

再看冷聚变

[美] E. Storms 著 张武寿 译

摘要

本文收集了被人们不恰当地称之为“冷聚变”的近期研究成果，介绍了该现象目前的研究状况并对实验结果给出一些解释。现在对于许多现象的了解还在不断深入之中，但新的发现仍挑战着大多数富于想象力的理论。本文的结论支持存在一个新的涉及到化学辅助核反应的研究领域

I. 背景

因为原子核和电子不仅在能量大小而且在能量的释放时间上都有着巨大的差别，所以核物理和化学占领着两个不同的世界。但Pons、Fleischmann和Hawkins的观测结果[1]，以及Jones等人的独立工作[2]表明在这两个世界中存在着一座桥梁。因此而诞生的学科人们习惯称之为“冷聚变”，这是一个不幸的名字。因为没有已知的理论可适当地支持这些结果，而且许多实验数据表述很差并且难于重复，使得多数科学家一直反对这种观念。这些实验所揭示的现象本质与人们固守的传统观念间存在的矛盾也增加了人们接受它的困难。

尽管怀疑者有好的理由，一些科学家还是很成功地重复了这些结果。如今许多研究仍在不断取得进展，特别是在美国之外。目前世界上至少有8个国家，包括数以百计的科学家和每年数百万美元的经费投入了该领域的工作。已存在非常有说服力的结果支持最先的报道，也有许多新的结果需要用新的眼光来审视。

因为这个现象涉及到固体化学和核物理两个领域，潜在读者的背景和经历会差别很大。这使得在一个简明的综述中给每个人都以说服力的细节是不可能的，所以，我选择了一些有代表性的实验结果和理论模型以给出一个整体的背景材料。我希望读者在下结论之前最好麻烦去获得一些其它来源的信息，可惜的是，因为许多学术刊物不愿发表该专题的文章，所以很多支持的证据只能在会议文集上发表。因此，作为传统科学评价核心的详细评论性信息也大量缺失。在某种程度上，读者只能根据自己良好的判断力去对某些结果作出估计。到目前为止，有6本书描述该领域的历史，一些比较客观 [3-6] 而另一些则包含有严重的歪曲 [7-8]，此外还有几篇全面和详细的综述 [9-12]，这些来源可提供正反两方面的背景。完整的文献可以从Dieter Britz [13]或Hal Fox [14]那里获得，有2000篇以上的论文致力于与该领域有关的问题。

该领域的范围已大大超出原先报道的，现在可以称之为“化学辅助核反应”(chemically assisted nuclear reaction, CANR)以代替“冷聚变”。它的特征是产生的异常能量远远超过传统的化学来源，产生了在原来环境中没有的许多元素并且产生的辐射只能归因于核反应。这些现象都出现在当有氘(H)和氚(D)存在时用各种技术处理的多种材料中。核产物包括氦(He)、氚(T)和各种类型的嬗变所产生的同位素。实验中还观测到中子、 γ 射线、X射线和带电粒子等形式的辐射，但它们远远低于能量产生所要求的水平。还有人报道了由于物理环境变化而引起氚放射衰减率的变化 [15]。这些不断增加的超常性质使一个综述要涵盖全部领域而不出现使读者感到疏远的错误是困难的。

为了理解CANR，我们需要讨论为什么这些报道让人如此难以置信。这种不信任是由于实验的不完善，以及实验结果与传统核相互作用概念间的矛盾所引起的。此外，许多——特别是在好几个高水平的机构 [16-18]——产生超热的实验是失败的，也给人以该现象不能如愿重复的印象[19]。这在当时确实如此，但是当对好几个变化因素有较好了解之后，产生超热和核产物的成功率已有很大改进。有些方法和结果在处理需要技巧的实验时是高度可重复的，另外我们现在已经知道许多负结果是由于没有了解和控制一些重要的实验变量而引起的。如在用钯(Pd)作阴极的电解池中，如果在重水(D₂O)中掺入很多轻水(H₂O)，效应就不会出现，事实上恰恰是许多早期的研究用了开放的电解池从而容易从大气中吸收 H₂O (D₂O有吸湿性——译者注)。除了这些实验问题外，Pd性质的高度可变性也使得只有一小部分样品具有必要的特征。当然，随机误差仍很重要，但不断深入的研究表明误差不是正结果的主要起因。在本文中我将要具体描述几个做得好的实验。

