

A incerteza em ciência

Richard P. Feynman

Pretendo debruçar-me sobre o impacto da ciência nas ideias do homem noutros campos, um assunto que o Sr. John Danz gostava particularmente de ver discutido. Nesta primeira conferência falarei sobre a natureza da ciência, sublinhando, em particular, a existência da dúvida e da incerteza. Na segunda discutirei o impacto dos pontos de vista científicos nas questões políticas, em particular a questão dos inimigos nacionais, e nas questões religiosas. E na terceira descreverei o modo como a sociedade me olha — podia dizer como a sociedade vê um cientista, mas é de fato apenas como a sociedade olha para mim — e o que podem as futuras descobertas científicas produzir em termos de problemas sociais.

O que sei de religião e política? Vários amigos do departamento de física e de outros lugares riram-se e disseram “gostava de ir ouvir o que tens para dizer. Não sabia que te interessavas por esses assuntos.” O que eles queriam dizer, é claro, é que me interessava por eles, mas que nunca me atreveria a falar sobre eles.

Ao falar do impacto das ideias de um determinado campo noutro campo, estamos sempre sujeitos a fazer figura de parvos. Nestes dias

de especialização há muito poucas pessoas que tenham um conhecimento suficientemente profundo de dois campos do conhecimento para não fazerem figura de parvas num ou noutro desses campos.

As ideias que pretendo expor são antigas. Não há praticamente nada do que vou dizer esta noite que não pudesse ter já sido dito pelos filósofos do século XVII. Por que repeti-lo? Porque todos os dias nascem novas gerações. Porque há grandes ideias desenvolvidas na história da humanidade e elas só perduram se forem intencional e claramente transmitidas de geração em geração.

Muitas das ideias antigas são já do conhecimento comum, pelo que não necessitam de que falemos delas nem de ser explicadas outra vez. Mas as ideias associadas aos problemas do desenvolvimento da ciência, pelo que vejo, olhando à minha volta, não são do tipo das que toda a gente aprecia. É verdade que há um grande número de pessoas que se interessam por elas. Numa universidade, em particular, a maioria das pessoas pertencem a este grupo, razão por que talvez não me encontre perante a audiência certa para as minhas palavras.

Sendo novo na difícil tarefa de falar sobre o impacto das ideias de um determinado campo nas de outro, começarei pelo lado que conheço melhor. E o que conheço de fato é a ciência. Conheço as suas ideias e os seus métodos, as suas atitudes para com o conhecimento em geral, as fontes do seu progresso, a sua disciplina mental. Portanto, nesta primeira conferência falarei sobre esta ciência que conheço, deixando

as minhas afirmações mais ridículas para as próximas duas conferências, em que, suponho, de acordo com a regra geral, as audiências serão menores.

O que é a ciência? A palavra é habitualmente usada para significar uma de três coisas, ou uma mistura delas. Acho que não temos necessidade de ser muito precisos — nem sempre é uma boa ideia ser-se muito preciso. A ciência significa umas vezes um método especial de descobrir coisas, outras o corpo de conhecimentos resultante dessas descobertas. Pode também significar as novas coisas que podem fazer-se quando se descobre algo, ou mesmo a realização dessas novas coisas. A este último campo chama-se habitualmente tecnologia — mas, se costumam ver a seção de ciência da revista *Time*, sabem que, aproximadamente, 50% cobrem as novas coisas que foram descobertas e outros 50% as novas coisas que podem ou estão já a ser feitas. Portanto, a definição popular de ciência é, em parte, também tecnologia.

Discutirei estes três aspectos da ciência por ordem inversa. Começarei com as coisas novas que podem fazer-se — isto é, com a tecnologia. A característica mais óbvia da ciência é a sua aplicabilidade, o fato de, como consequência da ciência, termos poder para fazer coisas. E o efeito que este poder tem produzido nem precisa de ser mencionado. Toda a revolução industrial teria sido praticamente impossível sem o desenvolvimento da ciência. A possibilidade que hoje temos de produzir quantidades de alimentos suficientes para alimentar uma população tão

grande, de controlar as doenças — o mero fato de poderem existir homens livres sem que haja a necessidade de recorrer à escravidão para aumentar a produção —, é, provavelmente, o resultado do desenvolvimento de meios de produção científicos. Mas este poder para fazer coisas não traz consigo instruções sobre o modo como deve ser utilizado, se deve sê-lo para o bem ou para o mal. O resultado deste poder é, pois, bom ou mau consoante a forma como é usado. Gostamos de aumentar a produção, mas temos problemas com a automatização. Ficamos felizes com o desenvolvimento da medicina, mas, por outro lado, preocupamo-nos com o número de nascimentos e com o fato de já não morrermos das doenças que eliminamos. Ou ainda, com base no próprio conhecimento das bactérias, há, porventura, laboratórios secretos onde se trabalha para desenvolver bactérias para as quais será muito difícil descobrir a cura. Ficamos felizes com o desenvolvimento dos transportes aéreos e impressionamo-nos com os grandes aviões, mas também conhecemos os terríveis horrores da guerra aérea. Agrada-nos a capacidade que possuímos para comunicar entre as nações, mas preocupamo-nos imediatamente com a possibilidade de a nossa privacidade ser violada tão facilmente. Estamos excitados com a conquista do espaço; bem, também aí se nos depararão dificuldades. O mais famoso de todos estes balanços é o desenvolvimento da energia nuclear e os seus problemas óbvios.

