

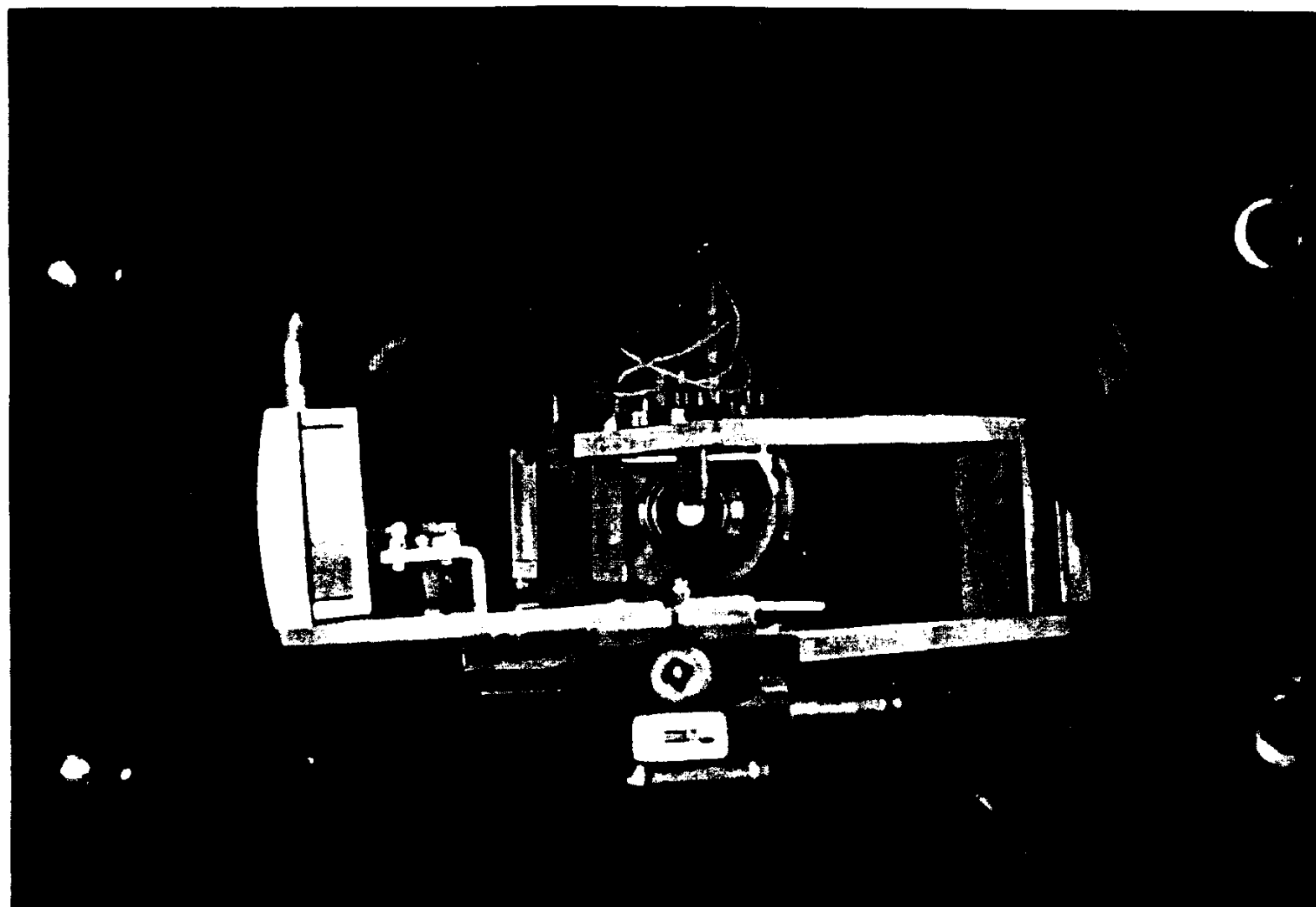
P U L S A R

Jornal dos Estudantes de Eng. Física Tecnológica - LEFT IST

Junho 1996

NÚMERO 6

A aceleração de fótons



"Método de VODC"

Alternativa aos Multiplicadores de Lagrange
pág. 9

Gerard't Hooft no IST, pág.13

Sumário

- **Fábulas de um Físico...**
Carlos Miguel pág. 3
- **Como estudar no estrangeiro**
Ana Rita Almeida e Pedro Fonseca pág. 5
- **Diálogo com um Micróbio Inteligente sobre Termodinâmica**
José Rino Henriques pág. 7
- **"Método de VODC"**
Óscar Dias e Victor Cardoso pág. 9
- **Gerard't Hooft no IST**
Filipe Moura pág. 13
- **A aceleração de fotões**
Helder Crespo pág. 14
- **Intuição e Física**
Cristóvão Matos pág. 19
- **O Sonho**
Pedro Fonseca pág. 20
- **XADREZ - Problemas**
Romeu Garcia pág. 21
- **Poesia**
Rui Pedigão, Susana Castro, Hugo Parelho, Rui Fernandes pág. 22
- **B. D.**
Nelson Nunes pág. 24

Ficha Técnica

Pulsar: Uma publicação dos Estudantes de Engenharia Física Tecnológica, LEFT-IST, Instituto Superior Técnico, Departamento de Física, Av. Rovisco Pais, 1096 LISBOA Codex
Editor: Hugo P. Gomes **Secção Científica:** Nuno Leonardo (Coordenador), Ariel Guerreiro, Carlos Ramos, David Fernandes, José Barros, Nuno Cruz, Paulo Cunha, Rui Sá **Secção Cultural:** João Jorge Santos (Coordenador), Hugo P. Gomes, José Pedro Pereira, Rui Pita **Espaço do Curso:** André Gouveia (Coordenador), Filipe Moura, Mónica Martins, Tiago Mota **Colaboração neste número:** Ana Rita Almeida, Carlos Miguel, Cristóvão Matos, Helder Crespo, José Henriques, Nelson Nunes, Óscar Dias, Pedro Fonseca, Romeu Garcia, Rui Fernandes, Susana Castro, Victor Cardoso
Arranjo Gráfico: Patrícia Simões, Pedro Bordalo **Tiragem:** 500 exemplares

Editorial

Junho de 1996

Pois é pessoal, já cá cantam meia dúzia!

Parece que não mas tal confere solidez e credibilidade ao projecto PULSAR, que se pretende, dentro do amadorismo e carolice com que é feito, duradouro e pertinente.

Mais do que reunir e divulgar trabalhos (científicos ou não) dos alunos e de contribuir como um veículo preveligiado para o debate dentro da LEFT, o PULSAR aspira a ser o espelho da personalidade (individual e colectiva) do futuro cientista e/ou engenheiro e/ou bolseiro ou desempregado, que é o estudante de Eng. Física Tecnológica. Aqui se transmitem reflexões, pensamentos, críticas, paixões,... motivadas pelo nosso quotidiano, pelos nossos interesses, fruto da nossa formação, que se pretende não só científica, mas também humana.

Para levar a cabo, duas vezes por semestre, este jornal, é necessário uma grande dedicação não só da redacção mas também dos colaboradores, como bem se pode comprovar neste número. Aproveitamos, aliás, para agradecer esta colaboração e para pedir mais, já que só assim se pode garantir que a redacção do PULSAR seja uma amostra representativa dos alunos do curso.

O que se pretende também duradouro e pertinente, também com carolice mas sem o nosso amadorismo, é o Técnico, que recentemente completou 85 anos de existência.

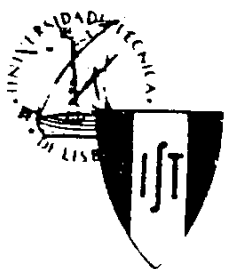
Damos, aqui, os parabéns à nossa escola, que tem formado gerações de engenheiros, tendo adquirido fama e prestígio além fronteira. Sobre o futuro do Técnico, esperamos que ele seja tão discutido e reflectido como tem sido, entre nós, o futuro do PULSAR. Em qualquer dos casos, é necessário pensar, não em nós, mas em quem há-de vir.

Por agora, desejamos boas férias e, se for caso disso, bons exames a todos os nossos leitores.

E mai' nada!

A Redacção do PULSAR

Patrocinado por:



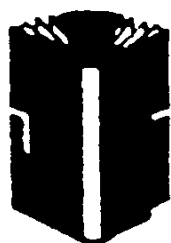
CFIF

CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

Instituto Superior Técnico-Edifício Ciência (Física)

Av. Rovisco Pais P-1096 Lisboa Codex

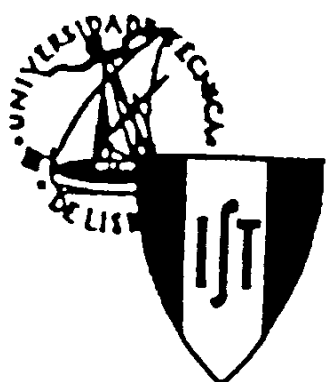
Tel: (351-1) 8419 092 Fax: (351-1) 8419 143



JÚLIO DE FIGUEIREDO, Lda.
Livros Técnicos e Científicos ; Assinaturas de Revistas

Sede: Rua António Pereira Carrilho, 5 - 1.º 1000 Lisboa

Tel: 846 17 80 / 37 82 / 07 84 Fax: 846 41 64



CENTRA

Centro Multidisciplinar de Astrofísica



FÁBULAS DE UM FÍSICO NUM PSEUDO-CURSO DE ENGENHARIA

ou

AS AVENTURAS DE UM ENGENHEIRO NUM CURSO DE FÍSICA

Carlos Miguel

Eras um dos melhores alunos no secundário. Entraste para este curso porque achavas que só este curso era digno de ti, mas afinal pela primeira vez na tua vida chumbaste a cadeiras. Não te preocupes, para o ano há mais.

Moral da história: *Mais tarde ou mais cedo encontrarás sempre algo mais forte que tu. O importante é que não fiques parado no caminho a olhar para o obstáculo. Ou fazes por removê-lo, ou contorna-lo, ou segues noutra direcção.*

Nos últimos anos, no curso de física tem-se verificado um aumento muito significativo do número de chumbos. É um facto de que a média de entrada no nosso curso tem descido, mas mesmo assim, os alunos que entram no curso têm médias relativamente altas e sempre foram bons alunos no secundário. Repare-se também que no primeiro ano não há muitos chumbos, no segundo e terceiro anos é que se notam mais as reprovações. Ou seja, este facto aponta para que as principais causas estejam dentro do próprio curso, embora possam também ser outras causas alguns vícios que os alunos trazem do secundário. Agora vejamos os factos concretos, que já deveriam ter levado muita gente (alunos, professores, etc...) a reparar neles e a pensar seriamente sobre o curso: dos alunos que entraram em 92 (que estão, ou deveriam estar no 4º ano), em que o último a entrar teve média de 82%, só à volta de seis alunos é que chegaram ao 4º ano com todas as cadeiras feitas, além disso há vários alunos que entraram com média superior a 90% que já chumbaram um ano, além de muitos outros, e ainda uma grande percentagem que mudou de curso. Dos alunos que entraram em 93 ainda é pior, pois só quatro ou cinco, no máximo, é que conseguiram fazer todas

cadeiras dos dois primeiros anos.

Neste artigo não pretendo chegar a causas definitivas sobre as taxas de reprovação mas, como aluno que já passou pelos segundo e terceiro anos, achei útil explicar aqui os problemas e as dificuldades com que me deparei nesses dois anos. Darei também a minha opinião acerca das soluções para resolver esses mesmos problemas.

Apesar de algumas cadeiras serem difíceis e não darem uma boa preparação ao aluno durante o tempo de aulas, muitas vezes porque também não há preparação anterior para poder frequentar a cadeira, consegue-se passar à custa de resolver exames dos anos anteriores, já que há alguns professores que metem sempre os mesmos exercícios nos exames. Nestes casos, mesmo que o aluno passe, não fica a saber o essencial sobre a cadeira, indo provocar ainda mais dificuldades em cadeiras futuras.

Moral da história: *Há muitas maneiras de matar pulgas. Neste caso o aluno opta por contornar o obstáculo, ou como se diria em Física: o aluno passa por efeito túnel.*

Nota: *Chama-se a atenção dos interessados neste método, que esta é sempre uma solução de curto prazo, devendo só ser utilizada como último recurso.*

Passarei então a expor os problemas que acho mais importantes e que deveriam ser mudados o mais rapidamente possível.

1- O período de aulas é muito pequeno, o que faz com que a matéria seja dada a uma velocidade muito grande. As aulas teóricas são dadas de uma forma rápida, seca e de difícil

percepção para os alunos. O que acontece é que muitos alunos acabam por deixar de ir às aulas, porque não percebem nada, não acompanham a matéria e começam logo o semestre desencorajados (é muito comum ouvir os caloiros logo no início do 1º semestre dizerem que está tudo a ir mal). Este é um problema que é comum a todo o Técnico e que parece que finalmente querem resolver, no entanto parece haver ainda muitos alunos que se opõem. Estes alunos se querem uma época de exames mais longa podem sempre começar a estudar mais cedo do que os outros, ou de preferência no início do semestre, que é o ideal. No entanto isto requer que outros problemas sejam resolvidos, no que toca ao método de dar aulas e de avaliação que muitos professores utilizam no nosso curso. Será o problema número 2.

2 - O sistema que muitos dos nossos professores utilizam é o de despejar toneladas de fórmulas e demonstrações nas aulas teóricas muito rapidamente sem nos darem a mínima motivação para o que estão a demonstrar. Penso que seria muito melhor que no início cada matéria o professor tentasse passar para os alunos toda a parte intuitiva do problema, de maneira a que o aluno pudesse desde logo ficar enquadrado no problema e ficasse motivado para a demonstração seguinte. Porque o mais importante é perceber o problema e tudo o que tem a ver com ele, as fórmulas e demonstrações podem-se mesmo estudar e demonstrar em casa. As aulas práticas já variam muito mais, ou são também um despejar de problemas, ou então um vazio, porque quase ninguém está a acompanhar a matéria e não tem problemas a apresentar. Eu sugeria que o sistema fosse igual ao da cadeira de Física do Estado Sólido ou parecido. Haveria semanalmente ou quinzenalmente pequenos problemas obrigatórios para serem apresentados e discutidos na aula prática. Estes problemas, poderiam ser uma parte para demonstrar pequenas passagens da matéria (por exemplo: para um caso similar ao que foi dado) e outra parte de aplicação da matéria. Isto obrigaria os alunos a acompanhar a matéria, e ao mesmo tempo o professor estaria continuamente a ter "feed-back" e a

poder medir a realidade das coisas. Quanto à avaliação final, ainda é mais diversificada quanto ao género dos exames, por isso vou só falar qual o tipo de exames que eu gostaria que existissem, desde que a época de exames fosse mais curta e houvesse avaliação contínua durante o semestre. Então supondo que o aluno apreendeu realmente a matéria durante o tempo de aulas, ele só precisa de uns dias para fazer revisões e treinar a sua destreza com uns exercícios, e o exame também deveria ser feito tendo em atenção isto. Um exame para avaliar a compreensão e a capacidade de dominar a matéria por parte do aluno, exigindo o mínimo de esforço a decorar demonstrações, não exigindo mais do que 3 ou 4 dias de preparação por parte do aluno. Quanto ao sistema de avaliação das Físicas experimentais, penso que deveria ser mais ou menos assim: uma pequena ficha de trabalho para cada experiência a entregar no dia de realização do laboratório, e um ou dois relatórios sobre uma(duas) experiência(s) à escolha do grupo a entregar até ao fim do semestre (incluindo tempo de exames). A ficha de trabalho incidiria sobre fundamentos teóricos e alguns cálculos (com dados hipotéticos) para se poder ir para o laboratório com a experiência completamente apreendida.

