

Anthony J. Leggett é professor de Física na Universidade de Illinois (Estados Unidos da América), onde está desde 1983. É mundialmente conhecido como especialista de física teórica das baixas temperaturas e, pelo seu trabalho pioneiro sobre a superfluidez, recebeu o Prémio Nobel da Física de 2003.

Tivemos oportunidade de o entrevistar durante uma visita recente a Portugal, a convite do Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa. Anthony Leggett apresentou em Lisboa duas palestras: "Testing the limits of quantum mechanics: motivation, state of play, prospects" e "Introduction to high energy low temperature physics".

PATRÍCIA FAÍSCA¹ E PEDRO PATRÍCIO^{1,2}

¹ Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa
Av. Prof. Gama Pinto, 2
1649-003 Lisboa

² Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Rua Conselheiro Emídio Navarro 1
1950-062 Lisboa

patnev@cii.fc.ul.pt
patricio@cii.fc.ul.pt

Edição de P.A. Almeida
gazeta@teor.fis.uc.pt

Entrevista a Anthony Leggett

"SABEMOS HOJE MENOS S DO QUE SABÍAMOS SOB SÉCULO XIX"

P. - Depois de terminar um curso superior em estudos clássicos em Oxford, no Balliol College, decidiu começar um novo curso em ciências. Porquê? E por que razão escolheu física?

R. - Provavelmente foi por não ter muita imaginação. Naquela altura a vida académica pareceu-me a escolha mais natural. Em Estudos Clássicos concentrei-me sobretudo na Filosofia, que sempre me interessou. Mas quando comecei a pensar seriamente em fazer uma carreira académica nessa área apercebi-me que não era bem aquilo que eu queria. Comecei então a perguntar a mim próprio qual seria a razão exacta pela qual não a queria e, mais uma vez, a minha falta de imaginação levou-me a pensar que essa razão não teria a ver com a vida académica, mas sim com a própria Filosofia. Quanto mais pensava nisso mais sentia que o que diferenciava um bom de um mau trabalho em Filosofia dependia muito do uso das palavras ou das frases mais adequadas e de determinados exemplos que se escolhessem... Pareceu-me que era tudo muito subjectivo. E onde me sinto realmente confortável é numa área de estudo onde, de certa forma, a Natureza nos diga se o que fizemos está certo ou errado. Nessa altura, sabia muito pouco de física, mas tinha tido alguns relances: estudei alguns problemas nas fronteiras da física. Lembro-me, por exemplo, de que durante os meus estudos clássicos analisei o paradoxo de Zenão... Tinha uma vaga ideia sobre o que era a física e pareceu-me que seria uma área onde me sentiria bem.

SOBRE O CÉREBRO E ATÔMOS NO



P. - Tinha vinte anos nessa altura...

R. - Sim, quando tive de fazer esta escolha tinha vinte anos.

P. - Sentiu que o que aprendeu com os estudos clássicos teve utilidade na sua carreira científica?

R. - Num certo sentido, penso que foi útil, particularmente a Filosofia. Penso que alguém que faça um curso de Filosofia Analítica - tenho consciência de que a palavra Filosofia tem significados diferentes em diferentes partes do mundo, mas na tradição anglo-saxónica a Filosofia é uma ciência muito analítica -, ficará mais consciente das suposições que faz no seu trabalho. Por isso, considero que um dos benefícios que tive foi o de estar muito mais consciente das suposições implícitas do meu trabalho.

P. - Pensa que a sua preparação anterior em estudos clássicos o influenciou nas suas pesquisas sobre os fundamentos conceptuais da mecânica quântica?

R. - Sim, certamente. Para dizer a verdade, nos primeiros anos em que fiz física não estive particularmente interessado nos fundamentos da mecânica quântica. Mas depois tive um colega na Universidade de Sussex, Brian Easlea, que se foi interessando pela história das ciências e pelos estudos sociais. Foi ele que me deu umas lições sobre o problema da medida em mecânica quântica e creio que foi isso que me persuadiu de que esses assuntos eram algo sobre o qual valia a pena pensar. Foi provavelmente no fim dos anos 60 que comecei a reflectir sobre estas

questões, mas não consegui fazer nada durante os dez anos seguintes. O meu primeiro artigo sobre os fundamentos da mecânica quântica só foi publicado em 1980.

