em dia. O primeiro a se opor a ela, assim ouvi dizer, foi Leibniz, mas não conferi a referência dada por Herman Weyl (em seu livro sobre a filosofia da ciência¹⁹). A seguinte ideia foi amplamente divulgada por muito tempo e pode não estar extinta ainda hoje. Chegamos a conhecer as formas e posições e movimentos relativos dos corpos no ambiente ao nosso redor, incluindo nosso próprio corpo, por percepção sensorial direta, principalmente pela coordenação da visão e do tato. A ciência, por assim dizer, aprimora nossos sentidos com a ajuda de instrumentos, e então refina e estende esse conhecimento espaço-temporal geométrico e cinemático, o estende às estrelas e nebulosas, o refina para ondas de luz, átomos e moléculas. Não podemos estar tão certos da correção de nossas concepções nesse âmbito quanto somos no caso dos objetos palpáveis e visíveis do nosso entorno imediato. Hipóteses se sucedem e precisam algumas vezes ser substituídas por outras melhores. Mas aquelas que sustentam a concepção em questão se sentem seguros de que uma estrutura geométrica e cinemática do mundo é uma realidade e que a ciência física visa a descobrir essa realidade. Tais qualidades sensoriais, no entanto, como vermelho, doce, quente... não fazem, assim se diz, parte dessa realidade; elas e apenas elas surgem da interação daquele mundo externo “incolor e sem gosto etc.” com um organismo peculiarmente constituído, dependendo amplamente da sua constituição.

Essa concepção recebe grande autenticidade e merece ser contestada. O argumento geral mais óbvio contra ela é que todas as percepções sensoriais dependem da interação de algo com nosso próprio corpo e também daquelas que permitem as imagens espaço-temporais, formadas na vida cotidiana e na análise científica. Além disso, as teorias da relatividade de Einstein tornaram claro que o arranjo das coisas no espaço e no tempo não é tão óbvio e simples quanto antes se acreditava ser, mas um construto mais sofisticado; e a teoria quântica levantou dúvidas apreciáveis se o construto adotado até então é realmente apropriado para dar conta de todas as nossas experiências. Reservaremos esses pontos para consideração posterior.

¹⁹ N. T.: Schrödinger se refere provavelmente ao livro de 1927, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*.

Retornemos por um momento às medições de comprimentos de onda da luz. Encontramos nesse procedimento traços peculiarmente reminiscentes da visão que acabamos de descartar em linhas gerais, traços estes que a maioria, senão todas, as medições físicas têm em comum. Embora não se possa, é claro, dispensar completamente a interferência do sensorial do observador, o dispositivo parece ser cuidadosamente escolhido para fazer com que os resultados sejam independentes de quem observa. Se (por razões incompreensíveis) uma pessoa completamente cega tivesse que ler as posições das linhas do diagrama fotométrico, apenas se precisaria, por algum dispositivo químico, transformá-las em escrita Braille para tornar isso possível. Sentimo-nos razoavelmente seguros de que com esses auxílios o homem cego alcançaria os mesmos resultados do que o observador que pode ver.

Isso está em notável contraste com observações que implicam o julgamento de qualidades de cor, som, quente ou frio. Mencionei anteriormente que a cor do “amarelo espectral” pode ser conseguida por uma mistura conveniente de “verde espectral” e “vermelho espectral”. A maioria das pessoas de visão normal precisam aproximadamente da mesma proporção de “vermelho/verde” para obter uma réplica perfeita. Mas há pessoas que, ao produzirem e reproduzirem as imitações com a mesma acurácia, precisam de uma composição quantitativamente diferente da luz misturada, por exemplo, 50% mais verde do que uma pessoa de visão normal. Eles são denominados tricromatas anômalos. Ocorre que sou um deles. Se me coloco em um aparato de misturar cores, facilmente produzirei a “minha” mistura; mas mesmo que você me promettesse um milhão de dólares – mesmo que minha vida dependesse disso – eu não poderia configurar o aparato de modo que os dois campos coincidam para *você* (ou a maioria de vocês). Similarmente, se um diapasão de grande altura sonora, mas ainda satisfatoriamente audível para todos nós, for dado a uma criança com aptidão para a música, ela poderia achar possível montar um apito de Galton²⁰ de modo a dar a oitava mais alta, enquanto que para uma pessoa idosa como eu o apito seria inaudível, assim ele não poderia por nada nesse mundo produzir essa configuração de ouvido por ele mesmo. (Um apito de Galton é um pequeno apito cuja altura pode ser mudada e lida fora de uma escala; é usado para determinar o limite superior de

²⁰ N. T. : No original “Galton-whistle”. Usado também como apito para cães.

audição de sujeitos individuais). Até a mesma pessoa pode registrar diferentes impressões do mesmo objeto simultaneamente. Um experimento muito antigo para mostrar isso é o que segue: deixe a mão esquerda em água fria por um minuto mais ou menos, e a mão direita em água quente, e então coloque as duas em uma bacia de água morna já preparada antecipadamente; parecerá muito mais quente para a mão esquerda do que para a direita. Quando eu estava trabalhando em um quarto escuro e tive que sair à luz para pegar algo, usei o truque de tampar um olho. Isso iria preservar a adaptação e me servir depois de retornar ao quarto escuro e remover a faixa, enquanto o outro olho, estando ofuscado, veria o mesmo entorno totalmente escuro, como se estivesse realmente cego; inicialmente uma sensação levemente desconfortável.

