

A anarquia e as leis da física¹

João Magueijo

Department of Physics, Imperial College London,
South Kensington Campus, London SW7 2AZ, Reino Unido

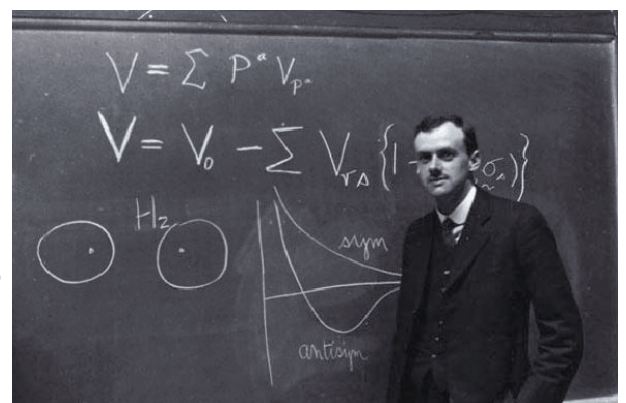
O que hoje vou aqui dizer talvez não faça muito sentido, portanto espero não ser levado demasiadamente a sério. O assunto que vou tratar é sem dúvida muito sério; o que dele tenho a dizer sê-lo-á algo menos. O que me proponho discutir é simplesmente: será a física tão cumpridora das suas leis como gostaríamos que fosse? Habitúamo-nos a pensar na física como um conjunto de leis que nos chegam pré-embaladas, caídas do céu, por assim dizer, e é-nos dito que, enquanto físicos, teremos que lhes obedecer, porque o mundo é assim.

Levantam-se de imediato numerosas dúvidas: poderiam estas leis, mesmo hipoteticamente, ser diferentes do que são? Terão elas de facto sido diferentes quando o universo era muito jovem? Será inclusivamente possível que no universo primordial não existissem quaisquer leis, e que as leis que hoje ensinamos aos nossos alunos sejam um estado emergente e auto-organizado de um sistema intrinsecamente desregrado? Uma possibilidade ainda mais constrangedora é que as leis da física mudem de forma insidiosamente subtil e que estejam a alterar-se neste preciso instante, só que muito pouco.

Faz sentido pôr em causa a estabilidade da física que nos é apresentada nos compêndios, porque às vezes as coisas são bem menos ordenadas do que se diz. Na verdade, a variabilidade das leis da física tem uma linhagem perfeitamente respeitável, a qual remonta à Cambridge da década de 1930.



Como se vê na figura, chove muitíssimo nas Fenlands, e portanto as pessoas não têm nada melhor para fazer do que pôr em causa a estabilidade da física. E foi isso mesmo que este senhor fez:



AIP Emilio Segrè Visual Archives

Paul Adrien Maurice Dirac, o destemido autor do artigo que abriu a Caixa de Pandora da variabilidade nas leis da física. Não resisto a observar que Dirac

1. Este artigo é a tradução e adaptação da Lição Inaugural proferida pelo autor ao assumir a Cátedra de Física Teórica no Imperial College da Universidade de Londres, Reino Unido, no dia 23 de Janeiro de 2008. O vídeo parcial da Lição encontra-se disponível em:

http://www3.imperial.ac.uk/physics/about/events/archive/previous_inaugurals/magueijo.

A tradução é de Paulo Ivo Teixeira, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa, com revisão pelo autor.

escreveu este artigo histórico durante a sua lua-de-mel. Não consta o que a sua recém-casada mulher terá pensado disto... mas trata-se de um artigo absolutamente crucial. A citação que se segue é extraída de um trabalho posterior, mas o conteúdo é o mesmo:

“Uma área científica onde tem havido especulação a meu ver excessiva é a cosmologia. Embora haja muitos poucos factos sólidos em que se basear, os físicos teóricos têm-se entretido a construir diversos modelos do universo, fazendo as suposições mais do seu agrado. Esses modelos estão provavelmente todos errados.”

