

EINSTEIN: O HOMEM QUE MUDOU O PENSAMENTO DO HOMEM

Elias Silva Filho*

RESUMO

O ano de 1905 é considerado “Ano Miraculoso da Ciência”, pois foi quando o físico Albert Einstein apresentou através da revista alemã “*Annalen der Physik*” cinco trabalhos que revolucionaram a Física da época. Os trabalhos foram: (a) o artigo sobre o quantum de luz, que levou Einstein a ganhar o Prêmio Nobel; (b) a sua tese de doutoramento sobre um novo método para determinação das dimensões moleculares; (c) o artigo sobre o movimento browniano; (d) o artigo fundamental sobre a relatividade; (e) o segundo artigo sobre a relatividade. O centenário do chamado “Ano Miraculoso” levou a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) a declarar 2005 como o Ano Internacional da Física. As contribuições de Einstein devem ser observadas como tentativas de unificação da Física, que caracterizou toda a sua trajetória científica. Neste artigo é apresentado brevemente uma descrição dos trabalhos de Einstein de 1905, bem como um resumo cronológico

* Doutor em Energia Nuclear pela Universidade de Karlsruhe – Alemanha. Professor Adjunto da UFPE, onde leciona Física na Área II e no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (PROTEN).

focalizando acontecimentos importantes da vida do cientista.

INTRODUÇÃO

O ano de 1666 é conhecido como “O Primeiro Ano Miraculoso da Ciência” porque foi aí que Newton apresentou um conjunto de trabalhos científicos desenvolvidos por ele, que compreendia uma versão do cálculo, a teoria das cores e a teoria da gravitação universal, revolucionando, com isso, a ciência da época.

Em 1905, ocorreu nova revolução científica, com a divulgação na revista alemã “Annalen der Physik” de cinco trabalhos desenvolvidos por outro cientista genial, Albert Einstein, e aquele ano passou a ser considerado como “O Segundo Ano Miraculoso da Ciência”. Os cinco artigos de Einstein publicados na mencionada revista foram:

- Uma Determinação das Dimensões Moleculares;
- O Movimento Browniano;
- O Quantum e o Efeito Fotoelétrico;
- Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento;
- A Inércia de um Corpo Depende de Sua Energia?

Os dois últimos artigos foram unificados com o título de “A Teoria da Relatividade Especial ou Restrita”.

Segundo Vieira (2003), o que se passou com Einstein em 1905 pode ser classificado como uma

verdadeira tormenta mental de criatividade e de domínio das técnicas e da fenomenologia da Física da época.

Antes de apresentarmos algumas considerações sobre os cinco trabalhos de Einstein divulgados no “Ano Miraculoso” vale ressaltar as condições em que seu autor se encontrava quando eles foram produzidos.

Logo que, em 1900, obteve o diploma de graduação em Física e Matemática na Escola Politécnica de Zurique, Einstein tinha como objetivo tornar-se professor universitário, mas para seu desgosto todas as portas das universidades estavam cerradas para ele, até que, em 1902, consegue um emprego como técnico de terceira classe no Escritório de patentes de Berna (Suíça), mas já em 1901 inicia atividade de pesquisador autônomo, totalmente desligado de meios acadêmicos e centros de pesquisa.

Os trabalhos apresentados em 1905 foram realizados através de, como o próprio Einstein falava, “experiências mentais”, no recinto de seu modesto apartamento de Berna e nas horas vagas na sua sala de trabalho do Escritório de Patentes. Obviamente, essas “experiências mentais” exigiam de Einstein não só a força do raciocínio mas também a força da intuição.

Para o professor Schemberg (1979), a faculdade mais importante do homem é a intuição, que se liga com a fantasia. Estudando mais atentamente a vida dos homens do passado é que se vê quanto essa fantasia é importante. Em Einstein isso é claríssimo, diz Schemberg.

Karl Popper (1982), observando os métodos de trabalho de vários cientistas, inclusive os de Einstein, começou a chamar a atenção para o valor das qualidades imaginativas, chegando mesmo a dizer que a elaboração de uma grande teoria científica apóia-se às vezes na metafísica.

