

## **Estudo da Fusão a Frio**

Edmond Storms

Fevereiro de 2003

### **Prefácio**

Meu interesse em fusão a frio começou pouco depois dos Professores Pons e Fleischmann anunciarem sua descoberta em 1989, então eu era mais um cientista trabalhando em pesquisa convencional costumeiro em LANL (Los Alamos Laboratório Nacional). Das numerosas tentativas de duplicar os anúncios, eu fui afortunado em produzir tritério assim como energia anômala. Não há nada como ver um fenômeno para fazer uma pessoa acreditar que é real, sem ter em conta o que pessoas menos observadoras possam dizer. Também, vendo muitos companheiros cientistas agindo tolamente e adquirindo uma educação adicional mas decepcionante. Desde que me aposentei de LANL há doze anos continuei a investigar o assunto, escrever documentos, incluindo várias revisões científicas, e pressionar para aceitação do fenômeno. A grande coleção de referências, totalizando quase 3000, adquiridos neste esforço transformou-se na BIBLIOTECA em <http://www.LENR-CANR.org>. Com a ajuda essencial de Britz Dieter e Rothwell Jed, esta coleção será mantida até data em que o campo cresce.

A literatura sobre fusão a frio cresceu além de um ponto onde uma leitura casual pode levar a um entendimento útil. Embora vários bons livros estão disponíveis, eles não mencionam as edições científicas e as várias revistas científicas pouco focalizam o assunto. Este documento foi projetado para dar um entendimento total das experiências para uma pessoa tecnicamente treinada e dar evidências do efeito da melhor maneira possível. Alguém que deseje um entendimento não técnico deve ler “Calor em Excesso: Por que a Pesquisa da Fusão a Frio Prevaleceu” (“Excess Heat: Why Cold Fusion Research Prevailed”) por Charles Beaudette [1] ou a seção Não técnica (nontechnical) de [www.LENR-CANR.org](http://www.LENR-CANR.org).

Este documento não é nem uma revisão completa nem uma crítica da informação conhecida, mas antes um guia. Escolhi só uma amostra de documentos úteis, com referência freqüente revistas onde uma lista mais completa pode ser achada. Os elos à BIBLIOTECA completa em LENR-CANR.org permite consultar o texto completo dos documentos imediatamente. Uma lista completa de referências é unida de modo que este documento pode ser impresso e pode ser visto como um documento independente. As referências citadas devem ser consultadas para um entendimento completo uma vez que o mapa fornecido aqui for estudado.

Se o leitor acha uma referência importante que falte na BIBLIOTECA ou neste documento, por favor informar-me em [Storms2@ix.netcom.com](mailto:Storms2@ix.netcom.com) de modo que o descuido possa ser corrigido. Além do mais, uma seção estará disponível no sítio web para críticas ou submeter adições a este documento. É minha intenção encorajar o debate e avançar no campo em todos os níveis de crença e entendimento.

Ao fazer sugestões, por favor tenha em mente que muitos documentos não fornecem informação suficiente para permitir uma avaliação de exata nem uma conclusão a respeito do significado da observação. Isto é especialmente verdade em muitos estudos que não conseguiram produzir efeitos anômalos. Embora os céticos freqüentemente apontam a fracassos como um meio de rejeitar o processo, realmente um fracasso num laboratório raramente levam a dúvidas de trabalhos em outro, a menos que os dois usem exatamente os mesmos instrumentos e técnicas. O fracasso tem muitos pais além da reivindicação ser falsa. Espero que esta conversa ajudará autores futuros a endereçar estas edições importantes, se seu trabalho fracassa ou prospera. Sem tal informação, eu

freqüentemente sou forçado declarar que o que foi observado sem a satisfação de fornecer ao leitor detalhes.

Alguns novos trabalhos revelaram várias suposições incorretas que dirigiram a pesquisa em direções improdutivas. Sugiro que futuras teorias e estudos levem em conta o seguinte:

1. O efeito ocorre na superfície de um cátodo de eletrólise, não no volume do material.
2. O material ativo que causa o efeito de Pons-Fleischmann não é  $\beta$ -PdD de qualquer composição, mas é um composto complexo de alta composição mas desconhecida e de estrutura desconhecida.
3. Pensa-se que as reações nucleares ocorrem em muitos materiais tratado numa variedade de meios, e não só quando paládio e deutério estão presentes.
4. Um ambiente constituído de partículas moídas finamente muito freqüentemente causam efeitos nucleares.
5. Todo isótopos de hidrogênio pode ser envolvidos no processo de fusão a frio.

Além do mais, sugiro que todas explicações passadas baseadas nas propriedades ideais de  $\beta$ -PdD devem ser abandonadas como inadequadas sem esperança. Até que a natureza do mundo real, em contraste com o mundo ideal imaginário, for atingido pela teoria, o campo continuará estagnado. Estas conclusões, algumas próprias e algumas compartilhadas por outros, fornece a base para este documento.

## Introdução

O fenômeno controvertido chamado "Fusão a Frio" (CF), "Reações Nucleares de Baixa Energia" (LENR) ou "Reações Nucleares Quimicamente Assistidas" (CANR) que se acredita possível envolve a capacidade de uma variedade grande de reações nucleares em materiais sólidos usando energias muito baixas. Antes que usando força bruta para mover núcleos para dentro de uma distância de reação, aparentemente existe um mecanismo numa estrutura de treliça que é capaz de iludir qualquer barreira de Coulomb, permitindo certos núcleos reagirem entre si. Este documento abordará as as observações mais importantes usadas para apoiar o comportamento anômalo descrito. Para ajudar o leitor obter uma visão geral rápida das reivindicações, são fornecidos no texto detalhes mínimos. Todos os diversos documentos omitidos estão disponíveis na BIBLIOTECA do sítio web onde os leitores podem apreciar seu conteúdo a contento.

O capítulo 1 dá uma visão geral dos métodos para iniciar o efeito. A evidência de calor anômalo é resumida no Capítulo 2 e os produtos nucleares são discutidos no Capítulo 3. Algumas explicações para o mecanismo nuclear são fornecidas no Capítulo 7. Estas reações nucleares anômalas exigem um ambiente especial em que operar, o Ambiente Nuclear Ativo assim chamado (NAE). Este ambiente é descrito no Capítulo 4. Como a duplicação das experiências foi difícil para muitas pessoas, algumas introspecções são fornecidas em Capítulo 6 para ajudar neste esforço. Para um estudo ser útil, o estudante necessita entender as propriedades químicas de materiais usado na tentativa. Estes são descritos no Capítulo 5 só para o sistema de PdD onde alguns juízos falsos são discutidos. Finalmente, algumas explicações prosaicas plausíveis e possíveis erros são oferecidos no Capítulo 8.

Esta conversa é projetada como um guia para amadores bem como para profissionais . Os efeitos reivindicados são aceitos como reais, embora não bem entendidos nem necessariamente exatos em sua magnitude informada. Este documento pretende mostrar padrões importantes de comportamento, sugerir idéias podem haver sido sobrepassadas, e dar algum entendimento para um estudante de como duplicar as experiências. O leitor pode fazer o juízo final se uma tal coleção coerente e grande de observações pode ser produzida por erro, possibilidade, ou se são processos prosaicos.

## CAPÍTULO 1: Visão Geral

Pensava-se que o deuterídio de paládio era o único em sua capacidade de hospedar tais reações. Muitos outros metais e ligas metálicas, descobriu-se agora, produzem os mesmos efeitos. Entretanto, todos estes efeitos anômalos são sensíveis ao ambiente químico em que eles ocorrem. Aparentemente, a química é tão importante quanto a física neste fenômeno, um fato que frequentemente é ignorado.

O NAE (Ambiente Nuclear Ativo) foi gerado em muitos meios diferentes e exposto a energia aplicada de várias fontes. O primeiro método informado [2] usou eletrólise para carregar paládio com deutério. A eletrólise também produziu êxito usando cátodos de níquel com um  $\text{H}_2\text{O}$  contendo um eletrólito [3, 4], platina com  $\text{D}_2\text{O}$  [5], e titânio com  $\text{D}_2\text{O}$  [6]. Aumentando a temperatura [7-9], e aplicando-se energia de RF [10], e laser [11-13] aparece aumentar os efeitos. Usando-se de tensão elétrica suficiente para criar plasma [14, 15] no eletrólito gerou-se uma variedade de reações nucleares anômalas quando paládio, tungstênio ou carbono [16] foi usado como o cátodo. O tipo de átomo dissolvido no eletrólito e subseqüentemente aderido ao cátodo joga um papel dominante em determinar qual reação nuclear ocorre no cátodo. Finas camadas em vidro [17] de platina [18] ou cobre [19, 20] também tornaram-se nuclearmente ativos. Expondo simplesmente metais de várias espécies finamente moídos a isótopos de hidrogênio pode gerar efeitos anômalos. Quando exposto a gás de deutério, partículas de paládio de tamanho de nano metros tornam-se nuclearmente ativas. Este pó de paládio pode estar em estado livre como “paládio negro” [21] ou unido a uma superfície de carbono [22], como num catalisador convencional de hidrogênio. Um fluxo de deutério atravessando uma camada de 40 nm de paládio também pode gerar uma variedade de reações nucleares [23], dependendo do tipo de átomos dissolvidos no paládio.

Íons energizados, obtidos por descarga em gás contendo isótopos de hidrogênio [24, 25] ou por [26-35] bombardeio de íons, foram usados para iniciar reações nucleares. Em todos casos, a energia de íon está distante da tida como necessária para causar um efeito nuclear significativo.

Certos óxidos complexos de metal [36, 37] são capazes de dissolver algum deutério, que pode ser difundido eletricamente dentro de sua estrutura por uma diferença de potencial elétrica. Energia anômala foi gerada usando este método. A eletro-difusão de  $\text{D}^+$  em  $\beta\text{-PdD}$  também pode produzir [38-42] calor anômalo.

Borbulhas geradas por energia sônica atravessando um líquido caindo numa superfície metálica podem se colapsar. Quando isto acontece, o conteúdo das borbulhas é injetado no metal como plasma. O uso de água pesada injeta uma mistura de  $\text{D}^+$  e  $\text{O}^-$  que produz produtos nucleares anômalos e calor numa variedade de metais usados como alvo [43-45]. Água normal pode produzir efeitos singulares semelhantes, embora a duplicação está por ser bem sucedida [46].

Efeitos anômalos foram vistos durante uma variedade de reações químicas quando o deutério está presente [47, 48]. Aquecimento repentino de titânio carregado com  $\text{D}_2$  [49] ou esfriando titânio em gás  $\text{D}_2$  [50, 51] resulta em emissões de neutrons. Muitas reações químicas envolvendo deutério foram anunciadas por gerarem neutrons, incluindo nos estabelecimentos de cimento Portland. Efeitos nucleares também foram informados envolvendo sistemas biológicos na presença de ambos  $\text{D}_2\text{O}$  [52] e  $\text{H}_2\text{O}$  [53, 54]. Embora o número de acontecimentos nucleares é pequeno nestes ambientes, a teoria convencional não contempla nenhum dos produzidos.

Só alguns estudos mediram produtos nucleares ao mesmo tempo que energia anômala. Estas medidas mostram um relacionamento direto entre energia e a produção de  $^4\text{He}$  quando o deutério está presente, como descrito no Capítulo 3 e um relacionamento entre produtos de transmutação e calor. Por outro lado, tritério ou emissões de neutrons raramente estão associadas com o calor captado, embora ocasionalmente emissões de raios-X são observadas. Aparentemente, o caminho

tomado pela reação de fusão é muito diferente numa treliça comparado com quando plasma energético é usado.

O hidrogênio também se encontra nuclearmente ativo em alguns ambientes. Efeitos anômalos são produzidos por superfície especialmente tratada de níquel quando exposto a gás de hidrogênio [55]. O níquel, quando repetidamente é carregado e descarregado de hidrogênio, parece produzir trítério [56]. O hidrogênio também pode produzir transmutações e energia detetável [57-65]. O trítério regular, reagindo com titânio finamente dividido [66], experimenta uma mudança em seu índice de decaimento.

Isto é apenas uma amostra breve da produção de efeitos estranhos informados, das muitas experiências que foram feitas com o cuidado suficiente e duplicação para apoiar as informações. Só algumas das muitas duplicações estão anotadas aqui.

Infelizmente, a natureza do NAE foi difícil de descobrir porque as reações só ocorrem em regiões muito pequenas que tem propriedades muito diferentes do material circundante. Mais detalhes serão fornecidos em capítulos posteriores.

Novos métodos estão sendo explorados e métodos antigos estão sendo duplicados. Os céticos predisseram que a fusão a frio era um engano que desapareceria quando melhores instrumentos e técnicas fossem usados, mas isto não aconteceu. Pelo contrário os efeitos foram informados em maior número com relação sinal-ruído maior. Claramente, esse raro mecanismo pode ser iniciado em muitos meios diferentes, em muitas estruturas químicas, e envolve todos os isótopos de hidrogênio. O desafio é determinar o que estas estruturas e mecanismos têm em comum, não os rejeitar porque são inéditos.

## **CAPÍTULO 2: Produção de Energia**

### **I. Explicação do Método Calorimétrico**

A demonstração da produção de energia requer o uso de calorímetro. Diversos tipos de calorímetros têm sido usados, incluindo o isoperbólico, calorímetro de fluxo e Seebeck. Como a calorimetria é uma ciência da natureza, seus erros e limitações são bem conhecidos. Qualquer pessoa para fazer estas medições ou avaliar os fenômenos anunciados necessita aprender o que é conhecido a respeito dos métodos usados, como se descrevem abaixo.

O calorímetro isoperbólico usa a diferença de temperatura através de uma barreira termal para determinar a quantidade de potência térmica que está sendo gerada dentro dessa barreira. A precisão depende do  $\Delta T$  conhecido sobre toda a área da barreira e que permaneça estável. Podem ser introduzidos erros quando a parede de uma célula eletrolítica é usada como barreira térmica e a temperatura é medida dentro do eletrolito. Usualmente estão presentes gradientes de temperatura inesperados, que comprometem a medição. Sob estas condições a precisão depende do projeto da célula, localização dos sensores de temperatura e o grau de excitação. Este método requer uma calibração apropriada, usualmente fazer eletrólise com um eletrodo inerte. Usar um aquecedor interno para calibrar não é recomendável, especialmente na ausência de excitação ou aplicação simultânea de corrente eletrolítica. Um refinamento deste método usa uma superfície externa à célula. Esta forma é muito menos afetada por gradientes dentro da célula e pode ser feito muito sensível ao calor gerado.

O calorímetro do tipo de fluxo captura a potência térmica que se desprende de um fluido em fluxo e mede a mudança de temperatura resultante no fluido. Se não se perde energia do calorímetro o montante de potência calórica pode ser obtida usando a média do fluxo, a mudança de temperatura e o calor específico do fluido, o método, assim chamado, absoluto. Contudo, a captura de todo o calor

é muito difícil. Conseqüentemente o calorímetro precisa ser calibrado usando-se um aquecedor interno ou realizando uma eletrólise com um eletrodo inerte. A vantagem deste método é que lhe é relativamente indiferente o lugar onde é gerada a energia dentro da célula. Contudo isolar o calorímetro do ambiente e mantendo constante, conhecendo o fluxo médio pode ser um desafio.

O calorímetro Seeback gera uma tensão termo-elétrica produzida pela diferença de temperatura numa barreira térmica contendo termo-pares. Permite a leitura de potências anômalas de mais ou menos 50 mW sobre uma potência de eletrólise de 15 W, Algumas montagens permitem a leitura de 1 mW quando a potência de eletrólise é menor.