Dirac era habitualmente bastante malcriado. Mas prossigamos.

“Supõe-se frequentemente que as leis da Natureza foram sempre aquilo que são agora. Não há nenhuma justificação para isto. As leis podem ter vindo a mudar, e em particular grandezas consideradas como constantes universais podem ter variado ao longo das eras cosmológicas. Variações desse tipo invalidariam por completo os modelos cosmológicos em voga.”

Esta questão é realmente muito profunda. Na verdade, não é uma, mas sim *duas* questões muito profundas, perfeitamente distintas. Em primeiro lugar, pergunta-se se as constantes da natureza variam no tempo; em segundo lugar, mais radicalmente, se as próprias leis da física variam no tempo. Pôr em causa a estabilidade das leis da física é muito mais revolucionário. Poderia suceder que uma constante universal que entra numa determinada lei variasse, dando, portanto, a impressão de que essa lei varia no tempo. Mas poderia acontecer que a variabilidade dessa constante universal fosse governada por uma super-lei, essa sim verdadeiramente invariante, não se podendo, portanto, realmente dizer que as leis da física variassem. Pelo contrário, quando afirmamos que as leis da física variam, estamos a negar a existência de uma tal super-lei. Logo, afirmar que as leis da física – e não apenas as constantes da natureza – variam é muitíssimo mais dramático, mais terrível, mais lunático... O que nos leva a perguntar: o que terá levado Dirac a abordar tal extremismo (e logo durante a sua lua-de-mel)?

Superficialmente, teve decerto que ver com a cosmologia, o estudo do nosso universo. Em particular um aspecto da cosmologia tão bem descrito por Lev Landau:

“Os cosmólogos erram com frequência, mas raramente duvidam.”

No contexto da cosmologia, é de facto uma extra-

polação gigantesca afirmar que as leis da física que observamos aqui e agora tenham sido sempre as mesmas durante toda a longa história do universo, desde a aurora dos tempos. Não há qualquer razão para se acreditar que assim seja, é uma extrapolação quase ridícula, que nos aconselha a, no mínimo, adoptar uma atitude céptica. Talvez as leis da física fossem diferentes no passado.

Mas o que levou Dirac a interrogar-se sobre este assunto foi mais do que um saudável cepticismo, foi uma outra questão fundamental: o problema da origem das constantes da natureza. Porque tomam elas os valores que tomam? Sabemos que π é igual a 3,1415... etc., etc. ... e neste caso também sabemos porquê: o valor de π é o que é por várias razões geométricas e matemáticas. O mesmo já não acontece com os valores de muitas outras constantes universais: as massas do electrão e do protão, a carga do electrão, e muitas outras que aparecem nas leis da física. Como por exemplo a constante de estrutura fina, medida pela primeira vez nos espectros atómicos:

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

Esta constante, em cuja definição entram a carga do electrão e , a constante de Planck \hbar e a velocidade da luz c , tem um valor aproximadamente igual a um cento e trinta e sete avos. Porquê este valor tão específico, e não outro? Na altura em que Dirac avançou a sua ideia anarquista de leis mutáveis, acreditava-se piamente que pudesse existir uma relação entre os valores das constantes matemáticas (como π e e , todas elas perfeitamente compreensíveis) e os valores das constantes físicas. Mais precisamente, pensava-se que as constantes físicas deveriam poder exprimir-se em função das constantes matemáticas. Através de manipulações numerológicas de factores de π , 2 etc., talvez se conseguisse chegar à constante de estrutura fina. Foi o que Heisenberg propôs, quando fez notar que

$$\alpha \approx \frac{\pi}{2^4 3^3} \approx \frac{1}{137}$$

Assim, sabendo nós porque tem π o valor que tem, esta expressão, que nos dá α em função de π , explica porque tem α o valor que tem. O que, à partida, parecia razoável.