É claro que há sempre alunos que se dedicam de corpo e alma ao estudo desde o primeiro dia e que até acabam por achar este curso fácil. São alunos que em geral não precisam das aulas para nada, pois têm uma invulgar capacidade de de estudo e aprendem tudo sozinhos. Além disso esses alunos dedicam mais de 90% do seu tempo ao curso, o que é impossível ao estudante comum a menos que queira passar umas excelentes férias num dos maravilhosos hospitais psiquiátricos do país. É claro que estes alunos são raros, e seriam sempre bons em qualquer lado, seja no nosso curso, na Universidade de Trás-os-Montes-e-Alto-Douro ou na Conchichina.

Moral da História: Há

gente para tudo. Neste caso os alunos optam por “devorar” o obstáculo.

Nota: *Aconselha-se vivamente este método, mas só às pessoas com capacidades psicológicas e intelectuais suficientes para o aguentar.*

3 - Desarticulação das cadeiras, falta de preparação matemática atempada, falta de organização, falta de optimização, etc, etc... Não sei se tem alguma coisa a ver com o facto de haver muita gente no nosso departamento (incluindo alunos) que se dedicam ou gostam de sistemas caóticos, mas a verdade é que o nosso curso é realmente um sistema caótico muito interessante. Reparem, temos cinco cadeiras de física experimental em que utilizamos osciloscópios, multi-canais, etc, para experiências muito interessantes, mas em que ainda não temos bases para apreender teoricamente o que lá é dado, e nas duas últimas é que aprendemos a trabalhar com estes aparelhos e outros, sem nenhum fim científico. Se isto não está ao contrário, parece. Portanto, as últimas deviam ser as primeiras. Estas podiam-se juntar numa só, com duas ou três experiências sobre vácuo e o resto sobre osciloscópios, multi-canais, etc. E as outras também se podiam reduzir a três ou quatro.

Equações diferenciais, transformadas e séries de Fourier a sério, só no terceiro ano, enquanto outros cursos do Técnico (mecânica e aeroespacial, pelo menos) têm logo no primeiro ano uma cadeira em que isso é dado. Se o curso de física pretende ser o curso de engenharia com a melhor preparação matemática e física, não percebo como é que dá matéria fundamental para isso dois anos depois. O que acontece depois é uma maior dificuldade para acompanhar as cadeiras do segundo ano e primeiro semestre do terceiro, além das físicas experimentais, em que a parte teórica passa quase toda ao lado por causa disto. Depois há cadeiras tipo “dois em um” como Mecânica II e Física Estatística (esta até dá- ou dava, porque agora mudou de professor- matéria que depois vem a ser dada noutras cadeiras) e mais recentemente Mecânica Quântica II (

onde já se dá parte de Teoria do Campo, cadeira que como se sabe era inicialmente de mestrado). Depois há coisas fundamentais da física que não são dadas em condições em nenhuma cadeira (p.e.: óptica, mecânica ondulatória). Outro caso paradigmático é a cadeira de física atómica e molecular. O ano passado foi um apanhado de várias áreas teóricas ligadas ao estudo das moléculas sem dar nenhuma em condições (e que, penso eu, não tinha lógica ser dada numa licenciatura). Este ano é um apanhado e explicação das bases históricas de áreas ligadas aos átomos e moléculas. Deste modo sempre serve para perceber bem as bases da mecânica quântica e outras coisas interessantes. Mas reparem, isto é dado no terceiro ano, quando tinha mais lógica ser dada logo no primeiro ano. Mas melhor ainda seria que a maior parte do que foi dado nesta cadeira fosse dada nas físicas experimentais e nas cadeiras de mecânica quântica como introdução à matéria teórica propriamente dita. Deste modo toda a gente percebia melhor a mecânica quântica e poupava-se uma cadeira.

Para finalizar este tópico queria referir-me ao facto de não haver programas fixos para as cadeiras. Nas cadeiras de opção às vezes nem se sabe quem é o professor. Os professores também não sabem bem o que é que nós sabemos, porque num ano pode-se aprender uma coisa e noutra já não. Um professor pode dar ou deixar de dar o que lhe apetecer que também ninguém o vai chatear. Enfim, um perfeito sistema caótico que merecia um estudo científico muito sério.

O curso de Física tem a mais alta taxa de desistências (mudanças para outro curso) do Técnico. Estes alunos chegam a este curso e passado um ano ou dois acham por bem mudar para um verdadeiro curso de engenharia.

Moral da história: *Mais vale tarde do que nunca. Neste caso o aluno opta por mudar de direcção.*

4 - O facto do curso ser mais virado para física teórica pura do que para engenharia ou tecnologia. Mesmo as

cadeiras de física experimental não dão formação tecnológica. E o que está a acontecer é que a maioria das pessoas que vêm para este curso querem mesmo física teórica porque sabem que é isso que o curso é. A outra minoria, aqueles que gostam de fazer engenharia, ou mudam de curso (o que acontece muito frequentemente) ou aguentam três anos de física até poderem ter umas opções mais ao gosto deles. Há quem sugira fazer dois ramos, mas parece que isso é muito contestado. O que eu sugiro a seguir é uma forma de permitir que aqueles que querem ter física teórica tenham toda a que quiserem e que aqueles que querem ser engenheiros com bases sólidas de física, não precisem de passar o terceiro ano só a física teórica (como é actualmente).

Reconheço que será sempre muito difícil conseguir fazer um curso quase perfeito, no entanto acho que melhoraria imenso se se fizesse uma selecção das cadeiras de física essenciais para cobrir as bases de todas as engenharias. Essas cadeiras seriam pelo menos: mecânica analítica, mecânica dos meios contínuos, termodinâmica (com uma introdução básica à física estatística), electromagnetismo, física do estado sólido, mecânica quântica I, óptica e ondas electromagnéticas. Estas duas últimas teriam a sua base na actual

electrodinâmica clássica, mas com maior desenvolvimento tecnológico (p.e.: podia-se fazer a ponte para a área de telecomunicações na segunda delas); ou então a sua matéria seria distribuída pelas físicas experimentais. Estas cadeiras seriam dadas nos primeiros três anos do curso. Ainda nestes anos havia a juntar a estas as cadeiras de matemática actuais, as físicas experimentais e cadeiras de tecnologia (áreas de informática, electrotecnia, etc). Ou seja, escolher-se-ia um grupo fundamental de cadeiras de física, matemática, e tecnologia que se considerassem fundamentais para qualquer Eng. Físico Tecnológico, e a partir daí o aluno organizava o resto do curso como bem lhe apetecesse. Sugeriria ainda que se pudesse escolher cadeiras de opção ou de outros cursos logo a partir do 3º ano, o que daria maior área de manobra ao aluno para ir experimentando áreas onde estivesse interessado. Retirei de cadeiras obrigatórias física estatística, mecânica quântica II, física atómica e molecular (esta com reservas, já que não sei qual irá ser a matéria no futuro) e electrodinâmica clássica (a maior parte da matéria passaria para as cadeiras de óptica e ondas, como já referi), no entanto estas cadeiras passariam a opcionais e todos aqueles que as quisessem ter, podiam tê-las à mesma no terceiro ano,

ou depois.

Para terminar, queria dizer que o actual clima que se instalou no nosso curso e que tem passado de uma geração de alunos para a seguinte não favorece em nada os alunos que todos os anos entram no nosso curso, pois entram no curso e começam logo a absorver desmotivação dos seus colegas mais antigos. Seria muito fácil inverter esta situação se tanto os alunos como os professores o quizessem. No nosso curso temos professores com uma grande capacidade, alunos com uma grande capacidade (aliás, penso mesmo que este curso só sobrevive devido à boa qualidade dos alunos) e bastava que os professores por um lado motivassem os alunos, e que os alunos por outro lado ajudassem sempre os professores a cumprir melhor a sua função e a melhorá-la dia-a-dia exigindo sempre o melhor dos professores. Como dizia o prof. Epifânio da Franca (professor de Teoria dos Circuitos) à dias no Jornal da tarde da RTP, é preciso enraizar nos alunos “um espírito de motivação, de trabalho e de esforço”. Penso que um passo importante para isso será realmente a avaliação contínua nas cadeiras e um acompanhamento constante dos alunos por parte dos professores.

COMO ESTUDAR NO ESTRANGEIRO

Ana Rita Almeida e Pedro Fonseca

Ana Rita Almeida
LEFT - 5º ano

1. Programa ERASMUS¹

1.1. Experiência pessoal em Neuchâtel, Suíça

Levantas-te às sete da manhã todos os dias. Ainda é de noite (obrigações comunitárias??). Meio estremunhado metes-te no autocarro para ir para o Técnico e pensas “Estou farto disto!” Como se estas razões não bastassem leste há pouco tempo um artigo sobre uma universidade em Copenhaga que tinha um currículo interessantíssimo (ao que parece Análise Matemática III não era obrigatória), ou procuraste na Internet (está na moda), ou percorreste toda a lista de universidades ligadas ao programa

Erasmus (digo Sócrates). Vá lá, já dei motivos de sobra para a minha estadia na Suíça onde realizei o quarto ano de física na Universidade de Neuchâtel, ao abrigo do programa Erasmus.

Como é hábito quando um português está numa faculdade no estrangeiro, fiquei impressionada com as condições de trabalho. Comparativamente ao número de estudantes, professores e investigadores, o Departamento de Física de Neuchâtel é grande e muito bem apetrechado. As principais áreas de investigação são a Física do Estado Sólido e a Física Fundamental. Para os mais tecnológicos há o instituto de Física-Electrónica que é muito conceituado. Quanto a diferenças curriculares ou a nível de exigência, verifiquei-as especialmente na parte laboratorial. Cada

aluno tem doze horas de trabalho experimental individual por semana. Mesmo para os fãs da teoria esta prática pode constituir uma vantagem. No entanto, apesar de todas as condições e material, os encarregados das experiências mostram uma total indiferença pelos laboratórios e pelos alunos. Há experiências que funcionam desde 1979 sem um único melhoramento, nem sequer nas folhas explicativas para os alunos, folhas essas de teoria incompreensível e que por vezes têm erros. Aliás o mal começa nos alunos que preferem copiar relatórios a tentar fazer as coisas e que parecem vítimas de um adormecimento geral. Constatei, como já tinha ouvido dizer, que muitas vezes as sociedades ricas geram filhos sem objectivos, apáticos e fora da

Considerações Filosóficas sobre Física

INTUIÇÃO E A FÍSICA

por Cristóvão R. F. de Matos

A Física é um jogo viciante e viciado, onde o cientista é jogador e é jogado... A Natureza encobre-nos os seus segredos com um véu ao qual só esporadicamente ousa destapar uma ponta. As regras do jogo ninguém as conhece, e no entanto é apaixonante jogá-lo!

As filosofias da ciência preocupam-se demasiado em conservar os purismos tradicionais, procurando cada uma a sua independência, e pretendendo encontrar a resposta para a problemática do conhecimento. Procuram-se respostas completas para um problema incompleto. Cada vez mais cresce a necessidade de uma filosofia que englobe no seu programa conceitos importantes ligados a

essa mesma incompletude que urge uma caracterização rigorosa. Um desses

conceitos é o de intuição, que desempenha um papel primordial no seio das ciências, e que, ao longo dos tempos não tem sido tratado, propagando-se o risco de a mesma poder ser usada sem a devida consciência do seu poder.

Todo o físico usa a intuição como função criadora que traduz a sua impressão da realidade natural. Esta mesma função poder-se-ia caracterizar na linha do pensamento *kantiano* como *uma visão a priori da realidade física*. A apreensão do objecto cognoscido caracteriza-se por ser transcendental ao cognoscente, sendo o conhecimento obtido por meio da intuição, baseado em experiências anteriores do indivíduo.

K. Pöpper introduziu o conceito de falsificabilidade das teorias científicas como uma consequência da incompletude. Uma teoria científica é uma verdade aberta no sentido de subsistir não por ser verdadeira, mas por ser aquela que melhor se adapta ao estado contemporâneo do

conhecimento. A mesma deve ser falsificável, ou seja, passível de ser provada falsa pelo uso da experiência.

Neste sentido perde-se a definição de conhecimento como algo estático, que perdurando para todo o sempre nas esferas platónicas das ideias, pode ser alcançado. O conhecimento passa ser uma ideia de como a Natureza funciona; temos uma ideia das leis que a regem.

A criação de uma teoria científica culmina após um processo de organização de ideias através do uso da intuição que conduz a um modelo tratável pela matemática. É necessário um conhecimento muito profundo do assunto em causa e acumular um leque variado de experiências para que aflore o

produto final que é uma teoria.

O verdadeiro conhecimento de uma teoria deve passar incontornavelmente

pela reflexão meticulosa dos seus princípios básicos (as suas premissas) e pela necessidade da introdução das mesmas como justificação para os fenómenos observáveis. É necessário, portanto, criar uma consciência do funcionamento da Natureza naquele subconjunto descrito por aquela. Isso só se consegue quando houver uma intuição de como se processam os fenómenos. A mesma serve para que este tenha plena consciência da sua amplitude.

De nada serve conhecer uma teoria do ponto de vista matemático se não houver um conhecimento processual do modo como aquele modelo descreve a Natureza.

A intuição científica deve provir, em consequência natural, de um *Universo aberto* descrito por modelos passíveis de falsificação, pois ela é ponto de partida para a construção destes, e, o conhecimento deve servir-se dela como primeira ponte entre esses modelos e a realidade objectiva.

Por outro lado, a intuição é usada para justificar raciocínios físicos apoiados numa teoria, mas a mesma não pode nunca fundamentá-los pois é evidentemente subjectiva e peca por um *carácter universal*. Uma prova rigorosa é sempre desejável. No entanto, nem sempre isso é possível em física. A física vive de imensas noções intuitivas das quais são exemplos o espaço, o tempo, o átomo, as partículas, *et caetera*. Ninguém pode nunca ensaiar uma definição para essas *ideias*, não podendo ser caracterizadas rigorosamente. E afinal, o que é uma *caracterização rigorosa*? Não podemos negar certas ambiguidades que abundam na Física. A posição geralmente tomada é a de contornar essas dificuldades evitando sobre elas se pronunciar. Para uma filosofia da ciência em geral, isso é repugnável e a ignorância destas questões poderá subverter o seu programa.

Como diz E. Morin "*As ciências não têm consciência dos princípios ocultos que comandam as suas elucidações. (...) As ciências não têm consciência de que lhes falta uma consciência*"(1).

Ter-nos-á este jogo que jogamos com a natureza amputado a visão da sua dinâmica? Estaremos a jogar um jogo viciado? Estará o caminho armadilhado?

(1) O contexto em que se insere esta citação não é necessariamente o aproveitado para este artigo.

BIBLIOGRAFIA

Davis, Philip J. & Hersh, Reuben - *A Experiência Matemática*, Gradiva (Col. Ciência Aberta); contém uma interessante discussão sobre a intuição em matemática.

Kant, Immanuel - *Crítica da Razão Pura*, Fundação Calouste Gulbenkian; esclarece-se o que se entende por conceito *a priori*.

Morin, Edgar - *Science avec Conscience*; defende-se uma ligação estreita entre a descoberta científica e o meio que a envolve.

Pöpper, Karl - *The logic of Scientific Discovery*; obra-prima do aclamado filósofo alemão do nosso século que introduz o conceito de falsificabilidade das teorias científicas.

DIÁLOGO COM UM MICRÓBIO INTELIGENTE SOBRE TERMODINÂMICA

por José Rino Henriques

O que se segue é uma tentativa de resposta ou, se quiserem, um pequeno capítulo de ficção científica, baseado num dos temas prévios de trabalho e reflexão da disciplina de Termodinâmica do 2º ano, leccionada pelo professor António Brotas. Trabalho 17: *imagine um diálogo com um micróbio inteligente sobre a Termodinâmica. (Este micróbio deve ser considerado um companheiro em todos os estudos de Termodinâmica em que nos interessemos por escalas muito pequenas)*. Estabelecido o contacto com o dito micróbio (não foi nada fácil, mas tive a sorte de encontrar um simpático...) o verdadeiro desafio para o autor foi levar o Mic (assim se chama o nosso interlocutor) a falar de si próprio, da sua experiência, daquilo que para ele é, ou poderia ser, uma Ciência chamada Termodinâmica. E as respostas nem serão as mais esperadas...

