

Fusão a Frio:

A promessa da energia infinita que virou polemica global!

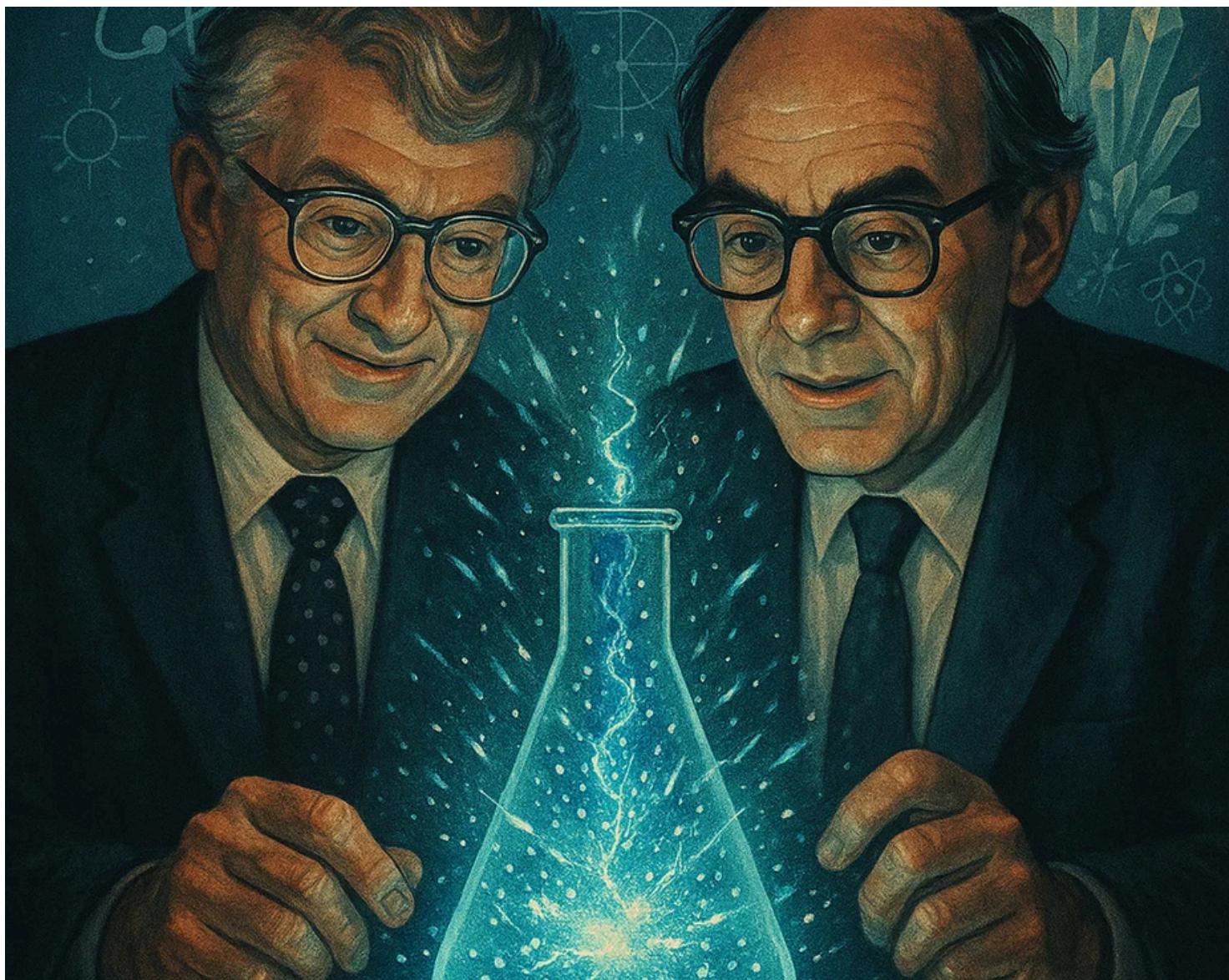
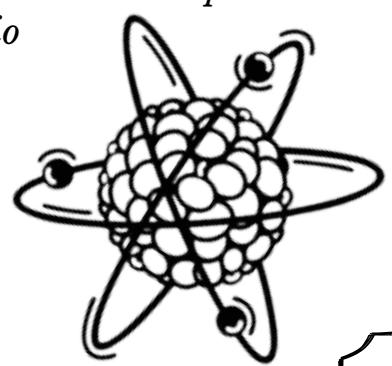


Imagen gerada por inteligência artificial representa o momento simbólico em que os cientistas anunciaram ter alcançado a fusão a frio

Augusto Machado; Camilly Victoria; Diego
Favorato; Isabella Zulim; Victor Augusto

José Otávio Baldinato



ENERGIA

A busca por novas fontes de energia

A Energia que Move o Mundo

O progresso humano ligado ao desenvolvimento tecnológico criou uma preocupação constante na vida do homem. Embora sejamos muito gratos pelo desenvolvimento tecnológico e pela criação da eletricidade, é um fato que a demanda por diferentes recursos energéticos cresce proporcionalmente e que nós somos obrigados a buscar diferentes maneiras de suprir essa demanda.