Só que se fizeram medições mais precisas e verificou-se que α afinal não era exactamente igual a 1/137; foram aparecendo cada vez mais casas decimais. Propôs-se então que

$$\alpha \approx \frac{9}{8\pi^4} \left[\frac{\pi^5}{2^4 5!} \right]^{1/4}$$

o que já não parece assim tão boa ideia.

Num certo sentido, ao pôr em causa a imutabilidade das constantes e das leis da física, Dirac estava a opor-se à numerologia. Talvez, sugeriu ele, estas constantes não sejam afinal constantes, mas sim mais um exemplo dos campos

que entram em teorias físicas. Mas campos muito rígidos, cuja variação (no espaço ou no tempo) exige o dispêndio de enormes quantidades de energia, e que, por isso, nos dão a impressão de serem constantes, dado o ambiente que nos rodeia ser pouco emocionante: inserido num universo velho e frio, e longe de campos gravíticos intensos. Colocásemos nós, porém, esse campos em situações extremas, como a vizinhança de um buraco negro ou o universo primordial, e vê-los-íamos revelar a sua verdadeira identidade de variáveis dinâmicas.

Nesta nova perspectiva, o problema das “constantes” altera-se completamente: os valores observados são meramente circunstanciais, determinados pela história do universo e pela dinâmica dos respectivos campos. Nunca me ocorreria deduzir uma fórmula recheada de π 's e outras constantes matemáticas para explicar a iluminação duma sala: ela é o que é porque alguém acendeu a luz. De igual modo, talvez o valor de α seja determinado pela história do nosso universo e pela dinâmica e evolução de campos associados às constantes.

Vista deste ângulo, a questão muda completamente de figura e a melhor maneira que encontrei de o ilustrar é a seguinte história. Este insigne senhor – o físico Wolfgang Pauli, famoso entre outras coisas pelo neutrino e pela teoria do spin – estava de tal forma obcecado pelo número um centro e trinta e sete avos que, ao ser internado no hospital com a doença que o haveria de matar, insistiu em que o pusessem no quarto nº 137.



Mas, se a hipótese de Dirac fosse correcta, esse quarto não teria nada de especial: se Pauli estivesse a morrer daqui a mil milhões de anos, pediria antes para ficar no quarto nº 138. O número 137 não tem nada de particular, e o facto de aparecer em α é temporário. O valor correntemente observado da constante de estrutura fina, bem como os de todas as outras constantes da natureza, é fruto das circunstâncias, e fugaz.

Mas o que tem tudo isto a ver com a variabilidade das leis da física, a segunda e mais profunda questão levantada por Dirac? Para o compreender é preciso dar um passo em frente (“one step beyond”)



e chegar de facto à loucura (“madness”) total. E é aqui que entra a teoria da velocidade da luz variável – a portadora da necessária loucura. Impõe-se, porém, que façamos primeiro um pequeno desvio. é composta por diferentes ingredientes: a carga do electrão, a constan-

te de Planck e a velocidade da luz. Se varia, qual destas “constantes” é responsável pela variação?

É habitual falar-se num α variável, e não nos parâmetros que entram na sua fórmula, porque α é um número puro, sem unidades e, portanto, um objecto bem definido, no sentido em que não é afectado pelas tautologias inerentes à definição de unidades em física. Mas, quando nos interrogamos “qual destes componentes, e , h ou c , está a variar?”... bem, todos eles têm unidades, por exemplo c é uma velocidade, logo esbarramos inevitavelmente no problema de como definir “unidades rígidas” quando até as supostas constantes da natureza poderão estar a variar. Decorre igualmente que não será fácil decidir qual das três constantes – e , h ou c – é responsável pela variação de α no âmbito de uma dada teoria.