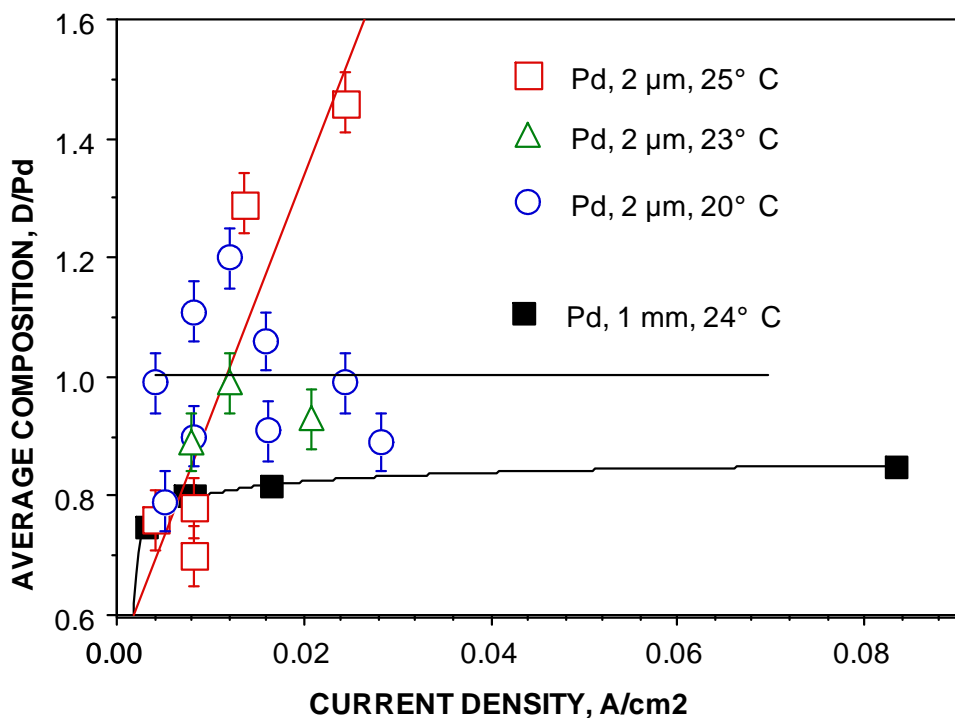
## **II. Energia Anômala**

### **II.1 Método Eletrolítico**

O primeiro anúncio de aquecimento anômalo foi feito por Pons e Fleischmann [2], usando eletrólise e um calorímetro isoperbólico. Este trabalho foi sujeito a uma considerável análise e debate, mas eventualmente foi considerado suficientemente acurado para suportar o anúncio deles [70]. Desde que este trabalho foi publicado bem mais de 100 anúncios de anomalias energéticas foram feitos usando eletrólise, muitos encontrando mais que uma célula ativa.

Desafortunadamente somente cerca de 37 destas publicações entregam informações suficientes que permitem uma análise de possíveis erros. A maioria destes estudos mediram diversas amostras de paládio com algumas ativas e outras inativas. Estes informes foram listados por Storms [71] que também avaliou as explicações prosaicas.

Até recentemente assumia-se que a anomalia energética era gerada pela estrutura paládio-beta. Observações muito recentes indicam que somente pequenas regiões da superfície são ativas e rapidamente se desativam e ativam [72]. Presumivelmente uma região começa a gerar energia, se aquece, expele deutério e se desativa. A rápida repetição do processo produz uma aparente produção estável de energia. Ocasionalmente a densidade da energia é suficiente para ocasionar fusão local. Esta região passa a ser uma aleação complexa de muitos elementos, mas com pouco paládio. Se comentará mais sobre esta situação abaixo.



**Figura 1. Medições de uma composição de película fina como representativa da verdadeira composição da superfície.**

Quando o método eletrolítico é usado com um catodo de paládio, fazendo-se medições apropriadas se verificará seis comportamentos característicos. Estes são:

1. A razão D/Pd em todo o catodo precisa exceder um valor crítico. Este valor difere um pouco entre os diferentes estudos porque somente a composição média pode ser determinada, que depende do método usado e da forma do catodo. Tipicamente o valor crítico médio está entre  $D/Pd = 0,85$  a  $0,90$ . Raramente acima desta marca são inativas, por razões desconhecidas. Pareceria que a composição de uma superfície ativa está acima de  $D/Pd = 1,5$  e talvez tão elevada como  $D/Pd = 2,0$  [73, 74], como mostra a figura 1. Falta de uma composição suficientemente alta na superfície, sem considerar a composição média, pode explicar a inatividade de amostras com altamente carregadas.
2. A corrente deve ser mantida por um tempo crítico. Este tempo é variável e presumivelmente depende de quão rapidamente a superfície adquire a estrutura ativa e/ou a composição. Este tempo é curto para camadas muito finas de paládio e pode ser tão longo como meses para o paládio sólido. A falta do tempo necessário é uma razão para o não aparecimento do efeito.
3. A densidade da corrente precisa estar acima de um certo valor crítico, como mostram alguns exemplos na figura 2. A corrente aplicada determina a composição da superfície, portanto a natureza da estrutura ativa. Um valor acima de  $150 \text{ mA/cm}^2$  é usualmente encontrado para o paládio sólido. Presumivelmente são requeridas correntes acima deste valor para compensar a perda de deutério pelo lado de trás da superfície ativa. Finas camadas de paládio depositadas sobre platina (2 microns) não requerem correntes críticas tão altas porque as perdas pelo lado de trás são desprezíveis, dando à camada um bom vínculo. Estas amostras mostram anomalias energéticas com correntes próximas de zero.
4. O paládio inerte às vezes pode ser ativado com a adição de certas impurezas ao eletrólito. Essas impurezas têm como propósito ajudar à superfície a adquirir um conteúdo de deutério maior e/ou uma estrutura apropriada.
5. O efeito ocorre somente numa pequena fração da amostra, mas freqüentemente em certas partes que em outras [75]. Isto é consistente com o fato de que todas as propriedades físicas do paládio

são específicas a certas porções do material, fazendo este metal altamente variável em seu comportamento geral, mesmo em aplicações convencionais. O paládio depositado eletricamente tem um alto índice de sucesso, porém pode ser altamente variável dependendo das condições usadas na deposição.

6. A presença de muita água leva na D<sub>2</sub>O do eletrólito acaba com a reação [76]. A água pesada é altamente igroscópica, assim, sua exposição à atmosfera do laboratório rapidamente deixa o material inerte. Este fato explica muitos insucessos anteriores.

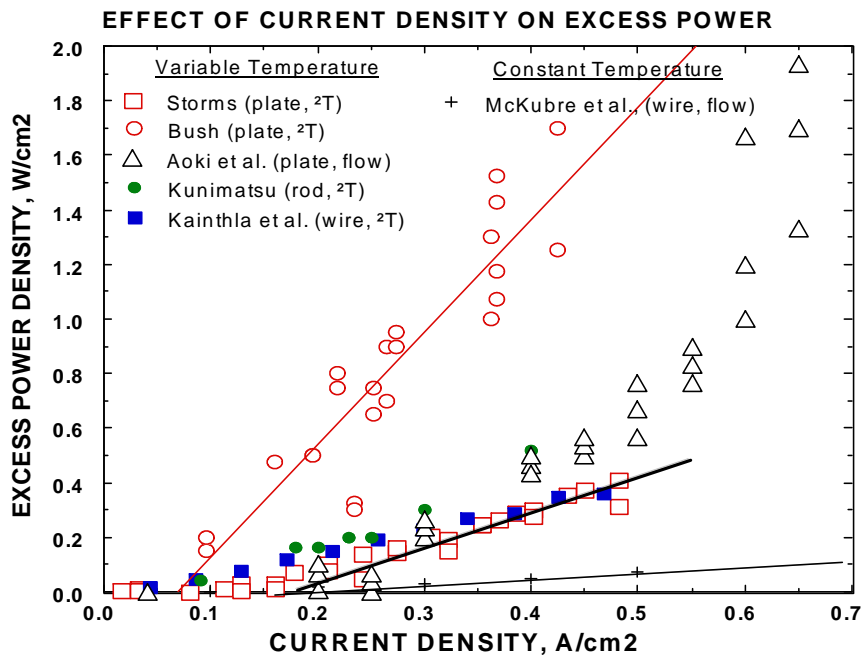


Figura 2. Exemplos do efeito da densidade da corrente.

Em alguns poucos casos a mesma porção de paládio ativo foi estudada em diferentes laboratórios [76]. Numa ocasião o mesmo paládio ativo foi estudado em vários laboratórios [77]. A produção de energia anômala foi encontrada em cada um deles. De fato o autor encontrou que uma vez que o catodo seja ativado, ele pode ser usado onde for, reproduzindo a produção de anomalia energética totalmente.

O método eletrolítico corresponde a todos os critérios científicos para que se possa dar crédito ao anúncio de produção de energia anômala. A produção de aquecimento anômalo foi replicado, independentemente, muitas vezes e freqüentemente com valores muito superiores ao erro esperado, os resultados mostram os mesmos padrões de comportamento, sem levar em conta os aparelhos usados e as razões da dificuldade de sua duplicação. Contudo, a fonte da energia anômala não foi revelada por esses estudos nem é conhecida sua fonte para a aceitação das observações. Os capítulos subsequentes explorarão evidências de fontes nucleares.

## II.2 Método de Carga por Gás

Arata e Zhang [78] na Universidade de Osaka no Japão foram os primeiros a gerar anomalias energéticas usando paládio finamente moído. Este pó é posto numa cápsula que se pressuriza com deutério de alta pureza gerado por eletrólise. A experiência foi replicada em SRI [79, 80] com a ajuda do prof. Arata.

Depois que este trabalho foi publicado Case aqueceu paládio comercial numa atmosfera de deutério e anunciou a geração de energia anômala e hélio. Esta experiência também foi duplicada em SRI[79] com a ajuda de Case.

Estas duas experiências são difíceis de reproduzir porque as características dos materiais são críticas, particularmente o tamanho das partículas e a pureza.

Recentemente Iwamura et al. [23] na Indústria Pesada Mitsubishi no Japão depositaram uma fina camada de paládio (40 nm) sobre um suporte de CaO e sobre o paládio depositaram nova camada de CaO. Através desse sanduíche fizeram passar deutério e observaram diversas reações nucleares, inclusive excesso de energia [81].

### II.3. Método por Eletrodifusão

Eletrodifusão é o método pelo qual íons, dissolvidos em algum material, são levados a moverem-se sob influência de uma tensão aplicada. A taxa de difusão é diretamente proporcional à tensão aplicada e à carga do íon, portanto, permite determinar a carga efetiva dos íons dissolvidos. A carga efetiva do hidrogênio em  $\text{PdH}_{0,67}$  é  $0,3 \pm 0,05$  [83], com aparente aumento em carga positiva a uma razão superior a H/Pd [84, 85].

## CAPÍTULO 3: Produtos Nucleares Anômalos

### Produtos Nucleares

#### I. Introdução

Uma vez aceito o anúncio de anomalias energéticas, a identificação de sua fonte é o problema que segue. Devido à sua grande magnitude e ausência de fonte química óbvia, Pons e Fleischmann sugeriram que a energia vem da fusão a frio de dois deutérios. Esta sugestão os pôs imediatamente em dificuldades com a comunidade dos físicos.

A reação de fusão tem três caminhos mostrados abaixo. Cada caminho contribui com uma fração na fusão a alta energia, como no plasma – em outras palavras – na fusão a “quente”. A razão do ramo entre os ramos dos caminhos de neutrom e tritério é independente de energia acima de 20 keV, mas pode ser sensível a níveis de energia mais baixa [94] e também ao ambiente químico [95].

#### *Reações nucleares resultantes da fusão de deutérios*

<i>Energia da Reação</i>	<i>MeV</i>	<i>Fração</i>
$d + d = \text{Hélio-4} + \text{Gama}$	23,9	<0,01
$d + d = \text{Tritério} + \text{Protom}$	4,03	0,5
$D + d = \text{Hélio-3} + \text{Neutrom}$	3,27	0,5

Estes ramos que inicialmente se supunha poder ocorrerem na mesma proporção quando da anomalia energética na célula P-F. Conseqüentemente a rejeição anterior do processo era baseada em muitos estudos que falharam em detetar uma emissão significativa de neutrons e produção de tritério.

Ao procurar por um produto nuclear e focando  $^4\text{He}$  obtemos sucesso. Isto também é rejeitado porque a emissão gama requerida está ausente. O hélio-4 não pode ser produzido a menos que o



momento dos dois núcleos reagentes possa ser compartilhado entre as duas partículas emitidas, neste caso um fóton e um núcleo de hélio. As sugestões de que esta energia talvez fosse compartilhada por átomos ou elétrons do ambiente também foi rejeitada porque o tempo necessário a esta transferência é muito longo comparado com a liberação extremamente rápida da reação de fusão. Apesar de tudo, as evidências da produção de hélio continuam a acumular-se.

A quantidade de trítio detectado nunca é suficiente para a quantidade de energia observada e raramente é detectado mesmo quando produz-se aquecimento anômalo. No entanto várias vezes foi observado, mesmo quando sua quantidade é pequena, é claramente anômalo.

A detecção de trítio é um conhecimento maduro capaz de medir concentrações bem abaixo daquelas encontradas em células de fusão a frio, um fato que elimina erros de medição como explicação. Inicialmente se eliminou a possibilidade de contaminação do trítio pelo meio ambiente. Usando células seladas se elimina esta possibilidade. À insinuação de que o paládio poderia conter trítio deixado por uma suposta sua utilização na produção de armas se respondeu com uma análise minuciosa do paládio comercial e o uso de material virgem que eliminou esta possibilidade [96]. O conteúdo normal de trítio em D<sub>2</sub>O pode se concentrar pela eletrólise quando não se usa um recombinador. Este efeito pode explicar algumas poucas observações, não pode explicar todas, porque a maioria dos estudos bem sucedidos agora usa recombinador. Foi mesmo sugerida fraude [97], num fútil intento de desacreditar o trabalho na Universidade Texas A & M [98]. Atualmente nenhum processo prosaico plausível explica o aumento ocasional de trítio em células seladas contendo recombinador. Apesar de que muitos ambientes químicos foram explorados, nenhum NAE foi identificado com relato de produção de trítio.

Usualmente se detecta neutrons em estouros de produção de energia, mas a razão sugere que este caminho da fusão é o último a ser usado pelo processo de FF. Indubitavelmente na fusão a frio não deveriam aparecer elétrons. Um processo chamado fractofusão foi sugerido, através do qual, produzindo roturas num material pode-se gerar um gradiente de tensão elétrica e/ou térmico, na rotura, suficiente para iniciar uma reação de fusão a “quente” local [99 – 101].

Para ser mais exato, a maior parte da energia nuclear desaparece como calor, algo é retido como emissão de partículas energéticas e emissão eletromagnética. Contudo, a quantidade de radiação e sua energia é bem menor do que o esperado, baseando-se no comportamento das reações nucleares “normais”.

Recentemente, e com grande dificuldade, se estão acumulando evidências de outras reações nucleares além da fusão. Estas são chamadas reações de transmutação e envolvem elementos muito mais pesados que o hidrogênio. Foram descobertas em muitos ambientes, incluso em células vivas, usando-se uma variedade de métodos. Sem dúvida, na maioria destas reações conseguidas, os elementos mais ocorrentes foram encontrados em quantidades inesperadas e/ou com proporções de isótopos anormal.

## II.1. Produção de Hélio

O hélio é medido usando-se espectrômetro de massa de alta resolução. O maior erro envolve o ar, que possui 5,6 ppm de <sup>4</sup>He, ao se misturar ao gás analisado. Esta contaminação é revelada pela presença de argônio no gás, já que sua ocorrência no ar é de 0,94%. Um efeito de memória no espectrômetro de massa pode distorcer a medição se não se toma o cuidado de expulsar o hélio anteriormente admitido. Como o deutério tem sua massa muito próxima ao hélio, é necessário remove-lo quimicamente antes de submeter o gás ao espectrômetro.

Espera-se encontrar hélio no entorno gasoso ou na estrutura metálica. Quando o hélio é gerado com uma estrutura metálica, só poderá ser removido aquecendo-se o metal próximo ao seu ponto de fusão [102]. Como se achava que o paládio massiço era ativo em todo o seu volume, o hélio era extraído de todo o catodo de paládio e analisado pelo espectrômetro de massa. Este trabalho é relatado numa revista [103]. O hélio observado, apesar de anômalo, tem sido atribuído a

contaminação do ar durante a análise ou de ser hélio dissolvido onipresente. Posteriormente foram feitas medições do hélio nos gases que envolvem as células eletrolíticas. Por fim, cinco medições independentes [104 – 108] mostrando a relação entre a quantidade de energia e o hélio produzido. Recentemente também se detetou hélio depois da produção de energia em células carregadas com gás contendo paládio finamente moído [79 – 109]. Já que a maior parte do hélio surge no gás em vez de surgir no metal, é seguro assumir que o hélio é produzido muito próximo da superfície do metal que em seu interior.