Com luz mais cara, saiba qual eletrodoméstico gasta mais e como economizar. Disponível em: https://agenciagbc.com/2024/10/02/com-luz-mais-cara-saiba-qual-eletrodomestico-gasta-mais-e-como-economizar/#google_vignette. Acesso em: 19 de Maio de 2025

Usinas térmicas e energia nuclear

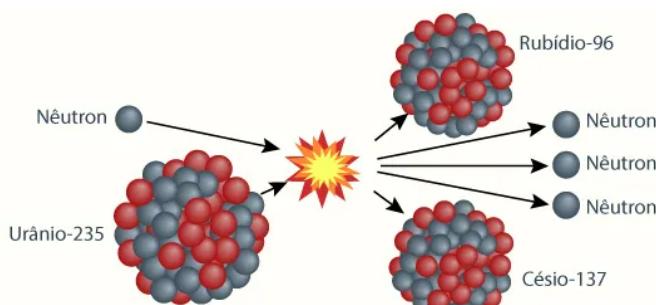


Comumente usam-se em grande escala usinas térmicas para geração de energia, sendo elas convencionais (a óleo ou a gás) ou não convencionais (reatores nucleares), as que iremos trabalhar. A energia nuclear é uma das fontes mais poderosas de energia disponíveis para a humanidade, sendo gerada por meio de dois processos distintos: a fissão nuclear e a fusão nuclear. Embora ambos liberem quantidades imensas de energia a partir de reações atômicas, eles funcionam de maneira completamente diferente e têm prós e contras diferentes.

SÉRIE Chernobyl e a polêmica energia nuclear. Disponível em: https://seebab.com.br/blog/chernobyl-polamica-nuclear/doing_wp_cron=1748701227.6624519824981689453125. Acesso em: 19 maio 2025

FISSÃO NUCLEAR

Potência controlada ou ameaça constante?



Como ocorre uma fissão nuclear. Disponível em: <https://s5.static.brasilescola.uol.com.br/be/2025/01/imagem-ilustrativa-de-como-ocorre-uma-fissao-nuclear.jpg>. Acesso em 21 de Maio de 2025

✓ Vantagens da Fissão:

- Tecnologia já dominada e utilizada em diversas usinas nucleares;
- Produz grande quantidade de energia com pouco combustível (comparado às fontes fósseis).

⚠ Desafios da Fissão:

- Geração de lixo radioativo, que permanece perigoso por milhares de anos;
- Risco de acidentes nucleares, como os casos históricos de Chernobyl e Fukushima.

A fissão nuclear é uma das formas mais conhecidas de geração de energia. O processo ocorre quando um núcleo atômico pesado e instável, como o urânio-235 ou o plutônio-239, é atingido por um nêutron. Esse núcleo absorve o nêutron, torna-se ainda mais instável e se divide em dois ou mais fragmentos menores. Essa divisão libera energia térmica e novos nêutrons, que podem atingir outros átomos e manter o ciclo de reações, a chamada reação em cadeia.

Nas usinas nucleares, a fissão é cuidadosamente controlada com o uso de barras de controle, geralmente feitas de cádmio ou boro, que absorvem os nêutrons excedentes e impedem que a reação se torne perigosa. Já em uma bomba nuclear, essa mesma reação ocorre de maneira explosiva e descontrolada, liberando energia devastadora em frações de segundo.

Lise Meitner: a mente por trás da fissão nuclear

Pouca gente sabe, mas uma das descobertas mais impactantes do século XX, a fissão nuclear, teve como protagonista uma mulher: Lise Meitner, física austríaca que precisou lutar contra o machismo acadêmico e a perseguição nazista para ter seu trabalho reconhecido.

Em 1938, já exilada na Suécia por ser judia, Meitner analisou dados de um experimento feito por seu antigo colega Otto Hahn. Foi ela quem deu a interpretação correta: o núcleo do átomo de urânio havia se dividido. Estava explicada a fissão nuclear, base tanto para a energia nuclear quanto para as bombas atômicas.

Apesar disso, Meitner foi ignorada pelo Prêmio Nobel, que foi concedido apenas a Hahn, em 1944. Ainda assim, ela nunca deixou de se posicionar: se recusou a participar do projeto da bomba atômica e defendeu o uso pacífico da energia nuclear.

"Eu não tive nada a ver com a bomba." Lise Meitner, em resposta ao uso da fissão que ela ajudou a explicar.

Hoje, Meitner é reconhecida como um símbolo da ciência feita com ética e resiliência. Em sua homenagem, o elemento químico meitnério (Mt) recebeu seu nome.



Lise Meitner, física nuclear. Disponível em:
<https://mujeresconciencia.com/2014/11/07/lise-meitner-fisica-nuclear/>.
Acesso em 31 maio 2025.

FUSÃO NUCLEAR

O poder das estrelas na Terra

Diferente da fissão, a fusão nuclear ocorre quando núcleos leves, como os do hidrogênio, especialmente seus isótopos deutério e trítio, se fundem sob condições extremas de temperatura e pressão, formando um núcleo mais pesado, como o hélio. Esse processo libera uma quantidade ainda maior de energia do que a fissão, e é o mesmo que ocorre naturalmente no Sol e nas estrelas.

Como a Fusão Funciona?

Átomos de hidrogênio são aquecidos a temperaturas extremas (milhões de graus Celsius), formando um plasma (estado da matéria, no qual elétrons se separam dos núcleos). Sob pressão intensa, os núcleos superam a repulsão eletromagnética e se fundem. A fusão produz hélio, nêutrons e uma enorme quantidade de energia.

Ainda com dúvidas?

Acesse o qr code ao lado e descubra mais detalhes sobre como a fusão funciona!



Por Que a Fusão é Difícil de Controlar?

Manter as condições necessárias para a fusão (como confinamento magnético em reatores tokamak) é um desafio tecnológico. O ITER (Reator Termonuclear Experimental Internacional) é um projeto que busca demonstrar a viabilidade da fusão como fonte de energia sustentável.

