REVISTA DA
SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE FÍSICA

VOLUME VII
FASCÍCULOS 1/2
JANEIRO-JULHO
1980

GAZETA DE FÍSICA

GAZETA DE FÍSICA

Fundador: ARMANDO GIBERT

VOL. VII - FASC. 1/2 **JANEIRO/JULHO 1980**

PROPRIEDADE E EDIÇÃO:
Sociedade Portuguesa de Física
Avenida da República, 37, 4.° — LISBOA

Director:
C. S. FURTADO (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra)

Conselho de Redacção:
ADRIANA NUNES (Escola Secundária Santa Isabel, Porto)
ALCINA DO AIDO (Escola Secundária Pedro Nunes, Lisboa)
ANTÓNIO VALLERA (Faculdade de Ciências, Lisboa)
AUGUSTO MOUTINHO (Faculdade de Ciências, Coimbra)
JÓIA DA SILVA (Escola Secundária D. Dinis, Lisboa)
MARGARIDA COSTA (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra)
MARIA ISABEL AGRIA (Escola Secundária Infanta D. Maria, Coimbra)
OLIVÉRIO SOARES (Faculdade de Ciências, Porto)
ODETE CASTRO (Escola Secundária Infanta D. Maria, Coimbra)

Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade, 3000 COIMBRA

PREÇO DESTE VOLUME DUPLO: 70$00

Publicação subsidiada pelo Instituto Nacional de Investigação Científica

Gazeta de Física, (1980), VII, 1-7

DA NATUREZA DA CIÊNCIA À ATMOSFERA DAS AULAS DE FÍSICA

MARIA ODETE VALENTE *

Levar o aluno a entender a NATUREZA DA CIÊNCIA constitui um dos objectivos principais de todos os novos curricula, que a partir da década de 60 emergiam um pouco por toda a parte.

Não bastará atender às definições de ciência, que são tantas quantos os que a tentam definir, para se estabelecer o consenso necessário para o projecto de um curriculo que consiga realizar esse objectivo.

Num inquérito dirigido a oito turmas do 8.º ano do curso unificado, em duas escolas, uma, numa zona rural da periferia de Lisboa e outra no centro da capital, fez-se entre outras perguntas, a seguinte: Que diria a um amigo se este lhe pedisse para explicar o que é a Ciência?

De entre as respostas dadas, retirámos algumas com interesse para as considerações que se seguem.

— A Ciência fala muito de todas as coisas. Tem muitas complicações. Divide-se em várias partes, cada uma delas com características diferentes.
— A Ciência é como que muitas leis dentro de uma só.
— Desenvolve o homem e destrói a terra e talvez leve ao desaparecimento do homem.
— É terrivelmente importante como meio do homem progredir ao ponto de este se expandir a outros planetas, mas tem uma faceta terrível que faz com que o homem se destrua a si próprio.
— A Ciência traz o progresso mas também a poluição e a guerra.

* Professora da Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa.

— É essencial mas traz a guerra.
— É a arte sobre a qual o mundo se debruça à espera de uma salvação para muitos problemas que existem presentemente. Nela depositamos as nossas esperanças.
— O que se aprende nas aulas não chega para nos inteirarmos do que é a Ciência.

Nestes alunos, apesar dos 8 anos de escolaridade, não existe uma concepção adequada da natureza da ciência.

Para uns, a ciência é «coisa complicada» dividida em partes e sem unidade, permeada de inúmeras leis. Para outros, é importante como factor de progresso, mas simultaneamente arma terrível na mão do homem, como meio de destruição da terra, criando a poluição, a guerra e a própria condenação e morte do homem. Para outros é uma arte, ou antes uma técnica ou até um milagre capaz de salvar a humanidade. Por fim, a última citação contém uma das mais realistas afirmações — «o que se aprende nas aulas não dá para nos inteirarmos do que é a ciência».

Todas as respostas referidas pertencem a alunos que frequentavam um curso *normal* de física.

A traduzir a influência que tem a atmosfera das aulas de qualquer ciência no conceito de ciência que se vai formando na mente dos alunos, note-se a diferença no conteúdo das respostas de alunos frequentando, nas mesmas escolas, turmas seguindo um curso *experimental* de física, planeado com o objectivo de prioritariamente treinar os alunos nos processos científicos:

— É um modo de estudo que tem valido muito à humanidade.
— É o estudo da natureza que se reflecte na nossa vida quotidiana.
— A Ciência é termos a impressão de trabalharmos como cientistas.
— É uma técnica avançada de ver as coisas que nos rodeiam.
— É um método de aprender coisas novas e de descobrir coisas sensacionais.
— Foi o método que o homem inventou para realizar certas tarefas.
— A Ciência faz-se com o trabalho de cada um para a evolução do nosso dia a dia.

CIÊNCIA COMO CORPO DE CONHECIMENTOS

Em muitas aulas de física tudo se passa como se a ciência mais não fosse do que um corpo de conhecimentos, a que Schwab chama a estrutura substantiva da ciência, e que é afinal constituída pelos produtos da ciência.

A tradicional divisão dos curricula de física em Estática, Cinemática, Dinâmica, Termodinâmica, Electricidade, etc., nada contribui para que este

corpo se apresente organiazdo em torno dos grandes conceitos unificadores, nem permite descortinar as amplas relações existentes entre as várias ciências.

Não admira pois, que alguns alunos vejam a ciência como «coisa complicada», com muitos nomes e leis, sem nunca chegarem a apreciar a unidade existente em toda a série de conceitos.

E nesta confusão, tomam inferências por factos, esquecem as limitações das generalizações e as condições em que estas se aplicam, tomam como sinónimos modelos e teorias.

CIÊNCIA COMO MODO DE PENSAR

Com a reforma curricular do ensino das ciências verificada durante os anos 60 e 70, veio a primeiro plano uma outra dimensão da ciência, a da sua estrutura sintáctica. A ciência é vista não apenas como um corpo de conhecimentos, mas como um modo de pensar. São preferencialmente os processos científicos e não os produtos que devem impregnar o curriculo.

Modo de pensar que o aluno leva consigo da escola para o seu dia a dia e que transformará a sua maneira de olhar o ambiente, ajudando-o a resolver de maneira científica os seus problemas e a fomar decisões adequadas.

Mas este modo de pensar não se conquista ouvindo as bem intencionadas explicações sobre o «Método Científico», proferidas pelos professores nas primeiras aulas de cada ano lectivo, ou lendo as introduções dos livros de texto que hoje já não convém publicar sem dedicarem ao método algumas das suas páginas.

Método, que em jeito de «pedra filosofal», se pretende seja capaz de conduzir à categoria de cientista todo aquele que o aplique sistematicamente. Descrito em todos os livros com mais ou menos variantes apresenta-se sempre como uma sequência de acções que devem processar-se pela seguinte ordem:

1 — Identificação do problema
2 — Formulação das hipóteses
3 — Procura de evidência para testar as hipóteses
4 — Verificação da validade das hipóteses
5 — Revisão das hipóteses, quando necessário
6 — Elaboração de conclusões
7 — Aplicação das conclusões a problemas semelhantes.

Tudo parece simples e conciso, mas a história mostra que a inovação não se atinge, tão simplesmente, seguindo os passos do «Método Científico». É verdade, que os relatos do trabalho científico exemplificam o método, mas omitem os problemas da estratégia que confrontam o cientista na sua longa caminhada, o «como» este selecciona as questões que submete à inves-

tigação, «como» cria as hipóteses e ainda «como» decide sobre quais os situações experimentais e observacionais a examinar. O «Método Científica» é uma análise lógica e descarnada da investigação, feita à posteriori, que não dá conta de como se atinge e como se avança de um degrau para outro. Sugiro que se acabe com o «Método Científico» nas apresentações dos cursos de ciências e que nos livros de texto não se gastem as páginas em referências aos processos científicos, já que não há um só método científico e os processos usam-se integrados em estratégias que diferem consoante a natureza dos problemas a estudar e os objectivos da investigação.

O entendimento da natureza da ciência enquanto modo de pensar só é possível se assimilado no viver de cada aula que se integra em todo num curriculo criteriosamente organizado, com o objectivo de reforçar a aquisição e o treino das principais operações mentais utilizadas pelos membros da comunidade científica, na sua contínua e persistente busca de ordem e unidade. E quanto aos conteúdos programáticos, que se escolham tendo em conta que devem permitir o exercício deste tipo de actividades.

Na maioria das escolas, o professor selecciona as situações de estudo e é este que confronta os alunos com os problemas.

Se não colocarmos os alunos nas situações em que estes por si próprios identifiquem os problemas e os definam em termos de serem submetidos à investigação, nunca serão capazes de dar esse primeiro salto qualitativo, condição para se libertarem do estádio de percepção caótica.

Os problemas que se dão para resolução em casa ou nas aulas chamadas «práticas» não contribuem para treinar esta capacidade, porque se apresentam já despidos das complexidades que os aproximariam dos problemas reais enfrentados pelos alunos no quotidiano e estão reduzidos a uma tipologia que os torna «espécie rara» e lhes dá um travo de irrelevantes.

No laboratório, a situação não é muito melhor, com as experiências conduzidas como quem segue a receita do livro de cozinha. A ênfase deve colocar-se na colheita sistemática de dados e no treino da *gestação* de hipóteses. É neste exercício da tentativa de colocar ordem no caos, que os alunos desenvolvem as estratégias básicas da actividade científica.

Por necessidade de rentabilizar ao máximo o percurso, num dado curriculo, não pode o professor cair na tentação de impedir ou desviar o aluno do envolvimento na gestação e verificação das suas hipóteses, mesmo quando aquele tem a certeza de que são falsas.

A CIÊNCIA E A SUA HISTÓRIA

Uma outra dimensão a considerar é a da ciência e o seu «fazer-se».

Thomas S. Kuhn no livro de que é autor «The Structure of Sicientific Revolutions», publicado em 1962 e hoje uma das mais citadas publicações no domínio da história e natureza da ciência, chama a atenção para o facto de

nas nossas escolas se dar uma imagem da ciência que não corresponde à sua história.

Segundo Kuhn, uma vez ultrapassado o estádio Pré-paradigmático, durante o qual coexistem várias escolas em competição e não há acordo quanto às principais linhas de pesquisa, métodos, instrumentos e interpretações, a ciência passa por uma sequência alternada de períodos de «Ciência Normal» e de «Revolução Científica».

Durante os períodos de Ciência Normal, a comunidade científica orienta-se por um «paradigma», conceito sistematicamente introduzido por Kuhn e que inclui a linguagem, as teorias, os esquemas conceptuais, os métodos, os instrumentos e os próprios limites da ciência. O paradigma determina quais os aspectos do mundo que o cientista estuda e os tipos de explicações que aceita. Mais ainda, inclui o modo como vê os dados, as leis e as teorias. Durante este período há acordo na orientação a dar à investiação, nos métodos e nos instrumentos a utilizar, assim como nos tipos de intrepretações plausíveis. A comunidade científica põe todo o seu esforço na resolução de problemas tipo «puzzle», na melhoria da precisão dos instrumentos, na verificação das previsões, na articulação do paradigma, na determinação de constantes, na determinação de leis quantitativas e no refinamento de alternativas.

Ao período de Ciência Normal seguem-se as Revoluções Científicas, resultando estas do reconhecimento de anomalias importantes. A ideia de que a ciência se desenvolve ordenadamente, sistematicamente, construindo-se o edifício pacificamente pondo tijolo sobre tijolo é a que alguns livros de texto deixam transpirar, mas não é uma visão realista. Os cientistas vêem os factos através do seu quadro de referência. Por vezes certos factos deixam de se encaixar facilmente. O cientista tenta alargar o quadro ou reinterpretar os factos, mas por vezes apesar de todo o esforço não é mais possível essa adaptação, e é necessário encontrar um novo quadro. Quando existem vários quadros em conflito para interpretar os dados de um certo domínio, a revolução instaura-se, até que um dos paradigmas em conflito reúna o consenso necessário para permitir um novo período de Ciência Normal e uma articulação crescente do novo paradigma.