Isto fez confusão a muita gente. Houve até quem afirmasse que não faz sentido falar em c variável, mas apenas em α variável, uma vez que este não tem dimensões. Claro que tal argumento aplica-se igualmente a um e variável, só que ninguém parece ter dado por isso até eclodir o “escândalo” da velocidade da luz variável. Esta observação é de cariz sociológico, mas o problema é bem real, quer se fale de um e variável ou de um c variável. O problema das constantes com dimensões é que os seus valores dependem das definições das respectivas unidades. O valor de c é diferente consoante se use milhas ou quilómetros para medir distâncias. Podemos eliminar a variabilidade simplesmente redefinindo as unidades: por exemplo, medindo a distancia em anos-luz e o tempo em anos, c será sempre igual a 1: a 1 ano-luz por ano! Querirá isto dizer que nunca poderemos, então, falar da variabilidade de constantes com dimensões?

Vou contar uma rábula que talvez ilumine o assunto. No tempo de Galileu, acreditava-se que a aceleração da gravidade era constante. Por mais que nos afastássemos da Terra, a aceleração da gravidade seria a mesma que à sua superfície. Presumivelmente, tomaria idêntico valor na Lua, ou em qualquer outra parte do universo. O que Newton fez, para explicar as órbitas dos planetas, as leis de Kepler, etc., foi afirmar que a aceleração da gravidade devida a um corpo de massa M é inversamente proporcional ao quadrado da distância a que dele nos encontramos, e directamente proporcional à sua massa:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

Na perspectiva de Newton, o que é constante já não é g , mas sim a constante de proporcionalidade, G , que aparece na expressão da lei que nos dá g . Mudança de perspectiva esta que envolve unidades, e as suas tautologias, uma vez que g é uma aceleração.

E, tal como no caso da velocidade da luz, é possível tornar g novamente constante, simplesmente redefinindo as suas unidades. Mesmo no âmbito da fenomenologia newtoniana. Não acreditam? Suponhamos que meço o tempo com um relógio de pêndulo, daqueles antigos, como havia na casa dos meus avós. Mas meço o tempo assim não só na Terra, mas também na Lua, ou numa nave espacial, em qualquer parte do Universo. Se a nossa unidade de tempo for o período do pêndulo, então Galileu tinha razão: g é constante, *mesmo no quadro da fenomenologia de Newton*. Nestas unidades, a aceleração da gravidade na Lua, por exemplo, é a mesma que na Terra, que é a mesma numa nave espacial onde quer que ela esteja... resumindo, em qualquer parte, desde que eu meça o tempo com um relógio de pêndulo.

O que transforma a teoria newtoniana numa teoria de g variável é apenas o facto de medirmos o tempo com relógios electromagnéticos (do simples relógio de corda ao mais sofisticado relógio atómico). Mas seria idiotice utilizar quaisquer outras unidades na descrição da fenomenologia newtoniana: um g variável (e um tempo medido electricamente) torna **enunciado** das leis da física muito mais simples.

Este exemplo mostra que em física se podem fazer – e se fazem – afirmações acerca da variabilidade (espacial ou temporal) de grandezas dimensionais, ou seja, com unidades. Fazê-lo equivale a definir um sistema de unidades e, embora tautológica, como todas as definições, a definição de um sistema de unidades nunca é gratuita: normalmente é a que permite exprimir a fenomenologia da forma mais simples. E o exemplo que acabo de dar é mais do que uma analogia histórica: Se α variar, é como se todos os nossos sofisticados relógios atómicos, que nos dão as modernas unidades temporais, fossem um pouco como os relógios de pêndulo. Portanto, ao interrogarmo-nos sobre “O que é que varia em α ?” estamos na realidade a interrogar-nos sobre toda a fenomenologia, a qual seria diferente consoante fosse e , a constante de Planck ou a velocidade da luz a variar.

Podemos agora voltar ao ponto de partida: a variabilidade das leis e sua possível relação com a variabilidade de c . Uma consequência bem conhecida de atribuir a c as culpas da variação de α é que deixa de haver invariância de Lorentz. Mas um c variável pode também introduzir variabilidade nas leis da física. A velocidade da luz é parte tão íntima das leis da física que, ao deixá-la variar da forma mais brutal possível em todas as leis, excluimos qualquer possibilidade de existência de uma superlei invariante. Logo, uma consequência possível de se atribuir as culpas de um α variável a um c variável é que as leis da física sejam intrinsecamente dependentes do tempo.