UMA NOVA DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES MOLECULARES

Ainda que esse trabalho de Einstein seja o menos conhecido dentre aqueles apresentados em 1905, é o citado com mais frequência por outros cientistas. Com ele Einstein obteve em 15 de janeiro de 1906, o grau de Doutor pela Universidade de Zurique.

Segundo Abraham Pais, físico e biógrafo de Einstein, dos onze artigos científicos publicados (por qualquer autor) antes de 1912 e citados mais frequentemente entre 1961 e 1975, quatro são de Einstein. No topo da lista está a tese de doutorado, conforme cita Vieira (2003). Nela, Einstein desenvolveu novo método para calcular os valores dos raios das moléculas e do número de Avogadro (número de átomos ou de moléculas existentes, respectivamente, no átomo grama ou na molécula grama de uma substância).

A razão principal para que este trabalho de Einstein seja mais citado que outros mais conhecidos é que ele tem aplicações práticas mais diretas em outras áreas do conhecimento, como por exemplo na Ecologia (movimento de aerossóis nas nuvens) e na indústria alimentícia (movimento de micelas de caseína no leite de vaca).

MOVIMENTO BROWNIANO

Em 1927, o botânico escocês Robert Brown observando ao microscópio o movimento de diminutas partículas de pólen suspensas na água, concluiu que esses grânulos se movem caoticamente. Esse movimento é denominado de “movimento browniano”. De início,

pensava-se que o fenômeno era devido a movimentos da matéria viva, porém análises mais detalhadas revelaram que quaisquer espécies de partículas finas, suspensas em um fluido se mantinham em constante agitação e na época nenhum pesquisador sabia explicar o fato. Einstein, então, se interessou em estudar o fenômeno e provou por meio de raciocínio concludente que esse movimento podia ser interpretado como evidência da existência das moléculas e defendia a hipótese de que, apesar da velocidade de uma partícula suspensa em um fluido (líquido ou gás) não ser observável, o efeito de uma sequência de movimentos irregulares pode ser observado ao microscópio, como cita Torres (1996).

Einstein fez previsões quantitativas a respeito do movimento desordenado e errático das partículas, concluindo que ele é resultado de colisões entre as moléculas do fluido e as partículas em suspensão. Ele chegou a desenvolver uma equação matemática onde consta o número de Avogadro. Registra Wher (1965) que, mais tarde, o físico francês Jean Perrin comprovou experimentalmente a validade da fórmula deduzida por Einstein.

O QUANTUM E O EFEITO FOTOELÉTRICO

No fim do século XIX uma série de experiências revelaram que elétrons são emitidos da superfície de um metal quando a mesma é atingida por luz de frequência suficientemente alta. Este fenômeno é conhecido como Efeito Fotoelétrico.

A experiência mostra que quando a frequência da luz empregada é alta a energia cinética dos elétrons emitidos

(denominados fotoelétrons) é também alta, isto é, a energia dos fotoelétrons depende da frequência da luz incidente na superfície metálica. Quando a luz incidente tem frequência abaixo de certo valor crítico, denominada de frequência limiar, característica de cada metal particular, não são emitidos elétrons da superfície. Acima dessa frequência limiar, os fotoelétrons apresentam energias cinéticas que vão de zero até um certo valor máximo, e esta energia cresce linearmente com a frequência, de acordo com a equação:

$$E_c = \hbar (f - f_0)$$

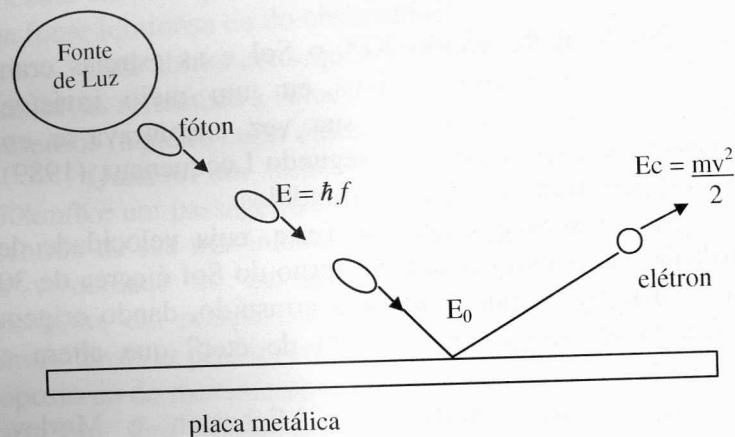
onde: E_c = energia cinética dos fotoelétrons
 f = frequência da luz incidente na superfície
 f_0 = frequência limiar
 \hbar = constante de Planck, cujo valor é $6,63 \times 10^{-34}$ J.s

Para interpretar o efeito fotoelétrico, Einstein, deduz pelo raciocínio a natureza corpuscular da luz. Esta idéia da luz comportar-se como partícula já havia sido lançada por Newton, mas em seguida foi abandonada.

Einstein, fundamentado em um conjunto de regras e métodos, demonstra que determinados fenômenos tais como, o efeito fotoelétrico, só podem ser interpretados assumindo que a luz é composta de grãos de energia ou partículas de energia (que passaram a ser chamadas de fótons), isto é, que um raio de luz na verdade é uma sucessão de partículas energéticas que foram emitidas por uma fonte de luz, em seqüência, isto é, uma seguida da outra com frequência de emissão tão grande que não podemos

distinguir o intervalo de separação entre dois grãos de luz consecutivos.

Cada fóton transporta uma quantidade de energia denominada de quantum, igual a $E = \hbar f$. A figura abaixo evidencia o fenômeno.



Pela conservação da energia temos:

$$E = E_0 + E_c \quad \therefore$$

$$\hbar f = \hbar f_0 + E_c \quad \therefore$$

$$E_c = \hbar (f - f_0)$$

onde $E_0 = \hbar f_0$ é a energia mínima para “arrancar” um elétron da superfície da placa. Esta energia é denominada “função trabalho” ou “energia limiar”.

A equação do efeito fotoelétrico que Einstein propôs foi verificada experimentalmente por Millikan em 1916, com grande precisão.

Vale ressaltar que ao contrário do que muita gente pensa, Einstein ganhou o Prêmio Nobel de Física em 1921, não pela Teoria da Relatividade, mas pelo seu trabalho sobre o Efeito Fotoelétrico.

A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL OU RESTRITA

No final do século XIX o Sol e as estrelas eram concebidos como corpos fixos em um meio invisível denominado éter e este por sua vez encontrava-se em repouso no espaço absoluto e segundo Locqueneux (1989), éter e espaço eram por vezes confundidos.

Ao atravessar o éter, a Terra, cuja velocidade de translação em órbita elíptica em torno do Sol é cerca de 30 quilômetros por segundo, tende a arrastá-lo, dando origem ao fenômeno denominado “vento de éter” que altera a velocidade da luz.

Dois físicos americanos, Michelson e Morley, tentaram comprovar a ocorrência deste fenômeno empregando métodos ópticos e utilizando um instrumento de precisão conhecido como interferômetro, construído pelo próprio Michelson. As experiências foram feitas e os resultados foram negativos, ou seja, não houve diferença dos valores obtidos para a velocidade da luz. Quando a experiência foi efetuada em diferentes estações do ano e em diversos lugares, o valor obtido para a velocidade da luz foi sempre o mesmo, cerca de $3,0 \times 10^8$ metros por segundo.

Para Beiser (1969), os resultados das experiências de Michelson e Morley tiveram duas conseqüências. Em primeiro lugar, tornou insustentável a hipótese da existência do éter pela demonstração de que o éter não possui

propriedades mensuráveis, pois era de se esperar que a velocidade do “vento de éter” interferisse na velocidade da luz e portanto esperava-se que alguma mudança pudesse ser notada na luz observada – um fim ignominioso para algo que já fora uma idéia respeitável. Em segundo lugar, sugeriu um novo princípio físico: a velocidade da luz no vácuo é a mesma em toda parte independente de qualquer movimento da fonte luminosa ou do observador.