Segue-se um relato mais ou menos fiel da minha conversa com o Mic...

“Termodinâmica? Não... nunca ouvi falar disso”.

Confesso que fiquei um pouco desiludido quando li estas palavras no ecrã do computador. Olhei para o lado e tentei imaginar o meu interlocutor no emaranhado de fios e sensores electroquímicos que emergiam de uma espécie de solução aquosa verde (era a melhor definição que podia dar daquele líquido...). Um micróbio!... Eu estava a falar com um micróbio! Graças à maravilhosa evolução dos computadores e da microbiologia era agora possível comunicar com os micróbios! Pelo menos com os inteligentes... Este aqui dizia chamar-se Mic... Mas de resto não me parecia muito esperto... Perguntei-lhe se sabia o que era a temperatura de um corpo...

Mic: Temperatura? Vocês de facto inventam conceitos bastante esquisitos. Tem alguma coisa a ver com cor? Para mim tudo isto é novidade...

Eu: Não, não tem nada a ver. Ou melhor, estão relacionados mas isso agora não interessa. Não distingues as coisas quentes das frias?

Mic: Se me definires o que é isso de *quente e frio* posso tentar...

Eu: Espera um pouco...

Resolvi aquecer aquele líquido verde esquisito onde o Mic era suposto estar. Felizmente em todos os laboratórios existe um bico de Bunsen. Com muito cuidado para não queimar nenhum fio aproximei a chama do recipiente e aqueci-o por alguns segundos. Uma mensagem de pânico não tardou a surgir no ecrã. Era o Mic a perguntar-me o que diabo estava eu a fazer para colocar todas as moléculas que o rodeavam numa agitação incrivelmente perigosa... pelo menos para ele!

Mic: Estou a ser bombardeado por todos os lados! Pára com isso!

Eu: Já parei... Pronto, já deve estar a arrefecer...

Mic: Uff... já está a ficar mais suportável. O que é que fizeste?

Eu: Aqueci o líquido onde vives. Não ficou mais quente?

Mic: Não sei. Ficou foi mais perigoso. As moléculas que me rodeiam estão sempre a chocar comigo mas normalmente eu consigo suportar os choques. Há pouco quase que não sobrevivia. O movimento de todas as moléculas aumentou bastante e os choques tornaram-se mais violentos. É isso o “aquecer”?

Eu: Bem... acho que sim. Pelo menos à escala microscópica. O arrefecer é o processo inverso. Suponho que as moléculas ficariam mais lentas... A temperatura é uma forma de medir esta propriedade dos corpos. Quanto maior for a temperatura, mais quente estará o corpo.

Mic: Ou seja, no meu mundo, quanto maior for a temperatura, maior será o movimento das moléculas. Nesse caso aquilo a que vocês chamam temperatura nós, “seres microscópicos” (a designação é vossa), chamamos energia. Quanto mais energia tiverem as moléculas, maior será o seu movimento...

Eu: Só que nós não vemos esse movimento. É curioso. Quando

colocamos dois corpos em contacto e se eles estiverem a temperaturas diferentes, nós dizemos que há transferência de calor de um corpo para outro (e até temos uma lei de conservação para o fenómeno: a quantidade de calor que sai de um corpo é exactamente igual à quantidade de calor que entra no outro). Mas passado algum tempo eles ficam os dois com a mesma temperatura e dizemos que foi atingido o equilíbrio térmico. Não há mais nada a ir de um lado para o outro...

Mic: Equilíbrio Térmico? Não existe nada disso no meu mundo. O movimento existe sempre e nem sequer é o mesmo para todas as moléculas. Se a temperatura fosse igual em todo o corpo então todas as moléculas iguais deveriam andar com a mesma velocidade, todas teriam a mesma energia, e isso manifestamente não se verifica.

Eu: Mas nós não podemos ver todas as moléculas ao mesmo tempo e muito menos calcular a energia de cada uma em todos os instantes. Falamos, isso sim, de propriedades médias do sistema: a temperatura de um corpo tem que ver com a energia média das suas moléculas. Até porque quando fazemos medições são sempre valores médios que medimos. A pressão que aparece nas nossas equações também só pode ser a pressão média que as moléculas de um gás, por exemplo, exercem contra as paredes do recipiente.

Mic: Quando elas chocam com as moléculas do recipiente... Isso está sempre a acontecer...

Eu: Sim, e nós não temos meio nenhum de medir a energia delas uma a uma...

Mic: Vocês, portanto, também falam de energia...

Eu: Sim, e até temos leis para a conservação da energia. Falamos de uma energia interna para os corpos (no fundo é a soma da energia de todas as suas moléculas em movimento e vibração) mas não a conseguimos medir directamente. Calculamos apenas variações dessa energia, que resultam das trocas de trabalho ou calor: uma das nossas leis de conservação diz que a variação de energia de um sistema (agora num conceito mais geral que inclui as energias interna, cinética e potencial) é igual à soma das trocas de trabalho e

calor com o exterior, contando positivamente o que entra. Mas demorámos algum tempo a chegar a esta conclusão...

Mic: Nós, micróbios, nunca lá chegámos...

Eu: Pois. Graças a isto, conseguimos construir máquinas térmicas que, funcionando por ciclos, conseguem transformar calor em trabalho mas isto não pode ser feito de qualquer maneira. Carnot, que estudou o fenómeno, afirmou que não é possível a uma máquina térmica produzir trabalho trocando calor com uma única fonte. O que é o mesmo que dizer que não podemos fazer passar calor de um corpo mais frio para outro mais quente sem gastarmos trabalho no processo. Este é o chamado Segundo Princípio da Termodinâmica.

Mic: Qual é o primeiro?

Eu: O da conservação da energia, de que falei há bocado. Mas voltando aos ciclos de Carnot. Ele imaginou uma máquina térmica perfeita que poderia andar para trás e para a frente: o seu funcionamento percorria um ciclo de transformações com ramos, uns com temperatura constante, outros sem trocas de calor com o exterior (num diagrama pressão-volume o ciclo seria representado por aquilo que chamamos de isotérmicas e adiabáticas). Graças ao ciclo de Carnot, pudemos definir uma nova grandeza chamada entropia. E chegámos então a um resultado bastante interessante: para sistemas isolados, a entropia nunca diminui. Ou se mantém constante, ou aumenta. Se aumenta o processo é irreversível, não pode voltar para trás. Quando colocamos dois corpos a temperaturas diferentes em contacto e esperamos um bocado, a temperatura dos dois fica igual, já vimos isso; o que eu agora estou a dizer é que eles nunca podem espontaneamente voltar ao estado inicial. O processo é irreversível.

Mic: Esse conceito de entropia é curioso... Também sei o que são processos irreversíveis. Se deixares cair uma gota de tinta azul neste líquido verde, os milhões de moléculas que a constituem não demoram muito tempo a espalharem-se por todo o recipiente, devido aos choques com as outras moléculas. O processo também é

irreversível. A probabilidade de as moléculas se voltarem todas a reunir no seio do líquido para formarem de novo a gota de tinta azul é praticamente nula. Nós, micróbios, associamos isso que vocês chamam de entropia à desordem das moléculas...

Eu: Sim, de certa forma a entropia é a medida de desordem de um sistema...

Mic: E nos sistemas isolados os processos irreversíveis são sempre aqueles que levam a uma desordem máxima. Concorro absolutamente com tudo isso. Mas o que é a Termodinâmica, afinal?

Eu: Termodinâmica é a Ciência que estuda tudo o que temos vindo a discutir. Sempre que se fala em temperatura e em fenómenos térmicos, fala-se em Termodinâmica. E estudamos todos os fenómenos: os reversíveis e os irreversíveis. Ultimamente é raro falar de Mecânica sem entrar nos terrenos da

Termodinâmica. Basta ver a importância e a divulgação dada ao conceito de entropia...

Mic: Para nós, micróbios, não faz sentido falar de Termodinâmica. O vosso conceito de temperatura não tem sentido à nossa escala. Nós só vemos partículas microscópicas em movimento e essas conseguimos estudar bem com a Mecânica. A nossa entropia faz parte da Mecânica... não da Termodinâmica. É apenas uma medida da desordem do sistema... da dispersão das moléculas... O que é curioso é verificar que à vossa escala tudo isto se modifica. Não fazia ideia que o choque de todas estas

moléculas com as moléculas da parede deste recipiente desse origem a algo constante, à vossa escala, que vocês chamam de pressão. Tudo isto é fascinante... E algo incompreensível... Aprecio a vossa Termodinâmica, mas nós, micróbios, não temos necessidade dela... não construímos máquinas...

De repente, o monitor do computador apagou-se completamente. Uma nuvem de fumo espalhava-se pelo laboratório, de um modo completamente irreversível. Tinha-me esquecido do bico de Bunsen aceso e um dos circuitos integrados estava agora totalmente derretido. Anos e anos de investigação queimados em alguns minutos! O recipiente com o líquido verde estava na mesma, embora eu soubesse que o Mic estava neste preciso momento a ser bombardeado por mais alguns milhares de moléculas...



Revista Técnica

Ensino Investigação Desenvolvimento

Queres colaborar com a Técnica?

A Técnica precisa de colaboradores. Se sentes que a divulgação de ciência e engenharia é fundamental, se desejas participar na elaboração desta importante revista, dirige-te à Direcção da Associação dos Estudantes e inscreve-te como colaborador. Vem ser mais um átomo da Técnica!

"MÉTODO DE VODC":

MÉTODO ALTERNATIVO AO MÉTODO
DOS MULTIPLICADORES
INDETERMINADOS DE LAGRANGE
PARA SISTEMAS ANHOLÓNOMOS
por Óscar Dias e Victor Cardoso

Neste artigo, é apresentado um novo método que designaremos por método de VODC, que permite obter as equações do movimento dos sistemas anholónomos de uma maneira mais simples que a do método dos multiplicadores indeterminados de Lagrange.

Este método tem, ainda, a vantagem de permitir aplicar a formulação Hamiltoniana a sistemas anholónomos.

1. PANORAMA ACTUAL

Em Física Clássica, quando temos um sistema de N partículas, as leis de Newton, em particular

$m_i \ddot{x}_i = F_i^{(\text{exterior})} + \sum_j F_{ji}$; EQS(1), permitem obter as equações do movimento do sistema. Este processo, no entanto, nem sempre é simples, principalmente quando é necessário levar em conta as ligações que limitam o movimento do sistema. As ligações introduzem dois tipos de dificuldades na resolução dos problemas mecânicos. Primeiro, as coordenadas x_i 's não são independentes uma vez que estão relacionadas pelas equações de ligação e, portanto, as equações do movimento (EQS 1) não são todas independentes. Segundo, as forças de ligação não são fornecidas à priori sendo também incógnitas do problema. De facto, impôr ligações no sistema é simplesmente uma outra maneira de dizer que há forças presentes no problema que não podem ser especificadas directamente, mas que são conhecidas pelos seus efeitos no movimento do sistema. Geralmente as ligações são classificadas em *holónomas* e *anholónomas*. Dizem-se *holónomas* quando as condições de ligação podem ser expressas como equações relacionando as coordenadas da partícula (e possivelmente o tempo) da forma: $f(x_1, x_2, \dots, t) = 0$, isto é, quando as equações de ligação são integráveis. Dizem-se *anholónomas* caso contrário.

No caso de as ligações presentes no sistema serem todas *holónomas*, a primeira dificuldade atrás indicada pode ser resolvida através da introdução de coordenadas generalizadas. De facto, dado um sistema com $3N$ coordenadas cartesianas e K equações de ligação, pode-se usar as K equações de ligação para eliminar K das $3N$ coordenadas dependentes obtendo-se $3N-K$ coordenadas independentes. Este processo equivale a introduzir novas $3N-K$ coordenadas independentes q_j 's, em termos das quais as antigas $3N$ coordenadas x_i 's são expressas

pelas equações de transformação: $x_i = x_i(q_1, \dots, q_{3N-K}, t)$ com $i=1; \dots; 3N$, que contêm as condições de ligação implicitamente.

Lagrange introduziu o conceito de deslocamento virtual infinitesimal δr correspondendo a uma alteração na configuração do sistema como resultado de qualquer alteração infinitesimal das coordenadas, consistente com as forças e ligações impostas no sistema num dado instante t . Este deslocamento distingue-se do deslocamento real infinitesimal dr pelo facto, deste último ocorrer num intervalo de tempo dt durante o qual as forças e ligações se podem alterar.

Lagrange, usando o *princípio de D'Alembert* e, mais tarde, Hamilton, usando o *princípio de Hamilton*, deduziram então as equações de Lagrange:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0 \text{ com } L = T - U \text{ e } j=1; \dots; 3N-K.$$

Estas equações são válidas para sistemas *holónomos* e para os quais as forças generalizadas Q_j 's são *monogénicas*, isto é, são funções de um potencial generalizado $U(q_j, \dot{q}_j)$ do tipo:

$$Q_j = -\frac{\partial U}{\partial q_j} + \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial U}{\partial \dot{q}_j} \right).$$

Estas equações de Lagrange constituem as equações do movimento do sistema alternativas às equações de Newton, tendo a vantagem de eliminar as dificuldades atrás indicadas.

Se as ligações são *anholónomas*, as equações de ligação não podem ser usadas para eliminar as coordenadas dependentes, pois não são integráveis.

No caso particular, muito comum, de as equações de ligação serem da forma de equações diferenciais lineares de

primeira ordem do tipo: $\sum_j a_{lj} dq_j + a_{lt} dt = 0$; $l=1; \dots; K$,

Lagrange introduziu estas equações, no problema, juntamente com as equações diferenciais do movimento e conseguiu eliminar as equações dependentes usando, para tal, o *método dos multiplicadores indeterminados de Lagrange*. As equações do movimento para sistemas *anholónomos* e *monogénicos* deduzidas por Lagrange são:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = \sum_l \lambda_l a_{lj}$$

$$\sum_j a_{lj} \dot{q}_j + a_{lt} = 0 \quad \text{com} \quad \begin{cases} j=1; \dots; n \\ l=1; \dots; K \end{cases}$$

(EQS2)

A dedução destas equações encontra-se em [1] (cap 2-4 "Extension of Hamilton's Principle to nonholonomic systems."). Recomendamos vivamente uma leitura desta

1989 surge o conceito do "Photon accelerator", pela mão de Wilks, Dawson, e outros [4], em parte motivado pela recente revolução na tecnologia laser. Neste artigo é pela primeira vez empregue o termo "aceleração de fotões", e a interacção laser-plasma é concretizada na colisão de um impulso laser com uma onda plasma electrónica de características bem determinadas, criada por um outro impulso laser de alta potência.

Finalmente, em 1994, Mendonça e Oliveira e Silva elaboram uma teoria unificadora da aceleração de fotões [5]. Os aspectos mais importantes desta nova formulação foram apresentados no seminário realizado no dia 27 de Maio pelo Grupo de Lasers e Plasmas, onde foram anunciados os primeiros resultados experimentais da aceleração de fotões e no qual se baseia este artigo. Vamos então dar uma espreitadela.

Teoria Hamiltoniana da Aceleração de Fotões

Recordemos o seguinte problema geral: como é que se propagam as ondas electromagnéticas num meio cujas propriedades variam no espaço e no tempo?

Do ponto de vista da luz, podemos formular o problema introduzindo um índice de refração que depende das coordenadas e do tempo: $n = n(\vec{r}, t)$

Uma onda electromagnética é caracterizada por uma frequência ω e pelo vector de onda \mathbf{k} . Se pensarmos num meio onde o índice de refração só depende da posição, então o vector \mathbf{k} vai mudar, que é exactamente o que acontece numa lente ou num prisma, e a frequência da onda não sofre qualquer alteração. Se, por outro lado,

considerarmos a propagação num meio cujo índice de refração varia apenas com o tempo, dá-se uma inversão de papéis: a frequência da onda vai ser alterada, mas o vector de onda mantém-se constante, conforme apresentado na figura 1.