Esta afirmação é dramática. Fisicamente e, infelizmente, não só.

Para começar, quem a faz inevitavelmente atrai as atenções da imprensa, nem sempre ao nível desejado. Veja-se, por exemplo, esta manchete, de que muito me orgulho, embora não compreenda bem o que quer dizer: “*People who work on varying speed of light are the Punk Rockers of physics.*” Fascinante, não? Os Sex Pistols da física. A imprensa portuguesa foi um pouco mais morigerada: admitir a possibilidade de a velocidade da luz variar conquista-nos, ao que parece, um lugar na “outra selecção”.



Tal e Qual

Tudo isto se passou logo a seguir ao Euro 2004, altura em que as fotos da selecção nacional estavam por toda a parte. Esta era a “selecção alternativa”. Um cosmólogo, como se vê, é retratado de telescópio na mão, envergando uma linda camisa com estrelas e outros astros. E na companhia de celebridades, como o senhor na ponta esquerda da fila da frente, que não era, então, ainda tão famoso como viria a tornar-se, mas as coisas são mesmo assim...

Nada disto, insultuoso ou lisonjeiro, faz, na verdade, grande sentido. Para encontrarmos a perspectiva sociológica correcta, deixem-me referir um facto pouco conhecido: que a primeira teoria da velocidade da luz variável foi proposta pelo próprio Einstein, em 1911. Fê-lo por razões que não são as que actualmente motivam quem investiga a variabilidade de c . Não quero subverter a história: as razões que o impeliram foram muito diferentes. Mas parece-me que há uma importante lição a tirar aqui: que o ilustre senhor que está por trás da invariância de c – hoje aceite como dogma – não era, ele próprio, nada dogmático a esse respeito. Se tivesse encontrado uma boa razão para abandonar o princípio que propusera, estaria disposto a fazê-lo.

É claro que em 1911, Einstein residia em Praga, e pessoas maldosas houve que sugeriram origens bem diferentes para uma ideia tão radical. Mas isso será outra história.



Hebrew University of Jerusalem

De qualquer modo, a ideia que quero transmitir é que existe uma motivação física para a variabilidade das leis – a qual tem consequências físicas dramáticas. Não se trata de uma questão metafísica – pelo contrário, é uma questão muito física, pela seguinte razão: existe uma ligação muito interessante entre as simetrias das leis da natureza e as grandezas conservadas, que aparecem em teoremas de conservação como seja para o momento linear, energia, momento angular, etc. E foi esta senhora, Emmy Noether, que o demonstrou, com grande generalidade.



Segundo o chamado “Teorema de Noether” a toda e qualquer simetria está associada a conservação de uma grandeza física. É um teorema espantoso, que nos permite explicar de forma elegante a emergência de leis de conservação em sistemas diversos. Mas uma implicação do teorema de Noether é que podemos, portanto, perguntar que princípio de conservação estaremos a deitar borda fora quando deixarmos as leis da

física variar e, portanto, destruímos a simetria temporal da física. Ora sucede que a invariância da física relativamente a translações no tempo está relacionada com a conservação da energia. Logo, ao fazer afirmações estultícias do género “O universo não só está em mudança, mas também o estão as próprias leis que o regem”, está-se a afirmar algo muito violento: está-se a dizer que o princípio de conservação da energia tem de ser violado. O que nada tem de metafísico. Na verdade, penso que todos concordam que não existe nada de fisicamente mais concreto do que energia aparecer ou desaparecer.