Esta última conseqüência vai de encontro a idéias já intuitivas referentes à velocidades de partículas ou de corpos extensos (aqueles cujas dimensões não são desprezíveis).

Quando um trem se desloca com velocidade de 50km/h e um passageiro corre no interior do trem no mesmo sentido de seu movimento com velocidade de 2km/h, então a velocidade do passageiro em relação aos trilhos e, portanto, em relação ao solo será igual a 52km/h. Se ao invés disso, o passageiro correr para trás, isto é, no sentido oposto ao do movimento do trem, sua velocidade em relação ao solo será 48km/h. Por outro lado, se o passageiro conseguisse correr para trás com a mesma velocidade do trem, 50km/h, então permaneceria no mesmo lugar em relação ao solo, ou seja, a velocidade resultante do passageiro seria zero.

Estas regras para combinar as velocidades de um corpo que se move em relação a um outro, que por sua vez se desloca em relação a um terceiro (o solo ou a Terra, no exemplo acima) valem segundo a Física Clássica, para qualquer velocidade, grande ou pequena: sempre se devem somar (ou subtrair) as duas velocidades, para obter a velocidade resultante do primeiro corpo em relação ao terceiro. Por outro lado, não há, na Física Clássica, nenhum

limite para a velocidade de um corpo, que pode ser tão grande quanto se imagine.

Einstein contestou todas essas verdades intuitivas com base em evidências indiretas: a Teoria do Eletromagnetismo cujo autor foi Maxwell e que compreende a teoria da luz não parecia para Einstein satisfatória quando aplicada a corpos em movimento. Para Hamburguer (1984), os pontos de vista de Einstein desconsiderando aspectos da Física Clássica geram interessantes controvérsias entre alguns historiadores da Ciência no que tange à trajetória que o levou a suas descobertas.

Para Newton, um dos ícones da Física Clássica, as medidas do comprimento e da massa de um objeto são sempre as mesmas, quer o objeto se encontre em um recinto em repouso ou em um recinto em movimento. Além disso Newton considera que a medida do intervalo de tempo de duração de um evento tem sempre o mesmo valor independente do evento ocorrer no interior de um recinto em repouso ou em movimento e que não existe limite para a velocidade de um corpo.

Einstein contestou todas essas afirmações apresentando novos conceitos de tempo, massa e de espaço, onde a velocidade da luz no vácuo ($3,0 \times 10^8$ m/s) é a maior velocidade finita possível e nenhuma partícula ou corpo extenso em movimento pode alcançá-la.

O tempo, o comprimento e a massa de um objeto variam com sua velocidade, segundo Einstein.

O tempo de duração de um evento em um recinto que se movimenta com velocidade próxima a da luz é maior do que em um recinto em repouso.

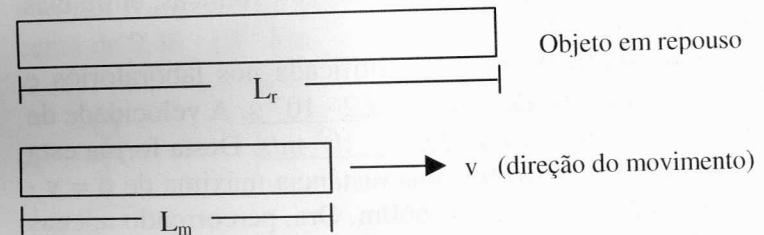
$$t_{\text{evento,m}} = \frac{t_{\text{evento,r}}}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$t_{\text{evento,m}}$ = duração do evento no recinto em movimento
 $t_{\text{evento,r}}$ = duração do evento no recinto em repouso
 v = velocidade do recinto que se move
 c = velocidade da luz

Objetos que se movem com velocidades altíssimas sofrem uma contração na direção em que se deslocam.

$$L_m = L_r \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

L_m = comprimento do objeto em movimento
 L_r = comprimento do objeto em repouso



A massa de um objeto aumenta com sua velocidade.

$$M_m = \frac{M_r}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

M_m = massa do objeto em movimento
 M_r = massa do objeto em repouso

A equivalência massa-energia foi estabelecida por Einstein e é dada por:

$$E = Mc^2$$

De todos os aspectos da Teoria da Relatividade, o princípio de aumento de massas é o que mais foi comprovado experimentalmente.

