

A abrir o conjunto de colóquios sobre a física do século XX, que acompanharam a exposição “à luz de Einstein”, teve lugar uma mesa redonda dedicada ao tema “Einstein: o Homem e a Época”. Ana Simões abordou o tema “Einstein, um homem do seu tempo?”, Carlos Fiolhais falou sobre “Einstein – novo século e nova física”, enquanto Rui Mário Gonçalves deu uma perspectiva das relações entre a ciência e a arte, em particular na época de Einstein. Apresentam-se em seguida as duas primeiras dessas intervenções.

Einstein, um homem do seu tempo?

ANA SIMÕES

Centro de História das Ciências da Universidade de Lisboa - Departamento de Física, FCUL

Campo Grande, C8, Piso 6

1749-016 Lisboa

asimoes@fc.ul.pt

Albert Einstein - novo século e nova física

CARLOS FIOLHAIS

Centro de Física Computacional e Departamento de Física - Universidade de Coimbra

3004-516 Coimbra

tcarlos@teor.fis.uc.pt

EINSTEIN: O HOMEM E A

EINSTEIN, UM HOMEM DO SEU TEMPO?

Falar de Albert Einstein não é fácil quando tanto se escreveu e se disse já sobre ele e, muito especialmente, depois de tudo o que se publicou no Ano Internacional da Física.

Einstein detém uma posição singular entre os cientistas. Tendo sido catapultado do mundo circunscrito da ciência para o vasto domínio público, foi várias vezes capa da revista *Time* e eleito por essa revista a figura do século XX. A utilização da sua imagem em anúncios de diversos tipos materializa o que todos sabemos – Einstein há muito que passou à galeria das figuras míticas. Exemplifica o cientista-génio, o cérebro por excelência, o físico teórico isolado da restante física e do universo, alheio às regras dos homens; o velho desgrenhado e mal arranjado que tocava violino e deitava a língua de fora aos jornalistas; o cientista conservador que perdeu o pé nos últimos vinte anos da sua

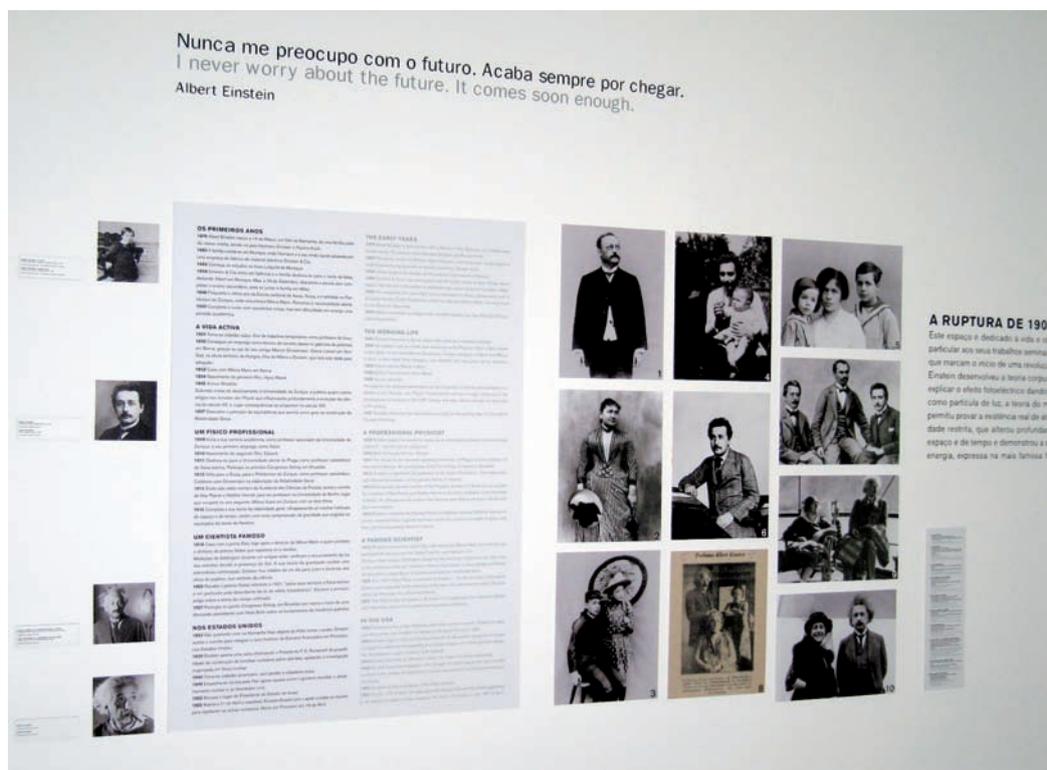


Fig. 1 - "Nunca me preocupo com o futuro". Painel da exposição "à luz de Einstein" no Museu Nacional da Ciência e da Técnica Dr. Mário Silva em Coimbra.