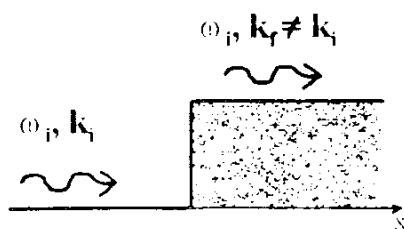
Na aceleração de fotões temos uma combinação dos dois efeitos referidos, uma vez que as frentes de ionização possuem uma estrutura espacial e propagam-se no meio. É portanto de esperar uma variação mais dramática da frequência e do número de onda.

Uma descrição ondulatória exacta não pode deixar de ter em conta as relações de fase que existem entre a onda electromagnética e a perturbação do índice de refração durante todo o processo de interacção. No entanto, quando as escalas de espaço e tempo associadas à variação do índice de refração são muito maiores que as da onda (o que acontece numa situação experimental real), podemos utilizar a aproximação WKB, que permite definir uma frequência e uma posição centrais para um pacote de ondas. Por outras palavras, dá muito jeito para fazer contas.

A relação de dispersão permite-nos determinar quais os tipos de ondas que se podem propagar num dado meio. É fácil verificar que para os pacotes de onda já referidos as equações para a velocidade de grupo da onda v_g , a frequência ω , e o vector de onda \mathbf{k} , possuem uma estrutura hamiltoniana, com a frequência $\omega(\mathbf{r}, \mathbf{k}, t)$ a fazer o papel do Hamiltoneano clássico, e onde \mathbf{k} e \mathbf{r} são as variáveis canónicas conjugadas. Estas equações constituem a base da óptica geométrica.

Lembram-se da massa equivalente do fotão? Bom, um pacote de ondas é o

Índice de refração $n(\mathbf{r})$



Índice de refração $n(t)$

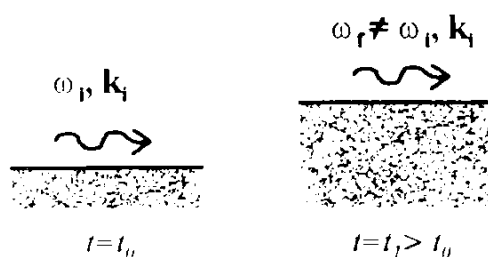


Fig. 1. Casos particulares de $n(\mathbf{r}, t)$

Instantâneos

Pequena selecção de notícias das seguintes revistas:

LaR - La Recherche

N - Nature

PhW - Physics World

Ing - Ingenium - Revista da Ordem dos Engenheiros

ScA - Scientific American

por David Fernandes e Paulo Cunha

Dois novos reactores experimentais de fusão nuclear, destinados a investigar a geometria ideal para os futuros reactores comerciais vão ser construídos: um stellarator, Wendelstein 7X, na Alemanha e um tokamak esférico, MAST, no Reino Unido. (PhW Mai, 5)

Descoberta a estrutura do anel de Júpiter (N 23Mai, 279).

As observações com o irmão do telescópio Keck, o Keck II, irão iniciar-se em Outubro (N 16Mai, 185).

Irá ser iniciada a construção da instalação dos mais intensos feixes radioactivos da Europa, o Euroball em Estrasburgo. (PhW Abr, 7)

Novo computador de xadrez da IBM, Deep Blue, venceu à primeira tentativa o campeão mundial Gary Kasparov. Dos jogos seguintes do torneio de 6, Kasparov ganhou 3 e empatou 2, alterando a sua estratégia de jogo e usando jogo mais posicional, que o computador não utilizou. A pesquisa deste tipo de inteligência artificial irá abrir caminho a investigação em controlo de tráfego aéreo e rodoviário, determinação de relações subtis entre dados, etc. (PhW Abr, 7), (LaR Abr, 22)

Ora, a reflexão preliminar que fizemos permite-nos afirmar que os δq_j 's são independentes e o integral anterior deverá ser válido para valores arbitrários de δq_j , só sendo isto possível se:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0 \quad \text{com } j = 1; \dots; n - K$$

Estas $n-K$ equações diferenciais permitem obter as equações do movimento para sistemas *anholónomos* e *monogénicos* usando somente $n-K$ *graus de liberdade* (que especificam o problema), atingindo-se, assim, o objectivo a que este trabalho se propôs. Por vezes, na resolução destas equações, também será útil analisar o lagrangiano expresso em função das coordenadas dependentes (ver: "EXEMPLO DE APLICAÇÃO").

O método que nos permitiu chegar a estas equações designaremos por "*Método de VODC*".

Se quiséssemos, poderíamos usar as K equações de ligação:

$$\sum_i a_{ij} \dot{x}_i + a_{ik} = 0 \quad \text{com } \begin{cases} i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, K \end{cases} \quad \text{para obter a evolução temporal das } K \text{ coordenadas dependentes.}$$

Este método tem, em relação ao *método dos multiplicadores indeterminados de Lagrange*, a desvantagem de não permitir determinar as forças de ligação (estas são o significado físico atribuído aos multiplicadores de Lagrange), no entanto, a prioridade é obter o mais facilmente possível as equações do movimento. Aliás, quando o sistema é holónimo, usa-se o método de Lagrange para sistemas holónomos para obter "só" as equações do movimento e, caso se queira conhecer as forças de ligação, recorre-se, então, ao método dos multiplicadores de Lagrange.

A grande vantagem do método de VODC encontra-se, no entanto, no facto de permitir aplicar a formulação Hamiltoniana a sistemas *anholónomos* e *monogénicos*. A formulação Hamiltoniana, do ponto de vista da obtenção da solução dos problemas mecânicos, não introduz grandes inovações em relação à formulação Lagrangiana, mas constitui uma ferramenta de trabalho poderosa para desenvolvimentos teóricos em diversas áreas da Física, como a teoria de Hamilton-Jacobi, a teoria das Perturbações, a Física Estatística, a Mecânica Quântica, etc.

Até agora, a formulação Hamiltoniana aplicava-se somente a sistemas *holónomos* e *monogénicos* (baseamo-nos na bibliografia apresentada). Com o método de VODC o mesmo formalismo poderá ser aplicado a sistemas *anholónomos* e *monogénicos*. Este formalismo encontra-se na secção "8-1 Legendre Transformations and the Hamilton Equations of Motion" de Goldstein[1]

Assim, o Hamiltoniano para um sistema *anholónimo* é também obtido por uma transformação de Legendre, sendo dado por:

$$H(q_j, p_j, t) = \sum_j \dot{q}_j p_j - L(q_j, \dot{q}_j, t) \quad \text{com } j = 1; \dots; n - K$$

e as $2(n-K)+1$ equações canónicas de Hamilton são:

$$\begin{cases} \dot{q}_j = \frac{\partial H}{\partial p_j} \\ \dot{p}_j = -\frac{\partial H}{\partial q_j} \\ \frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial t} \end{cases} \quad ; \text{ com } j = 1; \dots; n - K.$$

Todos os benefícios da formulação Hamiltoniana poderão, agora, ser aplicados a sistemas *anholónomos*.

3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO:

Vamos apresentar o exemplo da secção "1-3 Constraints" em [1], de um disco vertical rodando num plano horizontal, ao qual acrescentaremos o potencial $U(y) = ky$.

a) USANDO O MÉTODO DOS MULTIPLICADORES INDETERMINADOS DE LAGRANGE:

• Lagrangiano em função das coordenadas dependentes ($n = 4$):

$$L(x, y, \theta, \phi) = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} I \dot{\phi}^2 + ky$$

• Determinação dos coeficientes indeterminados de Lagrange:

$$\begin{cases} \lambda_1 (dx - a \sin \theta d\phi) = 0 \\ \lambda_2 (dy + a \cos \theta d\phi) = 0 \end{cases}$$

• Equações do movimento:

• Equações de Lagrange:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} = \lambda_1 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = \lambda_2 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \phi} = -\lambda_1 a \sin \theta + \lambda_2 a \cos \theta \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \end{cases}$$

• Equações de ligação:

$$\begin{cases} \dot{x} - \dot{\phi} a \sin \theta = 0 \\ \dot{y} + \dot{\phi} a \cos \theta = 0 \end{cases}$$

Temos, assim, um sistema de $n + K$ equações e $n + K$ variáveis $(x, y, \phi, \theta, \lambda_1, \lambda_2)$

b) USANDO O MÉTODO DE VODC:

•Lagrangiano em função das coordenadas dependentes ($n = 4$):

$$L(x, y, \theta, \phi) = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} I \dot{\phi}^2 + ky$$

•Equações de ligação ($K = 2$):

$$\begin{cases} dx - a \sin \theta d\phi = 0 \\ dy + a \cos \theta d\phi = 0 \end{cases}$$

Existem $n-K=2$ coordenadas independentes. Como o potencial é função da coordenada 'y', esta coordenada tem de ser escolhida para independente. A segunda coordenada independente poderá ser escolhida arbitrariamente. Seja θ .

•Equações do movimento:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = 0 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \end{cases}$$

Temos, assim, um sistema de $n-K$ equações e $n-K$ variáveis (y, θ).

O leitor verificará que a resolução analítica destas equações é tarefa difícil. No entanto, verificamos que no lagrangiano $L(x, y, \phi, \theta)$, a coordenada θ é cíclica, isto é, não aparece no lagrangiano e, portanto, tem-se:

$\dot{\theta} = \omega = \text{conste}$ e $\theta = \theta_0 + \omega t$. Estas equações, que fornecem a evolução temporal da coordenada θ independentemente do lagrangiano considerado, podem ser introduzidas nas equações anteriores tornando a sua resolução fácil. Este artifício pode ser usado em muitos problemas semelhantes.

Podemos, agora, aplicar a formulação Hamiltoniana ao problema

•Determinação dos momentos generalizados:

$$\begin{cases} p_y = \frac{\partial L(y, \theta, t)}{\partial \dot{y}} \\ p_\theta = \frac{\partial L(y, \theta, t)}{\partial \dot{\theta}} \end{cases}$$

•Definição do Hamiltoniano:

$$H(y; p_y; \theta; p_\theta; t) = (\dot{y} p_y + \dot{\theta} p_\theta) - L(y, \theta, t)$$

•Equações canônicas de Hamilton:

$$\begin{cases} \dot{y} = \frac{\partial H}{\partial p_y} ; & \dot{\theta} = \frac{\partial H}{\partial p_\theta} \\ \dot{p}_y = -\frac{\partial H}{\partial y} ; & \dot{p}_\theta = -\frac{\partial H}{\partial \theta} \\ \frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial t} \end{cases}$$

Uma nota final. No caso de o número de coordenadas presentes no potencial do problema ser maior que o número de graus de liberdade $n-K$, o método de VODC pode ser combinado com o método dos multiplicadores indeterminados de Lagrange para simplificar o problema. De facto, uma reflexão permitirá concluir que, com esta combinação, só necessitamos de $r - (n - K) < K$ multiplicadores de Lagrange e de $r \leq n$ equações de Lagrange.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] GOLDSTEIN, HERBERT, *Classical Mechanics*.
- [2] JACKSON, JOHN DAVID, *Classical Electrodynamics*.
- [3] LANDAU, L. D., and LIFSHITZ, E. M., *Mechanics*.

Óscar Dias e Vitor Cardoso são alunos do 3º ano de Engenharia Física Tecnológica do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Original submetido para publicação em 15 de Abril de 1996.

GERARD'T HOOFT no IST

Por Filipe Moura

Encontra-se em Portugal, a convite do Centro de Física das Interações Fundamentais (CFIF), o prof. Gerard 't Hooft, da Universidade de Utrecht. Na próxima quarta-feira, 5 de Junho de 1996, o prof. 't Hooft profere um seminário intitulado "Quantum Gravity and Black Holes in Particle Physics". No *abstract* da conferência, que será dividida em duas sessões, pode ler-se: "Nestas duas sessões, discute-se a possível relevância da física dos buracos negros para a teoria das partículas elementares. Um buraco negro é um resultado legítimo da Teoria da Relatividade Geral não quantizada, se a sua massa for maior do que a massa de Planck, ou cerca de 20 microgramas. No entanto, se tentarmos tratar um buraco negro tal e qual como se ele próprio fosse uma partícula elementar, as leis conhecidas da teoria quântica do campo dão resultados conflituosos. A modificação destas leis no sentido de obter uma teoria coerente requer uma nova física, e pouco mais se pode fazer do que adivinhar os seus princípios fundamentais. Uma hipótese que originalmente foi muito criticada, mas que presentemente se encontra mais em foco, é a de que a coerência e unitariedade da mecânica quântica têm de ser postuladas. Está-se apenas a começar a extrair algumas das consequências, como por exemplo uma possível natureza "córdica" do espaço-tempo, embora ainda não seja claro quando é que aplica os formalismos mais convencionais da teoria das supercordas".

Mas a celebridade de 't Hooft deve-se a ter sido o primeiro cientista a provar a renormalizabilidade das teorias de gauge, o que constituiu um marco na história da física de partículas. E aqui convém abrir um ligeiro parêntesis, e traduzir esta frase para português corrente. É sabido da mecânica quântica que, se se tiver uma função de onda ψ , uma transformação do tipo $\psi \rightarrow \psi \exp(i\alpha)$ deixa a física invariante. Por "física", como se sabe, neste contexto, pode-se

entender o lagrangeano respectivo, função quer das funções ψ , quer das suas derivadas primeiras em relação às coordenadas temporais e espaciais. O valor α , sem significado físico (seja em relação à física, seja em relação ao lagrangeano), é a chamada *gauge* (designação histórica para *fase*). Se α depender das coordenadas, tem-se uma chamada *invariância local* de gauge; se não depender, tem-se uma *invariância global* (resultado mais fraco). O conjunto de transformações de fase do tipo $\exp(i\alpha)$, sendo α um número real, forma um grupo unitário abeliano conhecido por grupo $U(1)$. Pelo teorema de Noether, este resultado implica a existência de uma grandeza conservada.

As teorias em que o lagrangeano é invariante por transformações de fase (esta é uma exigência lógica, pois uma fase é arbitrária) são as chamadas *teorias com invariância padrão* ou *teorias de gauge*.

Existem vários tipos de transformações de gauge, estando as interações electromagnéticas, fortes e fracas associadas cada qual ao seu grupo de transformações. Este grupo pode ser não-abeliano (quando a multiplicação do grupo é não comutativa). Uma teoria de gauge associada a um grupo não comutativo de transformações *locais* chama-se *teoria de Yang-Mills*.

Cada interação fundamental tem associada uma partícula "propagadora" (um *bosão de gauge*), que é "trocada" entre as partículas que "sentem" essa interação. No caso do electromagnetismo, como é uma interação de alcance infinito, o bosão tem de ter massa nula: é o *fotão*. Nas interações fortes, os bosões de gauge são os *gluões*, que também têm massa nula, apesar de a interação forte ter alcance finito. Os gluões podem interagir entre si; isso leva a que a teoria das interações fortes tenha que ser não abeliana. Nas interações fracas, também de alcance finito, os bosões de gauge são os W^\pm (carregados) e o Z (neutro). Estes bosões,

descobertos experimentalmente em 1983 no CERN, têm massa não nula.

Este facto dá origem a dois problemas. Um deles é devido ao facto de o lagrangeano ter de depender da massa desses bosões, pois pode-se provar que a inserção de termos de massa num lagrangeano dá origem a quebra de simetria, já que estes termos não são invariantes de gauge. Para além disso, o lagrangeano resultante é "mal comportado", uma vez que ao efectuar os cálculos, há resultados que não convergem (tendem para infinito). Este facto não é novo na teoria do campo, e existe uma maneira de resolver essas divergências: é a chamada *renormalização*. Só que a renormalização "não funciona" para as divergências devidas aos termos de massa num lagrangeano. Assim, a teoria perde todo o seu significado, pois não permite efectuar cálculos nem fazer previsões.