Para dar ao aluno esta dimensão é necessário impregnar o curriculo da história da ciência, entendendo-se esta não apenas como uma série de citações sobre as muitas descobertas realizadas ao longo dos anos, mas, sobretudo, como o estudo aprofundado dos períodos de revolução científica.

CIÊNCIA E SOCIEDADE

A ciência e a sociedade interactuam uma com a outra numa variedade de modos. O trabalho dos cientistas é influenciado e dependente de pressões sociais a dois níveis. Primeiro por pressões políticas, económicas e cultu-

rais; segundo pelas pressões da própria comunidade científica, que reunida em torno do paradigma aceite, molda a actividade e fornece os critérios porque é avaliado o trabalho dos seus membros. É esta adesão às crenças comuns que fornece a base para a *autoridade* que a comunidade científica exerce sobre os seus membros. Aquela, mesmo sem utilizar formas de coerção física, pode revelar-se suficientemente forte para retardar o próprio processo científico.

Da relação entre ciência e sociedade deriva parte da responsabilidade social do cientista.

A educação científica deve considerar esta relação. O tratamento desta dimensão da natureza da ciência constitui uma prioridade na década de 80, se quisermos conquistar o interesse dos jovens para o estudo das ciências, pois estes reclamam cada vez mais que ciência e tecnologia sejam postos ao serviço da humanidade e do indivíduo.

Levados pela preocupação de ensinar a ciência como processo de investigação — o tão divulgado método do «Inquiry» —, os educadores científicos deixaram bastante de lado as relações entre ciência e sociedade. Mas, a ciência não deve continuar a ser ensinada como assunto que vale por si mesmo, atendendo-se unicamente à sua própria evolução, independentemente das exigêncis sociais e sem compromissos para com a humanidade.

Também, não parece que se deva continuar a acentuar a divisão ciência-tecnologia.

É necessário cada vez mais desenvolver aptidões, que ajudem a aplicar o conhecimento aos problemas em relação aos quais se devem tomar decisões.

Tomar decisões é mais do que interpretar dados, é maximizar o significado da informação.

É preciso ultrapassar a educação pelo conhecimento em si mesmo, por uma educação científica pelo conhecimento posto em acção.

A ATMOSFERA DAS AULAS DE FÍSICA

A questão que se põe ao tentar organizar um curriculo é esta: Como harmonizar todas estas dimensões da ciência num curso de física?

Não se pensa que seja fácil dar igual relevo a todas as componentes da natureza da ciência que foram referidas.

Até ao 9.º ano não é conveniente organizar cursos separados, de física, química, biologia. Deve promover-se o desenvolvimento de cursos de ciência integrada.

As aulas devem ter ampla componente experimental entendendo-se aqui que as experiências são realizadas pelos alunos. A experiência directa com os objectos é fundamental para a apropriação dos conceitos.

Os conteúdos a selecconar devem ajustar-se ao desenvolvimento das competências no uso de estratégias científicas e simultaneamente responder à

curiosidade natural das crianças desta idade, onde certamente a relação ciência-avanço tecnológico tem lugar privilegiado.

Ao falar de ensino até ao 9.º ano pensa-se que se pode começar a ensinar a ciência no jardim infantil, reconhecendo-se porém que nessa altura os processos científicos utilizados não vão além da colheita e classificação da informação ,enquanto que no 8.º e 9.º ano é possível levar os alunos a definir operacionalmente as grandezas e a controlar variáveis.

Quanto ao ensino da física no curso complementar existem para já a considerar três categorias de alunos:

— Alunos que seguem a área de estudos A (estudos científico-naturais).
— Alunos que seguem a área de estudos B (estudos científico-tecnológicos)
— Alunos que seguem a área de estudos E (estudos das artes visuais).

Deverá ensinar-se o mesmo a todos eles?

Talvez a resposta mais simples seja o sim. Poderia mesmo argumentar-se em defesa desta posição que a física é só uma. Mas se, apenas considerando a ciência como corpo de conhecimentos, já é impossível dar conta de todo este corpo, no período de escolaridade a que nos referimos, como ainda conciliar as várias dimensões da natureza da ciência no moldar desse conteúdo?

Por isso se propõe que se opte pelo «*menos e melhor*» em desfavor de «*tudo mas sem profundidade*» com a sugestão que se põe à discussão:

I — Que os cursos de física para alunos da área de estudos A sejam organizados dando especial relevo à ciência como corpo organizado de conhecimentos e à ciência como modo de pensar.

II — Que os cursos para alunos da área de estudos B sejam organizados dando especial relevo à ciência como corpo de conhecimentos e às relações entre ciência e tecnologia.

III — Que os cursos de física para os alunos das áreas E (e porque não da área C, D e E?) dêem especial relevo à história da ciência e às relações desta com a sociedade.

Gazeta de Física, (1980), VII, 9-20

UM PROBLEMA DE RELATIVIDADE
— O «PARADOXO DOS RELÓGIOS» —

PAULO GALI DE CARVALHO MACEDO *

RESUMO — Pretende-se com este trabalho, mostrar a impossibilidade da resolução do chamado «Paradoxo dos Relógios» no âmbito da Teoria da Relatividade Restrita.

Para tal, começa-se por enunciar o problema, que consiste no facto de dados dois relógios sincronizados à partida um dos quais é embarcado numa nave espacial enquanto o outro permanece na Terra, supondo que a nave viaja a uma velocidade próxima da velocidade da luz, numa viagem de ida e regresso à Terra, quando se comparam novamente os tempos indicados pelos relógios levados para junto um do outro, verifica-se que o intervalo de tempo medido pelos dois relógios entre a partida e chegada do primeiro é diferente.

Em seguida a uma curta exposição do tratamento do problema em Relatividade Restrita, vulgarmente utilizado, e das opiniões de alguns autores que partilham este ponto de vista, mostra-se que o tratamento é incorrecto, através do estudo da diferença de tempos decorridos, calculada por um terceiro observador situado num referencial inercial e comparação desta com a diferença calculada pelo observador em repouso no referencial inercial de que partiu a nave.

I — INTRODUÇÃO

1. O Grupo de Galileu e o de Lorentz

Constitui facto corrente o fenómeno de dilatação do tempo que decorre imediatamente da substituição na T. R. R. ** do grupo de transformação de Galileu pelo grupo de Lorentz.

---

* Assistente do Departamento de Matemática da F. C. T. U. C.; Membro do Centro de Investigação Matemática Anastácio da Cunha (INIC).

** Teoria da Relatividade Restrita.

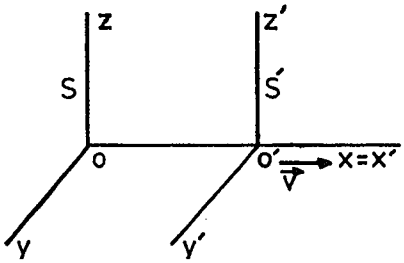


Fig. 1

Dados dois referenciais inerciais S e S' situados um relativamente ao outro na posição padrão, isto é, com os eixos dos xx coincidentes, e estando a origem $0'$ de S' em movimento com velocidade $\vec{v}$ relativamente a S, temos de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita o grupo de Lorentz:

$$\begin{cases} x = \dfrac{x' + vt}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{v}{c}\right)^2}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \dfrac{t' + \dfrac{v}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{v}{c}\right)^2}} \end{cases} \tag{1}$$

(t,x,y,z) coordenadas de um acontecimento em S
(t',x',y',z') coordenadas de um acontecimento em S'.

2. A Dilatação dos Tempos

Suponhamos que temos um dado referencial S_1 e um outro S_2, estando S_1 em movimento relativamente a S_2 com velocidade $\vec{v}$ segundo os eixos dos xx de S_1 e S_2.

Suponhamos que num mesmo ponto do referencial S_2 ocorrem dois acontecimentos, como, por exemplo, dois tic-tacs de um relógio, nos instantes t_2 e t'_2. O intervalo de tempo que decorre entre estes dois acontecimentos para o observador situado em S_2 será $\Delta t_2 = t'_2 - t_2$. Mas para o observador em S_1 o intervalo não será o mesmo, visto que usando a transformação de Lorentz, com t_1 e t'_1 os instantes correspondentes aos mesmos acontecimentos observados por este, virá:

$$t_1 = \frac{t_2 + v\dfrac{x}{c^2}}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{v}{c}\right)^2}}, \qquad t'_1 = \frac{t'_2 + v\dfrac{x}{c^2}}{\sqrt{1 - \left(\dfrac{v}{c}\right)^2}} \tag{2}$$

e

$$\Delta t_1 = t_1' - t_1 = \frac{t_2' - t_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \tag{3}$$

Vemos que o intervalo de tempo que decorre entre os dois acontecimentos, quando observado pelo observador situado em S_1, aparece dilatado em relação ao observado pelo observador situado em S_2 de um factor $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$.

Isto é, o intervalo de tempo entre dois acontecimentos ocorrendo num dado referencial será mínimo quando medido num referencial em repouso relativamente a ele e será tanto maior quanto maior fôr a velocidade do referencial de onde são observados relativamente ao referencial no qual ocorrem os acontecimentos.

II — ENUNCIADO DO PROBLEMA E OBJECTIVO DO PRESENTE TRABALHO

1. O Problema

Vimos que, quando passamos a considerar a transformação de Lorentz, surge-nos naturalmente o fenómeno da dilatação das escalas de tempo para os observadores em movimento. Isto é, quando temos um dado relógio cujo comportamento é observado por dois observadores, um em repouso relativamente a ele e outro em movimento, e dado um certo intervalo de tempo entre dois acontecimentos coincidentes no referido referencial (por exemplo dois bateres consecutivos das horas do relógio), o intervalo de tempo é maior comparado com a escala de tempo respectiva para o observador em movimento que para o observador em repouso no referencial do relógio.

Podemos também explicar isto de outra maneira. Se definirmos o intervalo elementar de tempo próprio entre dois acontecimentos adjacentes no espaço e no tempo para um referencial inercial qualquer, como sendo

$$d\tau = \frac{ds}{c}, \tag{4}$$

e sendo $d\tau' = \dfrac{ds'}{c}$ o intervalo elementar de tempo próprio entre os mesmos dois acontecimentos num outro referencial inercial qualquer, dado que

$$ds = ds'$$

por ser invariante com a mudança de coordenadas, virá

$$d\tau = \frac{ds}{c} = \frac{ds'}{c} = d\tau\,. \tag{5}$$

Isto é, o intervalo de tempo próprio entre dois acontecimentos é um invariante: é o mesmo qualquer que seja o referencial inercial no qual são feitas as medições.

Se tomássemos um sistema de unidades tal que nele $c = 1$, então teríamos que

$$d\tau^2 = dt^2 - \underbrace{(dx^2 + dy^2 + dz^2)}_{\vec{dr}^{\,2}}\,. \tag{6}$$

Ora, no referencial em que o relógio está em repouso, o segundo termo do segundo membro de (1) anula-se, conduzindo a

$$d\tau^2 = dt^2\,.$$

Por outro lado, no outro referencial temos

$$d\tau'^2 = dt'^2 - \vec{dr'}^{\,2}$$

com $\vec{dr'}^{\,2} > 0$; portanto, sendo $d\tau'^2 = d\tau^2$ vem

$$dt^2 = dt'^2 - \vec{dr'}^{\,2}\,, \quad \text{ou seja}$$

$$dt < dt'\,. \tag{7}$$

Suponhamos então que temos dois relógios quaisquer (de um modo geral costuma escolher-se dois gémeos como os relógios biológicos utilizados): um deles é colocado num foguetão enviado com velocidade próxima de c para um ponto qualquer do Universo (por exemplo a estrela Vega Lirae), que em certo momento inverte o sentido da sua marcha e regressa à Terra, enquanto o outro permanece na Terra.

