

A nova representação do mundo pela física moderna (1934)

POR

Sir James H. Jeans

A Associação Britânica reúne pela terceira vez em Aberdeen — debaixo dos auspícios mais felizes. É bem que seja na Escócia, porque a Associação tem uma tradição de que as suas reuniões escocesas são de grande sucesso. É bem que seja na simpática atmosfera duma cidade universitária, cercada não somente de belas e veneráveis construções, mas também de edifícios em que os conhecimentos científicos estão sendo industriosamente e eficazmente acumulados. E é especialmente bem porque Aberdeen é rica não só em edifícios científicos mas também em associações científicas. A maior parte de nós pode lembrar-se dalgum mestre da sua própria especialidade que trabalhasse aqui. Os meus próprios pensamentos, preciso de o dizer, voltam-se para James Clerk Maxwel.

Qualquer que seja o assunto, há um homem que estará nos nossos pensamentos esta noite num sentido muito especial — Sir William Hardy, que tínhamos esperado ver este ano na cadeira presidencial. Não está aí, e a sua morte prematura, ainda na plenitude das suas energias, lança uma sombra nos espíritos de todos nós. Todos nós conhecemos os seus distintos trabalhos em ciência pura, e as suas realizações igualmente valiosas na ciência

aplicada. Eu não tentarei pagar-lhe o tributo de homenagem, visto que foi deliberado que outros, melhor qualificados que eu, o farão em reunião especial consagrada à sua memória. Talvez, todavia, me possa ser permitido testemunhar as qualidades pessoais de quem me orgulho de chamar amigo numa larga parte da minha vida, e colega durante muitos anos. Dentro da sala de Conselho as suas propostas foram sempre perspicazes, muitas vezes altamente originais, e invariavelmente valiosas de cuidadosa consideração; fora, a sua grande personalidade e larga ordem de interesses fazia dele o mais encantador e amoldável dos amigos.

E agora devo voltar-me para o assunto especial em que me comprometi a falar — a nova representação do mundo perante a física moderna. Há precisamente meio século (1884) que esta cadeira era ocupada por um físico teórico, o último Lord Rayleigh. Desde então o principal edifício da ciência cresceu quase a não ser reconhecido, aumentando em extensão, dignidade e beleza, que todas as multidões de obreiros têm pacientemente acumulado voo após voo, andar sobre andar e pináculo a pináculo. O físico teórico deve ainda admitir que o seu próprio departamento nada mais parece que uma construção em ruínas lançada à terra por uma sucessão de terremotos.

Os terremotos foram, na verdade, novos factos de observação, e a construção caiu porque não era levantada sobre a rocha sólida do facto averiguado, mas nas areias sempre movediças da conjectura e da especulação. De facto era pouco mais que um museu de modelos sucessivamente acumulados, porque o físico da velha guarda tinha paixão por experimentar comparar os ingredientes da Natureza a objectos familiares, tais como bolas de bilhar, geleias e piões girantes.

Enquanto cria e proclamava que a Natureza tinha existido e seguia o seu caminho por séculos sem conta antes que o homem viesse espiar sobre ela, ele supunha que o último vindo à cena, o espírito, não podendo nunca sair fora de si mesmo e das suas próprias sensações, acharia dentro de si mesmo e da sua limitada experiência, meios de explicar aquilo que tinha existido de toda a eternidade. Era esperar demasiado da Natureza, como mostrou a ruína de tal construção. Ela não é tão acomodaticia como isso aos limites do espírito humano; as suas verdades só podem compreender-se na forma de parábolas.

E mesmo nenhuma parábola pode adaptar-se em toda a sua extensão aos factos que procura explicar. Numa parte ou noutra ela deve ser excessivamente larga ou demasiado estreita, de modo que «a verdade, toda a verdade e apenas a verdade» não seja transmitida por parábolas. O erro fundamental do físico antigo era que ele não conseguia distinguir entre as meias verdades das parábolas e a verdade literal.

Talvez o seu erro seja perdoável, ou mesmo natural. Os psicólogos modernos fazem grande uso do que chamam «associação-de-palavras». Eles disparavam-vos uma palavra, e pedem-vos a resposta imediata da primeira ideia que ela evoca no vosso espírito incontrolado. Se o psicólogo diz «onda», o escuteiro dirá provavelmente «bandeira», enquanto que o marinheiro dirá «mar», o músico «som», o engenheiro «compressão», e o matemático «seno» ou «coseno». Agora a dificuldade da situação está em que o número de pessoas que darão esta última resposta é muito pequeno. Os nossos ancestrais remotos não sobreviveram na luta pela existência por pensarem em senos e cosenos, mas por encontrarem modos de matar outros animais escapando de serem mortos. Como consequência os cérebros que nós herdamos deles tomaram de melhor vontade esses factos concretos da vida de cada dia do que os conceitos abstractos; os particulares antes que os universais (1). As crianças, quando começam a aprender álgebra, perguntam desesperadas: «Mas que são x , y e z » e ficam satisfeitas quando, e somente quando, lhes dizem que são números de maçãs, on peras, ou bananas, ou quaisquer outras coisas. Do mesmo modo, o físico da velha escola não ficará contente com x , y e z , e experimentará exprimi-los em termos de maçãs, peras ou bananas. Um simples argumento mostrará que ele nunca poderá ir além de x , y e z .

(1) Estas considerações recordam o problema dos *universais* posto pelo pensamento grego no fim da antiguidade (Porfirio, m. em 301) e despertado com o racionalismo do fim da idade média, em que S. Anselmo defende o *realismo* que considera a ideia, isto é o geral, o universal, como uma realidade e Roscelino de Copiegne defende o *nominalismo*, que considera o geral ou universal como um simples nome sem realidade objectiva e é o *progenitor das ciências experimentais*. — Ver *Apologia das ciências* de Abilio Barreiro (p. 18).

A ciência física obtém o seu conhecimento do mundo externo por uma série de medidas exactas, ou, mais precisamente, por comparações de medidas. Típica do seu conhecimento é a verificação de que a linha H_{α} do espectro do hidrogénio tem um comprimento de onda de tantos centímetros. Isto é sem significação até que saibamos o que é um centímetro. No momento em que nos dizem que é uma certa fracção do raio da terra, ou do comprimento duma barra de platina, ou um certo múltiplo do comprimento de onda duma linha do espectro do cádmio, o nosso conhecimento torna-se real, mas nesse mesmo momento torna-se também puramente numérico (1). Os nossos espíritos sòmente podem familiarizar-se com coisas dentro de si mesmos — nunca com coisas externas. Assim nunca podemos conhecer a natureza essencial de qualquer coisa, tal como um centímetro ou um comprimento de onda, que existem nesse mundo misterioso fora de nós, no qual os nossos espíritos nunca podem penetrar; mas podemos conhecer a razão numérica de duas quantidades de natureza semelhante (2), por mais incompreensível que seja individualmente cada uma.

