

O maravilhoso ano de 1932

Cauê

Priscila

Suzana

Poucos Físicos interessados

1900

• Planck

1913

• Bohr

A partir de 1913 o interesse
pelos estudos da Física
Moderna aumentou

1928

- Dirac – Sensação de que havia se atingido um ponto crítico na física.
- Corbino, Roma, (Enrico Fermi e Enrico Persico), incentivo a ciência na Itália, 1929
Palestra “As Novas Metas para Física”
- Física Atomica – “Campo promissor para os físicos teóricos e experimentais”

- Emilio Segre – Era uma época que precisa “atacar” o núcleo.
- Era preciso de uma nova ideia.
- Átomos tinham apenas elétrons e prótons (núcleo de H)

- O He tinham 4 protons, porem sua massa medida era menor que a de 4 protons
- Teoria da Relatividade:

- 1gHe $E=1,5 \cdot 10^6 \text{ cal}$

- As Descobertas em 1932 era tão importantes quanto as de 1865
- Neutrons
- Deutério
- Pósitron
- Aceleradores
- Teoria dos Raios β
- Radioatividade artificiais

A descoberta do neutron

- 2 anos.
- Rutherford ja tinha a ideia duma particula sem carga. (Conferencia de Baker)1920
- 1928 – Walter Boethe
- $\text{Be} \rightarrow \alpha(\text{Po})$ com H tambem.
- Libera “raios gama”, de Energia alta.
- Raios penetrantes.

A descoberta do neutron

- Irene Curie e Frederic Joliot
- Refizeram utilizando amostras de polono extremamente forte.
- Conseguindo ejetar eletrons da camada de parafina.
- Efeito Compton, os “raios gama” deveriam ter seção de choque altissima energia.

A descoberta do neutron

- Chadwick(Cavendish)– Rutherford.
- Chadwick: refez o experimento (He e N)
- Concluiu que a radiação penetrante tinha comportamento neutro, e chamou de NEUTRON.
- Publicou e ganhou o Nobel.
- Portas Abertas para outras partículas.

Descoberta do Deutério

- **Harold Clayton Urey**
- **29 abril 1893 - 1981**
- **Químico**
- **Orientador: Gilbert Newton Lewis**
- **Conhecido por Deutério, experiência de Urey-Miller**
- **Premios: Nobel de Química (1934)**



Deutério

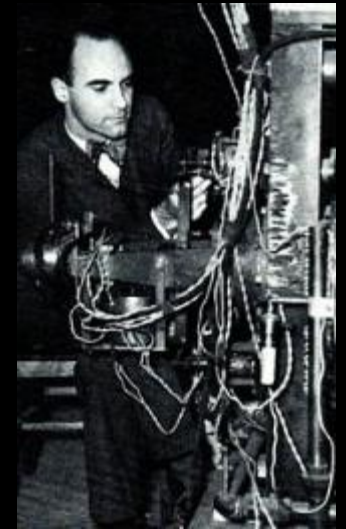
- Isótopo de Hidrogênio de massa 2
- Núcleo formado por um próton e um nêutron
- separaram do hidrogênio por destilação fracionada a -259°C .
- O deutério é utilizado nos processos de fusão nuclear.