Um exemplo interessante que confirma a validade da Teoria da Relatividade envolve o movimento dos mésons.

Na alta atmosfera (distante de cerca de 10km da superfície da Terra) existem colisões dos raios cósmicos (vento de partículas com grande energia) com o ar. Ali formam-se vários tipos de partículas subatômicas, entre elas o méson μ (méson mi).

Esta partícula já foi identificada nos laboratórios e tem uma vida média de cerca de $2,2 \cdot 10^{-6}$ s. A velocidade de um méson μ é de cerca de $2,994 \cdot 10^8$ m/s. Desta forma esta partícula deveria percorrer uma distância máxima de $d = v \cdot t = 2,994 \cdot 10^8 \times 2,2 \cdot 10^{-6} = 660$ m. Ora, percorrendo apenas 660m, eles nunca atingiriam o solo terrestre. Porém, muitos deles já foram detectados na superfície da Terra. Como isto seria possível? A Teoria da Relatividade mostra que na realidade a sua vida média aumenta para:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2,994 \cdot 10^8}{3,000 \cdot 10^8}\right)^2}} \cong 35 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

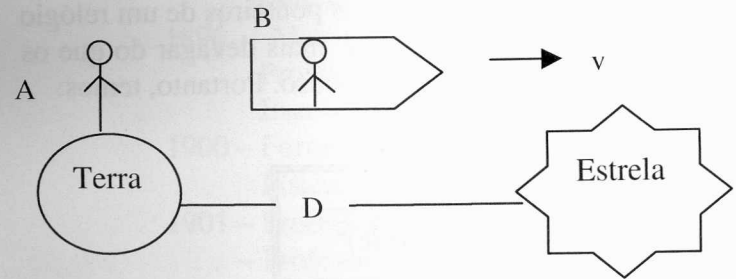
Assim um méson μ pode percorrer uma distância $d' = v t' = 2,994 \cdot 10^8 \times 35 \cdot 10^{-6} \cong 10.500 \text{ m} \therefore$

$$d' = 10,5 \text{ km}$$

Portanto, os mésons podem atingir a superfície da Terra.

Um outro exemplo de validade puramente teórica de aplicação da Teoria da relatividade é o chamado “Paradoxo dos Gêmeos”.

Admita que A e B são irmãos gêmeos com vinte anos de idade e B parte da Terra rumo a uma estrela distante 4 anos-luz da Terra, com uma velocidade igual a 99% da velocidade da luz ($c = 3,0 \cdot 10^5$ km/s). Vale mencionar que 1 ano-luz é a distância percorrida pela luz em um ano e vale cerca de $9,46 \cdot 10^{12}$ km.



$$v = 0,99c = 0,99 \times 300.000 \text{ km/s} = 297.000 \text{ km/s}$$

$$D = 4 \text{ anos-luz} = 4 \times 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km} = 37,84 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

km

Para o gêmeo A que ficou na Terra a viagem de ida e volta levaria:

$$t_A = \frac{2D}{v} = \frac{2 \cdot 37,84 \cdot 10^{12} \text{ km}}{297.000 \text{ km/s}} \cong 2,55 \cdot 10^8 \text{ s} \cong 8 \text{ anos}$$

Então, o gêmeo A teria $20 + 8 = \underline{28}$ anos.

Mas, para o gêmeo B a viagem de ida e volta levaria:

$$t_B = t_A \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2} = 8 \cdot \sqrt{1 - 0,99^2} \cong 1 \text{ ano}$$

Então o gêmeo B teria $20 + 1 = \underline{21}$ anos.

Portanto, por causa da viagem, o gêmeo B ficaria 7 anos mais novo que o gêmeo A.