À luz da Mecânica Clássica, o que deveria suceder é que o viajante ao regressar devia ter precisamente a mesma idade do gémeo que ficou

na Terra, dado o carácter absoluto da noção da duração temporal, expresso no Grupo de Galileu na equação $t = t'$. Vejamos agora o problema à luz da Relatividade. Segundo esta teoria, para o observador que está na Terra, uma vez que o viajante está em movimento relativamente a ele, o intervalo de tempo que medeia entre dois pulsares do coração do viajante é maior que o intervalo que medeia entre dois pulsares do seu coração. Isto é, para o observador na Terra, o ritmo biológico do viajante é mais lento do que o dele; assim, segundo o ponto de vista do gémeo na Terra, o viajante quando regressar à Terra não terá a sua idade, mas será mais novo.

2. Onde Surge o Paradoxo

Estudemos agora não o ponto de vista do observador na Terra mas sim o do viajante. Segundo este, por razões de simetria, quem se está deslocando relativamente a ele não é o foguetão, mas sim a Terra. Então do mesmo modo que no caso anterior, o viajante dirá que o coração do gémeo que permaneceu na Terra bate mais devagar: isto é, o gémeo na Terra envelhece menos do que ele, pelo que, quando regressado à Terra, esperará confirmar que o gémeo da Terra será mais novo do que ele. É isto que constitui o paradoxo chamado dos gémeos ou dos relógios.

Pretende-se através do presente trabalho, mostrar que a resolução do problema no âmbito da Teoria da Relatividade Restrita é inteiramente incoerente.

III — O TRATAMENTO USUAL DO PROBLEMA NO ÂMBITO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA E OPINIÃO DE ALGUNS AUTORES QUE ADOPTAM ESTE PONTO DE VISTA

O primeiro autor a referir-se ao problema foi A. Einstein, logo no artigo em que expõe as bases da Teoria da Relatividade «Sobre a electrodinâmica dos corpos em Movimento», no qual, baseado na dilatação do tempo que acabava de expôr, prevê o que devia verificar-se com dois relógios, quando um deles viaja e volta à companhia do outro. Nesta formulação do problema, Einstein não se chega a aperceber da natureza paradoxal do resultado, dada pelo facto de compararmos o ponto de vista dos observadores solidários com cada um dos relógios.

A formulação mais vulgarmente considerada, é a que utiliza por exemplo Arzeliés no seu livro «La Cinématique Relativiste» e que podemos descrever do seguinte modo. Consideremos dois relógios idênticos A e B em repouso num referencial inercial (por exemplo a Terra, que para este efeito

é assim considerada) e que estão sincronizados. Em seguida, vamos acelerar o relógio A com aceleração γ até que atinja uma velocidade v em relação a B e em seguida suspendamos a aceleração de modo que A fique animado de um movimento rectilíneo e uniforme relativamente ao referencial inercial primitivo; finalmente, ao fim de certo tempo, vamos trazer novamente A ao repouso em relação ao referencial inercial primitivo (o de B). Supomos que a duração dos períodos de aceleração é desprezável relativamente à duração dos períodos em que A tem movimento uniforme. Em mecânica clássica, quando o relógio é trazido ao repouso no ponto de partida, não marcará um intervalo de tempo diferente do marcado pelo relógio em repouso nesse ponto pelo que já vimos, mas em mecânica relativista, não se passa o mesmo: «O relógio A atrasa-se constantemente em relação ao relógio fixo e quando os dois relógios voltam de novo ao repouso relativo,aquele que se deslocou em relação ao sistema próprio está atrasado relativamente ao relógio fixo B».

O atraso é dado por $\Delta T = T_B - T_A$. Pela transformação de Lorentz já vimos que se chega à conclusão de

$$T_A = T_B \sqrt{1-\beta^2}\,, \tag{8}$$

$$\text{com } \beta = \frac{v}{c}.$$

Donde

$$T_B - T_A = T_B - T_B\sqrt{1-\beta^2} =$$

$$= T_B\left(1-\sqrt{1-\beta^2}\right)$$

ou

$$\Delta T = T_B\left(1-\sqrt{1-\beta^2}\right). \tag{9}$$

Para velocidades suficientemente pequenas, podemos fazer um desenvolvimento em série desprezando os termos de ordem superior à segunda:

$$\sqrt{1-\beta^2} = 1 - \frac{\beta^2}{2\sqrt{1-\beta^2}} + \dots$$

ou, ainda,

$$\sqrt{1-\beta^2} \simeq 1 - \frac{\beta^2}{2} \tag{10}$$

Quer dizer

$$\Delta T \simeq T_B \left(1 - 1 + \frac{\beta^2}{2}\right)$$

ou

$$\Delta T \simeq T_B \frac{\beta^2}{2}. \tag{11}$$

Se a distância percorrida é $2l$ (medida por B), então

$$2l = v T_B \quad \text{ou} \quad T_B = \frac{2l}{v} \tag{12}$$

e

$$\Delta T = \frac{vl}{c^2}. \tag{13}$$

E, mais adiante, afirma: «Dois relógios idênticos são comparados em épocas diferentes no mesmo sistema. Nos instantes em que são comparados estão em repouso e verificamos que o seu comportamento foi diferente — não há reciprocidade — isto é, dois acontecimentos que se produzem no mesmo ponto são separados por intervalos de tempo diferentes». E, na sequência, disto escreve: «Parece que chegamos assim a um resultado contraditório com o princípio de relatividade; a experiência parece com efeito permitir decidir, qual dos relógios esteve em movimento (e é aí que reside o paradoxo). Na realidade, a experiência permite apenas saber qual dos relógios esteve sempre em repouso num referencial inercial».

Expõe o autor em seguida várias notas em que explica algumas objecções que se podem levantar. Assim afirma que «o papel da aceleração é fundamental em Relatividade Restrita, porque é ela que modifica a marcha do relógio A e é por isso que o raciocínio recíproco não é verdadeiro, visto que B não sofre nenhuma aceleração, não se tomando contudo em conta o efeito da aceleração no cálculo porque o seu período de duração é curto». Isto é, a velocidade de rotação dos ponteiros do relógio varia muito, mas como o intervalo de tempo em que isto se dá é muito pequeno, a sua posição praticamente não varia.

É claro que quando este resultado se aplica a seres humanos, por exemplo quando se substituem os relógios A e B por dois gémeos — admitindo que o próprio ser humano é um relógio biológico — chega-se à conclusão que o gémeo que fez a viagem de ida e volta deve regressar mais novo que

o que ficou na Terra, dependendo a diferença de idades da velocidade de um viajante em relação ao outro e da duração da viagem.

Posição semelhante à acabada de expor é defendida por Max Born no seu livro «Teoria da Relatividade de Einstein». Refere que «se a marcha dos relógios for perturbada pela aceleração, esta acção pode manter-se suficientemente pequena tomando uma duração da viagem suficientemente longa para que a possamos desprezar». Em seguida, considera a objecção da reciprocidade do problema que resulta de ao admitirmos os dois observadores como equivalentes, tomando o ponto de vista do viajante baseado apenas na Relatividade Restrita, chegarmos a um resultado incompatível com o primeiro: isto é, para este observador quem estaria mais novo seria o gémeo que ficou na Terra visto que para ele é a Terra que se desloca relativamente a ele e, portanto, o tempo passa mais depressa no referencial dele do que na Terra. Responde deste modo a esta objecção: «Assim pensam os espíritos superficiais. O defeito deste raciocínio vê-se imediatamente. O princípio da relatividade não envolve senão sistemas animados de movimentos rectilíneos e uniformes uns em relação aos outros; e sob a forma que foi exposta ele não é aplicável aos sistemas acelerados. Ora o sistema do viajante é acelerado e portanto não é equivalente ao outro que é um referencial inercial». Deste modo, o ponto de vista do gémeo viajante, é totalmente ignorado.

Schild, considera que o problema só é paradoxal na medida em que vem alterar os nossos hábitos de pensamento e compara-o ao problema dos antípodas, afirmando: «Muitos físicos consideram que este paradoxo só pode ser resolvido com a Teoria da Relatividade Geral. Encontram nisso grande conforto porque nada sabem de Relatividade Geral e sentem que não se devem preocupar com o problema até que decidam aprender Relatividade Geral. No entanto eles estão muito enganados. O efeito dos gémeos, é certamente um efeito de ordem de grandeza que consideramos pertencer ao domínio da Relatividade Restrita. O paradoxo portanto pode e deve ser reoslvido no âmbito desta Teoria». Podemos dizer que Schild considera que nenhum efeito físico de acelração sobre os relógios pode mudar o facto de existência do «efeito dos gémeos».

É esta também a posição manifestada por Brotas no seu artigo «O Paradoxo dos Gémeos e Tempo Formal». Do mesmo modo que Schild, este autor considera que o efeito não pode ser devido às acelerações apenas, e afirma: «O atraso do relógio do observador em movimento rectilíneo e uniforme num referencial e o atraso do relógio do observador que sofre inversão de marcha e volta ao ponto inicial, um e outro são efeitos relativistas devidos à velocidade».

R. Romer ao referir a objecção da reciprocidade realça a posição privilegiada dos referenciais inerciais. Afirma nomeadamente: «Quando A (o viajante) compara a sua idade com a de B no fim da viagem, existe um efeito observável; não pode haver desacordo entre A e B

acerca de quem é mais novo». Quanto a uma segunda objecção vulgarmente levantada, que consiste em afirmar que o problema não pode ser resolvido no âmbito da Teoria da Relatividade Restrita, visto um dos gémeos sofrer acelerações que vão alterar os resultados, o autor considera a questão mais difícil de resolver afirmando: «Alguns proponentes deste tipo de argumento consideram que o tratamento adequado do problema deve ser dado usando apenas a Teoria da Relatividade Restrita, mas somente se os tempos de aceleração são considerados tão pequenos que se podem desprezar. Não é claro o que se pretende significar por «tão pequenos que sejam desprezáveis» e, de facto, os tempos de aceleração não necessitam de ser pequenos».

IV — O NOSSO PONTO DE VISTA. DEMONSTRAÇÃO DE QUE A ABORDAGEM DO PROBLEMA EM RELATIVIDADE RESTRITA É INCOERENTE.

Verificou o leitor, com certeza, no decurso do que já passámos em revista acerca do tratamento do problema no âmbito da Teoria da Relatividade Restrita, que a maioria dos diversos autores que abordam deste modo o problema, não tomam conta, nem dentro deste âmbito o podiam fazer, o ponto de vista do observador viajante. Baseiam-se no facto de o referencial em que ele está em repouso não ser sempre um referencial inercial por virtude das acelerações sofridas por este observador na inversão de marcha à partida e à chegada, e, portanto, não ser aplicável neste caso a citada teoria. Baseiam-se portanto estes autores na inequivalência dos dois referenciais.

Neste parágrafo, pretendemos em nossa opinião mostrar que este tratamento do problema leva a resultados contraditórios, não resolvendo portanto o paradoxo. Para isso vamos considerar três observadores ligados a três referenciais α, δ e γ nas seguintes condições. Os referenciais δ e γ são respectivamente os referenciais em que se encontram em repouso o observador que permaneceu na Terra (A) (gémeo 2) e o viajante (gémeo 1), que relativamente a este se desloca até um ponto B com velocidade $\vec{v}$ e, invertendo o sentido do seu movimento, volta com velocidade $\vec{v}$ novamente até A. Vamos, portanto, supor que o referencial α é tal que é inercial e coincide (desprezando a aceleração inicial) com o referencial γ no trajecto inicial até ao início da aceleração para a inversão de marcha, estando, pois, a origem do referencial α animada de uma velocidade v relativamente ao referencial δ.