Será que a ciência tem algum valor?

Acho que um poder para fazer coisas tem valor. Se o resultado é algo

de bom ou de mau, depende da maneira como esse poder é usado, mas o poder em si é um valor. Uma vez no Havaí fui levado a ver um templo budista. Dentro do templo um homem disse-me: “Vou dizer-lhe uma coisa que nunca esquecerá: a cada homem são distribuídas as chaves dos portões do céu. Mas essas chaves abrem também os portões do inferno.”

E assim é com a ciência. De certo modo é uma chave para os portões do céu, mas a mesma chave abre também os portões do inferno, e não possuímos instruções que nos permitam ter a certeza de qual é o portão que temos à nossa frente. Devemos deitar fora a chave e desistir de ter um modo de entrar nos portões do céu? Ou devemos enfrentar o problema de decidir sobre a melhor maneira de usar a chave? É, evidentemente, uma questão muito séria, mas acho que não devemos negar o valor da chave para abrir os portões do céu.

Todos os problemas principais da relação entre a sociedade e a ciência se situam nesta área. Quando dizemos ao cientista que deve ser mais responsável pelos efeitos do seu trabalho na sociedade, é às aplicações da ciência que nos referimos. Se alguém trabalha para desenvolver a energia nuclear, deve ter consciência de que ela pode ser usada perniciosamente. Portanto, aguardar-se-ia que numa reflexão como esta, feita por um cientista, fosse este o tópico mais importante. Mas não falarei mais dele. Acho que é um exagero dizer que estes são problemas científicos. São muito mais problemas humanos. Se fabricar o poder é claro, já não o é tanto o respectivo controle, pois é algo não

tão científico e sobre o qual os cientistas, em geral, pouco sabem.

Deixem-me dizer-lhes por que não quero falar sobre isto. Há uns tempos, por volta de 1949 ou 1950, fui para o Brasil ensinar física. Nesses tempos havia um programa de quatro pontos que era muito entusiasmante: íamos todos ajudar os países subdesenvolvidos. Do que eles precisavam, obviamente, era de conhecimentos técnicos.

No Brasil vivi na cidade do Rio de Janeiro. No Rio há morros onde existem casas feitas com restos de madeiras partidas e coisas assim. As pessoas que aí vivem são extremamente pobres. Não têm água nem esgotos. Para obterem água transportam velhos barris de gasolina à cabeça pelos morros a baixo, dirigem-se a um local onde esteja a ser construído um novo edifício e onde há, portanto, água para misturar o cimento, enchem os barris e voltam a transportá-los morro a cima. Mais tarde pode observar-se a água a escorrer pelos morros num sujo esgoto a céu aberto. É algo muito deplorável de observar. E logo ao lado destes morros encontram-se os excitantes edifícios da praia de Copacabana com belos apartamentos...

Disse aos meus amigos do programa dos quatro pontos: “Será um problema de conhecimentos técnicos? Não sabem pôr canalizações pelo morro a cima? Não sabem pôr um cano até ao cimo do morro de modo que as pessoas possam, pelo menos, subir o morro com os barris vazios e descê-lo com eles cheios?” Não, não é um problema de conhecimentos técnicos, pois nos apartamentos vizinhos há, evidentemente, canalizações e bombas. Agora compreendemo-lo.

Achamos que é um problema de assistência econômica e não sabemos se isso resulta ou não. E acho que nem vale a pena estar aqui a discutir quanto custa pôr um cano e uma bomba até ao cimo de cada um dos morros.

Embora não saibamos resolver o problema, gostaria de sublinhar que tentamos duas coisas, o conhecimento técnico e a assistência econômica. Ficamos desencorajados com ambos e estamos agora a tentar algo diferente. Como veremos mais tarde, parece encorajante. Acho que esta é a maneira de fazer tudo: continuar sempre à procura de novas soluções.

Esses são, pois, os aspectos práticos da ciência, as novas coisas que podem fazer-se. São tão óbvios que acho que não precisamos de continuar a falar deles.