A resolução deste problema foi descoberta por várias pessoas, sendo conhecida por "mecanismo de Higgs", e consiste numa transformação do lagrangeano, de que resulta, para além dos bosões de gauge, uma partícula escalar (isto é, de spin 0) - o *bosão de Higgs*. A massa das partículas de gauge é criada por "quebra espontânea de simetria": o lagrangeano mantém a sua simetria, mas o estado fundamental não possui a simetria do lagrangeano. (Existem exemplos de quebra espontânea de simetria na física clássica - um exemplo conhecido é o de uma conta presa a um aro em rotação, que pode ser visto no livro *Métodos Matemáticos da Mecânica Clássica*, de V. Arnold.) Pode-se provar que uma teoria com invariância de gauge local (isto é, de Yang-Mills) e quebra espontânea de simetria pode ter bosões de gauge com massa e, para além disso, é renormalizável. Quem demonstrou este último facto foi, precisamente, Gerard 't Hooft.

Resumindo, o objectivo principal da física de partículas é construir uma teoria que unifique as interações fundamentais

(sem esquecer a gravitação). Neste momento, isso já foi feito, por Glashow, Weinberg e Salam, para as interacções electromagnéticas e fracas. Para se poder efectuar cálculos, essa teoria tem que ser renormalizável. 't Hooft mostrou que para uma teoria ser renormalizável, tem de ser uma teoria com invariância de gauge local. Somente com este grau de simetria se pode obter o cancelamento de todas as divergências em todas as ordens.

Por estas razões, crê-se que as teorias de gauge podem descrever todas as interacções entre partículas. Gerard 't Hooft deu uma contribuição decisiva para a evolução destas teorias, ao conseguir provar um resultado indispensável para a sua progressão.

Para o estudo dos temas aqui apresentados, pode-se referir o famoso artigo *Gauge Theories* (1973) da autoria de Abers e Lee (Phys. Rep. 9C, 1), onde se pode ver um resumo do trabalho de 't Hooft; ou os artigos originais de 't Hooft e do seu professor Tini Veltman, referidos no artigo anterior. Para uma introdução, pode-se consultar, por ordem crescente de dificuldade, *Quarks and Leptons*, por Halzen e Martin (Wiley, 1984) ou *O Modelo Standard das Interacções Electrofracas* por Jorge C. Romão (IST - Dep. Física, 1994). Referências possíveis para o tema da conferência são os seguintes trabalhos, todos da autoria de 't Hooft: *Quantum Gravity and Black Holes* (1985), Jaca 1985 Proceedings, New Perspectives in Quantum Field Theories, pp. 84-129; *Quantum Gravity and Black Holes* (1987), Cargese 1987 Proceedings, Non Perturbative Quantum Field Theory, pp. 221-226; *Black Holes as clues to the problem of Quantizing Gravity* (1989), Beijing 1989 Proceedings, Fields, Strings and Gravity, pp. 59-90; *Quantum Mechanics at the Black Hole Horizon* (1990), Norman 1990 Proceedings, Beyond the Standard Model 2, pp. 273-295; *Horizon Operator Approach to Black Hole Quantization* (1994), presented at The Black Hole 25 Years After, 19 pp..

O PULSAR agradece ao CFIF e, em particular, ao prof. Gustavo Castelo Branco, pelas informações prestadas sobre a conferência do prof. 't Hooft.

A aceleração de fótons

Grupo de Lasers e Plasmas

por Helder Crespo

A física moderna é cada vez mais surpreendente. Ficamos com a impressão de que os nomes atribuídos às coisas expõem o estado de espírito dos investigadores, que libertos da suposta seriedade atribuída ao grego e ao latim podem assim perpetuar o seu entusiasmo - já alguém *saboreou* um quark?

O ambiente semântico que assim surge faz com que não consigamos interpretar à letra expressões como "aceleração de fótons". Pensamos que deve ser qualquer coisa esquisita, à qual alguém se lembrou de chamar "aceleração", ou que se calhar os "fótons" não são fótons a sério, ou ambas as coisas.

Curiosamente, não estamos perante um abuso de linguagem. Convém então mostrar porque é que a aceleração de fótons não implica que vocês possam ler este artigo antes de eu o ter escrito, ou qualquer coisa do género. Assim, recostem-se nas vossas cadeiras, leiam com muita atenção o que se segue, e apreciem a sequência de acontecimentos que culminou com a primeira demonstração experimental deste efeito, realizada o mês passado pelo Grupo de Lasers e Plasmas do IST.

O que é

Na física dos plasmas e óptica não linear, os fótons possuem uma massa equivalente e a sua velocidade de grupo é menor que c , pelo que podem ser acelerados.

Os fótons podem ser descritos de uma forma completamente clássica. Mais concretamente, faz-se a equivalência do fóton a um pacote de ondas extremamente localizado no tempo e no espaço, e cuja energia vai aumentar em resultado da interacção com uma onda plasma-electrónica. Esta onda é um fenómeno colectivo num plasma, e é

precisamente nesta característica que reside a espectacularidade do efeito: a troca de energia não resulta do encontro fortuito de um fóton com um electrão isolado, mas sim da colisão do primeiro com uma estrutura extensa, que no entanto se apoia nos electrões do plasma. Este processo designa-se por interacção onda-onda não ressonante, o que equivale a dizer que a eficiência teórica atinge os 100%, ao mesmo tempo que não existe qualquer dependência na natureza da matéria utilizada - podemos acelerar fótons tanto em plasmas de Argon como em plasmas de compota de cereja.

A aceleração de fótons traduz-se por um aumento adiabático da frequência de pacotes de onda num meio cujas propriedades variam no tempo e no espaço. Estão a ver a coisa: se queremos aumentar a energia dos fótons sem que no entanto eles aqueçam, então temos mesmo que os acelerar.

Como é que foi

Em 1967, a física russa Semenova estudou a reflexão da luz numa frente de ionização relativista, que consiste num gradiente de densidade electrónica a propagar-se com uma velocidade próxima de c [1]. Na década de 70, existia ainda a tradição dos americanos reinventarem trabalhos já efectuados pelos russos e vice-versa (ninguém queria admitir que havia claramente um problema de comunicação), pelo que o assunto foi novamente abordado em 1978 por Lampe, Ott e Walker [2].

Em 1979, Mendonça estuda a colisão de pacotes de ondas com uma perturbação que se propaga num meio, e determina as componentes reflectida e transmitida do pacote de ondas original [3].

O assunto permanece na obscuridade durante cerca de 10 anos, até que em

ERRATA: SUBSTITUIÇÃO DA PÁGINA 12.

b) USANDO O MÉTODO DE VODC:

Lagrangiano em função das coordenadas dependentes ($n = 4$):

$$L(x, y, \theta, \phi) = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} I \dot{\phi}^2 + ky$$

Equações de ligação ($K = 2$):

$$\begin{cases} dx - a \sin \theta d\phi = 0 \\ dy + a \cos \theta d\phi = 0 \end{cases}$$

Existem $n-K=2$ coordenadas independentes. Como o potencial é função da coordenada 'y', esta coordenada tem de ser escolhida para independente. A segunda coordenada independente poderá ser escolhida arbitrariamente. Seja θ .

Equações de transformação:

$$\begin{cases} dx = -dy \tan \theta \\ d\phi = -\frac{1}{a \cos \theta} dy \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{x} = \dot{y} \tan \theta \\ \dot{\phi} = -\frac{1}{a \cos \theta} \dot{y} \end{cases}$$

Lagrangiano em função das coordenadas independentes ($n - K = 2$):

$$L(y, \theta) = \left[\frac{1}{2} m \tan^2 \theta + \frac{1}{2} m + \frac{1}{2} \frac{I}{a^2} (1 + \tan^2 \theta) \right] \dot{y}^2 + ky$$

Equações do movimento:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = 0 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \end{cases}$$

Temos, assim, um sistema de $n-K$ equações e $n-K$ variáveis (y, θ).

O leitor verificará que a resolução analítica destas equações é tarefa difícil. No entanto, verificamos que no lagrangiano $L(x, y, \phi, \theta)$, a coordenada θ é cíclica, isto é, não aparece no lagrangiano e, portanto, tem-se:

$\dot{\theta} = \omega = \text{conste}$ e $\theta = \theta_0 + \omega t$. Estas equações, que fornecem a evolução temporal da coordenada θ independentemente do lagrangiano considerado, podem ser introduzidas nas equações anteriores tornando a sua resolução fácil. Este artifício pode ser usado em muitos problemas semelhantes.

Podemos, agora, aplicar a formulação Hamiltoniana ao problema:

Determinação dos momentos generalizados:

$$\begin{cases} p_y = \frac{\partial L(y, \theta, t)}{\partial \dot{y}} \\ p_\theta = \frac{\partial L(y, \theta, t)}{\partial \dot{\theta}} \end{cases}$$

Definição do Hamiltoniano:

$$H(y; p_y; \theta; p_\theta; t) = (\dot{y} p_y + \dot{\theta} p_\theta) - L(y, \theta, t)$$

Equações canónicas de Hamilton:

$$\begin{cases} \dot{y} = \frac{\partial H}{\partial p_y} ; & \dot{\theta} = \frac{\partial H}{\partial p_\theta} \\ \dot{p}_y = -\frac{\partial H}{\partial y} ; & \dot{p}_\theta = -\frac{\partial H}{\partial \theta} \\ \frac{\partial L}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial t} \end{cases}$$

Uma nota final. No caso de o número de coordenadas presentes no potencial do problema ser maior que o número de graus de liberdade $n-K$, o método de VODC pode ser combinado com o método dos multiplicadores indeterminados de Lagrange para simplificar o problema. De facto, uma reflexão permitirá concluir que, com esta combinação, só necessitamos de $r - (n - K) < K$ multiplicadores de Lagrange e de $r \leq n$ equações de Lagrange.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] GOLDSTEIN, HERBERT, *Classical Mechanics*.
- [2] JACKSON, JOHN DAVID, *Classical Electrodynamics*.
- [3] LANDAU, L. D., and LIFSHITZ, E. M., *Mechanics*.

Oscar Dias e Vitor Cardoso são alunos do 3º ano de Engenharia Física Tecnológica do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Original submetido para publicação em 15 de Abril de 1996.

1989 surge o conceito do "Photon accelerator", pela mão de Wilks, Dawson, e outros [4], em parte motivado pela recente revolução na tecnologia laser. Neste artigo é pela primeira vez empregue o termo "aceleração de fótons", e a interacção laser-plasma é concretizada na colisão de um impulso laser com uma onda plasma electrónica de características bem determinadas, criada por um outro impulso laser de alta potência.

Finalmente, em 1994, Mendonça e Oliveira e Silva elaboram uma teoria unificadora da aceleração de fótons [5]. Os aspectos mais importantes desta nova formulação foram apresentados no seminário realizado no dia 27 de Maio pelo Grupo de Lasers e Plasmas, onde foram anunciados os primeiros resultados experimentais da aceleração de fótons e no qual se baseia este artigo. Vamos então dar uma espreitadela.

Teoria Hamiltoniana da Aceleração de Fótons

Recordemos o seguinte problema geral: como é que se propagam as ondas electromagnéticas num meio cujas propriedades variam no espaço e no tempo?

Do ponto de vista da luz, podemos formular o problema introduzindo um índice de refração que depende das coordenadas e do tempo: $n = n(\vec{r}, t)$

Uma onda electromagnética é caracterizada por uma frequência ω e pelo vector de onda \mathbf{k} . Se pensarmos num meio onde o índice de refração só depende da posição, então o vector \mathbf{k} vai mudar, que é exactamente o que acontece numa lente ou num prisma, e a frequência da onda não sofre qualquer alteração. Se, por outro lado,

considerarmos a propagação num meio cujo índice de refração varia apenas com o tempo, dá-se uma inversão de papéis: a frequência da onda vai ser alterada, mas o vector de onda mantém-se constante, conforme apresentado na figura 1.

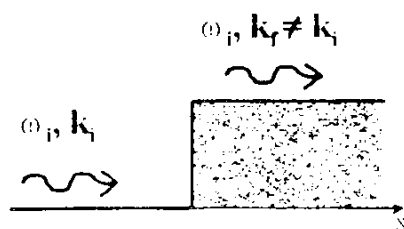
Na aceleração de fótons temos uma combinação dos dois efeitos referidos, uma vez que as frentes de ionização possuem uma estrutura espacial e propagam-se no meio. É portanto de esperar uma variação mais dramática da frequência e do número de onda.

Uma descrição ondulatória exacta não pode deixar de ter em conta as relações de fase que existem entre a onda electromagnética e a perturbação do índice de refração durante todo o processo de interacção. No entanto, quando as escalas de espaço e tempo associadas à variação do índice de refração são muito maiores que as da onda (o que acontece numa situação experimental real), podemos utilizar a aproximação WKB, que permite definir uma frequência e uma posição centrais para um pacote de ondas. Por outras palavras, dá muito jeito para fazer contas.

A relação de dispersão permite-nos determinar quais os tipos de ondas que se podem propagar num dado meio. É fácil verificar que para os pacotes de onda já referidos as equações para a velocidade de grupo da onda v_g , a frequência ω , e o vector de onda \mathbf{k} , possuem uma estrutura hamiltoniana, com a frequência $\omega(\mathbf{r}, \mathbf{k}, t)$ a fazer o papel do Hamiltoneano clássico, e onde \mathbf{k} e \mathbf{r} são as variáveis canónicas conjugadas. Estas equações constituem a base da óptica geométrica.

Lembram-se da massa equivalente do fóton? Bom, um pacote de ondas é o

Índice de refração $n(\mathbf{r})$



Índice de refração $n(t)$

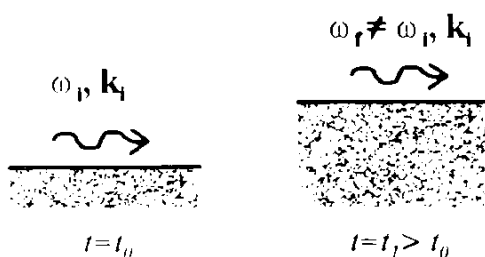


Fig. 1. Casos particulares de $n(\mathbf{r}, t)$

Instantâneos

Pequena selecção de notícias das seguintes revistas:

LaR - La Recherche

N - Nature

PhW - Physics World

Ing - Ingenium - Revista da Ordem dos Engenheiros

ScA - Scientific American

por David Fernandes e Paulo Cunha

Dois novos reactores experimentais de fusão nuclear, destinados a investigar a geometria ideal para os futuros reactores comerciais vão ser construídos: um stellarator, Wendelstein 7X, na Alemanha e um tokamak esférico, MAST, no Reino Unido. (PhW Mai, 5)

Descoberta a estrutura do anel de Júpiter (N 23Mai, 279).

As observações com o irmão do telescópio Keck, o Keck II, irão iniciar-se em Outubro (N 16Mai, 185).

Irá ser iniciada a construção da instalação dos mais intensos feixes radioactivos da Europa, o Euroball em Estrasburgo. (PhW Abr, 7)

Novo computador de xadrez da IBM, Deep Blue, venceu à primeira tentativa o campeão mundial Gary Kasparov. Dos jogos seguintes do torneio de 6, Kasparov ganhou 3 e empatou 2, alterando a sua estratégia de jogo e usando jogo mais posicional, que o computador não utilizou. A pesquisa deste tipo de inteligência artificial irá abrir caminho a investigação em controlo de tráfego aéreo e rodoviário, determinação de relações subtis entre dados, etc. (PhW Abr, 7), (LaR Abr, 22)

Instantâneos

Descoberto mais um elemento no laboratório.

A equipa de Shuji Nakamura, da Nichia Chemical Industries, Japão, fabricou um laser de semiconductor azul com um comprimento de onda de 417 nm. (PhW Abr, 19)

Foi observado decaimento protónico acima de $Z=82$, considerado o limite de estabilidade para esse decaimento. (PhW Abr, 20)

Construiu-se o laser ultravioleta mais potente do mundo. Um laser de fluoreto de krypton (KrF), o Titania pode libertar até 10 TW de potência em pulsos tão curtos como 300 fs. (N 11 Abr, 473) (PhW Mai, 10)

Theodore Kaczynski, um ex-matemático de 53 anos foi detido por suspeita de ser o Unabomber.