Nossa análise da medição do comprimento de onda da luz, que usamos aqui como representativa de uma medição em ciência física experimental, revelou duas características de grande importância que devemos finalmente discutir. Elas poderiam ser determinadas, ousado dizer, analisando qualquer processo de medição usado em física ou astronomia, porque são comuns a todos eles, daí a razão de serem tão significativas. Uma é que a intervenção do aparato sensorial do observador parece se restringir a enfatizar um determinado fato geométrico puro como comprimento, ângulos, arcos, localização de certas marcas no espaço (e talvez no tempo). A outra característica é que o dispositivo sempre objetiva a tornar o resultado independente da individualidade do observador, logo o mesmo para todos os observadores – apenas então os chamamos, em certo sentido, resultados objetivos. Essas duas coisas dificilmente seriam independentes. Mas não devemos prejudicar a sua dependência; em todo caso elas são diferentes, e cada qual provoca ampla discussão, de modo que devemos lidar com elas uma depois da outra. Tomemos a primeira em primeiro lugar.

Asseverar fatos geométricos é uma expressão muito vaga e que deve ser restringida, para maior precisão. Como medimos de fato um comprimento ou um ângulo? Não os medimos, mas comparamos padrões. Para medir um comprimento, em princípio, devemos colocar uma régua²¹ em contato com o objeto cujo comprimento desejamos determinar. Deixamos o zero da

²¹ N. T.: No original “measuring rod”: Schrödinger usa aqui a expressão que designa um instrumento de medida que tem marcas a intervalos regulares, usado para medir comprimentos.

régua coincidir com uma extremidade do objeto e observamos que sua outra extremidade coincide ao mesmo tempo com uma certa divisão em escala da régua. Nesse procedimento a simultaneidade das duas coincidências é de importância capital. Ela é, usualmente, tacitamente assumida, mas às vezes precisa de cuidadosa atenção. Dois trabalhadores manuseando uma longa fita métrica ou uma “corrente de Gunter”²² ao planejarem a configuração de uma casa ou um jardim, ou de uma quadra de tênis, vão se comunicar por gritos curtos, os quais significam:

- Sua extremidade está no ponto certo?
- Sim, está.
- Tudo bem então, eu faço minha medição e coloco a estaca deste lado.

Em trabalho de laboratório usamos, via de regra, para medir distâncias, métodos mais sofisticados do que apenas a justaposição de uma régua ao objeto. Mas, quando analisados, todos eles equivalem a “coincidências simultâneas” ou “leituras de ponteiros”, como têm sido chamados. Por exemplo, a distância entre duas linhas espectrais, gravadas em uma chapa fotográfica, pode ser medida com um microscópio adequadamente construído. Ou a chapa é fixada a um trilho que, por meio de um parafuso deslocador, pode ser movido como se queira em uma direção ortogonal às linhas, movido com relação ao suporte sólido no qual o microscópio e o trilho da chapa estão montados; ou alternativamente, a chapa permanece fixa e o tubo do microscópio é movido da mesma maneira. Em ambos os casos, um ponteiro, provido de uma escala, deve girar com o parafuso após uma marca fixa em contato imediato com a escala, de modo que o número de voltas e suas frações possam dessa forma ser lidos na escala. Para medir a distância entre duas linhas, primeiro move-se a chapa (ou o microscópio se for o caso) por meio de um parafuso deslocador, até que o retículo²³ visível na lente ocular *coincida* com a primeira linha espectral; então toma-se uma leitura na escala do parafuso, o que significa que você verifica a *coincidência* da marca fixa com uma certa divisão em escala. Então passa-se à próxima linha e faz-se o mesmo. A diferença entre as duas leituras dá a distância requerida, expressa por

²² N. T.: No original “surveyor's chain” ou “Gunter's chain”: unidade de medida usada no século XIX, equivalente a 66 pés; também leva o nome um equipamento primitivo de medida, espécie de “metro” em forma de corrente.

²³ N. T.: No original “Cross-wire” ou “Cross hair”: mais conhecida como “recticle”, trata-se de uma escala em cruz impressa na lente da ocular do microscópio, usada para calibração ou medições.

uma volta²⁴ (“*Ganghöhe*”) do parafuso. Se ela é conhecida em centímetros, uma fácil redução fornece a distância requerida em centímetros. Se não for, é necessário substituir a chapa por um padrão confiável de escala de comprimento e fazer operações similares nela, como antes na anterior; apenas o significado é agora o inverso: mede-se um comprimento conhecido, e então determina-se a medida da volta do parafuso. Em princípio, não se deve nem ao menos confiar que o parafuso é cortado uniformemente com precisão. Isso significa que deve-se proceder um grande número de operações na régua padrão, para *calibrar* o parafuso, como esse processo é chamado, isto é, para confirmar o movimento da chapa (ou do tubo do microscópio) que é proporcionado pelo giro de todos os indivíduos no parafuso deslocador.