vida; o investigador que partilhava muitas características usualmente associadas aos artistas e que vivia arredado do mundo terreno.

Irei ilustrar algumas instâncias da construção do “mito Einstein”, referindo algumas facetas em que a sua figura se afasta radicalmente da construção mítica, aspectos que têm ficado na penumbra, por esquecimento ou por pretensão de produzir versões higienizadas, expurgadas, de Einstein.

Darei alguns exemplos no que respeita ao contexto físico e social para ilustrar quanto ele foi um homem do seu tempo. Na génese da relatividade restrita, Einstein soube aproveitar uma série de questões que estavam “no ar” e interpretar várias correntes em debate no mundo novo da física do século XIX. Reflectiu sobre os seus três grandes alicerces – a mecânica, o electromagnetismo, a termodinâmica (e a teoria cinética dos gases) – centrando-se na análise dos chamados problemas de fronteira, surgidos da articulação entre as novas áreas e a velha mecânica, que durante tantos anos se confundira com a própria física! Nesse processo de mapeamento de uma nova física, a hierarquia relativa das novas áreas face à mecânica foi tema de discussão inflamada: será que a termodinâmica ou o electromagnetismo se poderiam reduzir à mecânica e, qualquer que fosse a resposta à pergunta anterior, será que

se poderia provar a coerência e consistência dos alicerces em que assentava a já velha mecânica?

Com efeito, e paralelamente à exploração da termodinâmica, da electricidade e do magnetismo, o século XIX tinha trazido inflexões assinaláveis no programa mecanicista herdado do século XVII, que tinha apostado na explicação dos fenómenos físicos através da redução aos movimentos dos seus constituintes materiais e das forças que sobre eles actuavam. Tudo tinha começado com a “entorse” causada pelo próprio Isaac Newton, ao introduzir a força gravítica como uma força não-mecanicista por excelência. E, se o século XVIII tinha assistido ao desenvolvimento do programa newtoniano sem aparentes sobressaltos, o século XIX tinha contribuído decisivamente para acentuar o desconforto inicial, com o aparecimento de forças não-centrais, do desenvolvimento do conceito de energia, como alternativa à noção newtoniana de força, e da noção de campo que privava a matéria do seu lugar privilegiado na história da física. E o éter, esse actor que tinha tomado de assalto a física oitocentista e que vinha ocupando um lugar cada vez mais central nas preocupações da comunidade dos físicos, só veio precipitar esse anterior estado de coisas. Criação dos físicos, que não concebiam que as ondas luminosas pudessem propagar-se na ausência de um meio material, a procura do éter foi incansável e tor-

tuosa, vindo a desembocar nas expectativas depositadas na experiência de Michelson-Morley, que coroou uma já longa série, acrescentando às experiências anteriores (concebidas para pôr em evidência o éter através dos seus efeitos no movimento dos corpos) um grau de precisão nunca sonhado.

Nenhum dos físicos que acompanhou o desenvolvimento do trabalho experimental dos físicos americanos, nem mesmo o grande Hendrik Lorentz, foi capaz de interpretar o resultado negativo da experiência como revelador da inexistência do éter. Einstein, quer conhecesse ou não a experiência, trilhava um caminho bem diferente, embora assente na física do seu tempo. A análise de uma situação teórica muito simples – o movimento relativo de um ímã e de um condutor eléctrico – permitiu-lhe evidenciar uma incompatibilidade entre a mecânica e o electromagnetismo, convenceu-o da impossibilidade de detectar o movimento dos corpos através do éter, sugerindo-lhe que o éter realmente não existia. Depois, para salvaguardar as equações de Maxwell, foi levado a afirmar que a velocidade da luz (a velocidade de propagação das ondas electromagnéticas) tem que ser constante em todos os referenciais de inércia. E a verificação de que os fenómenos são os mesmos independentemente do referencial de inércia em que os observamos – o exemplo do movimento do ímã e do condutor – conduziu-o a admitir que isso só podia significar que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais de inércia.