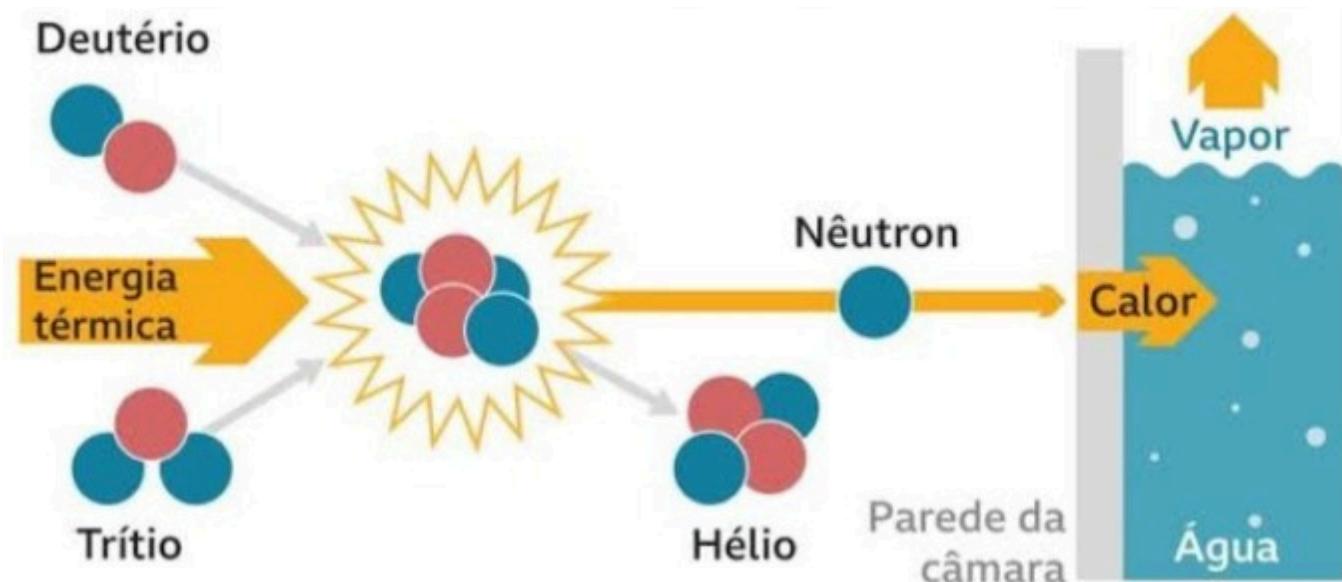
↗ Vantagens e desafios da fusão

✓ Vantagens:

- Gera muito mais energia que a fissão;
- Usa combustível abundante (hidrogênio extraído da água);
- Não gera lixo radioativo de longa duração.

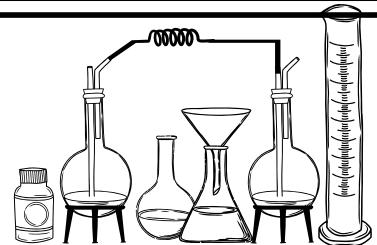
⚠ Desafios:

- Exige tecnologia extremamente avançada para manter e aquecer o plasma;
- Ainda não é economicamente viável em larga escala.



Fusão nuclear: como cientistas alcançaram 'Santo Graal' da energia limpa. Disponível em;
<https://www.bbc.com/portuguese/geral-63966120>. Acesso em 25 de maio de 2025

OS HUMANOS POR TRÁS DA CIÊNCIA



Martin Fleischmann foi um eletroquímico tcheco considerado um dos pioneiros da fusão fria. Ele nasceu em 29 de março de 1927 em Karlovy Vary na Tchecoslováquia. Sendo filho de mãe católica e pai judeu, Dr. Fleischmann viveu uma história angustiante da fuga de sua família da Tchecoslováquia, que foi sido ocupada pelos nazistas em 1938.



VIDA familiar de Fleischmann na Tchecoslováquia, início dos anos 1930: Martin com sua irmã Susi. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbm>. Acesso em: 23 maio 2025.



Martin Fleischmann

Em uma entrevista de 1996, Fleischmann contou que foi preso pela polícia secreta da Alemanha com apenas 11 anos e que seu pai foi perseguido e espancado violentamente pelos nazistas, porém conseguiram escapar e seguiram rumo a fronteira holandesa, a fim de se estabelecer na Inglaterra.

Esse evento custou a vida de seu pai pouco tempo depois de chegarem à Inglaterra, em consequência dos maus tratos que sofreu. Sua mãe e sua irmã futuramente fundaram e administraram a Old Cottage Toys, uma empresa de bonecas. Um fato interessante é que essas bonecas da marca se tornaram itens de colecionador.

Fleischmann estudou, como bolsista, no Imperial College de Londres onde recebeu seu doutorado no ano de 1947. Se casou em 1950 com Sheila Flinn e iniciou sua carreira como docente no King's College da Universidade de Durham. Em 1967, ele foi nomeado professor titular de Eletroquímica na Universidade de Southampton, que foi onde recebeu a missão de formar Stanley Pons.

Seu reconhecimento internacional foi decorrente dos estudos sobre a espectroscopia Raman, que é amplamente utilizada até os dias atuais na química forense e nos diagnósticos biomédicos e a suas pesquisas de ponta quanto ao hidrogênio e eletroquímica, que se ligou diretamente com os seus estudos posteriores sobre o paládio e a fusão a frio.

Bobby Stanley Pons nasceu em 23 de agosto de 1943 na Carolina do Norte, Valdese, uma pequena cidade próxima à base das Montanhas Blue Ridge, que inclusive é a principal concentração das mais relevantes indústrias móveis e têxteis. Seu pai era dono de várias fábricas dos EUA, então, no final do século XIX, sua família ajudou no processo de fundação da cidade. Teve seus primeiros contatos com a ciência ainda criança, ao explorar um kit de química enquanto passava tempo com o pai na oficina.

Bobby Stanley Pons

Pons se formou em química na Wake Forest University em Winston-Salem, na Carolina do Norte. Ele teve dificuldades financeiras próximo de 1967, o que fez com que não terminasse sua pós-graduação. Aos 30 anos, Pons se decidiu e procurou concluir seu doutorado, também em química. Pons foi até a Inglaterra, a fim de não ter que recomeçar sua pós-graduação do zero.