怀疑者在接受核起源的说法之前总要求给出伴随着能量产生的核产物。这个要求现在已经得到兑现，好几个实验室测到⁴He，这一点我将在后面详述。此外，不断增加的数据已证实产生了无放射性的核产物，这些产物与聚变反应无关，所以称之为嬗变产物。已经在不同的化学环境中，特别奇怪的是在生物系统中，观测到这种产物。当然，某些结果——但不是全部——已有简单的解释。

在传统方法中，要用高温等离子体(如在托克马克中)产生聚变。中子和氘的产率很高且产量相同。这种期望使得早期人们投入了很大精力去检测CANR中的该类核产物。缺乏成功又助长了广泛传播的怀疑情绪，但这也显示了CANR与传统聚变的不同。很明显，CANR不以人们期待的比率和数量产生这些核产物。实验上，异常热也很少与氘产生相联系，检测到的中子则更少。这些矛盾的行为如表1所列。

表 1. 聚变反应的性质

	热聚变	冷聚变
d+d	> 2 keV	< 1eV
→ t(1.0 MeV) + p(3.05 MeV)	(50%)	(<0.1%)
→ ³ He(0.82 MeV) + n(2.45 MeV)	(50%)	(<<10 ⁻⁶ %)
→ ⁴ He + γ(24 MeV)	(<10 ⁻³ %)	(≈100%)
d + t → ⁴ He + n(14 MeV)		

氘是一种只要存在就不难测出的同位素，能证实氘产生就是对CANR存在的强大支持。为了走通这条路，必须表明氘不是来源于其它过程。有两个常见的理由用来否定核解释，即测到的氘可能是从周围环境进入反应器中的或由污染的Pd本身带来的。但除了政府实验室的某些区域，氘确实很稀少。此外氘产量是如此之大且存在于如此孤立的环境中，这是用如此平凡的理由难以解释的。大量的实验已表明商用Pd中不存在显著数量的氘 [20]，因此，认为氘产生来自Pd的污染而对其否认是不合适的，在后面的II.2.1节中我还要详述其理由。

尽管中子发射远低于期望值，但它不是完全没有。许多人都测到与传统聚变反应能量相对应的或有其它来源的少量中子发射。因为发射率近于本底且无规律，所以中子来源还有许多疑问。

在热核聚变中⁴He的产量很低且常伴以24MeV的γ辐射。没有这种辐射成为许多人反对CANR中有聚变的主要理由。但他们没有考虑至少还有5种其它的反应

可以产生 ^4He 而没有伴生 γ 辐射，如表2所列。每种反应都有理论基础，且在某些情况下有实验支持，那么，我们不能仅仅因为没有 γ 辐射而不把 ^4He 当作核产物。

表 2. 由D产生 ^4He 而无 γ 辐射的各种反应

1. 多体聚变： $3d \rightarrow ^4\text{He} + d, 4d \rightarrow 2^4\text{He}$
2. 与B杂质反应： $d + ^{10}\text{B} \rightarrow ^4\text{He} + ^8\text{Be}, ^8\text{Be} \rightarrow 2^4\text{He}$
3. 与Li杂质反应： $d + ^6\text{Li} \rightarrow ^8\text{Be} \rightarrow 2^4\text{He}$
4. 与金属聚合导致 α 衰变： $d + ^n\text{M} \rightarrow \alpha + ^{n-2}\text{M}$
5. D原子的 β 衰变： $d + e^- \rightarrow 2n, 2n + d \rightarrow ^4\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + e^-$

既成的理论指出，不能用化学组织中的小能量克服库仑势垒。很明显，如果聚变或任何其它形式的核反应已经出现，必定存在一个机理。该机理不需要高能，不循着传统的反应途径，且能吸收产生的核能量而不产生显著辐射。对于任何一个过程而言这也许要求太多了。使事情更糟糕的是，来自于气的产能和新发现的核嬗变反应引起一组全新的问题使任何解释都不堪重负。所以，要么我们接受传统的观点而不理会涉及CANR的所有实验结果，要么我们寻找新的理论，该理论在解释多数实验结果的同时还要考虑化学环境的显著特点。也就是说，在高能下得到的结果在那样的环境下是对的，但CANR结果在它们所处的环境下也是对的。多数新的解释沿都着这条思路，不缺乏存在的可能性，本文将讨论其中的一部分。主要困难在于确认到底其中那一个是——如果有的话——是对的，即使它可能满意地解释已出现的所有现象，但增加的核反应类型和化学环境类型使人们很难对其作出判断。