Esta longa e talvez um pouco tediosa análise de um exemplo padrão mostrará que aqui, de qualquer modo, o aparelho sensorial do observador é carregado com nada mais que verificações de *coincidências locais simultâneas*. Podemos estar satisfeitos com a validade disso para *todos* os instrumentos de medição na ciência física? Com apenas uma ou duas pequenas e não muito importantes adições, acredito que podemos. Sabe-se que quantidades físicas são em última análise reduzidas às unidades de comprimento, massa e tempo. Lidamos com o comprimento – pelo menos²⁵. Com respeito à massa, o aparelho mais comum para medi-la, ou melhor, para comparar uma dada massa com massas padrão, é a balança²⁶. Ela indica a igualdade das duas massas nos pratos com o ponteiro apontando para o zero quando a barra se equilibra. Então esse caso parece ser até mesmo um pouco mais simples, uma vez que precisamos verificar apenas *uma* coincidência (entre o ponteiro e o zero da escala), não duas coincidências simultâneas. Essa é uma ocorrência frequente. Acredito que aconteça apenas quando aquela parte móvel do instrumento, de cujo movimento a coincidência depende, ao mesmo tempo que permanece livre para mover-se, efetivamente entra em repouso. Me parece que nesses casos a *permanência* de uma coincidência tem o papel que a simultaneidade de duas coincidências tem

²⁴ N. T.: No original “thread-distance”: medida de cada sulco da hélice do parafuso.

²⁵ N. T.: Aqui o autor faz um trocadilho difícil de traduzir; no original “We have dealt with length – at length.”

²⁶ N. T.: No original “weighing scale”. Schrödinger refere-se provavelmente a uma balança de pratos, nesse exemplo. Esse tipo de balança era comum na época.

nos outros casos.– Entrar em métodos mais sofisticados de medição de massa seria muito demorado e não traria à luz, acredito, nenhum aspecto relevante.

E agora sobre o tempo? Na maioria das vezes a determinação de um intervalo de tempo é reduzida à determinação de um comprimento ou um ângulo, como por exemplo por um relógio comum ou pelo movimento das estrelas fixas. Embora uma nova característica possa ocasionalmente entrar em jogo, a qual vale a pena ser mencionada, mesmo assim não é talvez muito relevante. Uma marca audível, por exemplo um “clique” curto, pode substituir a coincidência local. Isso significa que o observador verifica a simultaneidade de uma coincidência local e um “clique” – ou até mesmo a simultaneidade de dois “cliques” diferentes. Fornecerei alguns exemplos. Um método rudimentar, mas muito razoável, de determinar a velocidade do som é observar o tempo entre ver e ouvir um evento repentino – digamos um martelo caindo em uma bigorna – ocorrendo a uma certa distância, a qual deve evidentemente ser conhecida. Das duas observações, a primeira expressa a simultaneidade de duas coincidências locais: o relógio “mostrando uma certa hora” quando o martelo toca a bigorna (a velocidade finita da luz deve ser desconsiderada). Mas a segunda observação expressa a simultaneidade de “uma certa hora no seu relógio” com o “baque” que se ouve²⁷, produzido pelo martelo. Isso não é de maneira nenhuma, certamente, uma coincidência local ou uma “leitura de ponteiros”.

Agora, esse não é um método muito científico. Mas ouvi falar que, inicialmente pelo menos, antes dos modernos métodos de registro elétrico estarem disponíveis, astrônomos que vissem uma estrela passar o meridiano ouviriam os tiques do relógio, contando-os e interpolando por frações estimadas de segundo entre o tique antecedendo e o taque seguindo o momento da passagem. Aqui novamente um sinal audível é um dos dois eventos cuja simultaneidade, ou simultaneidade aproximada, deve ser verificada pelo observador. A experiência mostra que em todos os casos um elemento de subjetividade é posto em jogo, a chamada equação pessoal do observador. Há obviamente um lapso de tempo entre o “acontecimento real” e seu “registro” na mente do observador. Esse lapso de tempo provavelmente não será o mesmo para o evento visual e para o evento auditivo, e a diferença entre os dois parece variar de acordo

²⁷ N. T.: no original, provavelmente erro de digitação, “that you ear”.

com o observador e talvez precise ser levada em conta. (Pode-se objetar que essa diferença não pode ser mostrada; pois se pudesse estaríamos continuamente confusos por ouvir todos os barulhos no nosso entorno um pouco antes ou um pouco depois de ver os eventos que os causam. Mas uma longa história poderia ser contada sobre a esplêndida faculdade que adquirimos de corrigir automaticamente e inconscientemente falhas consideráveis no funcionamento de nossos órgãos dos sentidos, e muito particularmente na sua coordenação.)

No último exemplo – medir o tempo da passagem de uma estrela – a situação não mudaria, em princípio, se o observador transportasse a marca, apertando um botão, para uma fita registradora móvel, a qual recebesse também marcas de tempo, a cada segundo, do relógio. De fato, nesse caso, os dois eventos “simultâneos” são a coincidência entre a imagem da estrela e o retículo na ocular e o apertar do botão. Esse último evento, reitero, não é uma coincidência visual, mas um ato voluntário, o qual não pode ser antecipado – e de fato não será – para ser exatamente simultâneo com a “passagem real da estrela”. (Considerações similares se aplicam para o uso popular do cronômetro, por exemplo para medir o tempo de uma corrida; mas aqui os dois lapsos de tempo podem se cancelar mutuamente, se os dois eventos observados – início e fim – são do mesmo tipo). Para evitar isso, ao medir o tempo de um evento, pede-se ao observador para verificar a simultaneidade de fatos subjetivos heterogêneos, como uma coincidência visual, um sinal audível, um ato voluntário etc..., deve-se deixar o evento registrar-se automaticamente, sem praticamente nenhum lapso de tempo. Isso é perfeitamente possível em alguns casos se um filme fotográfico é usado para a fita móvel e um feixe de raios catódicos para fazer as marcas. Mas certamente isso não é feito sempre, e pode-se provar extremamente difícil em alguns casos, por exemplo para registrar a passagem de uma estrela de luz tênue pelo meridiano. Então devo dizer que a medição do tempo, que por um lado não implica necessariamente um novo princípio, na prática real frequentemente requer uma performance ligeiramente mais complicada da parte do observador.

