

Capítulo IX AS HIPÓTESES EM FÍSICA

O PAPEL DA EXPERIÊNCIA E O DA GENERALIZAÇÃO — A experiência é a única fonte da verdade: só ela nos pode ensinar algo de novo; só ela nos pode dar uma certeza. Esses são os dois pontos que ninguém pode contestar.

Mas, então, se a experiência é o que importa, que lugar restará à Física matemática? Como a Física experimental poderá se servir de uma tal auxiliar que parece inútil e, talvez mesmo, perigosa?

E, contudo, a Física matemática existe e prestou serviços indiscutíveis; é um fato que é preciso explicar.

É que não basta observar, devemos fazer uso dessas observações e, para isso, é necessário que generalizemos. Foi o que sempre se fez; só que, como a lembrança dos erros passados tornou o homem cada vez mais circunspeto, observou-se cada vez mais e generalizou-se cada vez menos.

Cada século zombava do anterior, acusando-o de ter generalizado precipitadamente e com excessiva ingenuidade. Descartes se apiedava dos Ionianos; por sua vez, Descartes nos faz sorrir; sem dúvida nenhuma, nossos filhos rirão de nós.

Mas, nesse caso, não podemos ir, de uma vez, até o fim? Não há meio de escaparmos das zombarias que prevenimos? Não podemos nos contentar com a experiência nua?

Não, isso é impossível; seria desconhecer completamente o verdadeiro caráter da ciência. O sábio deve organizar; fazemos ciência com fatos assim como construímos uma casa com pedras, mas uma acumulação de fatos não é ciência assim como não é uma casa um monte de pedras.

E, principalmente, o sábio deve prever. Carlyle escreveu, em algum lugar, algo mais ou menos assim: "Só o fato importa; João Sem Terra passou por aqui; isso é que é admirável. É uma realidade pela qual trocaria todas as teorias do mundo". Carlyle era um compatriota de Bacon, mas

Bacon jamais teria dito isso. Essa é uma linguagem de historiador. O físico diria: "João Sem Terra passou por aqui; isso não tem a menor importância já que ele não tornará a passar novamente".

Todos nós sabemos que existem experiências bem-feitas e experiências malfeitas. Estas últimas se acumularão em vão, quer sejam cem, quer sejam mil. Um único trabalho de um verdadeiro mestre, de um Pasteur, por exemplo, as fará, todas, cair no esquecimento. Bacon o teria compreendido muito bem; foi ele que inventou a expressão *experimentum crucis*. Mas Carlyle não o compreenderia. Um fato é um fato; um estudante leu um determinado número num termômetro sem ter, antes, tomado qualquer precaução; não importa, ele o leu e, se só o fato conta, essa leitura é uma realidade, do mesmo modo que o eram as peregrinações do rei João Sem Terra. Por que a leitura feita por esse estudante não apresenta interesse, ao passo que seria, ao contrário, muito importante se um físico experimentado tivesse feito uma outra leitura? É porque não podemos concluir coisa alguma da primeira leitura. O que é, então, uma boa experiência? É a que nos desvendá algo além de um fato isolado; é a que nos permite prever, isto é, a que nos permite generalizar, pois, sem generalização, a previsão é impossível. As circunstâncias em que a experiência foi feita não se reproduzirão jamais, todas elas, ao mesmo tempo. O fato observado jamais se repetirá; a única coisa que podemos afirmar é que, em circunstâncias análogas, um fato análogo acontecerá. Portanto, para prever, é preciso, pelo menos, invocar a analogia; o que quer dizer que, já aqui, temos que generalizar.

Por mais tímidos que sejamos, somos obrigados a fazer interpolações. A experiência só nos dá um certo número de pontos isolados e é preciso reuni-los mediante uma linha contínua: essa é uma verdadeira generalização. Mas fazemos mais. A curva que traçaremos passará entre os pontos observados e perto desses pontos; ela não passará pelos próprios pontos. Assim, não nos limitamos a generalizar a experiência, nós a corrigimos, e o físico que quisesse se abster dessas correções e se contentar verdadeiramente com a experiência nua seria forçado a enunciar leis bem estranhas.