II. 实验

CANR现象已从简单的电学充D进入Pd和Ti扩展到表3所列的各种方法。当用H和D时每种方法都产生了不寻常的结果，但不同的学者仅独立地重复了少数几种方法。本节将讨论包括电学产热在内的多数方法，重点集中于以前综述未曾介绍过的近期工作，辐射和核产物将在不同的小节中讨论。

表 3. 产生CANR效应的各种方法

电解
 气体反应
 放电
 通过半导体的质子传导
 气泡形成引起的空化
 机械形变
 突然分解氢化物
 生物系统

II.1 电解

电解是CANR效应中最广泛使用的方法。当电流通过水基电解液时，在阴极(负极)上形成H(或D)，在阳极(正极)上形成O。作为阴极的金属与氢反应形成氢化物。通常用Pd作阴极电解 D_2O ，各种形式的Ni作阴极电解 H_2O 。H用Pd和D用

Ni都未发现产生异常效应。其它金属也有给出异常效应的报道,但未见重复。此外,因为尚未完全了解的原因,某批金属比其它批金属更象能产生CANR效应。因为存在这些额外的变量,所以如果象某些怀疑者所提出的那样即正结果仅仅起源于随机误差的话,那么负结果就不能正好抵消正结果。

II.1.1 重水

在Pd电解D₂O的情况下形成的氢化物是β-PdD_{1-x},它具有面心立方结构,在D子晶格中含有空位(x)。因为在阴极表面的有效D活度(或浓度)非常高,所以通常不稳定的氢化物可在微米深的某个区域内形成。此外,表面区域富集着沉积的杂质影响着D的活度和各种复合物的相稳定性 [21],因此,活泼的化学环境是高度可变的,这也可部分解释实验为什么难于重复。因为这些原因,我们不能象过去经常做的那样,仅仅基于已知的β-PdD的化学环境来理解该现象。

迄今为止已有50篇以上的论文报道了可重复产生的超热,多数至少发表在会议文集上, Storms [11]对发表于1996年3月前的进行了评述。为了理解并最终接受热产生的报道,我们需要了解在量热中出现的各种可能误差以及如何消除它们。例如,在早期研究中人们大量使用开放电解池,正如Jones等 [22]指出的,其中可能出现不可靠的D₂和O₂气的复合,这个过程可使量热器捕获到大小不等的能量,且可能被解释为超热,所以现在多数研究采用闭合电解池或测量D₂-O₂复合的数量。另一个早期的问题是存在于未搅拌量热器中的温度梯度[23]。为了回答这个诘难, Pons和Fleischmann [24]、Klein等 [25]、高桥亮人等[26]和Guruswamy等[27]以及其他证明了电解产生的气泡引起的混合足以消除他们电解池中大的温度梯度。另外,电解池内壁上静止的水层对壁的热导性的影响未给予足够的重视,电解池内的流动模式对该层的尺度影响很大,因此这类恒温外套式量热器的准确性可通过改变搅拌率和改变气泡产生量来综合验证。此外,没有气泡产生的内热源所作的刻度不能用于有气泡产生的电解化学条件,也就是说,仅仅用基于气泡搅拌的量热器或当机械搅拌率不确定的情况下就很难对某些报道进行评估。相反,某些学者用的量热器设计已完全消除了温度梯度的影响,如流量型量热器,双壁恒温外套式量热器 [28,29]和基于Seebeck效应的装置[30,31]。

Pons和Fleischmann在他们的最初实验中用的量热器要求非常复杂的数学推导,这就为反对者大开方便之门。好几个独立的分析研究对他们的报道进行了评估,最详细的是Wilson等的[32]。对于这些和其他诘难, Pons和Fleischmann在几篇随后发表的文章[24]中以及其他人发表的报告[33-35]中都给予了回答。此外, Lonchamp[36]独立地用一个完全相同的量热器重复了Pons和Fleischmann的异常热工作。尽管用不同的方法分析Pons和Fleischmann的热测量给出略微不同的结果,但其结论都支持他们异常热产生的报道。