## II.2. Produção de Tritério

O tritério é radioativo, decaindo com a emissão beta a  $^3\text{H}$  com vida média de 12,3 anos [110]. O trítio normalmente é detetado colocando-o num fluido orgânico que produz luz à passagem de uma partícula beta. Esta luz é detetada por um tubo fotomultiplicador e apresentada como um espectro de energia e um número total de eventos. Quimioluminescência, isto é, luz produzida por uma reação química é uma fonte potencial de erro que pode ser eliminado esperando um tempo conveniente ou destilando a amostra no vácuo. O tritério acumulado também pode ser detetado usando-se um espectrómetro de massa ou a corrente beta pode ser medida usando-se uma célula de ionização e um eletrômetro sensível. Como as partículas beta emitidas mal podem atravessar uma folha de papel, sua detecção direta pode ser difícil. Contudo, como o tritério está presente no ambiente normal, resíduo de testes com bombas atômicas, a quantidade é bem inferior à encontrada nas células de fusão a frio.

O tritério tem sido produzido empregando-se muitas técnicas diferentes, incluindo eletrólise, carga de gás e bombardeamento de íons. Em cada caso, o sucesso é muito dependente do material usado. Entre estes à eletrólise se deu a maior atenção. A eletrólise concentra tritério que está sempre presente na água pesada comercial. Assim, ou uma célula hermética com catalizador recombinador deve ser usada ou o gás expelido deve ser recolhido e analisado separadamente para determinar seu conteúdo de tritério. Em muitos estudos se calculou o aumento de tritério esperado do fator de separação conhecido [111, 112] e foi subtraída esta quantidade da medida. Este é o método menos acurado dos três, mas satisfatório quando se encontra grandes quantidades de trítio. Três estudos merecem atenção especial devido à compreensão única que dão. Um sumário de outras medições é dado numa revisão por Storms [103].

### II.2.1 Método Eletrolítico

Will et al [113] usou células herméticas com recombinador, impossibilitando a contaminação com o ambiente. Para avaliar esta possibilidade uma célula contendo  $\text{H}_2\text{O}$  foi usada ao mesmo tempo e usando material do mesmo pedaço de paládio. Estas células nunca mostraram um aumento de tritério. A análise de tritério mostrou mais tritério no eletrodo que no eletrolítico. Isto só pode ocorrer quando o tritério se forme no eletrodo porque o deutério remove o tritério do paládio durante a eletrólise [114]. Pedacos semelhantes de paládio foram analisados e demonstrou-se não conter tritério [96]. Nenhuma fonte plausível de tritério foi sugerida para explicar a observação. A quantidade de tritério anômalo foi muito além da sensibilidade e erro do detetor. Matsumoto [115] também encontrou tritério quando usou  $\text{D}_2\text{SO}_4$  como eletrolito e paládio como catodo.

Storms [114, 116] mostrou como o trítio se comporta numa célula eletrolítica. O tritério inicialmente contido no catodo de paládio como contaminação rapidamente é liberado pela eletrólise e aparece no gás envolvente  $\text{D}_2$ . Por outro lado o tritério resultante do processo de fusão a frio na eletrólise aparece muito menos no gás. Este comportamento elimina o tritério dissolvido no eletrodo como sendo a fonte de tritério anômalo no eletrolito quando a célula não possui um recombinador e é consistente com o tritério produzido na superfície do catodo durante o processo de fusão a frio. Claro que quando se usa um recombinador o gás envolvente é convertido em  $\text{D(T)}_2\text{O}$  e se mistura ao eletrolito, por isso fazer uma distinção a ambas fontes é impossível.

Bockris e seus estudantes [117] encontraram trítério numa célula sem recombinação usando catodo de paládio e D<sub>2</sub>O. Agitando a célula pode parar a produção de trítério e aumentando a corrente incrementar essa produção. Foi encontrado cobre, de um arame exposto, no catodo depois da experiência. Foi dito que aparecem como dendritos e que agitando-se a célula se removeria e impediria a produção.

Também foi reportada a presença de trítério anômalo em células com água leve e catodo de níquel [118].

### II.2.2 Método por Bombardeio de Íons

Claytor et al. [24], num estudo muito bem documentado e completo feito para a LANL durante muitos anos, demonstrou a geração de trítério submetendo certas ligas a descargas elétricas pulsadas de modesta tensão (<7.000 V) em atmosfera de D<sub>2</sub>. A quantidade de trítério gerado depende do material usado como catodo, sendo que com ligas complexas é maior que com paládio puro.

### II.2.3 Método com Carga de Gás

Clarke [80] detetou trítério em célula tipo Arata descrita por McKubre [79], que pode ser explicado pelo declínio do trítério produzido durante a experiência inicial. Durante estes estudos, a célula de paládio contendo paládio negro foi carregada com D<sub>2</sub> muito puro gerado por eletrólise. Nada mais foi feito à célula e a quantidade de <sup>3</sup>H não foi consistente com a quantidade de trítério existente antes da experiência. Itoh et al. [119] o paládio carregado com deutério e recoberto de cobre e então descarregado por aquecimento no vácuo. A emissão de trítério aumentou substancialmente quando a média inicial da composição era acima de D/Pd = 0,85.

Foi encontrado trítério em arames de níquel depois de aquecido e esfriado muitas vezes no hidrogênio [118]. A camada de hidrido resultante, onde foi encontrado o trítério, era de uma espessura de 20 a 30 nm.

## II.3 Produção de Nêutrons

Foram detetados neutrons usando-se diversos tipos de contadores, incluindo os que contêm <sup>3</sup>He ou o gás BF<sub>3</sub>. Os neutrons, reagindo com esses gases produz rajadas de energia que são detetadas como pulsos de tensão elétrica. Um espectro de energia pode ser obtido usando-se NE213 [120] ou detetores de cintilações do vidro-Li (Li-glass) [121], que deteta radiação gama emitida quando um neutrom reage com o lítio do detetor. Devido ao número de neutrons emitidos pela célula de fusão a frio ser tão pequeno, é necessário muito cuidado na eliminação de contagens falsas produzidas por descargas elétricas, raios cósmicos ou fontes normais ao ambiente [122 – 124]. Ocasionalmente largas rajadas são apreciadas por um breve tempo. Estas explosões raramente podem ser associadas ao aquecimento medido ou à produção de trítério. Quando o são a razão n/t é tão pequena como 10<sup>-9</sup>

Muitos intentos de detetar neutrons falharam, aumentando assim o ceticismo. Contudo, alguns estudos são de interesse aqui, pois põem atenção no mecanismo interno de sua geração. Um sumário mais completo pode ser encontrado na revisão por Storms [125].

Takahashi et al. [32, 126, 127] mediu a energia da emissão de neutrons de uma célula eletrolítica contendo um catodo de paládio submetido alternadamente a alta e baixa corrente. Encontrou 2,54 MeV e entre 3-7 MeV, sugerindo que sua produção se deve a um processo multi-corporal. Esta idéia foi posteriormente explorada usando bombardeio de íons.

Scaramuzzi e seus cooperantes [128] reportou emissão de neutrons quando o titânio era submetido a um ciclo térmico numa atmosfera de D<sub>2</sub>. Esta observação despertou muita atenção [129] e foi replicada, e muitas réplicas foram bem sucedidas mas houve muitas sem sucesso. A análise depois dessa experiência mostrou a presença de trítério anômalo [130]. A emissão parece acontecer

mais freqüentemente quando o titânio passa por uma temperatura associada a uma mudança de fase. Ocorreu uma considerável quebra do hidrido, mas a simples quebra não parece estar associada à emissão. Jones et al. Detetou, recentemente, emissão de neutrons em eletrólise com titânio, à semelhança do ocorrido no passado com estes cientistas [131].

#### **II.4. Radiação Energética**

Ocasionalmente detectores de baixa energia são postos em superfícies ativas ou próximos a elas durante ou depois de experiências. Às vezes são obtidas evidências de emissão de raios X de diferentes freqüências [132-144]. Quando se mede a energia às vezes esta pode ser atribuída a características da emissão K-alfa de átomos sabidamente presentes. Ocasionalmente a emissão parece provir de decaimento radioativo. Evidência de raios estreitamente focados de energia já foi reportada [106] a partir de células de eletrólise bem como de durante o bombardeio de íons [28]. Este comportamento é importante porque indica que a radiação de energia pode ser sensível à orientação da fonte, muito parecido ao que acontece com a radiação laser de um sólido. Detectores de partículas, tal como o plástico CR-39 [28, 145-155], colocados cerca de uma superfície ativa mostram evidência de radiação alfa e emissão de protom, bem como de elétrons energéticos, porém não todos da mesma fonte.

Foi gerada energia e expelida na forma de radiações eletromagnéticas e partículas, como esperado, mas essa energia é muito débil para sair do aparelho. Isto por um lado é bom, porque se pode realizar as experiências sem perigo de se contaminar com radiações, mas por outro é mau, porque dificulta sua detecção. Também mostra que toda a energia nuclear não é imediatamente comunicada à estrutura, mas retida por alguns produtos nucleares.

#### **II.5 Produtos de Transmutação**

Produtos de transmutação consistem em elementos muito mais pesados que o hidrogênio. Estes são detetados usando-se vários métodos incluindo ativação de neutrons, XPS, EDX e SIMS. Ocasionalmente é produzido material suficiente para se detetá-los por análise química.

As maiores evidências são obtidas usando-se eletrólise, descargas em gás ou uma combinação destes. Elementos inesperados parecem resultar de diferentes tipos de reações, inclusive fusão entre todo isótopo de hidrogênio e um elemento pesado. Frequentemente se encontra isótopos anormais. Somente um dos distintos relatórios está descrito aqui.

Miley et al. [59, 156] estudou este processo com algum detalhe usando eletrólise e algum eletrolito em H<sub>2</sub>O. Um espectro de produtos nucleares foi encontrado em grande concentração que caem em quatro âmbitos de massa 20-30, 50-80, 110-130 e 190-210 [157]. Mizuno et al. [158, 159] também explorou o objeto em detalhe usando eletrolitos e D<sub>2</sub>O. Encontrou isótopos anormais de Hg, Fe e Si. Porém algum elemento menor pode ter sido resultado de contaminação, é muito difícil entender como esta fonte chegou a produzir concentrações tão alta, especialmente aqueles isótopos anormais.

Compostos dissolvidos num eletrolito podem depositar seu constituinte positivo num catodo de níquel, onde foi convertido noutro elemento. Por exemplo, quando se usa compostos de potássio se forma calcio na presença de H<sub>2</sub>O [63, 160, 161]. Outros elementos similares sofrem as mesmas conseqüências em H<sub>2</sub>O [162, 163]. Os catodos de outro metal produzem resultados mais complexos [164].

Uma experiência particularmente interessante foi reportada por Iwamura et al. [23]. Foi depositado 40 nm de paládio num substrato de CaO, que foi submetido que foi depositado em paládio sólido. Pequenas quantidades de Cs e St foram depositados na superfície por eletrólise. Quando se difundiu D<sub>2</sub> através desse sanduíche observou-se uma redução dos elementos iniciais e o aparecimento de Pr e Mo, observados por XPS. O Mo tinha uma concentração de isótopos com o mesmo peso do Sr, não o do isótopo normal. Este trabalho mostra que as reações de transmutação podem ocorrer pela

adição de 4 deutérios ao núcleo objeto tanto como um só. Porque o paládio não transmutou necessita ser explicado.

Também foram reportadas evidências de produção de Fe num arco voltaico de carbono em H<sub>2</sub>O [16, 165, 167]. Este método parece ser facilmente reproduzível. Catodos de paládio e ouro também mostram excessivo ferro depois da eletrólise em água leve [168, 169].

Às vezes são também reportados isótopos radioativos além do tritério, a presença destes dificilmente pode ser rejeitada, especialmente quando a vida média destes é curta. Bush e Eagleton [170] produziram uma mistura de isótopos radioativos com uma vida média de 3,8 dias numa célula eletrolítica. Mizuno et al. [159] encontraram o que aparenta ser <sup>197</sup>Pt depois de eletro-migração de D<sub>2</sub> num óxido sólido. Notoya [62] encontrou evidências de <sup>24</sup>Na numa célula eletrolítica contendo Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O usando um catodo de níquel. Também foram encontrados emissores gama depois do bombardeio de íons [171]. Wolf [172] obteve um espectro complexo de radiações gama depois da eletrólise numa célula contendo D<sub>2</sub>O, contendo algo de Al, Ni e B presentes. É válido concluir-se que também em outras experiências podem ter sido produzidos elementos radioativos mas não detetados por falta de experiência.

Uma das observações mais surpreendentes e difícil de explicar envolve transmutações em células vivas. Esse anúncio foi feito fazem décadas atrás [173], mas só recentemente foram feitas medições com o necessário cuidado para se dar crédito. Vysotskii et al. [174] mostraram que <sup>55</sup>Mn é convertido em <sup>57</sup>Fe quando uma bactéria cresce num ambiente de D<sub>2</sub>O contendo MnSO<sub>4</sub>. Outras reações nucleares anômalas foram descobertas num trabalho posterior [175]. Komaki [53] demonstrou que diversos tipos diversos tipos de fermentos e bactérias que crescem em água normal, transmutam elementos do ambiente para suas necessidades quando ditos elementos faltam. Isto tem em conta um aspecto inusual que é necessário ser explicado pela teoria, e outra observação mais que testa a capacidade do leitor a manter sua mente aberta.

## CAPÍTULO 4: Descrição do Ambiente Nuclear Ativo (NAE)

Numerosas observações põem o NAE na região superficial do catodo Pons-Fleischmann. Estas são:

1. Perda quase completa de hélio para o gás.
2. Aparecimento de tritério no eletrolito antes que no gás envolvente.
3. Observação de aquecimento gerado na superfície.
4. Transmutação de produtos localizados somente na região superficial.
5. Presença de regiões derretidas na superfície.
6. Habilidade de gerar grandes efeitos usando deposições muito finas sobre um substrato inerte.

Uma análise muito minuciosa desta superfície revela uma aleação complexa contendo lítio, platina, elementos provindos do pirex da redoma e impurezas do eletrolito, com muito menos ou nada de paládio. Mas, medições da composição da superfície mostram acima de D/Pd = 1,5, como pode ser visto na Figura 1 (omitida aqui), e talvez chegando a D/Pd = 2. Como argumentou Storms [72] o NAE não é puro β-PdD que se encontra numa célula eletrolítica nem esta fase pode ser envolvida completamente. Por último o material contem um alto teor de deutério, como já dito, o que permite a formação de pares de deutério.

Outros materiais, incluindo titânio e alumínio, podem suportar um NAE. Carregando o alumínio de deutério seguido de um bombardeio de elétrons observaram-se radiações nucleares anômalas [147]. Mesmo a produção de alumínio por eletrólise com criolita (fluoreto de alumínio e sódio) parece criar tritério. O titânio, quando em eletrólise ou carregado de D<sub>2</sub> produz evidências de eventos

nucleares na presença de nanocristais [177]. Storms [18] colocou um fino pó de vários materiais, incluindo  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Cs}_2\text{O}$ , em películas de paládio e observou um aquecimento anômalo. Aparentemente uma grande quantidade de compostos e estruturas podem produzir um NAE, com pouca evidência da presença de  $\beta\text{-PdD}$ .

Por outro lado, o paládio-negro e paládio catalítico é hospedeiro de um NAE quando submetido a modestas pressões de deutério. Contudo não se conhece o conteúdo de impurezas, a razão D/Pd, e a estrutura destas nanopartículas. Até o momento o papel desempenhado pelo  $\beta\text{-PdD}$  é desconhecido, mesmo estando com esta estrutura.

A única característica em comum à maioria, senão a todos, os estudos é a presença de nanopartículas quando os efeitos anômalos são observados. Estas estruturas ou são inseridas inicialmente ou são geradas localmente na superfície do catodo pela ação da eletrólise. O esparramo provocado pelo bombardeio de íons os pode gerar. A carga e descarga, repetidas, do paládio [178] ou níquel gerará tais estruturas, já que gera ruturas no material. As emissões energéticas são geradas por este processo [143]. Jiang et al [179] sugerem que as reações nucleares ocorrem na extremidade destas estruturas. Até que a estrutura exata do NAE seja determinada, a reprodução dos efeitos será amplamente controlada pelo acaso e explicações terão pouca relação com a realidade.