Por esta razão, o nosso conhecimento do mundo externo deve consistir sempre em números, a nossa representação do universo — síntese do nosso conhecimento — deve necessariamente ser de forma matemática. Todos os detalhes concretos da representação, maçãs, peras, bananas, o éter, os átomos e os electrões, são mera roupagem com que nós decoramos os nossos símbolos matemáticos — não pertencem à natureza, mas às parábolas pelas quais experimentamos tornar compreensível a natureza. Foi, penso eu, Kronecker que disse que em aritmética Deus fazia os inteiros e o homem fazia o resto;

(1) O autor aproxima-se do realismo referido na nota anterior e lembra o pitagorismo. Mas Pitágoras, para quem «o número é o princípio e a própria essência do mundo», admite, além dos números, pontos infinitesimais compondo a matéria. O Pitagorismo, como racionalismo objectivo, derivou da matéria e é uma apologia à ordem natural (loc. cit., p. 13).

(2) E como podemos saber que as quantidades são de natureza semelhante sem conhecer a natureza de qualquer coisa? A primeira vista parecem inconciliáveis estas duas expressões.

no mesmo espírito, eu posso juntar que na física Deus fez as matemáticas e o homem fez o resto.

O físico moderno não fez uso desta linguagem, mas aceita as suas implicações e divide os conceitos da física em observáveis e inobserváveis. Em resumo, os observáveis incorporam factos de observação, de modo que são puramente numéricos ou matemáticos no seu conteúdo; os inobserváveis são os detalhes representativos das parábolas.

O físico precisa de construir o seu novo edifício à prova de terremoto — imune ao choque de novas observações — e assim constrói somente sobre rocha sólida, e com blocos sólidos, de factos averiguados. Assim constrói somente com observáveis, e todo o seu edifício é de matemáticas e fórmulas matemáticas — tudo o mais é decoração feita pelo homem.

Por exemplo, quando a teoria ondulatória tornou claro que a luz era da natureza das ondas, os cientistas da época elaboraram isto dizendo que a luz consistia em ondas num éter rígido, homogéneo que enchia todo o espaço. Todo o conteúdo de facto averiguado nesta descrição é uma palavra «onda» no seu sentido estritamente matemático; tudo o mais é detalhe de representação, introduzido para auxiliar as limitações herdadas pelos nossos espíritos.

Então os cientistas, tomando literalmente os detalhes da parábola, caíram em erro. Por exemplo, as ondas de luz percorrem juntamente o espaço e o tempo, mas enchendo o espaço e só o espaço com éter, a parábola parecia fazer uma distinção nítida entre o espaço e o tempo. Ela sugeria que podiam ser separados na prática — executando uma experiência de Michelson-Morley (1). Como todos nós sabemos, a experiência uma vez executada apenas mostrou que tal separação é impossível; achou-se que o espaço e o tempo da parábola não correspondem aos factos — revelaram-se como mero cenário de palco. Em seu lugar achou-se apenas

(1) A experiência de Michelson é de 1881 e foi repetida com Morley em 1887 e depois por Morley e Miller em 1904-1905. Ver *Exposé Élémentaire de la Théorie d'Einstein* par Jean Becquerel, (p. 27).

um modo de dividir alguma coisa mais compreensiva — o espaço-tempo contínuo.

Vimos assim que o espaço e o tempo não podem ser classificados como realidades da natureza, e a teoria da relatividade generalizada mostra que o mesmo se dá com o seu produto, o espaço-tempo contínuo. Este pode ser amarrotado, torcido e afastado quanto nós quisermos sem a mais insignificante diminuição da verdade da natureza — o que somente pode significar, portanto, que ele não faz parte dela.

Deste modo o espaço e o tempo, e também o seu produto espaço-tempo, reduzem-se a simples formações mentais da nossa própria construção. Formações, de facto, muito importantes, visto que é por meio delas que o nosso espírito recebe todo o conhecimento do mundo externo, na forma de mensagens, a partir dos nossos sentidos, impressionados pelo choque ou transferência de momento electromagnético ou de energia. Clerk Maxwel mostrou que todas as espécies de actividade electromagnética podiam ser representadas perfeitamente como percorrendo o espaço e o tempo, conteúdo essencial da sua teoria electromagnética da luz. Assim o espaço e tempo, para os nossos espíritos, são de importância preponderante, como os meios através dos quais as mensagens do mundo externo entram «as portas do conhecimento», os nossos sentidos, e — em termos dos quais são classificadas. Justamente como as mensagens que entram numa troca telefónica são classificadas pelos fios ao longo das quais elas chegam, assim as mensagens que impressionam os nossos sentidos são classificadas pela sua chegada ao longo da formação espaço-tempo.

A ciência física, supondo que cada mensagem deve ter tido um ponto de partida, postulou a existência de «matéria» para fornecer tais pontos de partida. Mas a existência desta matéria era uma pura hipótese; e a matéria é um facto actual tão inobservável como o éter, a força Newtoniana e outros inobserváveis que têm desaparecido da ciência. A ciência primitiva não só supôs a existência de matéria, mas representou-a no espaço e no tempo. Esta afirmação também não tinha justificação adequada; porque não há evidentemente razão para que todo o universo material seja restrito à estreita formação ao longo da qual as mensagens impressionam os nossos

sentidos. Dum modo análogo também poderíamos dizer que as ondas sísmicas que danificam as nossas casas percorrem a superfície da terra, mas não temos o direito de supor que elas têm origem à superfície; sabemos, pelo contrário, que se geram profundamente no interior da terra.

Todavia, a mecânica Newtoniana, tendo dotado o espaço e o tempo de existências objectivas reais, supôs que todo o universo existia dentro dos limites do espaço e do tempo. A sua melhor característica era mesmo a doutrina do «determinismo mecânico», que podia ser desenvolvido dela por processos estritamente lógicos. Isto reduzia todo o universo físico a uma vasta máquina em que cada dente, eixo e barra de impulso somente podia transmitir aquilo que recebia, e esperar pelo que viesse. Quando se achou que o corpo humano consistia apenas em moléculas e átomos vulgares, a raça humana também pareceu ficar reduzida aos dentes duma roda, e, em face dos movimentos inexoráveis da máquina, o esforço humano, a iniciativa e a ambição pareciam tornar-se ilusões sem significado. O nosso espírito era deixado sem mais poder ou iniciativa que uma película cinematográfica sensibilizada; somente podia registar aquilo que nele estava impresso dum mundo exterior, sobre o qual não tinham nenhum controle.