Regressando ao dilema de Dirac – à importante diferença entre meras constantes que variam e leis variáveis – descobrimos agora que, se escolhermos a segunda possibilidade, estaremos a fazer uma previsão muito concreta: que a conservação de energia deveria ser violada. Habitualmente, quando a energia parece não se conservar, sucede apenas que nos esquecemos de contabilizar alguma das suas parcelas. Por exemplo, se a energia mecânica não se conserva, é porque parte dela se transformou em calor, ou em qualquer outra forma de energia que perfaz a diferença. Se contabilizarmos todas as parcelas, normalmente acabamos por verificar que a energia, afinal, se conserva. Sempre foi assim... Mas se as leis da física forem variáveis, tudo muda, dada a estreita relação entre simetrias e leis da física imposta pelo teorema de Noether. A energia deixa, de facto, de ser conservada.

Esta é a face oculta de um universo verdadeiramente em evolução, um universo em que não só o conteúdo material muda (o que é um facto), mas onde as próprias leis que o



Garzia Banini-Feyerabend

governam estão em mudança. Será isto anarquista? Bem, só em alguns sentidos, mas certamente que não no sentido proposto por Feyerabend – que, como se sabe, é o mestre da anarquia filosófica em ciência, que eu muito aprecio, mas



Blackstone-Shelburne, New York, courtesy AIP Emilio Segre Visual Archives, Wheeler Collection

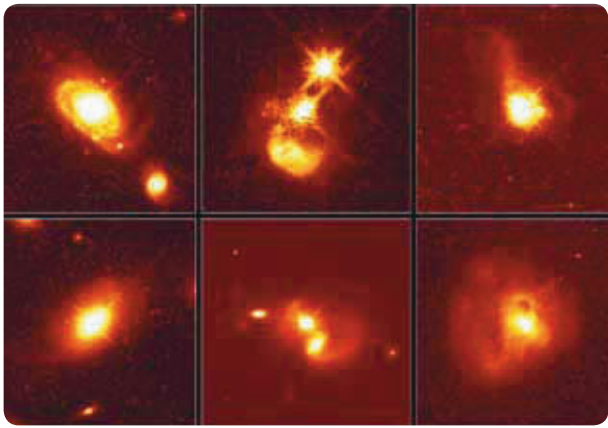
que não é para aqui chamada. Além de que eu podia bem ter proposto algo ainda mais anarquista. Será talvez surpreendente que tudo possa ainda ser bem mais radical. Um exemplo extravagante: algum tempo atrás, John Wheeler avançou a estranhíssima hipótese de que, no princípio do universo, poderá

nem ter havido leis, mutáveis ou não, mas apenas um sistema ocasionalmente auto-organizado, cuja evolução o conduziu, pelos menos em algumas regiões, a um estado aparentemente ordeiro ao nível macroscópico. Por trás das aparências, porém, não existiriam quaisquer leis.

É o que se passa, por exemplo, em teoria quântica de laçadas: os estados microfísicos não têm invariância de Lorentz, são irregulares, não locais e não causais. Só na fase fria que corresponde ao nosso universo contemporâneo é que nos é permitido fazer médias macroscópicas, as quais aparentam o comportamento organizado, regular, causal que nos é familiar.

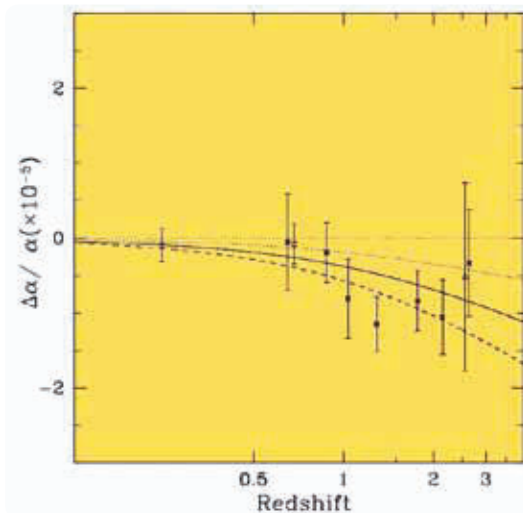
A meu ver, o único problema desta visão mais anarquista é que torna extremamente difícil prever o que quer que seja, pelo menos no estado corrente destas teorias. O tipo de variabilidade que introduzi com a teoria da velocidade da luz variável, pelo contrário, é directamente “física experimental” e permite fazer previsões acerca da conservação de energia, as quais podem ser testadas no laboratório.