O próximo aspecto é o seu conteúdo, as coisas que foram descobertas. Este é o seu produto. Isto é o ouro. É a excitação, a paga que se tem pelo trabalho duro, pela disciplina do pensamento. Esse trabalho não é feito com vista às aplicações. É-o apenas pela excitação do que se descobre. A maioria dos presentes deve saber isto. Mas àqueles que não o sabem é-me quase impossível, numa simples conferência, transmitir este aspecto tão importante, a parte excitante, a verdadeira razão da ciência. E sem perceber isto perde-se quase tudo. Não é possível compreender a ciência e a sua relação com tudo o resto sem compreender e apreciar a grande aventura dos nossos tempos. Ninguém vive neste tempo se não compreender que esta é uma coisa

louca, excitante — uma enorme aventura. Acham que é aborrecido? Não é. É difícil de explicar, mas talvez consiga dar-lhes uma ideia. Deixem-me começar num ponto qualquer, numa ideia qualquer.

Por exemplo, os antigos acreditavam que a Terra era o traseiro de um elefante que estava por cima de uma tartaruga que nadava num mar sem fundo. É claro que o que sustentava o mar era outra questão, cuja resposta ignoravam.

Esta crença dos antigos era produto da sua imaginação. Era uma bela ideia poética. Agora vejam como a encaramos hoje. Será uma ideia aborrecida? O mundo é uma bola que gira e as pessoas estão agarradas a ela por todos os lados, algumas de cabeça para baixo. E giramos como um espeto em torno de uma enorme fogueira. Giramos à roda do Sol. Isto é mais romântico, mais excitante. E o que nos mantém? A força da gravitação, que é algo que não é apenas da Terra, mas é o que antes de mais faz a Terra ser redonda, sustenta o Sol e nos mantém a rodar à volta do Sol na nossa perpétua tentativa de nos afastarmos. Esta gravidade exerce o seu poder não apenas sobre as estrelas, mas também entre as próprias estrelas; mantém-nas nas grandes galáxias ao longo de quilômetros e quilômetros em todas as direções.

Este universo já foi descrito por muita gente, mas os seus limites continuam a ser tão desconhecidos como o fundo do mar sem fundo da outra ideia — precisamente tão misterioso, tão inquietante e tão incompleto como as descrições poéticas que o antecederam. Mas reparem que a imaginação da natureza é muito maior do que a

imaginação do homem. Ninguém que não a tivesse desvendado através das observações podia alguma vez ter imaginado a maravilha que é a natureza.

Ou a Terra e o tempo. Já alguma vez leram nalgum sítio, escrito por algum poeta, alguma coisa sobre o tempo que se compare com o tempo real, com o longo e lento processo da evolução? Primeiro havia a Terra sem nada vivo sobre ela. Durante milhares de milhões de anos esta bola rodava com os seus ocasos e as suas ondas, o seu mar e os seus ruídos, sem que nada de vivo nela houvesse para apreciar. Conseguem conceber, conseguem formar uma ideia do que seja o significado de um mundo sem um único ser vivo sobre ele? Estamos tão habituados a olhar para o mundo do ponto de vista dos seres vivos que nos é difícil compreender o que significa estar vivo e, no entanto, na maior parte do tempo o mundo não possuiu qualquer ser vivo. E na maioria dos lugares do universo ainda hoje, provavelmente, não há nada vivo.

Ou a própria vida. A maquinaria interna da vida, a química das componentes, é algo de belo. E acontece que toda a vida está interligada com todas as outras vidas. Há uma componente que é a clorofila, um composto químico importante no processo de oxigenação das plantas, que tem uma espécie de padrão anguloso; é um anel muito bonito chamado anel de benzina. Bastante afastados das plantas estão os animais, como nós, e nos nossos sistemas de absorção do oxigênio, no sangue, na hemoglobina, há os mesmos anéis interessantes e tão

especiais. Estes têm ferro no interior, em vez de magnésio, e por isso são vermelhos, em vez de verdes, mas são os mesmos anéis.

As proteínas das bactérias e dos seres humanos são as mesmas. De fato, descobriu-se recentemente que é possível ordenar a máquina de produção de proteínas das bactérias a partir de glóbulos vermelhos que produza proteínas de glóbulos vermelhos. Como a vida está próxima da vida. A universalidade da química profunda dos seres vivos é, na verdade, uma coisa fantástica e maravilhosa.

E nós, humanos, temos sido ao longo dos tempos demasiado presunçosos para reconhecermos a nossa afinidade com os próprios animais.

Ou os átomos. Belo — quilômetros e quilômetros de bolas atrás de bolas com um padrão repetitivo nos cristais. Coisas que parecem paradas e sossegadas, como um copo de água tapado há vários dias, estão permanentemente ativas; os átomos deixam a sua superfície, ressaltam pelo ar e regressam. O que à vista desarmada nos parece parado é, de fato, uma dança dinâmica e louca.