Assim, o percurso que conduz Einstein ao artigo de 1905 sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento insere-o numa linha de reflexão que se enraíza na física do século XIX. O mesmo se passa com o artigo em que explica o movimento browniano recorrendo ao formalismo da teoria cinética dos gases. O mesmo já não se passa com o artigo em que explica o efeito fotoeléctrico, reintroduzindo na física a ideia de partículas de luz, não prescindindo, contudo, da sua natureza ondulatória. Mas todas estas incursões, só aparentemente díspares nos seus propósitos, estão unidas pela crença numa ligação harmoniosa entre as várias áreas da física do século XIX (mecânica e electromagnetismo, mecânica e termodinâmica) que se traduziu, entre outras, na articulação entre a descrição continuísta das ondas e a descrição descontínuísta da matéria.

Físico do seu tempo, sim, mas físico teórico ainda assim. Físico arredado do mundo material, que se socorreu de experiências de pensamento, se imaginava a cavalgar raios de luz e recorria a comboios e relógios como metáforas para ilustrar as ideias radicais que tinha para o tempo e o espaço. Físico em compasso de espera, no escritório de patentes em Berna, para uma tão almejada posição universitária. Será? Einstein viveu uma transição vertiginosa de século, acompanhada por mudanças enormes ao nível das comunicações e dos transportes, movida por novidades

tecnológicas cada vez mais surpreendentes (comboios cada vez mais velozes, telegrafia sem fios, electrificação progressiva das cidades, cabos submarinos, coordenação de redes de relógios distantes mas que tinham de estar sincronizados etc.) que permitiram a unificação dos impérios coloniais das potências europeias. E foi um homem do seu tempo por se mostrar sensível a elas, tanto por obrigação de ofício como por interesse genuíno, levando-as muito a sério na nova física teórica que ia tecendo. Por isso mesmo, só aparentemente se encontrava afastado do mundo circundante.

Einstein soube aproveitar todas estas oportunidades. Sensível ao contexto da ciência e da tecnologia do seu tempo, conseguiu ir mais além, rompendo afinal com ele. Do ponto de vista institucional, Einstein viveu no período em que surgiram na Alemanha as primeiras cátedras de Física Teórica. Foi professor de Física Teórica quando esta era a irmã pobre da Física Experimental e, mais tarde, no período demente da Segunda Guerra Mundial, quando esteve associada a uma “física judaica degenerada,” a eliminar do mapa juntamente com os seus representantes. O seu trabalho foi uma peça fundamental na alteração desta relação de forças. É fácil esquecermos que viveu um período em que a tradição universitária alemã, apadrinhada por físicos tão célebres quanto Max Planck ou Max von Laue, abraçava militantemente a ideia do físico apolítico. Recusando-se abertamente a vestir esta camisola, Einstein pugnou pela responsabilidade ética do cientista, mesmo quando esta atitude parecia conduzi-lo a posições contraditórias. Assistindo ao destruído da ordem da velha Europa, despedaçada por duas guerras mundiais, atravessando contextos sociais e políticos de extrema complexidade, Einstein teve sempre uma posição social e politicamente interventiva. Por isso tantas vezes incómoda, por isso tantas vezes esquecida!

Foi o cidadão de várias nacionalidades ou de nenhuma. O defensor do internacionalismo, apologista de um governo supra-nacional, de uma organização das nações mas, simultaneamente, promotor da criação do Estado de Israel, para onde, curiosamente não foi viver. Foi um pacifista intransigente que escreveu o contra-manifesto (1914) ao manifesto dos intelectuais alemães que defenderam a Primeira Guerra Mundial mas que, anos mais tarde, escreveu a carta ao Presidente Franklin Roosevelt (1939), exortando-o a tomar as medidas necessárias para evitar que uma bomba atómica caísse nas mãos do governo nazi. E, no período instável do pós-guerra e do início da *big science*, participou no movimento de desarmamento nuclear, liderou o Comité de Emergência de Cientistas Atómicos, investiu na cooperação pacífica entre nações e assinou um manifesto com Bertrand Russell.