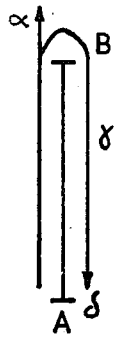


Fig. 2

Vejamos então qual o ponto de vista do observador situado em α sobre o que se passa com os gémeos 1 e 2 e comparêmo-lo com o ponto de vista do observador situado em δ, no qual o gémeo 2 está em repouso.

a) Vejamos em primeiro lugar o que se passa com o gémeo 2. Seja Δt_2 o intervalo de tempo que mediou entre a partida e a chegada para o gémeo 2 segundo o ponto de vista do observador em repouso em δ; e $\Delta t'_2$ o intervalo de tempo que mediou entre a partida e a chegada para o gémeo 2 segundo o ponto de vista do observador em repouso em α; suponhamos que d é a distância entre A e B medida no referencial δ. Então:

$$\Delta t_2 = \frac{2d}{v}, \tag{14}$$

e, por outro lado, como já vimos, quando deduzimos a fórmula da dilatação do tempo,

$$\Delta t'_2 = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1-\beta_2}} = \frac{2d}{v\sqrt{1-\beta^2}}, \tag{15}$$

em que

$$\beta = \frac{v}{c}.$$

b) Vejamos agora o que se passa com o gémeo 1. Seja Δt_1 o tempo que mediou entre a partida e a chegada para o gémeo 1 segundo o ponto de vista do observador em repouso no referenrencial δ; e $\Delta t'_1$ o tempo que mediou entre a partida e a chegada para o gémeo 1 segundo o ponto de vista do observador em repouso em α.

Como já foi visto no decurso da discussão anterior

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \sqrt{1 - \beta^2} \, .$$

Por outro lado se for v' a velocidade de γ relativamente a α na segunda parte do processo, isto é, no regresso,

$$\beta' = \frac{v'}{c} = \frac{\dfrac{2v}{1+\beta^2}}{c} = 2\frac{\beta}{1+\beta^2} \tag{16}$$

e, portanto,

$$\Delta t'_1 = \frac{d}{v}\left[\sqrt{1-\beta^2} + \sqrt{(1-\beta^2)(1-\beta'^2)}\right] =$$

$$= \frac{d}{v}\sqrt{1-\beta^2}\left(1 + \sqrt{1-\beta^2}\right). \tag{17}$$

Consequentemente

$$\Delta t'_1 = \frac{\Delta t_2}{2}\sqrt{1-\beta^2}\left(1 + \frac{(1+\beta)(1-\beta)}{1+\beta^2}\right).$$

Verifica-se, pois, que

$$\Delta T - \Delta T' \neq 0 \, ,$$

ou seja

$$\Delta T \neq \Delta T' \, . \tag{18}$$

Assim, usando o tratamento baseado na Teoria da Relatividade Restrita, obtemos a conclusão paradoxal de dois observadores em repouso em referenciais inerciais chegarem a resultados diferentes e, portanto, incompatíveis, acerca da diferença de idades dos dois gémeos. Vemos assim que há necessidade de utilizar outro tratamento para resolver o problema. A explicação para este resultado paradoxal, a que chegámos, reside nos efeitos que decorrem do facto do gémeo viajante sofrer acelerações, o que torna necessário proceder a um tratamento mais geral do problema baseado na Teoria da Relatividade Geral, que nos permite comparar os pontos de vista — neste âmbito equivalentes — dos dois gémeos à luz dessa Teoria.

De entre os tratamentos realizados com base na Teoria da Relatividade Geral, parecem-nos correctos os feitos por Moller e Tolman, para os quais me permito remeter os interessados neste problema.

BIBLIOGRAFIA

1 — EINSTEIN — *Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento*, Anallen der Physik n.º 17, 1905 (tradução coligida no livro O Princípio da Relatividade, Ed. Fundação Gulbenkian.

2 — H. ARZELIÉS — La Cinematique Relativiste, Gauthier Villars, 1955.

3 — MAX BORN — La Theorie de La Relativité de Einstein, Gauthier-Villars, 1923.

4 — SHILD — *The Clock Paradox* in the «Relativity Theory», 1950.

5 — BROTAS — *O Paradoxo dos Gémeos e Tempo Formal*, Gazeta da Matemática, n.os 113-116, 1969.

6 — ROMER — *Twin Paradox in Special Relativity*, American Journal of Physics, vol. 27, n.º 3, 1959.

7 — ROBINSON e FEENBERG — *Time Dilation and Doppler Effect*, American Journal of Physics, 1957.

8 — LANGEVIN — *L'Évolution de l'Espace et du Temps*, Scientia, t. X, 1911.

9 — PAUL COUDERC — *La Relativité*, col. «Que sais je», PUF, 1966.

10 — R. DUGAS — Histoire de la Mécanique, Dunod, 1950.

11 — TOLMAN — *Relativity Thermodinamics and Cosmology*, Oxfcrd Press, 1954.

12 — MØLLER — *The Theory of Relativity*, Oxford Press, 1952.

13 — MIKAIL — *The Relativistic Clock Problem*, Proc. Camb. Phil. Soc., t. 48, 1952.

14 — SHERWIN — *Some Recent Experimental Tests of the Clock Paradox*, Physical Revue, vol. 120, n.º 1, 1960.

15 — WEINBERG — Gravitation and Cosmology, John Wiley, 1972.

16 — BERGMAN — Introduction to the Theory of Relativity, Prentice-Hall, 1950.

17 — P. MACEDO — O Paradoxo dos Relógios em Teoria da Relatividade, Monografia da Licenciatura, Coimbra, 1976.

A SPF NOS ANOS 80
BASES PARA A DEFINIÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA

RELATOR: H. MACHADO JORGE

SUMÁRIO

PREÂMBULO

UM CENÁRIO EM MUTAÇÃO

POR UMA PROGRESSIVA AFIRMAÇÃO DA SPF

- Objectivos a prosseguir
- Meios existentes
- Medidas a adoptar
- Mecanismos e estruturas a instituir
- Reformulação orgânica

COMENTÁRIO FINAL

REFERÊNCIAS

TEXTO APROVADO PELO CONSELHO DIRECTIVO DA SPF

JULHO 1980

PREÂMBULO

1. No âmbito dos trabalhos preparatórios da Conferência das Nações Unidas sobre Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (UNCSTD), que se realizou em Viena, Agosto 1979, a Unesco elaborou um documento, intitulado «New Perspectives in International Scientific and Technological Co-operation. For a more equitable distribution of scientific and technological knowledge and of its application to development in all countries». Na secção dedicada a «Associações científicas e suas interacções com organizações intergovernamentais», pode ler-se a passagem seguinte [1]:

As «uniões científicas» ou «associações científicas» representam em si a mais tradicional e viva forma de cooperação científica institucionalizada. Operam mediante congressos, simpósios, revistas e publicações, comissões permanentes, etc. A maioria destas uniões ou associações estão federadas no International Council of Scientific Unions e são muito activas, embora os seus recursos financeiros e administrativos sejam em geral reduzidos. Dependem, em muito larga escala, do interesse pessoal e devoção de cientistas, que voluntariamente lhes dedicam parte do seu tempo. Dado que a participação nos trabalhos das organizações científicas não-governamentais está condicionada, acima de tudo, pela realização científica nas diversas disciplinas, elas constituem os órgãos vivos da ciência e como tal são reconhecidas pela comunidade científica que representam. Constituem assim a melhor fonte de competência em matérias puramente científicas, donde as suas relações próximas com organizações intergovernamentais como a Unesco, que por sua vez financiam o seu funcionamento através de contratos e subvenções. Esta interacção é essencial para o fortalecimento dos laços entre a comunidade científica mundial e para a cedência de informação científica fidedigna a organizações governamentais.

2. Dos trabalhos da UNCSTD resultou a aprovação de uma resolução, designada por «Programa de Acção de Viena», que contém um conjunto de recomendações aos Estados Membros, nas esferas nacional, regional e internacional.

Na área «Elementos fundamentais de uma política de ciência e tecnologia para países em desenvolvimento» é explicitamente referida, como elemento de uma política efectiva de ciência e tecnologia, a [2]:

Promoção de comunicação e cooperação entre departamentos governamentais, instituições de investigação, sociedades profissionais e utilizadores de tecnologia;

Mais claramente ainda, na área de «Medidas e mecanismos para o fortalecimento das capacidades científicas e tecnológicas de países em desenvolvimento», sub-área «Sistemas de informação científica e tecnológica», afirma o documento que [3]:

Os países em desenvolvimento, com vista a melhorar e intensificar a permuta de informação através de contactos pessoa-a-pessoa, devem promover e financiar associações científicas e profissionais.

3. Legalizada em 30 de Outubro de 1973, tendo iniciado as suas actividades em 1974, realizado as primeiras eleições de corpos directivos em 25 de Janeiro de 1975, a SPF conta já cinco anos de funcionamento. Aproximando-se o termo do segundo mandato de corpos directivos não só existe o cabedal de experiência acumulada e a informação indispensáveis a uma clara e fundamentada definição de estratégia, como essa definição se tornou urgente e inadiável.

Resta buscar o enquadramento e lançar a nova estratégia. É nesta perspectiva que o Conselho Directivo da SPF afirma, como linha orientadora essencial, uma participação plena e responsável da Sociedade na vida científica nacional, no espírito e termos das considerações e recomendações acima transcritas.

UM CENÁRIO EM MUTAÇÃO

4. O papel motor da ciência e da tecnologia no desenvolvimento económico e social é hoje um facto que ninguém contesta, nem sequer aqueles que desconhecem os mecanismos de inserção e articulação da C & T no/com o processo de desenvolvimento. Já onde existe ampla margem de discordância e incompreensão é na função da investigação e do desenvolvimento experimental num quadro de C & T para o desenvolvimento.

A evolução de atitude não só de políticos e governantes, como, de uma maneira geral, dos mais vastos extractos sociais é fortemente marcada pela, se não o produto da, evolução da situação económica mundial. Nos anos 50 e 60 a ciência e a tecnologia foram encaradas, em algumas das sociedades mais industrializadas, como o motor de um ritmo imparável de crescimento do PNB (quase sempre abusivamente identificado com «padrão de vida»).

Com a instalação de uma inflação persistente, sistematicamente identificada com uma pretensa «crise energética», a crescente contestação pública dos efeitos poluidores de determinadas estruturas industriais, nasceu a desconfiança, se não mesmo o descrédito de um modelo prefigurado como talhado pelo desenvolvimento científico-tecnológico.

Seria, uma vez mais, o tempo a encarregar-se de clarificar as situações. A persistência de um quadro de crise, as expectativas e exigências crescentes de amplas camadas sociais, a melhor compreensão da organicidade de certos mecanismos, repuseram, de facto, o recurso à C & T como única e promissora via de relançamento de um quadro de desenvolvimento económico e social sustentado. Já não é a fé cega numa panaceia, mas o conhecimento crítico e realista, ciente das potencialidades e limitações de um instrumento (em si mesmo uma cultura, uma forma de cultura) ao serviço de objectivos mais latos e genuínos.

Por isso mesmo se atenta agora já nas consequências sociais da tecnologia, desde a controvérsia sobre tecnologia apropriadas (por exemplo, mão-de-obra intensivas para certos sectores de países em desenvolvimento), ao recém-considerado efeito no mercado de trabalho do recurso sistemático à (micro-)electrónica.

Reconhece-se também a necessidade de, pela tecnologia, ajustar modalidades e padrões de vida a uma nova conjuntura económica internacional. Cite-se, a título de exemplo, o recurso ao desenvolvimento da tecnologia das telecomonucações como forma de poupança de energia.

5. Neste cenário em mutação inserem-se novas componentes. A luta dos países em desenvolvimento por uma Nova Ordem Económica Internacional passa, em primeiro lugar, pela adopção de um código de conduta nas transferências de tecnologia. Face à

resistência dos países mais desenvolvidos à concessão de alterações, por vezes menores, num estatuto inegavelmente injusto, a pressão dos países em desenvolvimento não cessa de crescer, assumindo, pontualmente embora, preocupantes contornos de radicalismo.

No âmbito das organizações internacionais, como forma de confrontação e convergência para equilíbrios possíveis (mesmo que instáveis), a linha «ciência e tecnologia para o desenvolvimento» tem vindo a ser consistentemente usada e afirmada como instrumento de distensão — com parcial êxito e inquestionável potencial para realizações futuras.

É neste cenário que há que ver a UNCSTD como um marco particularmente importante, numa marcha para a intensificação da cooperação internacional em C & T. Se os resultados não foram de molde a satisfazer as expectativas mais optimistas, são sem dúvida de acolher como um valioso passo numa senda de progressão difícil mas inexorável.