O Pósitron



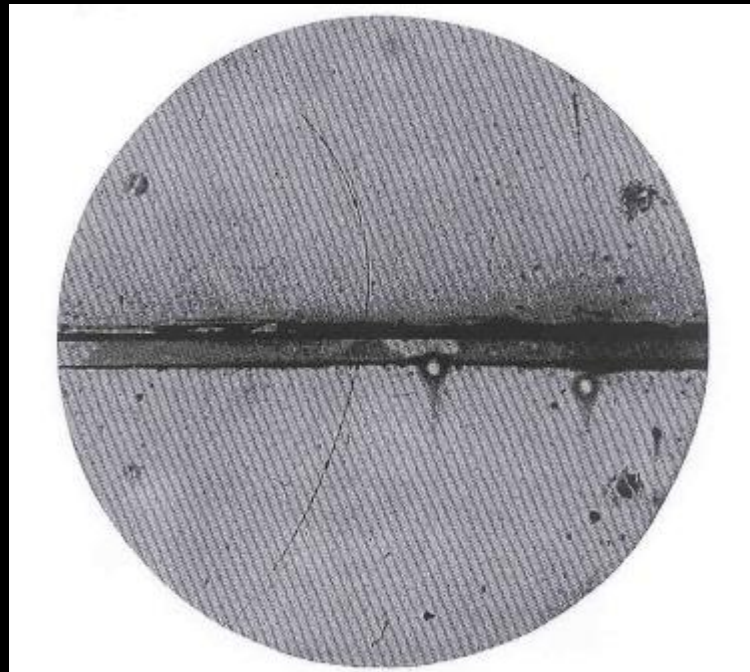
- **Paul Dirac**
- Estudou Engenharia Elétrica
- Se formou em Matemática na Universidade de Cambridge.
- Em 1928, desenvolveu a chamada Equação de Dirac que descreve o comportamento relativístico do elétron. Esta teoria o levou a prever a existência do pósitron, a antipartícula do elétron, que foi observado experimentalmente em 1932 por Carl David Anderson.
- Recebeu o Nobel de Física em 1933, junto com Erwin Schrodinger.

O Pósitron



- Carl David Anderson
- Descobriu em 1932 uma partícula que batizou de pósitron, denominada também elétron positivo,
- apresenta a mesma carga elétrica de um próton
- mesma massa de um elétron – prevista por Dirac
- Pela descoberta do pósitron ganhou o Nobel de Física 1936.

O pósitron, gerado por decaimento radiativo do tipo emissão beta ou pela interação de fótons de alta energia, 1.022 MeV , com matéria. Esse processo é denominado processo elétron-pósitron, sendo ambos gerados a partir da energia de fótons.



A Nova Física Nuclear

- Conselho de Solvay 1933



- Seated (left to right): Erwin Schrodinger, Irène Joliot, Niels Henrik David Bohr, Abram Ioffe, Marie Curie, Paul Langevin, Owen Willans Richardson, Lord Ernest Rutherford, Théophile de Donder, Maurice de Broglie, Louis de Broglie, Lise Meitner, James Chadwick. Standing (left to right): Émile Henriot, Francis Perrin, Frédéric Joliot, Werner Heiseberg, Hendrik Anthony Kramers, E. Stahel, Enrico Fermi, Ernest Thomas Sinton Walton, Paul Dirac, Peter Joseph William Debye, Nevill Francis Mott, Blas Cabrera, George Gamow, Walther Bothe, Patrick Blackett, M.S. Rosenblum, Jacques Errera, Ed. Bauer, Wolfgang Pauli, Jules-Émile Verschaffelt, M. Cosyns, E. Herzen, John Douglas Cockcroft, Charles Drummond Ellis, Rudolf Peierls, Auguste Piccard, Ernest O. Lawrence, Léon Rosenfeld. Absents: Albert Einstein and Charles Eugène Guye

