



ALBERT EINSTEIN

---

annus mirabilis

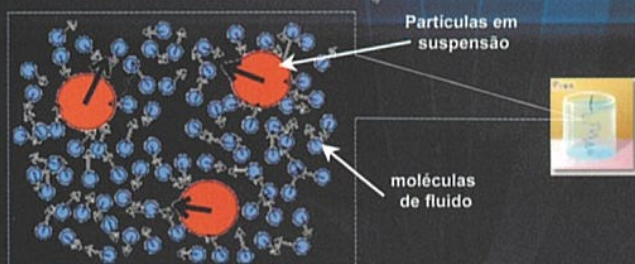
**POSTERS** | AMÉLIA CRISTINA C. ALVES | ANA CATARINA MOREIRA BATISTA | ANA EDUARDA DA SILVA OLIVEIRA | ANA ISABEL DE ALMEIDA | ANA MARIA TEIXEIRA CAETANO | ANA SOFIA ABREU LIMA | ANA SOFIA DA SILVA SOUSA | ANA VIRGÍNIA GONÇALVES GOMES | BÁRBARA JOÃO TEIXEIRA OLIVEIRA | BELINA DE LURDES AZEVEDO PINHEIRO | CARLA MARISA OLIVEIRA PEREIRA | CARLA SOFIA CARDOSO FERREIRA DE PINHO LEÃO | CÁTIA SOFIA FERREIRA ALVES DA FONSECA | CLÁUDIA DANIELA DOS SANTOS VIEIRA | DANIELA ALEXANDRA F. RIBEIRO | DAVID EMANUEL SANTOS TAVARES | DIANA PAULA CUNHA DE AGUILAR DE AZEVEDO MACHADO | DIANA VANESSA DA COSTA TORRES | FÁTIMA ISABEL DE OLIVEIRA RIBEIRO | FERNANDO MANUEL COSTA DA SILVA | FERNANDO ODEBERTO GONÇALVES PEREIRA | HELENA ISABEL ALVES DE SOUSA GOMES | JOANA CRISTINA GOMEZ RODRIGUES DA SILVA | JOANA FILIPA CARVALHO FERREIRA PIRES | JOANA FILIPA FONSECA SARGAÇO LOUREIRO | JOANA ISABEL ALVES MARTINS | JOANA ISABEL MELO TEIXEIRA | JOANA SIMÕES PEREIRA MAGALHÃES | JOÃO PEDRO DE OLIVEIRA SANTOS | JOEL SOUSA | LEA MARINA CARVALHO TEIXEIRA | LILIANA ALEXANDRA MORAIS BARBOSA | LUÍS CASIMIRO AFONSO MORAIS | LUÍS FILIPE COELHO BARBOSA | MÁRCIA PATRÍCIA CARDOSO DA SILVA | MARCOS ANDRÉ MATOS DIAS DOS SANTOS | MARIA JOÃO RODRIGUES MAGALHÃES | MARIA LUÍSA COELHO BARBOSA | MARIA TERESA DE OLIVEIRA PINHO | MARINA OLIVEIRA PIMENTA | MARTA ISABEL MAIO RODRIGUES DINIS | MIGUEL ÂNGELO MAGALHÃES OLIVEIRA | MOISÉS OLIVEIRA SILVA | PEDRO FILIPE ESTEVES FORTUNA | PEDRO MIGUEL RIBEIRO MARTINS | RAFAEL CARVALHO VASCONCELOS | RAQUEL FILIPA MOUTINHO VIEIRA | RAQUEL PINTO ROCHA | RICARDO JORGE DOS SANTOS DIOGO | RICARDO MANUEL DAS NEVES POÇAS | RICARDO NUNO QUESADO ALVES | RUI MANUEL SILVA LOPES | SANDRA CLÁUDIA DA SILVA CAPELA | SANDRA RAQUEL ALVES PEREIRA MARQUES | SARA ALEXANDRA LIMA ROMÃO | SARA FILIPA DE MOREIRA PINHEIRO | SOFIA ASSUNÇÃO FERNANDES | SOFIA ISABEL SILVA MOREIRA DOS SANTOS | TÂNIA FILOMENA CASTRO VALENTE | TERESA CRISTINA DE OLIVEIRA RIBEIRO | VÂNIA ALEXANDRA BARBOSA FERREIRA

# Movimento Browniano

Cláudia Daniela S. Vieira, Carla Sofia C. F. de P. Leão, física I, eng. química

## O Movimento Browniano é:

Um movimento desordenado e contínuo de partículas sólidas microscópicas quando suspensas num meio fluido (líquido ou gasoso). O movimento contínuo das moléculas do fluido gera colisão com as partículas sólidas ocasionando o seu movimento.



Partículas em suspensão

moléculas de fluido



Robert Brown

## Como surgiu o Movimento Browniano:

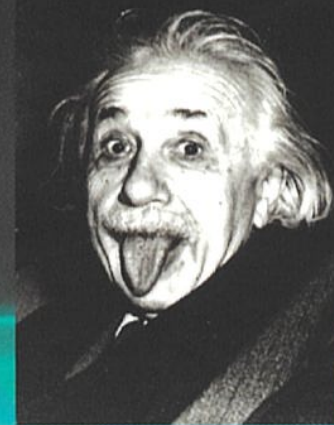
Em 1827, o biólogo escocês Robert Brown notou que ao observar grãos de pólen em água, através de um microscópio, o pólen ziguezagueava por todos os lados. Esse movimento em ziguezague foi designado de "movimento browniano" em sua homenagem, mas infelizmente Brown não deu uma explicação para as suas causas. O primeiro dos cinco artigos que Einstein publicou em 1905 trouxe finalmente uma explicação para o problema de Brown.

## A explicação do Movimento Browniano por Einstein:

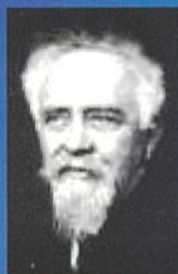
Em 1905, Albert Einstein elaborou a teoria exacta para explicar esse movimento. Imaginou que o ziguezague dos grãos de pólen era devido às moléculas de água que os atingiam. Os grãos de pólen eram visíveis, mas as moléculas de água não. Einstein mostrou também que era possível dizer quantas moléculas chocavam com os grãos de pólen e quão rápido elas se moviam, apenas observando o movimento dos grãos de pólen.

A hipótese biológica foi descartada quando se descobriu que qualquer espécie de material finamente dividido mostrava a mesma agitação (até mesmo pedra retirada da esfinge foi pulverizada e posta "a dançar" sob as lentes de um microscópio).

Importantíssimo mesmo foi que esse trabalho fez previsões sobre as propriedades dos átomos que podiam ser testadas experimentalmente. O físico francês Jean Perrin usou essas previsões para calcular o tamanho de átomos e remover qualquer dúvida remanescente sobre a existência dos mesmos.



Albert Einstein



Jean Baptiste Perrin

## As experiências de Jean Baptiste Perrin:

Em 1908, Jean Perrin fez observações quantitativas exaustivas das trajetórias de muitas partículas, de diferentes dimensões, suspensas em líquidos.

Numa sequência de experiências engenhosas, o físico francês verificou o modelo de Einstein e conseguiu, pela primeira vez, contar o número de átomos contidos numa gota de água. A partir dessas observações, que mostravam um bom acordo com a teoria de Albert Einstein, Perrin calculou o número de Avogadro.

O monumental trabalho de Perrin pôs finalmente de lado todas as dúvidas quanto à validade da teoria cinética da matéria. Experiências como as de Perrin permitem que os mais cautelosos cientistas possam agora referir-se a uma prova experimental da natureza atômica da matéria. A hipótese atômica foi, assim, elevada à categoria de uma teoria cientificamente fundamentada.



# O Legado Nobel de Einstein

Ana Maria T. Caetano, Marina O. Pimenta, física I, eng. química

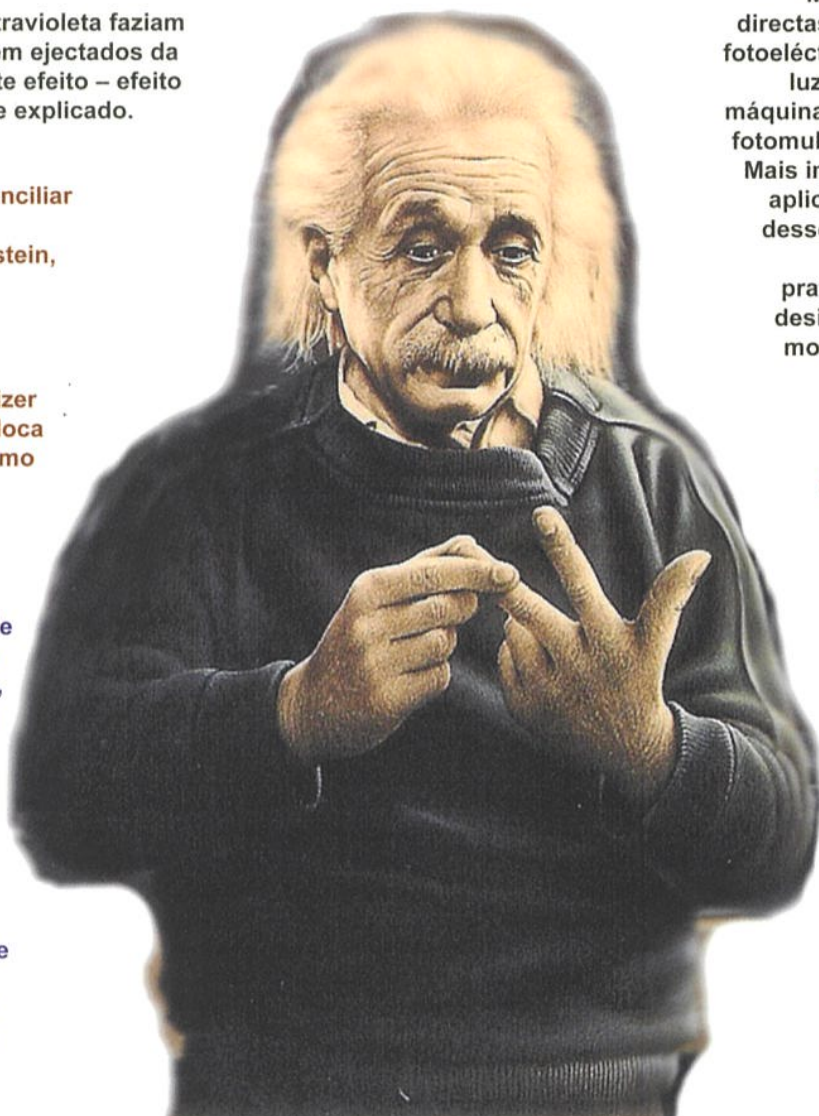
O ano de 1905 é considerado o "*annus mirabilis*" da vida científica de Albert Einstein. Ao longo desse ano publicou cinco artigos em três tópicos diferentes, que viriam a revolucionar toda a física.

Experiências com luz ultravioleta faziam com que electrões fossem ejectados da superfície de metais. Este efeito – efeito fotoeléctrico – foi por ele explicado.

Com o objectivo de reconciliar a mecânica com o electromagnetismo, Einstein, postulou o princípio da Relatividade.

É igualmente correcto dizer que um comboio se desloca em relação à estação como dizer que a estação se desloca em relação ao comboio.

Assumindo a hipótese de que a matéria é formada por átomos e moléculas, uma noção que à época ainda carecia de reconhecimento universal, e sobre a qual havia escassas evidências indirectas, Einstein percebeu que partículas grandes suspensas num líquido e sofrendo colisões aleatórias dos átomos e moléculas circundantes mover-se-iam de forma irregular, e que tal movimento irregular poderia ser directamente observado através de um microscópio, tal como realizado por Robert Brown.



Albert Einstein recebeu o prémio Nobel da física em 1921, não pela teoria da Relatividade Restrita, mas sim pelos seus trabalhos de 1905 sobre o efeito fotoeléctrico

Muitas são as aplicações directas ou indirectas do efeito fotoeléctrico e da nova teoria da luz: de câmaras de vídeo e máquinas fotográficas digitais a fotomultiplicadores, lasers, etc. Mais importantes ainda são as aplicações de um dos frutos desse trabalho de Einstein, a mecânica quântica: praticamente tudo o que se designa hoje por tecnologia moderna deriva da mesma.

De acordo com esta teoria toda a medição do espaço e do tempo é subjectiva, levando a diversas mudanças da nossa percepção do mundo.

Em 1828 o botânico Robert Brown, observou ao microscópio que grãos de pólen de plantas suspensas em água parada exibem um movimento irregular incessante, que ficou conhecido por "movimento Browniano".

Esse trabalho de Einstein, publicado em Maio de 1905, é de importância fundamental para a Física Estatística, tendo servido historicamente para derrubar as últimas resistências presentes no meio científico à crença na existência de átomos e moléculas.

# O Nobel da Física de 1921

Helena Isabel A. S. Gomes, Joana Filipa F. S. Loureiro, física I, eng. química

Albert Einstein, físico, matemático e filósofo alemão, nasceu a 14 de Março de 1879, em Ulm, no sul da Alemanha.

Em 1905, Einstein produziu cinco artigos científicos que revolucionaram tudo o que a Física tinha descoberto até então. Entre estes encontra-se a sua abordagem ao problema do Efeito Fotoelétrico.

Ao longo dos anos, o físico fez contribuições importantes em quase todas as áreas da Física, mas sem dúvida que as que tiveram maior impacto foram as relacionadas com a Teoria da Relatividade.

No entanto, e ao contrário do que muitos imaginam, ao escolher o Prémio Nobel de 1921, o Comité Nobel para a Física da Academia Real de Ciências Sueca deu mais importância ao seu trabalho elaborado sobre o Efeito Fotoelétrico.

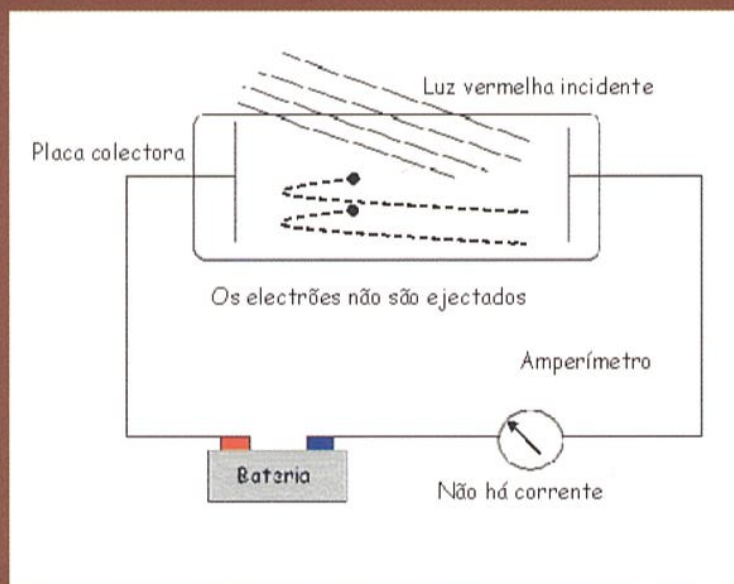
De acordo com a teoria da Einstein, um quantum de luz transfere toda a sua energia a um electrão, independentemente da existência de outros quanta (plural de quantum) de luz.



Tendo em conta que um electrão ejectado do interior do corpo perde energia até atingir a superfície, Einstein propôs a seguinte equação:

$$E = h\nu - \phi$$

que relaciona a energia do electrão ejectado ( $E$ ) da superfície, com a frequência da luz incidente ( $\nu$ ) e com a função trabalho do metal ( $\phi$ ), que é a energia necessária para o electrão escapar do material.



A partir de 1921, e mesmo antes, o seu nome torna-se sinónimo de inteligência e sabedoria. O seu trabalho sugere ainda a possibilidade da criação de uma bomba atómica; Einstein revelou-se desde logo contra o seu desenvolvimento como arma de destruição em massa.

Os últimos anos da sua vida são passados nos Estados Unidos, onde acaba por morrer a 18 de Abril de 1955, em Princeton.

O seu corpo é cremado, o seu espólio científico é doado à Universidade Hebraica de Jerusalém, e o Mundo fica com grande certeza mais pobre.



#### Referências:

- [www.thebigview.com/spacetime/relativity.html](http://www.thebigview.com/spacetime/relativity.html)
- [www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricoequation.html](http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricoequation.html)
- Dicionário Ilustrado do Conhecimento Essencial, Selecções do Reader's Digest, Lisboa, 1996



# Vida e Obra de Albert Einstein

Maria João R. Magalhães e Maria Teresa O. Pinho, física I, eng. química

- 1879 → Albert Einstein nasce a 14 de Março na Bahnhofstrabe n.º135, na cidade de Ulm, Alemanha.
- 1880 → A família de Einstein muda-se para Munique, onde o pai abre uma empresa de equipamento eléctrico.
- 1888 → Vai para o Luitpold Gymnasium onde estuda religião e matemática.
- 1894 → A família muda-se para Itália; Albert fica em Munique sozinho, para acabar os estudos, o que não acontece.

- 1895 → Albert junta-se à família em Itália, reprova no exame para entrar na Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), o Instituto Politécnico de Zurique, e muda-se para Aarau, na Suíça.
- 1896 → Na escola em Aarau recebe o diploma cantonal, com distinção e inscreve-se no ETH de Zurique.
- 1900 → Recebe o diploma em Zurique, com excelente média.
- 1902 → Torna-se perito técnico de 3.ª classe na Repartição de Registo de Patentes de Berna. Tendo pouco trabalho, arranja tempo para estudar problemas de física teórica e concentrar-se nas suas investigações.

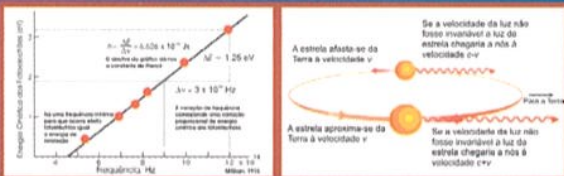
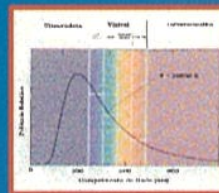


Albert Einstein

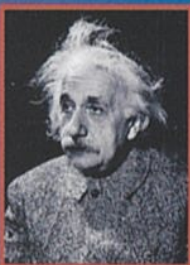


1903 → Casa-se com Mileva Marić (húngara) de quem terá oficialmente dois filhos: Hans Albert (1904) e Eduard (1910).

- 1905 → Annus Mirabilis: Einstein submete a tese de doutoramento sobre determinação de dimensões moleculares na Universidade de Zurique. Escreve ainda 4 artigos científicos que revolucionarão a física, em três áreas distintas: relatividade, movimento Browniano e efeito fotoeléctrico.
- 1906 → É promovido a Perito Técnico de 2.ª classe.
- 1907 → Começa a defender o princípio de equivalência, que conduz à teoria da Relatividade Geral.
- 1909 → Inicia a sua carreira como professor-assistente de Física Teórica na Universidade de Zurique.
- 1911 → Vai ao 1.º Congresso Solvay em Bruxelas.
- 1912 → Regressa à Suíça como professor da ETH Zurique.
- 1913 → Torna-se professor na Universidade de Berlim.
- 1915 → Completa a Teoria Geral da Relatividade e participa no manifesto contra a guerra.
- 1916 → Publica "The Origins of General Theory of Relativity", sucedendo a Max-Planck como presidente da Sociedade Alemã de Física.

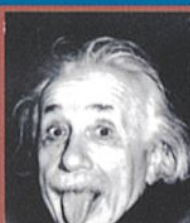


- 1917 → Torna-se o director-fundador do Instituto Kaiser-Wilhelm.
- 1919 → Duas expedições inglesas fazem observações durante um eclipse solar e confirmam a Teoria da Relatividade Generalizada. Divorcia-se de Mileva e casa-se com Elsa Löwenthal, sua prima.

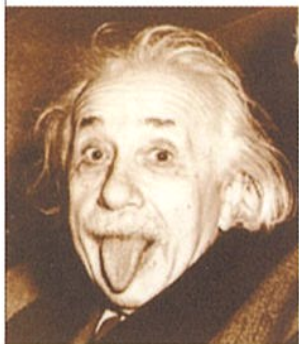


- 1921 → Einstein faz a sua primeira visita aos Estados Unidos da América. É nomeado para o Prémio Nobel.
- 1922 → Recebe o Prémio Nobel de Física pelos seus estudos sobre o efeito fotoeléctrico e é indicado para membro da Comissão para a Cooperação Intelectual da Sociedade das Nações.