Terceira Palestra: O papel da mente humana

Tem-se defendido que o papel da mente humana na experimentação física quantitativa reduz-se, em uma análise epistemológica cuidadosa, à verificação de coincidências locais ou “leituras de ponteiros”²⁸. Não creio que isso possa ser mantido se nos dermos conta de que todo experimento ou observação que um físico ou um astrônomo executam não começa apenas dentro do laboratório ou no laboratório²⁹, mas inclui, do ponto de vista epistemológico, todos os processos de manufatura através dos quais seus instrumentos foram feitos nas oficinas e fábricas desde as matérias-primas. Além disso, a construção de um instrumento na oficina é baseada em trabalho prévio de laboratório dos mais variados tipos; para dar apenas um exemplo, a investigação prévia das propriedades mecânicas e elásticas de vários materiais nos diz que o ferro é adequado para certas partes do aparato, enquanto que o chumbo e a borracha³⁰ não o são. Seguindo essa linha de pensamento, e considerando também os dispositivos óticos e elétricos usados, concluímos que mesmo o mais simples experimento quantitativo de laboratório tem uma ancestralidade ou *pedigree* extenso de trabalho de laboratório e fábrica, há muito esquecido, no qual é baseado e que realmente participa e é parte dele.

Vamos tentar formar uma ideia a partir de determinadas formas geométricas que precisam ser determinadas, ou melhor, produzidas por trabalho de fábrica. Um requisito muito fundamental e primitivo é se fazer uma superfície plana. Seja qual for a tentativa que se faça de produzi-la, devemos em seguida testá-la. Como isso pode ser feito? Se já possuímos uma superfície plana, é fácil; colocamos as duas em contato e viramos e trocamos aquela que está em cima com a outra, e vemos se elas permanecem em contato sem ocorrer nenhuma trepidação nem aparecerem buracos. E se não tivéssemos nenhuma superfície plana para começar? (Essa é afinal de contas a situação primordial.) Bem, tentaríamos produzir duas, colocá-las em contato e fazer os mesmos testes. Supondo que ao friccioná-las uma contra a outra tivemos sucesso em

²⁸ N. T.: No original “pointer readings”. Essa expressão se deve aos indicadores nos instrumentos de medida, em forma de ponteiros. Hoje, poderíamos dizer simplesmente “leitura”, de modo a incluir as leituras digitais.

²⁹ N. T.: No original: “begin only in the laboratory or at the laboratory”.

³⁰ N. T.: No original “india-rubber”; apenas um sinônimo para “borracha”.

cumprir o teste, isso provaria que ambas são planas? De fato não; *uma* pode ser esfericamente convexa, a outra côncava, com o mesmo raio de curvatura. O que fazer então? Alguém pode pensar algo como “deveríamos usar o outro lado de uma delas” – mas isso é impossível, pois há um material do outro lado. Então, manufatura-se uma terceira peça com quatro pontos protuberantes, não em uma linha reta (uma boa escolha seria nos vértices de um triângulo aproximadamente equilátero e no seu centro). Friccionamos os pontos, para serem testados, sem trepidação e sem buracos (isto é, todos os quatro pontos devem se tocar); se o mesmo se passa na outra superfície, então ambas são planas.– É útil preservar o dispositivo, que é um “esferômetro” primitivo, para usá-lo no futuro para testar a planificação de qualquer superfície.

Uma superfície plana pode servir para testar a afiação de uma lâmina (não muito cega). Precisamos aplicar a superfície à lâmina e rotacionar o plano ao redor da lâmina o máximo possível. Se não ocorrerem trepidações ou buracos, a lâmina é afiada. – Uma superfície plana pode também servir para testar se o ângulo entre duas superfícies planas, baseadas na mesma peça de trabalho, é um ângulo reto, mas devem-se testar *três* dessas peças simultaneamente. Colocam-se duas delas no plano de teste, com um dos seus respectivos planos, e observa-se se os dois planos restantes também podem ser colocados em contato total. Se houver sucesso em todas as três combinações das três peças, todos os três ângulos são ângulos retos.

Claramente tudo isso é apenas o balbuciar das poucas primeiras letras de um longo, longo alfabeto, nossos instrumentos sendo, por assim dizer, palavras e longas sentenças compostas de letras desse alfabeto. Obviamente, não podemos examinar meticulosamente o dicionário todo. O próximo passo, muito importante, seria considerar a manufatura e o teste de superfícies de revolução, em particular um pino cônico encaixando justa e exatamente em um buraco cônico, de forma que uma peça possa efetuar uma simples rotação ao redor da outra, mas nenhum outro movimento. Essas partes são manufaturadas por meio de um torno mecânico, o qual, ousado dizer, é o mais importante instrumento em uma oficina moderna. Mas o torno em si contém partes integrantes de mesma especificidade, das quais depende o seu funcionamento. Onde elas foram manufaturadas? É claro, em outro torno. Se pudéssemos perseguir essa origem para qualquer caso particular, sem dúvida nos depararíamos com tornos mais e mais