Socialista ético, lutou contra o racismo e o linchamento dos negros americanos no período do terror mcartista. Avesso a condecorações aceitou, em 1946, um doutora-

mento *honoris causa* na Lincoln University na Pensilvânia, uma universidade americana para negros. O estilo do seu discurso, o seu conteúdo, o seu *timing* e a ausência de publicidade pelos *media* americanos, numa altura em que Einstein era tratado há muito como uma figura hollywoodesca, não são acidentais. A isto se juntou a sua defesa do grande cantor, actor e activista negro Paul Robeson, a protecção que ofereceu à diva Marian Anderson quando lhe foi negada guarida no hotel de Princeton e tantos outros casos. Por isso os ficheiros do FBI sobre Einstein, recentemente revelados, contêm perto de duas mil páginas!

Físico do seu tempo, sim, mas também homem e cidadão politicamente empenhado. Einstein era multifacetado, bem humano e, afinal, uma pessoa com os pés bem assentes na terra. Um físico que não se revia na imagem que dele se criou, um cientista isolado, aéreo e etéreo, ao ponto de afirmar no seu estilo humorístico tão habitual: “*Não sou nenhum Einstein*”. Revelou-se ainda, e principalmente, um cidadão solidário que levou a política tão a sério que, quando afirmou que “*para mim, a seguir às equações vem a política*,” esta não era, nem nunca poderia ser, uma frase de circunstância.

Ana Simões

ALBERT EINSTEIN - NOVO SÉCULO E NOVA FÍSICA

Quando no ano de 1900, o século XIX terminava, havia em muitos físicos uma sensação do fim da sua ciência. É bem conhecido o título da conferência de William Thomson, Lord Kelvin, proferida no dia 27 de Abril de 1900 na Royal Institution de Londres: “Nuvens do século XIX sobre a teoria dinâmica do calor e da luz”. Segundo ele, a “*beleza e clareza da teoria*” só era obscurecida por “*duas nuvens*”, uma, referente ao calor, era a dificuldade de descrição da radiação do corpo negro e outra, referente à luz, era o resultado nulo da experiência de Michelson-Morley. Pois Lord Kelvin, um símbolo da física do século XIX, mostrou então uma extraordinária capacidade de antecipar a física do século XX...

As duas nuvens não eram coisas pequenas: a primeira deu origem à teoria quântica iniciada por Max Planck, ainda no ano de 1900, e a segunda à teoria da relatividade restrita de Albert Einstein, formulada no “ano milagroso” de 1905. Einstein, em 1905, num artigo que ele próprio classificou como o “*mais revolucionário*”, acrescentou uma ideia-chave à teoria de Planck: não apenas a radiação era emitida e absorvida em pequenas quantidades (os “*quanta*”) mas ela própria também existia na forma dessas pequenas quantidades, que mais tarde vieram a chamar-se fotões.

A teoria da relatividade restrita aproxima a mecânica do electromagnetismo ao afirmar que é válido um mesmo princípio da relatividade para os dois ramos da Física. Não há, portanto, para o electromagnetismo (e ao contrário do que supunha Kelvin) um sistema de referência privilegiado, o éter. Nesse processo de unificação, Einstein deixou intacto o electromagnetismo (ou melhor, apenas dispensou a necessidade do éter), mas viu-se obrigado a modificar a mecânica de Galileu e Newton, que tantas e tão boas provas tinha dado. A solução para manter a “velha mecânica” passou por construir uma “nova mecânica” que coincidissem com a primeira no domínio das pequenas velocidades (a ciência é cumulativa e o que se descobre de novo tem de incorporar o que já se sabe bem!). A experiência de Michelson-Morley, de 1887, que falhou estrondosamente na detecção do éter, não terá constituído no raciocínio do jovem Einstein uma peça importante, mas sim a assimetria que se verificava na observação de alguns fenómenos electromagnéticos e que se podia reconhecer em certas experiências mentais (diríamos hoje experiências virtuais). Einstein começa por falar das questões do electromagnetismo no famoso artigo “Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento”, publicado na prestigiada revista *Annalen der Physik*. Nesse artigo, os conceitos de espaço e tempo absolutos de Galileu e Newton caíram: o espaço e o tempo deixaram de ser absolutos e passaram a depender do observador, tendo Einstein previsto dois fenómenos estranhos, mas hoje bem comprovados: a contracção das