## **CAPÍTULO 5: Entendendo como o Pd se comporta**

### **I. Introdução**

A maioria dos metais reagem com os isótopos de hidrogênio formando compostos. Esses compostos são iônicos (como  $\text{LiH}$ ), metálicos (como  $\text{PdH}$ ) ou covalentes (como  $\text{CH}_4$ ). Os hidridos iônicos desprendem hidrogênio em contato com a água, enquanto os hidridos metálicos são inertes. Os hidridos iônicos contêm hidrogênio como íon negativo, enquanto o hidrogênio está parcialmente ionizado a um íon positivo nos hidridos metálicos. Alguns elementos como a prata, ouro e a platina formam hidridos somente a pressões muito altas. O níquel dificilmente forma hidridos devido a uma barreira de difusão que se forma na superfície. Contudo, repetindo-se o ciclo eventualmente a estrutura se romperá e permitirá a conversão. O paládio não é único em sua facilidade em formar hidrido nem na quantidade de hidrogênio que pode conter comparado com muitas outras ligas.

Quando se forma  $\beta\text{-PdD}$ , a estrutura rompe-se devido à sua larga expansão [180], resultando em muitas deslocções [181]. Como resultado é esperado o preannealing do paládio exercer pouco efeito sobre o  $\text{PdD}$  resultante. Estas ruturas são difíceis de se observar mas críticas na determinação do limite de carga. A maioria dos elementos, como o urânio e titânio, se pulverizam no processo, o que os torna difíceis de estudar-se no contexto.

As propriedades do hidrido de paládio podem ser alteradas pela formação de ligas. A adoção de prata evita as roturas mas reduz a estabilidade do hidrido. Como resultado sob a mesma pressão de  $\text{D}_2$  a razão  $\text{D}/(\text{Pd} + \text{Ag})$  é menor. A liga com lítio aumenta a estabilidade do hidrido. Os dois elementos, substitutos para o paládio, causam uma redução no tamanho da estrutura. A adição de platina tem um efeito similar à da prata. O boro, como substituto do deutério, faz o hidrido mais estável, porém pode resultar num material quebradiço se o borido muito estável formar grãos nas fronteiras.

## II. Propriedades

### II.1. Diagrama de fase do sistema Pd-D

Como o sistema paládio hidrogênio [185 – 188], o sistema paládio deutério, como é sabido, contém duas fases estáveis, uma alfa criada pelo deutério colocado aleatoriamente entre os átomos de paládio (uma solução típica) e outra fase beta criada pelo deutério colocado aleatoriamente numa estrutura cúbica de faces centradas (um composto defeituoso) [189]. A fronteira da fase inferior desta fase depende da [ressão e temperatura aplicadas, como mostra a Fig. 3 [190], mas é PdD<sub>0,7</sub> sob 1 atm. e temperatura normal. Sobre 275° C as fases alfa e beta caem numa região de fase única quando com mais de 35 atm. de pressão é aplicada. O deutério ocupa lugares aleatórios na equiivalentes na sub-estrutura no  $\beta$ -PdD acima de cerca de 50 K. Abaixo de 50 K ocorre uma ocupação ordenada entre os lugares ocupados e os desocupados [191, 192]. A estrutura superior é difícil de acessar devido são necessárias pressões muito altas. Presumivelmente a fase  $\beta$  não pode existir acima de PdD<sub>1,0</sub>. Mas a ação eletrolítica é capaz de gerar suficiente ação química para levar a composição da superfície bem acima de 1,0. Também a aplicação de modestas pressões com paládio fracionado em partículas menores que 5 nm resulta em composições perto de D/Pd = 2,0 [250, 251] Só se pode especular a respeito da fase resultante. Contudo, metais que formam hidridos mais estáveis que  $\beta$ -Pd, e assim estáveis a pressões acessíveis, formam compostos com composições no limite de MH<sub>2</sub> e MH<sub>3</sub>, alguns dos quais comteem hidrogênios dímeros. Os cálculos indicam que não se formam dímeros na estrutura do  $\beta$ -PdH [193]. Em outras palavras, os lugares da estrutura tetraédica não está ocupada. Não há evidências do suposto  $\beta$ -PdH [194].

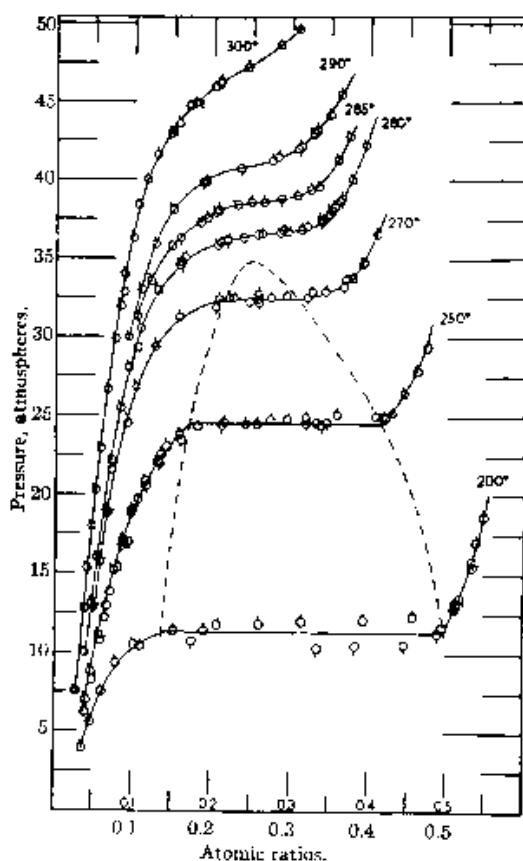


Figura 3. A relação entre a pressão e a composição do sistema Pd-D a várias temperaturas. A fase  $\alpha$  está à esquerda e a  $\beta$  à direita. Elas aparecem juntas acima de 275° C e 35 atm.

## II.2 Estrutura e dimensões da estrutura

Ambos,  $\alpha$ -PdD e  $\beta$ -PdD, possuem estrutura de cristalização cúbica de face centrada. sendo que a estrutura do último é do tipo do NaCl. Assume-se que a posição dos átomos D na fase  $\alpha$  é a mesma que na fase  $\beta$  mas com muito menos átomos nessas posições. Contudo ainda não se obteve a posição dos átomos D a uma concentração possível a temperatura normal. Conseqüentemente as medições foram feitas a temperaturas maiores, onde a solubilidade é maior. Presume-se que o deutério ocupe as mesmas posições a temperaturas mais baixas.

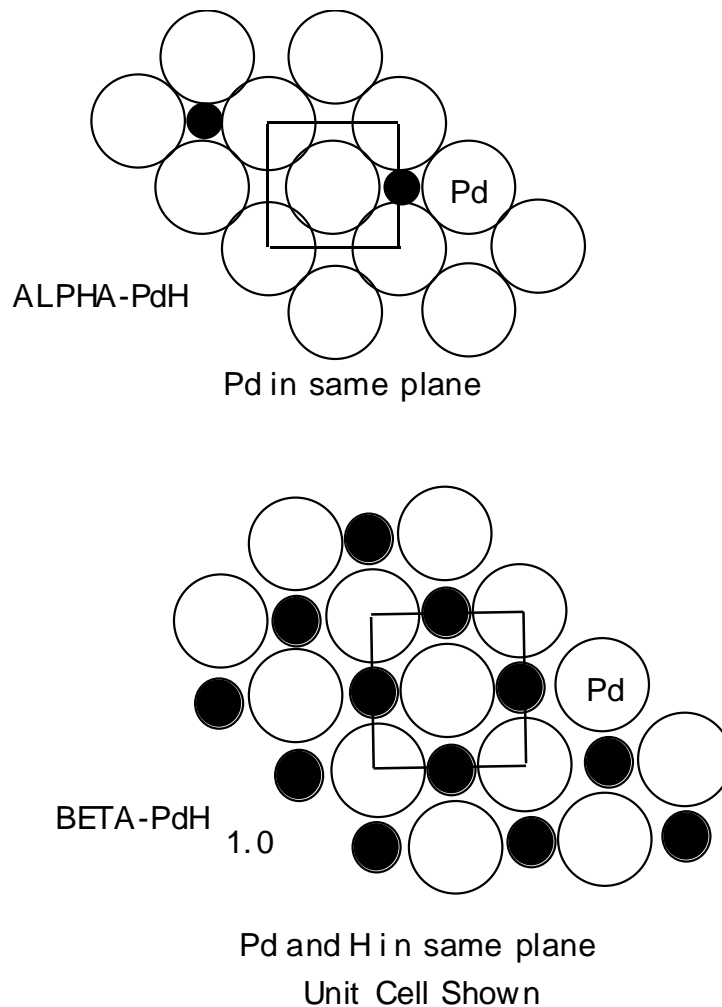
A conversão da estrutura  $\alpha$ -PdD em  $\beta$ -PdD aumenta o volume em cerca de 10%, sendo esta a causa de provocar roturas. A quantidade de roturas pode ser determinada comparando com o volume da estrutura esperado, baseando-se na composição, para a medição do volume [114]. Ao se formar a fase  $\beta$ , os átomos de Pd se deslocam para permitirem que os átomos de D tomarem suas posições próprias, como se mostra na figura 4. O hidrogênio se aloja no plano, forçando os átomos de Pd a um lado e ocupando as posições ditas de um octoedro. Estas posições podem ou não estarem ocupadas de maneira aleatória até o completo preenchimento da estrutura PdH<sub>1,0</sub>.

Como a difração dos raios X é mais intensa na posição do hidrogênio, os padrões dos raios X parecem ser idênticos para ambas estruturas, com somente um corrimento em linha causado pelo espaçamento diferente do Pd. Somente a difração de neutrons do PdD pode determinar a posição do hidrogênio. Uma posição octoedral é possível mas os estudos de difração de neutrons mostra nas composições disponíveis nas experiências não estão ocupadas [195-197]. O comportamento da resistividade dos eletrodos segue o mesmo padrão [198]. Uma experiência usando a difração de raios X que incidem com pequeno ângulo em uma superfície de um eletrodo não mostra evidências de grande semelhanças com átomos de deutério [199] e não foram detetadas novas fases até PdD<sub>0,9</sub> [200]. Não existe evidências de ocupação tetraedral, que normalmente é tida como viável.

Obteve-se uma estrutura metaestável a partir de 600° C e alta pressão [201] e bombardeando-se finas películas de Pd com protons a 600° C seguido de esfriamento com H<sub>2</sub> [202,203]. Como essas fases são metaestáveis à temperatura normal e se formam em condições ausentes nas células de fusão a frio, admite-se que não desempenham nenhum papel no processo de fusão a frio.

O parâmetro da estrutura  $\beta$ -PdD aumenta como uma estrutura adicional de lugares ocupado pelo deutério. Um valor de 4.025 nm foi publicado para D/Pd = 0,61, que é o valor de equilíbrio entre  $\beta$ -PdD e  $\alpha$ -PdD nos limites inferiores da fase  $\beta$ . Mediu-se um valor de 0,405 nm para  $\beta$ -PdD<sub>0,77</sub> [204]. Como apontam muitos autores, a distância entre os átomos de deutério, mesmo em  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub>, é muito grande para permitir a fusão a frio por um processo “normal” [205, 206]. Não existe conhecimento sobre o tamanho de estruturas de fases acima de  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub> ou de micro partículas. Tão pouco existe conhecimento sobre as fases de liga complexa que se examinam atualmente e portanto não se pode avaliar o efeito de processos “normais”.





**Figura 4. A figura mostra as 100 faces de  $\alpha$ -PdD e  $\beta$ -PdD. A camada seguinte de átomos é aplicada para ambas fases com um deslocamento de  $\frac{1}{2}$  célula.**

### II.3. Propriedades termodinâmicas

As propriedades termodinâmicas do  $\beta$ -PdD são muito similares às do  $\beta$ -PdH, por isso estão disponíveis mais dados [186, 207 – 209]. A entalpia parcial na formação do deutério se torna menos negativa com o aumento da razão D/Pd, tornando-se positiva por volta de 0,85 [210, 211]. Este comportamento não significa que se pode conseguir composições mais elevadas simplesmente elevando-se a temperatura uma vez superado  $\beta$ -PdD<sub>0,85</sub> [7]. Isto não pode acontecer já que a entropia também muda. Como resultado a energia de formação Gibbs, que determina a estabilidade em relação à fase gasosa, continua mostrando a estabilidade em diminuição com o aumento com o aumento da temperatura e composição. Portanto, se perderá deutério em um gás mantido a pressão constante com o aumento da temperatura, independentemente da razão D/Pd. A equação a seguir dá a pressão de D<sub>2</sub> sobre  $\beta$ -PdD como função da temperatura e composição, onde  $r = D/Pd$  e  $T = ^\circ K$  [189].

$$\ln P [D_2, \text{atm}] = 12,8 + 2\ln [r/(1-r)] - [11490 - 10830r] / T$$

A pressão na região a-b entre as duas fases é dada por:

$$\ln P [D_2, \text{atm}] = -4469/T + 11,78$$

Por outro lado se existe uma fase nuclearmente ativa com uma composição superior a  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub>, poderia se tornar mais estável com o aumento da temperatura, devido à maior entropia. Esta concentração aumentada pode gerar mais lugares onde podem ocorrer reações nucleares e explica o efeito positivo da temperatura. É claro que esta situação ideal não existe na região superficial, se é que existe em geral, onde se crê que o NAE se dá, porque a fase Pd-D nesta região, se existir, está altamente contaminada por outros elementos. Não obstante os efeitos nucleares mostram um efeito térmico positivo.

#### **II.4. Medição da razão D/Pd**

O conteúdo de deutério tem sido medido usando as mudanças de resistividade, de peso e produção de oxigênio órfão. A reflexão de raios X pela superfície permite medir os parâmetros da estrutura, que pode ser usada para determinar a composição. Todos estes métodos, excetuando-se talvez o último, mede o nível médio da composição da amostra, não a composição do NAE. Ainda mais, este nível médio depende da forma e tamanho da amostra e da magnitude do gradiente da concentração. Infelizmente, os valores reportados têm somente uma relação geral com a composição da NAE.

##### **II.4.1. Resistividade**

Muitas experiências usam a resistividade do catodo de paládio para determinar a razão D/Pd. Este método dá uma média da composição da amostra e é influenciado por muitas variáveis [212, 213]. A composição é calculada usando-se a razão da resistividade amostra/pura Pd (R/R<sub>0</sub>). O valor varia entre 1,0, do paládio puro, e cerca de 2,0 no limite inferior da fronteira da fase  $\beta$ , com uma relação linear entre estes dois pontos. R/R<sub>0</sub> diminui na região de fase única a cerca de 1,0 no limite superior, onde uma mudança em declive é observada [214]. O comportamento da resistividade é diferente para finas películas [215, 216], dependendo da espessura abaixo de 100 nm. Isto é especialmente válido para películas depositadas por eletrólise, porque a região superficial altamente sobrecarregada será uma grande fração da amostra. Assim sendo, a resistividade resultante representará melhor as propriedades da superfície que do interior. Portanto, os valores obtidos em finas películas não podem ser comparados a eletrodos massivos onde o valor é determinado muito mais pela composição interior.

A resistividade na região de duas fases,  $\alpha$ -PdD e  $\beta$ -PdD, deve ser uma combinação linear dos dois membros. Contudo, devido ao efeito histeresis que ocorre nesta região na ausência de equilíbrio, a relação observada pode não ser linear ou reprodutível. O valor máximo para a razão R/R<sub>0</sub> no limite inferior da fase  $\beta$  é determinado pela composição alcançada por  $\beta$ -PdD. Esta composição é afetada pela temperatura, pressão e conteúdo de impurezas, por isso não tem um único valor. Mas por conveniência se usa um complexo polinomial para determinar o comportamento entre Pd puro e  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub>, método que pode introduzir um erro significativo na região de baixa composição da fase  $\beta$ . Ainda mais, uma vez que se excedeu  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub>, a resistividade assume um comportamento diferente, determinado por outra região de duas fases. Conseqüentemente o resultado não pode ser extrapolado além de  $\beta$ -PdD<sub>1,0</sub>.

##### **II.4.2. Mudança de peso**

Um grama de Pd quando carregado com PdD<sub>1,0</sub> tem seu peso aumentado em 0,0185 g. Como resultado pode-se determinar a composição usando-se uma balança com 4 casas decimais. Como o paládio se descarrega rapidamente, as medições devem ser feitas em função do tempo e extrapolada para trás ao instante em que a eletrólise parou usando a raiz quadrada do tempo.