P. - Não é habitual, no Reino Unido, ou mesmo nos EUA, quando se ensina mecânica quântica, chamar a atenção para estes problemas conceptuais ...

R. - Durante toda uma geração, eu diria, desde o fim dos anos 30 até ao início dos anos 70, o assunto foi quase tabu nos países anglo-saxónicos. É interessante notar que na Europa do Sul esse nunca foi um tema tabu. As pessoas estiveram sempre interessadas.

P. - Por que é que ficou em Oxford e decidiu trabalhar em física do estado sólido durante o seu doutoramento?

R. - Estava mais ou menos convencido de que, por causa do meu percurso pouco comum, seria muito difícil encontrar uma outra universidade, além da de Oxford, que me aceitasse como aluno de estudos pós-graduados. Por que é que optei por estudar o estado sólido? Bem, em primeiro lugar, já tinha decidido, desde muito cedo, que queria fazer física teórica. Tive algum contacto com a física experimental durante a licenciatura, mas não gostei muito. Penso que nasci para ser teórico. A questão seguinte tem a ver com as áreas fortes da física teórica em Oxford. A resposta é: física nuclear a baixas energias, física das altas energias, e matéria condensada. Havia muito pouco de cosmologia.

Eu tinha a impressão de que na física nuclear a baixas energias não se passava nada de espectacular. A informação que tive - estávamos no princípio de 1964 quando tive de fazer a escolha -, foi de que a física das altas energias estava estagnada e que nada de transcendente se passava. É claro que apenas uns meses mais tarde tivemos a *Eightfold Way!* Penso que, se tivesse feito a minha escolha no ano seguinte, provavelmente teria ido para física de partículas. Mas acabei na matéria condensada. Quanto à escolha do meu supervisor? Bom, ele foi o único que me aceitou como aluno...

P. - Quando é que se interessou pelo trabalho que foi reconhecido em 2003 com o Prémio Nobel, nomeadamente, sobre as fases do líquido superfluido hélio-3?

R. - O meu doutoramento teve duas partes. Uma delas estava relacionada com a interacção de fonões no hélio-4 líquido, e portanto não tinha muito a ver com os trabalhos do Prémio Nobel. A segunda parte correspondia a um estudo no contexto da teoria de Fermi-Landau. Em 1961, quando comecei o doutoramento, a teoria de Fermi-Landau, publicada em 1957, ainda não estava muito divulgada no Ocidente, essencialmente devido aos atrasos com traduções. Eu conhecia-a graças a um dos muitos conselhos preciosos dados pelo meu supervisor, Dick ter Haar, no início do meu doutoramento: devia saber russo suficiente para conseguir ler os artigos originais! Pude, por isso, ler todos os trabalhos sobre a teoria de Fermi-Landau logo que foram publicados. Fiquei de tal maneira impressionado com a teoria que a segunda parte da minha tese de doutoramento foi sobre o diagrama de fases do hélio-3 e hélio-4. Naquela altura, o diagrama de fases de misturas de hélio-3 e hélio-4 tinha sido apenas explorado para temperaturas relativamente altas. Sabia-se que havia uma separação de fases, mas não se sabia como ocorria a baixas temperaturas.

P. - Qual poderá ser a importância do hélio-3 superfluido?

R. - De um ponto de vista prático imediato o hélio-3 superfluido é provavelmente o sistema mais inútil jamais descoberto. No entanto, de um ponto de vista indirecto, é muito importante porque talvez seja o sistema físico mais complexo que compreendemos de uma forma quantitativa. Percebemos pelo menos uma grande parte do que se passa com o hélio-3 superfluido. Alguns dos fenómenos que acontecem são muito interessantes e quase únicos - alguns são análogos a fenómenos doutros sistemas com aplicações práticas mais directas, por exemplo os supercondutores de altas temperaturas. Penso que é justo dizer que, ao tentarmos compreender as propriedades do hélio-3 superfluido, geramos um grande *spin-off* para compreender outros sistemas. Por exemplo, podemos aplicar algumas das ideias ali desenvolvidas na física de partículas ou no estudo do princípio do Universo...