E, uma vez mais, descobriu-se que todo o mundo é constituído pelos mesmos átomos, que as estrelas são feitas do mesmo material que nós. Levanta-se então a questão de saber donde veio este nosso material. Não apenas donde veio a vida ou donde veio a Terra, mas donde veio o material de que é constituída a vida e a Terra. Parece que terá sido vomitado pela explosão de uma estrela, tal como hoje estão a explodir algumas estrelas. Portanto, este pedaço de lama espera 4,5 mil milhões

de anos, evolui, transforma-se, e hoje encontra-se aqui de pé uma criatura estranha que fala para criaturas estranhas na audiência. Que mundo maravilhoso!

Ou a fisiologia dos seres humanos. Não interessa aquilo sobre que falo. Se observarem qualquer coisa com atenção, verão que não há nada mais excitante do que a verdade, a reles paga do cientista, descoberta pelos seus penosos esforços.

Em fisiologia podem pensar na bombagem do sangue, nos excitantes movimentos de uma rapariga a saltar à corda. O que se passa lá dentro? O sangue é bombeado, os nervos interligados — com que rapidez os nervos dos músculos comunicam com o cérebro para lhe dizerem “agora tocamos no chão, aumenta a tensão para não magoar os calcanhares”. E, à medida que a rapariga dança para cima e para baixo, há outro conjunto de músculos que é alimentado por outro conjunto de nervos que diz “um, dois, três, olaré, um, dois, três...”. E enquanto faz isso, provavelmente, sorri para o professor de fisiologia que a observa. Também isso é complicado!

E depois a eletricidade! As forças de atração, do positivo e do negativo, são tão fortes que em qualquer substância normal todas as cargas positivas e negativas estão cuidadosamente equilibradas, todas se atraem mutuamente. Durante muito tempo ninguém notou sequer o fenómeno da eletricidade, exceto de vez em quando ao esfregar um pedaço de âmbar e ao verificar que atraía pedaços de papel. E, no entanto, hoje descobrimos, brincando com estas coisas, que temos uma

enorme maquinaria dentro de nós. Mas a ciência ainda não é completamente apreciada.

Para dar um exemplo, li a *História Química de uma Vela* de Faraday, um conjunto de seis lições de Natal para crianças. O ponto de vista subjacente às lições de Faraday era o de que para qualquer coisa que olhemos, se olharmos para ela suficientemente perto, estamos envolvidos com o universo inteiro. E foi o que ele fez, olhando para os diversos aspectos de uma vela, em combustão, a química, etc. Mas a introdução do livro, ao descrever a vida e algumas das descobertas de Faraday, explica que ele havia descoberto que a quantidade de eletricidade necessária para realizar a eletrólise peróxica das substâncias químicas é proporcional ao número de átomos separados dividido pela valência. E explica, além disso, que os princípios por ele descobertos são hoje utilizados na cromagem e na pintura anódica do alumínio, bem como em dúzias de outras aplicações industriais. Dizer só isto é pouco. Eis o que disse Faraday da sua própria descoberta: “Os átomos de matéria estão de certo modo imbuídos ou associados a potências elétricas, às quais devem as suas qualidades mais espantosas, entre elas a sua mútua afinidade química.” Tinha descoberto que o que determina que os átomos se juntem, o que determina as combinações de ferro e oxigênio, é o fato de alguns deles serem eletricamente positivos e outros eletricamente negativos e de se atraírem uns aos outros em proporções definidas. Descobriu também que a eletricidade aparece em unidades, em átomos. Foram ambas descobertas importantes, mas o mais excitante foi tratar-se de um dos

momentos mais dramáticos na história da ciência, um desses raros momentos em que dois grandes campos se juntam e são unificados. De repente descobriu que duas coisas aparentemente diferentes eram diferentes aspectos da mesma coisa. Estudava-se a eletricidade e estudava-se a química. Eram dois aspectos da mesma coisa — as alterações químicas resultavam de forças elétricas. E ainda hoje são entendidas deste modo. Assim, dizer apenas que os princípios são usados na cromagem é indesculpável.

E os jornais, como sabem, têm um estilo-padrão para anunciarem toda a descoberta hoje feita em fisiologia: “O inventor disse que a descoberta pode ter aplicação na cura do câncer.” Mas não conseguem explicar o valor da descoberta em si mesma.

Tentar compreender a maneira como funciona a natureza envolve um terrível teste à capacidade do raciocínio humano. Envolve astúcias sutis, belos e intrincados novelos lógicos que é necessário seguir para não cometer erros na previsão do que irá acontecer. As ideias da mecânica quântica e da relatividade são exemplos disso mesmo.

O terceiro aspecto da minha conferência é o da ciência como método de descobrir coisas. Este método baseia-se no princípio de que a observação é o juiz que decide se uma determinada coisa é de uma maneira ou de outra. Todos os outros aspectos e características da ciência podem ser imediatamente apreendidos se se compreender que a observação é o juiz último e definitivo da verdade de uma ideia. Mas a “prova” usada neste sentido significa realmente um “teste”, do mesmo

modo que uma prova de vinho é um teste ao vinho, e para as pessoas de hoje a ideia deve de fato ser traduzida como “a exceção testa a regra”. Ou, expressa de outro modo, “a exceção prova que a regra está errada”. É este o princípio da ciência. Se há uma exceção a uma determinada regra que possa ser confirmada pela observação, essa regra está errada.