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

1. Artigos incluídos na secção “FOCUS: The elusive icon: Einstein, 1905-2005”, *ISIS*, **95** (2004), 610-648.
2. David Cassidy, *Einstein and Our World*, Humanities Press International, New Jersey, 1995.
3. Paulo Crawford, “Albert Einstein e a ruptura de 1905” in “À Luz de Einstein 1905-2005”, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2005, pp. 39-51.
4. Jorge Dias de Deus, Teresa Peña, *Einstein...Albert Einstein. Homem, cidadão, cientista*, Gradiva, Lisboa, 2005.
5. Peter Galison, *Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré*, Gradiva, Lisboa, 2005.
6. Gerald Holton, *A Cultura Científica e os seus Inimigos, o Legado de Einstein*, Gradiva, Lisboa, 1998.
7. Fred Jerome, *The Einstein File. J. Edgar Hoover's secret war against the world's most famous scientist*, St. Martin's Griffin, New York, 2003.
8. John S. Ridgen, *Einstein 1905, The Standard of Greatness*, Harvard University Press, 2005.



Fig. 2 - Cartoon retirado de *A Física em Banda Desenhada*, de Larry Gomick e Art Huffman, Gradiva, 2005.

réguas em movimento e a dilatação do tempo medido por observadores parados. Não há intervalos invariantes só no espaço ou só no tempo, mas há intervalos invariantes no espaço-tempo, uma nova entidade matemática que engloba o espaço e o tempo.

Foi ainda uma experiência mental sobre a emissão de luz vista de diferentes pontos que o levou, no mesmo ano, a enviar para a mesma revista uma adenda ao anterior artigo: “Dependerá a inércia de um corpo do seu conteúdo energético?”. A resposta era positiva: massa e energia, que pareciam conceitos distintos, passaram a ficar unidos para sempre. A fórmula $E=mc^2$ passou a relacionar massa e energia de um modo espantosamente simples: há proporcionalidade directa entre as duas grandezas e a constante de proporcionalidade constrói-se com o invariante fundamental da teoria (a velocidade da luz). É ainda este facto que permite compreender por que razão um corpo com massa nunca poderá alcançar a velocidade da luz, ao passo que um objecto sem massa, como o fóton, viaja sempre a essa velocidade. Massa e energia passaram a ser convertíveis uma na outra, um processo que viria a ter enormes repercussões no curso da história do século XX...

A matemática da teoria da relatividade era e é simples. Mas foram dificuldades de ordem matemática as responsá-

veis pelo facto de a generalização do princípio da relatividade para observadores acelerados, a relatividade geral, ter demorado onze longos anos. O resultado final valeu bem o esforço. Se o espaço-tempo e a massa-energia tinham sido duas unificações conceptuais na relatividade restrita, a relatividade geral faz uma síntese final e grandiosa: a geometria do espaço-tempo é alterada pela presença da massa-energia. O encurvamento do espaço-tempo pode ser detectado pelo comportamento de réguas e relógios perto de corpos com grande massa. Uma previsão do encurvamento do espaço perto do Sol foi efectuada com base no comportamento dos raios de luz provenientes de estrelas localizadas por detrás do Sol, durante o eclipse solar de 1919. Felizmente que a nossa estrela tem massa suficiente para encurvar esses raios de luz (a luz comporta-se como se tivesse massa na vizinhança de um campo gravitacional suficientemente intenso!) e as observações realizadas por expedições britânicas à ilha do Príncipe e a Sobral, no Brasil, foram positivas. Com isso o problema da natureza da força gravitacional, que Newton não tinha conseguido resolver (ele pensava até que essa força podia ser instantânea), foi solucionado por Einstein, que descobriu que a gravitação era a manifestação directa da curvatura do espaço-tempo.

A equação que relaciona a métrica do espaço-tempo com a da massa-energia teve consequências cosmológicas. Foi possível, depois de algumas hesitações (Einstein, para manter o universo estático, introduziu à mão uma “constante cosmológica”, da qual mais tarde se viria a arrepender – foi, segundo ele, “o maior erro da sua vida”) descrever a expansão do Universo, que entretanto foi confirmada pela observação astronómica. O *Big Bang* estava “escondido” nas equações da relatividade geral!