primitivos e, como ancestral antigo, vários milhares de anos atrás, a roda de oleiro. De qualquer forma, as partes que giram nas grandes invenções mais antigas do gênio humano, a roda de carroça, a roda de oleiro e a roda de moinho, devem ter sido esculpidas à mão a partir da madeira, e medidas a olho por tentativa e erro. A perfeição atual só pode ter sido gradualmente atingida depois de ter ocorrido a alguém que tal parte rotante, colocada para girar por uma força, pode ser usada para manufaturar peças com simetria rotacional. (O torno era conhecido na antiguidade, o antigo verbo grego para trabalhar com o torno e modelar sendo [...] ³¹; infelizmente o artesanato e qualquer tipo de trabalho mecânico era desprezado na antiguidade como apropriado a escravos e “banausos” ³²; então estamos menos bem informados de seu progresso e desenvolvimento do que por exemplo da descoberta das propriedades das seções cônicas.)

Da mesma forma, todas as nossas ferramentas e máquinas atuais, da mais simples à mais elaborada, formam uma “fauna” que interage complicadamente, da qual as “espécies” descendem umas das outras e assim se desenvolvem a um maior grau de perfeição, a mais alta plenitude alcançada por um instrumento nos capacitando a melhorar um ou muitos outros. E não me refiro apenas à evolução das ideias, de “blueprints” ³³; a descendência das máquinas umas das outras é uma linhagem física real, assim como nos organismos vivos, um sendo manufaturado por meio do outro. E a evolução é moderadamente lenta. Se matarmos todos os cavalos vivos hoje, não haveria mais cavalos talvez para sempre, certamente por um tempo muito longo. Se destruíssemos todos os tornos da Terra, a recuperação não levaria tanto tempo, mas principalmente porque outras máquinas com partes rotantes poderiam ser adaptadas provisoriamente para servir como tornos. Um exemplo muito bom e comparativamente simples da “criação de instrumentos” ³⁴ é dado pelo trabalho de Henry Rowland (1848-1891), (professor na Johns Hopkins) quando ele começou a produzir aquelas grades óticas finas que servem para analisar a luz, como mencionei anteriormente ³⁵. É de importância crucial que os muitos

³¹ N. T. Em branco na transcrição de Bitbol.

³² N. T. No original “banauses”, trabalhadores manuais na antiguidade.

³³ N. T. Espécie de planta ou projeto de máquinas.

³⁴ N. T. No original “breeding of instruments”.

³⁵ N. T. Ver palestra 2, “The Technique of Measurement”.

milhares de sulcos de tal grade devam ser o mais exatamente equidistantes possível. A parte vital do aparato através do qual os sulcos são feitos no metal de um espelho é um parafuso deslocador, que move o diamante cortante de uma posição à outra, sempre pela mesma distância demasiadamente pequena, da ordem do milésimo de milímetro. O parafuso originalmente à disposição de Rowlands não era muito perfeito. Mas podia ser cuidadosamente calibrado, da maneira mencionada anteriormente e então, levando em conta seu desvio da uniformidade, usado para transportar o formão que corta outro parafuso, o qual poderia se necessário ser aprimorado do mesmo modo. Os melhores instrumentos para se cortar grades óticas que resultaram dessa “linhagem de parafusos” ainda são, acredito, valiosa propriedade do Departamento de Física da Universidade Johns Hopkins, e de forma alguma relegados a uma coleção histórica. Esse exemplo vem mostrar muito drasticamente que o experimento de um cientista começa nas oficinas e não somente quando ele começa a fazer “leituras de ponteiros” nos seus instrumentos. Erros periódicos nas posições dos sulcos, que resultam facilmente de parafusos imperfeitos, têm a consequência de que a luz perfeitamente homogênea não é coletada em *uma* linha como deveria, mas uma pequena parte em algumas fracas linhas próximas à principal, chamadas de “fantasmas”. Isso pode levar erroneamente a crer que a linha é na verdade um feixe³⁶; algumas linhas realmente são, e esses feixes e sua estrutura são de interesse ainda maior para nós do que o comprimento de onda preciso da linha principal. Por isso esses “fantasmas” e falsos feixes causam muita confusão. Há, é claro, métodos de revelar a sua natureza; em particular, grades diferentes mostrarão fantasmas diferentes. Mas o caminho mais seguro a seguir é evitá-los completamente, ou pelo menos reduzir seu número cortando as grades à maior perfeição possível.

Conseguimos um panorama grosseiro do tipo de operações e testes que precisam ser feitos para se preparar e executar experimentos quantitativos, os quais acredita-se que nos forneçam informação objetiva sobre “o mundo real ao nosso redor”. Essas operações, uma vez que incluem a manufatura dos instrumentos, não consistem meramente em obter leituras de ponteiros. No entanto é verdade que dizem respeito apenas a um domínio muito restrito de

³⁶ N. T.: No original “multiplet”.

enunciados, a saber, relações geométricas e cinemáticas, como opostas a enunciados sobre cor, gosto, quente e frio etc. Acredito que teríamos esse resultado confirmado por uma investigação mais minuciosa, incluindo a produção de aparatos óticos, elétricos e radioativos, bem como a grande variedade de dispositivos usados no laboratório químico. É verdade que as qualidades sensoriais são frequentemente usadas como guias nos experimentos, particularmente pelo químico: a cor de um precipitado, o cheiro ou gosto de uma droga, o resfriamento ou aquecimento de uma solução adicionando-se um elemento químico conhecido, são continuamente usados como fontes de informação sobre um corpo particular a ser testado. Mas observações desse tipo não entram na, e não são fontes para, a imagem científica que o químico eventualmente forma dos elementos e compostos e suas reações – nem mesmo quando ele está interessado, na prática, em algumas dessas sensações, como na manufatura de corantes ou perfumes, vindo a conhecer por experiência o efeito que a substituição de um grupo particular possivelmente terá na cor ou no odor de um composto que ele está sintetizando. Seu trabalho quantitativo depende de pesos, medidas de volumes e concentrações, produção de calor, escala de tempo de reações químicas e coisas do gênero, e reside em última instância no mesmo tipo de enunciados geométricos e cinemáticos de que estávamos falando antes.