As exceções a qualquer regra são em si mesmas muito interessantes ao mostrarem-nos que a velha regra está errada. Toma-se então muito excitante descobrir qual é a regra certa, se é que ela existe. A exceção é estudada juntamente com outras condições que produzem efeitos semelhantes. O cientista tenta encontrar mais exceções e determinar as respectivas características, um processo continuamente excitante em todo o seu desenrolar. Não evita mostrar que as regras estão erradas: o progresso e a excitação estão exatamente na atitude oposta. Tenta mostrar a si próprio o erro o mais rapidamente possível.

O princípio de que a observação é o juiz impõe severas limitações ao tipo de questões que podem ser respondidas. Devem limitar-se a questões que possam ser colocadas do seguinte modo: “Se fizer isto, o que irá acontecer?” Há maneiras de o tentar e ver. Questões como “devo fazer isto?” e “qual é o valor disto?” não são do mesmo tipo.

Mas, se uma coisa não é científica, se não pode ser sujeita ao teste da observação, isso não significa que esteja morta, ou errada, ou que seja estúpida. Não estamos a tentar argumentar que a ciência seja de algum modo boa e as outras coisas más. Os cientistas pegam em todas as

coisas que podem ser analisadas através da observação e é assim que são descobertas as coisas a que se chama ciência. Mas há coisas que ficam de fora e para as quais este método não funciona. Isso não quer dizer que essas coisas não sejam importantes. São, de fato, em muitos sentidos, as mais importantes. Em qualquer decisão para a ação, quando temos de decidir sobre o que devemos fazer, há sempre um “devo” envolvido, e isso não pode ser concluído com um simples “se fizer isto, o que irá acontecer?”. Podem dizer: “Claro, vemos o que aconteceria e depois decidimos se queremos que isso aconteça ou não.” Mas é precisamente esse passo que o cientista não pode dar. Podemos imaginar o que vai acontecer, mas temos de decidir depois se gostamos do que vier a acontecer.

Em ciência há um certo número de consequências técnicas que resultam do princípio da observação enquanto juiz. Por exemplo, a observação não pode ser grosseira. É preciso ser muito cuidadoso. Pode ter havido um pedaço de poeira no aparelho que fez mudar a cor; não foi o que pensamos. Temos de conferir, e voltar a conferir, cuidadosamente as observações para termos a certeza de que compreendemos bem todas as condições e que não interpretamos mal o que fizemos.

É interessante que esta meticulosidade, que é uma virtude, seja muitas vezes mal compreendida. Quando alguém diz que uma coisa foi feita cientificamente, o que muitas vezes quer dizer é que foi feita meticulosamente. Já ouvi pessoas a falar do extermínio “científico” dos

Judeus na Alemanha. Não houve nada de científico nesse fato. Apenas foi meticuloso. Não se tratou de fazer observações e de, em seguida, as verificar para determinar algo. Nesse sentido também teria havido extermínios “científicos” de pessoas no tempo dos Romanos e noutros períodos em que a ciência não estava desenvolvida como hoje e não se prestava muita atenção à observação. Nesses casos deve falar-se de meticulosidade e não de ciência.

Há um certo número de técnicas especiais associadas ao jogo de fazer observações, e muita da chamada filosofia da ciência está relacionada com uma discussão dessas técnicas. A interpretação de um resultado é um exemplo. Tomando um exemplo trivial, há uma famosa anedota de um homem que se queixa a um amigo de um fenômeno misterioso. Os cavalos brancos da sua quinta comem mais do que os pretos. Anda preocupado e não consegue compreender a razão de tal fato até que o amigo lhe sugere que talvez tenha mais cavalos brancos do que pretos.

Parece ridículo, mas pensemos quantas vezes são feitos erros semelhantes nos mais diversos julgamentos. Diz-se: “A minha irmã constipou-se e em duas semanas seguidas...” É um daqueles casos, se pensarmos bem, em que há mais cavalos brancos. O raciocínio científico requer uma certa disciplina e devíamos tentar ensinar esta disciplina, pois mesmo ao nível mais corriqueiro estes erros são hoje desnecessários. Outra característica importante da ciência é a sua objetividade. É necessário olhar objetivamente para os resultados da observação porque o observador pode gostar mais de um resultado do

que de outro. Realiza-se várias vezes a experiência e, devido a irregularidades, como os pedaços de poeira que caem, o resultado varia de cada vez que é efetuada. Não temos tudo sob controle. Gostaríamos que o resultado fosse de uma determinada maneira, razão por que, sempre que resulta dessa maneira, dizemos: “Veem, resultou desta maneira.” Da próxima vez que realizamos a experiência ela resulta diferente. Provavelmente, da primeira vez havia um pedaço de poeira, mas ignoramo-lo.