### II.4.3. Oxigênio Órfão

Quando  $D_2O$  é decomposto por eletrólise e  $D_2$  reage com o paládio, o oxigênio orfanado resta como gás. A quantidade deste gás pode ser usada para determinar a quantidade de deutério adicionada ao catodo, quando um recombinador catalítico está presente na célula. Isto pode ser feito medindo-se o aumento de pressão no sistema selado ou observando-se a quantidade de fluido deslocado para um reservatório externo. O método, quando calibrado depois da experiência, medindo-se a mudança de peso do catodo, tem a habilidade de medir a razão D/Pd com  $\pm 0,005$  durante a carga.

### II.4.4. Parâmetro de estrutura por raios X

Este método é difícil de ser aplicado a células convencionais, mas pode ser efetivo na medição a composição próxima à superfície quando é possível refletir raios X na superfície do catodo.

## CAPÍTULO 6: Como reproduzir o efeito Pons-Fleischmann

Como tantos métodos reproduziram efeitos anômalos, um pesquisador que queira replicar o efeito de fusão a frio se encontra com uma estonteante escolha e precisa começar escolhendo um método. É necessário também escolher o objetivo – aquecimento, trítério, hélio ou transmutação – que será tido como sucesso. Infelizmente, os métodos para realizar a fusão a frio e medir o sucesso requerem habilidade e a medição dos efeitos com segurança requer aparelhos caríssimos. Apesar do método Pons-Fleischmann parecer simples, é uma experiência complexa e difícil, indesejável ao amador.

A pesar de tudo, dentre os métodos usados, o Efeito Pons-Fleischmann é o menos dispendioso, mas sua reprodução é consideravelmente difícil. A detecção de aquecimento anômalo tem o maior custo-benefício dos comportamentos anômalos. Mas, dispondo-se de ferramentas apropriadas, a medição de transmutação de produtos na superfície do catodo freqüentemente produz menos resultados ambíguos. São conseguidos melhores resultados quando pomos energia adicional ao catodo na forma de plasma gerado por uma fonte de alta tensão pulsada ou aquecimento com laser.

Os esforços passados para replicar o efeito P-F se concentrou nas propriedades mais grosseiras do catodo de paládio [217, 218]. Encontrou-se maneiras de diminuir a rotura e conseguir altos valores da razão D/Pd. Enquanto estes métodos são às vezes bem sucedidos, melhores resultados se consegue concentrando-se na natureza da superfície depositada, não importando qual seja o substrato. O paládio pode ser depositado em platina limpa [18] ou na parede exterior prateada da célula ou uma cobertura de paládio pode ser aplicada a um substrato inerte no lugar, usando-se eletrólise com  $PdCl_2+LiCl$  [219]. Este método tem sido bem sucedido. Celani et al. [253] produziu altas composições em películas finas e arames finos de paládio usando um eletrolito muito diluído de  $SrCl_2+HCl+CO_2$  e uma pequena quantidade de  $HgCl_2$ .

Deve-se envidar esforços para assegurar que o eletrolito contenha as impurezas corretas e não contenha “más” impurezas. A natureza de “más” impurezas não é bem claro, que fazem alguns lotes que usam água pesada não funcionem por razões desconhecidas. Uma célula nova será limpa melhor usando-se um catodo simulado como preparador que será removido depois de vários dias de eletrólise e substituído por um novo catodo. Se uma camada de impurezas apropriadas não for aplicada na superfície do catodo, uma camada de micro-cristais lentamente deve se formar na superfície do catodo durante a experiência. Quando dita camada é aplicada numa célula convencional P-F, é constituída fundamentalmente de lítio do eletrolito, silício do Pirex e platina do anodo. Este processo de deposição é muito lento porque a platina se torna disponível somente depois que se forme óxido negro no anodo e se dissolva no eletrolito. Este processo é acelerado com a presença de  $Cl^-$  no eletrolito. O Pirex lentamente se dissolve no eletrolito e este processo é acelerado quando se aumenta o conteúdo de lítio na solução. Como conclusão, um longo período é passado antes que se obtenha sucesso com uma célula nova. De fato, as esperanças de duplicar o

efeito usando-se materiais muito puros num contenedor de teflon foram mal sucedidas até que se adicionou Pirex à solução. Outros produtos químicos podem ser adicionados, tais como alumínio [220], tiuréia (tiucarbamida) [221, 222], que, às vezes, produz uma cobertura ativa e/ou uma composição maior mais rapidamente. Com esta nova visão, o desafio tem que ser focado em colocar os materiais desejáveis no eletrolito em baixas concentrações, assim, fazendo crescer pequenos cristais na superfície. Concentrações muito altas de impurezas no eletrolito não funcionará porque os cristais crescerão muito rápido e muito grandes para serem úteis.

## CAPÍTULO 7: Teoria

### I. Introdução

Centenas de tentativas foram feitas para tentar explicar o efeito C-F. Uma larga gama de possibilidades foram exploradas mas com pouco sucesso. Nenhuma teoria foi bem sucedida em mostrar como o efeito pode ser amplificado e se tornar mais reprodutível, apesar das muitas sugestões. Esta falta de sucesso resulta da ênfase no mecanismo nuclear antes do ambiente onde as reações ocorrem. Os pesquisadores têm controle somente sobre o ambiente, sobre o mecanismo somente depois que o ambiente esteja criado.

Uma teoria para ser bem sucedida necessita satisfazer vários desafios básicos. Primeiro um mecanismo precisa ser encontrado para superar a barreira de Coulomb do hidrogênio, bem como de elementos com barreira muito maior. Segundo quando a energia nuclear é liberada, é necessário encontrar um mecanismo que rapidamente degrade a energia, para prevenir a emissão de quantidades significantes de energia radiante, que não é detetável. Terceiro um único ambiente precisa ser identificado e mostrar-se como este influencia o mecanismo nuclear, especialmente como ele determina qual das muitas reações nucleares possíveis será priorizada. Quarto a formação de hélio sem radiação gama precisa ser explicada. A maioria das teorias abordam um ou quando muito dois desses desafios. Até que uma teoria possa mostrar como a NAE é criada e descreva sua natureza única, pouco progresso faremos, especialmente porque a maioria das teorias estão baseadas nas propriedades ideais do  $\beta$ -PdD. Como está explicado no capítulo 4, o NAE não envolve este composto em muitas condições, senão em todas.

### II. Discussão Geral

#### II.1. O Papel dos Neutrons

Obviamente se os neutrons estão envolvidos no mecanismo nuclear, a barreira de Coulomb não seria uma saída. Assim, muitos propuseram uma fonte de neutrons potencialmente reativos. Algumas destas teorias estão descritas aqui.

Kosima [223] escreveu um grande número de documentos baseados na idéia de que os neutrons nos materiais normais estão em forma estabilizada. Quando são criadas condições apropriadas, isto é na NAE, estas estruturas se tornam instáveis e reagem com os núcleos do meio. Ele calculou a concentração desses “grupos” e usa a consistência do resultado como suporte da idéia.

Fsher [224] propõe que grupos de neutrons estão frouxamente vinculados em alguns núcleos. Sob condições apropriadas estes grupos se desvinculam e reagem com outros núcleos do meio ambiente. Foi reportado por Oriani [225] evidências de carbono super-pesado, presumivelmente causado pela anexação de um grupo de neutrons.

Muitos observaram que se o eletrom associado ao hidrogênio ou ao deutério pudesse se aproximar suficientemente ao núcleo, um neutrom ou dineutrom virtual poderia resultar. Assim, o eletrom

poderia proporcionar blindagem suficiente ao protom ou deuterom (núcleo de um deutério) para entrar no núcleo. Presumivelmente o eletrom não teria que criar realmente um neutrom, um processo que requer energia e um neutrino . Mills [226] desenvolveu uma base teórica que permite um eletrom se aproximar muito do núcleo, com a formação do assim chamado hidrino . Dufour [227] fez uma sugestão similar. Ambos deram evidências do conceito de encolhimento do hidrogênio.

Todas as teorias baseadas em neutrons reais devem como o NAE desprende neutrons ou causa sua criação e porque tão poucos neutrons escapam da região ativa, mesmo porque esta região é muito pequena para oferecer absorção. A formação de  $^4\text{He}$  sem  $^3\text{He}$  ou tritério também deve ser explicada.

## **II.2. O Papel dos Fonons**

O fonon é uma partícula mítica usada para descrever a energia contida na vibração dos átomos e eletrons de um material. Estas vibrações, supõem-se, causa alguns átomos aproximarem-se uns dos outros a uma distância de reação nuclear [228, 229] ou acumular energia nos núcleos, tornando-os instáveis. Uma vez que uma reação nuclear desprenda energia, os fonons comunicariam esta energia à estrutura [231]. Além do considerável desafio de demonstrar que os fonons possuem as propriedades necessárias para realizar as tarefas propostas, é necessário demonstrar porque isto ocorre unicamente no NAE.

## **II.3. O Papel das Partículas-Onda Conversão**

Os Chobbs [232] propuseram que o núcleo do deutério pode, sob determinadas condições, converter uma onda. Assim, pode interagir com outra onda deutério sem uma barreira de Coulomb presente. Esta interação forma brevemente uma onda hélio, que lentamente se converte numa partícula hélio, perdendo um pequeno quanta de energia para a estrutura do meio. Este modelo resolve alguns problemas, mas não contempla como se produzem as transmutações e que propriedade única da estrutura circundante potencializa esta conversão. O simples fato de se ter um conjunto de átomos não é suficiente porque esta condição sempre existe no material, enquanto que as reações nucleares se localizam em regiões especiais.

## **II.4. O Papel de Partículas “Estranhas”**

Foram propostas explicações baseadas em partículas raras. Estas incluem o Erzion [233], o NTTOH [234], partículas parcialmente carregadas [235], partícula massiva negativa [236], e núcleos super-pesados [237]. Como estas partículas são ativadas ou impactam na NAE não está claro.

## **II.5. O Papel do Efeito de Túnel ou Acentuação da Seção Transversal**

Vários autores exploraram a possibilidade de que processos com PdD possam reduzir a barreira efetiva de Coulomb. Somente duas das sugestões estão citadas aqui. Os processos descritos tentam demonstrar o mecanismo que fazem os átomos de deutério se aproximarem mais que o normal, usando efeitos de ressonância [238], ou processos que introduzem blindagem eletrônica entre os átomos de deutério [239]. Ambos modelos falham em demonstrar o que faz do PdD único no suporte de reações de fusão e não se referem a outros tipos de reações nucleares. Em geral, os modelos propostos não foram capazes de explicar a taxa de fusão requerida para haver a produção de aquecimento anômalo ou transmutação de elementos pesados.

Recentemente, uma fonte de blindagem eletrônica foi sugerido existir entre dois materiais tendo duas funções diferentes, a assim chamada teoria dos eletrons deslizantes [240 – 242]. Este modelo com as condições existentes no NAE e contempla a formação de elementos pesados.

## II.6. O Papel da Fusão Multi-Corpos

A fusão multi-corpos foi sugerida por Takahashi et al. [243] que chegou a este modelo usando o espectro de energia dos neutrons emitidos por uma célula eletrolítica. Estudos posteriores usando bombardeamento de íons mostraram-se consistentes com o modelo [244]. Recentemente Iwamura et al. [23] descobriu evidências de 4 deutérios entrando num núcleo simultaneamente, reforçando o modelo multi-corpos. A formação de tais aglomerados [245] seguido da fusão do aglomerado resolve vários problemas, não sendo o menor dos quais ser um método de liberação de uma quantidade de movimento sem o desprendimento de raios gama. Neste caso, a energia é depositada na treliça por partículas alfa energizadas e deutérios ejetados do aglomerado. O desafio para este modelo é demonstrar como tais aglomerados podem se formar na treliça e a natureza da treliça.

## CAPÍTULO 8: Erros Sugeridos e Explicações Prosaicas

Os cétricos sugerem que todos resultados da fusão a frio são erros experimentais ou artifícios de instrumento. Para provar esta hipótese teriam que examinar cada um dos documentos bem escritos e detalhados sobre a fusão a frio achar um grupo de erros que possa explicar bem todas as observações. Tão difícil quanto é explicar as reações nucleares, é mais difícil achar um grupo tão coerente de erros. Além do mais, poria em dúvida a validade do próprio método experimental. Para reduzir o desafio, a maioria de cétricos propuseram um erro que pode ocorrer em qualquer experiência e então supõem que se aplica a todos os outros experimentos. Eles não examinam cada experiência e não conseguem compreender cada tipo diferente de instrumento e técnica que são usados sem a possibilidade do erro proposto ocorrido em outra parte. Por exemplo, os cétricos frequentemente sugerem que a recombinação pode explicar o calor marginal em excesso numa experiência em célula aberta, e então aplicam esta crítica a células fechadas onde um erro de recombinação é impossível [246]. Ou supõem um processo prosaico que podem imaginar ocorrer sem oferecer qualquer prova que o processo realmente ocorre na natureza. De um ponto de vista do cétrico, as regras de evidência se aplicam só à pessoa que faz uma denúncia de erro, a essa não se exige nenhuma justificativa. Este comportamento não é muito construtivo, erros sérios podem ocorrer em qualquer experiência e necessitam ser identificados.

Um número de erros reais foi identificado, que será examinado em detalhe embaixo. Muitos mais foram discutidos por Storms [71].

### O Gradiente de Temperatura num Calorímetro Isoperbólico

A primeira crítica da medida do calor de Pons-Fleischmann foi baseada num problema presumivelmente causado por gradientes de temperatura dentro de sua célula isoperbólica [247]. Pons e Fleischmann mostraram que esta estava fora de questão movendo seu termistor a níveis diferentes dentro da célula [248]. Não obstante, isto é um erro potencial válido [67]. O movimento eletrolítico raramente é suficiente para remover completamente o gradiente de temperatura. Mesmo o movimento mecânico regular deve ser mantido muito constante alcançar uma medida estável. Por causa deste erro potencial, nos trabalhos mais recentes se usa calorímetro de fluxo ou calorímetro de Seebeck, pois ambos não sofrem deste problema. O calorímetro isoperbólico de parede dupla também foi usado com êxito.

### Alterações da Constante de Calibração

Todo calorímetro precisa ser calibrado. A constante de calibração resultante nem sempre permanece constante. Cada vez que se faça uma medição se obtem valores ligeiramente diferentes. Se a produção de energia anômala está no rango definido por diferentes calibrações, seu resultado pode ser questionado. Shanahan [249] argumenta que todos os anúncios de energia anômala são causados

por uma mudança inesperada da constante de calibração devido a algum processo indefinido na célula, mas não devido a reações nucleares. A resposta a este desafio repousa sobre três fatos:

1. Muitos valores reportados estão bastante fora deste rango.
2. O aquecimento anômalo freqüentemente é associado a padrões universais de comportamento, como dito no Capítulo 2.
3. O aquecimento anômalo, às vezes, é associado à produção de hélio ou de transmutações, que é uma clara indicação de reações nucleares.

Além disso, um processo que pode produzir tais mudanças em todos os calorímetros não foi demonstrado, somente sugerido. Agora, se uma pessoa quer rejeitar o aquecimento anômalo, o referido processo prosaico deverá demonstrá-lo, usando tanto rigor quanto nas experiências, não simplesmente sugeri-lo.

### **Contaminação com Tritério**

Quando foi anunciada por primeira vez a presença anômala de tritério, esta foi rejeitada alegando a presença de tritério na atmosfera, nos materiais da célula ou no paládio. Todas estas fontes foram bem analisadas e suficientemente comprovadas da ausência de tritério. Presentemente não se encontrou uma fonte plausível de tritério que explique todas as observações, além da sua criação através de reações nucleares.

### **Contaminação de Hélio pelo Ar**

Os primeiros anúncios de produção de hélio foram rejeitados devido a uma suposta entrada de ar no contenedor. Mesmo então foi demonstrada a ausência de ar medindo o conteúdo de ar ao mesmo tempo que o hélio era medido. Isto eliminou esta possibilidade. Já que esta é uma medição difícil, requerendo um aparelho complexo, o número crescente de medições mostrou uma relação entre o hélio e a energia, fazendo assim, esta rejeição, cada vez mais improvável.