Investigadores da Universidade de Mainz descobriram que a proximidade de um telefone celular durante o sono diminui o tempo de sono paradoxal (associado aos sonhos) de 17% do tempo de sono para 14%. Este resultado ficaria-se a dever ao aumento de amplitude das ondas cerebrais durante o sono paradoxal. Este resultado permanece por explicar. Descobriu-se também que a presença de um telemóvel pode diminuir o intervalo de tempo entre o fechar dos olhos e o adormecer de aprox. 12 minutos para 9 e meio.

Uma cartografia quase completa (a 85%) da superfície de Plutão foi realizada com uma resolução espacial até agora inigualada pelo telescópio espacial Hubble (LaR Mai, 15), (Pulsar nº5, 14)

análogo clássico do fóton $E = \hbar\omega$, e num plasma não magnetizado tem-se a seguinte relação de dispersão para uma onda electromagnética

$$\omega(\vec{r}, \vec{k}, t) = \sqrt{k^2 c^2 + \omega_p^2(\vec{r}, t)}$$

onde ω_p é a frequência própria das ondas electrónicas no plasma. Uma vez que a frequência assim explicitada possui uma estrutura hamiltoneana, podemos compará-la com a energia da partícula livre relativista

$$H = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$$

A semelhança entre as duas expressões sugere fortemente que um fóton num plasma possui uma "massa equivalente", dada por

$$m_{\text{fotão}} = \hbar \frac{\omega_p}{c^2}$$

Os aspectos verdadeiramente interessantes da aceleração de fótons podem ser obtidos a partir de um modelo a uma dimensão, onde se considera a colisão de impulsos laser com frentes de ionização muito estreitas. A grandeza responsável pela variação do índice de refração do meio é a densidade electrónica, ou equivalentemente a frequência plasma electrónica, que já apareceu na relação de dispersão. Uma frente de ionização criada por um impulso laser de elevada potência pode ser idealizada como se apresenta na figura 2.

que os electrões são arrancados por um processo de ionização multi-fóton extremamente rápido, pelo que a velocidade da frente v_f é praticamente igual à velocidade de grupo do impulso luminoso. Relativamente aos fótons que vão ser acelerados, distinguem-se duas situações extremas, correspondentes à propagação segundo v_f ou no sentido contrário, denominadas co-propagação e contra-propagação. O resultado mais importante da teoria pode ser resumido numa expressão simples, que traduz o aumento da frequência de fótons

$$E = \hbar\omega_0$$

$$\Delta\omega \approx \frac{\omega_p^2}{2\omega_0} \frac{\beta_f}{1 \pm \beta_f}$$

$$\beta_f = \frac{v_f}{c} \approx 1$$

O sinal positivo no denominador corresponde à contra-propagação; o sinal negativo, à co-propagação. Verificamos que numa situação de contra-propagação, o efeito é completamente dominado pela densidade electrónica, enquanto que na co-propagação existe uma dependência sensível na velocidade da frente. Estas propriedades mostram claramente que a **aceleração de fótons é um efeito que depende da velocidade**, e a observação do comportamento da luz acelerada nos dois regimes permitirá determinar se o que se produz é de facto aceleração de fótons, ou outra coisa qualquer.

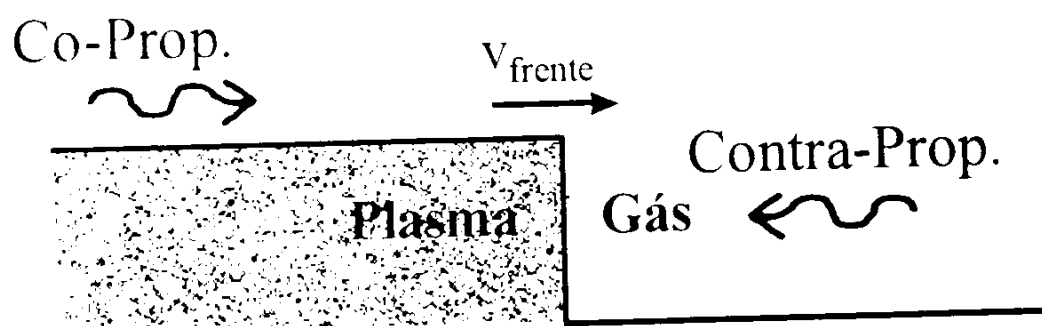


Fig. 2. Frente de ionização; ondas em contra e co-propagação

O plasma surge à medida que o impulso laser ionizante atravessa o gás. A intensidade deste impulso é tão elevada

A experiência

O trabalho experimental envolveu três equipas internacionais, lideradas pelo Grupo de Lasers e Plasmas do IST (J.T. Mendonça, J. Mendanha Dias, N.

Lopes e L. Oliveira e Silva), e foi realizado no *Laboratoire d'Optique Appliquée* (LOA) da *École Polytechnique* de Paris, ao abrigo do programa "Access to Large Scale Facilities" da CE.

Foram efectuadas medidas do desvio para o azul resultante da colisão de impulsos laser com frentes de ionização, em contra e em co-propagação, o que permitiu confirmar experimentalmente a teoria da aceleração de fotões. Foi pela primeira vez medida a velocidade das frentes de ionização, utilizando um diagnóstico de umbroscopia melhorado, e mediu-se também a densidade electrónica por interferometria Moiré. Mas passemos a uma descrição mais detalhada.

O grande protagonista de toda a montagem experimental é um sistema laser de alta potência, capaz de gerar impulsos luminosos de duração ultra-curta, com uma potência de pico a rondar a décima de Terawatt ($1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$). O laser ocupa três mesas ópticas (cada uma maior que uma mesa de sala de jantar), sendo no entanto considerado como um dos sistemas mais compactos que existem. O sistema laser é baseado na tecnologia de corantes, isto é, o processo laser tem como fonte de energia moléculas de um corante orgânico - Rodamina 6G - que se encontram dissolvidas em solução. Podemos dizer que a física do estado líquido tem afinal um papel preponderante na tecnologia laser actual!...

O funcionamento do laser é mais ou menos este: o oscilador gera impulsos ultra curtos, da ordem das dezenas de femtosegundos ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$), mas de muito baixa energia, tipicamente na escala dos nJ. O comprimento de onda da radiação anda à volta dos 620 nm, o que corresponde à região laranja do espectro visível. Parte destes impulsos é desviada, para utilização em diagnósticos do próprio laser e para sincronizar a experiência. O restante terá que ser amplificado por meio de andares de amplificação. Quase no fim do processo, mais uma vez se desvia uma porção do feixe, por forma a gerar um segundo impulso sincronizado com o

primeiro. O primeiro impulso é finalmente comprimido até uma duração de aproximadamente 65 fs. O segundo vai atravessar uma tina de água (sim, $\text{H}_2\text{O}...$), onde um processo não linear se vai encarregar de lhe alargar o espectro de frequências. Um espectro largo permite uma maior compressão no tempo (lembram-se da transformada de Fourier?), pelo que se obtém um segundo impulso, com uma duração de cerca de 35 fs, centrado nos 560 nm (verde azulado).

Facilmente verificamos que não se está na presença de um sistema que é só ligar à ficha, carregar num botão e pronto. O grau de complexidade é exigido pelos tempos ultra-curtos, e também pela necessidade de um segundo feixe sonda. Em suma, o sistema fornece dois feixes de elevada potência, de cores diferentes, perfeitamente sincronizados, e com uma taxa de repetição de 10 Hz, o que o torna único no mundo.

A montagem óptica tem como base uma pequena câmara de vácuo, onde tudo se vai passar. A câmara é o ponto de encontro dos diversos feixes laser, que têm de ser alinhados com precisões da ordem dos $5 \mu\text{m}$ nos 3 graus de liberdade. Também, um impulso laser de 65 femtosegundos tem uma extensão espacial de cerca de $20 \mu\text{m}$, o que equivale a uma autêntica panqueca de fotões. Basta uma minúscula diferença nos percursos ópticos para que os impulsos já não se intersectem no centro da câmara (nem em mais lado nenhum). Para terem uma ideia da precisão envolvida, pensem no trabalho que daria fazer colidir simultaneamente num ponto bem determinado três cabeças de alfinete a viajar a velocidade da luz.

O elevado grau de dificuldade inerente a este tipo de experiências é bem ilustrado pelos recentíssimos trabalhos de J. R. Marquès et al. [6] e C. W. Siders et al. [7], que tentaram demonstrar experimentalmente a aceleração de fotões, embora sem sucesso.

No interior da câmara de vácuo existe um jacto de gás pulsado supersónico, que permite concentrar numa região muito pequena ($100 \mu\text{m}$) uma densidade de átomos neutros bastante elevada (da

Instantâneos

Um revolucionário projecto inglês para um novo vaivém espacial (Skylon) de descolagem horizontal promete um avião mais barato e mais seguro. Espera-se inclusivamente que o Skylon se torne num veículo comercial de transporte de passageiros para a nova base espacial, por volta de 2022, com passagens a preços que poderão descer até 15 mil contos por passageiro. (Ing 7Mar, 22)

Edifícios da Expo'98 poupam 50% de energia, com a aplicação de ideias simples, e novas tecnologias. O Pavilhão Utopia por exemplo, foi optimizado de forma a gastar apenas 10% da energia de um edifício convencional equivalente. (Ing 7Mar, 40)

A sonda Galileu surpreendeu os astrofísicos. Júpiter tem metade do Hélio, e dez vezes menos água que o previsto, o que vai levar à revisão dos modelos actuais sobre o planeta. (Ing 7Mar96, 80) ; (LaR Abr, 40)

Discute-se se se deve queimar ou conservar os embriões em excesso que existem congelados um pouco por todo o mundo. (ScA Abr, 12)

Novos sucessos na produção de anti-átomos. (ScA Abr, 20) ; (LaR Abr, 34)

Tenta-se recriar, por simulação computacional, e com base numa recém achada e quase intacta caveira, os sons produzidos por um *Parasaurolophus*. Poderemos assim talvez algum dia ouvir sons do Cretácico. (ScA Abr, 20)

Mais 2 planetas detectados fora do sistema solar. (ScA Abr, 49)

Instantâneos

Produziu-se, no primeiro milénio, no sudoeste asiático, grande quantidade de ferro de boa qualidade. Para isso pensa-se que terão sido utilizadas fornalhas que aproveitavam os ventos fortes das monções, jogando com diferenças de pressão para criar uma autêntica bomba de ar para alimentar a fornalha. Criavam-se zonas de baixas pressões causadas por diferenças de temperatura, dado o arrefecimento causado pelos ventos não se sentir uniformemente pela fornalha, gerando assim um fluxo de ar. (ScA Abr., 22)

Um estudo aponta para o aumento em 23% no número de vírus informáticos, para um total de 7400, durante o ano passado. (ScA Abr., 22)

Está em movimento uma campanha internacional contra o registo de patentes do gene "responsabilizado" pelo cancro da mama, por parte de uma indústria de biotecnologia. (N 23 Mai, 256)

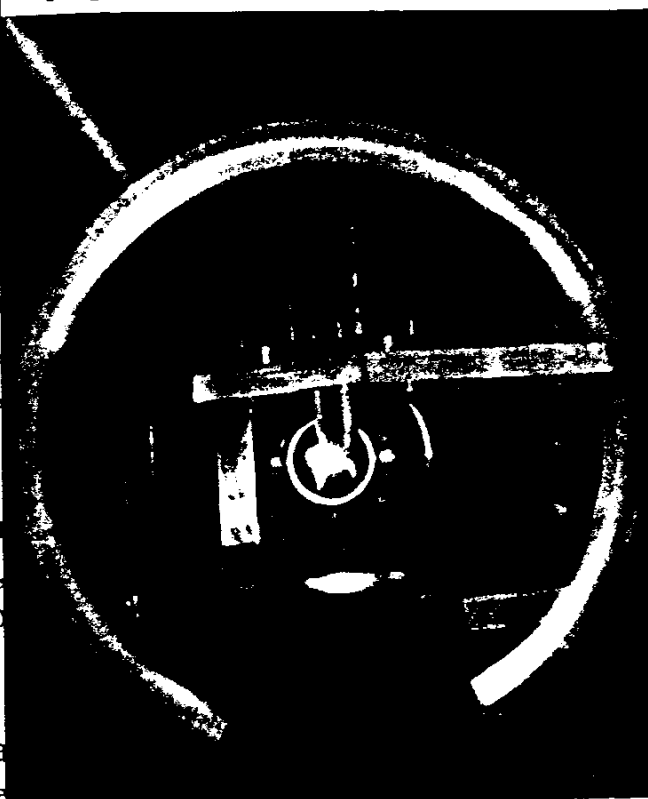
Já foi inventado o identificador de pessoas pelo padrão da íris, o qual é tão característico como as impressões digitais, sendo no entanto mais difícil de enganar, visto que uma prótese, por exemplo, dificilmente imitará as pulsações e dilatações da pupila. O teste pode ser feito em cerca de cinco segundos, e sem que o indivíduo analisado se aperceba, tendo a CIA já manifestado interesse no invento. (ScA Abr., 29)

Fez no dia 25 de Abril passado 10 anos desde o acidente de Chernobyl. (ScA Abr., 32)

Pensa-se na construção de um novo satélite para detecção de planetas com vida. (ScA Abr., 46)

Térmitas presas em âmbar fornecem ADN com 25 milhões de anos. (ScA Abr., 70)

ordem da que se tem à pressão atmosférica). Este alvo gasoso é indispensável para a interacção laser-plasma, pois para que possamos obter uma densidade electrónica elevada, há que garantir que o feixe ionizante vai descarregar toda a sua energia nessa pequena região.



Os resultados

Para além das medidas da velocidade da frente e da densidade electrónica, indispensáveis para validar a teoria, foram recolhidos cerca de 200 Mbytes de dados relativos aos espectros dos fotões acelerados. No caso da co-propagação, a eficiência do processo ronda os 75%. De notar que os impulsos acelerados preservam as características de coerência espacial e temporal do impulso original, havendo mesmo uma redução da sua duração temporal na mesma proporção da razão entre as frequências antes e depois da colisão. Tal como foi referido por um dos experimentalistas, o efeito é "de tal forma intenso que pode ser observado à vista desarmada. Vê-se uma risca amarela muito forte num fundo laranja, que é a cor de base do laser". Dificilmente conseguiremos encontrar um outro fenómeno físico recente cujos efeitos se façam sentir desta forma, sem necessidade de recorrer a complicados sistemas de detecção.

As Conclusões

O trabalho apresentado consistiu na primeira demonstração experimental do

fenómeno de aceleração de fotões e pode imediatamente servir de base a uma nova técnica de diagnóstico para futuros aceleradores de partículas a plasma.

Foi feita a demonstração do princípio de novos lasers sintonizáveis numa larga gama do espectro (do infra-vermelho ao ultra-violeta). Não existe um limite teórico para o grau de aceleração possível, pelo que fontes ultra-intensas de raios-X poderão ser uma realidade dentro de alguns anos - o tão desejado laser de raios-X, com inúmeras aplicações nas áreas da biologia, medicina e engenharia.

As Próximas Experiências

O sucesso do trabalho realizado contribuiu em muito para a consolidação do plano de trabalho experimental do Grupo de Lasers e Plasmas. A eminente instalação de um sistema laser CPA Multi-Terawatt no IST, capaz de desenvolver uma potência cerca de 30 vezes superior ao sistema utilizado em França, vai permitir alargar ainda mais o espectro de aplicações da aceleração de fotões, elevando ao mesmo tempo o Técnico a uma posição de destaque a nível mundial.

Os Agradecimentos...

Quero agradecer ao Prof. Tito Mendonça as sugestões úteis e o apoio demonstrado. Ao Luís de Oliveira e Silva, agradeço as proveitosas discussões que tanto contribuíram para a elaboração deste artigo.