一个在SRI (Stanford Research International)的深入工作以它的干净彻底以及装置和方法的艺术性而突出[37]。EPRI (Electric Power Research Institute)投入了六百多万美元才给出我们这个信息,而日本的NEDO(New Energy Development Organization)在三年前EPRI从该领域退出后继续资助该工作。图1是他们最常用的几种流量型量热器中的一种的截面图,该电解池是密封的并装有一个复合催化剂使分解水的能量又都回到量热器中,水流可回收超过98%的输入能量。D在Pd阴极中的浓度由电阻变化来监测。当施加不同的电流时用一个内热源保持内部温度恒定,该热源也可用于检测仪器的稳定性。该装置的热测量是基于冷却流体的流量和温差,是一个绝对量热器。它显示出非常稳定的行为,尽管在报告的数据

中用 ± 50 mW的不确定度，实际上能量变化灵敏度可达 ± 10 mW。典型的数据如图2所示。这个样品开始时未产生超热，400小时后电流增加并引起D/Pd比增加，超热也跟着出现。图3表明了超热如何与平均的D/Pd比相联系，其他学者的工作也报道了相同的行为。所加的电流也有同样的效应，如图4所示，其它实验室的工作，包括Pons和Fleischmann的，也与此相一致即有一个电流阈值，低于该阈值时检测不到超热[9]。用不同形式的样品和不同的量热方法都显示出该行为，对这些结果的反对必须解释为什么在超热与D/Pd比和电流的关系上是如此一致。SRI的研究结论概括在表4中。这些结论与所有发表的显示有超热的结果完全一致，并分别被其他研究者所证实。遗憾的是，所有试图用Pd启动CANR效应的都要遇到很大比例的失败。更引起混乱的是，很多负结果甚至连实验所需的基本要求也未能满足。