Toda essa situação levou à visão comumente adotada de que *algo* está distribuído no espaço em um determinado arranjo e uma ordem bem definida, a distribuição ou arranjo ou ordem mudando com o tempo de uma maneira determinada, e esse algo que muda é a realidade objetiva por trás do “mundo ao nosso redor”, incluindo, é claro, nossos próprios corpos (uma vez que seu corpo faz parte do meu entorno e meu corpo do seu entorno). Ao chamar isso de realidade objetiva, as pessoas querem dizer que o que descobrem, seja por inspeção direta ou por métodos mais sofisticados, sobre as posições relativas de partes desse algo, sobre a sua configuração geométrica e sua mudança no tempo, são fatos indubitáveis e concretos; ou para colocar de maneira mais cautelosa (uma vez que podemos, por vezes, sucumbir em erro), que essas descobertas são *sobre* fatos concretos e indubitáveis e são verdadeiras ou falsas dependendo da sua concordância com respeito a eles. O que é esse *algo*, não pode ser dito; chamando-o de matéria ou campo ou algo do gênero, só lhe damos um nome. O ponto relevante é que ele

não deve ter nenhuma outra propriedade além de configuração geométrica, mudando no tempo de acordo com certas “leis da natureza”. Não é em si mesmo amarelo ou verde, doce ou frio. Se partes disso nos aparecem assim, não há fato concreto e indubitável que torne esse juízo verdadeiro ou falso.

Essa visão é fortemente apoiada pela nossa análise do procedimento experimental real, e é atrativamente simples. Ela vem nos carregando confortavelmente por um longo caminho, tão longo de fato que talvez tenhamos nos esquecido da sua artificialidade, quando encontramos os obstáculos que ela torna intransponíveis. Então é melhor fazer imediatamente a pergunta ingênua, mas muito pertinente: como é mesmo que vermelho e amarelo, doce e quente, entram nessa visão? Uma vez que os removemos de nossa “realidade objetiva”, estamos desesperadamente ávidos por restaurá-los. Não podemos removê-los completamente, porque eles estão *lá*, não podemos afastá-los com argumentação. Então precisamos dar-lhes um espaço para estar, e inventamos um novo âmbito para eles, a mente, dizendo que é ali que eles estão, e esquecendo que a parte anterior da história – tudo de que viemos falando até agora – também está na mente e em nenhum outro lugar. Mas considerando-os como sendo outra coisa – realidade objetiva – nos deparamos com a pergunta irrespondível: como a mente age na matéria, movendo-a de acordo com sua vontade? Essas questões não podem, acredito, ser respondidas nessa forma, e seu embaraçoso formato vem justamente de termos postulado uma realidade objetiva que é um esquema geométrico puro de pensamento, desprovido de tudo o que é real e dado pela experiência.

Retornaremos a isso mais tarde. Precisamos em seguida discutir a *segunda* característica que claramente emergiu de nossa análise de um instrumento de medição típico. Essa segunda característica é que nossa meta principal em experimentação quantitativa é adotar um procedimento que torne os resultados independentes do observador individual. A menos que estejamos claramente satisfeitos nesse ponto, não atribuiremos nenhum significado aos nossos achados. Nossos esforços por *invariância* (como podemos chamar) certamente não estão desconectados da restrição de asserções sensoriais a puros fatos geométricos, mas a primeira [a invariância] é sem dúvida a coisa mais fundamental. A razão para a restrição mencionada é

obviamente nossa crença de que, com respeito aos fatos geométricos em questão, não pode haver discrepância no julgamento de dois observadores; e até o perigo de que o cansaço e a falta de atenção da parte do observador adulterem as suas observações é reduzido a um mínimo. Isso é certamente verdadeiro para o que chamamos “leitura de ponteiros”: o fato de que o fim de uma fina linha preta (o “ponteiro”), traçada em um pedaço de metal, coincide exatamente com o fim de uma fina linha preta (uma divisão em escala) em outro pedaço de metal, em contato com o primeiro, é tão óbvio que dificilmente podemos imaginar duas pessoas discordando a respeito disso. O pior que pode acontecer é um observador habilidoso criticar a montagem de outro menos habilidoso como sendo imprecisa, e a corrigir, mas o último provavelmente não discordará dele. Os outros fatos geométricos mencionados anteriormente, ocorrendo na construção de um instrumento – por exemplo, o requisito de que uma parte móvel de um aparato gire exatamente ao redor de um eixo sem trepidar – são menos óbvios; mas a sua última checagem no laboratório sempre pode ser reduzida à leitura de ponteiros. Por exemplo, uma suspeita trepidação pode ser bem evidenciada fixando-se um pequeno espelho à parte móvel e observando a figura de um fio incandescente jogado pelo espelho em uma escala distante (ou uma lente de projeção pode ser usada, ou o espelho deve ser levemente côncavo).