### **Contaminação com Elementos Pesados**

A detecção de elementos estáveis é difícil quando as concentrações presentes são baixas, porém, estas medições raramente são questionadas quando aplicadas em pesquisas convencionais. Além disso, quase tudo contém pequenas quantidades da maioria dos outros elementos estáveis. Portanto, para provar que um elemento particular, depois de haver sido concentrado num cátodo por eletrólise, tenha uma origem nuclear é difícil. Uma reivindicação plausível normalmente é baseada numa concentração grande inexplicável ou uma relação anormal de isótopos. Alguns trabalhos mostram aumentos anormais de isótopos com o tempo. Elementos claramente bem estáveis achados num cátodo não são anormais. Entretanto um número suficiente de observações da presença de elementos anômalos foram informadas para fazer a reação de transmutação digna de estudo.

## **Sumário**

A seguir são propostas como novas introspecções fornecidas por observações recentes descritas neste documento:

1.  $\beta$ -PdD puro, sem ter em conta seu conteúdo de deutério, não é o ambiente em que LENR ocorre durante o efeito de Pons-Fleischmann. A liga complexa em que o efeito ocorre aparentemente exige um muito alto conteúdo de deutério.
2.  $\beta$ -PdD quase puro parece estar ativo num conteúdo relativamente baixo de deutério.

3. LENR exige partículas microscópicas de vários materiais complexos, incluindo células vivas.
4. Todos os isótopos de hidrogênio podem estar envolvidos na LENR.
5. Grupos de isótopos de hidrogênio se formam e interagem uns com os outros e os núcleos circundantes para causar LENR.
6. Muitos elementos podem entrar em LENR com hidrogênio ou um com átomos de si mesmo.

Estas conclusões são significativamente diferentes do pensar convencional no campo e bem distante do que física convencional pode explicar. Esperançosamente, antes de serem rejeitar, estes aspectos do fenômeno serão considerados quando novas experiências e explicações forem propostas. As experiências e teorias até agora não foram muito bem sucedidas, então uma pessoa tem pouco o que perder por considerar estas possibilidades.

## Comentários

A ciência foi bem sucedida porque certas regras de evidência foram adotadas séculos atrás, o Método Científico assim chamado. Estas regras exigem que pessoas usando artifícios diferentes possam duplicar as observações inéditas. Tais replicações reduzem a tendência humana enganar e ser enganado. Além do mais, o comportamento observado nestes vários estudos deve mostrar padrões semelhantes, i.e. variáveis importantes devem ter o mesmo efeito em todos os estudos, sem ter em conta o equipamento usado. Partir com uma explicação para um comportamento estranho NÃO é descoberta inicialmente necessária, embora a consequência de uma explicação é importante. Este é um bom método e tem servido à humanidade bem quando é fielmente aplicado. A ciência fracassa quando estas regras são ignoradas. Estas regras podem ser ignoradas de várias maneiras diferentes, a mais óbvia é a aceitação prematura. Alguns cientistas pensam esta regra tão importante que baseiam suas carreiras em proteger Ciência de tal infração. Um problema menos óbvio ocorre quando replicações repetidas são ignoradas porque um cientista não QUER acreditar num resultado que discorda com sua teoria favorita. A fusão a frio inicialmente foi rejeitada pela razão anterior. Agora a rejeição está baseada na regra menos óbvia. A primeira rejeição era válida e coerente com o Método Científico. A rejeição presente não o é.

O ceticismo, quando levado ao extremo, é como o erro de aceitação ingênua. Muitas pessoas atualmente respeitam o cético para preservar os altos ideais da ciência. Aliás, os cétricos freqüentemente param um progresso importante, asfixia-se originalmente, e põe pessoas criativas muito longe da ciência. Embora muitos exemplos desta ferida podem ser citados do passado e especialmente do tempo presente, esta rejeição da fusão a frio é particularmente egrégia por causa de sua natureza veemente e a importância da descoberta. Peço ao leitor, usar um bom julgamento e uma atitude responsável em avaliar as reivindicações incríveis descritas nesta Guia. Lembre-se de que reivindicações novas e estranhas não têm que ser aceitas cegamente nem cegamente tem que ser rejeitadas, somente exploradas com uma mente aberta. Novas idéias importantes, quase sempre, discordam do entendimento convencional, então tal conflito não deve ser usado como uma base para rejeição total, antes das possibilidades serem cuidadosamente examinadas.

Adjunto:

Crítica deste documento por Kurt Shanahan e refutações dessa crítica por Edmund Storms e Michael Staker.



## Referências:

1. Beaudette, C.G., [\*Excess Heat. Why Cold Fusion Research Prevailed.\*](#) 2000, Concord, NH: Oak Grove Press (Infinite Energy, Distributor).
2. Fleischmann, M., S. Pons, and M. Hawkins, *Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium.* J. Electroanal. Chem., 1989. **261**: p. 301 and errata in Vol. 263.
3. Bush, R.T. and R.D. Eagleton. *Calorimetric Studies for Several Light Water Electrolytic Cells With Nickel Fibrex Cathodes and Electrolytes with Alkali Salts of Potassium, Rubidium, and Cesium.* in *Fourth International Conference on Cold Fusion.* 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
4. Mills, R.L. and P. Kneizys, *Excess heat production by the electrolysis of an aqueous potassium carbonate electrolyte and the implications for cold fusion.* Fusion Technol., 1991. **20**: p. 65.
5. Storms, E. [\*Excess Power Production from Platinum Cathodes Using the Pons-Fleischmann Effect.\*](#) in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
6. Warner, J., J. Dash, and S. Frantz. [\*Electrolysis of D<sub>2</sub>O With Titanium Cathodes: Enhancement of Excess Heat and Further Evidence of Possible Transmutation.\*](#) in *The Ninth International Conference on Cold Fusion.* 2002. Beijing, China: Tsinghua University: unpublished.
7. Fleischmann, M. *More About Positive Feedback; More About Boiling.* in *5th International Conference on Cold Fusion.* 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
8. Lonchamp, G., L. Bonnetain, and P. Hieter. [\*Reproduction of Fleischmann and Pons Experiments.\*](#) in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy.* 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
9. Mengoli, G., et al., *Calorimetry close to the boiling temperature of the D<sub>2</sub>O/Pd electrolytic system.* J. Electroanal. Chem., 1998. **444**: p. 155.
10. Bockris, J., et al. [\*Triggering of Heat and Sub-Surface Changes in Pd-D Systems.\*](#) in *Fourth International Conference on Cold Fusion.* 1994. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
11. Castellano, et al. [\*Nuclear Transmutation in Deuterated Pd Films Irradiated by an UV Laser.\*](#) in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
12. Di Giulio, M., et al., *Analysis of Nuclear Transmutations Observed in D- and H-Loaded Films.* J. Hydrogen Eng., 2002. **27**: p. 527.
13. Nassisi, V., *Transmutation of elements in saturated palladium hydrides by an XeCl excimer laser.* Fusion Technol., 1998. **33**: p. 468.
14. Mizuno, T., et al., [\*Production of Heat During Plasma Electrolysis.\*](#) Jpn. J. Appl. Phys. A, 2000. **39**: p. 6055.
15. Ohmori, T., *Recent development in solid state nuclear transmutation occurring by the electrolysis.* Curr. Topics Electrochem., 2000. **7**: p. 101.
16. Sundaresan, R. and J. Bockris, *Anomalous Reactions During Arcing Between Carbon Rods in Water.* Fusion Technol., 1994. **26**: p. 261.
17. Miley, G.H., et al. *Advances in Thin-Film Electrode Experiments.* in *8th International Conference on Cold Fusion.* 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
18. Storms, E., [\*Ways to Initiate a Nuclear Reaction in Solid Environments.\*](#) Infinite Energy, 2002. **8**(45): p. 45.
19. Miles, M., et al. [\*Thermal Behavior of Polarized Pd/D Electrodes Prepared by Co-deposition.\*](#) in *The Ninth International Conference on Cold Fusion.* 2002. Beijing, China: Tsinghua University: unpublished.
20. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and J.J. Smith, [\*On the behavior of Pd deposited in the presence of evolving deuterium.\*](#) J. Electroanal. Chem., 1991. **302**: p. 255.
21. Arata, Y. and Y.C. Zhang. *Definite Difference among [DS- D<sub>2</sub>O], [DS-H<sub>2</sub>O] and [Bulk- D<sub>2</sub>O]*

- Cells in the Deuterization and Deuterium-reaction.* in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
22. Case, L.C. *Catalytic Fusion of Deuterium into Helium-4.* in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
23. Iwamura, Y., M. Sakano, and T. Itoh, *Elemental Analysis of Pd Complexes: Effects of D<sub>2</sub> Gas Permeation.* Jpn. J. Appl. Phys. A, 2002. **41**: p. 4642.
24. Claytor, T.N., et al. *Tritium Production from Palladium Alloys.* in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
25. Dufour, J., et al., *Interaction of palladium/hydrogen and palladium/deuterium to measure the excess energy per atom for each isotope.* Fusion Technol., 1997. **31**: p. 198.
26. Bae, Y.K., D.D. Lorents, and S.E. Young, *Experimental confirmation of cluster-impact fusion.* Phys. Rev. A: At. Mol. Opt. Phys., 1991. **44**: p. R4091.
27. Cecil, F.E. and G.M. Hale. *Measurement of D-D and D-Li6 Nuclear Reactions at Very Low Energies.* in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy.
28. Karabut, A. B. *Analysis of Experimental Results on Excess Heat Power Production, Impurity Nuclides Yield in the Cathode Material and Penetrating Radiation in Experiments with High-Current Glow Discharge.* in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
29. Kasagi, J., et al. *Observation of High Energy Protons Emitted in the TiD<sub>x</sub>+D Reaction at Ed=150 keV and Anomalous Concentration of 3He.* in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
30. Kosyakhkov, A.A., et al., *Neutron yield in the deuterium ion implantation into titanium.* Fiz. Tverd. Tela, 1990. **32**: p. 3672 (in Russian).
31. Savvatimova, I. *Reproducibility of Experiments in Glow Discharge and Processes Accompanying Deuterium ions Bombardment.* in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
32. Takahashi, A., et al., *Detection of three-body deuteron fusion in titanium deuteride under the stimulation by a deuteron beam.* Phys. Lett. A, 1999. **255**: p. 89.
33. Wang, T., et al., *Investigating the Unknown Nuclear Reaction in a Low-Energy ( $E < 300$  keV)  $p + T2Hx$  Experiment.* Fusion Technol., 2000. **37**: p. 146.
34. Yuki, H., et al., *Measurement of the D(d,p) reaction in Ti for  $2.5 < Ed < 6.5$  keV and electron screening in metal.* J. Phys. Soc. Japan, 1997. **66**: p. 73.
35. Beuhler, R.J., et al., *Deuteron-Deuteron Fusion by Impact of Heavy-Water Clusters on Deuterated Surfaces.* J. Phys. Chem., 1991. **94**: p. 7665.
36. Mizuno, T., et al., *Anomalous heat evolution from a solid-state electrolyte under alternating current in high-temperature D<sub>2</sub> gas.* Fusion Technol., 1996. **29**: p. 385.
37. Oriani, R.A., *An investigation of anomalous thermal power generation from a proton-conducting oxide.* Fusion Technol., 1996. **30**: p. 281.
38. Botta, E., et al. *Search for 4He Production from Pd/D<sub>2</sub> Systems in Gas Phase.* in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
39. Iazzi, F., et al. *Correlated Measurements of D<sub>2</sub> Loading and 4He Production in Pd Lattice.* in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
40. Celani, F., et al. *The Effect of Gamma-Beta Phase on H(D)/Pd Overloading.* in *ICCF7, Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
41. Manduchi, C., et al., *Electric-field effects on the neutron emission from Pd deuteride samples.* Nuovo Cimento Soc. Ital. Fis. A, 1995. **108**: p. 1187.
42. Rajan, K.G., et al., *Electromigration approach to verify cold fusion effects.* Fusion Technol.,

1991. **20**: p. 100.
43. Jorne, J., *Ultrasonic irradiation of deuterium-loaded palladium particles suspended in heavy water*. Fusion Technol., 1996. **29**: p. 83.
44. Stringham, R., et al. *Predictable and Reproducible Heat*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
45. Lipson, A.G., et al., *Initiation of nuclear fusion by cavitation action on deuterium-containing media*. Zh. Tekh. Fiz., 1992. **62**(12): p. 121 (in Russian).
46. Griggs, J.L. *A Brief Introduction to the Hydrosonic Pump and the Associated "Excess Energy" Phenomenon*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
47. Karpov, S.Y., et al., *On the possibility of a mechanism of cold nuclear fusion*. Pis'ma Zh. Tekh. Fiz., 1990. **16**(5): p. 91 (in Russian).
48. Arzhannikov, A.V. and G.Y. Kezerashvili, *First observation of neutron emission from chemical reactions*. Phys. Lett., 1991. **A156**: p. 514.
49. Beltyukov, I.L., et al., *Laser-induced cold nuclear fusion in Ti-H<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-T<sub>2</sub> compositions*. Fusion Technol., 1991. **20**: p. 234.
50. De Ninno, A., et al., *Emission of neutrons as a consequence of titanium-deuterium interaction*. Nuovo Cimento Soc. Ital. Fis. A, 1989. **101**: p. 841.
51. Menlove, H.O., et al., *The measurement of neutron emission from Ti plus D<sub>2</sub> gas*. J. Fusion Energy, 1990. **9**: p. 215.
52. Vysotskii, V., et al. *Experimental Observation and Study of Controlled Transmutation of Intermediate Mass Isotopes in Growing Biological Cultures*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
53. Komaki, H. *Observations on the Biological Cold Fusion or the Biological Transformation of Elements*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
54. Kervran, C.L., *Biological Transmutation*. 1980: Beekman Publishers, Inc.
55. Campari, E.G., et al. *Ni-H Systems*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
56. Sankaranarayanan, T.K., et al. [Evidence for Tritium Generation in Self-Heated Nickel Wires Subjected to Hydrogen Gas Absorption/Desorption Cycles](#). in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
57. Bush, R.T. and R.D. Eagleton, *Evidence for Electrolytically Induced Transmutation and Radioactivity Correlated with Excess Heat in Electrolytic Cells with Light Water Rubidium Salt Electrolytes*. Trans. Fusion Technol., 1994. **26**(4T): p. 334.
58. Lonchamp, G., et al. [Excess Heat Measurement with Patterson Type Cells](#). in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
59. Miley, G.H. [On the Reaction Product and Heat Correlation for LENRs](#). in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
60. Niedra, J.M. and I.T. Myers, *Replication of the apparent excess heat effect in light water-potassium carbonate-nickel-electrolytic cell*. Infinite Energy, 1996. **2**(7): p. 62.
61. Noninski, V.C., *Excess heat during the electrolysis of a light water solution of K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> with a nickel cathode*. Fusion Technol., 1992. **21**: p. 163.
62. Notoya, R. *Nuclear Products of Cold Fusion Caused by Electrolysis in Alkali Metallic Ions Solutions*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
63. Ohmori, T. and M. Enyo, *Excess heat evolution during electrolysis of H<sub>2</sub>O with nickel, gold, silver, and tin cathodes*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 293.
64. Rothwell, J., *CETI's 1 kilowatt cold fusion device demonstrated*. Infinite Energy, 1996. **1**(5&6): p. 18.
65. Swartz, M.R. *Optimal Operating Point Characteristics of Nickel Light Water Experiments*. in