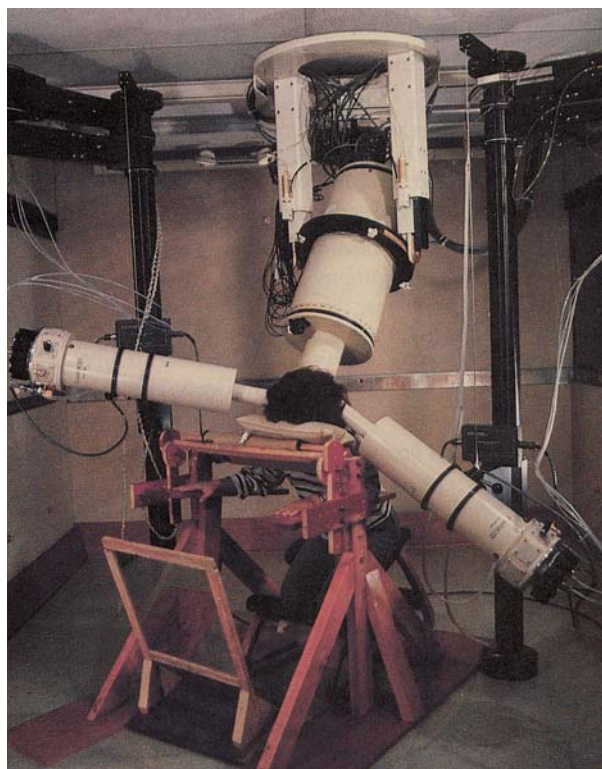
P. - Durante o seu percurso teve oportunidade de fazer investigação no mundo inteiro, incluindo o Japão e o Gana. Quer comentar o impacto das diferenças culturais e científicas na ciência e na investigação científica feita em sítios tão diferentes?

R. - Penso que esse impacto não é assim tão grande como se julga. Bom, obviamente, no Gana seria impossível fazer investigação experimental e impossível fazer 90% de

investigação teórica. E a razão é que para a investigação experimental não tinham equipamento e para a investigação teórica não tinham revistas científicas. E, por isso, quando estive no Gana, confesso que não fiz muita investigação, mas a que fiz foi deliberadamente em assuntos tão obscuros que não precisava de aprender ou conhecer a literatura existente. No Japão, é tudo muito organizado, como na Alemanha. Há um certo número de professores e cada um tem o seu laboratório. Estes laboratórios são, de certo modo, domínios feudais, e basicamente o professor decide sobre quem lá trabalha. Ele acaba por ter influência na carreira das pessoas mesmo depois de saírem de lá. Por isso, existe uma forte tendência para as pessoas trabalharem na área do professor mais velho, não se aventurando em problemas demasiado distantes, e em particular em ideias que o professor não aprove. Há um certo grau de conformidade forçado pelo sistema. Mas tenho de admitir que existia naquela altura, e ainda hoje existe muita e boa investigação independente feita no Japão.

P. - Pode falar-nos sobre outro dos seus interesses de investigação, nomeadamente as teorias e as experiências que testam os limites da mecânica quântica? Qual é o estado da arte nesta área? Pensa que a próxima geração de experiências vai permitir observar falhas da nossa compreensão da mecânica quântica?

R. - Sim, é algo que tenho tentado fazer desde há vinte e cinco anos. Publiquei o meu primeiro artigo sobre o assunto em 1980. Uma das sugestões explícitas que fiz foi a de observar os efeitos da sobreposição de diferentes estados de fluxo numa montagem com rf-SQUIDs. Se tivermos dois anéis SQUID, temos dois estados quase degenerados.