- 1924 → É fundado o Instituto de Einstein, em Potsdam.
- 1927 → Participa no Congresso Solvay, envolvendo-se em acesos debates sobre a Mecânica Quântica com o físico dinamarquês Niels Bohr.
- 1933 → Deixa a Alemanha depois do domínio nazi. Vai primeiro para a Bélgica e depois para os EUA.
- 1939 → Assina uma carta para o Presidente dos EUA, Franklin Roosevelt, chamando a atenção para a ameaça que representam as armas atómicas.
- 1940 → Torna-se cidadão americano.
- 1944 → Einstein foi novamente escolhido para pedir ao Presidente que não lançasse a bomba sobre o Japão. Roosevelt morreu repentinamente no dia 12 de abril de 1945, sem ter aberto a carta. O novo Presidente, Harry S. Truman, não atendeu o pedido de Einstein nem de outros físicos.
- 1946 → Torna-se administrador do "Emergency Committee of Atomic Scientist".
- 1952 → Declina a oferta da presidência de Israel.



- 1955 → Assina o Manifesto "Russell-Einstein" a 11 de Abril, onde apela às nações para renunciarem às armas nucleares. Morre a 18 de Abril com a ruptura de um aneurisma da aorta abdominal.



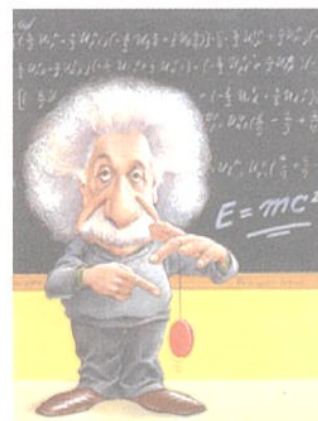
# EINSTEIN E A MÚSICA



Raquel Filipa M.Vieira, Carla Marisa O. Pereira, física I, eng. química

**Albert Einstein começou a aprender a tocar violino quando tinha 6 anos de idade, enquanto a sua família ainda vivia em Munique.**

**A música, para Einstein, não era apenas uma forma de relaxar, mas também uma ajuda no seu trabalho. Segundo a sua segunda mulher, Elsa: "A música ajuda-o quando está a pensar nas suas teorias; ele vai para o seu escritório, volta, toca alguns acordes no piano e volta para o estudo".**



*"I see my life in terms of music"*



**A música entrou na vida de Albert Einstein através da sua mãe, Pauline Koch, que era uma talentosa pianista.**

**A consciência da relação entre a matemática e a música é muito antiga e remonta a Pitágoras, que estabeleceu uma escala de intervalos definida por uma relação numérica. A essa escala de intervalos chamamos hoje as notas musicais (Dó, Ré, Mi, ...).**

*"Life without playing music is inconceivable for me"*

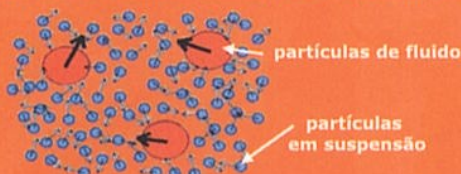


*"I live my daydreams in music"*

# movimento browniano

Bárbara João T. Oliveira, Sofia Assunção Fernandes, física I, eng. química

O movimento Browniano é a agitação irregular, rápida e contínua, em todas as direcções, das partículas suspensas num fluido qualquer, que depende da temperatura e da viscosidade. A causa desse fenómeno deve-se ao choque que as partículas recebem das moléculas do fluido.



Este fenómeno foi evidenciado pela primeira vez em 1827 pelo botânico Robert Brown, através da observação do movimento de pequenos grãos de pólen, concluindo que as partículas em suspensão num líquido não ficavam imóveis mas executavam um movimento extremamente irregular e ininterrupto.

Brown já afirmara que o movimento das partículas menores era mais rápido e vigoroso que o movimento das mais pesadas. Além disso, se o líquido fosse mais viscoso, o movimento ficava mais lento.

Com estas e outras observações torna-se possível explicar o movimento das partículas como o resultado de minúsculos "empurrões" dados pelas moléculas do líquido. Estes orientariam o movimento da partícula de acordo com a sua força. Há um padrão escondido nesse movimento aleatório que permite a sua classificação como movimento fractal, pois descreve um padrão dinâmico bem definido.

No seu "Annus Mirabilis" – 1905 –, Albert Einstein, no artigo "Sobre o movimento de partículas suspensas num fluido em repouso", apresentou a teoria exacta deste fenómeno e que serviu para calcular o número de Avogadro.

Considerando os factores que influenciam o movimento das moléculas, a temperatura e a viscosidade do fluido, conseguiu demonstrar uma expressão para o coeficiente de difusão. Essa expressão envolvia o número de Avogadro (este número diz quantas moléculas de um gás existem num volume 22,4 l em condições PTN):

$$D = \frac{RT}{6\pi\eta r N_A}$$

sendo R a constante dos gases, T a temperatura,  $N_A$  o número de Avogadro,  $\eta$  a viscosidade do fluido e r o raio da molécula. Agora, medindo D, a difusão, e sabendo os outros valores, Einstein calculou o número de Avogadro, isto é,  $N_A = 6,023 \times 10^{23}$ .

Pelos cálculos de Einstein verificou-se que quanto menores fossem as moléculas de um fluido, menor seria o movimento das partículas em suspensão. Isto é, se o fluido não fosse feito de moléculas, se fosse completamente contínuo, infinitamente indivisível, as partículas brownianas não se moveriam. Portanto, a própria observação que elas se moviam era uma evidência irrefutável da existência das moléculas.

Em 1909, Jean-Baptiste Perrin viria a provar experimentalmente todas as anteriores previsões de Albert Einstein, através de observações feitas com os melhores microscópios da época. Com estes resultados ficou definitivamente comprovada a existência de moléculas e átomos. Por esses trabalhos Perrin foi agraciado em 1926 com o Prémio Nobel da física.

#### Curiosidades:

- Até os maiores génios cometem erros. Einstein errou num primeiro cálculo do valor do número de Avogadro, o qual viria a recalcular após um reparo de Perrin.
- Uma das aplicações mais espectaculares do Movimento Browniano verifica-se nas Bolsa de Valores, cujas flutuações podem ser descritas usando esta teoria.



#### Referências:

Super Interessante, número 85; Grande Reportagem, n.º 223, 16 de Abril de 2005;  
geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leitura/browniano.htm  
pt.wikipedia.org/wiki/Movimento\_Browniano ;  
www.seara.ufc.br/especiais/fisica/brown/brown.htm;

# ALGUMAS CONSEQUÊNCIAS DA EQUAÇÃO MAIS FAMOSA DO MUNDO

Cátia Sofia F. A. Fonseca, Liliana A. M. Barbosa, física I, eng. química

◊ que significa esta equação de Einstein?

Especificamente, significa que a energia e massa são a "mesma" coisa, a menos de uma constante.

Na sua essência, afirma que há uma equivalência entre a massa e a energia.

Esta simples afirmação tem muitas implicações profundas, por exemplo,

Nenhum objeto com massa pode alguma vez deslocar-se tão ou mais rapidamente do que a velocidade da luz!



E representa a energia, m representa massa, e c é um número muito grande, o valor da velocidade da luz no vácuo.  
 $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$   
 $= 1\,079\,252\,849 \text{ km/h}$

Antes de surgir a equação  $E=mc^2$ , energia e massa eram grandezas dissociadas. Aceitava-se que num sistema fechado as quantidades de massa e energia se mantinham constantes. Então EINSTEIN propôs que o somatório de massa e energia permanecia constante num sistema fechado. Uma vez que comprovou que massa e energia se convertem uma na outra em função da velocidade da luz, que passou a ser tomada como velocidade máxima para a disseminação de qualquer informação, ultrapassando esse limite só pode haver energia, sendo esta sempre associada com a matéria. Estes 2 constituintes do universo, a matéria e a luz, não diferem mais, há uma íntima relação que podemos dizer que a matéria é 1 estado de energia e a energia é 1 estado de matéria.

Quando Einstein deduziu esta equação sabia que

iria ser importante para o desenvolvimento da física

Mas tudo tem

as suas vantagens e desvantagens.

Este conhecimento no contexto de uma guerra à escala mundial

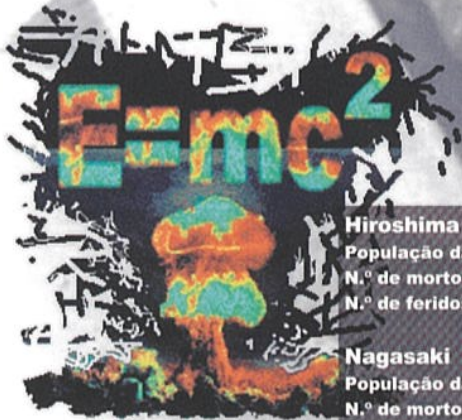
serviu para criar "algo" de muito maléfico para a Humanidade - a Bomba Atómica

Desde logo Einstein se mostrou contra, manifestando a sua opinião e assinando manifestos e cartas.



A física da mais famosa equação de Einstein permitiu:

- entender a estrutura atómica,
- o funcionamento das estrelas,
- conhecer o início e o fim do universo além de
- viabilizar a construção da bomba atómica e
- o funcionamento do microondas!!!!



**Hiroshima**  
 População da cidade antes do raid: 255 000  
 N.º de mortos: 66 000  
 N.º de feridos: 69 000

**Nagasaki**  
 População da cidade antes do raid: 195 000  
 N.º de mortos: 39 000  
 N.º de feridos: 25 000

Albert Einstein é talvez o cientista mais famoso do século XX. Uma das suas expressões mais conhecidas é a fórmula  $E=mc^2$

# Einstein estava certo?

## As teorias da Relatividade

Joana Simões Pereira de Magalhães, física I, eng. química



Mais cedo ou mais tarde, o "reino" de Einstein, como o "reino" de Newton antes dele, chegará ao fim. Uma grande mudança no mundo da Física, que derrubará as nossas noções da realidade, é inevitável, acreditam muitos cientistas, e actualmente está em curso uma corrida entre uma mão cheia de teorias que competem entre si pela sucessão ao trono.



Segundo a teoria da Relatividade Geral de Einstein, a gravidade do Sol faz com que a luz estelar seja desviada, alterando a posição aparente das estrelas no céu.

Uma nova concepção de uma experiência para testar as previsões da relatividade de Einstein, com maior precisão do que nunca, está a ser desenvolvida por cientistas da NASA. A sua missão, que usa efectivamente o nosso Sistema Solar como um laboratório gigante, ajudará a estreitar o campo das teorias fiáveis e a aproximar-nos mais um passo da próxima revolução da física.

A relatividade explica a gravidade e o movimento ao unir o espaço e o tempo numa dinâmica de 4 dimensões, a estrutura moldável da realidade chamada espaço-tempo, que é desviada e distorcida pela energia que contém. A massa é uma forma de energia, portanto esta entidade – energia – cria a gravidade ao distorcer o espaço-tempo.

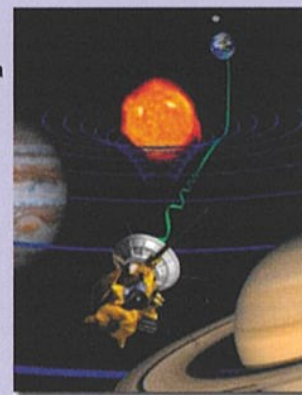
### Testar a Teoria da Relatividade

Slava Turyshev, um cientista da NASA, e os seus colegas, pensaram numa forma de usar a International Space Station e dois mini-satélites a orbitar do lado oposto do Sol para testar a teoria da relatividade com uma precisão sem precedentes. A sua concepção seria tão sensível que poderia revelar falhas na teoria de Einstein.

A experiência, designada LATOR – Laser Astrometric Test of Relativity –, veria como é que a gravidade do Sol reflecte a luz do laser emitida pelos dois mini-satélites. A gravidade desvia o caminho da luz porque distorce o espaço através do qual a luz passa.

A analogia padrão para este distorcer do espaço-tempo pela gravidade é imaginar o espaço como uma folha de borracha plana que se estica sob o "peso" de objectos como o Sol. A depressão na folha de borracha plana faria com que um objecto (mesmo uma partícula de luz sem massa) ao passar próximo do Sol se desviasse ligeiramente na sua trajetória.

Na imagem, a curvatura do espaço devida à massa do Sol fez com que os sinais da sonda Cassini encurvassem no seu caminho em direcção à Terra.



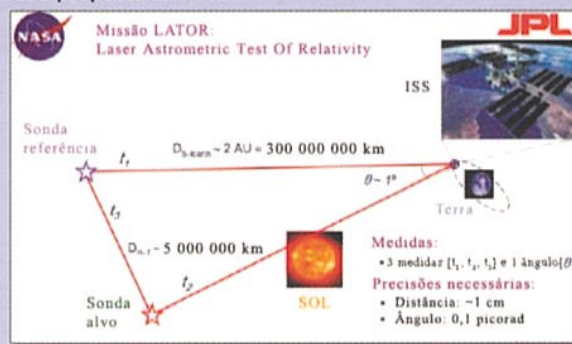
### Laboratório Solar

A experiência funcionaria assim: dois pequenos satélites, cada um com um metro de comprimento, seria lançado numa órbita em volta do Sol sensivelmente à mesma distância que a Terra. Este par de satélites orbitaria mais lentamente do que a Terra faz. Em conjunto, os dois satélites e a Terra formam um pequeno triângulo, com os feixes laser a formar os catetos, e um destes feixes a passar próximo do Sol. Ao lado temos um diagrama esquemático da missão proposta LATOR.

Turyshev planeia medir o ângulo entre os dois satélites usando um interferómetro montado na ISS.

Um interferómetro é um aparelho que combina e capta feixes de luz. Usando as ondas de luz dos dois satélites, que "interferem" uma com a outra, o ângulo entre os satélites pode medir-se com uma precisão extraordinária.

"O ISS dá-nos algumas vantagens", explica Turyshev. "Por exemplo, está acima das distorções da atmosfera da Terra, e é também suficientemente grande para colocarmos as suas duas lentes longe uma da outra (em cada extremidade do painel solar) o que melhora a resolução e precisão dos resultados."



O interferómetro será montado no suporte do painel solar da ISS, que gira automaticamente para estar continuamente virado para o Sol.

A concordância com as medidas de LATOR seria um impulso importante para qualquer uma destas teorias. Mas se não for encontrado qualquer desvio em relação às previsões de Einstein mesmo por LATOR, muitos dos actuais proponentes sofrerão um abalo fatal e "passarão" para o "arquivo morto".

Rui Lopes, Luís Morais, física I, eng. química

$$E=mc^2$$

A equação  $E=mc^2$ , obtida por Albert Einstein em 1905, é uma das mais conhecidas da Física, e talvez da própria ciência. Com base nela podemos compreender os processos atômicos e a produção de energia das estrelas através da fusão nuclear.

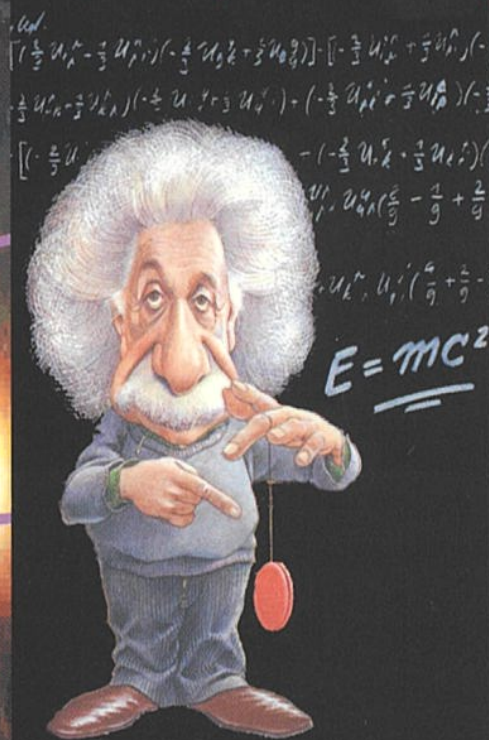
Em apenas alguns anos, Einstein, provou a existência das moléculas, impulsionou a mecânica quântica, desenvolveu a mecânica estatística e concebeu a Teoria da Relatividade.

A equação que mudou o mundo mostra-nos a equivalência entre a massa e a energia e vice-versa, com o factor de proporcionalidade a ser o quadrado da velocidade da luz.

Einstein é responsável pelo desenvolvimento da física nuclear.

As reacções nucleares só podem entender-se com a fórmula de Einstein que relaciona massa e energia:  $E=mc^2$ .

Contudo, a fórmula de Einstein não foi utilizada apenas com fins pacíficos. O emprego da energia libertada na fissão de átomos teve aplicações bélicas. Na 2.ª Guerra Mundial foi empregue este novo conhecimento da manipulação do átomo. Contudo Einstein, reconhecendo o poder destruidor da sua descoberta torna-se, ainda mais acerrimamente, defensor da paz, propondo em 1946 um comité mundial para o controlo da energia atómica.



$$E = mc^2$$

## Sem mistério

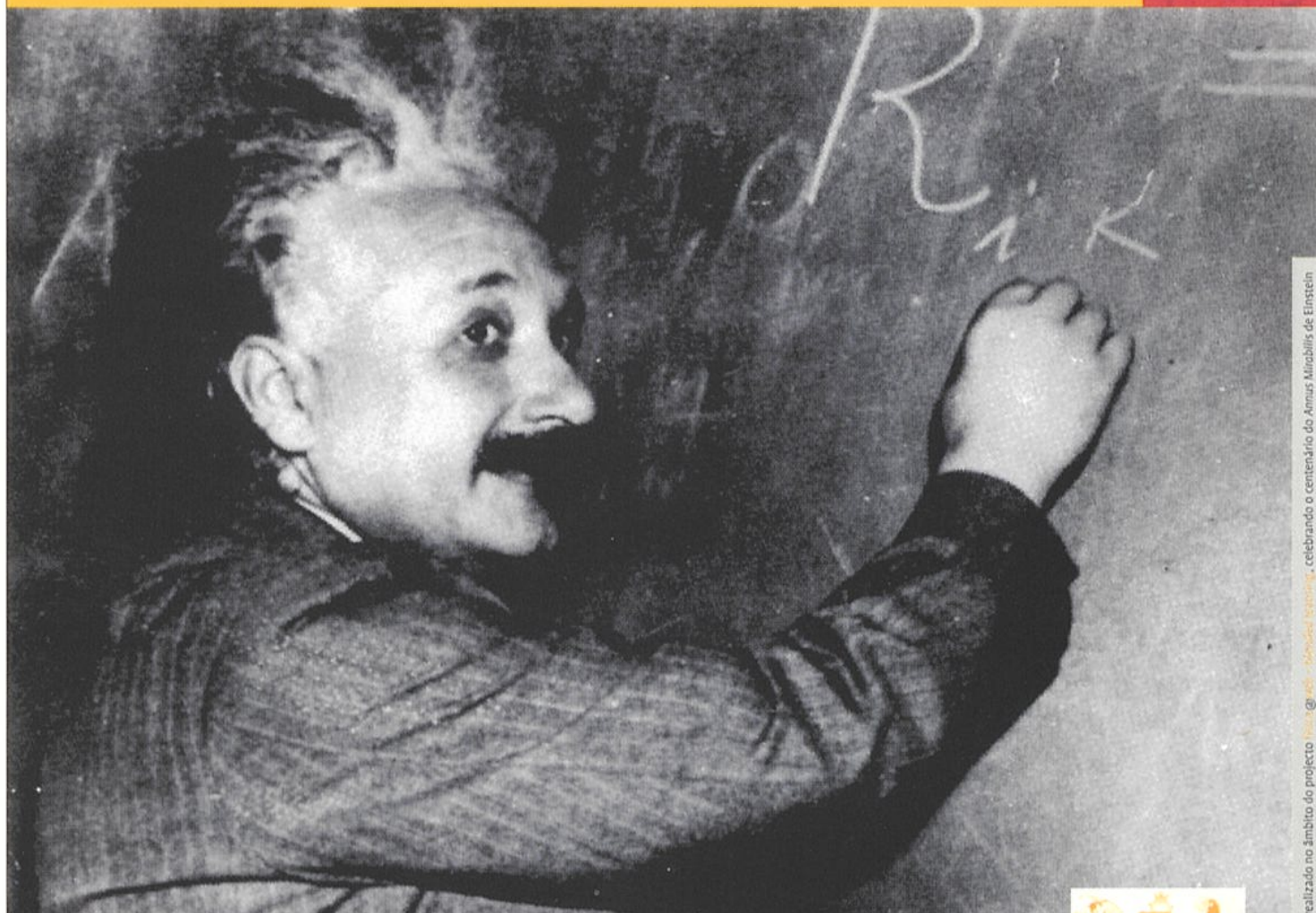
Marta Isabel M. R. Dinis, Daniela Alexandra F. Ribeiro, física 1, eng. química

$E = mc^2$ , a equação mais famosa de Albert Einstein e talvez da História da Ciência, aparece em toda a sua plenitude em 1907.

Fica conhecida como Teorema da Inércia da Luz, em que a qualquer radiação luminosa se encontra associada uma certa massa.

Mais do que uma síntese teórica, a relação  $E = mc^2$  passava a ser efectivamente a descrição da mudança revolucionária sobre conceitos de massa e energia.