- The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
66. Reifenschweiler, O., [Some experiments on the decrease of tritium radioactivity](#). *Fusion Technol.*, 1996. **30**: p. 261.
67. Storms, E., [Description of a dual calorimeter](#). *Infinite Energy*, 2000. **6**(34): p. 22.
68. Miles, M. and K.B. Johnson. *Improved, Open Cell, Heat Conduction, Isoperibolic Calorimetry*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
69. Belzner, A., et al., *Two fast mixed-conductor systems: deuterium and hydrogen in palladium - thermal measurements and experimental considerations*. *J. Fusion Energy*, 1990. **9**(2): p. 219.
70. Hansen, W.N. and M.E. Melich, [Pd/D Calorimetry- The Key to the F/P Effect and a Challenge to Science](#). *Trans. Fusion Technol.*, 1994. **26**(4T): p. 355.
71. Storms, E., [Cold Fusion: An Objective Assessment](#). 2001.
72. Storms, E., [The Nature of the Nuclear-Active-Environment Required for Low Energy Nuclear Reactions](#). *Infinite Energy*, 2002. **8**(45): p. 32.
73. Oya, Y., et al. [Material Conditions to Replicate the Generation of Excess Energy and the Emission of Excess Neutrons](#). in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
74. Storms, E., [My life with cold fusion as a reluctant mistress](#). *Infinite Energy*, 1999. **4**(24): p. 42.
75. Miles, M., K.B. Johnson, and M.A. Imam. *Heat and Helium Measurements Using Palladium and Palladium Alloys in Heavy Water*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
76. Storms, E., [A critical evaluation of the Pons-Fleischmann effect: Part 1](#). *Infinite Energy*, 2000. **6**(31): p. 10.
77. Miles, M., M. Fleischmann, and M.A. Imam, *Calorimetric Analysis of a Heavy Water Electrolysis Experiment Using a Pd-B Alloy Cathode*. 2001: Washington. p. 154.
78. Arata, Y. and Y.C. Zhang, [A new energy caused by "Spillover-deuterium"](#). *Proc. Jpn. Acad., Ser. B*, 1994. **70 ser. B**: p. 106.
79. McKubre, M.C.H., et al. [The Emergence of a Coherent Explanation for Anomalies Observed in D/Pd and H/Pd System: Evidence for 4He and 3He Production](#). in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
80. Clarke, B.W., et al., *Search for 3He and 4He in Arata-Style Palladium Cathodes II: Evidence for Tritium Production*. *Fusion Sci. & Technol.*, 2001. **40**: p. 152.
81. Iwamura, Y., et al. [Detection of Anomalous Elements, X-ray and Excess Heat Induced by Continous Diffusion of Deuterium Through Multi-layer Cathode \(Pd/CaO/Pd\)](#). in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
82. Wipf, H. and V. Erckman, *On Permeation Techniques for Electrotransport Studies on Metal-Hydrogen Systems*. *Scr. Metall.*, 1976. **10**: p. 813.
83. Tamaki, M. and K. Tasaka. *Field Formation of the Condensed Matter Fusion by Electro-Transport of Deuterium in Palladium*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
84. Wisniewski, R. and A.J. Rostocki, *Hall Effect in the Pd-H System*. *Phys. Rev. B: Mater. Phys.*, 1971. **3**(2): p. 251.
85. Tsuchida, T., *Role of hydrogen atoms in palladium*. *J. Phys. Soc. Japan*, 1963. **18**: p. 1016.
86. Bartolomeo, C., et al. *Alfred Coehn and After: The Alpha, Beta and Gamma of the Palladium-Hydrogen System*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
87. Del Giudice, E., et al. *The Fleischmann-Pons Effect in a Novel Electrolytic Configuration*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical

Society, Bologna, Italy.

88. Celani, F., et al., *Deuterium overloading of palladium wires by means of high power microsecond pulsed electrolysis and electromigration: suggestions of a "phase transition" and related excess heat.* Phys. Lett. A, 1996. **214**: p. 1.
89. McKubre, M.C.H. *Closing Comments Summerizing the Status and Progress of Experimental Studies.* in *The Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University: unpublished.
90. Stringham, R. and R. George, *Cavitation induced micro-fusion solid state production of heat,  $3\text{He}$ , and  $4\text{He}$ .* 1995.
91. Lipson, A.G., et al., *Observation of neutrons from cavitation action on substances containing deuterium.* Pis'ma Zh. Teor. Fiz., 1990. **16**(9): p. 89 (in Russian).
92. Taleyarkhan, R.P., et al., *Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavation.* Science, 2002. **295**: p. 1868.
93. Mallove, E., *Excess heat in cavitation devices: World-wide testing reports.* Infinite Energy, 1995. **1**(3): p. 16.
94. Kim, Y.E., *Cross section for cold deuterium-deuterium fusion.* Fusion Technol., 1990. **17**: p. 507.
95. Kasagi, J., et al. *Low Energy Nuclear Fusion Reactions in Solids.* in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
96. Cedzynska, K. and F.G. Will, *Closed-system analysis of tritium in palladium.* Fusion Technol., 1992. **22**: p. 156.
97. Taubes, G., *Cold Fusion Conundrum at Texas A & M.* Science, 1990. **248**: p. 1299.
98. Anderson, J., et al., *Letters and Response about Cold Fusion at Texas A&M.* Science, 1990. **249**: p. 463-465.
99. Preparata, G., *A new look at solid-state fractures, particle emission and 'cold' nuclear fusion.* Nuovo Cimento Soc. Ital. Fis. A, 1991. **104**: p. 1259.
100. Yasui, K., *Fractofusion mechanism.* Fusion Technol., 1992. **22**: p. 400.
101. Takeda, T. and T. Takizuka, *Fractofusion mechanism.* J. Phys. Soc. Japan, 1989. **58**(9): p. 3073.
102. Camp, W.J., *Helium Detrapping and Release from Metal Tritides.* J. Vac. Sci. Technol. A, 1977. **14**: p. 514.
103. Storms, E., *A Review of the Cold Fusion Effect.* J. Sci. Expl., 1996. **10**(2): p. 185.
104. Karabut, A.B., Y.R. Kucherov, and I.B. Savvatimova, *Nuclear product ratio for glow discharge in deuterium.* Phys. Lett. A, 1992. **170**: p. 265.
105. Miles, M., B.F. Bush, and J.J. Lagowski, *Anomalous effects involving excess power, radiation, and helium production during  $\text{D}_2\text{O}$  electrolysis using palladium cathodes.* Fusion Technol., 1994. **25**: p. 478.
106. Gozzi, D., et al., *X-ray, heat excess and  $4\text{He}$  in the D/Pd system.* J. Electroanal. Chem., 1998. **452**: p. 251.
107. Bush, B.F. and J.J. Lagowski. *Methods of Generating Excess Heat with the Pons and Fleischmann Effect: Rigorous and Cost Effective Calorimetry, Nuclear Products Analysis of the Cathode and Helium Analysis.* in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
108. Isobe, Y., et al. *Search for Coherent Deuteron Fusion by Beam and Electrolysis Experiments.* in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
109. Arata, Y. and Y.C. Zhang, *Helium ( $4\text{He}$ ,  $3\text{He}$ ) within deuterated Pd-black.* Proc. Jpn. Acad., Ser. B, 1997. **73**: p. 1.
110. Jordan, K.C., B.C. Blanke, and W.A. Dudley, *Half-Life of Tritium.* J. Inorg. Nucl. Chem., 1967. **29**: p. 2129.
111. Corrigan, D.A. and E.W. Schneider, *Tritium separation effects during heavy water electrolysis: implications for reported observations of cold fusion.* J. Electroanal. Chem., 1990. **281**:

p. 305.

112. Boucher, G.R., F.E. Collins, and R.L. Matlock, *Separation factors for hydrogen isotopes on palladium*. Fusion Technol., 1993. **24**: p. 200.

113. Will, F.G., K. Cedzynska, and D.C. Linton, *Reproducible tritium generation in electrochemical cells employing palladium cathodes with high deuterium loading*. J. Electroanal. Chem., 1993. **360**: p. 161.

114. Storms, E. and C. Talcott-Storms, *The effect of hydriding on the physical structure of palladium and on the release of contained tritium*. Fusion Technol., 1991. **20**: p. 246.

115. Matsumoto, O., et al. *Tritium Production Rate*. in *Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems, "AIP Conference Proceedings 228"*. 1990. Brigham Young Univ., Provo, UT: American Institute of Physics, New York.

116. Storms, E. and C.L. Talcott, *Electrolytic tritium production*. Fusion Technol., 1990. **17**: p. 680.

117. Chien, C.C., et al., *On an electrode producing massive quantities of tritium and helium*. J. Electroanal. Chem., 1992. **338**: p. 189.

118. Sankaranarayanan, M., et al. *Investigation of Low Level Tritium Generation in Ni-H<sub>2</sub>O Electrolytic Cells*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.

119. Itoh, T., et al. *Observation of Nuclear Products Under Vacuum Conditions from Deuterated Palladium with High Loading Ratio*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.

120. Akimoto, T., et al. *Temperature dependency on counting efficiency of NE213 liquid scintillator for low level neutron measurement*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.

121. Bruschi, M., U. Marconi, and A. Zoccoli. *The neutron spectrometer of the cold fusion experiment under the Gran Sasso Laboratory*. in *Hadronic Phys., Winter Course 8th 1993*. 1994: World Sci., Singapore.

122. Menlove, H.O. and M.C. Miller, *Neutron-burst detectors for cold-fusion experiments*. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A, 1990. **299**: p. 10.

123. Aoyama, T., et al., *Highly reliable low-level neutron detection using <sup>3</sup>He proportional counters*. Radioisot., 1991. **40**: p. 188.

124. Cisbani, E., et al., *Neutron Detector for CF Experiments*. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A, 2001. **459**: p. 247.

125. Storms, E., *Review of experimental observations about the cold fusion effect*. Fusion Technol., 1991. **20**: p. 433.

126. Takahashi, A., et al., *Multibody fusion model to explain experimental results*. Fusion Technol., 1995. **27**: p. 71.

127. Takahashi, A. *Nuclear Products by D<sub>2</sub>O /Pd Electrolysis and Multibody Fusion*. in *Int. Symp. Nonlinear Phenom. in Electromagnetic Fields*. 1992. ISEM-Nagoya,.

128. De Ninno, A., et al., *Evidence of emission of neutrons from a titanium-deuterium system*". Europhys. Lett., 1989. **9**: p. 221.

129. Menlove, H.O., et al. *Reproducible Neutron Emission Measurements From Ti Metal in Pressurized D<sub>2</sub> Gas*. in *Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems, "AIP Conference Proceedings 228"*. 1990. Brigham Young Univ., Provo, UT: American Institute of Physics, New York.

130. Kaushik, T.C., et al., *Preliminary report on direct measurement of tritium in liquid nitrogen treated TiD<sub>x</sub> chips*. Indian J. Technol., 1990. **28**: p. 667.

131. Jones, S.E., et al., *Observation of cold nuclear fusion in condensed matter*. Nature (London), 1989. **338**: p. 737.

132. Bush, R.T. and R.D. Eagleton. *Experimental Studies Supporting the Transmission Resonance Model for Cold Fusion in Light Water: II. Correlation of X-Ray Emission With Excess Power*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan:

Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.

133. Cellucci, F., et al. *X-Ray, Heat Excess and  $4\text{He}$  in the Electrochemical Confinement of Deuterium in Palladium*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.

134. Chen, S., et al., *X-ray diagnostics in gas discharge*. Trends Nucl. Phys., 1995. **12**((3)): p. 58 (in Chinese).

135. Isagawa, S., Y. Kanda, and T. Suzuki, *Present status of cold fusion experiment at KEK*". Int. J. Soc. Mat. Eng. Resources, 1998. **65**(1): p. 60.

136. Iwamura, Y., et al. *Characteristic X-ray and Neutron Emissions from Electrochemically Deuterated Palladium*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.

137. Iyengar, P.K., et al., *Bhabha Atomic Research Centre studies on cold fusion*. Fusion Technol., 1990. **18**: p. 32.

138. McKubre, M.C.H., et al. *Calorimetry and Electrochemistry in the D/Pd System*. in *The First Annual Conference on Cold Fusion*. 1990. University of Utah Research Park, Salt Lake City, Utah: National Cold Fusion Institute.

139. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and J.J. Smith, [On the behavior of the cathodically polarized Pd/D system: Search for emanating radiation](#). Phys. Lett. A, 1996. **210**: p. 382.

140. Takahashi, A. *Results of Experimental Studies of Excess Heat vs Nuclear Products Correlation and Conceivable Reaction Model*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.

141. Wang, D.L., et al. *Experimental Studies on the Anomalous Phenomenon in Pd Metal Loaded with Deuterium*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.

142. Miles, M. and B.F. Bush. [Radiation Measurements at China Lake: Real or Artifacts? in The Seventh International Conference on Cold Fusion](#). 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.

143. Rout, R.K., et al., *Copious low energy emissions from palladium loaded with hydrogen or deuterium*. Indian J. Technol., 1991. **29**: p. 571.

144. Savvatimova, I. and A.B. Karabut. *Radioactivity of the Cathode Samples after Glow Discharge*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.

145. Dong, S.Y., et al., *Precursors to 'cold fusion' phenomenon and the detection of energetic charged particles in deuterium/solid systems*. Fusion Technol., 1991. **20**: p. 330.

146. Jin, S., et al. *Anomalous Nuclear Events in Deuterium Palladium Systems*. in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy.

147. Kamada, K., *Electron impact H-H and D-D fusions in molecules embedded in Al. 1. Experimental results*. Jpn. J. Appl. Phys. A, 1992. **31**(9): p. L1287.

148. Li, X.Z., et al., *Anomalous nuclear phenomena and solid state nuclear track detector*. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 1993. **22**: p. 599.

149. Lipson, A.G., et al. [In-Situ Charged Particles And X-Ray Detection In Pd Thin Film-Cathodes During Electrolysis In  \$\text{Li}\_2\text{SO}\_4/\text{H}\_2\text{O}\$](#) . in *ICCF9, Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University: unpublished.

150. Oriani, R.A. and J.C. Fisher, [Generation of Nuclear Tracks during Electrolysis](#). Jpn. J. Appl. Phys. A, 2002. **41**: p. 6180-6183.

151. Qiao, G.S., et al. *Nuclear Products in a Gas-Loading D/Pd and H/Pd System*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada.

152. Roussetski, A.S. *Investigation of Nuclear Emissions in the Process of D(H) Escaping from Deuterized (Hydrogenized) PdO-Pd-PdO and PdO-Ag Samples*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New

- Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
153. Rout, R.K., et al., *Update on observation of low-energy emissions from deuterated and hydrated palladium*. Indian J. Technol., 1993. **31**: p. 551.
154. Wang, K.L., et al. *Search for Better Material for Cold Fusion Experiment Using CR-39 Detector*. in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy.
155. Wu, B., et al., *The SEM observation of palladium-deuterium system after the gas discharge process*. Gaojishu Tongxun, 1991. **1**(9): p. 1 (in Chinese).
156. Miley, G.H., et al. *Quantitative observations of transmutation products occurring in thin-film coated microspheres during electrolysis*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
157. Miley, G.H., *Possible Evidence of Anomalous Energy Effects in H/D-Loaded Solids-Low Energy Nuclear Reactions (LENRS)*. J. New Energy, 1997. **2**(3/4): p. 6.
158. Mizuno, T. [Experimental Confirmation of the Nuclear Reaction at Low Energy Caused by Electrolysis in the Electrolyte](#). in *Proceedings for the Symposium on Advanced Research in Energy Technology 2000*. 2000. Hokkaido University.
159. Mizuno, T., et al., *Formation of 197Pt radioisotopes in solid state electrolyte treated by high temperature electrolysis in D2 gas*. Infinite Energy, 1995. **1**(4): p. 9.
160. Bush, R.T., *A light water excess heat reaction suggests that 'cold fusion' may be 'alkali-hydrogen fusion'*. Fusion Technol., 1992. **22**: p. 301.
161. Notoya, R. and M. Enyo. *Excess Heat Production in Electrolysis of Potassium Carbonate Solution with Nickel Electrodes*. in *Third International Conference on Cold Fusion, "Frontiers of Cold Fusion"*. 1992. Nagoya Japan: Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
162. Bush, R.T. *Evidence for an electrolytically induced shift in the abundance ratio of Sr-88 and Sr-86*. in *International Symposium on Cold Fusion and Advanced Energy Sources*. 1994. Belarusian State University, Minsk, Belarus: Fusion Information Center, Salt Lake City.
163. Notoya, R., *Cold fusion arising from hydrogen evolution reaction on active metals in alkali metallic ions' solutions*. Environ. Res. Forum, 1996. **1-2**: p. 127.
164. Ohmori, T., T. Mizuno, and M. Enyo, *Isotopic distributions of heavy metal elements produced during the light water electrolysis on gold electrodes*. J. New Energy, 1996. **1**(3): p. 90.
165. Singh, M., et al., *Verification of the George Oshawa Experiment for Anomalous Production of Iron From Carbon Arc in Water*. Fusion Technol., 1994. **26**: p. 266.
166. Jiang, X.L., L.J. Han, and W. Kang. *Anomalous Element Production Induced by Carbon Arcing Under Water*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
167. Ransford, H.E., *Non-Stellar nucleosynthesis: Transition metal production by DC plasma-discharge electrolysis using carbon electrodes in a non-metallic cell*. Infinite Energy, 1999. **4**(23): p. 16.
168. Ohmori, T. and M. Enyo, *Iron Formation in Gold and Palladium Cathodes*. J. New Energy, 1996. **1**(1): p. 15.
169. Ohmori, T., et al., *Transmutation in the electrolysis of lightwater - excess energy and iron production in a gold electrode*. Fusion Technol., 1997. **31**: p. 210.
170. Bush, R.T. and R.D. Eagleton. *Evidence for Electrolytically Induced Transmutation and Radioactivity Correlated with Excess Heat in Electrolytic Cells With Light Water Rubidium Salt Electrolytes*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
171. Savvatimova, I. and A. Karabut. *Nuclear Reaction Products Registration on the Cathode after Glow Discharge*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
172. Passell, T.O. *Charting the Way Forward in the EPRI Research Program on Deuterated*