O objetivo da invariância, ou a independência do observador individual, parece tão natural que não aparenta requerer uma explicação. Ainda assim, é o fundamental. Por que é tão natural? Porque é apenas a continuação de um comportamento que adotamos desde a tenra infância, desenvolvemos a um alto nível de perfeição e usamos a todo minuto desperto de nossas vidas a fim de nos orientarmos em nosso entorno cotidiano.

O processo não é muito fácil de ser descrito apropriadamente, não apenas devido aos muitos detalhes de que consiste, mas principalmente porque nos seus estágios iniciais mais importantes não estamos cientes dele; é por isso que o chamei de comportamento, e não método (consciência completa se estabelece apenas no estágio científico). Ora, descrever algo significa deixar o ouvinte consciente disso. No presente caso isso cria a falsa impressão de que estivéssemos falando de um processo consciente que envolve muito raciocínio, ao mesmo tempo em que é um comportamento que desenvolvemos espontânea e inadvertidamente.

Para ter uma denominação curta vamos chamá-lo de “formação de invariantes”. Ela começa dentro do complexo sensorial do indivíduo, mas logo estende-se para a formação de invariantes mútuos, comuns aos indivíduos que estão em contato social. Qualquer objeto palpável de interesse no nosso meio aparece para a visão, que é o mais importante dos nossos sentidos, sob os mais variados aspectos de tamanho, distorção de perspectiva e iluminação, os quais mudam continuamente. Gradualmente aprendemos a ignorar essas mudanças, ou ainda, a unir seus vários aspectos na ideia de uma *coisa* que não muda. Considerando as enormes mudanças na configuração visual de uma mesma “coisa”, isso deve ser uma tarefa muito difícil, embora seja, é claro, bastante auxiliada pelos sentidos do toque e som. É surpreendente o quão rápido o bebê aprende isso com os objetos emocionalmente destacados, como a mamadeira, a chupeta, o chocalho e seus próprios membros, particularmente os interessantes dedos. Essa útil formação de invariantes, tendo sido aprendida em uma tenra idade e praticada ao longo de toda a vida, tornou-se um hábito tão enraizado que continuamente “vemos” características que não vemos. Olhando para a minha luminária vejo que a sua base é um quadrado preto brilhante, embora de fato pareça um quadrilátero irregular, não inteiramente preto, porque uma parte dele reflete o céu claro; a impressão de brilho sabe-se que resulta principalmente do fato de que essas reflexões aparecem em lugares ligeiramente diferentes dos meus dois olhos. Olhando para uma caixa de fósforos vemos que se trata de um paralelepípedo retangular; notaríamos se ela fosse amassada, ainda que o aspecto real da caixa intacta seja bastante “amassado” pela perspectiva. A coisa mais impressionante é nossa automática “correção para distância”, em outras palavras nosso “ver as coisas no tamanho certo”, dado que temos meios de julgar a distância perceptivamente, não apenas pelo raciocínio. Estamos tão acostumados a “ver” objetos familiares no mesmo tamanho, independente da distância, que nos esquecemos do quão estranho é isso. As cabeças das pessoas que estão conosco em uma sala todas parecem mais ou menos do mesmo tamanho, embora os diâmetros angulares³⁷ possam variar na proporção de 1:5 ou 1:7; e elas não parecem mudar de tamanho quando as pessoas caminham pela sala. Apenas notamos essa correção automática quando ela produz, em circunstâncias excepcionais, uma mudança

³⁷ N. T.: No original “angular size”. Diâmetro aparente do objeto medido a uma certa distância.

inesperada no tamanho aparente de algum objeto. Se olhando para uma janela na casa oposta ou para uma paisagem montanhosa você recuar algumas jardas³⁸, você provavelmente terá a impressão de que o objeto lá fora cresce, e que ele diminui de tamanho se você se aproxima da janela novamente. O que ocorre é que a moldura da janela é psicologicamente corrigida para distância, mas o objeto externo cobre uma amplitude maior dentro dela; quando você recua, ela “expande” dentro da moldura. O efeito é mais forte com objetos que não têm nenhuma estrutura que revele seu tamanho real, por exemplo, uma montanha rochosa. Outro exemplo é a lua, que parece muito maior perto do horizonte, pouco depois de nascer ou antes de se pôr, do que quando está no alto do céu. A razão é esta que segue. Não temos, é claro, nenhuma percepção da distância real de um corpo celeste; nós o projetamos para a abóbada celeste. Esta não nos dá impressão de um hemisfério, parece consideravelmente plana, a altura parece consideravelmente menor do que a metade do diâmetro horizontal. Logo, quando a lua está perto do horizonte, julga-se que ela está mais longe e conseqüentemente é maior, se o diâmetro angular for o mesmo. (Não é sempre o mesmo, mas isso não tem relação com a sua posição no céu; na verdade a mudança aparente em tamanho que estamos discutindo aqui é muito maior.) Alguém pode perguntar: por que a abóbada celeste parece plana? A explicação geralmente fornecida é que na direção do horizonte há objetos interpostos, pontos de referência, que deixam perceber-se o aumento da distância, enquanto que na direção do céu aberto não há nenhum, exceto talvez nuvens; em alguns casos elas fazem de fato diferença, mas via de regra elas não estão alinhadas e sua estrutura não dá nenhuma pista perceptiva de seu tamanho real. Outro dia, sentado em um ônibus parado durante o dia, vi através de uma das janelas, há poucas jardas diante de mim e visto sob um ângulo indireto, um anúncio de neon vermelho grande e brilhante, que pensei estar em um prédio distante no qual se projetava. Isso era automatismo “impensado”, pois as letras estavam escritas em espelho. Notando isso, procurei e descobri o original do outro lado do ônibus bem perto de mim. Para minha surpresa eu achei o original consideravelmente menor [que o reflexo], tanto que por um segundo duvidei que eles formavam um par. Uma repetida