Estas coisas parecem óbvias, mas as pessoas não lhes prestam a devida atenção ao decidirem questões científicas ou questões na periferia da ciência. Podia haver um pouco de bom senso, por exemplo, na maneira como são analisadas as subidas e descidas de stocks em virtude do que disse ou deixou de dizer o presidente.

Outro ponto técnico interessante é que, quanto mais específica é uma regra, mais interessante é. Quanto mais definida é a afirmação, mais interessante se torna testá-la. Se alguém propusesse que os planetas andam à volta do Sol porque toda a matéria planetária tem uma espécie de tendência para o movimento, uma espécie de motilidade, chamemos-lhe um oomph, esta teoria podia explicar também um bom número de outros fenômenos. Então é uma boa teoria, não é? Não. Nem de perto é tão boa como a afirmação de que os planetas andam à volta do Sol sob a influência de uma força central cuja intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância ao centro. A segunda teoria é melhor por ser tão específica, por ser tão pouco

provável que seja obra do acaso. É tão definida que o menor erro de movimento pode mostrar que está errada; se os planetas vagueassem pelo espaço, de acordo com a primeira teoria, podia dizer-se: “Bem, essa é a piada no comportamento do oomph.”

Portanto, quanto mais específica é a regra, mais poderosa é, mais sujeita está às exceções e mais interessante e valioso se torna verificá-la.

As palavras podem não significar nada. Se forem usadas de tal modo que delas não possamos tirar conclusões precisas, como no meu exemplo do oomph, então a afirmação que estabelecem não significa quase nada, uma vez que podemos explicar quase tudo com base na afirmação de que as coisas têm tendência para a motilidade. Sobre isto muito foi já feito pelos filósofos, que dizem que as palavras devem ser definidas de um modo muito preciso. Na verdade, discordo de certo modo desta afirmação; acho que uma precisão extrema nas definições nem sempre vale a pena e, por vezes, nem é possível — de fato, a maioria das vezes não é possível, mas não quero entrar aqui nessa discussão.

A maior parte do que os filósofos dizem sobre a ciência diz respeito aos aspectos técnicos envolvidos na verificação de que o método funciona bem. Se esses pontos técnicos são úteis num campo em que a observação não seja o juiz, não faço ideia. Não quero dizer que tudo tenha de ser feito da mesma maneira quando é usado um método de verificação diferente da observação. Num campo diferente talvez não

seja tão importante ter cuidado com o significado das palavras ou que as regras sejam tão específicas, etc. Não sei.

Em tudo isto deixei de fora algo de muito importante. Disse que a observação era o juiz da verdade de uma ideia. Mas donde vem a ideia? O desenvolvimento rápido e o progresso da ciência requerem que os seres humanos inventem algo para testar.

Na Idade Média pensava-se que as pessoas faziam simplesmente muitas observações e que as próprias observações sugeriam as leis. Mas não é assim que funciona. É preciso muito mais imaginação do que isso. A próxima coisa sobre que temos de falar é, pois, donde vêm as ideias novas. Na verdade, não faz muita diferença, desde que elas surjam. Temos uma maneira de decidir se uma ideia é correta ou não e que nada tem a ver com o modo como surgiu. Testamo-la simplesmente pela observação. Portanto, em ciência não nos interessa donde surgiu uma ideia.

Não há uma autoridade para decidir se uma ideia é boa. Perdemos a necessidade de pedir a uma autoridade que decida se uma ideia é ou não verdadeira. Podemos consultar uma autoridade e deixá-la sugerir algo; testamo-lo e descobrimos se é verdadeiro ou falso. Se for falso, tanto pior — assim, as “autoridades” perdem alguma da sua “autoridade”.

As relações entre os cientistas, como entre a maioria das pessoas, eram inicialmente muito argumentativas. Isto foi verdade nos primórdios da física, por exemplo. Mas na física atual são extremamente boas. Um

argumento científico provocará, provavelmente, uma grande dose de riso e de incerteza de ambos os lados, com ambos a imaginarem experiências e a apostarem no seu resultado. Em física há já tanta observação acumulada que é quase impossível pensar numa ideia verdadeiramente nova, diferente de todas as que já foram apresentadas e que, contudo, esteja de acordo com todas as observações que foram realizadas. Portanto, quando ouvimos algo de novo de alguém, num lugar qualquer, não vamos indagar por que faz essa pessoa essas afirmações.

Muitas ciências ainda não se desenvolveram tanto e a sua situação é hoje análoga à dos primeiros tempos da física, em que havia muita discussão, pois não existiam tantas observações. Sublinho este fato porque acho interessante que as relações humanas possam tornar-se menos argumentativas a partir do momento em que há uma maneira independente de julgar a verdade.