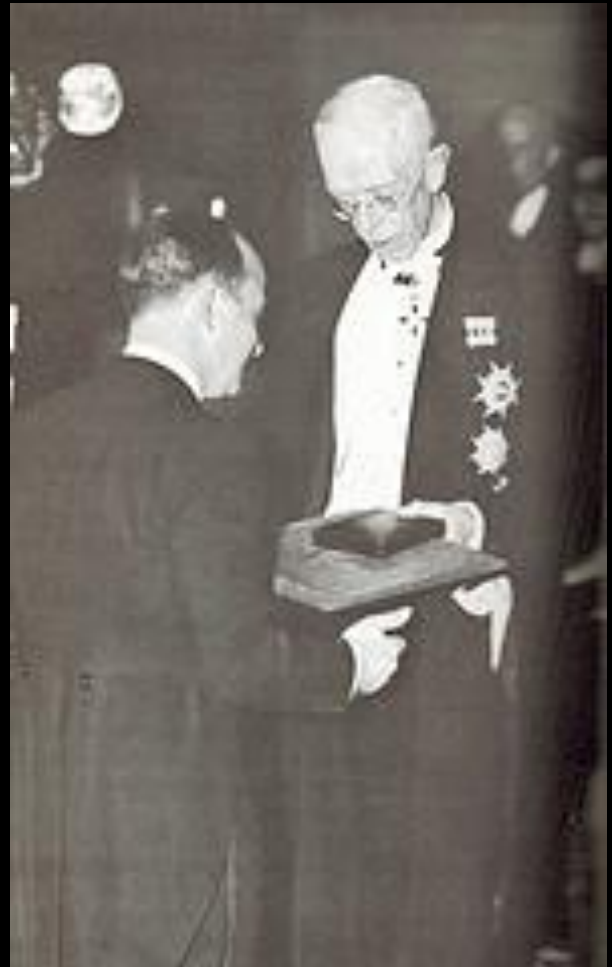
Enrico Fermi



- Enrico Fermi nasceu em Roma
- Pai - inspetor-chefe do Ministério das Comunicações da Itália,
- Mãe - professora de uma escola primária.
- Gostava de física e matemática
- O interesse de Fermi pela física foi incentivado quando um amigo de seu pai, lhe deu vários livros sobre física e matemática.

- Giulio irmão morreu inesperadamente de um abcesso na garganta em 1915, Enrico ficou emocionalmente arrasado, e se refugiou em estudos científicos para se distrair. Todos os dias ele caminhava em frente ao hospital onde Giulio morreu, até que ele se acostumou com a dor.

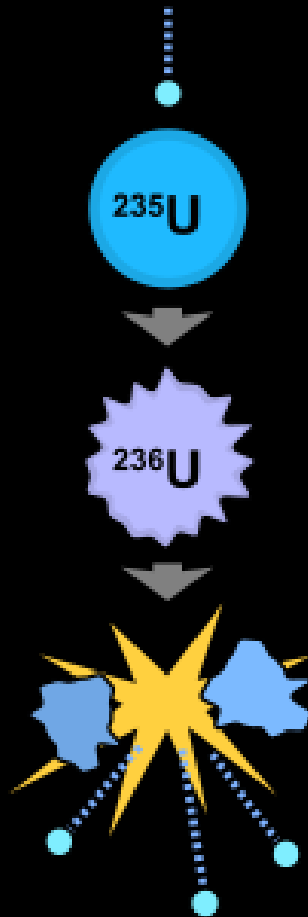




Fissão

- Na física nuclear o processo de **fissão nuclear** é a quebra do núcleo de um átomo instável em dois átomos menores pelo bombardeamento de partículas como nêutrons. Os isótopos formados pela divisão têm massa parecida, no entanto geralmente seguem a proporção de massa de 3 para 2.
- <http://www.youtube.com/watch?v=EGkRvuPpUbM>