Einstein imaginou um átomo ou qualquer outra partícula que se desintegre radiativamente (ou seja, emitindo radiação electromagnética). Aplicando o princípio de que energia e momento se conservam durante a desintegração, Einstein pôde sustentar que o átomo, após desintegração, deveria ter massa inferior à do átomo original, e que a quantidade de massa perdida era igual à energia total libertada em virtude da radiação, dividida pelo quadrado da velocidade da luz ( $m = E/c^2$ ).

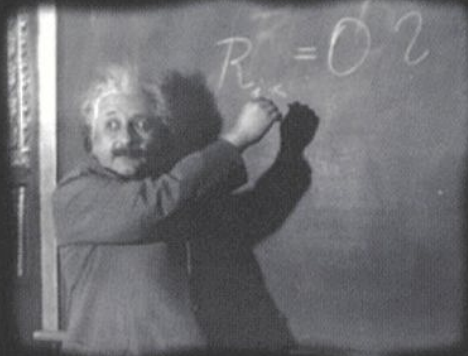


# "1905 - annus mirabilis"

Joana Teixeira, Sofia Santos, física I, eng. química

Foram estes cinco trabalhos que ajudaram a que Einstein fosse considerado "a personagem do século XX"; era o início do "annus mirabilis" da sua vida científica.

1º artigo - "Über einene Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt" ("Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz"). É neste artigo que Einstein formula a lei do efeito fotoeléctrico, fazendo uso da constante de Planck para definir o quantum de energia do fotão, uma partícula associada à luz. Ou seja, o efeito fotoeléctrico é o processo pelo qual os electrões são arrancados das placas metálicas por incidência de radiação electromagnética.



2º artigo - "Eine neue Bestimmung der Molekuldimensionen" ("Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares"). Foi aceite, no mesmo ano, como tese de doutoramento na Universidade de Zurique. Nas palavras do próprio Einstein, o artigo tratava da "determinação do tamanho exacto de átomos a partir da difusão e da viscosidade em soluções diluídas de substâncias neutras"

3º artigo "Über die von der molekulartheoretischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen" ("Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor"). O artigo trata do movimento Browniano. Este já descrito por Robert Brown é um movimento aleatório de partículas macroscópicas num líquido como consequência dos choques das moléculas do líquido nas partículas. Desta observação Einstein deduziu uma nova forma de determinar o tamanho das moléculas. Essas previsões foram posteriormente confirmadas experimentalmente, conduzindo, por exemplo, a uma medida bastante precisa do Número de Avogadro.

4º artigo - "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" ("Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento"). Este era, segundo Einstein, "apenas um esboço grosseiro" sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento, usando uma modificação da teoria do espaço e tempo. Nesta época, Einstein estava convencido que o Princípio da Relatividade deveria aplicar-se a todos os fenómenos, inclusive à luz. Para que isto fosse possível, uma nova e mais cuidadosa consideração sobre o conceito de tempo teve que ser feita. O tempo, que para Newton era algo absoluto e universal, era, segundo a Teoria Restrita da Relatividade de Einstein, relativo.

5º artigo - "Ist die Tragheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?" ("A inércia de um corpo depende da sua energia?"). Einstein descobriu que a compatibilidade do Electromagnetismo com o Princípio da Relatividade tinha outra consequência inesperada: "a massa é uma medida directa da energia contida nos corpos". A relação entre a energia e massa é expressa pela equação  $E=mc^2$ .

É impressionante como um cientista humilde que dizia: "Não possuo dotes especiais, apenas sou extremamente curioso", em poucos meses, tenha dado contribuições tão importantes para a ciência e que alteram profundamente as nossas concepções sobre o espaço e o tempo, bem como sobre a estrutura da radiação. Não é à toa que 1905 foi designado o "annus mirabilis" - em latim, ano miraculoso, maravilhoso, admirável - de Einstein. Entre Março e Setembro, produziu cinco trabalhos extraordinários que mudariam a face da ciência moderna e que o tornariam o cientista mais famoso do século passado. Estes artigos motivaram a ONU e a comunidade científica mundial a eleger 2005 como o "Ano Internacional da Física", em comemoração do centenário das famosas publicações de Einstein.



www.ciencia viva pt  
www.if.ufrgs.br/einstein/sitemap.html  
www.if.ufrgs.br/einstein/merino.html  
www.physics2005.org/  
www.augustolaranja.com.br/fisical2.htm  
www.albert\_einstein.org  
www.astrosurf.com/ceu/ciencia23322005.html  
www.google.com



# A equação mais famosa do mundo

LEA MARINA CARVALHO TEIXEIRA, FÍSICA I, ENG. QUÍMICA

$$E=mc^2$$

Energia e matéria estão ligadas pela mais famosa relação em Física:

A energia contida num corpo é igual ao produto da sua massa pelo quadrado da velocidade da luz.

Um dos aspectos mais significativos do trabalho de Albert Einstein foi o de dar natural importância aos conceitos de electricidade e magnetismo.

Einstein imaginou um átomo ou qualquer outra partícula que se desintegre emitindo radiação electromagnética. Aplicando o princípio segundo o qual energia e momento se conservam durante a desintegração, e fazendo uso engenhoso da transformação de Lorentz, Einstein pôde sustentar que o átomo, após a desintegração, haveria de ter massa inferior à do átomo original. E mais, a quantidade de massa perdida era igual à energia total libertada em virtude da radiação, dividida pelo quadrado da velocidade da luz ( $m = E/c^2$ ).

Surgida em Setembro de 1905, a equação de Einstein revelou uma nova e, até à época, insuspeitada fonte de energia. O mero facto de um objecto material ter massa, dota-o de energia,  $mc^2$ , o que é significativo já que a velocidade da luz é muito elevada...  $E=mc^2$  indica que há equivalência entre a massa e a energia. Esta relação simples tem muitas implicações profundas: nenhum objecto com massa se pode deslocar mais rapidamente que a velocidade da luz!

**A imaginação é mais importante que o conhecimento!...**

**Albert Einstein**



# A TEORIA DA RELATIVIDADE DO GÊNIO DA FÍSICA

**Moisés Oliveira da Silva, física I, eng. química**

Em 1905, Albert Einstein lançou um artigo sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento, em que falava do que ficou conhecido como "teoria da Relatividade Restrita". Esta teoria baseava-se no princípio de que toda a medição do espaço e do tempo é subjectiva. Isto levou Einstein a desenvolver mais tarde uma teoria baseada em duas premissas: o princípio da relatividade, segundo o qual as leis físicas são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais, e o princípio da invariabilidade da velocidade da luz, o qual afirma que a luz se move com velocidade constante no vácuo.

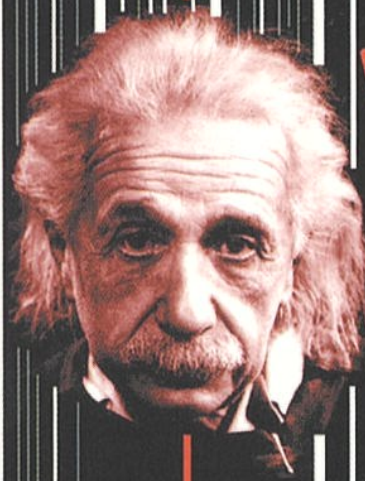
A teoria Geral da Relatividade só foi publicada em 1916. De acordo com esta teoria, as interações entre dois corpos, que até então se atribuíam a forças gravitacionais, explicam-se pela influência de tais corpos sobre o espaço-tempo (espaço de quatro dimensões, uma abstracção matemática em que o tempo se junta, como quarta dimensão, às três dimensões euclidianas).

Foi em Sobral, no Ceará (Brasil), que em Maio de 1919, durante um eclipse solar, se demonstrou que a luz de uma estrela distante era deflectida pela presença do Sol, confirmando uma das previsões da teoria da relatividade e espalhando a fama de Albert Einstein pelo mundo.

Ainda hoje se tentam comprovar experimentalmente outros aspectos desta teoria. Um dos projectos em curso, o LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory), usa dois interferómetros nos Estados Unidos da América para tentar medir as ondas resultantes da aceleração de massas no espaço-tempo, previstas pela teoria Geral da Relatividade - as ondas gravitacionais. A sua detecção é feita com pares perpendiculares de raios laser situados nas instalações. Quando a onda gravitacional passa por cada instalação pode alterar, em quantidades minúsculas, o comprimento da trajectória que os feixes laser seguem. Se isso for efectivamente medido, está provada a existência dessas ondas.

Os cientistas começam finalmente a dispôr da tecnologia adequada para estudar e comprovar a Teoria Geral da Relatividade, que a capacidade de um homem, sem sombra de dúvida Genial, conseguiu prever no início do século passado.

“SCIENCE  
RELIGION  
RELIGION  
SCIENCE



WITHOUT  
IS LAME,  
WITHOUT  
IS BLIND”

A. Einstein

## O Nobel de Física de 1921

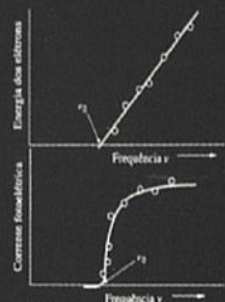
### Em busca da Teoria Unificada

Os últimos anos da vida de Einstein. Por volta de 1935, a teoria quantum-mecânica era mundialmente aceite. Esta teoria, que Einstein ajudou a criar, podia descrever todos os fenómenos físicos observados no quotidiano. As suas aplicações incluem o transistor, o laser, a química moderna, e mais. Entretanto, Einstein não acreditava que esta era a teoria definitiva, e passou o resto dos seus anos à procura de uma teoria mais completa e profunda. Morreu antes de conseguir isso.

Na teoria da relatividade de Einstein, a força da gravidade tornou-se uma expressão da geometria do espaço e do tempo. As outras forças da natureza, como o electromagnetismo, não foram descritas nestes termos. Para Einstein, o electromagnetismo e a gravidade poderiam ser explicados numa estrutura matemática mais profunda e complexa. A busca por esta explicação - por uma "teoria unificada" que uniria o electromagnetismo e gravidade, espaço e tempo - ocupou a maior parte da vida de Albert Einstein.

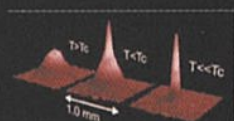
Esta busca continua: diversos modelos matemáticos têm surgido, tal como a teoria das supercordas, numa tentativa de unificar as interpretações para todas as forças da natureza.

Pedro Fortuna, Marcos Santos, física I, eng. química



### O efeito fotoelétrico

$$E = h\nu$$
$$h\nu = E_C + E_L$$
$$E_C = h\nu - E_L$$



Referências:  
www.dw-world.de  
www.qmcweb.org  
nobelprize.org



# O Nobel da Física de 1921

Amélia Cristina C. Alves, Teresa Cristina O. Ribeiro, física I, eng. química

Certo dia alguém perguntou a Einstein: "Onde se encontra o seu laboratório?" Ele respondeu "aqui". Este aqui significava uma simples caneta, uma mesa e um cérebro. Foi destes três elementos que ele precisou para revolucionar a física. Dos muitos trabalhos que realizou a um chamou-lhe de "muito revolucionário". Foi com este trabalho, em que explica o *efeito fotoeléctrico*, que Einstein ganhou o prémio Nobel da Física de 1921.

## O Efeito Fotoeléctrico

Em 1905, há precisamente 100 anos, Albert Einstein desenvolveu uma teoria muito simples e revolucionária para explicar o designado **efeito fotoeléctrico**, que tanto intrigava os físicos.

Sabia-se que uma dada quantidade de electrões é retirada de uma superfície metálica quando esta era atingida por um feixe de luz. Isto podia ser observado, por exemplo, se iluminássemos uma placa de zinco com luz violeta. A radiação atingia a placa conseguindo arrancar os electrões da sua superfície, e esta ficava carregada positivamente.

Einstein explica este efeito supondo a luz quantificada, ou seja, composta por pacotes discretos de energia, como se *côr*) da radiação, e pode ser calculada através da expressão:

$$E = h \cdot f$$

onde  $h = 6.63 \times 10^{-34}$  Js é a constante de Planck.

Para cada electrão que seja arrancado da placa, deve-se fornecer uma energia mínima ( $W$ ), chamada "função trabalho", que depende do metal. Se a energia da luz incidente for maior que a  $E_{\text{min}}$  ( $W$ ), o fotoelectrão é extraído da placa e adquire energia cinética.

A equação que traduz esse balanço energético é denominada equação fotoeléctrica de Einstein e pode ser escrita como:

$$E_c = E_{\text{radiação incidente}} - W$$

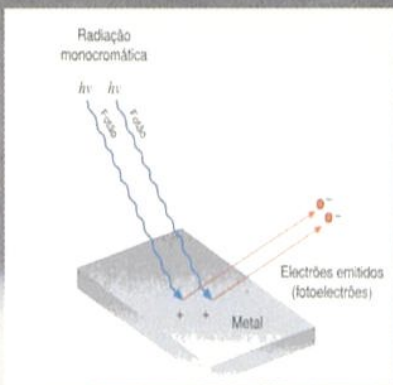
### Qual a opinião do suecos a entrega do prémio Nobel a Einstein?

Einstein tem contribuições em quase todas as áreas da física. No entanto, e sem qualquer dúvida, a sua contribuição mais importante foram as teorias da Relatividade Restrita e Geral. Contudo, o comité Nobel da Academia Real de Ciências da Suécia, ao escolher o vencedor de 1921 na área da física, deu mais importância ao seu trabalho sobre o efeito fotoeléctrico.

Este prémio foi-lhe concedido pelas suas contribuições à física, mas especialmente pela descoberta da lei do efeito fotoeléctrico.

Um dia Einstein escreveu: "A natureza não esconde os seus segredos por malícia, mas pela sua própria altivez..."

Uma verdadeira mente brilhante, Albert Einstein morreu há 50 anos mas o seu génio continua vivo.



Efeito fotoeléctrico

# Annus Mirabilis

Fátima Isabel O. Ribeiro, Márcia Patrícia C. Silva, física I,  
eng. química

- 1905 é considerado um ano maravilhoso para a Ciência. É designado de "Annus Mirabilis", e tem como protagonista o físico Albert Einstein.
- Annus Mirabilis significa, para a História da Ciência, um ano de intensa criação e produção científica de um determinado cientista.
- Albert Einstein, nesse famoso ano, publicou a sua tese de doutoramento e quatro artigos científicos que ficariam para sempre na História da Física.

Em 17 de Março envia um trabalho para publicação, intitulado "Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz".

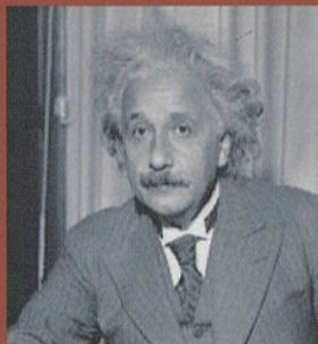
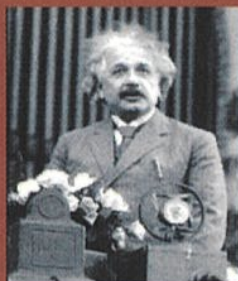
Einstein propôs que a luz fosse composta por fotões, que se comportavam alternadamente como onda ou partícula. Torna-se um dos pais da Teoria Quântica explicando o Efeito Fotoelétrico.

A 30 de Junho submete para publicação outro trabalho que falava "Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento".

Aqui lançava as bases da sua Teoria da Relatividade Especial.

Os conceitos de espaço e tempo passaram a estar definitivamente ligados.

A 30 de Abril termina a sua tese de doutoramento, "Uma nova determinação de dimensões moleculares".



A 11 de Maio envia uma teoria sobre o movimento Browniano – "Sobre o movimento de partículas suspensas em líquidos em repouso, como postulado pela teoria cinético-molecular do calor".

Diz-se que Einstein teve um momento de inspiração, ao ver que o açúcar se dissolvia no chá, ficando o líquido mais viscoso...

Einstein, publicou o seu último trabalho, a 27 de Setembro, "A inércia de um corpo depende do respectivo conteúdo energético?".

Nele afirmava que massa e energia eram intermutáveis e estavam relacionadas através da seguinte fórmula:

$$E = mc^2$$

Com a morte de Einstein, em 1955, morreu também a visão de um cientista solitário capaz de modificar a visão do mundo em que vivemos.

Hoje, um século depois de 1905, a Física enfrenta novos desafios...



Referências:  
[www.sapo.pt](http://www.sapo.pt) [www.google.pt](http://www.google.pt)  
[www.alberteinstein.info](http://www.alberteinstein.info) [www.albert-einstein.org](http://www.albert-einstein.org)  
[www.fisica.ufc.br](http://www.fisica.ufc.br) [www.esa.int](http://www.esa.int)  
Revista Super Interessante, n.º 85  
fisc@web - conteúdos

# Albert Einstein

## O legado Nobel

Ana Eduarda S. Oliveira, Ana Catarina M. Baptista, física I, eng. química

Albert Einstein (1879-1955) é considerado justamente um dos maiores cientistas de todos os tempos. As suas teorias transformaram o nosso entendimento sobre o universo físico, o espaço, o tempo e o movimento. Nasceu em Ulm, na Alemanha. Formou-se em Física no Instituto Politécnico de Zurique (1900). Empregou-se como perito técnico na Repartição de Patentes de Berna, aproveitando os tempos livres para se dedicar às suas pesquisas.

Aos 26 anos (1905), escreveu cinco textos que entregou para publicação no "Annalen der Physik", a mais importante publicação científica da Alemanha. Estes artigos constituíram uma autêntica revolução para a compreensão do mundo físico:

1. "Sobre um Ponto de Vista Heurístico concernente à Geração e Transformação da Luz". Sustenta, entre outras coisas, que a luz é formada por pequenas partículas (fótons) de energia.
2. "Uma nova determinação das dimensões moleculares". Descreve um processo para medir o tamanho dos átomos e moléculas através da viscosidade de um líquido (tese de doutoramento).
3. "Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor". Explica o movimento ininterrupto e aleatório que se observa ao microscópio quando pequenas partículas são mergulhadas num líquido. Prova a existência de moléculas.
4. "Sobre a electrodinâmica de corpos em movimento" - Teoria da Relatividade Restrita. Formula de uma forma definitiva uma teoria em que a velocidade da luz é fixa e inultrapassável. À medida que os objectos se aproximam desta velocidade encolhem, a sua massa aumenta e o tempo abranda.
5. "A inércia de um corpo depende do respectivo conteúdo energético?". Adenda à Teoria da Relatividade. Formula a célebre equivalência entre massa e energia:  $E=mc^2$ . Esta lei sobre a transformação da matéria em energia abria uma inesperada possibilidade: a produção de energia em grandes quantidades pela aniquilação de matéria, o que veio depois a ser concretizado na produção de energia nuclear.

O impacto das suas teorias na comunidade científica não é imediato, leva ainda alguns anos. Apenas em 1909 é nomeado professor de Física Teórica na Universidade de Zurique. Entre 1911 e 1912, ocupa um cadeira idêntica na Universidade de Praga. Exercendo depois, entre 1913 e 1933, a direcção do Instituto de Física em Berlim.

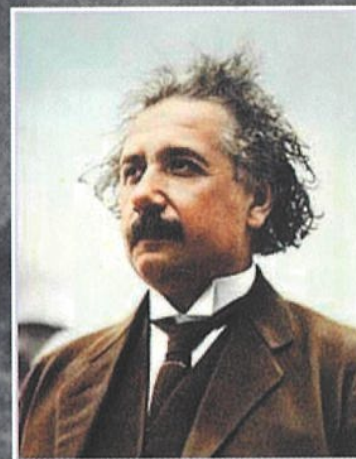
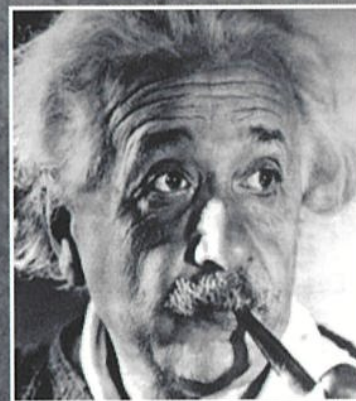
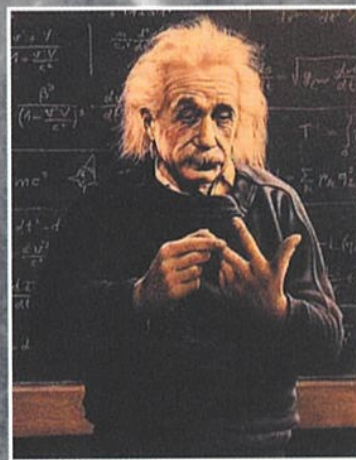
Em 1915 apresenta a sua Teoria da Relatividade Geral, onde avança para uma nova concepção do universo, baseada em 4 dimensões: as 3 espaciais e o tempo. Quatro. Dedica-se em seguida à elaboração da teoria do Campo Unificado, na tentativa de agrupar os fenómenos electromagnéticos e gravitacionais.

