

Uma nova teoria física da vida

Física

Enviado por:

Postado em:29/01/2014

Por Natalie Wolchover Por que existe vida? As hipóteses correntes dão crédito a um caldo primordial, a relâmpagos e a um tremendo golpe de sorte. No entanto, se uma nova e provocativa teoria estiver correta, sorte pode ter pouco a ver com o caso. Em vez disso, de acordo com o físico que está propondo a ideia, a origem e evolução da vida derivam de leis fundamentais da natureza e “deveriam ser tão triviais como pedras rolando ladeira abaixo”. Do ponto de vista da física, há uma diferença fundamental entre coisas vivas e amontoados inanimados de átomos de carbono: os primeiros tendem a ser muito melhores na captura de energia do seu ambiente e em dissipá-la como calor. Jeremy England, um professor assistente de 31 anos de idade do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, chegou a uma fórmula matemática que explicaria essa capacidade. A fórmula, fundamentada na física convencional, indica que quando um grupo de átomos é impulsionado por uma fonte externa de energia (como o Sol ou um combustível químico), estando imerso em um banho de calor (como o oceano ou a atmosfera), ele muitas vezes reestruturará gradualmente a si mesmo de modo a dissipar cada vez mais energia. Isso poderia significar que, sob determinadas circunstâncias, a matéria inevitavelmente adquire os atributos físicos característicos associados com a vida. “Você começa com um amontoado aleatório de átomos e, se o iluminar durante o tempo necessário, não deveria ser tão surpreendente que você obtenha uma planta”, disse England. A teoria de England visa ressaltar, e não substituir, a teoria da evolução por seleção natural de Darwin, que oferece uma descrição convincente da vida no nível dos genes e das populações. “Eu certamente não estou dizendo que as ideias darwinianas estejam erradas”, explicou ele. “Ao contrário, estou apenas dizendo que, de uma perspectiva da física, você pode tratar a evolução darwiniana como um caso especial de um fenômeno mais geral”. “Um passo muito corajoso e importante” A ideia dele, detalhada em um artigo recente e desenvolvida em uma palestra que ele está ministrando em universidades ao redor do mundo, desencadeou controvérsias entre os seus colegas, que a veem ou como frágil ou como uma ruptura em potencial, ou como as duas coisas. England deu “um passo muito corajoso e importante”, disse Alexander Grosberg, professor de física na Universidade de Nova York, que tem acompanhado o trabalho de England desde os estágios iniciais. A “grande esperança” é que ele tenha identificado o princípio físico subjacente conduzindo a origem e evolução da vida, disse Grosberg. “Jeremy talvez seja o cientista jovem mais brilhante que eu já encontrei”, disse Attila Szabo, biofísico do Laboratório de Físico-Química, dos Institutos Nacionais de Saúde, que trocou correspondências com England sobre a teoria, após conhecê-lo em uma conferência. “Fiquei impressionado com a originalidade das ideias”. Outros, como Eugene Shakhnovich, professor de química, biologia química e biofísica na Universidade de Harvard, não estão convencidos. “As ideias de Jeremy são interessantes e potencialmente promissoras, mas neste momento são extremamente especulativas, especialmente quando aplicadas a fenômenos vitais”, disse Shakhnovich. Os resultados teóricos de England são em geral considerados válidos. É a interpretação dele – que a sua fórmula representa a força condutora por trás de uma classe de fenômenos na natureza que inclui a vida – que permanece sem sustentação. Já existem, porém, ideias sobre como testar essa interpretação no laboratório. “Ele está tentando algo radicalmente