A física teórica não se interessa mais pelo estudo do universo Newtoniano que se julgava existir por seu próprio direito no espaço e no tempo. Ela põe apenas diante de si a modesta tarefa de reduzir a lei e ordem as impressões que o universo exerce nos nossos sentidos. Ela não trata daquilo que reside atrás das portas do conhecimento, mas apenas daquilo que entra por essas portas. Trata de aparências antes que da realidade, de modo que a sua tarefa parece mais a do cartógrafo ou desenhador de mapas que a do geólogo ou do engenheiro de minas.

O cartógrafo sabe que o mapa pode ser traçado de muitos modos, ou, como ele diria, utilizando muitas espécies de projecções. Cada uma tem os seus méritos, mas é impossível achar todos os méritos que nós possamos razoavelmente desejar, combinados num só mapa. É razoável pedir que cada parte do território apareça no mapa com a sua forma própria e mostre o seu próprio tamanho relativo. Mas mesmo estes requisitos muito razoáveis não podem geral-

mente ser satisfeitos num só mapa; a única excepção é quando o mapa deve conter apenas uma pequena parte de toda a superfície do globo. Neste caso, e somente neste caso, todas as qualidades que nós desejamos podem ser combinadas num só mapa, de modo que simplesmente pedimos um mapa da região, por exemplo, de Surrey (1), sem especificar se deve ser em projecção de Mercator, ortográfica, cónica, ou qualquer outra.

Tudo isto tem a sua contrapartida exacta na tarefa do desenhador de mapas da física. A mecânica newtoniana era semelhante ao mapa de Surrey, porque ela somente conhecia uma pequena fracção do universo. Tratava dos movimentos e mudanças dos objectos do tamanho médio — objectos comparáveis em grandeza ao corpo humano — e para estes ela era capaz de fornecer um mapa perfeito que combinava numa representação todas as qualidades que razoavelmente podíamos pedir. Mas o inconcebilmente grande e o inconcebilmente pequeno ficavam além das suas vistas. Logo que a ciência descobriu — o cosmo como um todo numa direcção e os fenómenos subatómicos na outra — as deficiências da mecânica newtoniana tornaram-se manifestas. E nenhuma modificação do mapa newtoniano pode realizar as duas qualidades que este mapa nos tinha animado a esperar — um materialismo que exhibisse o universo construído de matéria residindo dentro da formação do espaço e do tempo, e um determinismo (2) que fornecesse uma resposta à pergunta «O que vai suceder em seguida?»

Quando o geógrafo não pode combinar num só mapa todas as qualidades que desejamos, fornece-nos mais que um. A física teórica tem feito o mesmo, fornecendo-nos dois mapas que são comumente conhecidos como a representação-partícula e a representação-onda.

A representação-partícula é uma representação materialista fornecida àqueles que desejam ver o seu universo representado como

(1) Condado do S. E. da Inglaterra, atravessado quase ao centro, em toda a largura de O. a E., por uma cordilheira.

(2) Os autores das teorias dos quanta e da relatividade, Planck e Einstein, «mostram ainda a sua crença inabalável na causalidade não somente nos fenómenos físicos mas através de todo o domínio da natureza». — Ver *American Journal of Science* de Agosto de 1933.

matéria existindo no espaço e no tempo. A representação-onda é uma representação determinista fornecida àqueles que perguntam «O que vai suceder em seguida?» É talvez melhor falar destas duas representações como da parábola-partícula e da parábola-onda. Porque isso é que elas realmente são, e a nomenclatura previne-nos de antemão, para não sermos surpreendidos com inconsistências e contradições.

Deixai-me lembrar-vos, tão resumidamente quanto possível, como estas duas representações ou parábolas aparecem lado a lado.

A parábola-partícula, que esteve primeiro em campo, diz-nos que o universo material consiste em partículas existentes no espaço e no tempo. Foi criada pelos labores de químicos e físicos experimentais, trabalhando na base fornecida pela física clássica. A época do seu ensaio foi em 1913, quando Bohr experimentou se as duas partículas do átomo de hidrogénio podiam produzir pelo seu movimento o espectro altamente complicado deste elemento. Achou um tipo de movimento que podia produzir esse espectro nos seus mínimos detalhes, mas tal movimento era completamente inconsistente com o determinismo da mecânica newtoniana. O electrão não se movia continuamente através do espaço e do tempo, mas saltava, e os seus saltos não eram governados pelas leis da mecânica, mas, em toda a aparência, pelas leis das probabilidades, como Einstein mostrou completamente 4 anos mais tarde. De mil átomos idênticos, 100 podiam fazer o salto, os outros 900 não. Antes dos saltos, nada indicava que átomos os dariam. Assim a representação-partícula falhava visivelmente em fornecer uma resposta à pergunta, «O que sucederá depois disto?»

Os conceitos de Bohr eram revolucionários, mas cedo se achou que não o eram bastante, porque não conseguiam explicar espectros mais complicados, bem como outros fenómenos.

Então Heisenberg mostrou que o espectro do hidrogénio — e, segundo agora julgamos, também todos os outros espectros — podia ser explicado pelo movimento de alguma coisa que parecia semelhante a um electrão, mas não se movia no espaço e no tempo. A sua posição não era definida pelas coordenadas usuais, x , y , z , da geometria analítica, mas pela abstracção matemática conhecida como uma «matriz». As suas ideias eram excessivamente abstractas, mesmo para os matemáticos, cuja maioria tinha esquecido completamente o que

eram matrizes. Parecia provável que Heisenberg tinha desvendado o segredo da estrutura da matéria, e ainda a sua solução era longe de ser afastada dos conceitos da vida ordinária quando uma outra parábola tinha de ser inventada para a tornar compreensível.