Em 1919 os astrónomos A. Eddington e A. C. Crommelin confirmam a teoria de Einstein observando o eclipse solar de 29 de Maio. O primeiro na ilha do Príncipe (antiga colónia de Portugal) e o segundo a norte do Brasil, em Sobral. Dois anos depois recebe o Prémio Nobel da Física pela sua obra no domínio da física teórica e pela sua explicação do efeito fotoeléctrico.

Como aconteceu a milhões de judeus, a sua vida corria cada vez mais perigo, devido à ascensão do nazismo na Alemanha. Em 1933 acaba por decidir estabelecer-se nos EUA, naturalizando-se americano e passando a trabalhar no Instituto de Matemática da Universidade de Princeton, onde ficará até ao fim da vida. Após a sua partida os nazis confiscaram os seus bens e os seus escritos sobre a relatividade foram queimados na Praça da Ópera, em Berlim.

Receando que os nazis se servissem da descoberta da fissão do urânio para fabricarem uma bomba atómica, em 1939, escreve ao Presidente dos EUA. Este aproveita a ideia e avança com a produção das bombas que irão arrasar Hiroshima e Nagasaki.

As teorias de Einstein, ainda que nem sempre compreendidas nos seus fundamentos matemáticos, acabaram por provocar uma profunda mudança na concepção do mundo físico, da realidade e da verdade.



# 1905 - O annus mirabilis de

Albert Einstein Albert Einstein Albert Einstein Albert Einstein  
Albert Einstein Albert Einstein Albert Einstein Albert Einstein

David Emanuel dos Santos Tavares, física I, eng. química

## 17 de Março de 1905

### "Sobre um Ponto de Vista Heurístico Concernente à Geração e Transformação de luz"

Este artigo, publicado na revista *Annalen der Physik* 17, refere uma nova forma de entender e interpretar a luz. A luz é considerada como sendo formada por "partículas de energia" independentes, discretas, oscilantes e com energia equivalente à frequência da oscilação. O que era antes considerado como "quantum" passa agora a ser denominado por "Fotão". Esta teoria foi considerada a única capaz de explicar o Efeito Fotoeléctrico, tal como era observado experimentalmente.



## 30 de Abril de 1905

### "Uma Nova Determinação das Dimensões Moleculares"

Esta foi a tese de doutoramento apresentada à Universidade de Zurich, onde se estabelece por definitivo a existência de moléculas. Esta tese viria a ser publicada igualmente nos *Annalen der Physik* 19, pp.289-305, já em 1906.

## 11 de Maio de 1905

### "Sobre o Movimento de Partículas Suspensas em Fluidos em Repouso, como Postulado pela Teoria Molecular do Calor"

Neste artigo encontramos uma expressão para o movimento das moléculas do fluido (movimento Browniano) que serve para determinar o Número de Avogadro. Através da consideração dos factores que influenciavam o dito movimento aleatório, Albert Einstein conseguiu demonstrar uma equação para o coeficiente de difusão, que envolvia o Número de Avogadro.

## 30 de Junho de 1905

### "Sobre a Electrodinâmica de Corpos em Movimento"

Aqui é possível encontrar uma aplicação da Teoria da Relatividade a todos os fenómenos, até mesmo na luz, aplicação essa chamada de "Teoria Especial da Relatividade". Considera-se o tempo não como absoluto, mas como relativo – é a primeira vez na história que se questiona o conceito de tempo.

## 27 de Setembro de 1905

### "A Inércia de um Corpo Depende do Respectivo Conteúdo Energético?"

Este artigo, cujo desenvolvimento é uma resposta directa à pergunta tida como título, serve como que um post-scriptum ao artigo onde se defende a Teoria da Relatividade e onde se deduz a famosa equação  $E=mc^2$ .

#### Referências:

•www.wikipedia.org  
•www.fis.uc.pt/pt/varia/anomundiaifisica  
•cosmo.fis.fc.ul.pt/~crawford/



# Albert Einstein

Ricardo Manuel N. Poças, Pedro Miguel R. Martins, física I, eng. química

Albert Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha a 14 de Março de 1879. Iniciou os seus estudos em Munique, tendo em 1896 ido para a *Swiss Federal Polytechnic School* em Zurique. Em 1901, ano da sua formação como professor de física e matemática, adquire a cidadania suíça mas, ao não conseguir emprego como professor aceita um cargo de assistente técnico na Repartição de Patentes de Berna. Einstein obteve o doutoramento em 1905.

Durante a sua estadia na Repartição de Patentes, Einstein produziu muito do seu notável trabalho e em 1908 foi nomeado *Privatdozent* em Berna. Em 1911 tornou-se professor de física teórica em Praga, regressando no ano seguinte a Zurique para um cargo similar. Em 1914 é apontado como director do *Kaiser Wilhelm Physical Institute* e torna-se professor na Universidade de Berlim.

Permanece em Berlim até 1933, ano em que emigra para os Estados Unidos para ser professor de física em Princeton.

Obteve a cidadania Americana em 1940 e retirou-se do cargo de Princeton em 1945.

Após a II Guerra Mundial foi-lhe oferecida a presidência do estado de Israel, que ele recusou, e colaborou na fundação da Universidade hebraica de Jerusalém.

Como principais trabalhos científicos destacam-se a "Special Theory of Relativity" (1905), "Relativity" (1920 e 1950), "General Theory of Relativity" (1906), "Investigations on Theory of Brownian Movement" (1926) e "The Evolution of Physics" (1938).

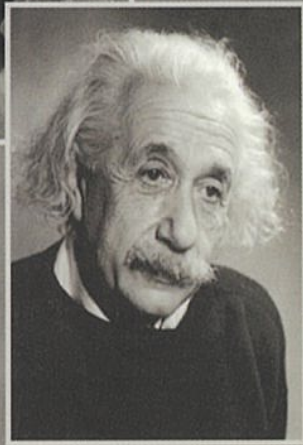
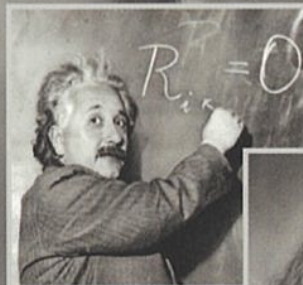
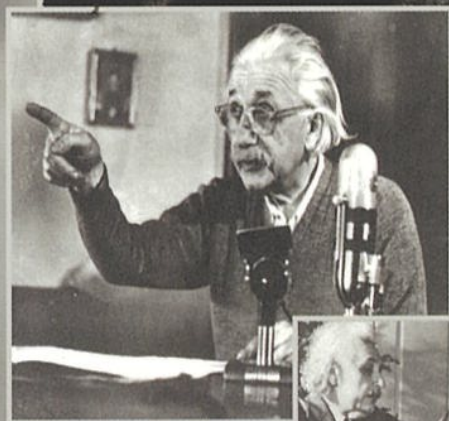
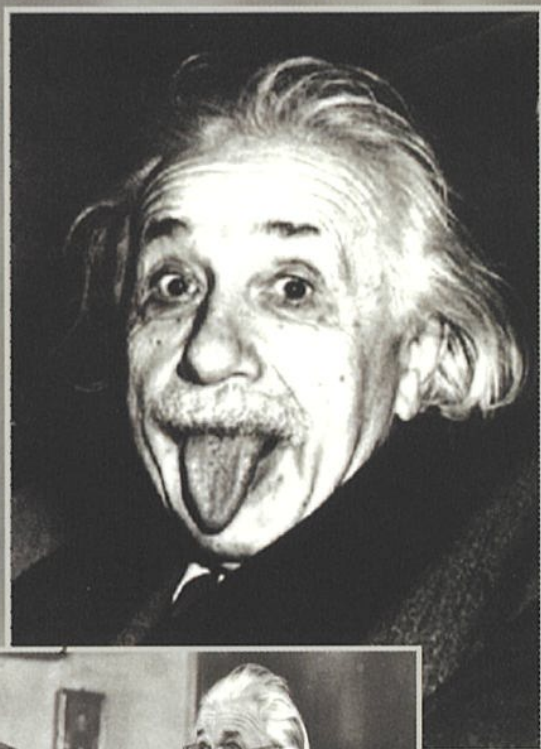
Einstein também publicou trabalhos não científicos como "About Zionism" (1930), "Why War?" (1933), "My Philosophy" (1934) e "Out of My Later Years" (1950).

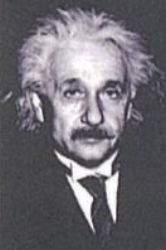
Einstein recebeu doutoramentos honorários em ciência, medicina e filosofia de várias universidades europeias e americanas.

Ganhou várias distinções como a medalha Copley da *Royal Society of London* (1925) e a medalha Franklin do *Franklin Institute* (1935).

Fora da ciência, casou com Mileva Marić em 1903, tendo tido 3 filhos, e divorciou-se em 1919 para casar com a sua prima Elsa.

Einstein faleceu a 18 de Abril de 1955 em Princeton, Nova Jersey.





# os Sonhos de Einstein



João Pedro de Oliveira Santos, física I, eng. química

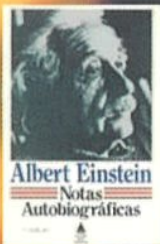
## Letras

"Há duas coisas infinitas: o universo e a tolice dos homens".

São frases como estas e vários livros editados que tornam Einstein um homem também do mundo das letras. Já desde pequeno que se correspondia consigo próprio, escrevia cartas soltas, desabaços, teorias...

Escreveu vários livros, tanto sobre as suas teoria e ideais, como autobiográfias. Reflectia sobre pensamentos e assim criava frases célebres e muito actuais, tal como:

"O senso comum é uma colecção de preconceitos adquiridos aos 18 anos"



## ciência

O sopro da ciência invadiu os seus pulmões aos 5 anos, quando o seu pai lhe mostrou uma bússola. Pensou

"Ter sentido que por trás das coisas tinha de existir algo muito bem escondido a explicá-las".

A partir desse dia, o rumo da sua vida foi a ciência. Deixando muitos sonhos para trás, investiu no estudo da matemática e da física.

# A busca pelo sonho...

A unificação das forças foi o verdadeiro sonho de Einstein, que começou a sua busca no ano 1920... até à morte.

Einstein forneceu a solução para o primeiro conflito entre o paradoxo das teorias de Maxwell e Newton, com a **Relatividade Especial**. Surge o seguinte conflito, com a incompatibilidade entre a Gravidade Newtoniana e a sua própria solução. Responde em 1915 com a **Relatividade Geral**. Surgiu o terceiro conflito quando se tentou fundir a teoria da Relatividade com a Mecânica Quântica, juntamente com as teorias parciais restantes, tal como a Gravidade. Einstein não viveu tempo suficiente para poder solucionar este problema. Trata-se do sonho da unificação de todas as forças, a teoria da **Unificação Geral da Física**.

Continuam a efectuar-se até hoje estudos na busca deste sonho. Existem actualmente quatro teorias principais:

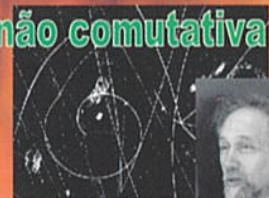


Gabriele Veneziano (I)

## Teoria das cordas



## Teoria da geometria não comutativa



Alain Connes (F)

## Teoria das cadeias



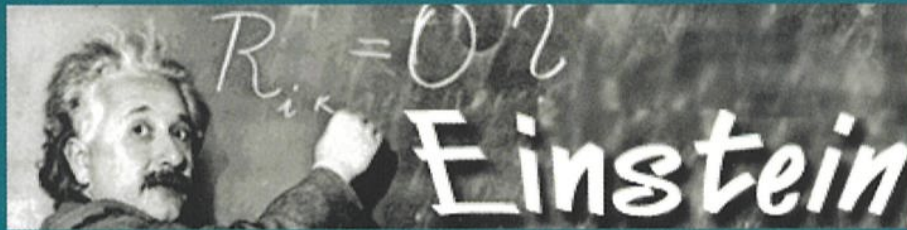
Lee Smolin (USA), Carlo Rovelli (I)

## Relatividade de escala



Referências:

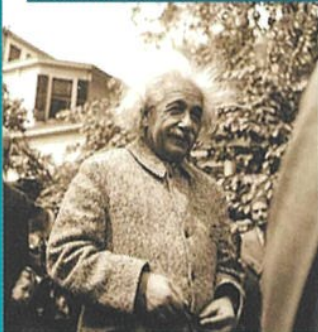
realizado no âmbito do projecto fisic@web - Anos Mirabilis de Einstein, celebrando o centenário do Anos Mirabilis de Einstein



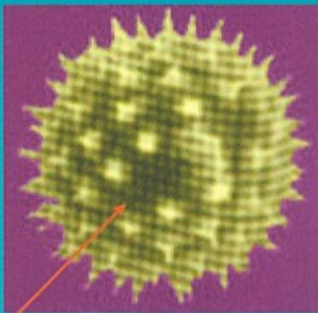
# A Teoria do Movimento Browniano

Sandra Cláudia S. Capela, Sandra Raquel A. P. Marques, física I, eng. química

Entre 1600 e 1900, a física sofreu um grande desenvolvimento. A mecânica clássica que surgiu com Galileu e foi desenvolvida por Newton, estava plenamente estabelecida. Iniciava-se a era da rádio com as experiências com o "Telégrafo sem fio". Estava também estabelecida a termodinâmica com a identificação do calor como forma de energia. Abria-se caminho para projectos científicos. A teoria cinética dos gases e as ideias da mecânica estatística descreviam as propriedades dos gases, baseadas na hipótese de que um gás se comportava como se fosse constituído por partículas, os **hipotéticos** átomos e moléculas. Átomos e moléculas que não estava provado existirem sequer.



Em 1827, **Robert Brown**, um biólogo escocês, reparou que quando observava ao microscópio grãos de pólen em água, esses grãos ziguezagueavam em todas as direcções. Robert Brown baptizou este ziguezague como "Movimento Browniano". Começava aqui a primeira pista para a prova da existência de átomos e moléculas. Pista em que ninguém ainda tinha reparado...



Grão de pólen

**Einstein** imaginou que o ziguezague dos grãos de pólen no "Movimento Browniano" se devia às moléculas de água, que atingiam os pequenos grãos de pólen - estes eram visíveis enquanto as moléculas de água não.

Estudou então o movimento que uma partícula imersa num líquido deveria ter, supondo que as moléculas do líquido, de forma semelhante às de um gás, chocariam com a partícula empurrando-a ao acaso em todas as direcções. Se a partícula fosse suficientemente grande para ser visível ao microscópio e suficientemente pequena para sofrer deslocamentos observáveis, tornar-se-ia possível determinar directamente a Energia Cinética média de uma molécula.

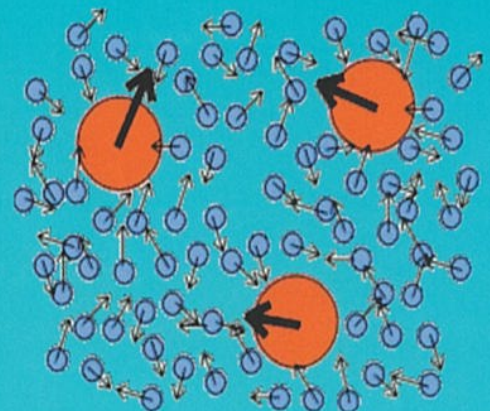
As conclusões de Einstein previam como o deslocamento da partícula deveria ocorrer durante um certo tempo de observação. Einstein foi muito incisivo dizendo que se o movimento não fosse observado isto seria um argumento muito forte contra a teoria cinética do calor. A comprovação experimental dos resultados previstos por Einstein foi considerada na época como uma forte evidência para a "realidade" das moléculas, provando a teoria cinética do calor. Este foi o segundo trabalho publicado em 1905 por Einstein, no seu Annus Mirabilis.

**Jean Perrin** foi o físico francês que provou experimentalmente a existência dos átomos.

Começou a estudar o "Movimento Browniano", de acordo com a teoria de Einstein, realizando experiências. Começou por tentar obter uma suspensão de partículas que fossem de tamanhos semelhantes.

Microscopicamente, Perrin mostrou que as partículas dispersas em água, em concentrações diferentes, se comportavam da mesma maneira que as moléculas de gás da atmosfera terrestre.

Não havendo possibilidade de contestação dos resultados de Perrin e combinados com a teoria de Einstein, tornou-se oficial que os átomos eram reais.



# Teoria da relatividade

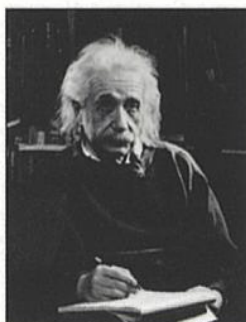
Ana Sofia da Silva Sousa, física I, eng. química

Albert Einstein foi o físico que formulou as teorias da relatividade restrita e geral, que revolucionaram o nosso entendimento da matéria, do espaço e do tempo. A confirmação da teoria Geral da Relatividade, a partir do estudo do eclipse solar de 1919, tornou-o célebre mundialmente.

Esta teoria baseia-se em dois postulados fundamentais:

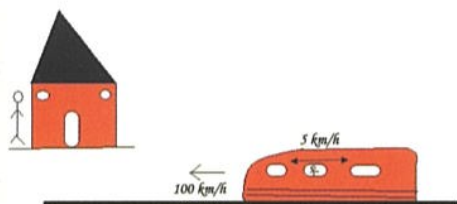
- As leis da física são as mesmas para todos os observadores que se movem uns em relação aos outros com velocidade constante e segundo uma linha recta (movimento uniforme).

- Todos os observadores medem o mesmo valor para a velocidade da luz quer esta tenha sido emitida por um corpo em repouso ou por um corpo em movimento uniforme.



Segundo Einstein, o espaço e o tempo são relativos. O mesmo acontece com a massa, que varia com o movimento e é equivalente à energia. Isto levou-o a considerar que a massa depende do próprio valor da velocidade a que o corpo se desloca; no entanto, para corpos em movimento a velocidades pequenas, os valores da massa em repouso e movimento são praticamente iguais. Contudo, é necessário ter em conta o aumento de massa para partículas de pequena massa em repouso – caso das partículas sub-atómicas –, quando estas se movem a grandes velocidades.

## Movimento relativo:



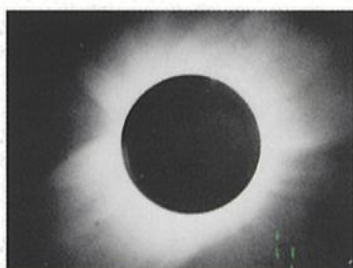
Se um observador parado na plataforma de uma estação de caminho de ferro vê passar um comboio a 100 km/h, e no comboio há um passageiro a deslocar-se a uma velocidade de 5 km/h em relação ao comboio, então a velocidade relativa entre o passageiro e o observador da plataforma é de 105 km/h ou de 95 km/h, consoante o passageiro se afasta ou se aproxima da estação.

## A equação $E=mc^2$

- Quando variamos a energia de uma partícula, a sua massa também varia.
- Por exemplo, ao aquecer uma panela de sopa, conseguimos fornecer-lhe cerca de  $10^5$  joules de energia;
- Isso significa que aumentamos a massa da sopa em  $1 \times 10^{-12} \text{ kg} = 1 \times 10^{-9} \text{ g}$  – cerca de um bilionésimo de grama! Apesar desse aumento não ser perceptível...



## A Relatividade e o Eclipse de 1919



O facto da gravidade afectar a trajetória da luz no espaço-tempo, permitia prever que o Sol desviaria a luz que passava por ele proveniente das estrelas, alterando a posição aparente das mesmas. Isso seria visível durante um eclipse total do Sol.

Mesmo para as estrelas alinhadas com ele, a mudança da posição aparente é menor que um segundo de arco até atingir um certo ponto.

Em 1919 as medidas confirmaram a deflexão da luz na proximidade do Sol: Einstein previa 1,75 segundos de arco, na ilha de Príncipe mediu-se  $1,61 \pm 0,3$  e no Brasil  $1,98 \pm 0,12$ .

# Biografia de Einstein

Fernando O. G. Pereira, Ricardo N. Q. Alves, física I, eng. química



Hermann e Pauline Einstein

## A juventude

A história começa quando Hermann Einstein e Pauline Koch decidem unir os seus destinos sobre a égide do matrimónio. Desta união viria a nascer um dos maiores génios da Humanidade, Albert Einstein, a 14 de Março de 1879, na pequena cidade alemã de Ulm. Einstein era um bebé bem constituído mas o seu comportamento trouxe alguma ansiedade à família já que apenas começou a falar com três anos.

A sua infância e juventude foi muito atribulada devido a constantes mudanças de residência e pelas várias falências das empresas do pai.

O maior acontecimento emocional para Einstein foi o nascimento da sua irmã Maja, a 18 de Novembro de 1881.