Montagem de 3 SQUIDs para monitorizar a actividade cerebral

Num deles a corrente flui no sentido directo com uma amplitude de alguns micro amperes, e no outro no sentido contrário. A ideia era a seguinte: poderemos montar uma experiência para observar efeitos de interferência quântica entre estes dois estados? Naquela altura, a reacção que obtive da maioria das pessoas ligadas às medições quânticas foi a de que essa experiência não faria sentido já que era dado como certo e sabido que, a partir do momento em que se atinge o nível macroscópico, a descoerência vai aniquilar qualquer efeito quântico. Tivemos de lutar duramente contra estas objecções e fizemos uma série de artigos muito técnicos sobre o assunto nos anos 80. Foi então que surgiu, como que vinda do nada, a computação quântica, algo que não tínhamos previsto. A consequência disto foi que estas experiências que estavam a ser feitas com dificuldade por nunca terem tido um grande apoio financeiro, poderiam agora passar a ser financiadas no âmbito de projectos de computação quântica. Nos últimos cinco anos, um número considerável destas experiências começaram a ser feitas, e o que é irónico é que os investigadores que apareceram nesta área nos anos 1990 queixam-se de que o grau de coerência nos factores quânticos destes SQUIDS é baixo. Mas, nos anos 80, a maior parte dos investigadores não acreditavam de todo nessa possibilidade. É engraçado!

P. - Há uma citação do matemático Arnold que diz que "os únicos cálculos computacionais que vale a pena fazer são aqueles que dão uma resposta surpreendente". Para si qual é o papel das simulações na física?

R. - Basicamente penso que nos permitem testar um bom número de ideias qualitativas e para as quais gostaríamos de saber exactamente até que ponto são boas quantitativamente. No meu domínio de especialização, posso encontrar um bom exemplo no caso do hélio-4 líquido. Houve várias ideias extremamente frutuosas que foram surgindo de pessoas como Landau, Bogoliubov e outros. Alguns investigadores, como o meu colega David Ceperley, da Universidade de Illinois, mostraram que se podiam utilizar técnicas computacionais para obter números, gerar o espectro de hélio-4 e compará-lo com as experiências, por exemplo, da densidade do fluido em função da temperatura, e ver até que ponto é que se obtinha um bom acordo. Penso que se obtiveram resultados muito satisfatórios. E penso também que isto é algo que não poderia ter sido feito analiticamente.

P. - O que pensa da investigação interdisciplinar?

R. - Creio que a interdisciplinaridade é um conceito que tem sido demasiado vendido. Penso que a interdisciplinaridade não é um tipo de "molho" onde se misturam muitos ingredientes e que de alguma maneira o melhoram. Se quisermos tratar um problema que requer o saber específico de um certo número de disciplinas, isso tornar-se-á óbvio. É o que se verifica claramente no domínio dos supercondutores a altas temperaturas. A partir do momento em que estes materiais apareceram, verificou-se que eram precisos físicos, químicos, cientistas de materiais, etc., todos em colaboração, e isso foi o que aconteceu. A interdisciplinaridade surgiu como uma consequência natural e esta é a forma correcta para

as coisas acontecerem. Pensem num problema. Será preciso uma abordagem interdisciplinar para o resolver? Então devem procurar-se as pessoas certas para o fazer. Não vale a pena ser interdisciplinar só por ser! Não faz sentido!

P. - Existem muitos físicos a trabalhar fora das tradicionais áreas da física (em biologia, economia e ciências sociais). O que pensa disto?

R. - Certamente é algo que vale a pena fazer, mas... Se alguém vem, por exemplo, da área da mecânica estatística, tenta encontrar no domínio da biologia um problema que parece resolúvel com o tipo de técnicas utilizadas em mecânica estatística. Ótimo, resolve-se o problema, publicam-se vários artigos sobre o assunto, e depois descobre-se que os biólogos não estão interessados naquele trabalho. Não é um problema importante. Portanto, creio que é necessário, para alguém que queira entrar num novo ramo da ciência, falar com os investigadores que estão nessa área há já alguns anos, e tentar perceber quais são os problemas mais significativos.

Provavelmente, não serão os problemas para os quais se poderão utilizar os métodos habituais da física. No entanto, pode ser que se tenha algum tipo de conhecimento de base, que nos permita olhar para estes problemas de uma forma diferente.