Alguns amigos o colocaram em contato com um químico da Universidade de Southampton, Martin Fleischmann, que era até então chefe do departamento de eletroquímica. Os dois se tornaram bons amigos, fomentando seus interesses por culinária, caminhada e obviamente, por química.



Stanley Pons. Disponível em: https://m.imdb.com/p/name/nm5241335?ref_=nmv_desc. Acesso em 23 de Maio de 2025

Essa relação próxima o levou de volta aos Estados Unidos, mais especificamente à Universidade de Utah, onde investiram mais de 100 mil dólares de seus próprios bolsos em experimentos com hidrogênio e paládio, até culminar no anúncio da tão comentada fusão a frio.

FUSÃO & CONFUSÃO: os bastidores de uma disputa científica que entrou para a história

Mesmo com a repercussão intensa e as dificuldades de replicação, Fleischmann e Pons estavam longe de serem os únicos atentos à possibilidade de fusão a frio...

Quem era Steven E. Jones?

Steven Jones era físico da Brigham Young University, também localizada em Utah. Ele estudava reações nucleares de baixa energia (conhecidas como LENR), em metais carregados com deutério, exatamente como Pons e Fleischmann, mas com uma abordagem mais cautelosa.

Jones observava sinais de emissão de nêutrons, o que sugeria uma possível reação nuclear, mas evitava qualquer afirmação sobre geração de energia. Em vez de buscar os holofotes, ele seguiu o caminho tradicional: preparou um artigo científico e o enviou para revisão por pares.



Cold fusion a case study for scientific behavior. Disponível em: <https://undsci.berkeley.edu/cold-fusion-a-case-study-for-scientific-behavior/teammate-or-rival/>. Acesso em 31 maio 2025.

Reação da comunidade:

A divulgação sem revisão científica gerou forte ceticismo. Vários laboratórios tentaram reproduzir os resultados, mas a maioria não conseguiu. Em pouco tempo, o entusiasmo inicial deu lugar à desconfiança, e o episódio da fusão a frio entrou para a história, não como uma revolução energética, mas como um exemplo clássico dos desafios éticos e metodológicos da ciência moderna.

💡 Por que isso importa?

O caso mostra que a ciência não é apenas feita de ideias geniais, mas de processos rigorosos, tempo, diálogo e responsabilidade.

A disputa entre Jones e Pons/Fleischmann nos lembra que, mais do que chegar primeiro, é preciso chegar junto, com consistência e compromisso com a comunidade científica.

E foi aí que a tensão começou...

Em setembro de 1988, Martin Fleischmann teve acesso ao projeto de Steven Jones ao ser convidado para revisá-lo pelo Departamento de Energia dos EUA. A partir daí, iniciou-se um contato entre os grupos, que culminou em um acordo: ambos enviariam seus artigos separadamente à revista *Nature* no mesmo dia, 24 de março de 1989. No entanto, a tensão aumentou com o tempo. Pons e Fleischmann, ainda inseguros sobre suas medições de nêutrons e pressionados pela universidade, temiam perder a prioridade da “descoberta”.

Com a publicação do resumo do trabalho de Jones já disponível ao público e a crescente desconfiança sobre um possível “roubo de ideias”, Fleischmann e Pons decidiram agir antes do combinado. Com a crescente pressão da Universidade de Utah, convocaram uma entrevista coletiva para o dia 23 de março, um dia antes do envio previsto dos artigos, rompendo, na prática, o acordo com Jones. A decisão gerou mal-estar entre os grupos e marcou o início do que viria a ser uma das maiores controvérsias científicas do século.



Stanley Pons and Martin Fleischmann in 1989. Disponível em: <https://msiainforma.org/stanley-pons-and-martin-fleischmann-in-1989/>. Acesso em 21 de Maio de 2025.

O EXPERIMENTO



Em março de 1989, os químicos Martin Fleischmann (Universidade de Southampton) e Stanley Pons (Universidade de Utah) anunciaram ter induzido reações de fusão nuclear por meio de um processo eletroquímico à temperatura ambiente. O experimento, posteriormente publicado no *Journal of Electroanalytical Chemistry*, foi rapidamente apelidado de “fusão a frio” e recebeu atenção global por sua promessa revolucionária de geração de energia.

Como o experimento foi conduzido:

Fleischmann e Pons utilizaram uma célula eletrolítica contendo água pesada (D_2O), com um eletrodo de paládio (cátodo) e um eletrodo de platina (ânodo). O paládio, conhecido por absorver grandes quantidades de deutério, serviria como meio para que os núcleos de deutério se aproximasse suficientemente nas extremidades do metal. Os átomos de deutério se alojariam nos espaços vazios entre os átomos de paládio, próximos às extremidades da estrutura cristalina. Este alojamento acontece devido às imperfeições presentes na estrutura (demonstrado na imagem 1), que funcionam como uma espécie de armadilha para os átomos de hidrogênio. Na maior parte dos metais este alojamento possui uma forte energia de ligação com o hidrogênio, porém o paládio é uma exceção, pois a energia de ligação com o hidrogênio é muito baixa, o que colabora com uma fácil separação dos átomos, resultando em um facilitador para uma eventual fusão deles. Com o tempo e a pressão interna elevada, esperava-se que esses núcleos se fundissem, liberando energia térmica e partículas nucleares.

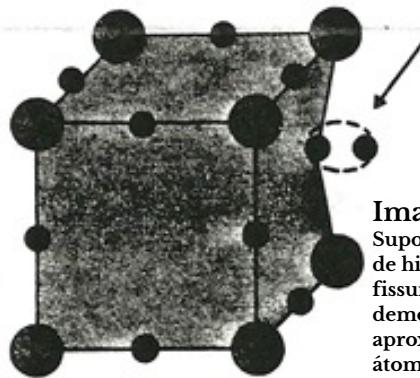


Imagem 1:
Suposto alojamento de hidrogênio nas fissuras do paládio e demonstração da aproximação dos átomos de deutério (indicado pela seta).

Você sabia?