Os fatos nus não poderiam, portanto, nos bastar; é por isso que a ciência ordenada, ou melhor, organizada, nos é necessária.

Freqüentemente, se diz que as experiências devem ser realizadas sem idéias preconcebidas. Isso não é possível; não somente seria tornar estéril toda experiência, como também não o poderíamos fazer mesmo que o quiséssemos. Cada um carrega consigo sua concepção do mundo da qual não se pode desfazer assim tão facilmente. Somos obrigados a nos servir da linguagem, por exemplo, e nossa linguagem é toda modelada por

idéias preconcebidas e não poderia ser diferente. E são idéias preconcebidas das inconscientes mil vezes mais perigosas do que as outras.

Poderíamos dizer que, se introduzíssemos outras idéias da qual temos plena consciência, agravariamos o mal! Não o creio. Acreditado, ao contrário, que elas serviriam de contrapeso umas às outras, diria mesmo, de auxílio; geralmente, estariam em desacordo, em conflito umas com as outras e, por esse motivo, seríamos forçados a encarar as coisas sob diferentes aspectos. É o bastante para nos liberar; não é mais um escravo quem pode escolher o seu senhor.

Assim, graças à generalização, cada fato observado nos faz prever um grande número de outros; mas não devemos nos esquecer de que só o primeiro é seguro, de que todos os outros são prováveis. Por mais sólida que nos possa parecer uma previsão, não estamos, nunca, *absolutamente* seguros de que, se nos propusermos a verificá-la, a experiência não a venha desmentir. Mas, freqüentemente, a probabilidade de acerto é bastante grande para que possamos nos sentir satisfeitos. Mais vale prever sem certeza do que absolutamente não prever.

Portanto, não devemos, nunca, desprezar verificações quando se nos apresenta uma ocasião. Mas toda experiência é longa e difícil, e os que trabalham são poucos, ao passo que o número de fatos que temos necessidade de prever é imenso; diante dessa massa, o número de verificações diretas que poderemos fazer será sempre negligenciável.

Precisamos tirar o melhor partido desse pouco que podemos atingir diretamente. É preciso que cada experiência nos possibilite o maior número possível de previsões e com o mais alto grau de probabilidade que se possa alcançar. O problema é, por assim dizer, o aumento do rendimento da máquina científica.

Permitam-me comparar a ciência com uma biblioteca que deve crescer incessantemente. O bibliotecário não dispõe, para suas compras, de recursos suficientes; ele tem que se esforçar para não os desperdiçar.

É a Física experimental que está encarregada das compras; só ela pode enriquecer a biblioteca. Quanto à Física matemática, sua missão é a de compor o catálogo. Se o catálogo for bem-feito, a biblioteca não será mais rica, mas ele poderá ajudar o leitor a usar essa riqueza, como também, por mostrar ao bibliotecário as lacunas de suas coleções, lhe permitirá fazer um emprego mais judicioso do dinheiro de que dispõe, o que é de extrema importância porque esses recursos são, realmente, insuficientes.

Esse é o papel da Física matemática; ela deve guiar a generalização de modo a aumentar o que chamei, há pouco, rendimento da ciência. Quais

são os meios que emprega e como pode fazer seu papel sem perigo, é o que nos resta examinar.

A UNIDADE DA NATUREZA — Observemos, inicialmente, que toda generalização supõe, numa certa medida, a crença na unidade e na simplicidade da natureza. Quanto à unidade, não pode haver dificuldade. Se as diversas partes do universo não fossem como os órgãos de um mesmo corpo, elas não agiriam umas sobre as outras, se ignorariam mutuamente e nós, particularmente, só conheceríamos uma parte. Logo, não temos que nos perguntar se a natureza é uma, mas, sim, como ela é uma. Para o segundo ponto, a coisa já não é tão fácil. Não é seguro que a natureza seja simples. Podemos proceder, sem perigo, como se ela o fosse?