Este resultado aparentemente conflitante tem a seguinte explicação, pela Teoria da Relatividade:

Como já foi mencionado, no recinto em movimento o tempo de duração de um evento demora mais a passar do que no recinto em repouso, então os ponteiros de um relógio no recinto em movimento “andam” mais devagar do que os de um relógio de um recinto em repouso. Portanto, temos:

$$t_{\text{relógio,m}} = t_{\text{relógio,r}} \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

$t_{\text{relógio,m}}$ = leitura no relógio do recinto em movimento

$t_{\text{relógio,r}}$ = leitura no relógio do recinto em repouso

CRONOLOGIA

- 1879 – Albert Einstein nasce em Ülm (Alemanha).
- 1880 – Mudança para Munique.
- 1881 – Nasce a irmã Maja.
- 1885 – Inicia aulas de violino.
- 1884 a 1889 – Estuda na Escola Pública Elementar Católica.
- 1889 a 1894 – Estuda no “Luitpold Gymnasium”. – Escreve seu primeiro ensaio sobre Física: “Investigação sobre o Estado do Éter em um Campo Magnético”.
- 1895 – Faz seu primeiro vestibular para a Escola Politécnica de Zurique. Foi reprovado.
 - Ingressa na Escola Cantonal de Aarau (Suíça) para concluir o curso médio.
- 1896 – Matricula-se no Curso de Formação de Professores de Matemática e Física da Escola Politécnica de Zurique.
- 1900 – Forma-se Professor de Matemática e Física.
- 1901 – Professor de uma escola Técnica.
 - Professor de uma Escola de 2º grau.
 - Inicia carreira de pesquisador independente.
- 1902 – Muda-se para Berna.
 - Nasce a filha Lieserl.
 - Anuncia aulas particulares de Matemática e Física.

- Começa a trabalhar no Escritório de Patentes.
- 1903 - Casa-se com Mileva Maric, sua colega de turma na Escola Politécnica de Zurique e mãe de Lieserl.
- 1904 - Nasce o filho Hans Albert.
 - Inicia a discussão dos conceitos da Teoria da Relatividade Restrita (Especial) com Michele Besso, seu colega da Escola Politécnica de Zurique.
- 1905 - Publica cinco artigos na revista alemã "Annalen der Physik", que revolucionaram a física da época.
- 1906 - Promovido a técnico de 2ª classe no Escritório de Patentes de Berna.
- 1907 - Escreve artigo sobre as primeiras idéias da Teoria da Relatividade Geral.
- 1908 - Professor na Universidade de Berna.
- 1909 - Professor na Universidade de Zurique.
- 1910 - Nasce o filho Eduard.
- 1911 - Professor na Universidade Alemã de Praga.
- 1912 - Professor na Escola Politécnica de Zurique.
- 1913 - Eleito para a Academia Prussiana de Ciências.
- 1914 - Assume posto na Universidade de Berlim, sem obrigação de dar aulas.
- 1915 - Einstein e o físico holandês Johannes de Hass descobrem o efeito Einstein-de Hass, ligado ao ferromagnetismo.
 - Finaliza a Teoria da Relatividade Geral.

- 1916 - Publica o artigo final sobre a Relatividade Geral.
- 1917 - Publica seu primeiro livro "Sobre a Teoria da Relatividade Especial e Geral".
- 1919 - Divorcia-se de Mileva.
 - Ocorre a comprovação histórica da Teoria da Relatividade Geral, com a observação do desvio dos raios de luz das estrelas.
 - Casa-se com Elsa, sua prima.
- 1920 - Professor visitante em Leiden (Holanda).
 - Membro do Conselho da Liga Germânica para os Direitos Humanos.
- 1921 - Faz palestras nos Estados Unidos.
- 1922 - Ganha o Prêmio Nobel de Física de 1921.
- 1924 - Descobre o fenômeno "Condensado de Bose-Einstein".
- 1925 - Visita a Argentina, o Uruguai e Brasil.
 - Assina o manifesto pacifista contra a obrigação do serviço militar.
- 1926 - Membro honorário da Academia de Ciências da União Soviética.
- 1927 - Inicia debate com Bohr sobre os fundamentos da Mecânica Quântica.
- 1928 - Tem problemas de saúde.
- 1929 - Faz 50 anos de idade e recebe muitas homenagens.
- 1930 - Assina o manifesto a favor do desarmamento mundial.
- 1931 - Publica sua coleção de ensaios "Como vejo o Mundo".