A parábola-onda serve este fim; ela não descreve o universo como uma colecção de partículas mas como um sistema de ondas. O universo não é mais um dilúvio de tiros dum bateria de metralhadoras, mas um mar tormentoso e longínquo deixando somente a qualidade abstracta da tormenta — ou o arreganho dum gato Cheshire (1), se é permitido imaginar um arreganho ondulatório. Esta parábola não foi divisada por Heisenberg, mas por de Broglie e Schrödinger. No principio pensaram que as suas ondas apenas realizavam um modelo superior dum electrão ordinário; mais tarde foi estabelecido que elas eram uma espécie de parábola para explicar o pseudo-electrão de Heisenberg.

Agora o pseudo-electrão de Heisenberg não pretende dar conta do espectro emitido por um só átomo de gás, que é alguma coisa inteiramente além do nosso conhecimento ou experiência, mas unicamente daquele que é emitido por todo um conjunto de átomos semelhantes; não é uma representação de um electrão num átomo, mas de todos os electrões em todos os átomos.

Do mesmo modo, as ondas da parábola-onda não representam electrões individuais, mas uma comunidade de electrões — uma multidão — como por exemplo os electrões cujo movimento constitui uma corrente de electricidade.

Neste exemplo particular as ondas podem ser representadas caminhando através do espaço ordinário. Salvo que, passeando a velocidades diferentes, elas são muito semelhantes às ondas pelas quais Maxwell descreveu o fluxo da radiação através do espaço, de modo que a matéria e radiação são muito mais parecidas na nova física do que o eram na antiga.

(1) É uma figura do romance inglês de fantasias, *Aliee Inwonderland* de Lewis Carral. Tem a forma dum gato que aparece de quando em quando, a propósito e a despropósito, arreganhando os dentes, e de que a última parte a desaparecer é sempre o arreganho.

Noutros casos, o tempo e o espaço ordinários não fornecem uma tela adequada para a representação da onda. A representação da onda de duas correntes de electricidade, ou mesmo de dois electrões movendo-se independentemente, necessita duma tela mais extensa — seis dimensões de espaço e uma do tempo. Pode não haver justificação lógica para identificar quaisquer três dimensões particulares dessas seis com as do espaço ordinário, de modo que devemos considerar a representação ondulatória como residindo inteiramente fora desse espaço. Toda a representação, e as múltiplas dimensões do espaço em que é feita, tornam-se construções puramente mentais — diagramas e formações que fazemos para nos auxiliarem a compreender os fenómenos.

Deste modo temos as duas representações coexistentes — a representação-partícula para o materialista, e a representação-onda para o determinista. Quando o cartógrafo tem de fazer dois mapas distintos para exhibir a geografia da América do Norte, por exemplo, ele é capaz de explicar porque são necessários dois mapas, e também pode dizer-nos a relação entre os dois — pode mostrar-nos como se transforma um no outro. Dir-nos-á, por exemplo, que necessita de dois mapas simplesmente porque é reduzido a superfícies planas — folhas de papel. Dando-lhe uma esfera em vez disso, ele pode mostrar a América do Norte, perfeitamente e completamente, num só mapa.

Os físicos não fixaram ainda qualquer coisa correspondente a essa esfera; quando, se algum dia, o conseguirem, a representação-partícula e a representação-onda serão fundidas numa só representação nova. Presentemente algum vinco do espírito, ou talvez somente algum hábito inveterado do pensamento obsta à nossa compreensão do universo como um todo consistente — justamente como os hábitos inveterados do pensamento dum «desenhador de mapas», *flat-earther*, obsta a sua compreensão da América do Norte como um todo consistente. Contudo, embora a física não tenha conseguido explicar porque são necessárias as duas representações, ela é capaz de explicar a relação entre a representação-partícula e a representação-onda em termos perfeitamente compreensíveis.

O carácter central da representação-partícula é a atomocidade que se acha na estrutura da matéria. Mas esta atomocidade é apenas

a expressão duma granulosidade grosseira fundamental que enche toda a natureza. Ela aparece de novo à superfície no facto de que a energia só pode ser transferida totalmente por quanta. Por causa disto, os instrumentos com os quais estudamos a natureza são também grosseiramente granulados: temos apenas provas grosseiras à nossa disposição, de modo que nunca podemos adquirir conhecimento perfeitamente preciso da natureza. Justamente como, em astronomia, o grão das nossas chapas fotográficas obsta a que fixemos sempre a posição de uma estrela com absoluta precisão, assim em física nunca podemos dizer que um electrão está aqui, neste ponto preciso, e se está movendo exactamente com tal ou tal velocidade. O melhor que podemos fazer com as nossas grosseiras provas é representar a posição de um electrão por uma mancha de óleo e o seu movimento pelo dessa mancha tornando se cada vez mais extensa à medida que o tempo progride. A não ser que detenhemos o seu alargamento por novas observações, ela acabará por alastrar a todo o espaço.

As ondas de um electrão ou outra peça qualquer de matéria são simplesmente a justa representação duma tal mancha. Onde as ondas são intensas a mancha é escura, e inversamente. A natureza da mancha — quer consista em tinta de impressão, quer, como se pensou outrora, em electricidade — não importa; isso é simples detalhe de representação. O que é essencial é a escuridão relativa da mancha em diferentes lugares — razão dos números que medem as probabilidades relativas dos electrões estarem em diferentes pontos do espaço.

A relação entre a representação-onda e a representação-partícula pode resumir-se assim: Quanto mais tormentosas as ondas em qualquer ponto da representação-onda, mais provável será achar uma partícula nesse ponto da representação-partícula. Também se as partículas existissem realmente como pontos e as ondas representassem as probabilidades da sua existência em diferentes pontos do espaço — como faz a lei de Maxwell para as moléculas dum gás — então o gás emitiria um espectro contínuo, em vez do espectro de linhas que se observa realmente. Assim nós temos posto melhor a nossa constatação na forma de o electrão não ser uma partícula-ponto, mas se nós insistimos em representá-la como tal, então as ondas indicam

as propriedades relativas de a representar como existindo em diferentes pontos do espaço. Mas propriedades relativas a quê?

A resposta é, — relativa ao nosso próprio conhecimento. Se nós não sabemos nada acerca de um electrão excepto que ele existe, todos os lugares são igualmente prováveis para ele, de modo que as suas ondas são uniformemente espalhadas por todo o espaço. Por experiência após experiência podemos restringir a extensão das suas ondas, mas nunca podemos reduzi-las a um ponto ou, melhor, abaixo de um certo mínimo; a granulação grosseira das nossas provas não o permite. Há sempre uma região finita de ondas que fica. E as ondas que ficam representam precisamente e exactamente o nosso conhecimento; podemos dizer que são ondas de conhecimento — ou, talvez mesmo ainda melhor, ondas de imperfeições de conhecimento — da posição do electrão.