Houve um tempo em que a simplicidade da lei de Mariotte era invocada em favor de sua exatidão; em que o próprio Fresnel, depois de ter dito, numa conversa com Laplace, que a natureza não se preocupa com dificuldades analíticas, se sentia obrigado a dar explicações para não chochar demasiado a opinião corrente.

Hoje, as idéias mudaram. Contudo, os que acreditam que as leis da natureza não têm que ser simples são, frequentemente, ainda, obrigados a proceder como se acreditassem o contrário. Não poderiam escapar, inteiramente, a essa necessidade sem tornar impossível qualquer generalização e, conseqüentemente, a ciência.

É evidente que um fato qualquer pode ser generalizado de uma infinidade de maneiras e que se trata de escolher; a escolha só pode ser guiada por considerações de simplicidade. Tomemos o caso mais banal, o da interpolação. Fazemos passar um traço contínuo, tão regular quanto possível, entre os pontos dados pela observação. Por que evitamos os pontos angulosos, as inflexões demasiadamente bruscas? Por que não fazemos com que nossa curva descreva os mais caprichosos zigzagues? É porque sabemos, antecipadamente, ou porque acreditamos saber, que a lei a ser expressa não deve ser assim tão complicada.

Podemos deduzir a massa de Júpiter a partir dos movimentos de seus satélites ou pelas perturbações dos grandes ou dos pequenos planetas. Se tomamos a média das determinações obtidas por esses três métodos, encontramos três números muito próximos, porém diferentes. Poderíamos interpretar esse resultado pela suposição de que o coeficiente da gravitação não é o mesmo nos três casos; as observações seriam, certamente, muito mais bem-representadas. Por que rejeitamos essa interpretação? Não que seja absurda, mas ela é inutilmente complicada. Essa interpretação só será aceita no dia em que se impuser e ela ainda não se impõe.

Em resumo, cada lei é, quase sempre, considerada simples até prova em contrário.

Esse hábito é imposto aos físicos pelas razões que acabei de explicar; mas como o justificar diante das descobertas que nos mostram, cada dia, novos detalhes mais ricos e mais complexos? E, até mesmo, como o conciliar com o sentimento de unidade da natureza? Efetivamente, se tudo depende de tudo, as relações nas quais intervêm tantos objetos diferentes não podem mais ser simples.

Se estudamos a história da ciência, vemos acontecer dois fenômenos, por assim dizer, inversos: por vezes é a simplicidade que se esconde sob aparências complexas, por vezes, ao contrário, é a simplicidade que é aparente e que dissimula realidades extremamente complicadas. O que pode haver de mais complicado do que o distúrbio dos movimentos dos planetas, e o que pode haver de mais simples do que a lei de Newton? Como dizia Fresnel, nesse caso, a natureza, zombando das dificuldades analíticas, emprega, unicamente, meios simples e engendra, mediante sua combinação, um inextricável labirinto. É essa a simplicidade oculta que é preciso descobrir.

Exemplos contrários abundam. Na teoria cinética dos gases, encontramos moléculas animadas por enormes velocidades, cujas trajetórias, deformadas por choques contínuos, têm formas as mais caprichosas e cruzam o espaço em todas as direções. O resultado observável é a lei muito simples de Mariotte. Cada fato individual era complicado; a lei dos grandes números restabeleceu a simplicidade na média. Nesse caso, a simplicidade só é aparente; a falta de acuidade de nossos sentidos é que nos impede de perceber a complexidade.

Muitos fenômenos obedecem a uma lei de proporcionalidade; mas por quê? Porque nesses fenômenos há algo que é muito pequeno. A lei simples observada não passa, então, de uma tradução dessa regra analítica geral, segundo a qual o aumento infinitamente pequeno de uma função é proporcional ao aumento da variável. Como, na realidade, nossos aumentos não são infinitamente pequenos, mas, apenas, muito pequenos, a lei de proporcionalidade só é aproximativa e a simplicidade só é aparente. O que acabo de dizer se aplica à lei da superposição dos pequenos movimentos, de tão fecundo emprego, e que é a base da Óptica.