O primeiro impulso que Einstein teve para a investigação foi no dia em que o seu pai lhe ofereceu uma bússola que o fez suspeitar que por detrás dos objectos existem leis ocultas à espera de serem compreendidas.



Albert Einstein

Quando Einstein entra na escola pública adapta-se rapidamente. Apesar de ser um aluno lento era persistente e trabalhador.

A sua preferência recaía sobre jogos que requeriam paciência e tenacidade, e melhor se pudessem ser realizados individualmente. Além disso aprendeu a tocar violino com a mãe, um instrumento que o acompanhou ao longo da vida. Aos sete anos demonstrou o teorema de Pitágoras, para surpresa da família.

## Vida escolar

Albert tornou-se um aluno brilhante em matemática e ciências naturais mas tinha dificuldades em disciplinas que exigiam memória, como geografia e história. Foi então, aos quinze anos, que Albert Einstein decidiu ser físico, resolvendo ir estudar para Aarau para concluir o ensino secundário e assim conseguir realizar um grande desejo que era estudar matemática e física na Escola Politécnica Federal (ETH) de Zurique, na Suíça. Para sua surpresa e desgosto, a escola politécnica não correspondeu às expectativas,

porque enquanto em Aarau as aulas se desenvolviam em estimulantes discussões, na ETH os professores limitavam-se a ler livros inteiros. Em 1902, em Berna, Albert cria a Academia Olímpica com membros recém licenciados. As discussões dessa academia centravam-se nas temáticas de ciências, filosofia e política. Aqui se deu o ponto de partida para a Teoria da Relatividade.



## O casamento

Em 1896, Einstein conhece Mileva Marić, que também estudava na ETH, e mais tarde viriam a casar-se em Janeiro de 1903. Um ano depois nasce o primeiro filho, Hans Albert. O segundo filho, Eduard, nasce em 1910, quando são evidentes os sinais de desgaste do casamento devido ao pouco tempo que Einstein passava com a família.

Em 1919, depois de Albert estar separado da família há alguns anos, acontece o divórcio do casal, depois de viverem mais de uma década de paixão, que teve um final tão trágico como vulgar.



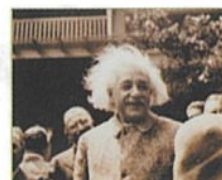
Mileva e Albert



Eduard, Mileva e Hans

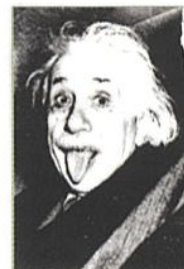
## Vida científica

Depois de concluído o seu curso em 1900, Einstein tenta desesperadamente arranjar emprego. Acaba por ficar a trabalhar durante algum tempo na Universidade de Zurique para tentar obter um doutoramento que acaba por ser chumbado. Tenta novamente apresentando outra tese sobre capilaridade acabando esta por ser também rejeitada. Einstein publica o seu primeiro artigo científico em 1901 sobre as consequências do efeito da capilaridade, continuando nesta linha de trabalho até 1905. Nesse ano surgem os magníficos trabalhos, para muitos, o *Annus Mirabilis* da sua vida científica. A partir daqui realça-se o artigo sobre o Princípio da Relatividade Geral em 1907, que teve uma enorme repercussão tanto no meio científico como público, e o artigo sobre o efeito da gravidade na propagação da luz em 1911. Este último foi comprovado por cientistas aquando do eclipse solar de 1919. A teoria da gravidade teve uma enorme importância, a ponto de J. J. Thomsom, prémio Nobel da física, proferir que esta teoria era dos maiores feitos do pensamento humano. Embora importante, a teoria era perceptível apenas por poucos físicos. Em 1921 Einstein vê o seu trabalho reconhecido após receber o Prémio Nobel da Física. Depois da Relatividade Geral Einstein investe em grande sucesso numa nova área de trabalho. Trata-se da teoria do Campo Unificado. Este tema vai ocupá-lo o resto da vida conjuntamente com a tentativa de encontrar uma alternativa à teoria Quântica. No final, decepcionado pelos sucessivos insucessos escreve a um amigo admitindo que poderá não restar nada da sua obra, incluindo a teoria da gravidade.



## Perseguições políticas

Devido à sua posição pacifista, no início da 1.ª Guerra Mundial, Einstein enfrenta represálias políticas quer verbais quer traduzidas em actos de vandalismo. Depois da eleição de Hitler para o cargo de Chanceler, a perseguição a Einstein atinge níveis insuportáveis. Após uma visita a várias instituições americanas este é desaconselhado a voltar para a Alemanha. Einstein passa então a viver episódios dramáticos: viu um apartamento e uma casa de campo seus serem revistados pelas tropas alemãs. Em nenhum dos casos foi encontrado nada de suspeito. Tais acontecimentos foram previstos por Einstein, mudando de residência para Princeton, New York. Aí permanece a trabalhar no Instituto de Estudos Avançados até à sua morte.

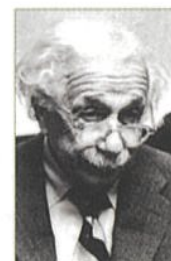


Campanha contra a bomba atómica

## A bomba atómica

Diz-se que Einstein terá sido o pai da bomba atómica mas ele não tinha vislumbre de querer desenvolver qualquer tecnologia associada à energia nuclear ou sequer da sua possibilidade. No dia em que Einstein completa sessenta anos, dá uma entrevista na qual declara não acreditar que fosse possível fabricar uma bomba atómica. Mas nesse mesmo ano, depois de ler uns comentários sobre fissão nuclear, fica convencido de que os alemães poderiam fabricar uma bomba nuclear.

Para evitar esta tragédia, Einstein envia cartas ao presidente Roosevelt alertando-o para a possibilidade do fabrico de uma bomba e dos seus perigos. Mas o Presidente não se mostrou por ele influenciado. Após a largada das bombas de Hiroshima e Nagasaki, Einstein lança-se numa campanha pública contra a bomba atómica, mas que acaba sem sucesso.



## O fim

Há cinquenta anos atrás, em 18 de Abril de 1955, morre Albert Einstein, que deixa pra trás uma vida dedicada inteiramente à Física, na procura de teorias para explicar os seus mistérios.

# A RELATIVIDADE DE EINSTEIN EM DISPARATES

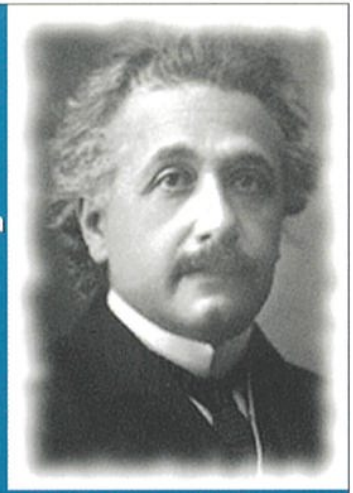
Diana Paula C. A. Machado, Tânia Filomena C. Valente, física I, eng. química

A teoria da Relatividade Geral de Einstein veio suplantar a teoria de gravitação de Newton, formulada 250 anos antes.

Objectivo: modelizar a perturbação causada pela presença de um corpo massivo sobre o movimento de outros corpos na sua vizinhança.

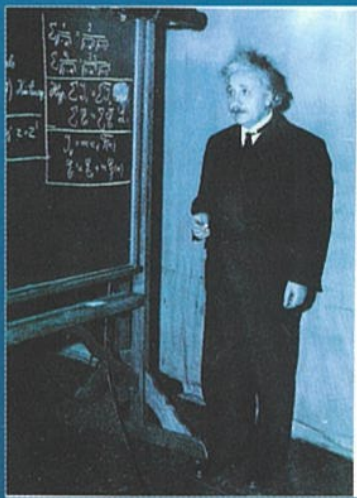
A teoria de Newton permite calcular com boa precisão a queda de maçãs, o movimento da Lua ou a trajectória de projectéis. Falha se quisermos calcular a posição de mercúrio, o desvio da luz na proximidade do Sol ou a localização de um ponto na Terra em função das suas coordenadas GPS.\*

Para isso é necessário integrar as correcções Relativistas de Einstein.



"Alguém que eu nunca tenha cometido um erro é porque nunca tentou nada de novo."

Albert Einstein (1879-1955)



Mas esta teoria é bem mais complexa e de difícil apreensão: não que seja mais difícil em termos matemáticos, mas porque confere à gravidade um significado estranho.

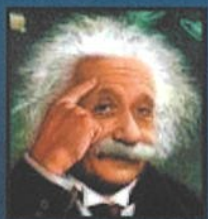
Não se trata mais de uma acção que se propaga através do espaço e do tempo; é um fenómeno inerente à própria estrutura do espaço-tempo.

Uma "maçã de Newton" cria em torno dela um campo gravítico que atrai as outras massas.

Uma "maçã de Einstein" deforma directamente a estrutura do espaço e o escoamento do tempo, criando uma zona de depressão espaço-temporal...

Esta concepção/representação não é evidente...

A dificuldade em divulgar/explicar as implicações de uma teoria como a de Einstein, já com um século de existência, dá origem a textos no mínimo duvidosos!



*(...) Verificou-se que os métodos de investigação na Ciência são extremamente criteriosos e portanto praticamente infalíveis. Logo, qualquer tentativa de encontrar erros na análise matemática, nos resultados experimentais e observacionais de uma teoria seria em vão.*

*Na verdade, se existirem erros na Física, estarão nas interpretações dos resultados.*

*Na Relatividade, criou-se uma grande discussão por parte de alguns físicos, pois não aceitavam a teoria. Durante aproximadamente um século, esses físicos procuraram sem sucesso uma falha na teoria da Relatividade, mas acontece que eles investiram na direcção errada, isto é, na tentativa de encontrar erros nos resultados experimentais, observacionais e matemáticos.*

*Tanto é verdade que, até hoje, os físicos continuam a fazer observações e experiências com o propósito de detectar ou não erros na teoria de Einstein.*

*Os físicos poderiam ter chegado à fórmula do tempo expressa na Relatividade, usando apenas um único relógio ao invés de dois como fez Einstein. Com isso, eles provariam que a matemática está correcta, eliminando ao mesmo tempo o absurdo da dilatação do tempo e consequentemente a contração do espaço (...).*

*Em suma, considerou-se o movimento de uma fonte de luz no espaço absoluto de onde a velocidade da luz sofre variação com o movimento da fonte. Contudo, no referencial da fonte, a luz continua constante, estando nesse caso, a Relatividade correcta até certo ponto. Assim tanto Newton, com a ideia de espaço absoluto, quanto Einstein contribuem com parcelas da verdade (...).*

*(...) Na sua teoria Geral da Relatividade, Einstein postulou que a velocidade da gravidade era igual à velocidade da luz, isto é, cerca de 300.000 km/s (no vácuo). Nos EUA, Kopeikin assegurou que a velocidade da gravidade é de 1,06 vezes a velocidade da luz, isto é, cerca de 480.000 km/s.*

*Ocorreu uma investigação que consistiu em medir com precisão a distância angular que separa os quasars, astros de aspecto estelar de grande luminosidade e situados em galáxias distantes. Para isso, os astrónomos aproveitaram um alinhamento visual excepcional em 8 de Setembro entre o planeta Júpiter e um destes quasars. A hipótese formulada pelos investigadores era de que a gravidade de Júpiter se deveria a uma distância mínima em relação a estes quasars. Este deslocamento observado na forma de uma mínima deformação das ondas de rádio emitidas pelo quasar, dependia da velocidade de propagação da força da gravidade. Devido à falta de instrumentos de observação suficientemente sensíveis, ninguém ainda tinha conseguido comprovar a teoria de Einstein sobre a velocidade de propagação da gravidade. Para fazer esta descoberta, a equipa de astrónomos recorreu à radiointerferometria, que combina diversos radiotelescópios sobre uma vasta distância para obter uma imagem em conjunto (...).*



# HÁ 100 ANOS ATRÁS...



**Sara Alexandra Lima Romão, física I, eng. química**

Aos 26 anos, o físico *Albert Einstein* publica numa prestigiada revista científica alemã a *Teoria da Relatividade Restrita* e utiliza a sua famosa equação:  $E = mc^2$ .

*Berna (Suíça), meados de Maio de 1905:*

*Após uma noite de reflexões intensas, um perito técnico de 3.ª classe da Repartição de Registo de Patentes, que mal completara 26 anos, agradece a seu amigo Michele Besso (1873-1955): "Obrigado! Resolvi completamente o problema. Uma análise do conceito de tempo é a solução."*

*No dia anterior, Albert Einstein (1879-1955) tinha discutido com Besso cada detalhe de uma questão que o perseguia há tempos. Seis semanas depois, enviaria um manuscrito para a prestigiosa revista *Annalen der Physik*, estabelecendo a teoria da Relatividade Especial e unificando duas áreas da física: a mecânica e a electrodinâmica.*

*Em Setembro, como consequência da nova teoria, deduziu a expressão  $E = mc^2$ .*

*Com essa fórmula - talvez a mais famosa da ciência - fundiu as leis da conservação da massa e da energia.*

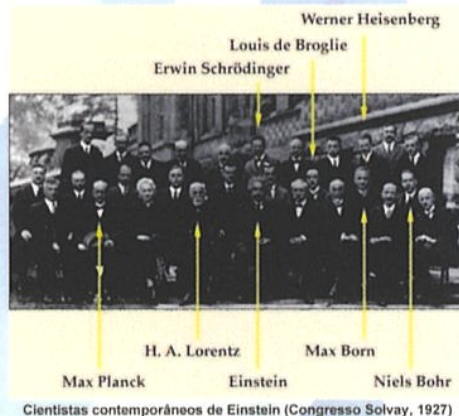
*Meses antes, em Março, havia proposto uma hipótese radical, que levaria quase duas décadas para ser aceite: a luz exhibe um comportamento corpuscular, ou seja, granular.*



Einstein por volta de 1905, no escritório de patentes em Berna (Suíça)



Albert Einstein contribuiu decisivamente para o desenvolvimento da teoria do mundo microscópico (a chamada Mecânica Quântica). O resultado disso foi uma nova compreensão da natureza.



Gráficos de densidade de probabilidade de algumas orbitais atómicas do hidrogénio, segundo teoria actual da física quântica. A densidade dos pontos representa a probabilidade de encontrar electrões nessa região. (1993 University Science Books, "Quantum Chemistry", by Donald A. McQuarrie)

Apesar de séculos e séculos de investigações, o magnetismo só foi compreendido a nível microscópico na primeira metade do século XX, com o advento da *Física Quântica*.

Em 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) propôs a hipótese dos *quanta* de energia: na natureza, a energia é gerada e absorvida em diminutos pacotes – os *quanta* – e não como um fluxo contínuo, como se imaginava até então.

Esta ideia levou ao desenvolvimento da chamada física quântica – *teoria para os fenómenos do universo diminuto das entidades atómicas e moleculares*.

Contribuíram para o desenvolvimento desta teoria os trabalhos do físico alemão Albert Einstein (1879-1955), do dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), do alemão Werner Heisenberg (1901-1976), e do britânico Paul Dirac (1902-1984), entre outros.

## Curiosidades!

**1901**

Pela primeira vez realiza-se a entrega do Prémio Nobel: Física, Química, Fisiologia ou Medicina, Literatura e Paz.

No EUA, começam a ser comercializados pela empresa Gillette, os primeiros aparelhos de barbear com lâminas recarregáveis.

O italiano Marconi realiza a 1.ª transmissão telegráfica transatlântica (sem fios), entre a Inglaterra e EUA.

Segurança nas transfusões. Surge a classificação dos tipos sanguíneos (A, B e O).

**1902**

O norte-americano Americus F. Callahan patenteia o envelope.

**1904**

Nos EUA, uma mulher é presa por fumar na rua.

É criada a FIFA, Fédération Internationale de Football Association.

**1905**

Surge a aspirina.

A moda feminina, na época:



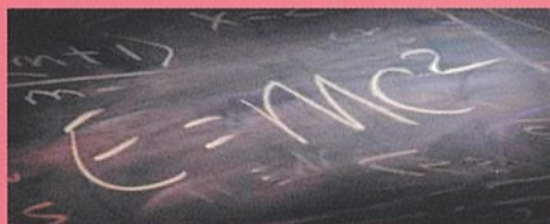
**1909**

Nos EUA, a General Electric, apresenta a primeira torradeira eléctrica.

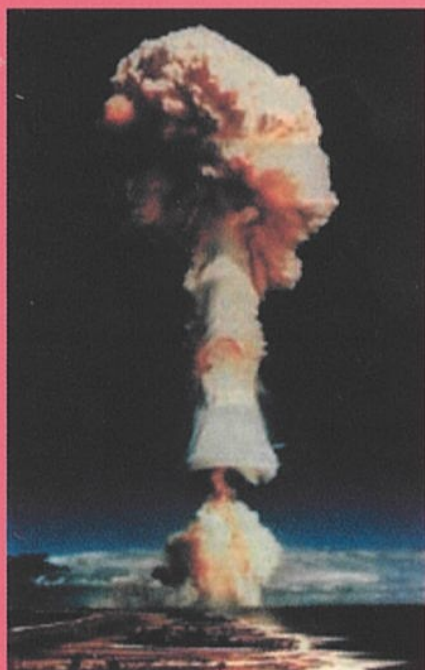
Os franceses lançam comercialmente a primeira tinteira inofensiva para cabelos.

A Casa Cartier de Paris começa a fabricar o relógio de pulso inventado por Santos Dumont em 1907.

Na Alemanha, um automóvel Benz ultrapassa a marca dos

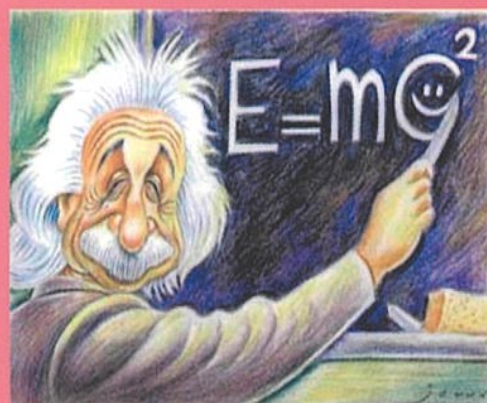


Joana Filipa Carvalho Ferreira Pires, física J, eng. química



ALBERT EINSTEIN É O MAIS FAMOSO CIENTISTA DOS TEMPOS MODERNOS, SENDO CONHECIDO POR TER CONCEBIDO A IDEIA QUE ESTÁ POR TRÁS DA FÓRMULA  $E = mc^2$ , CONSIDERANDO QUE MATÉRIA E ENERGIA SÃO MANIFESTAÇÕES DIFERENTES DA MESMA ENTIDADE FÍSICA. DE ACORDO COM EINSTEIN, PODEMOS DETERMINAR A ENERGIA ASSOCIADA A UM CORPO CALCULANDO O PRODUTO DA SUA MASSA PELO QUADRADO DA VELOCIDADE DA LUZ. RESULTA DAÍ UM VALOR ENORME, UMA IMENSA ENERGIA LIBERTADA. HIROSHIMÁ E NAGASAKI CONSTITUEM A PROVA MAIS IMEDIATA DESTE FACTO. OS MODERNOS REACTORES NUCLEARES DAS CENTRAIS DE ENERGIA OU DOS NAVIOS E SUBMARINOS, E OS ACELERADORES DE PARTÍCULAS SÃO APLICAÇÕES NÃO DESTRUTIVAS DESTA FÍSICA QUE EINSTEIN DESVENDOU.

A APLICAÇÃO DESTA FÓRMULA TORNOU-SE MAIS CONHECIDA E EVIDENTE NA CONSTRUÇÃO DA BOMBA ATÓMICA E DE CENTRAIS NUCLEARES, DANDO AO SEU CRIADOR UMA FAMA QUE ATÉ ENTÃO NÃO LHE ERA RECONHECIDA FORA DO MUNDO DA CIÊNCIA. POR ISSO PODEMOS DIZER QUE A FÓRMULA  $E = mc^2$  É A FÓRMULA MAIS REVOLUCIONÁRIA E FAMOSA DO NOSSO TEMPO...



# EINSTEIN E A MÚSICA

Joana Isabel Alves Martins, física I, eng. química

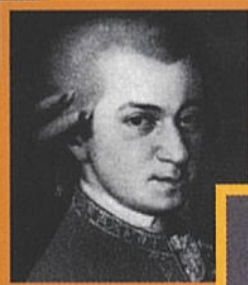


## COMPOSITORES PREFERIDOS:



### - Bach

Em resposta a um comentador, ele escreveu o seguinte: "Relativamente ao trabalho de Bach tenho isto a dizer: Ouça, toque, ame, idolatre - e mantenha a sua boca calada." - demonstrativo da sua adoração por este compositor.