diferente”, disse Mara Prentiss, professora de física em Harvard, que está projetando tal experimento após ter conhecido o trabalho de England. “Como uma lente organizadora, penso que ele teve uma ideia fabulosa. Certa ou errada, ela é digna de investigação”. O que diz a termodinâmica No âmago da ideia de England está a segunda lei da termodinâmica, também conhecida como lei da entropia crescente ou “flecha do tempo”. Coisas quentes esfriam, gases se difundem pelo ar, ovos mexidos nunca se separam espontaneamente; em suma, a energia tende a se dispersar ou a se espalhar à medida que o tempo avança. A entropia é uma medida dessa tendência, quantificando quão dispersa a energia está entre as partículas de um sistema e quão difusas no espaço estão essas partículas. Ela aumenta como uma simples questão de probabilidade: há mais modos de a energia estar espalhada do que concentrada. Assim, à medida que as partículas de um sistema se movimentam e interagem, elas tenderão, por puro acaso, a adotar configurações nas quais a energia é espalhada. Ocasionalmente, o sistema chega a um estado de entropia máxima, chamado “equilíbrio termodinâmico”, no qual a energia está distribuída de modo uniforme. Uma xícara de café e o cômodo onde ela está, por exemplo, alcançam a mesma temperatura. Desde que a xícara e o cômodo sejam deixados por conta própria, esse processo é irreversível. O café nunca aquecerá novamente por si mesmo, pois são esmagadoramente reduzidas as chances de que a maior parte da energia do cômodo se concentre aleatoriamente em seus átomos. Embora a entropia deva aumentar com o tempo em um sistema isolado ou “fechado”, um sistema “aberto” pode manter a sua entropia baixa – i.e., dividir a energia entre seus átomos de modo desigual –, aumentando fortemente a entropia do seu entorno. Em sua influente obra de 1944, *O que é vida?*, o eminente físico quântico Erwin Schrödinger argumentou que isso é o que as coisas vivas devem fazer. Uma planta, por exemplo, absorve a luz solar extremamente energética, usa-a para construir açúcares e devolve luz infravermelha, uma forma de energia muito menos concentrada. A entropia total do Universo aumenta durante a fotossíntese à medida que a luz do Sol se dissipa, muito embora a planta evite sua própria deterioração, mantendo uma estrutura interna organizada. A vida não viola a segunda lei da termodinâmica, embora até pouco tempo atrás os físicos fossem incapazes de usar a termodinâmica para explicar por que, em primeiro lugar, a vida deveria surgir. Na época de Schrödinger, eles só podiam resolver as equações da termodinâmica no caso de sistemas fechados em equilíbrio. Nos anos 60, o físico belga Ilya Prigogine fez progressos ao prever o comportamento de sistemas abertos fracamente impulsionados por fontes externas de energia (o que lhe valeu o Prêmio Nobel de química de 1977). Todavia, o comportamento de sistemas que estão longe do equilíbrio, que estão conectados ao mundo exterior e são fortemente impulsionados por fontes externas de energia, não podia ser previsto. Essa situação mudou no final dos anos 90, devido principalmente ao trabalho de Chris Jarzynski, agora na Universidade de Maryland, e de Gavin Crooks, agora no Laboratório Nacional Lawrence Berkeley. Jarzynski e Crooks mostraram que a entropia produzida por um processo termodinâmico, como no caso do esfriamento de uma xícara de café, corresponde a uma relação simples: a probabilidade de que os átomos passem por esse processo dividida pela probabilidade de que passem pelo processo contrário (i.e., espontaneamente interajam de tal modo que o café esquente). À medida que aumenta a produção de entropia, eis o que se passa com essa relação: o comportamento do sistema torna-se cada vez mais “irreversível”. A fórmula, simples ainda que rigorosa, poderia em princípio ser aplicada a qualquer processo termodinâmico, a despeito de quão rápido ou longe esteja do equilíbrio. “Nossa compreensão da mecânica estatística do não-equilíbrio melhorou bastante”, disse Grosberg. England, que é treinado tanto em bioquímica como em física, começou seu próprio laboratório no MIT há dois anos e decidiu aplicar os novos conhecimentos da física estatística na biologia. Absorver e dissipar energia Usando a formulação de Jarzynski e Crooks, ele chegou a uma generalização da segunda lei da termodinâmica que vale para sistemas de partículas com determinadas características: os sistemas são fortemente impulsionados por uma fonte externa de energia, como uma onda eletromagnética, e podem perder calor para o banho circundante. Essa