E agora vamos ao facto central e mais surpreendente de toda a situação. Eu concordo que é ainda demasiadamente cedo, e a situação demasiadamente obscura, para avaliarmos completamente a sua importância, mas, como eu o vejo, parece provável trazer mudanças radicais às nossas vistas não somente do universo mas mesmo mais de nós próprios. Deixai-nos lembrar que estamos a tratar dum sistema de ondas que exprime numa forma gráfica o nosso conhecimento dos constituintes do universo. O facto central é este: A parábola onda não nos diz que essas ondas representam o nosso conhecimento da natureza, mas que elas são a própria natureza.

Se nós pedirmos à nova física que nos defina um electrão, ela não nos dá uma especificação matemática dum electrão objectivo, mas replica-nos com esta pergunta: «Que sabeis vós acerca do electrão em questão?» Nós apresentamos tudo o que sabemos, e então vem a réplica surpreendente «Isso é o electrão». O electrão existe somente nos nossos espíritos — nós não sabemos o que existe além e onde, para pôr a ideia dum electrão nos nossos espíritos. A nova física pode fornecer-nos representações-onda de electrões acerca dos quais nós temos quantidades de conhecimentos, variando desde nada até ao máximo que podemos saber com as provas grosseiras à nossa disposição, mas o electrão que existe fora do nosso estudo dele é completamente fora do seu alcance.

Deixai-me experimentar pôr isto doutro modo. A velha física imaginava estudar uma natureza objectiva que tinha a sua própria existência independentemente do espirito que a percebia — que, na verdade, tinha existido de toda a eternidade, quer fosse percebida quer não. Imaginando isto hoje, teria dito que o electrão observado pelos físicos se comportava como nesta suposição o deveria ter feito.

Mas ele não se comportou desse modo, e isto levou ao nascimento da nova física, com a sua tese geral de que a natureza que nós estudamos não consiste tanto nalguma coisa que nós percebemos como nas nossas percepções; não é o objecto da relação objecto-sujeito, mas a própria relação. Não há, de facto, nenhuma divisão nítida entre o sujeito e o objecto; eles formam um todo individual que se torna agora a natureza. Esta tese acha a sua expressão final na parábola-onda, que nos diz que a natureza consiste em ondas e que estas são da qualidade geral de ondas de conhecimento, ou de ausência de conhecimento, no nosso próprio espirito.

Permite-me lembrar-vos que, se algum dia chegarmos a conhecer a verdadeira natureza das ondas, estas ondas devem consistir nalguma coisa que nós tenhamos já nos nossos próprios espiritos. Agora conhecimento e ausência de conhecimento satisfazem este critério como poucas outras coisas poderiam fazê-lo; ondas num éter, por exemplo, seguramente não. Pode parecer estranho e quase demasiado bom para ser verdadeiro, que a natureza consistisse em último recurso nalguma coisa que nós possamos realmente compreender; mas há sempre a solução simples utilizável de que o mundo externo é essencialmente da mesma natureza que as ideias.

Na melhor das hipóteses isto pode parecer muito académico e no ar — na pior das hipóteses pode parecer estúpido e mesmo óbvio. Eu concordo que será assim, não fosse senão por um facto saliente de que a observação apoia a representação-onda da nova física de todo o coração e sem hesitação. Enquanto a representação-partícula e a representação-onda tem estado em conflito, a observação tem desacreditado a primeira e apoiado a segunda — não somente, note-se, como uma representação do nosso conhecimento da natureza, mas como uma representação da própria natureza. A parábola-partícula é útil como uma concessão nos hábitos materialistas do pensamento que se inveteraram no nosso espirito, mas não pode mais

reclamar ajustar-se aos factos, e, tanto quanto agora podemos ver, a verdade acerca da natureza deve residir muito perto da parábola-onda.

Deixai-me divagar novamente para vos lembrar dois exemplos simples de tais conflitos e os veredictos que a observação pronunciou a respeito deles.

Um chuveiro de electrões movendo-se paralelamente forma de facto uma corrente eléctrica. Descarreguemos um tal chuveiro de electrões numa delgada película de metal, como fez o vosso próprio Prof. G. P. Thomson. A parábola-partícula compara-o a uma sarai-vada caindo em guarda-chuvas; nós esperamos que os electrões, dalguma forma ou seja como for, atravessem para o outro lado como uma turba desordenada. Mas a parábola-onda diz-nos que o chuveiro de electrões é uma série de ondas. Deve reter a sua formação-onda, não somente passando através da película, mas também quando emerge do outro lado. E isto é o que sucede na verdade; sai e forma um modelo-onda que pode ser previsto — completamente e perfeitamente — da sua representação-onda antes de entrar na película.

Agora descarreguemos o nosso chuveiro de electrões contra a barreira formada por uma força electromotriz contrária. Se os electrões do chuveiro têm uma energia uniforme de 10 volts cada, atiremo-los contra uma diferença de potencial oposta de um milhão de volts. Segundo a parábola-partícula, isto é como se atirássemos ao ar um punhado de projecteis; eles cairiam todos a terra em seguida obedecendo à conservação da energia. Mas a parábola-onda vê de novo o nosso chuveiro de electrões como um feixe de ondas — semelhante a um feixe de luz — e vê a barreira do potencial como uma camada obstrutiva — semelhante a uma vidraça suja. A parábola-onda diz-nos que esta deterá mas não em parte, completamente, o nosso feixe de electrões. Mostra-nos mesmo como se calcula a fracção deles que atravessara, e de facto atravessa; um certo número de electrões de 10 volts superará a barreira potencial dum milhão de volts — como se alguns dos projecteis arremessados levemente das nossas mãos superassem o campo de gravidade da terra e caminhassem no espaço. O fenómeno parece estar em completa contradição com a lei da conservação da energia, mas devemos lem-

brar-nos que provavelmente as ondas do conhecimento não devem fidelidade a essa lei.

Desta experiência levanta-se outro problema. Dos milhões de electrões do chuveiro original, que electrões particulares atravessarão o obstáculo? São aqueles que chegaram primeiro ao alvo, ou aqueles que levavam mais alta velocidade, ou quais? Que particularidade têm estes sobre os outros?