P. - Do seu ponto de vista, quais são as grandes áreas da investigação científica hoje em dia?

R. - Em física, penso que a cosmologia, é claramente, e sempre foi, uma área de fronteira fascinante. Também diria que em algumas áreas da física das partículas se está mais ou menos por definição nas fronteiras daquilo que se sabe. Mas também devo referir a teoria da matéria condensada. Creio que na área da física a baixas temperaturas ou na física da matéria condensada, os desafios são um pouco diferentes, e estão relacionados com a descoberta de novos tipos de fases organizadas. Fomos muitas vezes bem sucedidos ao fazê-lo. É verdade que ninguém previu o hélio superfluido, ninguém previu o efeito de Hall quântico. No entanto, previu-se o hélio-3 superfluido, pelo menos até certo ponto. Mas creio que não houve nada de tão qualitativamente novo e que tivesse sido previsto com tanta antecedência como o *laser*.

O *laser* foi uma previsão espectacular de algo que ninguém tinha observado na Natureza. Penso que nunca fomos bem sucedidos em descobrir o que quer que fosse aos apalhões, tropeçando no escuro. Penso que o desafio será tentar pensar onde se poderão descobrir novos tipos de comportamento. Tenho a certeza de que se encontram por aí, algures... Isto no que diz respeito à física. Fora da física, é claro que há muitas áreas, biologia, psicologia... Vejo com particular interesse os estudos do cérebro que tentam, de certo modo, unificar princípios físicos e biológicos. Escusado será dizer que estes estudos podem ter uma importância enorme no nosso dia-a-dia. É uma área científica de extrema importância.

P - Diz-se frequentemente que a *Biologia é a ciência do futuro...*

R. - Eu diria que a nossa compreensão do funcionamento do cérebro actualmente não é certamente melhor, é, na verdade provavelmente pior, do que foi a nossa compreensão da matéria a nível atómico no final do século XIX. Portanto, parece-me perfeitamente concebível que o século XXI traga a esse domínio o mesmo tipo de revolução a que assistimos na Física do século XX. E o desafio é, no mínimo tão grande. Na verdade, acrescentaria ainda algo que talvez vos vá chocar: penso que não será nenhuma desonra para os físicos estudar o que chamamos fenómenos paranormais. Associados a estes fenómenos há uma variedade de coisas que vão desde as experiências onde se tentam adivinhar as cartas até às especulações sobre a vida para além da morte. É óbvio que em muitas destas actividades há grande charlatanismo, ilusões pessoais, mas isso não quer dizer que não haja nada por trás. Devemos recordar que, no século XV, havia muitos trabalhos em alquimia. A maior parte era um disparate, mas por detrás de alguns deles revelou-se o coração do que é hoje a Química. Não considero por isso inconcebível que alguns dos fenómenos que hoje tratamos como ficção, completamente paranormais, revelem uma verdadeira base científica. Em particular, os fenómenos que excluímos não por causa do primeiro princípio da termodinâmica mas por causa do segundo princípio.

P - Numa entrevista recente, de Gennes também se mostrou apaixonado pela área das *neurociências*.

R. - Creio que é quase única porque combina uma extrema e imediata relevância humana com um grande e importante desafio científico.

P - Na última década, na Europa, os interesses dos estudantes têm-se afastado das *ciências duras*, e em particular da física. Considera que este afastamento é um problema? É assim nos EUA?

R. - Sim, temos seguramente problemas semelhantes nos EUA. Eu diria que na Universidade de Illinois, metade dos alunos acaba com notas muito fracas. Uma grande parte destes alunos usa a física como uma via para obter um diploma em ciências de computadores. Pessoalmente, eu não me sinto tão preocupado como alguns dos meus colegas, porque de certo modo penso que é preferível ter uma comunidade de físicos pequena, mas onde todos se sintam motivados, do que ter uma grande comunidade onde a grande maioria não está motivada e não é muito boa. Por isso, não me sinto tão desiludido como alguns dos meus colegas. Se olharmos para isto de um ponto de vista puramente material, então claro, se não há estudantes, não há financiamento para a investigação. Mas, mesmo assim, tal não é bem verdade, porque a maior parte do nosso financiamento não vem do Estado.

P - Há um provérbio chinês que diz: "Se ouvires, esquecerás; se vês, lembrar-te-ás; se fizeres, compreenderás". Na investigação, faz-se, seguramente. Neste contexto, qual deve ser o papel do ensino?