E a própria lei de Newton? Sua simplicidade, por tanto tempo oculta, talvez só seja aparente. Quem sabe se ela não é devida a algum mecanismo complicado, ao impacto de alguma matéria sutil animada por movimentos irregulares e se ela só se tornou simples devido ao jogo das médias e dos grandes números? Em todo caso, é difícil supor que a lei verdadeira não contenha termos complementares que se tornariam sensíveis a pequenas

distâncias. Se, em astronomia, eles são desprezíveis e se a lei, assim, recorre contra sua simplicidade, isso se deve, unicamente, à enormidade das distâncias celestes.

Indubitavelmente, se nossos meios de investigação se tornassem cada vez mais penetrantes, descobriríamos o simples sob o complexo, depois, o complexo sob o simples, em seguida, novamente, o simples sob o complexo e assim por diante, sem que pudéssemos prever qual seria o último termo.

Em algum momento, temos que parar e, para que a ciência seja possível, temos que parar quando encontramos a simplicidade. Esse é o único terreno sobre o qual poderemos construir o edifício de nossas generalizações. Mas, se essa simplicidade só é aparente, será esse terreno bastante sólido? É o que convém verificar.

Com esse fim, vejamos qual o papel da crença na simplicidade em nossas generalizações. Verificamos uma lei simples em um grande número de casos particulares; nós nos recusamos a admitir que essa descoberta, tão freqüentemente repetida, seja o resultado de um mero acaso e concluímos, então, que a lei deve ser verdadeira no caso geral.

Kepler nota que as posições de um planeta observadas por Tycho se encontram, todas, numa mesma elipse. Nem por um instante lhe ocorre o pensamento de que, por um singular acaso, Tycho não tenha jamais observado o céu a não ser no exato momento em que a verdadeira trajetória desse planeta vinha cortar essa elipse.

Então, o que importa que a simplicidade seja real ou que recubra uma verdade complexa? Quer seja devida à influência dos grandes números que nivela as diferenças individuais, quer se deva à grandeza ou à pequenez de certas quantidades que permitem negligenciar certos termos, em todos os casos, ela não é devida ao acaso. Essa simplicidade, real ou aparente, tem, sempre, uma causa. Poderemos, portanto, fazer sempre o mesmo raciocínio e, se uma lei simples foi observada em um grande número de casos particulares, poderemos legitimamente supor que ela será também verdadeira nos casos análogos. Se nos recusássemos a isso, estaríamos atribuindo ao acaso um papel inadmissível.

Contudo, há uma diferença. Se fosse real e profunda, a simplicidade resistiria à crescente precisão de nossos métodos de medida. Logo, se acreditamos que a natureza é profundamente simples, deveríamos concluir uma simplicidade rigorosa de uma simplicidade relativa. É o que se fazia antigamente; é o que não temos mais o direito de fazer.

A simplicidade das leis de Kepler, por exemplo, só é aparente, o que não impede que venham a se aplicar a quase todos os sistemas análogos ao sistema solar, mas impede que sejam rigorosamente exatas.

O PAPEL DA HIPÓTESE — Toda generalização é uma hipótese; a hipótese tem, então, um papel necessário que nunca ninguém contestou. Mas ela deve ser, o mais cedo possível e o mais freqüentemente possível, submetida à verificação. É evidente que, se ela não passa nessa prova, deve ser abandonada. É o que é feito em geral, mas, algumas vezes, a contrário.

Pois bem, essa contrariedade não se justifica. O físico que renuncia, assim, a uma de suas hipóteses deveria, ao contrário, ficar bem contente, pois acaba de topiar com uma ocasião inesperada de descoberta. Sua hipótese, creio, não fora adotada precipitadamente; ela levava em conta todos os fatores conhecidos que pareciam poder intervir no fenômeno. Se tal não se verificou, é porque existe algo de inesperado, de extraordinário; é porque se vai encontrar o desconhecido, o novo.

Terá, então, sido estéril uma hipótese assim derrubada? Longe disso. Podemos dizer que ela prestou mais serviços do que uma hipótese real. Não somente deu oportunidade para uma experiência definitiva, como, também, se tivéssemos feito a experiência por acaso, sem termos antes a hipótese, não teríamos chegado a nenhuma conclusão, não teríamos visto nada de extraordinário; teríamos, apenas, catalogado um fato a mais, sem dele tirar nenhuma conclusão.