Você já percebeu que a atmosfera possui uma composição praticamente uniforme em toda a sua extensão? Isso se deve ao fenômeno de difusão - o mesmo responsável pela movimentação do átomo de deutério dentro da solução sólida de paládio - este fenômeno explica a dispersão gradual de uma substância em uma outra substância, indo do ponto mais concentrado, até o menos concentrado. Por isso a atmosfera possui uma composição semelhante em todos os lugares do mundo, os gases se dispersam de modo a preencher os pontos do sistema de menor concentração.

Resultados e reações da comunidade científica:

Apesar do entusiasmo inicial, a maioria dos grupos científicos não conseguiu reproduzir os resultados. Revisões independentes, inclusive lideradas pelo U.S. Department of Energy e por painéis da American Physical Society, concluíram que não havia evidências confiáveis da ocorrência de fusão nuclear nas condições descritas.

O experimento foi criticado por ter sido anunciado publicamente antes de sua revisão por pares e por apresentar falhas na metodologia, como imprecisão na medição do calor e ausência consistente de radiação.

Mesmo assim, o episódio marcou profundamente a história da ciência contemporânea, sendo usado como um caso clássico para a importância do rigor experimental e da validação científica.

Segundo os autores, o sistema gerou calor excessivo inexplicável por reações químicas convencionais e sinais, ainda que fracos, de emissão de tritium e nêutrons, produtos esperados da fusão de deutério:

"We have observed the generation of considerable quantities of heat which cannot be accounted for by chemical reactions and we have also observed the production of nuclear products such as neutrons and tritium".

(Fleischmann, M., & Pons, S., 1989)

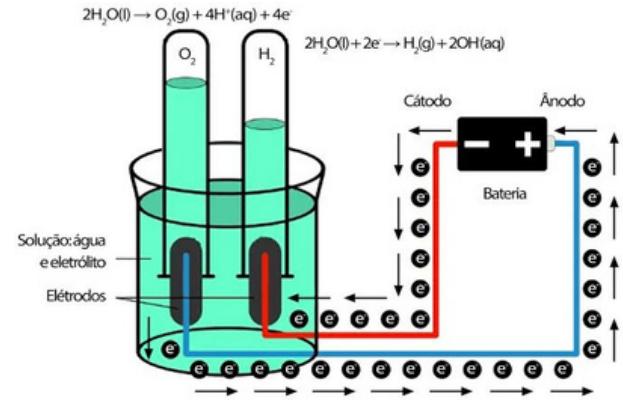
ELETRÓLISE: A BASE DO EXPERIMENTO

A experiência de Fleischmann e Pons, conhecida como fusão a frio, partiu de um processo químico muito conhecido e ensinado: a eletrólise.

O que é eletrólise?

A eletrólise é um processo químico em que a passagem de corrente elétrica provoca a decomposição de uma substância. Um exemplo muito utilizado para ilustrar esse fenômeno é a eletrólise da água. Quando conectamos uma fonte de corrente contínua a dois eletrodos mergulhados em uma solução com água e um eletrólito, observamos a formação de bolhas gasosas em ambos os lados do sistema. De um lado, forma-se gás hidrogênio; do outro, gás oxigênio. A quantidade de hidrogênio gerada é sempre o dobro da de oxigênio, o que chama a atenção e desperta curiosidade.

Mas o que acontece por trás desse fenômeno visível? As moléculas de água se dissociam parcialmente em íons H^+ e OH^- . Quando a corrente elétrica é aplicada, esses íons migram: os H^+ se dirigem ao eletrodo negativo (cátodo), onde ganham elétrons e formam moléculas de hidrogênio gásoso. Já os íons OH^- vão ao eletrodo positivo (ânodo), onde perdem elétrons e formam oxigênio e água. Embora esses movimentos não possam ser vistos a olho nu, eles são os responsáveis diretos pelas bolhas que observamos.



Representação do processo eletroquímico de eletrolise da água com eletrolito, mostrando a separação de H_2 e O_2 nos eletrodos. No cátodo (negativo), ocorre a redução dos íons H^+ , formando gás hidrogênio. No ânodo (positivo), os íons OH^- são oxidados, gerando gás oxigênio. A corrente elétrica é fornecida por uma fonte externa (bateria).

Fonte: adaptado de QUÍMICA NOVA ESCOLA A. Disponível em: <https://novascola.org.br>. Acesso em: jun. 2025.

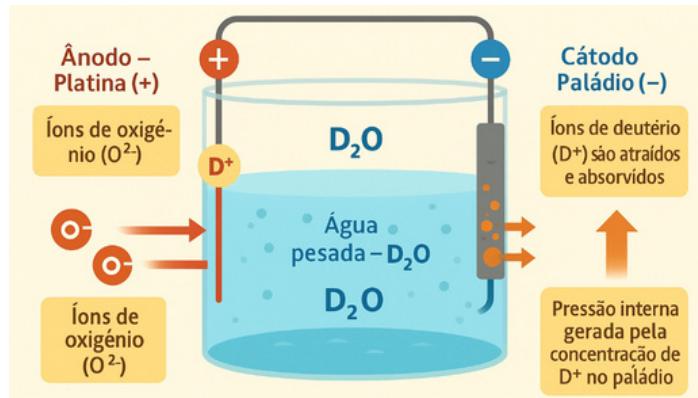
Fonte: adaptado de QUÍMICA NOVA ESCOLA. Disponível em: <https://novaescola.org.br>. Acesso em: iun. 2025.

E o que Fleischmann e Pons fizeram de diferente?

Fleischmann e Pons usaram o mesmo princípio da eletrólise, mas com mudanças ousadas:

- Em vez de água comum, usaram água pesada (D_2O), rica em deuterio, um isótopo do hidrogênio.
 - Utilizaram paládio como cátodo, um metal que absorve deuterio, e platina como ânodo.
 - Esperavam que os íons de deuterio (D^+) fossem absorvidos pelo paládio em tanta quantidade que se aproximariam a ponto de fundirem seus núcleos, liberando energia nuclear.