R. - É claro que, pelo menos a um nível superior, o ensino não pode substituir a investigação feita pelo aluno. Diria que o papel do ensino é simplesmente abrir os olhos para um conjunto diferente de questões.

Pessoalmente, quando comecei o meu percurso em Oxford, a ideia de que um aluno tinha de ser exposto a aulas de física era ainda recente. Na verdade, penso que frequentei o primeiro ano em que tivemos de fazer exames escritos. Havia disciplinas antes, mas nunca tinha havido exames, ou eram opcionais. A julgar pelo que se seguiu, não tenho a certeza de que tenha sido boa ideia introduzir exames. O problema, particularmente em Inglaterra, era que, se não se fizessem exames, os estudantes sentar-se-iam num canto, concentrando-se apenas na sua área muito específica durante três ou quatro anos, não fazendo nada para além disso. No contexto inglês, as disciplinas, as aulas e o esforço para passar os exames têm de facto um papel importante. Nos EUA esse sistema irá certamente acabar por chegar. Talvez não faça mal expor os alunos a isso. No final o diploma do Ensino Superior tem de passar por uma tese final.

P - À medida que a ciência se torna cada vez mais especializada, é difícil para os alunos obterem uma compreensão razoável de uma investigação específica antes de saírem da universidade. Qual será a melhor preparação para os futuros cientistas? Ainda uma educação mais generalista (*ciência e arte*), ou uma especialização rápida (*matemática e física*)?

R. - Este tem sido o debate nos EUA. Sinto que o sistema actual da América do Norte está essencialmente correcto. Durante a licenciatura, um grande número de pessoas passam 50% do seu tempo a estudar física, e outros 50% a estudar outras coisas: literatura, história, etc.. Creio que não é um mau sistema. No que diz respeito à física, é necessário saber exactamente quão especializado se deve ser. Obviamente quem quiser ter um diploma em física tem que ter um grau de competência decente em assuntos básicos como termodinâmica, mecânica, estatística, electromagnetismo ou mecânica quântica. Mas, depois disso, a questão é mais complicada. A proposta que foi agora aprovada, na Universidade de Illinois, foi a de que os estudantes possam ter um diploma em Física inteiramente à base de disciplinas genéricas formais, sem nunca terem de olhar para a física com profundidade numa área particular. Acho que é uma ideia desastrosa e opus-me a ela quando surgiu. Não interessa que o diploma universitário abranja todos os domínios da física. Mas penso que é importante para os estudantes não fazerem apenas disciplinas básicas e abstractas, cursos sobre mecânica quântica, teoria electromagnética, ou mecânica estatística, mas que possam passar algum tempo pelo menos a tentar aplicar estas ideias numa área específica da física. Eu era partidário da proposta de que deveriam fazer uma disciplina em física das partículas ou em biofísica. Deveriam ter alguma área concreta para aplicar as ideias de base.

P - Se voltasse a 1960, e estivesse a acabar o seu diploma em estudos clássicos em Oxford, voltaria a fazer um curso superior em física?

R. - Possivelmente, mas penso que, sabendo o que sei hoje, faria mais facilmente algo em neurociências. Creio verdadeiramente que no século XXI este será considerado o domínio da ciência mais fascinante. A física teve progressos recentes substanciais, mas não será olhada com o mesmo grau de fascínio.

Motive os seus alunos !



Para uma melhor compreensão da Matemática e Ciências

O nosso objectivo é disponibilizar-lhe as melhores ferramentas de forma a permitir que enfrente, com sucesso, os actuais desafios da educação. Trabalhando em conjunto com professores e educadores, a nível mundial, desenvolvemos produtos e serviços que melhoram a motivação e participação dos estudantes. Matemática e Ciências tornar-se-ão mais acessíveis, concretas e interessantes. Hoje, disponibilizamos para professores um rico portfolio de produtos, que vão desde calculadoras gráficas, sensores, ferramentas para sala de aula e serviços de apoio altamente específicos. A nossa oferta integra-se perfeitamente nos requisitos necessários para uma melhor compreensão e interactividade da Matemática e Ciências.

Para mais informações, por favor visite: education.ti.com/portugal

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

TI Technology - Beyond Numbers