E, já que falo em previsões, permitam-me que refira que existem *alguns* indícios de que α varia. Há uns anos, um grupo de astrónomos efectuou observações sobre quasares. Os quasares são objectos astronómicos muitíssimo distantes: situam-se a vários milhares de milhões de anos-luz de nós, razão pela qual os vemos como eram no passado, há milhares de milhões de anos.



J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (Uni. Wales) e NASA

A partir dos espectros da luz dos quasares é possível determinar o valor da constante de estrutura fina no passado. Recorde-se que se chama “constante de estrutura fina” porque foi descoberta ao estudar-se a “estrutura fina” dos espectros atômicos. O gráfico que a seguir apresento mostra o valor de α em função do tempo.



H. B. Sandvik, J. D. Barrow and J. Magueijo, Phys. Rev. Lett. 88, 031302 (2002)

Como se pode ver, existem alguns indícios, não de muito boa qualidade, mas alguns indícios, de que, ao recuarmos no tempo, α poderá estar a variar.

Quanto às minhas outras previsões, acerca de um c variável e da variabilidade das próprias leis da física, a conversa é outra – não existem quaisquer indícios experimentais. A variabilidade de α pode ter vindo para ficar. Se decorre daqui que c é variável, ou que as leis da física são intrinsecamente variáveis, é outra história. Mas é uma questão em aberto.

Espero ter demonstrado a possibilidade da mutabilidade das leis da física e a sua ligação com um c variável. Trata-se de uma possibilidade do foro da física, não da metafísica, com implicações, por exemplo, para o teorema da conservação da energia. Poucos se têm apercebido disto, o que reflecte o facto de os físicos, numa altura em que teorias de cordas e pior são a moda, às vezes não distinguirem claramente questões físicas e metafísicas. Mas não

há aqui nada de novo. Parece-me muito curioso que a primeira pessoa que examinou a possibilidade de a velocidade da luz variar tenha sido Lord Kelvin, em 1874, no quadro de uma investigação experimental (e não de uma teoria). Em 1874, a variabilidade de c era uma questão experimental e não escandalizava ninguém. Depois veio o ano-milagre de 1905, em que Einstein propôs a sua teoria da relatividade. E repare-se agora nesta extraordinária afirmação que Eddington fez, na década de 1930:

“Um valor de c variável é auto-contraditório.”

Isto é um disparate completo. É mesmo uma das coisas mais estúpidas que já ouvi em toda a minha vida. Quem não souber nada de física, ao ler isto, ficará com a impressão de que, até 1905, a física era auto-contraditória. Não me parece que o fosse, a constância de c **não** é puramente uma questão de lógica, mas **sim** de experiência. A relatividade nasceu da confluência de um enorme conjunto de observações, famosamente as experiências de Michelson-Morley, mas mais geralmente todas as experiências e observações que conduziram à teoria electromagnética de Maxwell. A relatividade obviamente usa lógica, mas nasceu, acima de tudo, de dados experimentais.