Eletrólise da água pesada



Representação esquemática da eletrólise da água pesada (D_2O). Ilustração digital criada por inteligência artificial com fins didáticos. Mostra a separação dos íons de deuterio (D^+) e oxigénio (O^{2-}) em uma célula eletrólítica com eletrodos de paládio (cátodo) e platina (ânodo), conforme descripto no experimento de Fleischmann e Pons sobre fusão a frio.

Fonte: Elaborado por IA via ChatGPT/Sora, 2025.

Porque deu errado?

O experimento não apresentou evidências sólidas de que a fusão realmente ocorreu. Os principais motivos foram:

- Faltou controle rigoroso da temperatura e da liberação de energia, dificultando distinguir uma reação nuclear de uma simples reação química.
 - Não houve emissão significativa de nêutrons ou tritíio, que seriam os principais produtos de uma reação de fusão.
 - Outros laboratórios não conseguiram reproduzir os resultados, um critério essencial para a validação científica.

Comparando os dois processos:

Eletrólise comum	Fusão a frio (tentativa)
Reação química previsível	Proposta de reação nuclear
Usa água comum	Usa água pesada (D_2O)
Produz H_2 e O_2	Supostamente geraria hélio e energia
Resultados facilmente reproduzíveis	Resultados inconsistentes
Processo consolidado na indústria	Teoria ainda não comprovada

Comparação entre a eletrolise comum e a tentativa de fusão a frio.
Quadro-resumo das principais diferenças entre os dois processos, descrevendo tipo de reação, substâncias envolvidas, produtos gerados, reprodutibilidade e aceitação científica. A eletrolise comum é uma reação química redox consolidada na indústria, enquanto a fusão a frio, proposta com base na eletrolise de água pesada, permanece sem comprovação experimental.

Fonte: imagem gerada por inteligência artificial via ChatGPT/Sora, 2025.

CONCLUSÃO E REFLEXÃO

A fusão a frio representa um marco potencialmente revolucionário no campo da energia, prometendo uma fonte inesgotável, limpa e segura para as necessidades crescentes da humanidade. No entanto, ela também carrega consigo uma dualidade que desafia os limites do conhecimento e da ética científica. A afobiação por parte de Fleischmann e Pons em publicar seu trabalho com medo de perder as patentes para o grupo de Jones, causou o rompimento do acordo e uma grande desavença entre membros que deveriam se considerar de uma mesma comunidade científica. Além disso, essa afobiação resultou na falta de tempo para o desenvolvimento pleno das teorias científicas, rompendo com a boa prática da metodologia de publicação científica.

Ao refletir sobre esse experimento, é crucial considerar o equilíbrio entre o entusiasmo por avanços transformadores e a responsabilidade de assegurar a veracidade e reproduzibilidade das descobertas científicas.

A trajetória de Fleischmann, Pons e outros pioneiros do campo nos faz pensar sobre a importância da integridade acadêmica, do rigor metodológico e do impacto das expectativas sociais e políticas sobre a ciência. A fusão a frio não é verídica, mas é um convite à reflexão sobre como a humanidade pode navegar a fronteira entre o possível e o realizável de forma ética e sustentável.

Assim, a pergunta central torna-se: como podemos garantir que a ciência sirva ao progresso humano sem comprometer os valores fundamentais que sustentam a busca pelo conhecimento?

Para isso, é essencial que ela seja conduzida com a **boa conduta científica**: responsabilidade ética, reproduzibilidade, respeito e rigor. A pesquisa deve ser honesta, revisada por pares e avaliar os impactos sociais e ambientais, tanto como a sua veracidade. Políticas públicas equilibradas são necessárias para incentivar a inovação sem prejudicar o bem-estar coletivo com foco no benefício comum de forma justa e sustentável. Assim, a ciência deve refletir a curiosidade e o respeito humanos, garantindo que o avanço tecnológico caminhe lado a lado com os valores que sustentam a busca pelo conhecimento.



As revistas científicas e os desafios da ciência aberta. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/tinf/a/kjMHmVzDLTY6jgLzcsr9dmS/>. Acesso em 31 maio 2025.



MARTIN Fleischmann e a fusão a frio. Disponível em:
<https://www.nytimes.com/2012/08/12/science/martin-fleischmann-cold-fusion-seeker-dies-at-85.html>. Acesso em: 21 maio 2025.

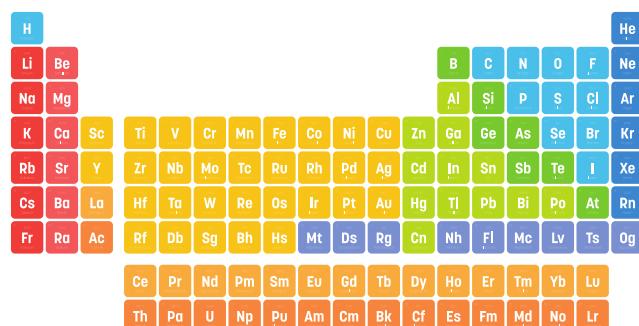
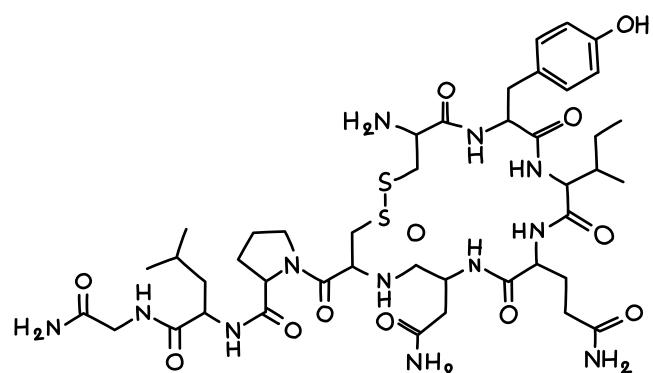
SE VOCÊ FOSSE UM CIENTISTA

EXPERIMENTO MENTAL

Na ciência, não existem descobertas isoladas ou respostas prontas. O conhecimento é construído coletivamente, entre dúvidas, testes e debates.