Parece não ser mais que puro acaso feliz. Não conhecemos nenhum modo de aumentar as probabilidades dos electrões individuais; cada um toma justamente o seu turno com os restantes. É um conceito que se tornou familiar em ciência desde que Rutherford e Soddy nos deram a lei da desintegração espontânea das substâncias radioactivas — de um milhão de átomos desintegram-se 10 por ano, e nenhuma modificação poderíamos exercer à escolha dos 10 átomos feita pelo acaso. Sucede o mesmo com o modelo atómico de Bohr; Einstein achou que sem os caprichos do acaso era impossível explicar o espectro ordinário dum corpo quente; recorrendo ao acaso obtém-se a fórmula de Planck, que concorda exactamente com a observação.

Desde o principio da história humana, o homem tem-se habituado a atribuir os resultados da sua própria incompetência à interferência dum fado ou espirito maligno. A representação-partícula parece fazer esse espirito ainda mais poderoso e penetrante do que dantes; ela não somente tem o dedo nos assuntos humanos, mas em cada átomo do Universo. A nova fisica desembaraçou-se do determinismo mecanista, mas somente a preço de se desembaraçar também da uniformidade da natureza!

Suponho que qualquer cientista sério não aceitará tal conclusão como definitiva; eu certamente não. Penso que a analogia do feixe de luz caindo na vidraça manchada nos mostrará a falácia dela.

A equação matemática de Heisenberg mostra que a energia dum feixe de luz deve ser sempre um número inteiro de quanta. E isto é confirmado na observação do efeito fotoeléctrico, pela perda de energia que os átomos sofrem sempre por números inteiros de quanta.

Isto é muitas vezes expresso em forma de parábola, considerando a luz formada por partículas discretas, chamadas fotões, cada um com um só quantum de energia. Um feixe de luz torna-se um chuveiro

de fotões movendo-se através do espaço como as balas duma metralhadora; é fácil de ver porque eles ferem necessariamente por quanta inteiros.

Quando um chuveiro de fotões cai numa vidraça manchada, alguns deles são capturados pelas manchas, enquanto os restantes escapam à captura e atravessam. Levanta-se de novo a questão: Como são escolhidos os fotões que escapam? A resposta óbvia superficial é um gesto que indica a roda da Fortuna; é a mesma resposta que deu Newton quando falou dos seus «corpúsculos» de luz experimentando alternar golpes de transmissão e reflexão. Mas vê-se realmente que tal resposta é superficial.

A nossa conta no banco consiste sempre num número inteiro de centavos, mas daí não se segue que lá esteja uma pilha de centavos de bronze. Uma criança pode, todavia, representá-la como sendo assim, e perguntar a seu pai o que determina os centavos particulares que vão pagar a renda. O pai pode responder «mero acaso» — uma resposta tola, mas não mais tola do que a pergunta. A nossa pergunta quanto àquilo que determina os fotões que atravessam é, penso eu, de espécie semelhante, e se a Natureza parece responder, «mero acaso», responde-nos somente de acordo com a nossa tolice. Uma parábola que substitui a radiação por fotões identificáveis pode achar apenas o dedo do acaso a separar as ovelhas das cabras. Mas o dedo do acaso, do mesmo modo que os próprios fotões, é mero detalhe de representação. Logo que abandonamos a nossa representação da radiação como um chuveiro de fotões, não há mais probabilidades mas determinismo completo no seu fluxo. E o mesmo é verdade, penso eu, quando os fotões-partículas são substituídos por electrões-partículas.

Nós sabemos que cada corrente eléctrica deve transferir a electricidade por unidades completas de electrões, mas isto não nos autoriza a substituir uma corrente eléctrica por um chuveiro de partículas — electrões identificáveis. Na verdade os princípios gerais da mecânica quântica, em completo acordo com a observação, impedem-nos determinadamente de fazer assim. Quando as bolas vermelha e branca colidem na mesa do bilhar, a vermelha pode ir para a direita e a branca para a esquerda. A colisão de dois electrões, A e B, é governada por leis semelhantes de energia e momento, de modo

que podemos esperar ser capazes de dizer que A vai para a direita e B para a esquerda, ou vice-versa. Actualmente não devemos dizer tal coisa, porque não temos o direito de identificar os dois electrões que emergem da colisão com os dois que entraram. E como se A e B se tivessem combinado temporariamente numa só gota de fluido eléctrico, que subsequentemente se tivesse dividido em dois novos electrões, C e D. Sòmente podemos dizer que depois da colisão C irá para a direita e D para a esquerda. Se nos perguntarem que caminho tomará A, a verdadeira resposta é que A não mais existirá. A resposta superficial é que houve uma pura agitação. Porém, esta agitação não está na natureza, mas nos nossos próprios espíritos; é mesmo mera probabilidade a escolha da identificação de C com A ou com B.

Assim o indeterminismo da representação-partícula parece residir no nosso próprio espírito antes que na natureza. Nalguns casos esta representação é imperfeita, visto que falha nos factos de observação. A representação-onda, que a observação confirma em todas as experiências conhecidas, mostra um determinismo completo.

Podemos agora começar a sentir que a nova física é pouco melhor que a velha — que ela apenas substituiu um determinismo por outro. Sim; mas há a maior diferença do mundo entre os dois determinismos. Porque na velha física o espírito percebendo era um espectador; na nova é um actor. A natureza não forma mais um sistema fechado destacado do espírito que percebe; o perceptor e o percebido são partes dum só sistema actuando uma sobre a outra. A natureza expressa pela representação-onda abraça de algum modo o nosso espírito tanto como a matéria inanimada. As coisas ainda mudam sòmente quando são compelidas, mas já não parece mais impossível que parte da compulsão possa ter origem no nosso próprio espírito.

Mesmo a representação-partícula, inadequada, nos diz alguma coisa muito semelhante, a seu próprio modo indirecto, balbuciente. A princípio parecia estar-nos falando duma natureza distinta do nosso espírito, que se movia como dirigida por jogos de dados (azar), e então transpirava que o dado era arremessado pelo nosso próprio espírito. O nosso espírito entra em ambas as representações, ainda que com capacidades alguma coisa diferentes, na

representação-partícula o espírito apenas decide as convenções sob as quais deve ser desenhado o mapa; na representação-onda ele percebe, observa e desenha o mapa. Notaremos, todavia, que o espírito entra nas duas representações somente pela sua capacidade como um receptáculo — nunca como um emissor.