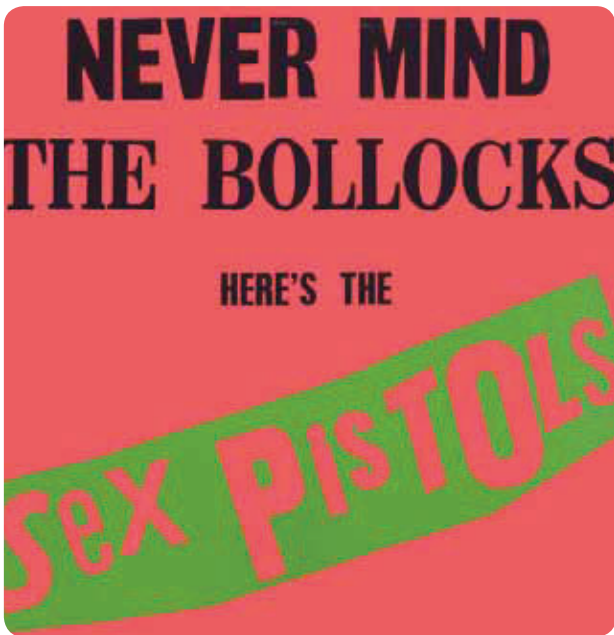
De certa forma, é natural ficar com a impressão errada. Actualmente, a velocidade da luz é constante por definição, devido à maneira como definimos as unidades de espaço e tempo, logo podemos ficar com a impressão de que é uma necessidade lógica. Mas, como tentei mostrar com o exemplo do pêndulo e a aceleração da gravidade, tais definições não aparecem num vácuo. Nunca teríamos definido as unidades actuais se não existisse um grande conjunto de dados experimentais (sejam eles as leis de Kepler ou o electromagnetismo de Maxwell) cuja interpretação fica mais simples com as definições que escolhemos. Se surgissem novos dados que tornassem necessário redefinir as unidades, seríamos obrigados, por força da experiência, a considerar um c variável. Tal como fomos obrigados a considerar uma aceleração da gravidade variável no passado.

Sucedem, porém, que a invariância de c faz parte tão íntima da nossa maneira actual de fazer física, e não só da forma de definir unidades, mas também do modo como utilizamos o formalismo e escrevemos equações, que um c variável se nos afigura como uma impossibilidade lógica. Isso deve-se exclusivamente ao facto de termos perdido de vista os dados experimentais que conduziram ao presente formalismo, que outrora não existia, e que virá, talvez, a revelar-se supérfluo no contexto de novos dados experimentais. Mas, nos dias de hoje, tal é a obsessão com formalismo e matemática que a física se perde de vista. Neste contexto parece-me muito apropriado citar Einstein:

“Desde que os matemáticos invadiram a relatividade, eu próprio deixei de a entender.”

O formalismo e as definições mataram as motivações físicas que lhes deram origem. Considerem-se, por exemplo, as

nossas definições das unidades de espaço e de tempo. A unidade de tempo é definida a partir de uma transição atómica; a unidade de espaço é definida como a distância percorrida pela luz durante essa unidade de tempo. Logo, a velocidade da luz é constante por *definição*. É como se disséssemos que a velocidade da luz é um ano-luz por ano! É uma tautologia: por definição, c não pode variar. Mas nunca utilizaríamos semelhante definição, nem o formalismo que lhe está por trás, se a fenomenologia que deu origem à teoria da relatividade não estivesse correcta. Por isso, na sua exasperação com os matemáticos, o que Einstein estava realmente a dizer poderia ser traduzido para a linguagem dos Sex Pistols como “*Never mind the bollocks*”:



Porque a relatividade tem que ver com observações, e não com conversa fiada. Então, se a invariância da velocidade da luz é um possível facto experimental, a sua variabilidade é-o igualmente. Tal como o será a variabilidade das leis da física. E esta é uma afirmação geral sobre tudo aquilo que nasce de dados experimentais. Termino com uma citação de Hertz:

“O que vem da experiência pode sempre ser rectificado pela experiência.”



João Magueijo

nasceu em Évora em 1967. Doutorou-se na Universidade de Cambridge em 1993, após o que se tornou *Research Fellow* do St. John's College. Em 1996 mudou-se para o Imperial College London, onde começou por ser Royal Society Research Fellow e é actualmente docente. Foi elevado a Professor Catedrático em 2006. Os seus interesses científicos têm oscilado entre os aspectos observacionais e lunáticos da cosmologia.