Engane-se, porém, quem pense que Einstein abandonou a física quando chegou a esse cume do pensamento humano que é a teoria da relatividade geral. Ele passou a maior parte do resto da sua vida às voltas com um outro problema, um problema bem mais difícil, tão difícil que ainda hoje não está resolvido. Se a força gravitacional era uma deformação do espaço-tempo quadridimensional, não poderia a força electromagnética ser explicada do mesmo modo ou de um modo semelhante? Por outras palavras, não poderia haver uma teoria única da força gravitacional e da força electromagnética? Faraday e Maxwell já tinham unido a força eléctrica e a força magnética, com o bónus enorme de se ter feito luz sobre a luz, mas não poderia a força gravitacional e a força electromagnética serem juntas numa única teoria da força unificada? Este sonho, que Einstein não realizou, continua hoje a ser activamente perseguido por muitos físicos...

Os avanços no sentido da unificação das interacções seguiram, entretanto, caminhos que Einstein não con-

seguiu acompanhar, por ter, de algum modo, a certa altura, “perdido o comboio” da física moderna. Tudo tem a ver com a segunda nuvem... Com efeito, apesar de ser um dos autores da teoria quântica (ao ter avançado a explicação do efeito fotoeléctrico com base na natureza corpuscular da luz), ele foi uma espécie de pai que negou a sua filha. Foi ele quem encorajou o francês de Broglie a avançar a ideia, na altura ousada, de que não apenas a luz tinha um carácter de partícula como também as partículas de matéria tinham um carácter ondulatório. A dualidade onda-partícula está na base da teoria quântica. Contudo, Einstein não acompanhou os físicos jovens, como Heisenberg e Schroedinger, e um físico menos jovem, Born, que por volta de 1926, completaram o quadro da mecânica quântica. “*Deus não joga aos dados*” é a bem conhecida afirmação de Einstein (que era tão bom na criação de aforismos como na investigação científica), à qual Bohr, com sabedoria, retorquiu dizendo que “*não competia a Einstein dizer a Deus o que deve fazer*”.

Einstein contribuiu, todavia, para o desenvolvimento da teoria quântica ao formular todo um conjunto de críticas que foram sendo respondidas tanto pela teoria como pela experiência. Tinha contribuído também em 1917 ao formular uma teoria da emissão estimulada de luz que está na base dos lasers e ao apoiar em 1924 um jovem indiano, Bose, que previu um comportamento de partículas semelhantes aos fótons que diferia profundamente do dos electrões e que hoje está bem confirmado experimentalmente (condensação de Bose-Einstein).

Como se o que atrás se resumiu fosse obra pequena, Einstein conseguiu na sua juventude, numa altura em que se falava de “hipótese atómica” e não de realidade atómica, afir-

mar a existência real de átomos e moléculas. Serviu-se para isso da ciência termodinâmica (em parte, obra de Kelvin), que ele dominava, e do chamado movimento browniano, o movimento inusitado de um pequeno pólen sujeito a um constante bombardeamento de moléculas de água.

A maior parte destas (e doutras) contribuições prestou-as Einstein sozinho ou praticamente sozinho. É uma obra extraordinária, que só pedirá meças às obras de Galileu e Newton realizadas trezentos anos antes. Depois de Einstein, o espaço e o tempo, a massa e a energia, a força gravítica e a força electromagnética, a luz e a matéria passaram a ser vistos com outros olhos. Einstein deu uma revisão profunda a toda a física, reordenando algumas coisas e criando outras.

No início do século XXI há outras nuvens no horizonte da física, incluindo o problema da unificação das forças. Há ainda a questão da constante cosmológica (o Universo parece estar em expansão acelerada) e a questão da inflação (o Universo primitivo ter-se-á expandido muito rapidamente)... Mas, assim como Einstein subiu aos ombros de Galileu e Newton para ver mais longe, decerto que alguém um dia subirá aos ombros de Einstein para ver ainda mais além... Quando o fizer, não será nem o fim da física, nem, muito menos, o fim de Einstein. Continuar a física que os gigantes da Física fizeram é a maior homenagem que se lhes pode fazer. A descoberta do mundo é, para o homem, uma tarefa inesgotável e, nessa tarefa, o exemplo de Einstein permanecerá perene.

Carlos Fiolhais

At the Edge of the Universe

LATEST RESULTS FROM THE DEEPEST ASTRONOMICAL SURVEYS

SINTRA, PORTUGAL, 9-13 OCTOBER 2006