Reação em Cadeia



Fragmentos da Fissão têm excesso de nêutrons



Novas Fissões
São produzidos mais nêutrons que na primeira geração



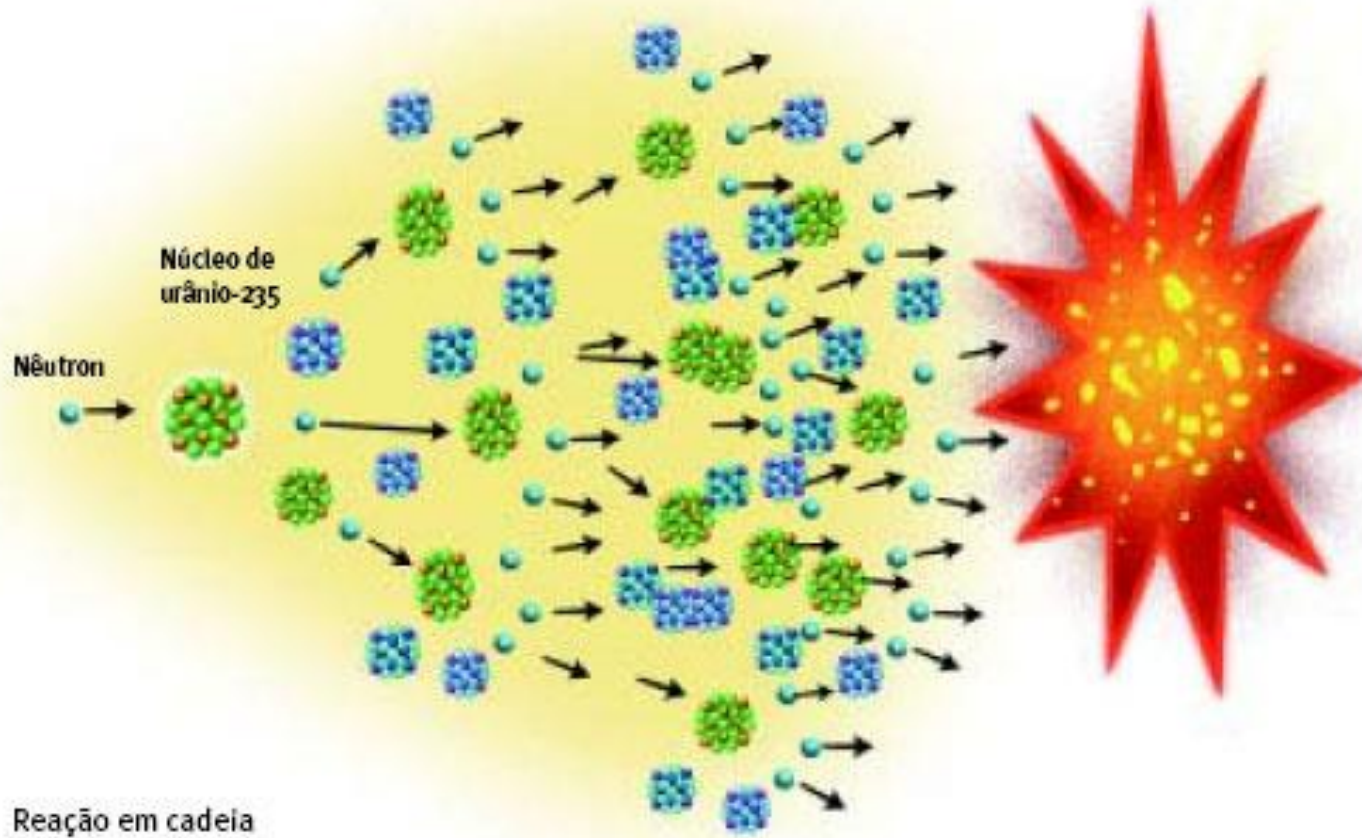
Reação em cadeia divergente



DESCONTROLADA
Bomba Nuclear

CONTROLADA
Energia Nuclear

Reação em Cadeia



Os Físicos e a Energia Nuclear



Janus: Deus romano e suas duas faces

“Ambos os caminhos estão abertos: em direção à bomba atômica e em direção à energia nuclear. (...) Muitas dessas idéias ocorreram a diversos físicos: alguns as guardaram para si, outros tentaram registrar patentes. Também houve uma tentativa, por parte de alguns físicos, de manter em segredo todo o assunto e retardar ou impedir seu desenvolvimento”

Primeiros estudos

- L. Szilard, E. Wigner, E. Teller (húngaros)
- V. Weisskopf (austríaco)
- Enrico Fermi (italiano)
- Mobilização de muitos cientistas americanos



Experiências e
sigilo numa base
voluntária

- Tentativas similares na França, Reino Unido e Alemanha

Carta de Einstein ao presidente dos EUA, F. D. Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E.Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
A. Einstein
(Albert Einstein)

Carta de Einstein ao presidente dos EUA, F. D. Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island
2 de Agosto de 1939

F.D. Roosevelt
Presidente dos Estados Unidos
Casa Branca
Washington, D.C.