### - Mozart

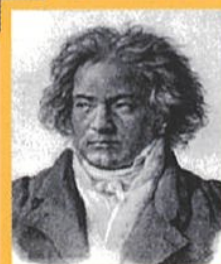
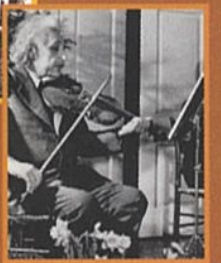
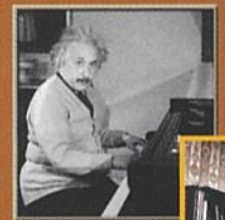
Einstein descobriu, aos 13 anos, o verdadeiro fascínio pelo violino quando ouviu as sonatas de Mozart.



### - Haydn

Para Einstein, este era o melhor dos compositores.

"Haydn era um génio da música que poderia escrever uma sinfonia numa tarde que nós ainda a estaríamos a tocar."



### - Beethoven

A criatividade de Beethoven intrigava Einstein. Ele achava que esta criatividade se interpunha entre ele e a música.



## Aspectos históricos:

Albert Einstein começou a aprender violino, ensinado pela sua mãe, quando ainda vivia em Munique.

O seu fascínio pela música era tal que, durante muitos anos, juntou em sua casa, alguns amigos (entre os quais se destaca a presença de Max Planck, pai da física quântica) para que, com ele, passassem serões a tocar música.

Segundo a sua segunda mulher, durante os seus estudos, Einstein fazia algumas pausas e aproveitava para ir tocar um pouco de piano, algo que o ajudava a descontraír.

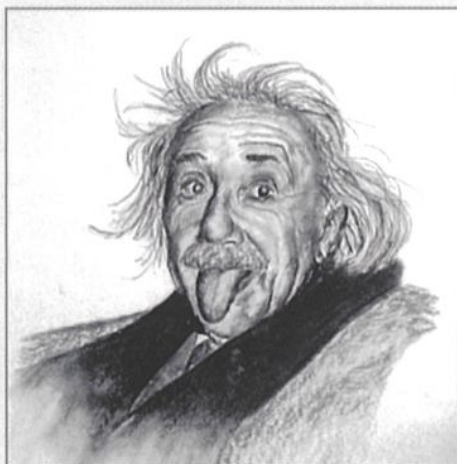
Teve grandes amigos músicos que muito elogiaram o seu talento. Foi convidado para actuar em diversos concertos de beneficência, convites que aceitava de bom grado.

Com o aproximar do fim a sua vida, e sentindo que perdia capacidades na sua mão esquerda, Einstein deixou o violino e nunca mais voltou a tocar, embora afirmando que a maior alegria da sua vida chegou até ele através do seu violino.



Referências:

# Prémio Nobel da física de 1921



## História do prémio nobel

O inventor Alfred Nobel criou o prémio Nobel que tinha como finalidade homenagear as personalidades que contribuem para o desenvolvimento científico, e para a defesa dos direitos humanos. O inventor dedicou a sua fortuna a uma instituição que premiasse descobertas no campo da física, química, medicina e literatura. Parte do dinheiro também deveria ser oferecido àqueles que lutam pela paz. Assim os contemplados passaram a receber anualmente uma medalha de ouro com a imagem de Alfred Nobel, um diploma e um prémio em dinheiro. Os prémios Nobel são atribuídos pela Academia Real das Ciências Sueca. Em 1921, a Academia Sueca concedeu este magnífico prémio a Einstein "pelo serviço por ele prestado à física teórica e particularmente pela sua descoberta da lei do efeito fotoeléctrico". Isto apesar de ter havido algumas contestações sobre a origem do prémio, já que muitos acharam que haveria muitos outros trabalhos de Einstein a serem premiados. Mas Emilio Segrè, físico e merecedor do prémio Nobel de 1959 referiu que "Pode parecer estranho que a relatividade não seja mencionada, mas, numa retrospectiva, a

## Impacto da sua obra

Os novos conceitos desnortearam os físicos. Não que a matemática implícita nestes teoremas apresentasse um obstáculo; pelo contrário, a matemática utilizada no desenvolvimento das teorias é simples. O obstáculo estava na forma de pensar. Em 1905 publicaria numa revista científica alemã um conjunto de artigos que iriam revolucionar a sua vida e o conhecimento humano. O primeiro tratava do movimento Browniano, que explicava o ziguezague das partículas em suspensão num líquido. O segundo investigava a causa do efeito fotoeléctrico: certos corpos emitiam electrões quando eram atingidos por luz. Com o terceiro artigo foi apresentada a teoria da relatividade, um marco fundador da física moderna, com profundas repercussões em outros ramos da ciência. Nesta teoria subvertia as ideias fundamentais da física clássica ao mostrar que o espaço e o tempo não eram grandezas absolutas mas sim grandezas relativas, que dependiam do observador. No 4º artigo foi explicada a teoria especial da relatividade que constata a equivalência entre a massa e a energia expressa pela famosa equação  $E=mc^2$ .

## Efeito fotoeléctrico

A matéria é formada por diferentes tipos de partículas: umas são electricamente neutras, neutrões, outras têm carga eléctrica positiva, prótões, e outras negativa, os electrões. Um átomo tem no seu núcleo um certo número de prótões, cuja carga positiva é compensada pela carga negativa dos electrões que se encontram fora do núcleo. Apesar de um electrão não poder escapar espontaneamente de um átomo, se lhe for comunicada uma certa energia para vencer as forças do tipo eléctrico que o mantêm ligado ao átomo, este poderá escapar.

O efeito fotoeléctrico segue algumas regras:

- 1- O efeito fotoeléctrico é instantâneo, ou seja, ocorre no momento em que o metal é iluminado, e acaba quando a iluminação é interrompida;
- 2 - A velocidade de emissão é independente da luz incidente;
- 3 - A velocidade de emissão depende da frequência de radiação. Einstein atribuiu a cada fotão uma energia  $E$ , proporcional à frequência  $F$  das ondas, ou seja,  $E = h F$ , sendo  $h$  uma constante. Isto porque a energia de radiação não está distribuída uniformemente na onda electromagnética mas sim, concentrada em pequenas partículas.

Toda a energia da radiação é transportada sob a forma de fotões.

Se a energia de radiação incidente for inferior a  $E$  não haverá libertação do electrão visto que a energia do fotão não é suficiente para o arrancar do metal. Mas se a energia for maior que  $E$  irá expulsar o electrão com uma energia cinética  $h F = h F_0$ , verificando-se  $E_c = h F - h F_0$ .

## Annus Mirabilis

O ano internacional da física de 2005, proclamado pela ONU, foi uma consequência de uma proposta conjunta entre Portugal, Brasil e França, estando também associado a esta a comemoração a comissão nacional da UNESCO. Celebra-se assim o centenário do Annus Mirabilis de Albert Einstein, já que em 1905, o mundo testemunhou a publicação de cinco obras-primas da literatura científica moderna, sobre o movimento browniano, o efeito fotoeléctrico e a teoria da relatividade especial. Annus Mirabilis tem como objectivo promover a física a nível mundial, aumentar o apreço público por esta ciência, reforçar o papel dos físicos na sociedade, melhorar o ensino da disciplina e cativar os jovens para os seus estudos aos mais variados níveis.

# 1905 O annus mirabilis de Einstein

Ricardo Jorge S. Diogo, Rafael Carvalho Vasconcelos, física I, eng. química

## RELATIVIDADE RESTRITA

A ideia para a Teoria da Relatividade Restrita ou Especial, a primeira das duas criadas por Einstein, surgiu quando o cientista se perguntou: "O que aconteceria se eu tentasse mover-me tão rápido quanto um raio de luz?"

O que aparentemente era uma pergunta inocente punha em causa todo o conhecimento teórico que se tinha sobre a luz no início do século XX, consolidado pelo escocês James Clerk Maxwell.

Se uma pessoa se movesse à velocidade da luz, o raio estaria parado em relação a ela, e isso não fazia sentido segundo as equações de Maxwell.

Já se sabia experimentalmente que a luz tinha sempre a mesma velocidade,  $299.792.458 \text{ ms}^{-1}$ . Mas essa velocidade era medida em relação a quê? Em relação a qualquer objecto do Universo?

Isso seria um problema, pois iria contra as leis do movimento estabelecidas pelo físico inglês Isaac Newton.

Imagine que uma pessoa andando de bicicleta acendia uma lanterna. A velocidade da luz que sai da lanterna será a soma da velocidade "normal" da luz com a velocidade da bicicleta, não é assim? Por estranho que pareça, a resposta é NÃO.

Einstein teve de corrigir as leis de Newton para explicar esse fenómeno.

## EFEITO FOTOELÉCTRICO

O efeito fotoeléctrico é a emissão de electrões por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação electromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta – este valor depende do material. Pode-se dizer que quando a luz incide numa placa de metal, lhe arranca literalmente electrões. Esse efeito é bem visível quando se coloca algum objecto metálico no microondas (cuidado!).

O que é que intrigava os físicos no efeito fotoeléctrico?

- ↘ Quando se aumentava a intensidade da luz, ao contrário do esperado, a luz não arrancava mais electrões do metal.
- ↘ Se mudasse a sua cor, ou seja, a frequência dessa luz, aí sim, mais electrões eram arrancados.

A explicação correcta para esse efeito foi dada por Albert Einstein em 1905, quando propôs que a luz se comportasse como um feixe de partículas, fotões ou quanta de luz, como havia feito Newton para descrever as propriedades geométricas da luz. A energia de cada um destes fotões estava "quantificada" e era proporcional à frequência da luz e não à sua intensidade.

Isso valeu-lhe o prémio Nobel da Física em 1921.

Curiosidades... o efeito fotoeléctrico tinha sido atribuído à intervenção do sobrenatural. Alguns consideravam-no prova da existência da alma.

## MOVIMENTO BROWNIANO

O movimento browniano é o movimento aleatório de partículas microscópicas num fluido como consequência dos choques das moléculas do fluido com essas partículas.

Também pode ser observado quando a luz incide em lugares muito secos, onde macro partículas "flutuam" com movimentos aleatórios. (vulgarmente confunde-se com poeira).

O primeiro a estudar esse movimento, o botânico escocês Robert Brown, pensou inicialmente que se tratava de uma nova forma de vida, pois ainda não se tinha certeza da existência de moléculas, e as partículas pareciam descrever movimentos por vontade própria. Mas viria mais tarde a concluir, usando grãos de minerais, que se tratava de um problema de física e não de biologia.

O cientista que explicou correctamente esse movimento, propondo que a matéria fosse constituída por moléculas foi Albert Einstein, em 1905.

Há um padrão dissimulado nesse movimento aleatório que o classifica como um movimento fractal, pois descreve um padrão dinâmico bem definido. Quem primeiro se apercebeu disso foi Benoit Mandelbrot, matemático polaco, já em meados de 1970.

Esse movimento está directamente ligado a muitas reacções ao nível celular, como a difusão, a formação de proteínas, a síntese de ATP e o transporte intracelular de moléculas.

Actualmente, os Físicos estudam este movimento recorrendo a teorias de caos e dimensões fractais.

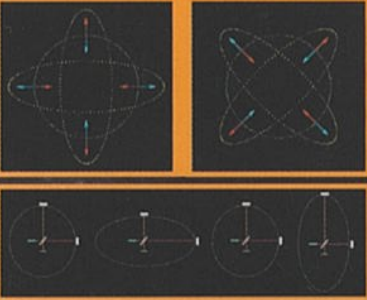


# À PROCURA...

Raquel P. Rocha, Ana Sofia A. Lima, física I, eng. química

## Acção de maré das Ondas Gravitacionais

O diagrama abaixo ilustra a acção duma onda gravitacional num anel de partículas livres. A onda vem na direcção perpendicular à figura. As partículas começam a mover-se segundo a acção da onda, e a forma do anel altera-se-á periodicamente entre duas elipses de orientação ortogonal. As figuras mostram a deformação do anel sob a acção das ondas com polarização (+) e polarização (x). É este movimento de partículas livres que é explorado pelos diferentes detectores.



## GEO600 e LIGO

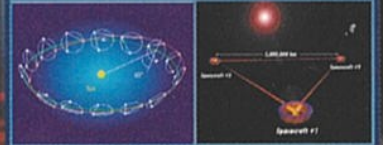
Geo600, observatório de ondas gravitacionais, é um projecto alemão e inglês com 600m, construído perto de Hanover, na Alemanha. Usa os mais avançados sistemas de configuração e suspensão óptica, que fazem dele o primeiro instrumento deste tipo.

LIGO, "Laser Interferometer Gravitational-waves Observatory": duas instalações extensamente separadas dentro dos Estados Unidos. Está disponível para a comunidade científica mundial e é um membro vital na rede global de antenas de ondas gravitacionais. À direita, encontra-se a progressão dos detectores do LIGO ao longo os anos.



## LISA - Laser Interferometer Space Antenna

Missão espacial para medir ondas gravitacionais de várias fontes: buracos negros, estrelas binárias e de um fundo estocástico de ondas do Universo muito adiantado. Planeada pela NASA e ESA, consiste em colocar três naves espaciais idênticas, formando um triângulo equilátero, no espaço. As figuras abaixo mostram a sua configuração espacial.



O Fundo Cosmológico das ondas gravitacionais.  
A evolução do Universo.



O primeiro detector de ondas gravitacionais com antena esférica do mundo, na Holanda.

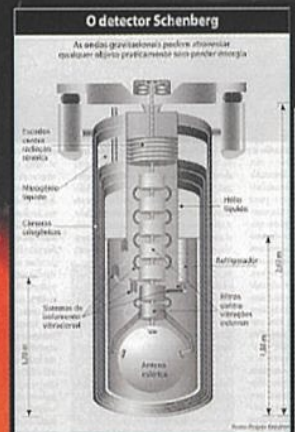
Com os instrumentos científicos mais avançados de todos os tempos, os físicos prestam agora atenção ao Universo, atentos para a primeira evidência de ondas gravitacionais. Previstas por Albert Einstein em 1916, em consequência da Teoria Geral da Relatividade, as ondas gravitacionais nunca foram detectadas directamente. Na teoria de Einstein, as alterações na forma das concentrações da massa (ou da energia) têm o efeito de distorcer o espaço-tempo, e essas distorções propagam-se através do universo à velocidade da luz. Uma nova geração de detectores, conduzida pelo Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO), está em operação e promete sensibilidades que serão capazes de detectar uma grande variedade de eventos catastróficos, tais como o colapso gravitacional das estrelas ou a coalescência de sistemas binários compactos.

## Projecto Einstein@home pede ajuda ao teu computador!

Cientistas americanos e europeus estão a pedir ajuda para tratar os dados informáticos da busca de ondas gravitacionais. A ideia do projecto é usar o tempo livre do teu computador pessoal para processar os dados coligidos pelos detectores LIGO e GEO600 para tentar identificar ondas gravitacionais. Este projecto é uma das muitas iniciativas do Ano Mundial da Física 2005, dedicado a homenagear o centenário do ano em que Einstein publicou vários artigos científicos importantes, e entre eles o da Teoria da Relatividade. O funcionamento é simples: quando os computadores não estão a ser usados, efectuem o download dos dados do LIGO e do GEO600 e procuram sinais das ondas gravitacionais. Durante a procura, a protecção do ecrã mostra uma esfera celestrial com as principais constelações vistas da Terra. Uma área a mover-se indica a zona do céu que está a ser pesquisada no momento no teu computador. Se estás interessado em participar nesta busca, podes obter informações consultando [einstein.phys.uwm.edu](http://einstein.phys.uwm.edu).



## Todos pelo mesmo motivo: detectar as ondas gravitacionais!



Um grupo de pesquisadores está a desenvolver o projecto "Gráviton", o primeiro detector brasileiro de ondas gravitacionais. Este dispositivo faz parte do grupo de detectores denominados "de massa ressonante", em que é usada uma grande massa distribuída pelo volume ocupado pela antena.

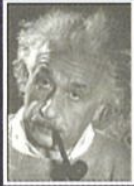
Referências:  
[www.portaldoastronomo.com](http://www.portaldoastronomo.com) [www.geo600.uni-hannover.de](http://www.geo600.uni-hannover.de) [www.ligo.caltech.edu](http://www.ligo.caltech.edu)  
[einstein.phys.uwm.edu](http://einstein.phys.uwm.edu) [sciencebulletins.amnh.org/astro/ff/gravity.20041101](http://sciencebulletins.amnh.org/astro/ff/gravity.20041101)  
 "Projecto Einstein@home pede ajuda ao seu computador", Andreia Brás, Jornal O Público, 02/04/2005

# ...DAS ONDAS GRAVITACIONAIS

# A VIDA DE EINSTEIN

Joel Silva de Sousa, física I, eng. química

Cabelo branco desgrenhado, bigode farfalhado, camisola velha, sandálias, ou até sapatos sem meias em ocasiões formais, e uma certa tristeza no olhar, é a imagem de marca que perdura na memória colectiva de um dos mais famosos cientistas da primeira metade do século XX.



Albert Einstein nasceu em Ulm, Alemanha, a 14 de Março de 1879, numa família de origem judaica. Tornou-se o pai da teoria da Relatividade, tendo subido aos céus da ciência universal com a mesma redundância com que desceu aos infernos da pior vida marital, pois tendo casado duas vezes, a sua história esconde duas filhas secretas dadas em adopção.



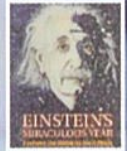
Foi criado em Munique, embora parte da adolescência fosse passada em Milão, onde adquiriu paixão pela música. Licenciou-se no ETH e doutorou-se em Física e Matemática na Universidade de Zurique naturalizando-se suíço em 1902, altura em que contraiu matrimónio com a húngara Mileva Marić de quem teve dois filhos. Em Maio de 1904 nasce o primogénito, Hans Albert. O segundo filho, Eduard, nasce em Julho de 1910.



Entre 1902 e 1909 está a trabalhar num escritório de patentes em Berna. Como tinha mulher e um filho aceitou este emprego arranjado pelo pai de um amigo. Enquanto examinava patentes, ia pensando em questões como o movimento das partículas quando se dissolvem numa solução ou a natureza da luz. Só em 1909 se tornou professor de Física Teórica das Universidades de Zurique, de Praga e de Berlim (1909-32). Dirige o Instituto de Física Kaiser Wilhelm e é membro da Academia de Ciências Prussiana.



- Em 1905 publica nos *Anais de Física* os seus primeiros trabalhos sobre a análise matemática do movimento Browniano, o efeito fotoelétrico, o estabelecimento da equivalência massa-energia e a exposição dos fundamentos da teoria especial da relatividade. Os cinco trabalhos publicados por Einstein revolucionaram a Física. Através da teoria da Relatividade Especial, Einstein alargou o princípio da relatividade clássica de Isaac Newton aos fenómenos electromagnéticos.



- Estes temas vão impulsionar uma mudança espectacular e revolucionária na concepção do mundo físico, baseado na geometrização do espaço-tempo da física moderna. A partir de 1910 aprofunda a teoria da relatividade e, em 1916, publica o resultado dos seus esforços. Divorcia-se em 1919 e volta a casar-se com a sua prima e confidente, Elsa, com quem vive até à sua morte, em 20 de Dezembro de 1936.



- Em 1922 foi galardoado com o Prémio Nobel da Física (1921), especialmente pela explicação do efeito fotoelétrico, mas também pelos serviços prestados à física teórica.

- Em 1933, pela sua condição de judeu tem que exilar-se da Alemanha e instala-se em Princeton (Estados Unidos) onde passou a leccionar no *Institute for Advanced Study* de Princeton, em New Jersey. Era bem pago e não tinha realmente de dar aulas, só pensar. Einstein, que toda a vida se preocupou com os problemas sociais, sendo um pacifista activo e um defensor do judaísmo, foi convidado em 1952 para presidente de Israel, o que rejeitou.

- Em 1939 adverte o presidente Roosevelt, numa famosa carta, sobre o perigo de a Alemanha se ter adiantado na descoberta das possibilidades da energia nuclear, o que propicia a realização do Projecto Manhattan (criação das primeiras bombas atómicas).



- Apesar da sua contribuição involuntária para a investigação bélica, era um pacifista militante.

Sendo um grande e profundo pensador, deleitava-se no silêncio da reflexão científica e filosófica e, embora conhecido como cientista, é autor de muitos e belos pensamentos. Morreu em Princeton, em 18 de Abril de 1955, aos 76 anos, devido à ruptura de um aneurisma na aorta.

Referências:



# 1905 - O Annus Mirabilis de Einstein

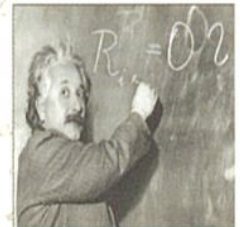
Fernando Silva, física I, eng. Química

O Ano de 1905 ficou conhecido pelo ANNUS MIRABILIS DE EINSTEIN devido ao facto de neste mesmo ano Albert Einstein ter publicado cinco artigos de inegável valor científico os quais enriqueceram sem dúvida a física. Entre eles, dois viriam a ter enorme destaque: um sobre a Teoria da Relatividade (5.º Artigo) e um outro sobre a Lei do Efeito Fotoelétrico (1.º Artigo) com o qual Einstein recebeu o prémio Nobel.