Persistem dúvidas e incertezas sobre o montante do fundo especial a criar, de acordo com as resoluções da UNCSTD, para financiamento de actividades cooperativas internacionais em ciência e tecnologia para o desenvolvimento. Mas a própria aceitação do princípio é em si prenunciadora do progressivo e paulatino crescimento do número, dimensão e alcance dos projectos multilaterais de desenvolvimento na esfera internacional.

6. Sobre a eventual adesão de Portugal à CEE e as implicações dessa adesão a nível de C & T, pouco se sabe (ou investigou) ainda. Não será, porém, difícil prever algumas das implicações indirectas, nomeadamente no tocante a esforço de C & T requerido para cumprimento de especificação mais estritas na produção de equipamentos e outros bens de exportação, quer a nível de controlo de qualidade, quer a nível do próprio projecto industrial.

7. É patente a fraqueza do sistema científico e tecnológico nacional, nos seus aspectos estrutural e organizativo. Um longo caminho haverá que percorrer para criar as condições de procura de metodologias, processos e dados que tornem possível a organização, eficaz e eficiente, do aparelho de I & D.

Mas o que é inelutável é o apelo, num futuro próximo, ao sistema científico e tecnológico nacional, como parte essencial no esforço de desenvolvimento. Aí caberá às Sociedades Científicas um papel importante, como porta-vozes da «comunidade científica» nacional, se para tal se tiverem organizado e criado as raízes necessárias.

As medidas a adoptar, as estruturas a criar e os mecanismos a estabelecer com vista a alcançar tal objectivo, são o propósito das páginas que seguem.

POR UMA PROGRESSIVA AFIRMAÇÃO DA SPF

Objectivos a prosseguir

8. Na linha da argumentação aduzida pode apontar-se como objectivo essencial da estratégia de afirmação da SPF, um estatuto de porta-voz «de facto» de um segmento do sector nacional de quadros técnicos — na letra do projecto de Estatutos submetido para aprovação, todos aqueles envolvidos em «promover, cultivar, desenvolver e divulgar, em Portugal, o estudo, o ensino, a investigação e as aplicações da Física e das Ciências com esta mais directamente relacionadas».

O corolário desse estatuto seria a audição da SPF pela Administração Pública, em matérias como:

— as bases de uma política de ensino e formação;
— a elaboração de curricula escolares;
— o planeamento e programação de projectos de C & T;
— a criação ou alteração de estruturas no domínio de metrologia, padrões e instrumentação científica.

Por outro lado, e na linha do que já começa a acontecer, ainda que em termos incipientes, poderia e deveria a SPF constituir-se membro activo de organizações internacionais, em representação do País, muito em particular naquelas organizações que só acolhem entidades não-governamentais.

9. Para que este conjunto de objectivos se torne praticável, é indispensável que a Sociedade não só acolha no seu seio os mais lídimos representantes nacionais da profissão, como abranja a vasta maioria dos seus profissionais. Isso só será possível quando e se o programa de actividades da Sociedade corresponder objectivamente aos interesses profissionais e culturais (nesta área) da generalidade dos seus membros.

Meios existentes

10. Tem a Sociedade no seu passivo a experiência de quase dois mandatos de corpos directivos, abrangendo três realizações de âmbito nacional (Encontro Nacional sobre Física da Matéria Condensada, Porto, Outubro.1976; FISICA 78, I Conferência Nacional de Física, Lisboa, Fevereiro.1978; FÍSICA 80, II Conferência Nacional de Física, Porto, Abril.1980), o co-patrocínio de uma reunião de âmbito internacional («European Symposium on Few Body Problems in Nuclear and Particle Physics», Sesimbra, Junho.1980) e, actualmente, a participação na organização de uma grande conferência internacional («1981 International Conference on High Energy Physics», Lisboa, 9-15.Julho.1981).

No âmbito das Delegações Regionais realizou-se um vasto conjunto de cursos, encontros regionais, seminários, colóquios e conferências, já referidos no Relatório e Contas do Conselho Directivo, 1975-77, bem como as iniciativas que serão reportadas no termo do corrente mandato.

11. Um valioso aspecto da experiência adquirida na prossecução dos sucessivos programas anuais de actividades, tem sido a reacção dos sócios e da potencial massa associativa às realizações efectuadas. Em particular, como se revelará oportunamente, tem sido claro o sentido da «resposta» dos físicos e profissionais afins às iniciativas, consoante a sua natureza e estilo.

12. Pela importância prática de que se reveste há a salientar a obtenção legal, pela Sociedade, de direitos de propriedade sobre as revistas Portugaliae Physica e Gazeta de Física.

A Portugaliae Physica reiniciou publicação, tendo já sido editados dois fascículos duplos (1-2 e 3-4) do volume 10 (1979). Está, portanto, em publicação normal e regular.

A Gazeta de Física, após recente mudança de direcção, encontra-se em reinício de laboração, tendo sido editado o fascículo 3-4 do volume VI.

13. Finalmente, um aspecto igualmente relevante no contexto de meios disponíveis para consecução de uma estratégia ,é a infraestrutura criada.

Neste sentido pode afirmar-se ter sido alcançado significativo progresso, com a aquisição de equipamentos e a obtenção de meios indispensáveis a um funcionamento administrativo normal.

Medidas a adoptar

14. Para prossecução dos objectivos enunciados acima afigura-se recomendável que a estratégia adoptada congregue como componentes:

— a reformulação das actividades em torno da organização de reuniões científicas de âmbito internacional;
— a melhoria da comunicação da Sociedade com os sócios e a procura de manutenção de contacto regular e frequente;
— a criação de uma imagem, que decorra de, conforme e, em certa medida, materialize uma identidade própria da Sociedade.

Esta multiplicidade de preocupações implicará a adopção de medidas de distinta natureza.

15. Defende-se como essencial no âmbito do plano de actividades da SPF, a estruturação de programas de actividade de divisões técnicas, em significativa medida reflexo da actividade de instituições nacionais de C & T — que se constituíriam, assim, razão de ser e garantia de exequibilidade desses próprios programas.

A divisão técnica assumiria, portanto, o papel essencial de estrutura congregadora de esforços, experiências e multiplicidade de interesses dos seus membros, profissionais ligados a instituições diversas, tipos de actividade distintos e objectivos socio-económicos variados.

16. A existência e o desejável dinamismo de divisões ténicas não teriam de, nem deveriam, colidir com as actividades normais das delegações regionais. A estas caberia fundamentalmente centrar os seus esforços em iniciativas de âmbito marcadamente regional, o apoio à formação contínua de professores (como, em boa medida, tem vindo a ser feito). Esta actividade, na sua forma múltipla de encontros, colóquios, palestras, ..., melhor se coaduna com um âmbito regional, conta tida de aspectos como encargos de deslocações de participantes, ausências ao serviço e relevação de faltas, etc.

17. Mesmo na área científico-pedagógica, nada obsta a que se crie uma Divisão de Educação, orientada para os aspectos estruturais, metodológicos e normativos.

Encontram-se já criadas as quatro divisões técnicas seguintes:

— Divisão de Óptica
— Divisão de Física da Matéria Condensada
— Divisão de Cristalografia
— Divisão de Física Nuclear e Partículas Elementares.

18. A importância fundamental da criação de divisões técnicas recaíria na sua intrínseca competência para:

assegurar a participação da SPF em organizações internacionais, no espírito e
— termos referidos acima;
— dinamizar a organização regular de conferências científicas especializadas, de âmbito internacional.

19. Num cenário de conferências especializadas internacionais, escalonadas em base anual, caberia instituir um Congresso trienal, numa perspectiva de acção congregadora de interesses profissionais e preocupações científicas e culturais de todos os segmentos de massa associativa da Sociedade.

Simultaneamente, deveria o Congresso assumir uma expressão de abertura a outros sectores e Sociedades, procurando ,pela escolha de temas e/ou o co-patrocínio, agregar esforços e contribuir para uma melhor compreensão mútua e cooperação entre Sociedades Científicas nacionais.

Poderia, ainda, se tal fosse considerado apropriado, funcionar o Congresso como estrutura de reavaliação periódica da estratégia da Sociedade — corporizando, portanto, o cumprimento da alínea *a*) do artigo 18.º dos Estatutos presentemente em vigor.

20. Da característica das reuniões científicas, de ocorrências inevitavelmente espaçadas, decorre a necessidade de melhorar, e manter continuadamente, a comunicação com os sócios.

Neste sentido é, em particular, indispensável o reforço do papel da Gazeta de Física, também como expressão da vida corrente da Sociedade, junto dos seus membros.

21. Tal não exclui, contudo, a possibilidade e o interesse, de se lançar Folhas Informativas, de âmbito regional, como veículos despretensiosos (que não despiciendos) de informações pontuais e elos de ligação quasi-permanentes com os sócios.

Acresce ainda o facto de ser possível encarar o auto-financiamento das Folhas, mediante publicidade paga.

22. A afirmação de uma identidade própria da Sociedade tem, também, uma componente gráfica. Neste sentido se empreendeu a elaboração de um logotipo, que deverá não só constar da Gazeta de Física, como figurar na documentação da Sociedade, incluindo o cartão de sócio (cuja distribuição se fará no decurso do corrente ano).

23. Nestes termos, mesmo a edição de uma lista de sócios desempenha um papel de afirmação da Sociedade, o que torna a sua execução ,aliás já programada, necessária e urgente.

Por outro lado, a procura da lista de sócios por entidades externas, permite facultar aos sócios da Sociedade, sem contrapartida de esforço adicional pela estrutura administrativa, um conjunto de serviços de natureza predominantemente informativa, sem dúvida de inegável interesse.

Mecanismos e estruturas a instituir

24. As propostas acima avançadas só serão exequíveis na medida em que se criem determinadas estruturas e estabeleçam mecanismos apropriados.

Na primeira linha das realizações dessa índole cabe a já referida criação de divisões técnicas e o seu apetrechamento com uma estrutura orientadora, conforme aos princípios consignados nos Estatutos.

Crê-se, assim, indispensável elaborar e fazer aprovar a curto prazo, uma regulamentação específica das divisões técnicas, que abarque estruturas e modo de funcionamento. No capítulo de estruturas aponta-se, desde já, a vantagem e conveniência da criação de Secretariados de divisão técnica, compreendendo um Secretário-Coordenador e número apropriado de Vogais.

25. A cooperação com outras Sociedades Científicas e sectores de quadros técnicos, requer uma formalização que, em primeiro grau, poderá passar pela criação de divisões técnicas de âmbito interdisciplinar. A título de ilustração aponta-se cálculo científico/ /informática e teoria da informação.

A médio prazo haverá que encarar a criação de estruturas mais ambiciosas. Ainda a título meramente ilustrativo se refere a importância do lançamento de uma superestrutura

(conselho nacional, associação, federação, união, ...) de Sociedades Científicas, entidade capaz de prefigurar, face ao Estado, a opinião abalizada dos profissionais portugueses em problemas de relevância nacional, como seja o planeamento dos recursos e satisfação das necessidades nacionais de mão-de-obra qualificada, especializada e altamente treinada.

26. A realização de conferências especializadas, acima discutida, repousará necessariamente, em grande medida, nos quadros de pessoal das instituições nacionais activas nos domínios correspondentes.

Assim mesmo terá a SPF de dispor de um mínimo de estruturas em matéria de secretariado para organização de reuniões, nomeadamente de âmbito internacional. Essa estrutura será aliás indispensável, condição sine qua non, para a realização do Congresso trienal, iniciativa que se pretende de grande envergadura, símbolo, expressão e concretização da pujança da Sociedade.

Reformulação orgânica

27. O conjunto de propostas de alteração dos Estatutos submetido a aprovação da Assembleia Geral, está perspectivado em consonância com os termos conceptuais que enformam as considerações acima expendidas.

Por um lado, as propostas introduzem um significativo aumento do número de membros das direcções de delegação regional e do secretariado-geral (dos actuais 12 para 16 membros), o que acarretará o alargamento do conselho directivo (de 6 para 10 membos eleitos directamente).