- 1932 – Grava em disco o texto “Meu Credo”, cuja renda seria remetida para a Liga Alemã para a Justiça entre os homens.
- Faz palestras para angariar fundos para crianças necessitadas da Alemanha.
 - Aceita cargo no Instituto de Estudos Avançados de Princeton (Estados Unidos).
- 1933 – Governo Nazista confisca suas propriedades.
- Reside temporariamente na Bélgica.
- 1934 – Faz concerto de violino em Nova York em apoio aos refugiados alemães da 2ª guerra.
- 1935 – Solicita oficialmente residência nos Estados Unidos.
- 1936 – Hans Albert, engenheiro hidráulico e seu filho mais velho recebe seu doutorado pela Escola Politécnica de Zurique.
- Morre Elsa.
- 1938 – Publica o livro “A evolução da Física – de Newton até a teoria dos quanta”, em co-autoria com Leopold Infeld.
- 1941 – Faz concerto de violino em Princeton para arrecadar fundos para crianças carentes.
- 1943 – Consultor da Marinha Norte-americana.
- 1945 – Fica contrariado com o lançamento das bombas nucleares sobre o Japão.
- Aposenta-se do Instituto de Estudos Avançados de Princeton.

- 1947 – Seu filho, Hans Albert, torna-se professor de engenharia hidráulica na Universidade da Califórnia.
- 1948 – Morre Mileva, em Zurique.
- 1951 – Morre Maja, em Princeton.
- 1952 – Recusa convite para ser o 1º Presidente de Israel.
- 1953 – Finaliza a última versão da generalização da teoria da relatividade, tentando unificar a gravitação e o eletromagnetismo.
- 1954 – Publica seu último trabalho científico.
- 1955 – Morre devido à rompimento de aneurisma, sendo cremado no mesmo dia. Suas cinzas, a seu pedido, foram espalhadas em local não revelado.
- 1965 – Morre o filho Eduard, em um hospital psiquiátrico na Suíça.
- 1973 – Morre o filho Hans Albert, na Califórnia.

IMPORTÂNCIA FILOSÓFICA DA TEORIA DA RELATIVIDADE

Constitui tarefa de filósofos discutir a natureza da realidade; de físicos (antigamente chamados filósofos naturais), discutir a natureza da realidade física. Para Wher e Richard Jr. (1965) a Filosofia vai, então, muito além da Física. Mas, é natural que a Física tenha influenciado continuamente a Filosofia. Como as descobertas da Física são logo postas a serviço da Engenharia (modificando o ambiente que cerca o homem) ela afeta a formulação das

teorias filosóficas e influencia diretamente o homem, na sua visão de interpretar a vida.

Possivelmente, os maiores benefícios da Teoria da Relatividade, o mais notável e discutido trabalho de Einstein, ainda não sejam de natureza técnica, mas filosófica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEISER, Arthur. *Conceitos de Física Moderna*. São Paulo: Editora Polígono, 1969.

HAMBURGUER, Ernst W . *O que é Física*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1984.

LOCQUENEUX, Robert. *História da Física*. Lisboa: Publicações Europa-América, 1989.

POPPER, K. R. *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Ed. UnB, 1982.

REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA. *Entrevista com o Professor Mário Schemberg*. Vol. 1, nº 2, São Paulo, 1979.

TORRES, Javier C. *Einstein (Relativamente Fácil)*. Rio de Janeiro: Gryphus, 1996.

VIEIRA, Cássio L. *Einstein – O Reformulador do Universo*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.

WHER, M. R.; RICHARD Jr., J. A. *Física do Átomo*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A., 1965.