**1.º Artigo** - Sobre o Efeito Fotoelétrico, dos cinco este foi o único considerado revolucionário pelo próprio Einstein... É neste artigo que Einstein formula a lei do Efeito Fotoelétrico, fazendo uso da constante de Planck para definir o quantum de energia de uma partícula associada à luz.

**2.º Artigo** - Falava sobre uma nova teoria para determinação das dimensões moleculares. Este trabalho foi aceite neste mesmo ano como tese do seu doutoramento na Universidade de Zurique. O Próprio Einstein, no artigo, tratava da determinação do tamanho exacto de átomos a partir da difusão e da viscosidade em soluções diluídas de substâncias neutras.



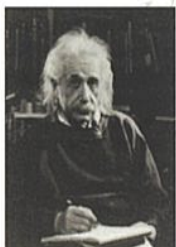
**3.º Artigo** - Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso pela teoria molecular do calor. Trata-se do Movimento Browniano, descrito pela primeira vez em 1828, pelo botânico Robert Brown que observou que o pólen de diversas plantas se dispersava na água sob a forma de um grande número de pequenas partículas que apresentavam um movimento aleatório. Einstein, relacionando então grandezas estatísticas do Movimento Browniano com comportamento dos átomos, deu a conhecer um método de contagem dos átomos através do microscópio vulgar.



**4.º Artigo** - Era segundo Einstein apenas um esboço grosseiro sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento, usando uma modificação da teoria do espaço e tempo. Este esboço contém o primeiro trabalho sobre a teoria da relatividade restrita.



**5.º Artigo** - Sobre a inércia de um corpo dependendo da sua energia, Einstein propõe então a sua famosa equação  $E=mc^2$  - Princípio da Relatividade. Einstein considerou esta equação extremamente importante porque mostra que a energia e a massa estão relacionadas entre si. Esta equação serviu também para explicar como é que o Big Bang, uma explosão de energia pura, pode ter dado origem à matéria, e fez pensar na possibilidade de construção de bombas extremamente potentes apesar de na época a física nuclear ainda estar pouco desenvolvida.



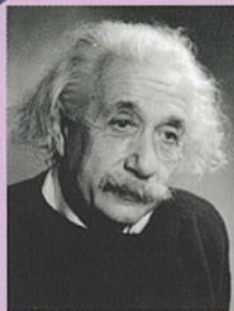
# EINSTEIN NO SEU TEMPO

Vânia Alexandra Barbosa Ferreira, física I, eng. química

A física proposta por Newton no século XVII tinha como base factos fortes e convincentes, tendo sido criticada apenas no século XIX, por Ernest Mach.

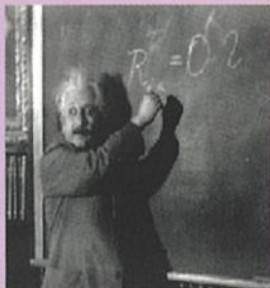
Tais críticas não causaram grande efeito, mas foram bastante importantes para Einstein, que era fortemente atraído pelas ideias de que os conceitos físicos devem ser definidos em termos de grandezas mensuráveis.

Este pensamento gerou uma revolução nos conceitos da física, culminando com o aparecimento da Relatividade.



Albert Einstein dirigiu o Instituto de Física Kaiser Wilhelm e foi membro da Academia de Ciências Prussiana. Em 1905 publicou os primeiros trabalhos sobre a análise matemática do movimento Browniano, o efeito fotoelétrico, o estabelecimento da equivalência massa-energia e a exposição dos fundamentos da teoria da Relatividade Especial.

Todos estes temas impulsionaram uma mudança espectacular e revolucionária na concepção do mundo físico, baseado na geometrização do espaço-tempo da física moderna.

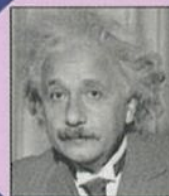


A sua teoria da relatividade seria o marco fundador da física contemporânea, com profundas repercussões noutros ramos da ciência. Ele daria a chave para a explicação da origem do universo e para a desintegração do átomo. Mas a bomba atómica é a filha indesejada das elocubrações desse pacifista radical.

Não há matéria jornalística que não associe o nome de Einstein à bomba atómica, deixando a forte impressão de que ele teve participação directa no seu fabrico, nem que tenha sido apenas através de alguns cálculos.

Isto apesar de, em 14 de Março de 1939, Einstein ter dado uma entrevista ao *New York Times*, na qual declarava não acreditar que a energia libertada no processo de divisão do átomo pudesse ser usada para fins práticos.

Em 1919, as previsões feitas pela Relatividade eram confirmadas pela observação. O impacto foi espectacular: Einstein foi logo considerado o maior génio de todos os tempos. As solicitações da fama iriam levá-lo a inúmeros países e o seu prestígio fez com que se transformasse num pólo de atracção para muitos cientistas europeus imigrados nos Estados Unidos.



Referências:  
[www.terra.com.br/educacao/fisicavirtual/grandes/einstein.htm](http://www.terra.com.br/educacao/fisicavirtual/grandes/einstein.htm)  
[educar.sc.usp.br/licenciatura/trabalho/relat.htm](http://educar.sc.usp.br/licenciatura/trabalho/relat.htm)  
[www.casadobruxo.com.br/ilustres/einstein.htm](http://www.casadobruxo.com.br/ilustres/einstein.htm)

# O sonho da unificação - a teoria de cordas

Miguel Ângelo Magalhães Oliveira, física I, eng. química

Albert Einstein é um nome de consenso no mundo da ciência. Qual o ponto de partida para o seu reconhecimento mundial? Cinco artigos publicados em 1905, em que defendeu ideias que tiveram grande impacto em diversos campos da ciência. Nessa altura, algumas delas ainda sem possibilidade de comprovação experimental. No entanto, o homem já considerado como "génio do século XX", não atingiu uma das suas maiores metas: a elaboração de uma teoria que unificasse todas as leis da física.

Esta procura mobiliza até hoje um grande número de cientistas. Trata-se de uma das mais ambiciosas teorias que alguma vez foi proposta. Uma das melhores candidatas, a teoria de cordas - a chave para a teoria unificada do campo -, "fugiu" a Einstein por mais de trinta anos.

A teoria de supercordas ou a versão mais simples, a teoria de cordas, têm o potencial de explicar todos os diversos acontecimentos do universo, desde a dança dos quarks subatómicos até à valsa aristocrática das estrelas binárias, desde a bola de fogo primordial do big bang até ao rodopio majestoso das galáxias nos céus. Entrelaçam todas as forças da natureza e todos os constituintes da matéria numa única tapeçaria universal teórica.

Nos tempos de Einstein, as forças forte e fraca ainda não tinham sido descobertas, mas para ele até a simples existência de duas forças distintas - a gravítica e a electromagnética - era profundamente perturbadora. Para Einstein era inaceitável que a natureza se fundamentasse num design tão extravagante. Este foi o ponto de partida para a sua jornada de trinta anos na

procura da chamada teoria do campo unificada. Ele esperava conseguir mostrar que estas duas forças são de facto manifestações de um mesmo grande princípio fundamental. Esta busca quixotesca isolou-o da física praticada pela maioria dos outros Físicos. "Tornei-me num velho solitário que é sobretudo conhecido porque não usa meias e é exibido como uma curiosidade em ocasiões especiais".

Longe de ser uma colecção de factos experimentais caóticos, na teoria de cordas as propriedades das partículas de matéria (fermiões) são manifestação de uma característica física: os modos ressonantes de vibração. A mesma ideia também se aplica às forças da natureza: as partículas de força (bosões) estão associadas a estados particulares de vibração de cordas. Portanto, tudo - toda a matéria e todas as forças - é unificado sobre o mesmo conceito de oscilações de corda.

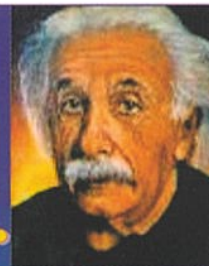
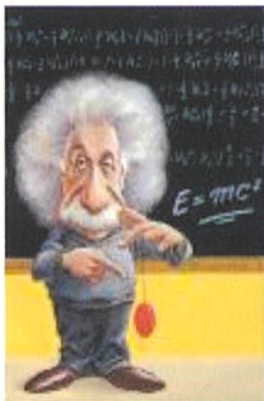
Pela primeira vez na historia da física temos, portanto, uma visão com a capacidade de explicar todas as características fundamentais sobre as quais o universo é construído. Por esta razão, a teoria das cordas é por vezes descrita como uma possível

"teoria de tudo", teoria "última" ou "final". "A mais profunda possível" teoria da física.

Einstein estava simplesmente à frente do seu tempo. Mais de meio século depois, o seu sonho de uma teoria unificada tornou-se no Santo Graal da física moderna.

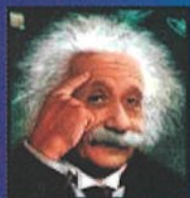


# Teorias e ideias... ...o antes e o depois...



Diana Vanessa da Costa Torres, física I, eng. química

O ano de 1905 foi o ano miraculoso da física, ao marcar o lançamento das bases que serviram de ponte entre a física clássica e a física moderna. Nesse ano Albert Einstein concretizou teorias e ideias completamente revolucionárias. Eis algumas delas:



Concluiu que a luz era formada por partículas sem massa mas com energia, chamadas fótons, energia esta que estava quantificada e dependia da frequência das ondas luminosas.

Explicou assim o **Efeito Fotoelétrico**, o mesmo que nos permite accionar a abertura de portas com comando automático através de células fotoelétricas.

Ao estudar o **Movimento Browniano**, mostrou como se podiam calcular o número de Avogadro e o tamanho de moléculas e demonstrou a existência de átomos.

Na sua teoria da **Relatividade Restrita** reformulou os conceitos de espaço e tempo: a velocidade da luz é uma constante da natureza, não varia; as leis físicas são as mesmas qualquer que seja o referencial inercial em que estejam a ser estudadas.

Estabeleceu a relação entre massa e energia, segundo a equação  $E = mc^2$ . Dois aspectos da mesma entidade.



Na sequência dos trabalhos de 1905 assistimos à formulação de duas grandes teorias:



**Teoria Quântica:** alterou completamente a maneira como compreendemos a natureza da matéria e da radiação, fornecendo-nos uma representação da realidade onde as partículas se comportam como ondas e as ondas como partículas;

**Teoria da Relatividade Geral:** Foi o conjugar entre a teoria da relatividade restrita e os fenómenos de gravitação. Destronou os conceitos de espaço e tempo newtonianos absolutos, mostrando que as medidas no espaço e no tempo variam com o referencial considerado. Os intervalos são relativos.

Os efeitos da relatividade não são facilmente perceptíveis no quotidiano; Os efeitos de Relatividade só são relevantes quando os fenómenos ocorrem a grande velocidade (próxima da luz), e com massas consideráveis.

Nenhuma verdade científica é dogmática, e ainda hoje se procuram desvios à Teoria da Relatividade Geral, como por exemplo:

- ▶ a possibilidade de haver uma velocidade superior à da luz;
- ▶ a possibilidade de a velocidade da luz não ser constante mas já ter sido superior.

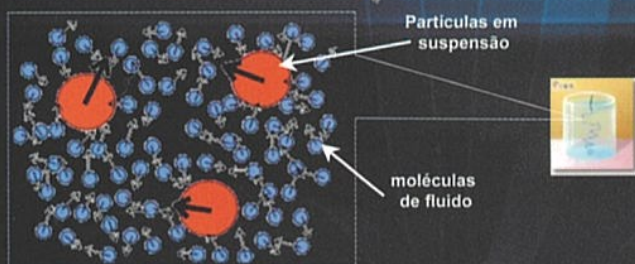


# Movimento Browniano

Cláudia Daniela S. Vieira, Carla Sofia C. F. de P. Leão, física I, eng. química

## O Movimento Browniano é:

Um movimento desordenado e contínuo de partículas sólidas microscópicas quando suspensas num meio fluido (líquido ou gasoso). O movimento contínuo das moléculas do fluido gera colisão com as partículas sólidas ocasionando o seu movimento.



Partículas em suspensão

moléculas de fluido



Robert Brown

## Como surgiu o Movimento Browniano:

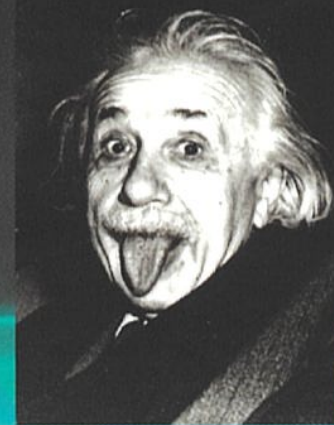
Em 1827, o biólogo escocês Robert Brown notou que ao observar grãos de pólen em água, através de um microscópio, o pólen ziguezagueava por todos os lados. Esse movimento em ziguezague foi designado de "movimento browniano" em sua homenagem, mas infelizmente Brown não deu uma explicação para as suas causas. O primeiro dos cinco artigos que Einstein publicou em 1905 trouxe finalmente uma explicação para o problema de Brown.

## A explicação do Movimento Browniano por Einstein:

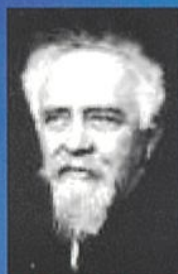
Em 1905, Albert Einstein elaborou a teoria exacta para explicar esse movimento. Imaginou que o ziguezague dos grãos de pólen era devido às moléculas de água que os atingiam. Os grãos de pólen eram visíveis, mas as moléculas de água não. Einstein mostrou também que era possível dizer quantas moléculas chocavam com os grãos de pólen e quão rápido elas se moviam, apenas observando o movimento dos grãos de pólen.

A hipótese biológica foi descartada quando se descobriu que qualquer espécie de material finamente dividido mostrava a mesma agitação (até mesmo pedra retirada da esfinge foi pulverizada e posta "a dançar" sob as lentes de um microscópio).

Importantíssimo mesmo foi que esse trabalho fez previsões sobre as propriedades dos átomos que podiam ser testadas experimentalmente. O físico francês Jean Perrin usou essas previsões para calcular o tamanho de átomos e remover qualquer dúvida remanescente sobre a existência dos mesmos.



Albert Einstein



Jean Baptiste Perrin

## As experiências de Jean Baptiste Perrin:

Em 1908, Jean Perrin fez observações quantitativas exaustivas das trajetórias de muitas partículas, de diferentes dimensões, suspensas em líquidos.

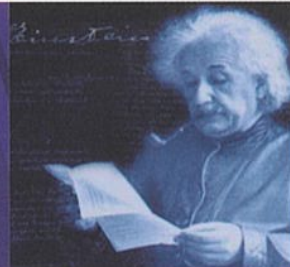
Numa sequência de experiências engenhosas, o físico francês verificou o modelo de Einstein e conseguiu, pela primeira vez, contar o número de átomos contidos numa gota de água. A partir dessas observações, que mostravam um bom acordo com a teoria de Albert Einstein, Perrin calculou o número de Avogadro.

O monumental trabalho de Perrin pôs finalmente de lado todas as dúvidas quanto à validade da teoria cinética da matéria. Experiências como as de Perrin permitem que os mais cautelosos cientistas possam agora referir-se a uma prova experimental da natureza atômica da matéria. A hipótese atômica foi, assim, elevada à categoria de uma teoria cientificamente fundamentada.



# A Teoria da Relatividade: Einstein estava certo?

Luís Filipe C. Barbosa, Maria Luísa C. Barbosa, física I, eng. química



*"O mundo moderno começou em 29 de Maio de 1919, quando fotografias de um eclipse solar, tiradas na Ilha de Príncipe, na África Ocidental, e em Sobral, no Brasil, confirmaram a verdade da nova teoria do universo."*

Paul Johnson

Duas expedições foram organizadas: uma à Cidade de Sobral (no Ceará, Brasil), outra à Ilha de S. Tomé e Príncipe (África).

A destinada a Sobral era composta por cientistas norte-americanos, brasileiros e ingleses, e era comandada por Andrew Crommelin do Observatório de Greenwich; a da Ilha de Príncipe, estava sob a alçada do inglês Arthur Eddington.



## Eclipse no Ceará permitiu comprovar a Teoria de Einstein...

As oito horas e 56 segundos do dia 29 de Maio de 1919, o dia escureceu.

*«As faces dos cientistas expressavam sorrisos admirados e satisfeitos. A visão da coroa solar, por si só, já os deslumbrava. E as estrelas, sempre ofuscadas pelo Sol, puderam ser vistas e fotografadas. O eclipse durou cinco minutos e 28 segundos. O dia clareou...»*

No momento em que a Lua cobriu o Sol, várias fotografias, de máquinas acopladas a telescópios, foram tiradas sucessivamente, para registar a posição das estrelas que estivessem próximas à orla do Sol. Depois, estas fotos foram comparadas a fotos parecidas, tiradas três meses depois, durante a noite. A conclusão foi a de que Einstein estava certo. A luz faz realmente uma curvatura. Os resultados foram apresentados por Arthur Eddington a 6 de Novembro de 1919.

A Teoria da Relatividade estava comprovada. Existia uma nova teoria do Universo!



## Testes ao Princípio de Equivalência

Em 1907 Einstein percebeu que gravidade e aceleração são equivalentes, o que o conduziu à teoria Geral da Relatividade.

O princípio de equivalência – os corpos caem com a mesma aceleração independentemente da sua composição ou estrutura interna – pode ser testado medindo as acelerações,  $a_1$  e  $a_2$ , de dois corpos de materiais diferentes sujeitos ao mesmo campo gravitacional externo.

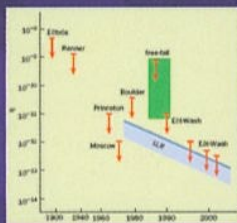
Nestas experiências de Eötvös – assim chamadas devido ao trabalho pioneiro do físico húngaro Baron von Eötvös com balanças de torção –, é habitual representar  $\eta = (a_1 - a_2) / 2(a_1 + a_2)$ .

A figura acima mostra como o limite superior em  $\eta$  tem diminuído com o passar do tempo desde a primeira experiência de Eötvös:

**Setas vermelhas:** testes executados com balanças de torção

**Região verde:** experiências de queda livre de corpos largados de uma torre. Período em que se fizeram muitas experiências à procura de uma “quinta força”.

**Região azul:** determinação da aceleração da Terra e da Lua no campo gravitacional do Sol (“lunar laser-ranging”, LLR).

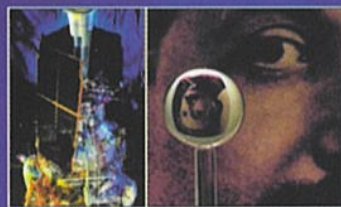


## Gravity Probe B (GP-B)

O satélite “Gravity Probe B” está actualmente a testar duas previsões da Relatividade Geral: “frame-dragging” e precessão geodética.

A experiência pretende descobrir mudanças minúsculas no movimento de quatro giroscópios constituídos por esferas de quartzo fundido, extremamente lisas. O satélite, actualmente numa órbita polar à altitude de 640 km, resulta da colaboração entre a Univ. de Stanford, Lockheed-Martin e NASA.

O primeiro resultado do GP-B é esperado já em 2006.



## Testando as Teorias Métricas no Sistema Solar

Parameter	Effect	Bound (1σ)	Remarks
γ-1	Shapiro delay	2.3 × 10 <sup>-5</sup>	Cassini tracking
β-1	Light deflection	4 × 10 <sup>-5</sup>	VLBI on S11 radio sources
	Gravitational shift	3 × 10 <sup>-5</sup>	
μ	Hardware effect	5 × 10 <sup>-5</sup>	Lower laser ranging plus bounds on other parameters
α	anisotropy in Newton's G	30 <sup>-5</sup>	gravimeter bounds on anomalous Earth tides
		30 <sup>-5</sup>	
α <sub>1</sub>	frame-dragging	30 <sup>-5</sup>	lower laser ranging
α <sub>2</sub>	gravitomagnetic field precession for moving bodies	4 × 10 <sup>-5</sup>	alignment of solar axis relative to helioid
α <sub>3</sub>	gravitomagnetic field acceleration of spinning bodies	2 × 10 <sup>-5</sup>	planet satellites timing data

A Relatividade Geral é o que se designa por teoria métrica – teoria onde a gravidade surge “naturalmente” da geometria do espaço-tempo. Os testes às diferentes teorias métricas obedecem ao formalismo parametrizado pós-Newtoniano (PPN): dez parâmetros cujos valores permitem distingui-las da Teoria da gravidade Newtoniana, para vários fenómenos que ocorrem no Sistema Solar e que podem ser medidos.

Seis destes parâmetros estão na tabela acima. Por exemplo, na Relatividade Geral,  $\gamma$  (curvatura espacial gerada pela massa) e  $\beta$  (grau de não-linearidade no campo gravítico) são exactamente iguais a um e os outros oito parâmetros desaparecem. Quatro décadas de experiências colocaram limites nos parâmetros PPN que são consistentes com a Relatividade Geral.