Agora, em que condições o uso da hipótese não apresenta perigo?

O firme propósito de a submeter à experimentação não basta. Existem, ainda, assim, hipóteses perigosas; são, antes de mais nada e sobretudo, as que são inconscientes e tácitas. Já que as fazemos inconscientemente, não as podemos abandonar. Esse é, ainda, um serviço que nos pode prestar a Física matemática. Devido à precisão, que lhe é própria, ela nos obriga a formular todas as hipóteses que faríamos sem ela, mas inconscientemente.

Observemos, por outro lado, que não se devem multiplicar em excesso as hipóteses e que elas só devem ser feitas uma após a outra. Se construímos uma teoria baseada em hipóteses múltiplas e se a experiência a condena, será impossível saber qual entre nossas premissas é a que deve ser mudada. E, inversamente, se a experiência é bem-sucedida, poderemos estar certos de que verificamos todas essas hipóteses de uma só vez? Poderemos estar certos de que determinamos várias incógnitas com uma única equação?

Do mesmo modo, é preciso cuidar em distinguir entre as diferentes espécies de hipóteses. Inicialmente, há as que são absolutamente naturais e às quais não podemos fugir. É difícil não fazer a suposição de que a influência de corpos muito afastados é inteiramente negligenciável, de que os pequenos movimentos obedecem a uma lei linear, de que o efeito é uma

função contínua de sua causa. O mesmo direi das condições impostas pela simetria. Todas essas hipóteses formam, por assim dizer, o fundo comum de todas as teorias da Física matemática. São as últimas que devemos abandonar.

Há uma segunda categoria de hipóteses que qualificarei de indiferentes. Na maioria das questões, o analista supõe, no início de seu cálculo, ou que a matéria é contínua ou, inversamente, que é formada por átomos. Em qualquer um dos dois casos, seus resultados seriam os mesmos. Na hipótese atômica, o analista teria um pouco mais de dificuldade em obter esses resultados, mas isso é tudo. Se, então, a experiência confirma suas conclusões, ele acredita ter demonstrado, por exemplo, a existência de átomos?

Nas teorias óticas, são introduzidos dois vetores que são considerados, um como uma velocidade, o outro, como um turbilhão. Essa é, também, uma hipótese indiferente, já que teríamos chegado às mesmas conclusões se tivéssemos feito, precisamente, o contrário. O sucesso da experiência não pode, portanto, provar que o primeiro vetor, é realmente, uma velocidade; só pode provar uma única coisa: que é um vetor. Essa é a única hipótese que foi, de fato, introduzida nas premissas. Para lhe dar essa aparência concreta que a fraqueza do nosso espírito exige, foi preciso considerá-lo, seja como uma velocidade, seja como um turbilhão, assim como foi preciso representá-lo por uma letra, x ou y , mas o resultado, qualquer que seja, não provará que estávamos certos ou errados em considerá-lo como uma velocidade; assim como não provará que tivemos ou não razão em chamá-lo x e não y .

Essas hipóteses indiferentes não serão nunca perigosas, desde que compreendamos bem seu caráter. Podem nos ser úteis, seja como arifícios de cálculo, seja para apoiar nosso entendimento mediante imagens concretas, para clarear nossas idéias, como se diz. Portanto, não há porque banilhas.

As hipóteses da terceira categoria são as verdadeiras generalizações. São elas que a experiência deve confirmar ou falsear. Verificadas, ou condenadas, elas poderão ser fecundas. Mas, pelas razões expostas acima, só o serão se não as multiplicarmos.