Referências

- [1] V. I. Semanova, Sov. Radiophys. 10, 599 (1967).
- [2] M. Lampe, E. Ott, e J. H. Walker, Phys. Fluids 21, 42 (1978).
- [3] J. T. Mendonça, J. Plasma Phys. 22, 15 (1979).
- [4] S. C. Wilks, J. M. Dawson, W. B. Mori, T. Katsouleas, e M.E. Jones, Phys. Rev. Lett. 62, 2600 (1989).
- [5] J. T. Mendonça, e L. Oliveira e Silva, Phys. Rev. E 49, 3520 (1994).
- [6] J. R. Marquès et al., Phys. Rev. Lett. 76, 3566 (1996).
- [7] C. W. Siders et al., Phys. Rev. Lett. 76, 3570 (1996).

Considerações Filosóficas sobre Física

INTUIÇÃO E A FÍSICA

por Cristóvão R. F. de Matos

A Física é um jogo viciante e viciado, onde o cientista é jogador e é jogado... A Natureza encobre-nos os seus segredos com um véu ao qual só esporadicamente ousa destapar uma ponta. As regras do jogo ninguém as conhece, e no entanto é apaixonante jogá-lo!

As filosofias da ciência preocupam-se demasiado em conservar os purismos tradicionais, procurando cada uma a sua independência, e pretendendo encontrar a resposta para a problemática do conhecimento. Procuram-se respostas completas para um problema incompleto. Cada vez mais cresce a necessidade de uma filosofia que englobe no seu programa conceitos importantes ligados a

essa mesma incompletude que urge uma caracterização rigorosa. Um desses

conceitos é o de intuição, que desempenha um papel primordial no seio das ciências, e que, ao longo dos tempos não tem sido tratado, propagando-se o risco de a mesma poder ser usada sem a devida consciência do seu poder.

Todo o físico usa a intuição como função criadora que traduz a sua impressão da realidade natural. Esta mesma função poder-se-ia caracterizar na linha do pensamento *kantiano* como uma visão *a priori* da realidade física. A apreensão do objecto cognoscido caracteriza-se por ser transcendental ao cognoscente, sendo o conhecimento obtido por meio da intuição, baseado em experiências anteriores do indivíduo.

K. Pöpper introduziu o conceito de falsificabilidade das teorias científicas como uma consequência da incompletude. Uma teoria científica é uma verdade aberta no sentido de subsistir não por ser verdadeira, mas por ser aquela que melhor se adapta ao estado contemporâneo do

conhecimento. A mesma deve ser falsificável, ou seja, passível de ser provada falsa pelo uso da experiência.

Neste sentido perde-se a definição de conhecimento como algo estático, que perdurando para todo o sempre nas esferas platónicas das ideias, pode ser alcançado. O conhecimento passa ser uma ideia de como a Natureza funciona; temos uma ideia das leis que a regem.

A criação de uma teoria científica culmina após um processo de organização de ideias através do uso da intuição que conduz a um modelo tratável pela matemática. É necessário um conhecimento muito profundo do assunto em causa e acumular um leque variado de experiências para que aflore o produto final que é uma teoria.

O verdadeiro conhecimento de uma teoria deve passar incontornavelmente

pela reflexão meticulosa dos seus princípios básicos (as suas premissas) e pela necessidade da introdução das mesmas como justificação para os fenómenos observáveis. É necessário, portanto, criar uma consciência do funcionamento da Natureza naquele subconjunto descrito por aquela. Isso só se consegue quando houver uma intuição de como se processam os fenómenos. A mesma serve para que este tenha plena consciência da sua amplitude.

De nada serve conhecer uma teoria do ponto de vista matemático se não houver um conhecimento processual do modo como aquele modelo descreve a Natureza.

A intuição científica deve provir, em consequência natural, de um *Universo aberto* descrito por modelos passíveis de falsificação, pois ela é ponto de partida para a construção destes, e, o conhecimento deve servir-se dela como primeira ponte entre esses modelos e a realidade objectiva.

Por outro lado, a intuição é usada para justificar raciocínios físicos apoiados numa teoria, mas a mesma não pode nunca fundamentá-los pois é evidentemente subjectiva e peca por um *carácter universal*. Uma prova rigorosa é sempre desejável. No entanto, nem sempre isso é possível em física. A física vive de imensas noções intuitivas das quais são exemplos o espaço, o tempo, o átomo, as partículas, *et caetera*. Ninguém pode nunca ensaiar uma definição para essas ideias, não podendo ser caracterizadas rigorosamente. E afinal, o que é uma *caracterização rigorosa*? Não podemos negar certas ambiguidades que abundam na Física. A posição geralmente tomada é a de contornar essas dificuldades evitando sobre elas se pronunciar. Para uma filosofia da ciência em geral, isso é repugnável e a ignorância destas questões poderá subverter o seu programa.

Como diz E. Morin "*As ciências não têm consciência dos princípios ocultos que comandam as suas elucidações. (...) As ciências não têm consciência de que lhes falta uma consciência*"(1).

Ter-nos-á este jogo que jogamos com a natureza amputado a visão da sua dinâmica? Estaremos a jogar um jogo viciado? Estará o caminho armadilhado?

(1) O contexto em que se insere esta citação não é necessariamente o aproveitado para este artigo.

BIBLIOGRAFIA

Davis, Philip J. & Hersh, Reuben - *A Experiência Matemática*, Gradiva (Col. Ciência Aberta); contém uma interessante discussão sobre a intuição em matemática.

Kant, Immanuel - *Crítica da Razão Pura*, Fundação Calouste Gulbenkian; esclarece-se o que se entende por conceito *a priori*.

Morin, Edgar - *Science avec Conscience*; defende-se uma ligação estreita entre a descoberta científica e o meio que a envolve.

Pöpper, Karl - *The logic of Scientific Discovery*; obra-prima do aclamado filósofo alemão do nosso século que introduz o conceito de falsificabilidade das teorias científicas.

A Física é um jogo viciante e viciado, onde o cientista é jogador e jogado...

O SONHO

por Pedro Fonseca, 5º ano LEFT

Segundo o meu pai, em Portugal pagam-se impostos para se ter direito a assistir ao espectáculo que é este País. Como quem vai ao Circo e paga o bilhete. Como as propinas e a Universidade.

Que não gosto da Universidade? Disparate. Inconscientemente..., perdão... SUB-conscientemente, adoro a minha Universidade (isto é, o Técnico). A verdade é que eu sonho com o Técnico e com o Departamento de Física. Por coincidência estava agora a lembrar-me do último sonho que tive... Foi assim:

A primeira coisa de que me lembro é estar a ser entrevistado na TSF pelo Sr. Joaquim-Arroz-Doce. Estava eu a explicar o efeito de Doppler luminoso através dum exemplo assaz real: "Veja, Sr. Joaquim-Arroz-Doce, o caso das luzes dos automóveis: são brancas ou amarelas quando se aproximam, mas já parecem vermelhas-alaranjadas quando o automóvel se afasta!...". Aplausos. Pergunta seguinte: "Sr. Professor Pedro Fonseca o que é, para si, um Físico-Tecnológico-Preto?". Respondi: "É um gajo muita porreiro! Uma vez vi um". "Certíssimo!!!" disse o Joaquim-Arroz-Doce, "Acaba de ganhar um magnífico currículo!!!". Como já estava atrasado, pedi ao senhor Arroz-Doce da rádio que me assinasse rapidamente o currículo e tomei a primeira nuvem para o Técnico. Estava quase a chegar quando a nuvem se transformou numa máquina de lavar roupa. Agarrei-me à primeira coisa que vi. Infelizmente era a máquina e caímos os quatro em cima do carro do Duríssimo-Presidente-de-Tudo. O Duríssimo-Presidente-de-Tudo, que por acaso ia a passar, esboçou um sorriso tipo ministro-eu?-foi-sem-querer e afastou-se esfregando ruidosamente as orelhas enquanto cantava alto: "lá-lá-lá, como é que fui eleito?, lá-lá-lá". Sacudi o pó do

nariz e entrei no Edifício-Só-Para-Gajos-Importantes. Dirigi-me ao Departamento de Física-Complexa. No corredor, não pude deixar de reparar no seguinte anúncio:

**Hoje, CANONIZAÇÃO do
Prof. Pedro Fonseca
3ª sala à direita ± 2 andares**

"Porreiro!", pensei. Fui a correr, entrei na sala e disse: "Sou eu, sou eu! Trouxe o currículo e tudo!". Lá dentro estava Deus-O-Excelentíssimo-Outro. Mostrei-lhe o papel assinado pelo tipo da Rádio e fui imediatamente Ca-no-ni-zado! Recebi uma embalagem de PIDE-Lava-Mais-Branco (completamente GRÁTIS!) e mandaram-me dar aulas. No elevador encontrei um aluno-de-física com um lápis a desenhar umas piadas sobre elevadores. Foi aí que tive uma ideia de génio! "Olha" - disse-lhe - "Estou a pensar abrir um curso de formação do PEDIP, pá. Damos umas aulas-de-computadores-a-fingir, pá, com os dinheiros comunitários arranjo-te uma bolsa, e vens trabalhar pr'a mim. Tás nessa ou quê?". Aceitou logo. Passado uma semana tinha 43 alunos a investigar comigo a violação da paridade dos números ímpares. Dizia um colega meu: "43 alunos é bom, mais é exagero: um tipo não tem tempo para todos e é uma falta de respeito". "Pois claro", respondi eu. (Na realidade, ainda só descobri 43 números ímpares.)

Chego ao meu gabinete, subo para cima da mesa, cruzo as pernas, e fumo um charro. "Um destes dias hei-de fazer um exame sobre a Termodinâmica-Queirosiana para ver se os gajos passam todos", penso. O telefone toca: "Senhor Fonseca-O-Canonizado? ... Parabéns!, acaba de ser eleito O-Grande-Presidente-Do-Departamento-de-Física-Complexa!!!". Fixe. Pego numa caneta, subo ao andar de cima e desato a escrever nas paredes a seguinte frase: "Sou tão inteligente!". É terrível esta minha mania de escrever bem de mim (e mal dos outros) nas folhas que vejo penduradas nas paredes.

Houve então alguém que disse que escrever nas paredes era pouco correcto. Vá-se lá saber porquê, lembrei-me da embalagem de PIDE que me tinham dado. Tirei lá de dentro uns pózinhos e

mandei-os lavar mais branco as aulas de Certas-Pessoas-Que-Eu-Cá-Sei. Em seguida, telefonei ao Clube-Dos-Canonizados e marquei um almoço com alguns deles. Durante o jantar (ou almoço, é irrelevante num sonho) o Moisés-Tremoço, o Tomás-Azeitona e os restantes Grandes-Canonizados aplaudiram-me muito, muito, com as mãos e os pés, alternadamente. "Fora com os Americanos e mais os seus estúpidos prémios Nobel! Viva o Prémio IgNóbel", gritei, pedindo mais aplausos.

Decidimos então despromover Aquele-Tipo-Chato-Que-Se-Farta-De-Publicar, passando-o de Professor-Auxiliante a Limpa-Casas-De-Banho (amanhã tiramos-lhe o computador e damos-lhe um esfregão). Decidimos também criar um novo grupo, o CCMN (Centro dos Canonizados e Mais Ninguém). Vamos convidar gente importante do mundo inteiro e já fiquei de telefonar ao Papa!

Falámos então do PIDE-Lixa-Mais-Branco. "Sempre que precisares de umas Assinaturas-Canónicas ou duma outra embalagem PIDE, já sabes!..." - gritou o Moisés-Tremoço, levantando alto o copo de laranja. Foi aí que o tipo deu uma cotovelada no Gabriel-Pevide que se desequilibrou para trás, que empurrou o Tomás-Azeitona, que pisou o calo da Fátima-Ervilha, que deu uma cabeçada no Samuel-Amendoim, que espetou o garfo no nariz do Isaias-Grão-com-Feijão que me deu um murraço tal que acordei sobressaltado.

Era só um sonho.

"(...)E então eu disse: Até quando Ò Deus?

E Ele respondeu: Até as cidades caírem em ruínas, sem habitantes (...)"

Isaias, versículo 6:4

P U L S A R

Não é um jornal, é o
estado maduro de
uma estrela...

XADREZ - problemas

por Romeu Garcia

Os problemas de xadrez são extremamente aliciantes não só na sua resolução como também na sua feitura. Foi Leibniz quem afirmou: «Não há homens mais inteligentes do que aqueles que são capazes de inventar jogos. É aí que o seu espírito se manifesta mais livremente.»

Mas para inventar jogos ou algo diferente é necessário mais do que inteligência, é preciso ser-se Artista! Contudo, temos que contextualizar a frase citada porque é controversa.

Leibniz referia-se aos jogos matemáticos, considerados por ele como um dos veículos primordiais da liberdade do espírito, da expressão da Razão. Mas Leibniz era matemático e filósofo racionalista, só por isso tal afirmação não nos repugna. É claro que, por exemplo, para um pintor ou um músico é numa tela ou numa partitura respectivamente que esse “espírito” se vai manifestar. Ao que Leibniz chama de “liberdade de

espírito” eu substituo por “expressão artística” ou ainda “expressão do Devir” que é mais abrangente. Nem sequer temos a legitimidade de dizer que uma pintura é melhor do que uma escultura - são coisas diferentes, formas diversas de expressão artística, ambas válidas. Por isso, a Arte não é absoluta nem divina. É individual, por excelência, e humana, demasiadamente humana.

Ora, a “arte de inventar” que é um modo grosseiro de definir Heurística (do ponto de vista filosófico este é um conceito muito mais vasto) é, por assim dizer, aquilo que está na base de um acto criativo. Consequentemente, quando se faz um problema de xadrez (ou outros) está também subentendido um fenómeno heurístico e como tal um fenómeno artístico.

É na resolução que nos vamos apercebendo das ideias que motivaram o autor à realização do problema. E há problemas de uma criatividade e beleza

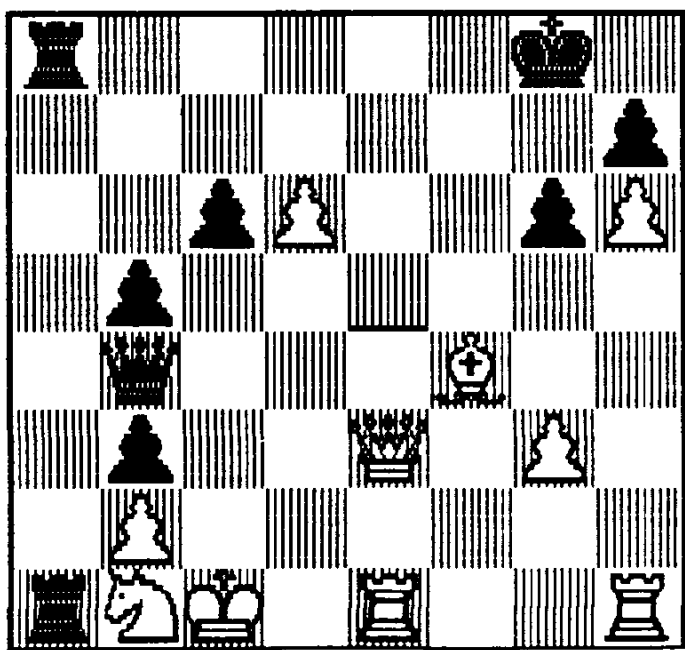
verdadeiramente fora do comum. Desta feita, brindo-vos com dois problemas não muito complicados mas que não deixam de ter o seu encanto. No intuito de tornar as coisas mais interessantes lanço-vos um desafio.