A maioria das pessoas acham surpreendente que em ciência não interesse o passado do autor de uma ideia nem as motivações que o levam a expô-la. Ouvimos, e, se nos soa a algo que vale a pena ser tentado, algo que pode ser tentado, que é diferente e não, obviamente, contrário ao que anteriormente observamos, torna-se excitante e compensador. Não temos de nos preocupar com o tempo que terá levado a estudá-la ou por que pretende ser ouvido. Neste sentido, pois, não interessa donde vêm as ideias. A sua origem real é desconhecida; chamamos-lhe — como se sabe — a imaginação do cérebro humano, a

imaginação criativa; é simplesmente um desses *eurekas*.

É surpreendente que as pessoas suponham que não há imaginação em ciência. É um tipo de imaginação muito interessante, diferente da do artista. A grande dificuldade reside em tentar imaginar algo que nunca se viu, que seja consistente em todos os pormenores com o que já se observou e ao mesmo tempo seja diferente do que até aí se pensava; mais, terá de ser uma afirmação bem definida, e não apenas uma proposição vaga. É, na verdade, difícil.

Incidentalmente, o mero fato de haver regras que devam verificar-se é uma espécie de milagre; é, sem dúvida, um milagre que seja possível encontrar uma regra como, digamos, a lei da gravitação universal. Não é completamente compreendida, mas dá-nos a possibilidade da previsão, isto é, diz-nos o que devemos esperar que aconteça numa determinada experiência que ainda não realizamos. É interessante, e absolutamente essencial, que as diversas regras da ciência sejam mutuamente consistentes. Uma vez que as observações são sempre as mesmas, não pode uma regra prever uma coisa e outra regra uma coisa diferente daquela. A ciência não é, portanto, um assunto para especialistas; é completamente universal. Falei dos átomos em fisiologia, em astronomia, em eletricidade, em química. São universais e têm de ser mutuamente consistentes. Não é possível avançar com algo de novo que não seja constituído por átomos.

É interessante que a nossa razão esteja sempre a tentar adivinhar novas regras e que, pelo menos em física, essas regras sejam cada vez

mais reduzidas. Dei o exemplo da maravilhosa redução das regras em química e em eletricidade a uma só, mas há muitos outros exemplos.

As regras que descrevem a natureza parecem ser matemáticas. Isto não resulta de a observação ser o juiz e não é uma necessidade característica da ciência ser matemática. Simplesmente acontece que, pelo menos em física, podem enunciar-se leis matemáticas que permitem fazer previsões poderosas. Por que é matemática a natureza é, uma vez mais, um mistério.

E agora chegamos a um ponto importante. As antigas leis podem estar erradas. Mas como é que uma observação pode estar incorreta? Se foi cuidadosamente verificada, como pode estar errada? A resposta é que, em primeiro lugar, as leis não são as observações e, em segundo, as experiências são sempre imprecisas. As leis são leis adivinhadas, extrapolações, e não algo que as observações insistam em mostrar. Não passam de bons palpites que até ao momento conseguiram atravessar o crivo. Acontece, porém, que mais tarde os crivos têm os buracos mais estreitos do que os usados anteriormente e a lei é apanhada. Portanto, as leis são adivinhadas; são extrapolações na direção do desconhecido. Não se sabe o que vai acontecer; por isso faz-se um palpite.

Por exemplo, pensava-se — foi descoberto — que o movimento não afeta o peso das coisas — se pesarmos um pião a rodar e depois de parado, pesará o mesmo. Isto é o resultado de uma observação. Mas não podemos pesar uma coisa com a aproximação de um número

infinitesimal de casas decimais, às bilionésimas, digamos. Hoje sabemos que um pião a rodar pesa mais algumas partes em 1 bilhão do que parado. Se o pião rodar tão depressa que a sua borda percorra 300 000 quilômetros num segundo, o aumento de peso torna-se apreciável — mas não abaixo desse valor. As primeiras experiências foram feitas com piões que rodavam a velocidades muito inferiores a 300 000 quilômetros por segundo. Parecia, pois, que a massa do pião em rotação e parado era a mesma, tendo alguém palpitado que a massa nunca variava.

Que loucura! Mas que louco! É apenas uma lei adivinhada, uma extrapolação. Por que fez algo tão pouco científico? Nada havia de pouco científico nesse palpite; era apenas incerto. Teria sido não científico não adivinhar. Tem de ser feito porque as extrapolações são a única coisa que tem algum valor real. Trata-se do princípio de que vale a pena conjecturar o que pensamos que acontecerá num caso em que não fizemos a observação. O conhecimento não tem valor real se apenas me dizem o que aconteceu ontem. Se queremos fazer alguma coisa — não apenas necessária, mas também divertida —, temos de dizer o que acontecerá amanhã. Temos de deitar a cabeça de fora, de nos expor.