Senhor:

Alguns trabalhos recentes de E. Fermi e L. Szilard, que me foram comunicados em manuscrito, levaram-me a crer que o elemento urânio possa ser transformado em uma nova e importante fonte de energia em um futuro próximo. Certos aspectos da situação que se criou parecem exigir atenção e, se necessário, rápida ação por parte da Administração. Creio, portanto, que é meu dever trazer a sua atenção para os seguintes fatos e recomendações:

No decorrer dos últimos quatro meses, foi provado - através do trabalho de Joliot na França, bem como de Fermi e Szilard na América - que é possível a criação de uma reação nuclear em cadeia em uma grande massa de urânio, através da qual vastas quantidades de energia e grandes quantidades de novos elementos semelhantes ao rádio são gerados. Agora, parece quase certo que isso possa ser conseguido em um futuro próximo.

Esse novo fenômeno levaria também à construção de bombas e é concebível - embora não tão certamente - que bombas extremamente poderosas de um novo tipo possam ser construídas. Uma única bomba deste tipo, carregada por um barco e explodida em um porto, pode muito bem destruir todo o porto, juntamente com parte do território circundante. Contudo, tais bombas podem muito bem revelar-se demasiado pesadas para o transporte por via aérea.

Carta de Einstein ao presidente dos EUA, F. D. Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island
2 de Agosto de 1939

F.D. Roosevelt
Presidente dos Estados Unidos
Casa Branca
Washington, D.C.

Os Estados Unidos têm apenas minérios de urânio de baixa qualidade e em quantidades moderadas. Há algumas boas reservas no Canadá e na ex-Tchecoslováquia, mas a grande fonte de urânio está no Congo Belga.

Perante a situação, **o senhor pode pensar que é desejável ter mais contato permanente entre a Administração e o grupo de físicos que trabalham em reações em cadeia nos Estados Unidos.** Uma forma possível de alcançar este objetivo pode ser o senhor confiar esta tarefa a alguém de sua confiança que poderia, quem sabe, atuar em condição extra-oficial. Sua tarefa pode compreender:

- a) **abordar aos Departamentos Governamentais**, mantê-los informados sobre o desenvolvimento e apresentar recomendações para a ação do Governo, dando especial atenção ao problema de garantir fornecimento de minério de urânio para os Estados Unidos;
- b) **acelerar o trabalho experimental**, que está atualmente sendo feito dentro dos limites dos orçamentos dos laboratórios das universidades, fornecendo fundos, caso sejam necessários, pelo contato com pessoas privadas dispostas a contribuir para esta causa, talvez, inclusive, buscando a cooperação de laboratórios industriais que têm o equipamento necessário.

Eu entendo que a Alemanha realmente parou a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia que ela assumiu. Talvez se compreenda por que haja tomado essa ação rápida, pelo fato do filho do Sub-Secretário de Estado Alemão, von Weizsäcker, ser ligado ao Kaiser-Wilhelm-Institut, em Berlim, onde alguns dos trabalhos americanos sobre o urânio estão agora sendo repetidos.

Atenciosamente,

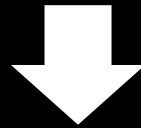
(Albert Einstein)

Bohr, A. Nier e J. R. Dunning

- U^{238} só sofre fissão se bombardeado com nêutrons com $E \approx 1 \text{ MeV}$.
- Nêutrons lentos só produzem fissão no U^{235} (isótopo raro $\rightarrow 1/137$ no U natural)
- Separação de isótopos \rightarrow Empreendimento perigosíssimo!