³⁸ N. T.: No original “yards”. Unidade de medida usada em países de língua inglesa equivalente a 0,9144m.

comparação não deixou dúvida. Então eu soube que eles deviam ser iguais em tamanho. Mas mesmo esse conhecimento dificilmente removeu a aparente discrepância, causada pela percepção imediata, a qual localizou a imagem especular no prédio distante.

Mas voltemos à importante noção geral que chamei de formação de invariantes. Os invariantes mais fundamentais que formamos em um estágio primordial são as *coisas* que nos cercam, incluindo nosso próprio corpo. Somos bastante ajudados nisso pelo fato de que muitas dessas coisas são sólidas, quase rígidas. Com isso somos capazes de obter a ideia geométrica profunda de movimento: um corpo tomando diferentes posições com respeito a outros, sem mudar sua forma ou tamanho. Se todas as coisas no nosso ambiente fossem como moluscos, mudando suas formas continuamente, seria difícil até mesmo reconhecer um objeto como o mesmo quando ele adentra novamente nossa percepção, bem como formar a ideia de coisas permanentes; a geometria dos movimentos rígidos (que é a mais simples e mais importante de todas as geometrias) não seria uma aquisição inicial da infância, mas talvez um construto tardio e muito abstrato dos matemáticos. Auxiliada pelos princípios da geometria rígida, a criança logo forma a ideia de verdadeiras (em oposição a perspectivas) mudanças de forma, sendo movimentos relativos de partes de uma coisa. E a criança não tem nenhuma dificuldade em formar invariantes também de coisas não-rígidas como um cobertor, uma almofada ou seus próprios membros. Particularmente interessante dentre essas coisas não-rígidas é a chama, por exemplo aquela no topo de uma vela. Ela tem uma certa permanência, embora certamente não seja rígida; ela cintila. Mas você pode também apagá-la, e então ela desaparece no nada. E você pode acendê-la novamente, então “ela” está novamente lá. A aparição de uma chama a partir do nada, quando você risca um fósforo ou acende um isqueiro, é um evento do mais alto e incessante interesse para uma criança. Uma das razões, assim acredito, é o paradoxo que oferece, na medida em que a ideia de coisas permanentemente existentes foi formada – a ideia de conservação da matéria, se me permitem essa expressão aqui, que se refere à eventual formulação científica praticamente do mesmo aspecto.

Durante os primeiros anos em que as noções invariantes das coisas existentes são formadas, junto com a noção de que e como uma coisa pode mover-se e ocupar lugares diferentes,

permanecendo no entanto a mesma coisa, durante esses primeiros anos, ousou dizer, uma criança aprende mais de geometria e cinemática do que nos dez anos subsequentes de escolarização. É relevante ressaltar que essas noções são formadas por experiência, pela ciência experimental do bebê e da criança pequena, e *não* digamos: “ah bom, esse é exatamente apenas o modo pelo qual a criança aprende o que o mundo realmente é”. Isso é verdade, mas trivial. Pois por “o que o mundo realmente é” queremos dizer a noção que nós, os homens ou mulheres comuns, formamos quando éramos pequenos. Que qualquer criança pequena, passando por experiências similares, alcança a mesma condição, é trivial e não assegura a inevitabilidade dessa condição. Eu a equiparo aos construtos científicos. Isso a faz suscetível e capaz de sujeitar-se a revisão e mudada e melhorada, como todas as teorias científicas são.

Referências

- SCHRÖDINGER, E. Physical Science and the Temper of the Age. Em: *Science and the Human Temperament*, pp. 86-106. Tradução do alemão por: MURPHY, J. London: George Allen & Unwin Ltd, [1932] 1935.
- _____. Science and Humanism: Physics in Our Time. Em: “*Nature and the Greeks*” and “*Science and Humanism*”. pp. 101-172. Cambridge: Cambridge University Press, [1951] 1996.
- _____. William James Lectures. Em: BITBOL, M. (Ed.). *The Interpretation of Quantum Mechanics: Dublin Seminars (1949-1955) and Other Unpublished Essays*, pp. 123-149. Woodbridge: Ox Bow Press, [1954] 1995.

Websites consultados para tradução e notas:

www.dictionary.com

www.thesaurus.com

www.wikipedia.org

Recebido em: 01/10/2021

Aprovado em: 21/10/2021

Caroline Elisa Murr

Graduada em filosofia e matemática, com mestrado e doutorado em filosofia da ciência. Já atuou como professora no ensino básico e superior, publicando artigos nas áreas de filosofia da ciência e estética, entre outras. Atualmente estudando Letras - Alemão na UFSC, pesquisa nas áreas de ficção científica, experiência estética e literatura.

Gabriel Neves Ferrari

Possui bacharelado (2009), mestrado (2012), doutorado (2016) e licenciatura (2021) em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência em docência e extensão na área de Física e pesquisa com ênfase em Física das Partículas Elementares e Campos. Atua como professor, pesquisador e orientador.