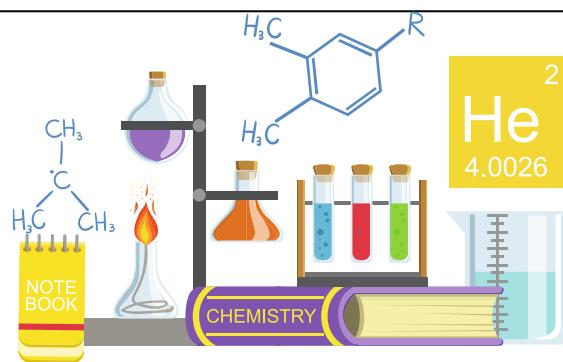
Agora imagine: você é um pesquisador em eletroquímica e observa algo inesperado, algo que pode mudar tudo. Mas seus dados ainda são inconclusivos.

1. SE NINGUÉM CONSEGUIR REPETIR O SEU EXPERIMENTO, ISSO INVALIDA O QUE VOCÊ OBSERVOU?



2. FOI CORRETO CIENTIFICAMENTE ANUNCIAR A FUSÃO A FRIO ANTES DA REVISÃO POR PARES?

3. POR QUE O ERRO TEVE UM PAPEL IMPORTANTE NA HISTÓRIA DA FUSÃO A FRIO?



A fusão a frio não fracassou porque os dados estavam errados. Ela fracassou porque ignorou o próprio caminho da ciência: o debate, a revisão, o tempo e os outros.

Não existe “descoberta” quando se pula às etapas da construção.

A história da ciência não é feita só de acertos, mas do que aprendemos com os erros, dos limites que reconhecemos, e das perguntas que temos coragem de refazer.

Fleischmann e Pons não mudaram o mundo com a fusão a frio. Mas nos ensinaram uma lição: a ciência que não ouve, não espera, e não compartilha, não constrói nada.

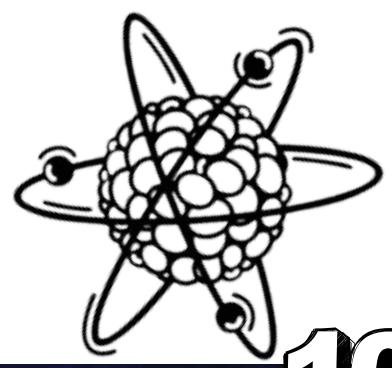
E talvez seja essa a descoberta mais importante de todas.



1. ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
2. BROWN, Theodore L. et al. Química: a ciência central. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2015.
3. BROAD, William J. Página do autor. The New York Times, [s. d.]. Disponível em: <https://www.nytimes.com/by/william-j-broad>. Acesso em: 31 maio 2025.
4. COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. O sol num tubo de ensaio: a história da fusão fria. Tradução e adaptação de Paulo A. Porto. In: The Golem: What Everyone Should Know About Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. p. 57-78. (Material didático – PUC-SP, Disciplina: História da Ciência e da Técnica II).
5. FLEISCHMANN, Martin; PONS, Stanley. Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 261, p. 301-308, 1989.
6. INFINITE ENERGY. Martin Fleischmann, 1927-2012. *Infinite Energy*, n. 105, 2012. Disponível em: <https://infinite-energy.com/images/pdfs/Fleischmannobit.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.
7. LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Os vinte anos da (con)fusão nuclear a frio. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 5, n. 5, p. 1-4, 2009. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br>. Acesso em: 31 maio 2025.
8. MUSEU DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NUCLEARES. História da energia nuclear. [S. l.]: Museu Nuclear, 2022. Disponível em: <https://museunuclear.com/wp-content/uploads/2022/09/historia-da-energia-nuclear.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.
9. NEW YORK TIMES. Martin Fleischmann, Cold Fusion Seeker, Dies at 85. The New York Times, [s. d.]. Disponível em: <https://www.nytimes.com>. Acesso em: 31 maio 2025.
10. STORMS, Edmund. Cold Fusion – a continuing reality. [S. l.], 14 jul. 2020. Vídeo (YouTube). Disponível em: <https://youtu.be/0DitreysfzE>. Acesso em: 31 maio 2025.
11. STORMS, Edmund. The Science of Low Energy Nuclear Reaction. [S. l.]: LENR-CANR.org, [s. d.]. Disponível em: <https://www.lenr-canr.org/acrobat/StormsEfusoafriop.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.
12. LIMA, Isabelle. A emergência da energia nuclear no Brasil e a construção do reator IEA-R1: ciência, tecnologia e política (1947-1962). 2020. 280 f. Tese (Doutorado em História das Ciências, das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/31996/3/IsabelleLima_tese%20de%20doutorado_vers%C3%A3o%20final%20com%20ficha.pdf. Acesso em: 31 maio 2025.