Por outro lado, procura-se afirmar uma efectiva dinâmica de actuação das direcções regionais, por criação de um cargo de presidente da SPF, não cumulativo com cargo de presidente de direcção de delegação regional. Há, por assim dizer, nesta proposta uma quase contraposição entre prestígio profissional para o primeiro daqueles cargos e juventude, dinamismo e maior disponibilidade para o segundo, reconhecendo-se, embora, o carácter não necessariamente mutuamente excludente daqueles distintos atributos.

28. Qualquer organização, sejam quais forem o seu âmbito e a sua finalidade, só poderá sobreviver desde que alcance um equilíbrio financeiro. Tem-se ressentido a SPF da inexistência de uma indústria nacional, de dimensão apreciável, em tecnologias de forte incorporação de Física, que lhe facultasse, pela prestação de serviços, proventos assegurados. Pode dizer-se que, até aqui, a autonomia da SPF se ficou a dever, em larga medida, à compreensão dos sucessivos titulares da Presidência do INIC. Esta situação, porém, não é estável, logo admissível a longo prazo.

29. As receitas provenientes de quotizações individuais nunca poderão atingir um montante adequado, não obstante a Sociedade contar com cerca de um milhar de sócios e amplas possibilidades de reforço da sua implantação. De qualquer forma, importa adaptar o montante da anuidade aos custos médios de bens e serviços, para o que há que remover a inclusão do valor da quota da letra dos Estatutos.

30. A fonte principal de receitas da Sociedade terá de residir nas «grandes» realizações, i. é, as conferências e outras reuniões abertas a grande número de participantes. Realizações dessa índole facultam múltiplas fontes de proventos, das inscrições (se da ordem de grandeza dos valores correntemente praticados no País), à venda de espaço a expositores. Para realizações culturais e científicas de impacto sectorial ou nacional, torna-se igualmente viável obter comparticipação nos encargos por parte de organismos estatais e instituições sem fins lucrativos.

31. Por ditame de uma boa prática de gestão, o equilíbrio global deve resultar da sobreposição de equilíbrios parciais. Em conformidade, torna-se vivamente aconselhável que o equilíbrio financeiro da Sociedade repouse nos das delegações regionais e divisões técnicas.

Para além das sugestões enunciadas, existem outras possibilidades de auto-financiamento, em particular no que concerne às divisões técnicas.

No projecto de alteração dos Estatutos procurou-se imprimir à categoria de sócio benemérito o carácter de inscrição de pessoa colectiva. Por esta via, que haverá que complementar mediante regulamentação apropriada das divisões técnicas, se poderá conseguir, por exemplo, que unidades de I & D financiem actividades das divisões técnicas. Existem certamente algumas dificuldades de carácter administrativo na consecução desse objectivo, decorrentes da carência da autonomia administrativa e financeira por parte da maioria das unidades. Mas essas dificuldades são ultrapassáveis, desde que aí exista genuína convicção do interesse numa comparticipação desta natureza.

Tal só sucederá quando a Sociedade der garantias de um programa de actividades adequado aos interesses específicos daquelas unidades. O mecanismo divisão técnica é a resposta apropriada e cabal a um tal desiderato.

32. Aponte-se, finalmente, que os encargos de adesão da SPF, em representação nacional, a organizações internacionais, poderão ser absorvidos pelo orçamento do Ministério dos Negócios Estrangeiros, como de resto acontece já em relação à European Physical Society.

COMENTÁRIO FINAL

Estão criadas as condições para um salto qualitativo da SPF, em termos de implantação, de representatividade e programa realizado. Esta contenção decorre, como houve oportunidade de esmiuçar, quer de um contexto internacional favorável, quer de um historial de concretização, suficientemente firme para suportar o impulso requerido a esse salto qualitativo.

Não é difícil prever a proximidade de conjunturas que forcem o Estado português a ouvir diversos parceiros sociais, com vista ao esforço, necessariamente colectivo, de aceleração do desenvolvimento nacional. C & T são componente indispensável ao êxito das diligências que para esse fim possam ser empreendidas. Amplas oportunidades se abrirão às Sociedades Científicas de se fazerem escutar, se para tal tiverem adquirido as indispensáveis legitimidade e credibilidade.

As bases de uma definição de estratégia consignadas no presente texto, são um esforço no sentido de garantir à SPF a capacidade de porta-voz qualificado dos físicos portugueses.

Março de 1980.

REFERÊNCIAS

[1] «New perspectives in international scientific and technological co-operation», Unesco, United Nations Conference on Science and Technology for Development, A/CONF. 81/BP/UNESCO, Paris, June 1979, pg. 47.

[2] «Report of the United Nations Conference on Science and Technology for Development», Vienna (20-31 August 1979), United Nations, A/CONF. 81/16, New York, 1979, pg. 52.

[3] *Ibidem*, pg. 55.

NOTAS E COMENTÁRIOS

SOBRE A DEMONSTRAÇÃO DE QUE UM CAMPO DE FORÇAS CENTRAL É CONSERVATIVO

J. MIRANDA LEMOS *

No livro «*The Feynman lectures on Physics*», Feynman, Leighton, Sands (Addison Wesley, 1975), pode ler-se na pág. 13-5 (I vol.), quando se pretende provar que o trabalho total realizado pela força da gravidade quando se transporta uma partícula numa trajectória fechada é nulo:

«(...) we might like to assert that a real curve could alwais be imitated sufficiently well by a a series of sawtooth jiggles like those of fig. 13-4 (...)« (fig. 1 do nosso texto).

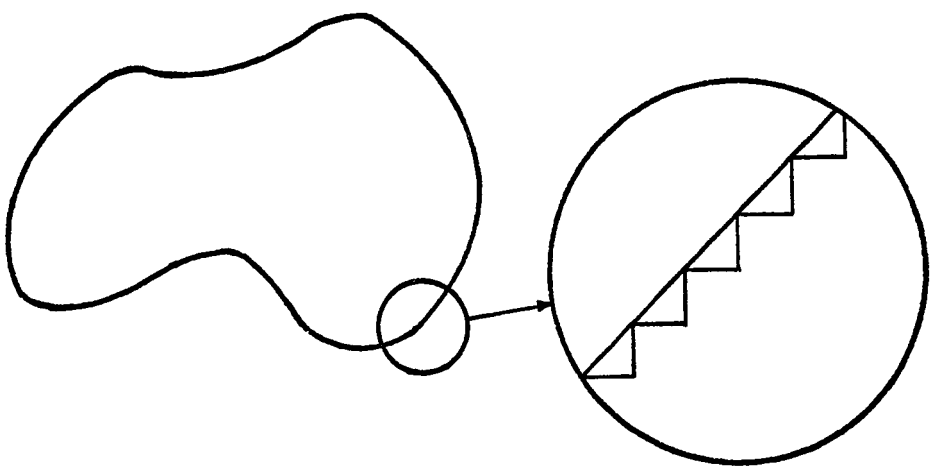


Fig. 1

Critiquemos esta afirmação. Como o trabalho depende do espaço percorrido pelo ponto de aplicação da força, para que duas trajectórias sejam aproximadas uma da outra para efeitos do trabalho realizado ao

* Aluno do IST (Telecomunicações electrónica).

longo delas, é necessário que tenham, não somente forma aproximada, mas também comprimento aproximadamente igual.

Recordando á fórmula que dá o comprimento de uma curva em função das suas equações paramétricas

$$S = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{\varphi'^2(t) + \Psi'^2(t)dt}$$

vemos que é necessário, para podermos garantir que duas curvas têm «aproximadamente« o mesmo comprimento, não só que tenham apenas «aproximadamente« a mesma forma, mas também que as primeiras derivadas das funções que as definem parametricamente num dado referencial, sejam contínuas, o que significa que as curvas não podem ter «bicos».

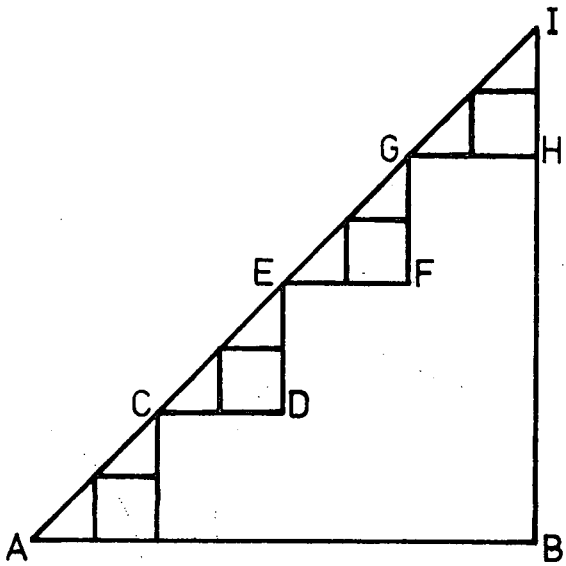


Fig. 2

Para vermos como duas curvas podem ter sensivelmente a mesma forma sem terem o mesmo comprimento, consideremos um triângulo rectângulo de lados de comprimento unitário. A sua hipotenusa mede $\sqrt{2}$. Podemos aproximá-la pela linha quebrada $ABC...I$ (fig. 2) e, em princípio, seríamos levados a pensar que o seu comprimento é uma aproximação de $\sqrt{2}$. Se repararmos porém que

$$\overline{AB} + \overline{CD} < \ldots \overline{OP} = 1$$

$$\overline{BC} + \overline{DE} + \overline{FG} + \ldots + \overline{PQ} = 1$$

vem que o seu comprimento é 2. Aumentando o número de pontos que definem a linha quebrada, vemos que esta se confunde com a diagonal, mas o seu comprimento permanece igual a 2. Como sabemos que $\sqrt{2} \neq 2$ somos levados a concluir que este paradoxo é devido aos «bicos« da linha quebrada.

Voltemos porém à demonstração referida no início. Se bem que o comprimento da linha quebrada não seja igual ao da trajectória real, vamos demonstrar que o trabalho realizado ao longo de ambas as curvas é igual. Isto é equivalente a mostrar que em cada um dos triângulos elementares (formados por uma porção de trajectória real e dois segmentos perpendiculares da linha quebrada), o trabalho realizado ao longo da hipotenusa é igual ao realizado ao longo dos catetos.

Para tal atente-se que para uma linha quebrada suficientemente «fina«, o campo na zona do triângulo é uniforme dado este ter dimensões pequenas.

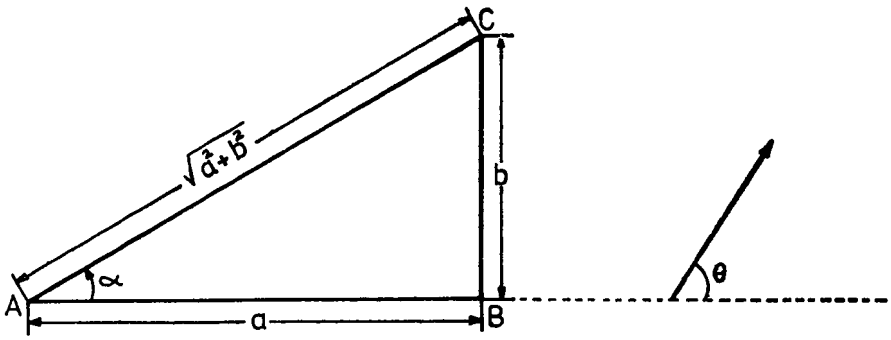


Fig. 3

O problema reduz-se então a mostrar que dados 3 pontos A, B e C que definem um triângulo rectângulo em B (ver fig. 3), situados num campo uniforme, o trabalho W_{AC} realizado quando se leva uma partícula de A a C pela hipotenusa é igual ao realizado quando a partícula vai de A a B e daí para C, W_{ABC}. Tem-se

$$\sqrt{a^2+b^2}\left(\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}\cos\theta+\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}\operatorname{sen}\theta\right)=a\cos\theta+b\operatorname{sen}\theta$$

$$\sqrt{a^2+b^2}\,(\cos\theta\cos\alpha+\operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\alpha)=a\cos\theta+b\operatorname{sen}\theta$$

$$\sqrt{a^2+b^2}\cos(\theta-\alpha)=a\cos\theta+b\operatorname{sen}\theta$$

Mas

$$W_{AC} = F\sqrt{a^2 + b^2} \cos (\theta - \alpha)$$

$$W_{ABC} = F (a \cos \theta + b \operatorname{sen} \theta)$$

donde

$$W_{AC} = W_{ABC}$$

No texto citado esta demonstração é apresentada no caso particular em que $\theta = 0$, o que é suficiente para o problema que aí se considera.