ORIGEM DA FÍSICA MATEMÁTICA — Avançemos um pouco mais e estudemos um pouco mais de perto as condições que permitiram o desenvolvimento da Física matemática. Reconhecemos, logo, que os esforços dos sábios sempre foram no sentido de converter o fenómeno complexo dado diretamente pela experiência em um número muito grande de fenómenos elementares. E isso de três maneiras diferentes: primeira-

mente, no tempo. Em vez de abarcar o desenvolvimento progressivo de um fenómeno em seu conjunto, procura-se, simplesmente, ligar cada instante ao instante imediatamente anterior; admite-se que o estado actual do mundo só depende do passado mais próximo; admite-se que o estado actual do mundo só depende do passado mais próximo, sem ser diretamente influenciado, por assim dizer, pela lembrança de um passado longínquo. Graças a esse postulado, em vez de enunciar diretamente toda a successão dos fenómenos, podemos nos limitar a dar sua "equação diferencial"; substituímos as leis de Kepler pela de Newton.

Em seguida, tentamos decompor o fenómeno no espaço. O que a experiência nos dá é um conjunto confuso de fatos num palco bem grande; é preciso procurar discernir o fenómeno elementar que está, ao contrário, localizado em uma região muito pequena do espaço.

Alguns exemplos esclarecerão melhor o meu pensamento. Se quiséssemos estudar, em toda sua complexidade, a distribuição da temperatura num corpo que esfria, nunca o conseguiríamos. Tudo se torna simples se pensamos que um ponto do sólido não pode ceder calor, diretamente, a um ponto afastado, só aos pontos vizinhos e é, assim, successivamente, de ponto para ponto, que o fluxo de calor poderá atingir outras porções do sólido. O fenómeno elementar é a troca de calor entre dois pontos contíguos. É um fenómeno estritamente localizado e relativamente simples, se admitimos, como é natural, que não é influenciado pela temperatura das moléculas situadas a uma distância sensível.

Eu envergo uma vara; ela tomará uma forma muito complicada cujo estudo direto seria impossível; contudo, poderei entendê-lo se observo que a flexão é a resultante da deformação dos elementos muito pequenos da vara e que a deformação de cada um desses elementos só depende das forças que lhe são diretamente applicadas e, de forma alguma, das que podem agir sobre os outros elementos.

Em todos esses exemplos, que poderia facilmente multiplicar, admitimos que não existe ação à distância ou, pelo menos, à grande distância. É uma hipótese, que não é sempre verdadeira. A lei da gravitação nos prova o contrário. É preciso, portanto, submetê-la à verificação. Se se confirmar, mesmo aproximativamente, ela é preciosa, pois nos vai permitir fazer Física matemática, pelo menos, por aproximações successivas.

Se ela não resiste à prova, é preciso buscar algo análogo, pois existem, ainda, outros meios para se chegar ao fenómeno elementar. Se vários corpos agem simultaneamente, pode acontecer que suas ações sejam independentes e se juntem, simplesmente, umas às outras, seja como os vetores, seja como as quantidades escalares. O fenómeno elementar é, então, a ação de um corpo isolado. Ou bem, trata-se de pequenos movimentos, ou, mais comumente, de pequenas variações, que obedecem à bem-conhe-

cida lei da superposição. O movimento observado será, então, decomposto em movimentos simples; por exemplo, o som, em seus harmônicos; a luz branca, em suas componentes monocromáticas.

Quando se descobriu de que lado convém procurar o fenómeno elementar, quais são os meios que nos permitirão atingi-lo?

Em primeiro lugar, frequentemente acontecerá que, para descobri-lo, ou melhor, para descobrir o que nos é útil, não será preciso que penetremos seu mecanismo; a lei dos grandes números bastará. Retornemos o exemplo da propagação do calor. Cada molécula irradia calor para a molécula vizinha; não é necessário que saibamos que lei rege esse fenómeno. Se fizéssemos alguma suposição a esse respeito, seria uma hipótese indiferente e, em consequência, inútil e não-verificável. Realmente, pela acção das médias e graças à simetria do meio, todas as diferenças se nivelam e, qualquer que seja a hipótese feita, o resultado é sempre o mesmo.

A mesma característica está presente na teoria da elasticidade, na da capilaridade: as moléculas vizinhas se atraem e se repelem e não nos é necessário saber qual é a lei que seguem; basta-nos saber que essa atração só é sensível a pequenas distâncias, que as moléculas são muito numerosas, que o meio é simétrico, e só teremos que deixar agir a lei dos grandes números.