Elementos Transurânicos

Neptunium (Np^{239}) – 1940, E. McMillan e P. Abelson
→ Decai em Pu^{239} → vida longa e capacidade de sofrer fissão pelo bombardeamento com nêutrons lentos.



Alternativa para a separação de isótopos do U

Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

- Pouco apoio financeiro do governo dos EUA para o projeto nuclear no início da guerra (outros projetos mais importantes)
- 1940/41 – diversas comissões, NRDC (National Defense Research Committee) → Jurisdição sobre o problema do U.
- 1942 – Distrito de Manhattan
- Criação de laboratórios especiais (escala intermediária entre pesquisa e produção)
- Empresas industriais – desenvolvimento. Contratos que não visavam lucros)
- Laboratórios tinham funções claras e bem definidas – uma vez atingida a meta, eram dissolvidos e integrantes designadas novas tarefas.



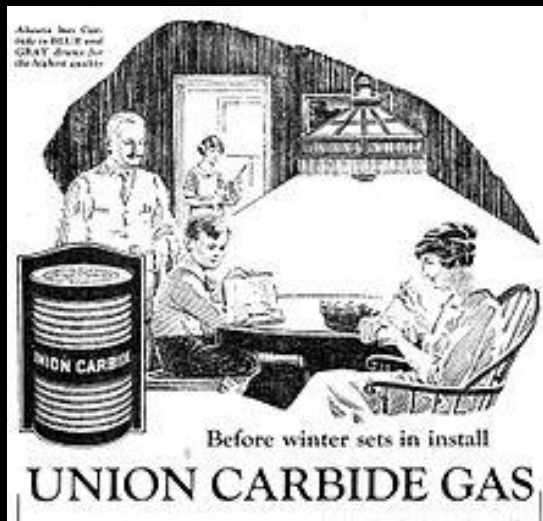
SIGILO

Fermi – Produção de Plutônio

- Fermi trabalhou na reação em cadeia necessária para produzir plutônio → busca de uma reação auto-sustentada (montagem crítica)
- “Laboratório metalúrgico” → aperfeiçoamento para se passar para uma escala de quilogramas de metal puro exigida para uma bomba.

Separação de isótopos do Urânio

- Berkeley
- Eastman Company, Oak Ridge → Kellex Corporation, Carbide e Carbon Chemicals Corporation.



Construção da Bomba

J. R. Oppenheimer

- Estudos teóricos preliminares em Berkeley.
- Nomeado diretor do laboratório dedicado à construção da bomba.
- *“até então era um físico teórico relativamente distraído e desinteressado das coisas práticas, aproveitou a oportunidade e saiu-se muitíssimo bem como diretor.”*

Laboratório de Los Alamos



L-R: Fermi; Bethe; Staub; Weisskopf; and unknown. Sitting: Mrs. Staub; Mrs. Segre; and unknown. On a ski break near Los Alamos, 1943.



- Construção das três primeiras bombas atômicas
- Detonação da primeira bomba em julho de 1945
- Depois da guerra Los Alamos continuou sendo um dos grandes laboratórios nacionais dos EUA.

Desenvolvimento da tecnologia nuclear em outros países

- Alemanha – projeto se iniciou pouco depois da descoberta da fissão mas se desenvolveu muito pouco. (“o que faltava era capacidade”).
- URSS – Condições de trabalho desfavoráveis (invasão nazista). Alta prioridade a armas nucleares após explosões americanas no fim da guerra.
 - 1947 – primeiro reator crítico
 - 1949 – primeira bomba atômica
 - 1953 – bomba mista de fissão-fusão
- Inglaterra – se uniu aos EUA, junto com Canadá.
- Japão – algumas tentativas em pequena escala.

Sigilo

- Consequências?
- Sigilo militar
- Sigilo industrial
- Sigilo científico

“Por definição as ciências devem repartir os conhecimentos e revelar suas descobertas a todo o mundo”