O determinismo que aparece na nova física é de ondas, e assim, em último recurso, de conhecimento. Onde não estamos interessados, podemos dizer que um acontecimento segue um acontecimento; onde nós estamos interessados, somente que o conhecimento segue o conhecimento. E mesmo este conhecimento é somente de probabilidades e não de certezas; é, na melhor das hipóteses, uma representação imitada da realidade distinta que cremos residir debaixo. E, justamente por causa disto, é impossível decidir se o determinismo da representação-onda se origina fundamentalmente na realidade ou não — pode o nosso espírito mudar o que está sucedendo na realidade, ou pode apenas fazê-lo parecer-nos diferente mudando o nosso ângulo de visão? Não sabemos, e como não vejo como poderemos jamais sabê-lo, a minha opinião é que o problema do livre arbítrio continuará a fornecer material para discussões infrutíferas até ao fim da eternidade.

A contribuição da nova física para este problema longamente debatido, não é ter-lhe dado uma decisão mas ter-lhe reaberto uma porta que a velha física parecia ter fechado e aferrolhado. Temos uma crença intuitiva de que podemos escolher o menu do nosso *lunch* ou abstermo-nos de roubar ou assassinar; e que por nossa própria vontade podemos desenvolver a liberdade da escolha. Podemos, com efeito, ser maus. A velha física parecia dizer-nos o que nós éramos, e que a nossa liberdade imaginada era completa ilusão; a nova física diz-nos que pode não ser assim.

A velha física mostrou-nos um universo que parecia mais semelhante a uma prisão que a um lugar de habitação. A nova física mostrou-nos uma construção certamente mais espaçosa, embora não possamos dizer se as suas portas interiores estão abertas ou fechadas. Mas começamos a suspeitar que pode dar-nos lugar para tal liberdade que sempre julgamos possuir; parece pelo menos que nela podemos modelar os acontecimentos à nossa vontade, e viver vidas de emoção, inteligência, e esforço. E como se ela formasse um lugar

de habitação conveniente para o homem, e não um simples abrigo para brutos.

A nova física comporta sem dúvida muitas implicações filosóficas, mas não é fácil de descrevê-las em palavras. Não podem ser resumidas em sentenças rápidas, mordazes, queridas do jornalismo científico, tais como a morte do materialismo ou a não existência da matéria. A situação é antes de redefinir tanto o materialismo como a matéria à luz do nosso novo conhecimento. Quando isto tiver sido feito, o materialismo deve decidir por si mesmo se a única espécie de materialismo que a ciência agora permite pode ser convenientemente etiquetado de materialismo, e se o que fica da matéria será etiquetado como matéria ou como alguma outra coisa diferente; é principalmente uma questão de terminologia.

O que fica é em qualquer caso muito diferente da matéria compacta, maciça e do materialismo imponente do cientista Victoriano (1). Provou-se que o seu universo objectivo e material consiste em pouco mais do que construções do nosso próprio espírito. Neste domínio, a física moderna moveu-se, então, na direcção do idealismo filosófico. O espírito e a matéria, se não se mostram de natureza semelhante, aparecem pelo menos como ingredientes dum só sistema. Não há mais lugar para a espécie de dualismo que tinha perseguido a filosofia desde os dias de Descartes.

Isto leva-nos face a face com a dificuldade fundamental que confronta cada forma de idealismo filosófico. Se a natureza que estudamos consiste tão largamente nas nossas próprias construções mentais, porque todos os nossos espíritos constroem uma e a mesma natureza? Porque, em resumo, todos nós vemos o mesmo sol, a mesma lua e as mesmas estrelas?

Eu sugerirei que a própria física pode fornecer um guia possível ainda que muito conjectural. A velha representação-partícula, que reside dentro dos limites do espaço e do tempo, divide a matéria numa multidão de partículas distintas, e a radiação num chuveiro de fotões distintos. A representação-onda, mais nova e mais rigorosa,

(1) Do tempo da rainha Victoria (1837-1904).

que transcende a armação do espaço e do tempo, recompõe os fotões num só feixe de luz, e o chuveiro de electrões movendo-se paralelamente numa corrente eléctrica contínua. A atomocidade e divisão em existências individuais são fundamentais na representação restrita espaço-tempo, mas desaparecem na representação mais larga e mais verdadeira, tanto quanto nós sabemos, que transcende o espaço e o tempo. Nesta a atomocidade é substituída pelo que o general Smuts descreveria como «holism» (1). Os fotões não são mais indivíduos distintos seguindo cada um o seu próprio caminho, mas membros duma só organização ou todo—um feixe de luz. O mesmo é verdadeiro, *mutatis mutandis*, dos electrões dum chuveiro movendo-se paralelamente. Os biólogos começam também a dizer-nos, embora não muito unânimemente, que o mesmo se pode dar com as células do nosso corpo. E não é concebível que o que é verdadeiro dos objectos percebidos possa sê-lo também do espírito que percebe? Quando nos vemos no espaço e no tempo somos sem nenhuma dúvida indivíduos distintos; quando passamos além do espaço e do tempo podemos talvez formar ingredientes duma corrente contínua da vida. Há somente um passo daqui a uma solução do problema que se teria recomendado a muitos filósofos, desde Platão a Berkeley, e fica, penso eu, em linha recta com a nova representação do mundo pela física moderna.

Deixei apenas pouco tempo para discutir questões de natureza mais concreta. Encontrámo-nos num ano que tem visto nalguma extensão a ciência acusada perante a barra da opinião pública; há muitos que atribuem a maior parte das nossas desgraças nacionais presentes — incluindo o desemprego na indústria e o perigo da guerra — aos recentes e rápidos avanços do conhecimento científico.

Mesmo que fossem justificadas as suas mais tristes suspeitas, não é evidente o que deveríamos fazer. Porque é óbvio que o país que fizesse uma paragem no progresso científico, cedo ficaria atrasado a muitos outros respeito, como na sua indústria, na sua posição

(1) É a tendência da natureza a formar todos do conjunto de unidades desordenadas.

económica, nas suas defesas navais e militares, e, não menos importante, na sua cultura. Aqueles que suspiram por uma Arcádia ⁽¹⁾ em que toda a maquinaria fosse rejeitada e toda a invenção proclamada um crime, como em Erewhon ⁽²⁾, esquecem que os Erewhonianos não tiveram competidores altamente organizados cientificamente para o comércio do mundo, nem de se proteger contra possíveis bombardeiros, bloqueio, ou invasão.

Mas podemos nós admitir como justificadas as suspeitas dos nossos críticos? Se a ciência tornou mais mortal o ataque na guerra, também tornou mais eficiente a defesa; ela nunca mostrou nenhuma parcialidade na competição entre armas de ataque e de defesa. Sendo assim, seria duro, penso eu, sustentar a sangue-frio que as suas actividades são provavelmente tornar as guerras mais frequentes ou mais prolongadas. É muito pouco contestável que quanto mais provavelmente mortal tiver de ser uma guerra menos provavelmente ela ocorrerá.