classe de sistemas inclui todas as coisas vivas. England então determinou como tais sistemas tendem a evoluir com o tempo à medida que eles ampliam sua irreversibilidade. “Nós podemos mostrar apenas a partir da fórmula que os desfechos evolutivos mais prováveis serão aqueles que, ao longo do caminho, absorveram e dissiparam mais energia das fontes externas do ambiente”, ele disse. O achado faz sentido: as partículas tendem a dissipar mais energia quando elas ressoam com uma força propulsora, ou se movimentam na direção em que são empurradas, e elas são mais propensas a se movimentarem nessa direção do que em qualquer outra, a qualquer momento dado. “Isso significa que amontoados de átomos imersos em um banho a alguma temperatura, como a atmosfera ou o oceano, tenderiam com o tempo a se rearranjar espontaneamente, de modo a ressoar cada vez melhor com as fontes de trabalho mecânico, eletromagnético ou químico de seus ambientes”, explicou England. A autorreplicação (ou reprodução, em termos biológicos), o processo que conduz a evolução da vida na Terra, é um dos mecanismos pelos quais um sistema poderia dissipar uma quantidade crescente de energia ao longo do tempo. Como England coloca, “uma ótima maneira de dissipar mais é fazer mais cópias de si mesmo”. Em um artigo publicado no *Journal of Chemical Physics*, em setembro, ele relatou a quantidade mínima teórica de dissipação que pode ocorrer durante a autorreplicação de moléculas de RNA e de células bacterianas, mostrando que o valor está muito próximo das quantidades reais que esses sistemas dissipam quando se replicam. Ele também mostrou que o RNA, o ácido nucleico que muitos cientistas acreditam ter servido como o precursor da vida baseada em DNA, é um material de construção particularmente barato. Uma vez que o RNA tenha surgido, argumenta ele, sua “ascensão darwiniana” talvez não tenha sido uma surpresa. A química do caldo primordial, mutações aleatórias, geografia, eventos catastróficos e incontáveis outros fatores contribuíram para os pequenos detalhes da diversificada flora e fauna da Terra. Porém, de acordo com a teoria de England, o princípio subjacente conduzindo todo o processo é a adaptação da matéria guiada pela dissipação. Esse princípio também se aplicaria à matéria inanimada. “É muito tentador especular a respeito de que fenômenos na natureza nós agora podemos colocar sob essa grande tenda da organização adaptativa conduzida pela dissipação”, disse England. “Muitos exemplos poderiam estar debaixo do nosso nariz, mas como não procuramos por eles, nós ainda não os percebemos”. Os cientistas já observaram autorreplicação em sistemas inanimados. De acordo com uma pesquisa recente liderada por Philip Marcus, da Universidade da Califórnia em Berkeley, e relatada na *Physical Review Letters*, em agosto, vórtices em fluidos turbulentos espontaneamente se replicam, extraíndo energia do cisalhamento no fluido circundante. E em um artigo que apareceu on-line esta semana, no *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Michael Brenner, professor de matemática aplicada e física em Harvard, e um colega apresentam modelos teóricos e simulações de microestruturas que se autorreplicam. Esses agregados de microesferas especialmente revestidas dissipam energia prendendo esferas próximas para formar agregados idênticos. “Isso se conecta bem ao que Jeremy está dizendo”, disse Brenner. Além da autorreplicação, uma maior organização estrutural é outro modo pelo qual os sistemas fortemente impulsionados elevam a sua capacidade de dissipar energia. Uma planta, por exemplo, é muito melhor na captura e perda de energia solar através de si própria do que uma pilha não estruturada de átomos de carbono. Desse modo, England argumenta que, sob determinadas circunstâncias, a matéria irá espontaneamente se auto-organizar. Essa tendência poderia explicar a ordem interna das coisas vivas e também a de muitas estruturas inanimadas. “Flocos de neve, dunas de areia e vórtices turbulentos – todos têm em comum o fato de serem estruturas surpreendentemente padronizadas que surgem em sistemas multiparticulados impulsionados por algum processo dissipativo”, ele disse. A condensação, o vento e o arrasto viscoso são os processos relevantes nesses casos particulares. “Ele está me fazendo pensar que a distinção entre a matéria viva e a inanimada não é precisa”, disse Carl Franck, biofísico da Universidade de Cornell, em uma mensagem de correio eletrônico. “Fico particularmente impressionado com essa ideia quando penso em sistemas tão pequenos como os circuitos químicos

que envolvem umas poucas biomoléculas”. Os próximos anos A ideia ousada de England provavelmente será examinada em detalhes nos próximos anos. No momento, ele está fazendo simulações em computador para testar a sua teoria de que sistemas de partículas ajustam suas estruturas de modo a se tornarem melhores na dissipação de energia. O próximo passo será conduzir experimentos em sistemas vivos. Prentiss, que dirige um laboratório de biofísica experimental em Harvard, diz que a teoria de England poderia ser testada comparando-se células com diferentes mutações e procurando uma correlação entre a quantidade de energia que as células dissipam e as suas taxas de replicação. “Temos de ser cautelosos, pois qualquer mutação poderia resultar em muitas coisas”, ela disse. “Mas se nós continuarmos fazendo muitos desses experimentos em sistemas diferentes e se [dissipação e sucesso na replicação] estiverem de fato correlacionados, isso sugeriria que este é o princípio organizador correto”. Brenner disse que espera conectar a teoria de England às suas próprias construções com microesferas, determinando se a teoria prediz corretamente que processos de autorreplicação e autoagregação podem ocorrer – “uma questão fundamental em ciência”, ele disse. Ter em mãos um princípio geral da vida e da evolução daria aos pesquisadores uma perspectiva mais ampla a respeito do surgimento da estrutura e função nas coisas vivas, dizem muitos pesquisadores. “A seleção natural não explica certas características”, disse Ard Louis, biofísico da Universidade de Oxford, em uma mensagem de correio eletrônico. Essas características incluem uma alteração hereditária na expressão gênica chamada metilação, acréscimos na complexidade na ausência de seleção natural e certas mudanças moleculares estudadas recentemente por Louis. Se o enfoque de England resistir aos testes, ele poderia mais adiante liberar os biólogos de procurarem por uma explicação darwiniana para cada adaptação, permitindo a eles pensar mais geralmente em termos de organização conduzida pela dissipação. Eles poderiam descobrir, por exemplo, que “a razão de um organismo exibir a característica X em vez de Y, pode não ser porque X é mais apta do que Y, mas sim porque restrições físicas tornam a evolução de X mais fácil do que a de Y”, disse Louis. “As pessoas muitas vezes ficam presas pensando em problemas individuais”, disse Prentiss. Apesar de as ideias de England estarem corretas ou não, ela disse, “pensar mais amplamente é o modo como muitas rupturas científicas ocorrem”. Esta notícia foi publicada em 28/01/2014 no site <http://observatoriodaimprensa.com.br>. Todas as informações são responsabilidade do autor.