Ofereço um Prémio à 1ª pessoa que me enviar a solução completa de ambos os problemas, desde que cumpra as seguintes condições:

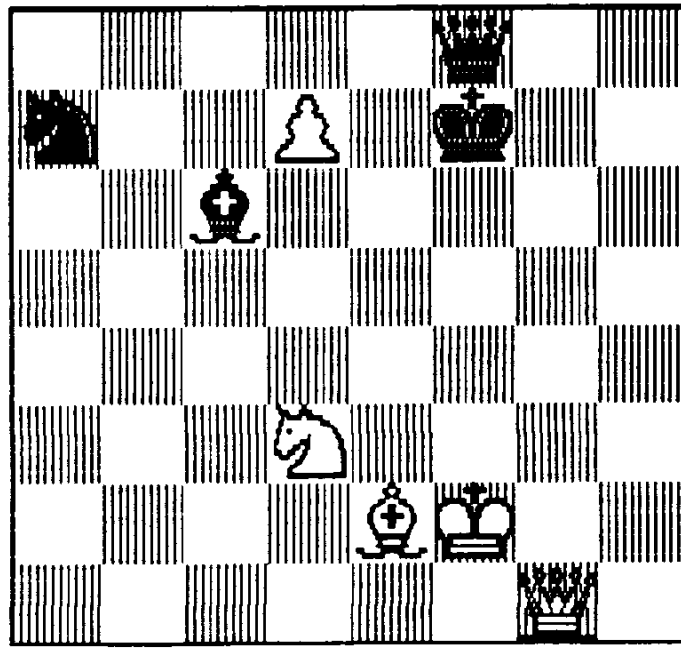
- 1-Ser aluno(a) do IST ;**
- 2-Não ser federado(a) em nenhum clube.**

Nota: esta oferta é válida durante 4 dias (úteis) após o lançamento da presente edição do Pulsar.

Esta iniciativa tem por objectivo promover o xadrez junto dos iniciados, daí o facto dos veteranos não serem directamente visados. Posto isto, resta-me desejar-vos boa sorte e esperar que se divirtam na resolução destes problemas. Até à vista!



Negras jogam e dão mate em 13 lances



Branças jogam e ganham

...Conto Interminável...

(tomo II)

... Ainda mal refeitos da dor da despedida, os guerreiros depararam-se com os portais de tão fascinante tez tão temida floresta. Antes, contudo, de transpor tal fronteira, surgiu-lhes um vulto que depressa revelou uma silhueta delgada, um olhar cândido de donzela franzina e menina e um sorriso cativo numa expressão da mais pura serenidade

e inocência. Embora o único guerreiro imune ao cativo de tal expressão tenha sido Gratus, foi a ele que a donzela dirigiu directamente o olhar que, nesse momento, perdeu a transparência e serenidade tornando-se azul e fortemente brilhante, petrificando integralmente o corajoso e experiente guerreiro. Antes que os outros pudessem reagir à situação,

aquele foi trespassado por um raio azul proveniente do coração da donzela, mais intenso que o azul de miríades de “florestas azuis”.

Nisto ouviu-se:

- Froooraaarriiii! Froooraaarriiii!
- Atende o telemobius!

Mas Gratus não mais estava comunicável com o exterior ao sistema

GD (Gratius-donzela)

Apesar de muito tentarem, os seus companheiros não dele se conseguiram aproximar, nem para o proteger da donzela, nem para lhe atender o aparelho. Assim, este mergulhou num silêncio de frustrado e a donzela pôde prosseguir com a sua estratégia, dirigindo mui suavemente a palavra ao guerreiro petrificado:

- Gratius - *Tuius eius unus grandus liderus* - à parte o triste facto de usares um telemobius Erikus ao invés de um Siemius ou um Nokius. Todavia, até agora tens demonstrado uma enorme frieza na forma de encarar os teus semelhantes. Se pretendes liderar um grupo de guerreiros num ambiente como o da Floresta Azul, não basta experiência e confiança, pois haverá sempre algo que as suplantará. Urge, portanto, uma mudança na tua atitude. Sempre que encontrases algum obstáculo lembra-te dos sentimentos mais nobres que um homem pode ter, mormente a fé, a esperança, o amor... Só assim será possível sobreviver na dialéctica por que terás de passar até chegar ao cerne da floresta onde residem as respostas a todas as tuas perguntas.

Nisto, ante a perplexidade dos presentes, a donzela definhou numa anciã de tez azulada e expressão abatida, enquanto se envolvia voluptuosamente num manto de escuridão...

Quando deram por si, os guerreiros já se encontravam do outro lado da fronteira e a "donzela" havia desaparecido sem deixar qualquer vestígio.

- Quem seria aquele estranho ser - interrogou-se Gratius, já recuperado do efeito atordoante da donzela - e qual o sentido dos seus conselhos, se já o Ermitão nos tinha aconselhado e de forma assaz diferente e se eu já cá tinha estado? Bem, ao menos a donzela não se encontrava no interior da floresta, pelo que não vejo razão para a desacreditar.

O segredo residia no facto de o Ermitão ter dado conselhos essencialmente físicos, enquanto a donzela deu espirituais, mais adequados a uma missão em que estaria envolvido um feiticeiro com quem nem Gratius nem o Ermitão estavam familiarizados.

Sem mais delongas, o grupo

reorganizou-se e, sob o comando de Gratius, prosseguiu em busca do jovem desaparecido.

Não muito tempo havia passado desde então quando um novo fenómeno veio perturbar a "paz" em que o grupo se encontrava. Uma árvore decidiu sacudir tudo o que tinha em si para cima dos guerreiros. Entre "côrbas glaussianas" e "larangianos doentes" surgiu uma placa jacobiana sem dentes. De seguida veio a mensagem numa folha azul da árvore: "Em nome do supremo feiticeiro Brotius, aquele que extrai e estimula o saber, a Floresta Azul deseja-vos as boas-vindas à dialéctica do conhecimento que vos levará ao infinito azul se superarem os vários estágios cognitivos necessários.

Se forem lentes, endireitem as equações mesónicas e a parte posterior das vossas cadeiras e lembrem-se que não será permitido qualquer equipamento de Electrius nem tão pouco telemobius.

Deixa-se já, como primeiro desafio: Qual a simbologia do fenómeno que acabaram de observar?"

- Que quer dizer tudo isto? - perguntou Tritius.

- Sinceramente não faço ideia - respondeu Gratius - Certo certo é o facto de eu ter de desligar o meu telemobius...

Como resolver este problema aparentemente ilógico? Terá algo a ver com os conselhos da donzela, ou seja, residirá a resposta no coração ao invés de na razão? Ou deverá ser equacionado de forma transcendente tanto à razão como ao coração? ...

Vem aí o detergente para limpar o Pulsar desta poluição literária!

Urge, portanto, uma retirada estratégica...

Rui Alexandre Pita Perdigão

Caros colegas, a continuidade deste conto depende de vós. O fluxo das vossas veias literárias só pode ter um destino: o PULSAR. Aguardamos ansiosamente...



Humana

Tu que habitas as profundezas
Tu que preferes às belezas
As virtudes, as purezas,
As simplicidades, as solitudes
Tu, cuja alma se engrandece
Com os desígnios misteriosos da /
vida

Com a contemplação da ordem
Com a compreensão da desordem
Com o fascínio da entropia
Com a paixão da Cosmologia
Com a sede do infinito
Com a sede de saber
Com o desejo da lida
Dos perdidos pela apatia
Com o desejo da contribuição
Para a nossa evolução
Partilha quão nobres propósitos
Com este ser semelhante
ErdInaxUelaR
Acompanha
Livrentemente
Entusiasticamente
Tal aficcionado
por tão sublimes ideias
Torna-te livre das impurezas
Que são terrenas certezas
Entra num mundo de suprema /
paixão

À velocidade de um taquíon
Viva como um fotão
Susceptível como um cosmotrão
Pura como um leptão
Optimista como um protão
E serás
Feliz como um Perdigão.

Rui Pita Perdigão
29/5/1994

Anjo

Este papel em branco...
Que nele hei-de escrever?
Palavras de amor franco...
Que não consigo esquecer.

A distância, o não ser correspondida
Nada! Nada o conseguiu apagar.
Será que vale a pena esta vida
de nada receber e tudo dar?

Tudo o que eu quero,
É que quando ele volte,
Não me deixe em desespero
me prenda, nunca mais me solte.

Tenho medo de o esquecer
E quase tudo tenha sido em vão.
Prefiro na dor me manter
Do que tirá-lo do meu coração.

Tenho medo que outros venham
Tentar ocupar o seu lugar
E que dentro de mim floresçam...
Seja feliz com outro...Deixe de o amar.

Que deixe de encontrar em seus olhos
O mundo que sonhei para mim
Que os meus mais belos sonhos
Sem se realizarem, um dia cheguem ao fim.

Onde estás tu meu anjo?
Onde estás que não te vejo?
Porque será que não te atinjo?
Não te toco? Não te beijo?

Susana Castro

Ai! quem me dera
ver a Aurora Boreal...
ser Rei...
Ai! quem me dera
de um Reino sem ninguém,
Todo meu!
Ai! quem me dera
gritar...
gritos libertinos!
Ai! quem me dera
ser náufrago
sendo a vida, então, a me procurar...
Ai! quem me dera...

Mas tudo o que vejo é transparente...
Tudo o que toco petrifica,
soltando um odor estático
e translúcido,
rasgando o horizonte...
abrindo amplamente um cenário de ausências.

De ausência permanente
em que,
mergulhado permaneço
na iminência de ausência transparente...

Ai! quem me dera
estar ausente
permanecer transparente...

Hugo Parelho

Se discurso a água que levas no centro
descubro a metafísica que és a escorrer
ouso então de olhos fechados o estranho sinónimo
esperançoso na rima com as partes do teu corpo
a voz e a pele sexuadas até o mais profundo das almas

abre-se então uma clareira em teu redor
que percorro várias vezes durante a noite
fossilizando-te dessa forma o orgasmo
para que te vás antes da cristalização do verbo

no fim olhas-me calada enquanto procuro um nome
que te ponha nas noites sem suor

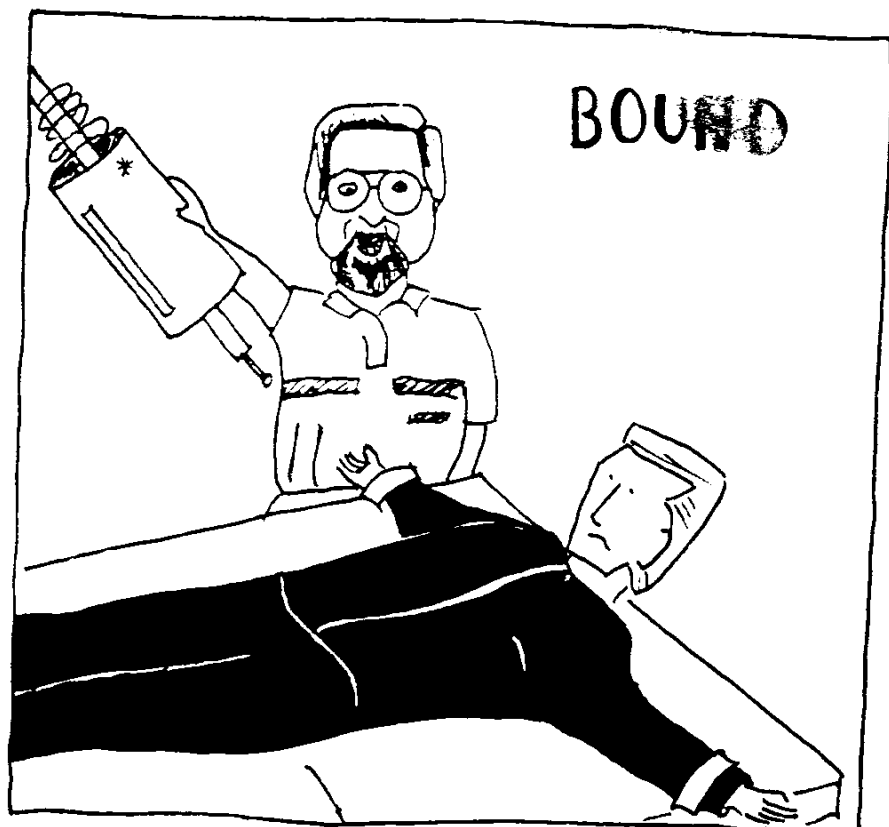
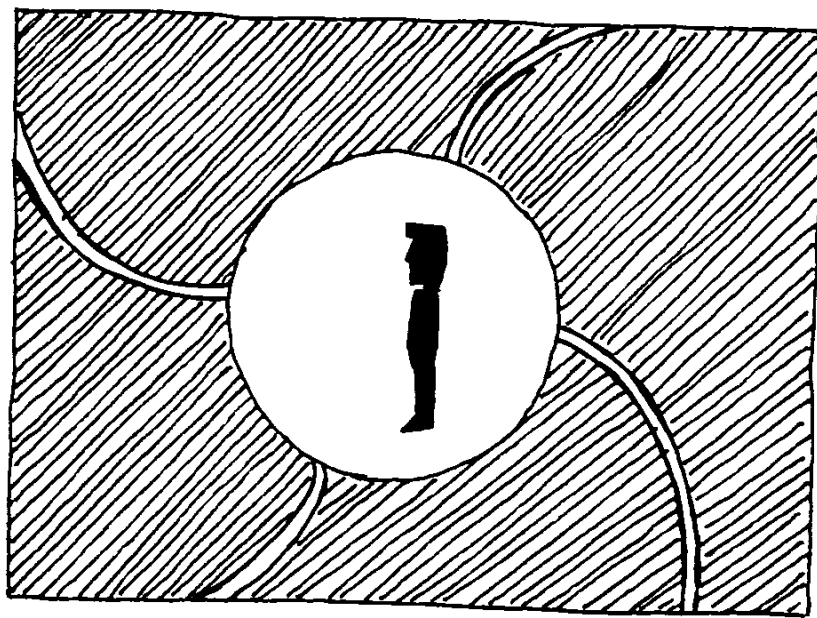
assim

toda iluminada

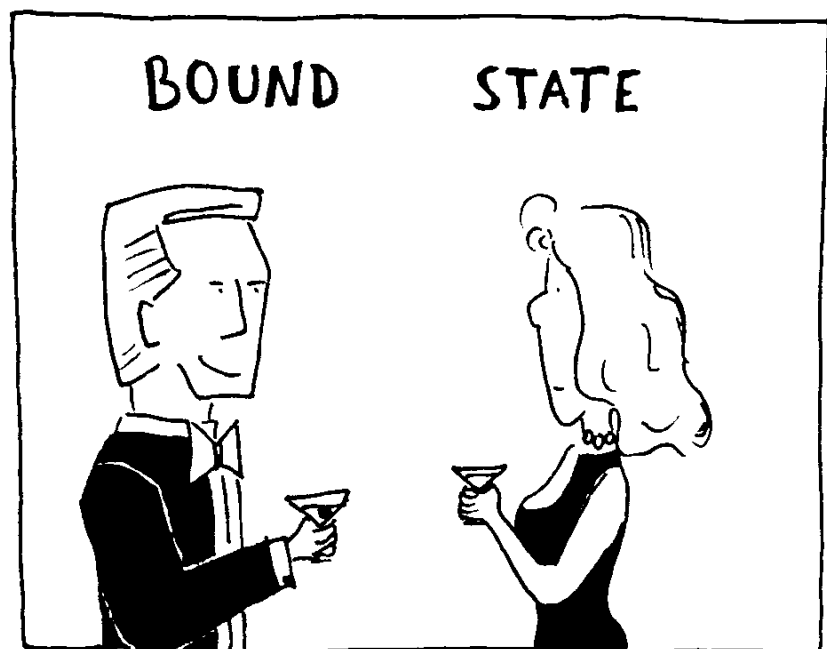
Rui Fernandes

NOTA DA REDACÇÃO:

Por lapso omitiu-se, no artigo "Geometria Quântica" publicado no nº 5 do PULSAR, que a organização da vinda de Alain Connes a Lisboa se deveu ao Centro de Física das Interações Fundamentais (IST, UTL), ao Grupo de Física-Matemática (UL) e contou com o apoio da Fundação Calouste Gulbenkian. Pelo facto apresentamos as nossas sinceras desculpas.



* LASER COM ENERGIA DE CINCO MILIJOULES, DE 620 nm E, DURAÇÃO DE 65 FEMTOSEGUNDOS.



GATO DE SCHRÖDINGER: 19 MEIAS-VIDAS.