Augusto Machado; Camilly Victoria; Diego
Favorato; Isabella Zulim; Victor Augusto

José Otávio Baldinato



A EXPERIÊNCIA FINAL

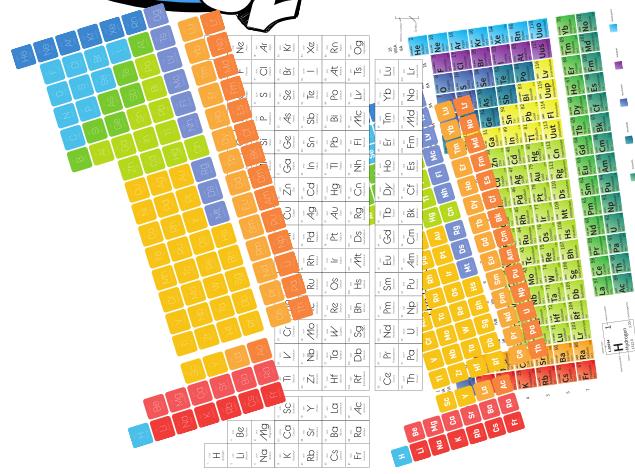
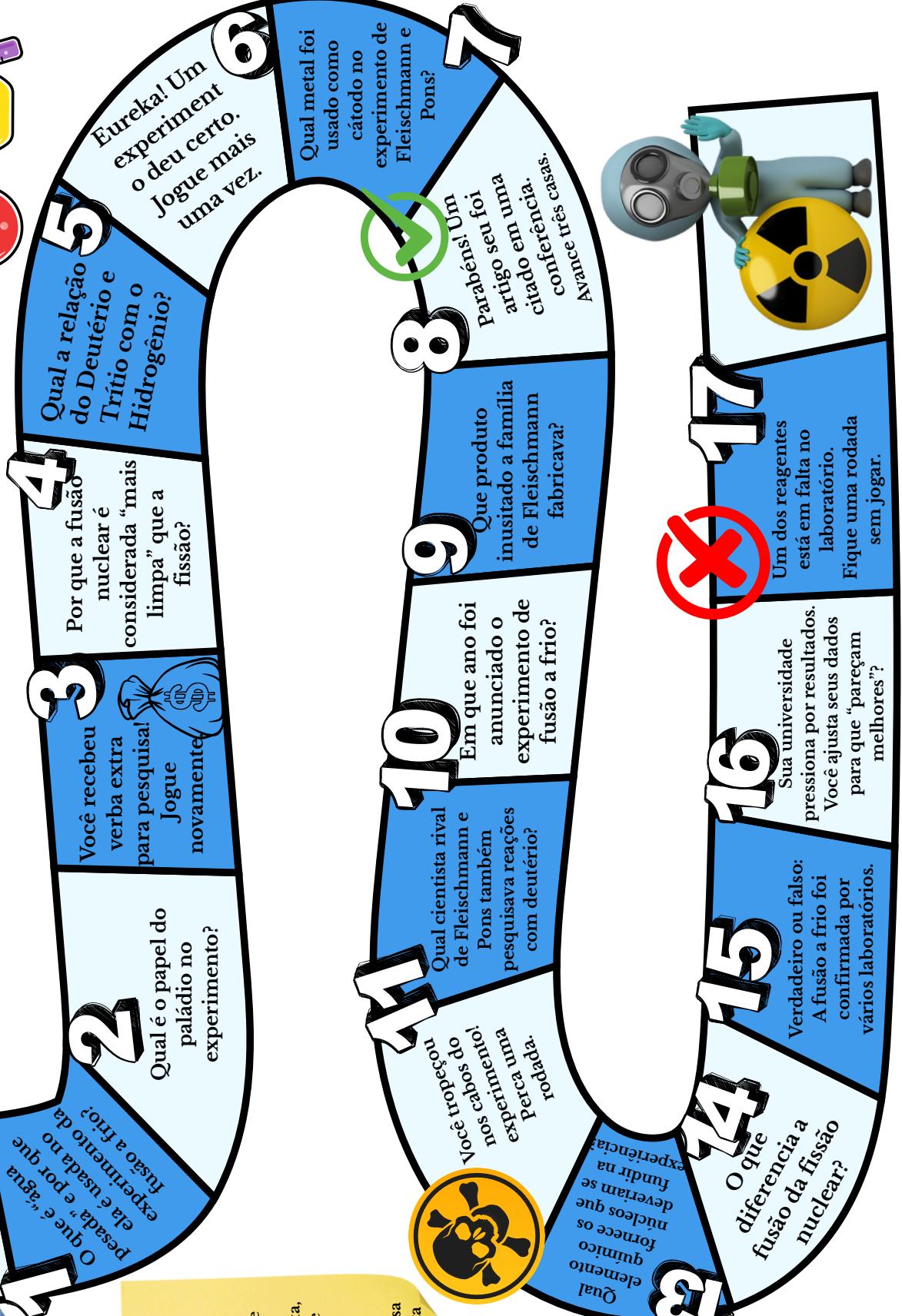


REGRAS DO JOGO



- Número de jogadores: 2 a 4
- Materiais: dado, peões, cartas de resposta, tabuleiro

- Regras:
- Role o dado e avance o número de casas correspondente.
- Ao cair em uma casa, leia a pergunta, se você responder certo, permanece na casa e ganha uma carta, se responder errado volta para onde estava.
- Quem chegar primeiro à última casa e responder corretamente a pergunta final, vence!



1

Água pesada (D_2O) contém deutério no lugar do hidrogênio comum. É usada porque fornece núcleos de deutério, que são essenciais para a tentativa de fusão nuclear.

2

O paládio serve como catódo e é capaz de absorver grandes quantidades de deutério, facilitando a aproximação dos núcleos para uma possível fusão.

4

Porque não gera lixo radioativo de longa duração e usa hidrogênio, um combustível abundante.

5

São isótopos do hidrogênio, usados em reações de fusão nuclear.

7

Paládio.

9

Bonecas, pela empresa Old Cottage Toys.

10

1989

11

Steven E. Jones, da Brigham Young University.

13

Hidrogênio (mais especificamente, deutério).

14

A fusão une núcleos leves, como os de hidrogênio, liberando energia. Já a fissão divide núcleos pesados, como o urânio, também liberando energia.

15

Falso. A maioria dos laboratórios não conseguiu reproduzir os resultados.

16

Segundo a boa prática científica, não. A integridade nos dados é essencial.

Augusto Machado; Camilly Victoria; Diego Favorato; Isabella Zulim; Victor Augusto

José Otávio Baldinato