LIVROS E REVISTAS—RECENSÕES E REFERÊNCIAS

Julga-se oportuno o lançamento desta secção onde se dê conta do aparecimento de livros e revistas. A Gazeta de Física procurará, assim, publicitar regularmente novas publicações de interesse para os seus leitores, em geral, e sócios da S.P.F. Procurará igualmente sempre que possível, incluir recensões críticas sobre obras recém-editadas. A inclusão de informação ou recensão crítica não pode ser interpretada como representação de opinião da Gazeta de Física ou da S.P.F. sobre a matéria correspondente, mas tão somente do seu autor.

E a abertura que, de seguida, se apresenta é um convite e um desafio à contribuição de todos os leitores, de modo a poder-se dar continuidade à iniciativa.

A INFORMAÇÃO EM FISICA E ETC...

CONCEIÇÃO ABREU, Faculdade de Ciências de Lisboa

Ao usar esta palavra, informação não quero significá-la com teorias de informação, comunicação, informática ou qualquer outra coisa complicada, mas outro sim dar-lhe aquela pequena dimensão, também importante, de notícia ou nota de leitura. Reconhecendo e declarando que não sou uma autoridade em matéria de recensões bibliográficas tanto de física em geral como de textos que se dedicam ao ensino da física, acontece que a curiosidade me mantém atenta e por vezes leio livros e artigos que me dão umas horas de prazer e algumas ideias, no entanto não advogo que para se fazer qualquer coisa seja preciso ler tudo, mas como diz o provérbio «Nem oito nem oitenta».

É dentro destas perspectivas e pensando que a Gazeta pode ser um meio através do qual possamos debater e partilhar as nossas experiências neste domínio que me vou referir a três livros.

THE FIRST THREE MINUTES, A MODERN VIEW OF THE ORIGIN OF THE UNIVERSE, Steven Weinberg, Basic Books, 1977; na tradução francesa que utilizei «Les trois premieres minutes de l'univers», ed. Seuil 1978, 210 pp. 42F.

Weinberg acaba de receber o Nobel da Física de 1979 conjuntamente com S. Glashow e A. Salam pelos seus trabalhos no domínio das partículas elementares, em particular pela teoria unificadora da interacção fraca e electromagnética. Mas não me refiro a ele por este motivo. O problema da origem do universo é excitante e este livro apresenta-o

em bases científicas, apoiando-as na física nuclear, na física das partículas e nas leis de gravitação, mas de modo claro e sem recurso a formalismos matemáticos e a deduções físicas complicadas. O universo tem já 10 biliões de anos. Que terá acontecido durante os seus três primeiros minutos? É admirável poder dizer-se o que se passou durante o primeiro segundo, o primeiro minuto, o primeiro ano. Sem termos ainda certezas absolutas podemos no entanto falar de temperatura, da densidade e da composição do universo em cada um destes períodos. Devemos ainda acrescentar que é absorvente o modo acessível como Weinberg expõe toda a «vida» do Universo.

Les trois premières minutes

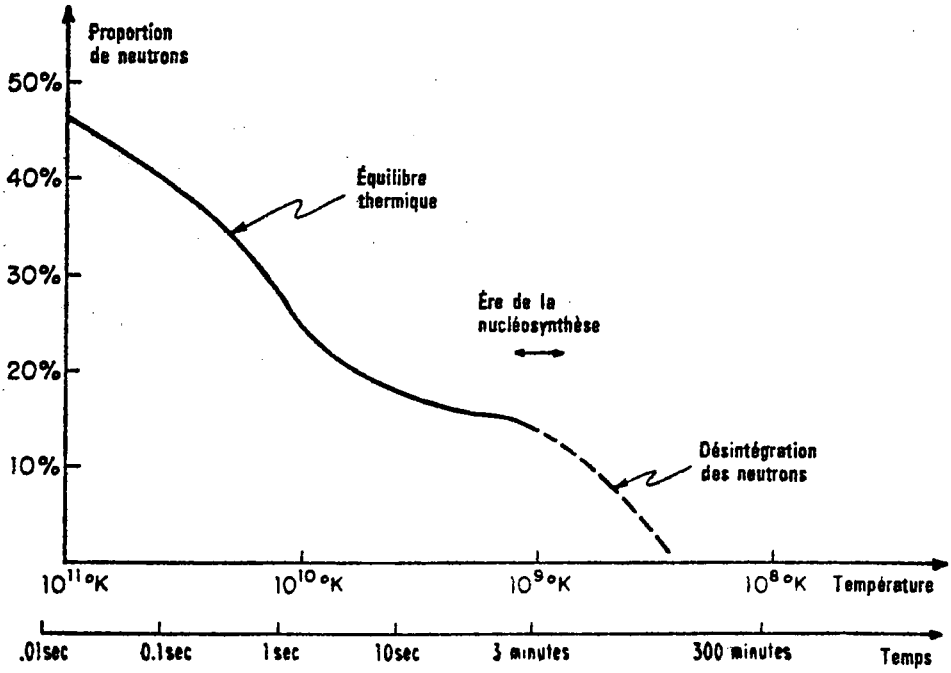
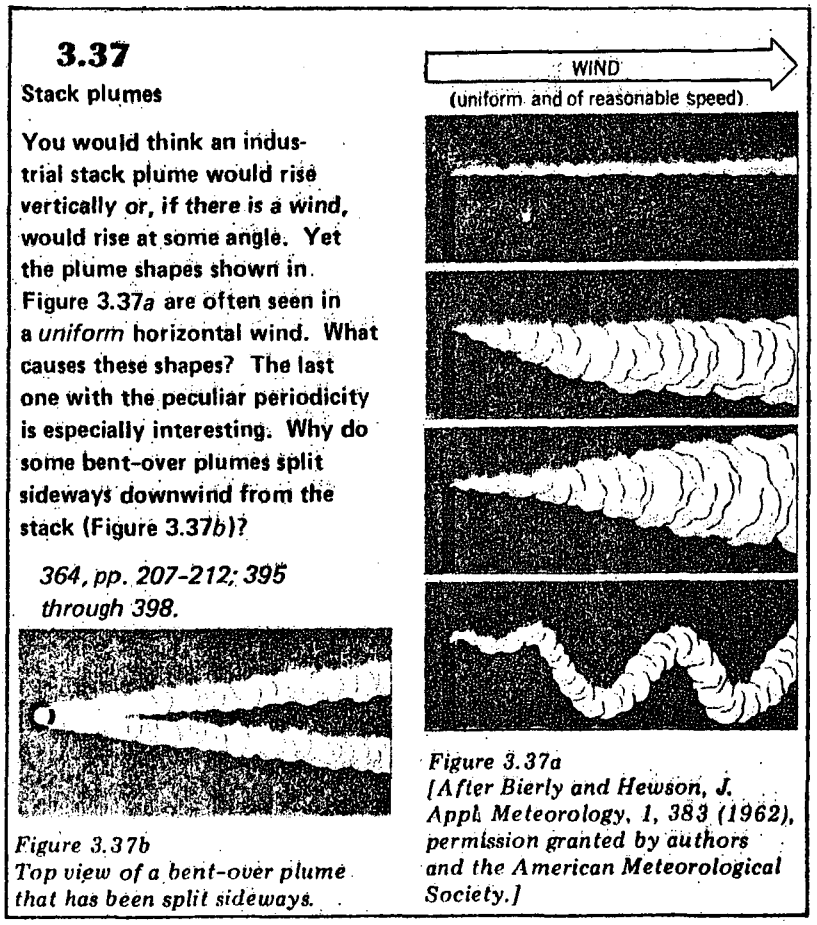


Fig. 1

THE FLYING CIRCUS OF PHYSICS, WITH ANSWERS, Jearl Walker, ed. John Willey & Sons, Inc. 1977, 2 ed., 4.40 £.

Tal como o título conteúdo do livro não é trivial. O título tem origem naquela admiração e encantamento que o autor sempre manteve pelos truques utilizados pelas pessoas quer no circo quer até no dia a dia em casa de sua avó. Tive a oportunidade também de me sugestionar por tal ao assistir uma noite a uma encenação na qual Jearl fez verdadeiras habilidades de circo. No dia seguinte a este espectáculo teve lugar um seminário no qual utilizando a Física explicou o sucesso das suas habilidades.

O livro reúne um conjunto de questões, em geral, sobre fenómenos de observação corrente: o funcionamento do yo-yo, a cama de faquir, as diferentes formas do fumo ao sair das chaminés e outros. Podemos utilizar estas questões para uma palavra puxa palavra, uma ideia traz outra ideia (o nosso tradicional bate-papo); será no entanto de nos precavermos contra todas as tentações de utilzar estas questões como rasteiras em testes ou exames.



3.37

Stack plumes

You would think an industrial stack plume would rise vertically or, if there is a wind, would rise at some angle. Yet the plume shapes shown in Figure 3.37*a* are often seen in a *uniform* horizontal wind. What causes these shapes? The last one with the peculiar periodicity is especially interesting. Why do some bent-over plumes split sideways downwind from the stack (Figure 3.37*b*)?

364, pp. 207-212; 395 through 398.

Figure 3.37b
Top view of a bent-over plume that has been split sideways.

Figure 3.37a
[After Bierly and Hewson, J. Appl. Meteorology, 1, 383 (1962), permission granted by authors and the American Meteorological Society.]

Fig. 2

HOMENS E OFICIOS, José Mariano Gago, ed. patrocinada pela UNESCO e Direcção Geral da Educação Permanente, 80 pp, 1978, (à venda na Imprensa Nacional, 100$00).

O livro é um dos resultados dos encontros entre o autor e emigrantes portugueses na Universidade Operária de Geneve. O objectivo previsto inicialmente era a aprendizagem do francês, mas veio a acontecer que entre as oito e meio e as dez da noite duas a três vezes por semana começaram a reflectir sobre aquilo que eles próprios combinaram chamar «Cultura Geral». Mas uma cultura referenciada na observação do quotidiano e relacionada com a experiência que cada um deles tem da vida nas aldeias ou bairros onde nasceram e das cidades e fábricas onde trabalham e são emigrantes. Ao longo das páginas do livro aparecem temas como a picota... as barragens... gás de estrume... átomos e moléculas... trabalho e energia... a terra gira ou não... as marés... o granito e o barro.

Homens e ofícios foi já objecto de análise e divulgadção no Jornal de Educação (Janeiro e Maio de 1979) como uma experiência de educação permanente, mas julgo de todo o interesse realçar que este texto é também um trabalho de interdisciplinaridade em que tanto Física como Química são debatidas.

Aproveitamento do gás metano

em Vila Nova de Cerveira (Minho)

Em Vila Nova de Cerveira, no lugar de Segerêm, um médico veterinário, o dr. Jaime Morgado, explora a sua propriedade de quatro hectares tentando obter uma produtividade óptima sem degradação da terra.

Um dos aspectos mais interessantes desta exploração é o aproveitamento do gás metano ou gás de estrume.

O estrume é matéria orgânica constituída por uma mistura de dejectos sólidos e líquidos de animais. É utilizado normalmente para fertilizar a terra após compostagem, durante a qual o conjunto orgânico fermenta, libertando-se essencialmente dois gases, o anidrido carbónico e o metano; a fermentação é provocada por bactérias que o estrume contém. Os produtos resultantes desta decomposição são assimiláveis pelas plantas.

Este processo de tratamento do estrume é realizado habitualmente em nitreiras ao ar livre, perdendo-se os gases libertados.