Qualquer lei científica, qualquer princípio científico, qualquer descrição dos resultados de uma observação, são sempre uma espécie de resumo que deixa os pormenores de fora, pois nada pode ser afirmado com precisão absoluta. O homem simplesmente esqueceu-se — devia ter

enunciado a lei “a massa não muda muito desde que a velocidade não seja muito elevada.” O jogo consiste em enunciar uma regra específica e ver se ela consegue atravessar o crivo. Portanto, a conjectura específica era a de que a massa nunca se altera. Que possibilidade excitante! E nem importa que se tenha verificado não ser este o caso. Era simplesmente uma conjectura incerta e não há mal nenhum nisso. É preferível dizer algo, mesmo quando não se tem a certeza, a não dizer nada.

É necessariamente verdade que todas as coisas que afirmamos em ciência, todas as conclusões que tiramos, são incertas, pois são apenas conclusões. São conjecturas sobre o que irá passar-se e não podemos saber exatamente o que vai passar-se porque nunca fazemos todas as experiências. É curioso como o efeito sobre a massa de um pião a girar é tão pequeno que podemos dizer “bem, não faz diferença nenhuma”. Mas chegar a uma lei correta, ou pelo menos a uma que se mantenha após crivos sucessivos, requer uma tremenda inteligência e imaginação e um completo remendo na nossa filosofia, na nossa compreensão do espaço e do tempo. Refiro-me à teoria da relatividade. Acontece que os efeitos insignificantes daí resultantes requerem sempre as mais revolucionárias modificações de ideias. Os cientistas estão, pois, habituados a lidar com a dúvida e a incerteza. Todo o conhecimento científico é incerto. E esta experiência com a dúvida e a incerteza é importante. Creio mesmo que tem um valor tão alto que se estende para lá da ciência. Creio que para resolver qualquer problema que ainda não tenha sido resolvido é preciso deixar entreaberta a porta para o

desconhecido. É preciso manter aberta a possibilidade de não termos toda a razão. De outro modo, se já temos uma ideia predefinida, podemos não conseguir resolver nada.

Quando o cientista nos diz que não sabe a resposta, é um ignorante. Quando diz que tem um palpite sobre o modo como as coisas vão funcionar, está inseguro a esse respeito. Quando tem a certeza sobre o modo como as coisas irão passar-se e afirma “aposto que é assim que tudo vai passar-se”, ainda continua em dúvida. E para podermos progredir é de extrema importância que saibamos reconhecer essa ignorância e essa dúvida. É por termos dúvidas que nos propomos olhar em novas direções à procura de novas ideias. A velocidade de desenvolvimento da ciência não é apenas a velocidade a que realizamos as observações, mas, muito mais importante do que isso, a velocidade a que criamos novas coisas para testar. Se não fôssemos capazes ou não desejássemos olhar em novas direções, se não tivéssemos dúvidas e não soubéssemos reconhecer a nossa ignorância, nunca chegaríamos a ter ideias novas. Não haveria nada para verificar pois já conheceríamos a verdade. Aquilo a que hoje chamamos conhecimento científico é, pois, um corpo de afirmações com diversos graus de certeza. Algumas são muito incertas, outras são quase certas, mas nenhuma é absolutamente certa. Os cientistas estão habituados a isso. Sabemos que é consistente conseguir viver sem saber toda a verdade. Algumas pessoas perguntam: “Como é que conseguem viver sem saber?” Não percebo o que querem dizer com isso. Sempre vivi sem saber. É fácil. O que quero saber é como é possível saber.

Esta liberdade de duvidar é uma questão importante em ciência e, creio, também noutros campos. Nasceu de uma luta. Foi uma luta ser permitido duvidar, não ter certezas. Não queria que esquecêssemos a importância dessa luta e, como consequência, que a abandonássemos. Sinto uma grande responsabilidade enquanto cientista que sabe do grande valor de uma filosofia da ignorância e do progresso que essa filosofia tornou possível, progresso esse que é fruto da liberdade de pensamento. Sinto a responsabilidade de proclamar o valor dessa liberdade e de ensinar que não devemos temer a dúvida, mas antes devemos acolhê-la como a possibilidade de um novo potencial para os seres humanos. Se sabemos que não temos a certeza, temos a possibilidade de melhorar a situação. Quero exigir esta liberdade para as gerações futuras.

A dúvida é claramente um valor em ciência. Se o é também noutros campos, é uma questão em aberto e uma matéria incerta.

Espero poder discutir este tópico nas próximas conferências e demonstrar que é importante duvidar e que a dúvida não é uma coisa que devemos temer, mas antes algo de um valor inestimável.

autor: Richard P. Feynman

fonte: Filosofia e Educação

original: *O Significado de Tudo*, Gradiva, Lisboa, 2001, pp. 11-37.