Aqui, também, a simplicidade do fenómeno elementar se ocultava sob a complexidade do fenómeno resultante observável; mas, por sua vez, essa simplicidade só era aparente e dissimulava um mecanismo muito complexo.

O meio mais adequado para se chegar ao fenómeno elementar seria, evidentemente, a experiência. Seria preciso dissociar, mediante artificios experimentais, o feixe complexo que a natureza oferece às nossas pesquisas e estudar, cuidadosamente, seus elementos, tão purificados quanto possível. Por exemplo, decomporíamos a luz branca natural em luzes monocromáticas com ajuda do prisma c, em luzes polarizadas, com a ajuda do polarizador.

Infelizmente, isso nem sempre é possível e, nem sempre é suficiente. Por vezes, é preciso que o espírito anteceda a experiência. Câtei, a propósito, um exemplo que sempre me impressionou.

Se decomponho a luz branca, poderei isolar uma pequena porção de espectro, mas, por menor que seja, essa porção conservará uma certa espessura. Assim, também, as luzes naturais, ditas *monocromáticas*, nos dão um raio muito fino, mas que, entretanto, não é infinitamente fino. Poderíamos supor que, estudando experimentalmente as propriedades dessas luzes naturais, operando com raios espectrais cada vez mais finos e, enfim, atingindo o limite, por assim dizer, chegaríamos a conhecer as propriedades de uma luz rigorosamente monocromática.

Essa idéa não seria exata. Admito que dois raios emanem de uma mesma fonte, que sejam polarizados, inicialmente, em dois planos retangulares, que sejam trazidos, novamente, de volta ao mesmo plano de polarização e que procuremos conseguir uma interferência desses raios. Se a luz fosse *rigorosamente* monocromática, haveria uma interferência, mas, com nossas luzes mais ou menos monocromáticas, não haverá interferência, por mais estreito que seja o raio. Para que acontecesse de maneira diversa, seria preciso que ele fosse vários milhões de vezes mais estreito do que os mais finos raios conhecidos.

Nesse caso, portanto, a passagem ao limite nos teria enganado. Teria sido preciso que a mente precedesse a experiência e, se ela o tivesse feito com sucesso, isso se deveria ao fato de se ter deixado guiar pelo instinto da simplicidade.

O conhecimento do fato elementar nos permite colocar o problema em forma de equação. Resta-nos deduzir dela, por combinação, o fato complexo observável e verificável. É o que é chamado *integração*, assunto para matemáticos.

Pode-se perguntar por que, nas ciências físicas a generalização toma, com tanta facilidade, a forma matemática. Agora, podemos ver, facilmente, a razão disso. Não é somente porque temos que expressar leis numéricas, mas também porque o fenómeno observável, é devido à superposição de um grande número de fenómenos elementares *que se assemelham entre si*; assim, as equações diferenciais são naturalmente introduzidas.

Não é suficiente que cada fenómeno elementar obedeça a leis simples; é preciso que todos aqueles que temos que combinar obedeçam à mesma lei. É somente então que a intervenção da Matemática pode ser útil. A Matemática nos ensina a combinar semelhantes. Seu objetivo é predizer o resultado de uma combinação, sem precisar refazer essa combinação peça por peça. Se tivermos que repetir uma mesma operação várias vezes a Matemática nos permitirá evitar essa repetição, dando-nos a conhecer, de antemão, o resultado, por uma espécie de indução. Já expliquei isso anteriormente, no capítulo sobre o raciocínio matemático.

Mas, para isso, é preciso que todas essas operações sejam semelhantes. No caso contrário, teríamos, evidentemente, que nos conformar em excutir todas elas, uma depois da outra, e a Matemática seria inútil.

É, portanto, graças à homogeneidade aproximada da matéria estudada pelos físicos que a Física matemática pôde nascer.

Nas ciências naturais, essas condições não são encontradas: homogeneidade, independência relativa das partes distantes, simplicidade do fato elementar, e é por isso que os naturalistas são obrigados a recorrer a outros modos de generalização.