## LIGO, GEO 600 e o Projecto Einstein@Home



Observatórios de ondas gravitacionais:

LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) – E.U.A., um situado em Livingston, Louisiana e outro em Hanford, Washington. GEO 600, em Hanover, Alemanha, construído em colaboração com cientistas do Reino Unido.

**Projecto Einstein@Home:** pequena parte do programa científico do LSC – LIGO Scientific Collaboration. Responsável: Bruce Allen, da Universidade de Wisconsin-Milwaukee (UWM). **Objetivos:** analisar dados dos observatórios dos LIGO (nos EUA) e do GEO 600 (na Alemanha) a partir de sinais que vêm extremamente densos, de estrelas giratórias, buracos negros e supernovas. **Divulgação:** Einstein@home está a ser distribuído como um projecto de computação (screensaver) para que todos possam contribuir na comprovação das ondas gravitacionais. Visite o site [www.physics2005.org/events/einsteinathome/index.html#einsteinathome](http://www.physics2005.org/events/einsteinathome/index.html#einsteinathome)



LIGO Hanford Observatório (LHO) Hanford, Washington, E.U.A., (N 46.45°, W 119.41°)

2 Interferómetros, um com braços de 4 km (H1) e outro de 2 km (H2).



GEO 600 Hanover, Alemanha, (N 52.24°, E 9.81°) Interferómetro com braços de 600 m.

Referências:  
 Physics World, 18 (1), pp. 25-32, January 2005.  
[www.physics2005.org/events/einsteinathome/index.html#ligo](http://www.physics2005.org/events/einsteinathome/index.html#ligo) [einstein.phys.uwm.edu/](http://einstein.phys.uwm.edu/) [www.ligo-la.caltech.edu/index.php](http://www.ligo-la.caltech.edu/index.php)  
[www.alberteinstein.info/](http://www.alberteinstein.info/) [www.deduceestocasticas.com/relatividade/q\\_e\\_a\\_relatividade.html](http://www.deduceestocasticas.com/relatividade/q_e_a_relatividade.html) [www.geocities.yahoo.com.br/relatividade](http://fisicanet.terra.com.br/geocities.yahoo.com.br/relatividade) [www.fisicanet.terra.com.br/relatividade](http://www.fisicanet.terra.com.br/relatividade)  
[www.jucabm.hgg.lg.com.br/mat\\_esprelatividade/relatividade.htm](http://www.jucabm.hgg.lg.com.br/mat_esprelatividade/relatividade.htm) [www.unificadoc.com.br/relatividade](http://www.unificadoc.com.br/relatividade) [www.fisicanet.terra.com.br/relatividade/eclipse\\_de\\_1919\\_em\\_sobral.asp](http://www.fisicanet.terra.com.br/relatividade/eclipse_de_1919_em_sobral.asp)



LIGO Livingston Observatory (LLO), Livingston, Louisiana, E.U.A. (N 30.56°, W 90.77°) Interferómetro com braços de 4 km (L1).



# EINSTEIN E A MÚSICA

Ana Virgínia G. Gomes, Belina de Lurdes A. Pinheiro, física I, eng. química

Albert Einstein, um dos cientistas mais eminentes do século XX, de origem judaica, nasceu a 14 de Março de 1879, em Ulm, Alemanha, e morreu a 18 de Abril de 1955, em Princeton, nos Estados Unidos.

Uma das primeiras paixões de Einstein foi a ciência, onde viria a obter reconhecimento internacional pelo seu trabalho, tendo recebido o Prémio Nobel da Física de 1921. Outra foi a música.

Logo nos seus primeiros anos de vida, os seus pais observaram que ele era de temperamento calmo e tímido, levando as outras crianças a afastarem-se. Era um jovem triste, não participava em jogos e competições e tinha pouco amigos. O que ele mais gostava era compor ao piano hinos religiosos. Aprendeu a tocar sozinho, ouvindo a talentosa pianista que era a sua mãe. Em Sendlig, Munique, por volta de 1886, ele começou os seus primeiros estudos, inclusive lições de violino, que era o seu instrumento predilecto, com o seu mestre Herr Schmied, até completar treze anos. Não tinha um talento inato; mas quando, vários anos depois, descobriu a estrutura matemática da música, o violino tornou-se numa paixão para a vida, mesmo que o seu talento nunca tivesse correspondido ao seu entusiasmo.



Em Berlim, no ano de 1919, uma pequena orquestra formada por escritores e cientistas costumava reunir-se frequentemente na casa do matemático Jacques Hadamar. O repertório predilecto desses músicos amadores era formado pelas sinfonias de Mozart e algumas obras de Beethoven.

Fazia-lhes falta um bom primeiro violino, para unificar e reforçar o conjunto. O anfitrião resolveu o problema, trazendo para o grupo um novo colega chamado Albert Einstein.

(...) *"Se não fosse a física, provavelmente seria músico. Penso muitas vezes em música. Quando sonho acordado é com música. Vejo a minha vida por intermédio da música e quase todas as minhas alegrias vêm da música"*.

*Albert Einstein*

# Einstein e o Sonho da Unificação

Joana Cristina Gomez R. da Silva, física I, eng. química

O sonho da unificação, de Albert Einstein, "resume-se" a conseguir unir ou conjugar as 4 forças da natureza num único formalismo teórico: a força de atracção gravitacional (que faz as maçãs cair e os planetas rodar), a força electromagnética (que faz o imã mexer e as lâmpadas brilharem), a força nuclear forte (que assegura a coesão dos constituintes dos núcleos atómicos) e a força nuclear fraca (responsável pela radioactividade).

Passados 50 anos da sua morte, continua a ser o sonho de muitos físicos teóricos...

## O sonho da Unificação pode vir a conseguir-se com a teoria de cordas

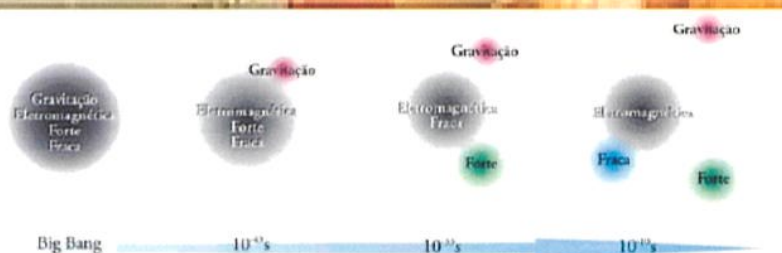
A principal candidata a teoria de unificação das leis e princípios da física é a teoria de cordas.

Formulada inicialmente pelo físico italiano Gabriele Veneziano em 1968, investigador do CERN, seria ligeiramente alterada em 1984.

Actualmente existem várias variantes desta teoria inicial, sendo uma delas – a teoria das supercordas – o resultado da ligação à supersimetria. Este conceito, desenvolvido nos anos 70, associa a cada partícula de força (bóson) uma partícula de matéria (fermião) e vice-versa.

É capaz de descrever com precisão o comportamento dos buracos negros.

Parece dar acesso ao "pré Big Bang", o que poderia esclarecer finalmente as origens do Universo.



Nos primeiros instantes pós Big-Bang, as quatro interações fundamentais da Natureza estavam "fundidas" numa só. À medida que o Universo foi arrefecendo, começaram a separar-se.

A teoria de cordas proporciona uma mudança profunda e renovadora na nossa maneira de sondar teoricamente as propriedades ultramicroscópicas do Universo – mudança essa que, como aos poucos se foi vendo, altera a relatividade geral de Einstein de maneira tal que a torna integralmente compatível com as leis da mecânica quântica. Propõe um esquema harmónico único que concilia ambas as teorias (Relatividade Geral e Mecânica Quântica).

De acordo com esta teoria de cordas, os componentes elementares do universo – electrões, neutrinos, fótons ou quarks – não são partículas pontuais, mas antes filamentos unidimensionais, sem espessura, que vibram sem cessar como as cordas de uma viola.

Estes filamentos têm comprimentos muito pequenos, da ordem do comprimento de Planck ( $10^{-34}$  m). Se conseguissem ser observadas com os nossos melhores microscópios, seriam tão pequenas que pareceriam pontos.

Os diferentes modos de vibração destas cordas seriam suficientes para gerar toda a "multidão" de partículas elementares referenciadas pelos físicos. Partículas que formam os átomos. Átomos que constituem todo o Universo.

# Quem foi Einstein?

Sara Filipa de Moreira Pinheiro, física I, eng. química



Albert Einstein nasceu no dia 14 de Março de 1879, na cidade de Ulm, na Alemanha, filho de Hermann Einstein, um pequeno industrial judeu, e de Pauline Koch.

Em meados de 1880, devido a problemas financeiros, a família Einstein mudou-se para Munique, onde Albert e a sua irmã Maja passaram a maior parte de sua infância e começaram os seus estudos. Einstein levou muito tempo aprender a falar e, em consequência, os seus pais temiam que tivesse problemas mentais. Apesar de afirmarem que não passava de um aluno medíocre, a característica mais notável e decisiva no seu percurso escolar foi a sua obstinação. Preocupava-se essencialmente com a ciência, pois era o "campo" que mais lhe interessava.

Em 1880, na fábrica que seu pai e tio Jacob tinham inaugurado com o nome "Elektrotechnische Fabrik J. Einstein und Co.", Einstein despertou para a ciência com as máquinas eléctricas e a descoberta dos dinamos. Além disso, aos cinco anos de idade, ficou admirado quando viu pela primeira vez um bússola e mais tarde, o que chamaria de "O livro Sagrado de Geometria".

Passados 14 anos a família de Einstein, que se encontrava à beira falência, mudou-se para Milão. Einstein permaneceu em Munique para terminar o ensino secundário, que acabaria todavia por abandonar. Viria a juntar-se posteriormente à família, evitando assim ser recrutado para as forças alemãs.

Dois anos antes da idade normal, realizou o exame de admissão no Instituto Politécnico Federal de Zurique (ETH) na Suíça, mas foi reprovado. Não desanimando Einstein começou a frequentar a Escola Cantonal em Aarau. Em 1896 tentou novamente o ETH, acabando por conseguir o acesso. Ai se graduou em física e matemática, e conheceu aquela que viria a ser a sua primeira mulher Mileva Marić, com quem teve 3 filhos. Apenas há registo de 2, dado que se pensa que a primeira filha, Lieserl, teria sido dada para adopção.

Em 1902 consegue uma colocação como examinador de 3.ª classe na Repartição dos Patentes de Berna, tendo adquirido a nacionalidade suíça no ano anterior.

No ano de 1905, Einstein elaborou a sua tese de doutoramento pela Universidade de Zurique, que apareceu publicada na prestigiada revista científica "Annalen der Physik". A mesma que publicaria os outros 4 famosos artigos sobre a *hipótese dos quanta da luz*, *movimento browniano*, *electrodinâmica dos corpos em movimento* e por último, onde apareceria a equação mais famosa da física:  $E=mc^2$ .

Passados 4 anos, Einstein estabeleceria que qualquer teoria da luz deveria combinar os aspectos da teoria ondulatória e da teoria corpuscular, sendo este o 1.º enunciado do dualismo onda-corpusculo. Nesta altura (1911) tornou-se professor de física na Universidade de Zurique e passados dois anos (1913) aceitou o cargo de director do Instituto de Física Teórica na Universidade Alemã de Praga, regressando um ano mais tarde ao ETH, mas desta vez como professor catedrático. Neste mesmo ano terminou a sua relação de 17 anos com Mileva Marić e assumiu a sua relação com a prima Elsa Einstein-Lowenthal.

Desde 1914 até 1933 permaneceu na Universidade de Berlim até à tomada de posse dos nazis, vendo-se então obrigado a abandonar a Alemanha para sempre. Em 1921 Einstein fez a sua primeira visita aos Estados Unidos da América com o objectivo de angariar fundos para o projecto de uma universidade hebraica em Jerusalém.

Durante a sua vida recebeu a medalha de Barnard e o Prémio Nobel da Física de 1921, pelos seus estudos sobre o efeito fotoeléctrico e foi indicado para membro da Comissão para a Cooperação Intelectual da Sociedade das Nações. Passados 4 anos Einstein é condecorado com a Medalha Copley da *Royal Society*, e nesse mesmo ano, juntamente com Mahatma Gandhi, trabalhou numa campanha pela abolição do serviço militar obrigatório. Um ano mais tarde foi condecorado com a Medalha de Ouro da *Royal Astronomical Society*, de Londres.

Em 1934, assumiu o cargo de director do *Institute for Advanced Study* da Universidade de Princeton, e em Paris publicou uma tradução francesa intitulada "Mein Weltbild" (A minha visão do Mundo). Passados 2 anos e para sua tristeza morre a sua segunda esposa e prima Elsa, e escreve outro livro denominado "Evolução da Física (1938).

No ano de 1940, após a Segunda Guerra Mundial, tornou-se cidadão dos Estados Unidos, mas mantendo a cidadania suíça. A partir de 1946, Einstein continuou a trabalhar exaustivamente como há 45 anos atrás com o objectivo de concluir a sua elaboração sobre a Teoria do Campo Unificado. Três anos depois foi hospitalizado devido a uma indisposição acabando por lhe ser diagnosticado um aneurisma da aorta na zona abdominal. Na manhã do dia 18 de Abril de 1955, Albert Einstein morre, sendo o seu corpo cremado, após a remoção do cérebro e dos olhos.

Nas palavras da sua enteada, Margot, "A serenidade da sua morte ensina-nos como devemos viver".

- 1879 – Nasce Albert Einstein.
- 1884 – Recebe a sua primeira bússola, começando a investigar o mundo natural.
- 1894 – Permanece sozinho, em Munique para terminar o ensino secundário.
- 1895 – Tenta a admissão no ETH sem sucesso.
- 1896 – Inicia os estudos no ETH.
- 1898 – Conhece aquela que viria a ser a sua primeira esposa, Mileva Marić.
- 1901 – Adquire a nacionalidade suíça e muda-se para Berna.
- 1902 – Mileva dá à luz a primeira filha, Lieserl, mas da qual não há registo posterior.
- 1903 – Casa com Mileva.
- 1904 – Nasce o primeiro filho, Hans Albert Einstein.
- 1905 – Elabora a sua tese intitulada "Uma Nova Determinação de Dimensões Moleculares".
- 1906 – Trabalha como perito técnico na Repartição de Patentes de Berna.
- 1907 – Começa a defender as leis da gravidade e a sua teoria da Relatividade.
- 1909 – É convidado pela Universidade de Zurique para o cargo de professor-assistente de física.
- 1911 – Torna-se professor catedrático na Universidade Germânica de Praga.
- 1914 – Separa-se de Mileva e casa-se com a sua prima Elsa.
- 1919 – Um eclipse solar permite provar a sua Teoria Geral da Relatividade.
- 1922 – É agraciado com o prémio Nobel da Física de 1921.
- 1934 – Assume o cargo de director do *Institute for Advanced Study* da Universidade de Princeton.
- 1940 – Torna-se cidadão americano.
- 1955 – Einstein acaba por morrer após lhe ter sido diagnosticado um aneurisma da aorta na zona abdominal.





---

# **fisica@web**

## **Blended Learning**

### Instituto Superior de Engenharia do Porto

---



---

Trabalho realizado no âmbito do projecto:  
**Física@Web – Blended Learning** celebrando o centenário do Anus Mirabilis de Einstein

---

Sara Filipa de Moreira Pinheiro

---

TÍTULO

Albert Einstein – Annus Mirabilis

CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO

Alexandra Agra Amorim & João Neves Pinto

INICIATIVA

Alexandra Agra Amorim & João Neves Pinto

físic@web – blended learning

Celebrando o Centenário do “Annus Mirabilis” de Albert Einstein

EDIÇÃO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

DESIGN

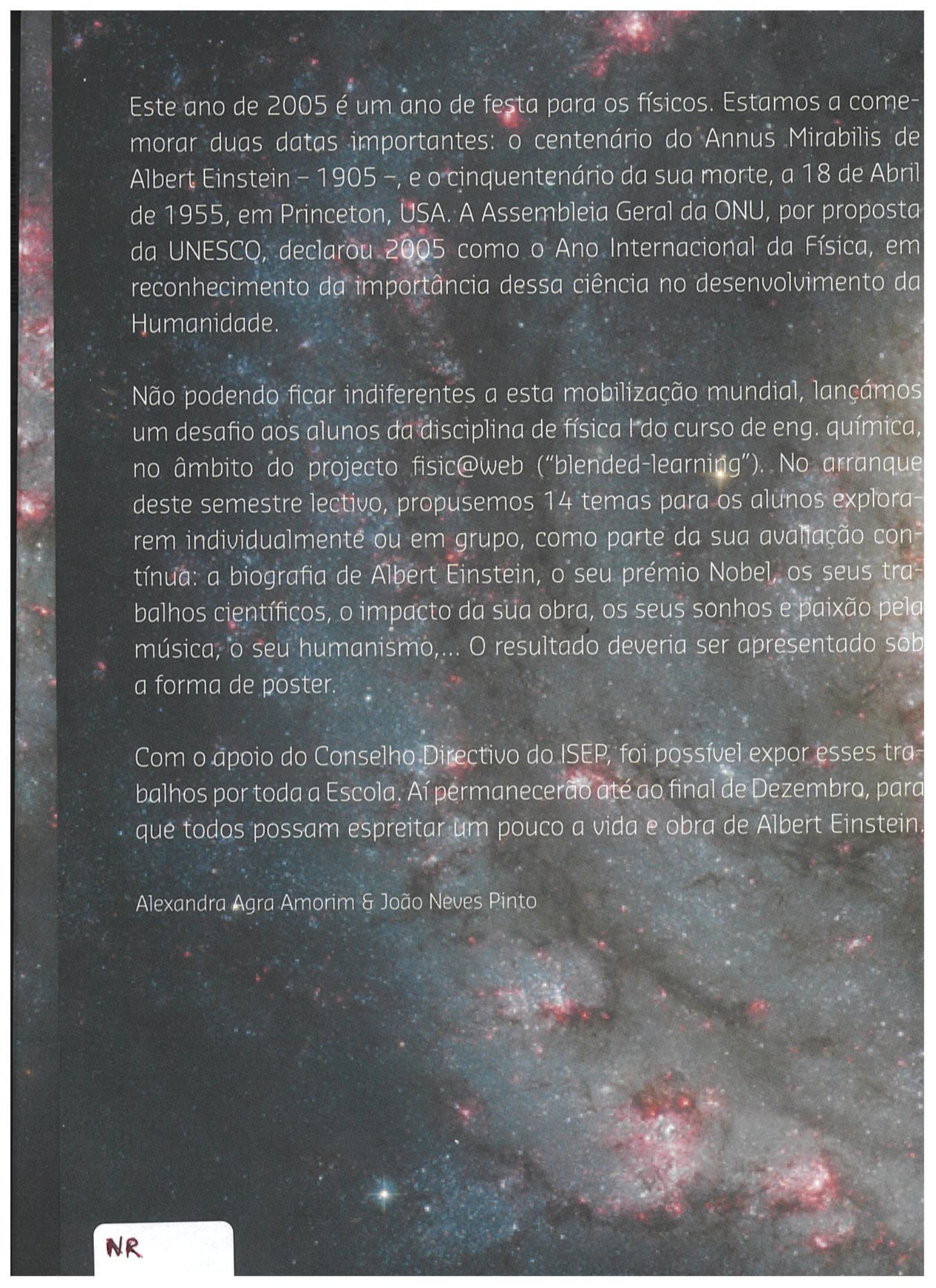
António Cruz

IMPRESSÃO

Minerva, Artes Gráficas, Outubro, 2005

TIRAGEM

500 Exemplares



Este ano de 2005 é um ano de festa para os físicos. Estamos a comemorar duas datas importantes: o centenário do Annus Mirabilis de Albert Einstein – 1905 –, e o cinquentenário da sua morte, a 18 de Abril de 1955, em Princeton, USA. A Assembleia Geral da ONU, por proposta da UNESCO, declarou 2005 como o Ano Internacional da Física, em reconhecimento da importância dessa ciência no desenvolvimento da Humanidade.

Não podendo ficar indiferentes a esta mobilização mundial, lançámos um desafio aos alunos da disciplina de física I do curso de eng. química, no âmbito do projecto `fisic@web` (“blended-learning”). No arranque deste semestre lectivo, propusemos 14 temas para os alunos explorarem individualmente ou em grupo, como parte da sua avaliação contínua: a biografia de Albert Einstein, o seu prémio Nobel, os seus trabalhos científicos, o impacto da sua obra, os seus sonhos e paixão pela música, o seu humanismo,... O resultado deveria ser apresentado sob a forma de poster.

Com o apoio do Conselho Directivo do ISEP, foi possível expor esses trabalhos por toda a Escola. Aí permanecerão até ao final de Dezembro, para que todos possam espreitar um pouco a vida e obra de Albert Einstein.

Alexandra Agra Amorim & João Neves Pinto