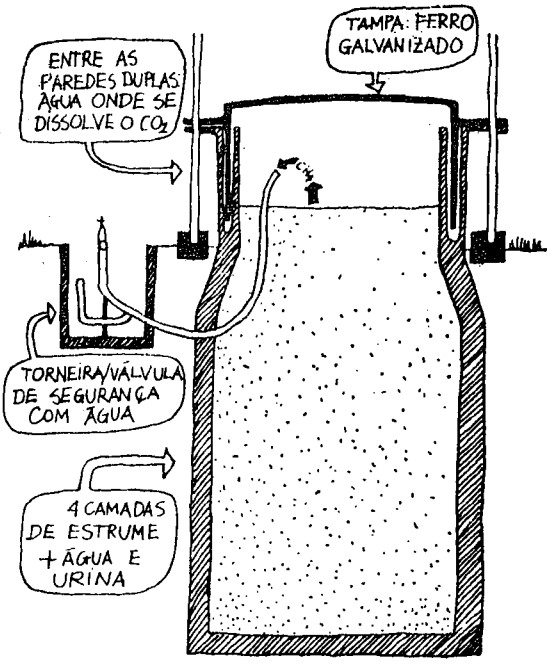
Na propriedade de Vila Nova de Cerveira o estrume proveniente do curral do gado (dejectos e tojo) vai sendo amontoado numa cuba de cimento e regado dia sim dia não *com água e urinas para que se mantenha húmido* e se dê o ataque das bactérias. A cuba enche-se até dois palmos do bordo, o que demora cerca de um mês (na propriedade existem 8 cabeças de gado), ficando a fermentar ao ar livre durante cerca de uma semana.

Alaga-se então o estrume com água e urinas e fecha-se a cuba hermeticamente. Para isso, a tampa de ferro galvanizado e pintado encaixa na parede dupla que está cheia de água.

O gás metano que se liberta durante a fermentação vai-se agora acumulando na câmara acima da superfície da água e, quando a pressão é suficiente, passa através dum tubo para a canalização. A canalização é muito simples e o gás está em condições de ser utilizado (fogão da cozinha, iluminação e esquentador) sem necessidade de quaisquer aparelhos intermediários. À saída da cuba o tubo tem uma torneira em T para se *verificar se o gás arde*, de modo a que entre para a canalização o mais puro possível.

O anidrido carbónico que se liberta dissolve-se na água contida na parede dupla.

A cuba funciona como gasómetro, pois é possível regular a pressão por meio de pesos colocados sobre a tampa. Uma vez fechada, *a cuba produz gás metano durante* cerca de três meses.



Com este processo, além de se aproveitar o gás metano, a fermentação do estrume atinge uma fase muito mais avançada, aumentando as suas qualidades fertilizantes. A água (juntamente com as urinas) que foi adicionada ao estrume é reaproveitada para a rega dos campos, não se perdendo assim as substâncias que se dissolveram na água.

A propriedade tem três gasómetros a funcionar rotativamente há cerca de 20 anos e só este ano foi necessário substituir as tampas. O capital necessário para a instalação dos gasómetros foi amortizado em cerca de 5 anos.

Fonte: bibliografia 21

Fig. 3

Fermentação do estrume

O estrume, misturado com águas sujas, é fechado num depósito (o digestor) e deixado a fermentar. Os materiais orgânicos dirigíveis são quebrados pela acção de bactérias que produzem ácidos; os ácidos voláteis são, por sua vez, transformados por bactérias anaeróbias (isto é, que não respiram oxigénio) num gás composto tipicamente de 55 a 70 por cento de metano (CH_4), 30 a 45 por cento de anidrido carbónico (CO_2) e traços de outros gases.

O gás de estrume tem um poder calorífico entre 5300 e 6300 quilocalorias por metro cúbico (kcal/m^3); o metano puro tem 9345 kcal/m^3.

(Mil calorias, ou seja, 1 kcal, é a quantidade de calor necessária para elevar de um grau centígrado a temperatura de 1 litro de água; para fazer ferver 2 litros de água inicialmente à temperatura de 20°C são precisas $2 \times (100-20) = 160$ kcal.).

Quanto pesa um metro cúbico de gás?
Uma «molécula-grama» de gás ocupa, aproximadamente, 22,4 litros à pressão e temperatura normais (1 atmosfera, 15°C). Chama-se molécula-grama de uma substância à quantidade que se obtém exprimindo o seu peso molecular em gramas; o metano, CH_4, tem peso molecular $12 + 4 = 16$; uma molécula-grama de metano é, portanto, o mesmo que 16g de metano. A pressão e temperatura normais, esses 16g de metano ocupam 22,4 litros. Daqui se conclui que um metro cúbico de metano pesa 714g (à pressão e temperatura normais).

25

Fig. 4

NOTICIÁRIO

DIVISÃO DE ÓPTICA DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Foi criada recentemente na Sociedade Portuguesa de Física a Divisão de Óptica.

Embora a Óptica se mostre um domínio científico dos mais activos, não existe em Portugal uma perspectiva concreta das actividades neste domínio. A visão de conjunto da actual actividade e o estímulo de dinamização inter-actuante não se manifestam dum modo benéfico como seria desejável. Conhecem-se esforços isolados, indústrias em laboração no sector. Reconhecem-se diversos problemas que são tratáveis pelas técnicas da Óptica Moderna. Sabe-se que Portugal só na óptica tradicional comerciou um milhão de contos em 1976 com um deficit externo de 860 mil contos na balança de pagamentos.

Torna-se imperioso tomar iniciativas capazes de conduzir a um melhor aproveitamento de esforços dispersos.

A Divisão de Óptica surge como um potencial agente para criar mecanismos que promovam um melhor conhecimento das actividades no domínio da Óptica em Portugal, auscultar as tendências de expansão de actividade e viabilizar a elaboração de um banco de informações sobre especialistas e especialidades para melhor se responder a solicitações da Comunidade.

A Divisão de Óptica iniciou já um processo de adesão à International Commission of Optics no sentido de auferir de benefícios e experiências que a colaboração internacional pode gerar.

Outra iniciativa que se pretende agora dinamizar é um levantamento das actividades no domínio da Óptica.

Assim se apresenta seguidamente um inquérito com o pedido da máxima divulgação, agradecendo-se a sua devolução para Sociedade Portuguesa de Física, Delegação do Porto, Faculdade de Ciências.

Inquérito — Recolha de dados para levantamento das actividades no domínio da Óptica em Portugal.

Responda sucintamente às questões

1. Que actividades desenvolve com recurso a técnicas ópticas?
2. Que equipamento óptica usa?
3. Que equipamento óptico fabrica?
4. Sugestões
5. Nome e endereço do especialista que pretende figurar num ficheiro consultivo.

— *Esquema de Intercâmbio de Professores (Lecturer Exchange Scheme) da European Physical Society.* Destinado a professores universitários dos 26 países europeus cujas Sociedades de Física se integram na European Physical Society. Informação mais detalhada pode ser obtida do Secretariado da SPF.

— *Lista de Ópticos da International Comission for Optics.* É solicitada pelo seu Secretário-Geral com os endereços de 10 ópticos portugueses. Os interessados devem dirigir-se à Divisão de Óptica da SPF, Laboratório de Física, Faculdade de Ciências, 4000 Porto.

CONFERÊNCIAS, REUNIÕES, INSTITUTOS

— *Cursos de Verão-1981, da NATO.* Encontra-se presentemente publicada a respectiva lista a qual pode ser obtida junto da INVOTAN, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.

— *Curso sobre Óptica Integrada e Fibras Ópticas,* 15-19 Junho 1981, Madrid, Espanha. Informação: Centro de Física da Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Pr. Gomes Teixeira, 4000 Porto.

— *Third Internatonal Conference on Hot Carriers in Semiconductors,* 7-10 Julho 1981, Montpellier, França. Informação: Prof. J. P. Nouguier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Centre d'Études d'Électronique des Solides, 34060 Montpellier Cédex, França.

— *Cryogenic Engineering Conference (CEC)* e *International Cryogenic Materials Conference (ICMC),* 10-14 Agosto 1981, San Diego, California, Estados Unidos. Informação: Thomas M. Flynn, National Bureau of Standard, Boulder, Colorado 80303, Estados Unidos.

— *XVI International Conference on Low Temperature Physics,* 19-26 Agosto 1981, Los Angeles, California, Estados Unidos. Informação: LT16 Secretariat, Physics Dept., Univ. of California, Los Angeles, California 90024, Estados Unidos.

— *Congress and Twelfth Assembly of the International Commission for Optics. The* 1981 *European Optics Conference. Astronomical Optics Conference.* 31 Agosto-5 Setembro 1981, Graz, Austria. Informação: Dr. Klaus Schindl —ICO — 12, C. Reichert Optische Werke AG, Hernalser Hauptstrasse 219, A-1170 Vienna, Austria.

— *Optics in Biomedical Sciences,* 7-11 Setembro 1981, Graz, Austria. Informação: Verkehrsverein der Stadt Graz, Postfach 183, A-8011 Graz, Austria.

— *11th European Solid State Device Research Conference (ESSDERC* 81) e *6th Symposium on Solid State Device Technology (SSSDT* 81), 14-18 Setembro 1981, Toulouse, França. Informação: Dr. G. Sarrabaurouse, Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes — C. N. R. S., 7 Avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse, França.

— *VII Congresso Iberoamericano de Cristalografia,* 21-26 Setembro 1981, Coimbra, Portugal. Informação: Comissão Organizadora do VII Congresso Iberoamericano de Cristalografia, Departamento de Física, Universidade, 3000 Coimbra, Portugal.

NOTAS PARA OS AUTORES

A Gazeta de Física *convida os seus leitores a contribuir com originais para publicação. Embora o conteúdo dos trabalhos publicados seja da responsabilidade dos autores, os originais apresentados para publicação são previamente sujeitos a uma leitura crítica por um ou mais especialistas na matéria versada que poderão propor alterações. Os originais não publicados serão devolvidos e acompanhados da respectiva justificação.*

Recomenda-se aos autores que, na medida do possível, sigam as normas seguintes:

1 — *Indicar, sob o título do trabalho, o nome dos autores na forma em que estes desejam subscrever a sua colaboração e, facultativamente, o nome da instituição a que eventualmente estejam ligados. Por outro lado, deverão sempre indicar o endereço para o qual serão enviadas as provas tipográficas.*

2 — *Apresentar um breve resumo do artigo.*

3 — *Os originais deverão ser dactilografados a dois espaços, com uma margem esquerda de cerca de 3 cm.*

4 — *O texto e as figuras deverão ser apresentadas sob forma definitiva para publicação. As provas tipográficas destinam-se a permitir aos autores a correcção de «gralhas» e, se estritamente indispensável, a introdução de ligeiras alterações ou adições. A alteração da pontuação é equivalente à alteração do texto. Qualquer alteração constitui um encargo adicional para a SPF.*

5 — *As figuras deverão ser executadas, separadamente, a tinta da china e com o rigor necessário à sua reprodução definitiva. Todos os seus detalhes, e os símbolos em especial, deverão ser de dimensões compatíveis com a redução a que a figura será sujeita para publicação. Quando se trate de fotografias estas deverão ser a preto e branco sobre papel brilhante.*

6 — *Deverá ser apresentada, em separado, uma lista das figuras com as respectivas legendas.*

A Gazeta de Física *oferecerá aos autores 50 separatas de cada artigo publicado. Separatas adicionais poderão ser solicitadas a quando da revisão das provas, sendo o respectivo encargo suportado pelos autores.*

Composto e impresso na «GRÁFICA DE COIMBRA» — Bairro de S. José, 2
3049 COIMBRA Codex

Tiragem — 1500 exemplares
Março de 1981

SUMÁRIO

Da natureza da ciência à atmosfera das aulas de física
Maria Odete Valente 1

Um problema de relatividade — O «Paradoxo dos Relógios» —
Paulo Gali de Carvalho Macedo 9

A SPF nos anos 80 bases para a definição de uma estratégia
H. Machado Jorge 21

Notas e comentários
J. Miranda Lemos 31

Livros e revistas — Recensões e referências 35

Noticiário 41