Contudo ela pode ocorrer. Nós não podemos ignorar o trágico facto de que, como o nosso Presidente nos disse há 2 anos, a ciência deu ao homem controle sobre a natureza antes que tivesse ganho controle sobre si mesmo. A tragédia não reside no controle científico do homem sobre a natureza mas na sua ausência de controle moral sobre si mesmo. Isto é somente um capítulo duma longa história — a natureza humana muda muito devagar, e por isso fica sempre atrás do conhecimento humano que se acumula muito rapidamente. As peças de Aeschylus e Sophocles ainda nos fazem estremecer com o seu interesse vital humano, mas os escritos científicos da Aristarchus e Ptolomeu estão mortos — meras curiosidades históricas que nos deixam frios. O conhecimento científico é transmitido duma geração a outra, enquanto as características adquiridas o não são. Assim, a respeito de conhecimento, cada geração está aos ombros

(1) Região da Grécia, povoada de pastores e, na fantasia dos poetas antigos, a morada da inocência e da felicidade.

(2) *Erewhon* (*anagraná de nowhere*, em parte nenhuma) é o título dum romance e o lugar onde se passam todos os acontecimentos inverosímeis nele referidos, como sátira à nossa civilização, pelo ironista inglês Samuel Butler, mestre de Bernard Shaw.

da precedente, mas a respeito da natureza humana, estão ambas ao mesmo nível.

Estes são factos averiguados que não devemos esperar alterar e que — podemos também admiti-lo — são capazes de arruinar a civilização. Se há caminho de escape, este não tem, penso eu, a direcção de menos ciência, mas de mais ciência — a psicologia que oferece as esperanças de que o homem, pela primeira vez na sua longa história, pode ser habilitado a obedecer ao comando «Conhece-te a ti mesmo»; a que eu, por igual gostaria de ver junta uma moralidade e, se possível, mesmo uma religião consistente com o nosso novo conhecimento psicológico e os factos estabelecidos da ciência; medidas científicas e construtivas de eugenia e controle de nascimentos; investigação científica na agricultura e indústria suficiente pelo menos para destruir as profecias sombrias de Malthus e capacitar mesmo maiores populações a viverem com conforto e contentamento na mesma área limitada da terra. Por tais caminhos podemos esperar diminuir a pressão da população e a necessidade de expansão que, a meu ver, impelem o povo duma nação para a guerra, muito mais provavelmente que o conhecimento de que ele — e também os inimigos que terá de combater — estão armados com as tais terríveis armas que a ciência pode inventar.

Isto leva-nos por último ao espinhoso problema da depressão económica e do desemprego. Sem dúvida uma grande parte deste resulta da guerra, rivalidades nacionais, barreiras alfandegárias e várias coisas que não tem nada a ver com a ciência, mas um resíduo deve ser atribuído à investigação científica: esta produz inventos para economia de trabalho, de salário e mão-de-obra, por exemplo, que em tempo de depressão só podem provavelmente ser bem-vindos. O Robot científico, nos desenhos do *Punch* (1), mostrou que podia fazer o trabalho de 100 homens, mas não deu resposta à pergunta — «Quem achará trabalho para os 99 afastados?» Ele podia, penso eu, ter respondido — «Em parte, pelo menos, o cientista puro». Porque a

(1) *Robot* deriva duma palavra eslava que significa trabalho. Usa-se desde 1923 para designar mecanismos ou engenhos de forma humana e imitando acções humanas. *Punch*, revista humorística inglesa.

investigação científica tem dois produtos de importância industrial — as investigações de economia de trabalho, e as descobertas mais fundamentais que tomam origem como ciência pura, mas podem por último levar a novos comércios e novos pedidos de povo fornecendo emprego a vastas armadas de trabalhadores.

São duas ricas dádivas da ciência à comunidade. Os engenhos de economia de trabalho libertam de obrigações que oprimem a alma e do trabalho de rotina, para maior descanso e melhores oportunidades de prazer. As novas invenções juntam ao conforto e prazer, a saúde e a riqueza da comunidade. Se entre as duas pudesse ser mantido um equilíbrio perfeito haveria emprego para todos, com um aumento contínuo no conforto e na dignidade da vida. Mas as perturbações estão prontas a levantar-se, creio eu, se não for mantido o equilíbrio, e o fluxo estacionário de engenhos de economia de trabalho, não acompanhando o fluxo estacionário de novas indústrias a absorver o trabalho que eles deslocam, apenas pode levar ao desemprego e ao caos no campo do trabalho. Presentemente temos um *deficit* da balança resultando no desemprego, de modo que a nossa maior necessidade por agora é de descobertas aumentando a indústria. Deixai-me lembrar as aquisições da indução electromagnética de Faraday, das ondas Hertzianas de Maxwell, e do ciclo de Otto — cada uma das quais forneceu emprego a milhões de homens. E, ainda que isso seja uma velha história, deixai-me também lembrar que o valor económico do trabalho dum só cientista, Edison, foi avaliado em três milhões de libras.

Infelizmente, nenhuma espécie de cálculo pode arranjar um equilíbrio perfeito. Porque, do mesmo modo que a direcção do vento soprando donde lhe apraz, assim ninguém pode controlar a direcção em que avançará a ciência; o investigador de ciência pura não sabe se as suas pesquisas resultarão num simples engenho de economia de trabalho ou numa nova indústria. Sòmente sabe que se toda a ciência fosse sufocada, nada resultaria; a comunidade cristalizaria no seu estado presente, sem nada fazer, a não ser vigiar o aumento da sua população, e tremer quando esperasse pela fome, a peste ou a guerra, que devem necessariamente vir restaurar o equilíbrio entre o alimento e as bocas, a terra e a população.

Não será melhor redobrar de esforços para garantir maior

saúde, descanso e dignidade de vida para nós próprios e para as gerações futuras, ainda mesmo que nos arrisquemos a uma gloriosa falência, antes que aceitar uma falência inglória, perpetuando as nossas condições presentes, em que estas vantagens são exceção antes que a regra? Arriscarmo-nos à sorte dum Ícaro cientista super-ambicioso, antes que resignarmo-nos sem um esforço à sorte que tiveram as abelhas e as formigas? Tais são as perguntas que eu formularei àqueles que sustentam que a ciência é perigosa para a humanidade.