- Metals*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
173. Kervran, C.L., *Biological Transmutations*. 1972: Swan House Publishing Co.
174. Vysotskii, V.I., A.A. Kornilova, and I.I. Samoyloylenko. *Experimental discovery of phenomenon of low-energy nuclear transformation of isotopes (Mn55=Fe57) in growing biological cultures*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
175. Vysotskii, V., et al., *Observation and mass-spectrometry. Study of controlled transmutation of intermediate mass isotopes in growing biological cultures*. *Infinite Energy*, 2001. **6**(36): p. 64.
176. Anufriev, G.S. and B.S. Boltenkov, *Helium isotopes and hydrogen in aluminium and other metals*. *Vopr. At. Nauki Tekh. Ser.: Fiz. Radiats. Povr. Radiats. Materialoved.*, 1991. **56**(2): p. 73 (in Russian).
177. Wang, T., et al. *Study of the Deuterated Titanium Ti<sub>2</sub>H<sub>x</sub> Samples by Using Nuclear Reaction Analysis (NRA) and Materials Analysis Methods*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
178. Lynch, J.F., J.D. Clewley, and T.B. Flanagan, *The Formation of Voids in Palladium Metal by the Introduction and Removal of Interstitial Hydrogen*. *Philos. Mag. A*, 1973. **28**: p. 1415.
178. Jiang, X.L., et al. *Tip Effect and Nuclear-Active Sites*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
180. Huggins, R.A. *Fundamental Considerations Relating to the Electrochemical Insertion of Hydrogen and Palladium into Mixed Conductors*. in *8th World Hydrogen Energy Conf*. 1990. Honolulu, HI: Hawaii Natural Energy Insitute, 2540 Dole St., Holmes Hall 246, Honolulu, HI 96822.
181. Jamieson, H.C., G.C. Weathrely, and F.D. Manchester, *The b-a Phase Transformation in Palladium-Hydrogen Alloys*. *J. Less-Common Met.*, 1976. **56**: p. 85.
182. Bockris, J., D. Hodko, and Z. Minevski. *Fugacity of hydrogen isotopes in metals: degradation, cracking and cold fusion*. in *Symp. Hydrogen Storage Materials, Batteries, Electrochemistry 1991*. 1991.
183. De Ninno, A., A. La Barbera, and V. Violant, *Deformations induced by high loading ratios in palladium-deuterium compounds*. *J. Alloys and Compounds*, 1997. **253-254**: p. 181.
184. Storms, E., *A Study of Those Properties of Palladium That Influence Excess Energy Production by the "Pons-Fleischmann" Effect*. *Infinite Energy*, 1996. **2**(8): p. 50.
185. Lewis, F.A., *The Palladium-Hydrogen System*. *Platinum Met. Rev.*, 1982. **26**: p. 121.
186. Flanagan, T.B. and W.A. Oates, *The Palladium-Hydrogen System*. *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 1991. **21**: p. 269.
187. Oriani, R.A. *The Physical and Metallurgical Aspects of Hydrogen in Metals*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
188. Huggins, R.A. *Materials Aspects of the Electrochemical Insertion of Hydrogen and Deuterium into Mixed Conductors*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
189. Santandrea, R.P. and R.G. Behrens, *A review of the thermodynamics and phase relationships in the palladium- hydrogen, palladium-deuterium and palladium-tritium systems*. *High Temperature Materials and Processes*, 1986. **7**: p. 149.
190. Gillespie, L.J. and W.R. Downs, *The Palladium-Deuterium Equilibrium*. *J. Am. Chem. Soc.*, 1937. **61**: p. 2494.
191. Anderson, I.S., D.K. Ross, and C.J. Carlile, *The Structure of the  $\beta$  Phase of Palladium Deuteride*. *Phys. Lett. A*, 1978. **68**: p. 249.
192. Herrero, C. and F.D. Manchester, *Location of the Low Temperature Resistivity Anomaly in Pd-D*. *Phys. Lett. A*, 1981. **86**: p. 29.
193. Wei, S.H. and A. Zunger, *Instability of diatomic deuterium in fcc palladium*. *J. Fusion Energy*,

1990. **9**(4): p. 367.
194. Celani, F., et al. *The Effect of g-b Phase on H(D)/Pd Overloading*. in *The Seventh International Conference on Cold Fusion*. 1998. Vancouver, Canada: ENECO, Inc., Salt Lake City, UT.
195. Bennington, S.M., et al., *In-situ measurements of deuterium uptake into a palladium electrode using time-of-flight neutron diffractometry*. J. Electroanal. Chem., 1990. **281**: p. 323.
196. Dillon, C.T., B.J. Kennedy, and M.M. Elcombe, *The electrochemically formed palladium-deuterium system. II. In situ neutron diffraction studies*. Aust. J. Chem., 1993. **46**: p. 681.
197. Worsham Jr., J.E., M.K. Wilkinson, and C.G. Shull, *Neutron-Diffraction Observations on the Palladium-hydrogen and Palladium-deuterium systems*. J. Phys. Chem. Solids, 1957. **3**: p. 303.
198. Burger, J.P., et al., *Electrical Resistivity of Pd-Hx: Residual Resistivity*. Solid State Commun., 1975. **17**: p. 227.
199. Matsuzaki, A., T. Nishina, and I. Uchida, *In situ low incident angle XRD technique with electrochemical methods. Application to deuterium charging into palladium cathode*. Hyomen Gijutsu, 1994. **45**: p. 106.
200. Asami, N., et al. *Material Behavior of Highly Deuterated Palladium*. in *The Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University: unpublished.
201. Fukai, Y. and N. Okuma, *Formation of superabundant vacancies in Pd hydride under high hydrogen pressures*. Phys. Rev. Lett., 1994. **73**: p. 1640.
202. Semiletov, S.A., et al., *Electron-Diffraction Investigation of Tetragonal PdH*. Kristallografiya, 1980. **25**: p. 665.
203. Baranova, R.V., et al., *Crystal Structure of Pd Hydride with Primitive Cubic Lattice*. Sov. Phys. Crystallogr., 1980. **25**: p. 736.
204. Bertalot, L., et al. *Deuterium Charging in Palladium by Electrolysis of Heavy Water: Measurement of Lattice Parameter*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
205. Richards, P.M., *Molecular-Dynamics Investigation of Deuterium Separation in PdD1.1*. Phys. Rev. B: Mater. Phys., 1989. **40**(11): p. 7966.
206. Louis, E., et al., *Calculation of hydrogen-hydrogen potential energies and fusion rates in palladium hydride (PdxH2) clusters (x=2,4)*. Phys. Rev. B: Mater. Phys., 1990. **42**: p. 4996.
207. Ludecki, C.M., G. Deublein, and R.A. Huggins, *Thermodynamic Characterization of Metal Hydrogen Systems by Assessment of Phase Diagrams and Electrochemical Measurements*. Int. J. Hydrogen Energy, 1987. **12**: p. 81.
208. Picard, C., O.J. Kleppa, and G. Boureau, *Thermodynamic Study of the Palladium-Hydrogen System at 245-352 C and at Pressures Up To 34 atm*. J. Chem. Phys., 1978. **69**: p. 5549.
209. Sakamoto, Y., et al., *Calorimetric enthalpies for palladium-hydrogen (deuterium) systems at H(D) contents up to about [H]/([D])/[Pd] = 0.86*. J. Phys.: Condens. Mater., 1996. **8**: p. 3229.
210. Flanagan, T.B., W. Luo, and J.D. Clewley, *Calorimetric enthalpies of absorption and desorption of protium and deuterium by palladium*. J. Less-Common Met., 1991. **172-174**: p. 42.
211. Godshall, N.A., et al., *Calorimetric and thermodynamic analysis of palladium-deuterium electrochemical cells*. J. Fusion Energy, 1990. **9**: p. 229.
212. Zhang, W.S., Z.F. Zhang, and Z.L. Zhang, *Some problems on the resistance method in the in situ measurement of hydrogen content in palladium electrode*. J. Electroanal. Chem., 2002. **528**: p. 1.
213. Barton, J.C. and F.A. Lewis, *Interface Impedance and the Apparent Electrical Resistance of Palladium Hydrides in Aqueous Solutions*. Trans. Faraday Soc., 1962. **58**: p. 103.
214. Baranowski, B., *High Pressure Research on Palladium-Hydrogen Systems*. Pt. Met. Rev., 1972. **16-17**: p. 10.
215. Lee, M. and R. Glosser, *Resistivity of Thin Films of the Palladium-Hydrogen System as a Function of Film Thickness*. Zeitschrift fur Physik. Chemie, 1986. **147**: p. 27.
216. Frazier, G.A. and R. Glosser, *Characterization of Thin Films of the Pd-H System*. J. Less-Common Met., 1980. **74**: p. 89.

217. Storms, E., *How to produce the Pons-Fleischmann effect*. Fusion Technol., 1996. **29**: p. 261.
218. Cravens, D. *Factors Affecting Success Rate of Heat Generation in CF Cells*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
219. Szpak, S., P.A. Mosier-Boss, and J.J. Smith. *Reliable Procedure for the Initiation of the Fleischmann-Pons Effect*. in *Second Annual Conference on Cold Fusion, "The Science of Cold Fusion"*. 1991. Como, Italy: Societa Italiana di Fisica, Bologna, Italy.
220. McKubre, M.C.H., et al. *Concerning Reproducibility of Excess Power Production*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
221. Hasegawa, N., et al. *Observation of Excess Heat During Electrolysis of 1M LiOD in a Fuel Cell Type Closed Cell*. in *Fourth International Conference on Cold Fusion*. 1993. Lahaina, Maui: Electric Power Research Institute 3412 Hillview Ave., Palo Alto, CA 94304.
222. Minato, J., et al. *Materials/Surface Aspects of Hydrogen/Deuterium Loading into Pd Cathode*. in *5th International Conference on Cold Fusion*. 1995. Monte-Carlo, Monaco: IMRA Europe, Sophia Antipolis Cedex, France.
223. Kozima, H. and K. Arai, *Local coherence, condensation and nuclear reaction of neutrons at crystal boundary of metal hydrides and deuterides*. Int. J. Hydrogen Energy, 2000. **25**(9): p. 845.
224. Fisher, J.C., *Liquid-drop model for extremely neutron rich nuclei*. Fusion Technol., 1998. **34**: p. 66.
225. Oriani, R.A., *Anomalous heavy atomic masses produced by electrolysis*. Fusion Technol., 1998. **34**: p. 76.
226. Mills, R.L. and W.R. Good, *Fractional quantum energy levels of hydrogen*. Fusion Technol., 1995. **28**: p. 1697.
227. Dufour, J.J., J.H. Foos, and X.J.C. Dufour, *Formation and properties of hydrex and deutex*. Infinite Energy, 1998. **4**(20): p. 53.
228. Liu, F.S., *The phonon mechanism of the cold fusion*. Mod. Phys. Lett. B, 1996. **10**: p. 1129.
229. Violante, V. and A. De Ninno. *Quantum mechanical description of a lattice ion trap*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
230. Kucherov, Y. *Slow Nuclear Excitation Model*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
231. Hagelstein, P.L. *A Unified Model for Anomalies in Metal Deuterides*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
232. Chubb, S.R. and T.A. Chubb. *Theoretical Framework for Anomalous Heat and 4He in Transition Metal Systems*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
233. Bazhutov, Y.N. *Erzion Discovery in Cosmic Rays and its Possible Great Role in Nature in Framework of Erzion Model of Cold Nuclear Transmutation*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
234. Matsumoto, T., *Mechanisms of cold fusion: Comprehensive explanations by the Nattoh model*. Mem. Fac. Eng. Hokkaido Univ., 1995. **19**(2): p. 201.
235. McKibben, J.L., *The missed fractionally-charged particles*. 1995.
236. Rafelski, J., et al., *Nuclear reactions catalyzed by a massive negatively charged particle. How Cold Fusion Can Be Catalyzed*. Fusion Technol., 1990. **18**: p. 136.
237. Fisher, J.C., *Polyneutrons as agents for cold nuclear reactions*. Fusion Technol., 1992. **22**: p. 511.
238. Turner, L., *Thoughts Unbottled by Cold Fusion*. Phys. Today, 1989. **Sept.**: p. 140.
239. Feng, S., *Enhancement of cold fusion rate by electron polarization in palladium deuterium solid*. Solid State Commun., 1989. **72**: p. 205.

240. Hora, H., G.H. Miley, and J. Kelly. *Low Energy Nuclear Reactions of Protons in Host Metals*. in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.
241. Hora, H., et al., *Proton-metal reactions in thin films with Boltzmann distribution similar to nuclear astrophysics*. *Fusion Technol.*, 1999. **36**: p. 331.
242. Hora, H., J.C. Kelly, and G.H. Miley, *Energy gain and nuclear transmutation by low-energy p- or d-reaction in metal lattices*. *Infinite Energy*, 1997. **2**(12): p. 48.
243. Takahashi, A., et al., *Emission of 2.45 MeV and higher energy neutrons from D<sub>2</sub>O -Pd cell under biased-pulse electrolysis*. *J. Nucl. Sci. Technol.*, 1990. **27**: p. 663.
244. Isobe, Y., et al., *Search for multibody nuclear reactions in metal deuteride induced with ion beam and electrolysis methods*. *Jpn. J. Appl. Phys. A*, 2002. **41**(part 1): p. 1546.
245. Takahashi, A. *Tetrahedral And Octahedral Resonance Fusion Under Transient Condensation Of Deuterons At Lattice Focal Points*. in *ICCF9, Ninth International Conference on Cold Fusion*. 2002. Beijing, China: Tsinghua University: Unpublished.
246. Jones, J.E., et al., *Faradaic efficiencies less than 100% during electrolysis of water can account for reports of excess heat in 'cold fusion' cells*. *J. Phys. Chem.*, 1995. **99**: p. 6973.
247. Miskelly, G.M., et al., *Analysis of the published calorimetric evidence for electrochemical fusion of deuterium in palladium*. *Science*, 1989. **246**: p. 793.
248. Fleischmann, M., et al., *Calorimetry of the palladium-deuterium-heavy water system*. *J. Electroanal. Chem.*, 1990. **287**: p. 293.
249. Shanahan, K., [\*A Possible Calorimetric Error in Heavy Water Electrolysis on Platinum\*](#). *Thermochim. Acta*, 2002. **387**(2): p. 95-101.
250. Nishimiya, N., et al., *Hyperstoichiometric Hydrogen Occlusion by Palladium Nanoparticles Included in NaY Zeolite*. *J. Alloys and Compounds*, 2001. **319**: p. 312.
251. Arata, Y. and Y.-C. Zhang, *Formation of condensed metallic deuterium lattice and nuclear fusion*. *Proc. Japan. Acad.*, 2002. **78 ser. B**: p. 57.
252. Tanzella, F.L., et al. *Parameters affecting the loading of hydrogen isotopes into palladium cathodes*. in *Sixth International Conference on Cold Fusion, Progress in New Hydrogen Energy*. 1996. Lake Toya, Hokkaido, Japan: New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
253. Celani, F., et al. [\*High Hydrogen Loading into Thin Palladium Wires through Precipitate of Alkaline-Earth Carbonate on the Surface of Cathode: Evidence of New Phases in the Pd-H System and Unexpected Problems Due to Bacteria Contamination in the Heavy-Water\*](#). in *8th International Conference on Cold Fusion*. 2000. Lerici (La Spezia), Italy: Italian Physical Society, Bologna, Italy.