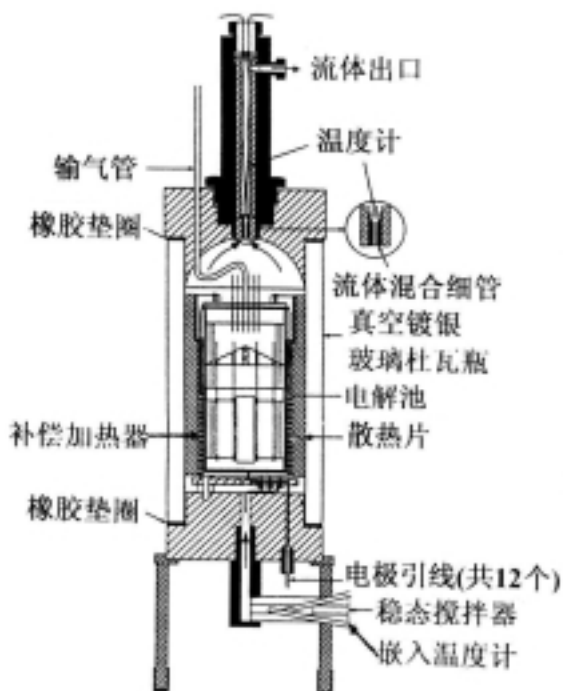


图 1. SRI用的量热器。

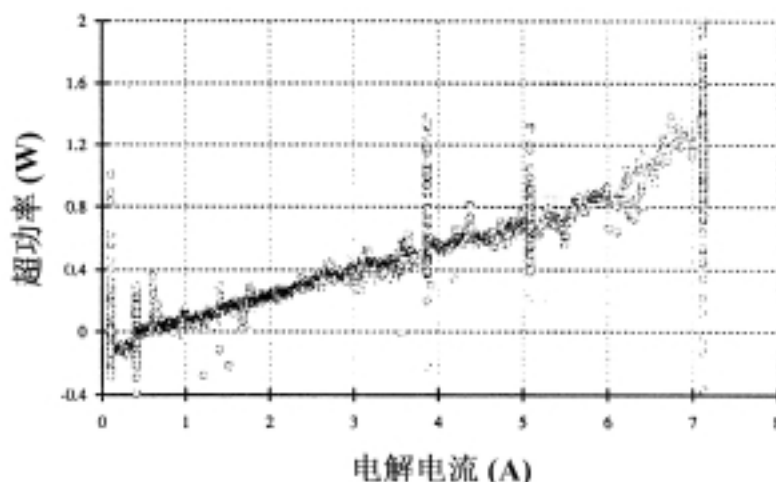


图 2. SRI用来产生超热的一个典型样品的行为。样品在电解的前400小时未显示异常行为。当电流增加时产生超热。D/Pd比是平均值。

表 4. SRI的研究结论

1. D/Pd比必须超过一个临界值
2. 电流必须维持到一个临界时间
3. 电流密度必须超过一个临界值
4. 有时通过在电解液中加入某些杂质可活化惰性的Pd
5. 效应仅仅出现在样品上的一小部分区域，且某批比其它批要好

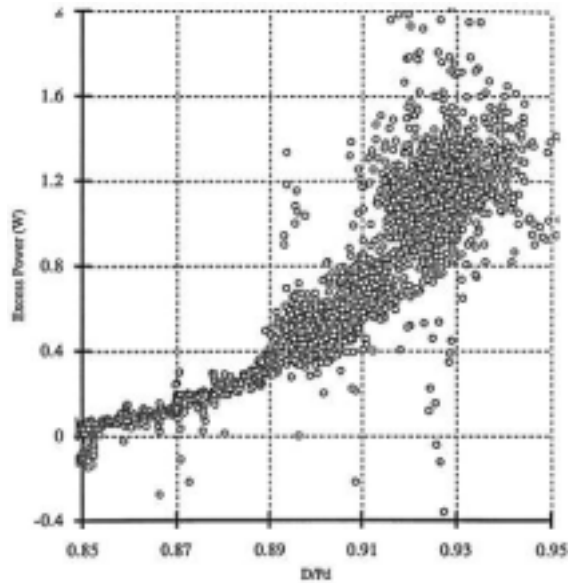


图 3. 典型的超热与平均D/Pd比的关系，SRI的研究结果。

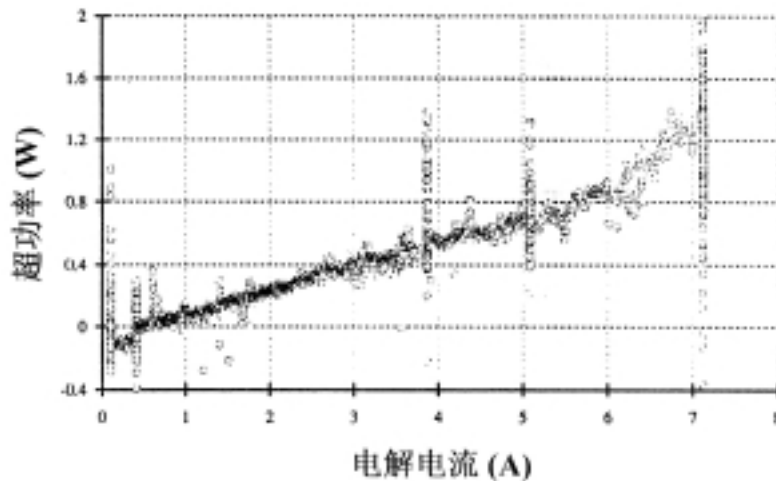


图 4. 超热与所加电流的关系，SRI的工作。临界电流随样品而变化，典型值约为 250 mA cm^{-2} 。

II.1.2 轻水

奇怪的是，H和D都可产生超热和核产物。但正如预料的那样，核产物常常是不同的。

Mills等[38]利用轻水首先给出能量输出，他们这样尝试的原因并不是基于核反应，这一点在后面将会叙述。其他人已重复了产能实验[11]并找到证据表明它来源于核嬗变[39]。最近，CETI(Clean Energy Technology, Inc.)[40]用镀Ni的塑料球电解流动的 Li_2SO_4 轻水溶液，证实会产生巨大的能量。但多数试图重复该实验的努力是不成功的。很明显，金属镀在塑料球上是很重要的性质，就是参考了他们的专利也难于重复(最近公布的Patterson专利表明不用塑料球基底，只用纯的Pd、Ni和Ti粉也可产生超热，参U.S. Patent No. 5, 632, 871 ——译者注)。

H_2 气体与Ni反应也能产生热[41]和核产物，H还被当作携能粒子轰击Ni，这些将在后面叙述。在有关产生 ^3He 的报道中估计 ^3He 是当H和D都存在时d-p聚变产生的[42]。

II.2 核产物

II.2.1 氚

第一个支持Pons和Fleischmann报道的核产物是在电解池中测到了氚[43]。当超热产生时这个同位素产量很小而且看来它与电解池中的其它杂质特别是Cu有关，还与阴极表面的枝晶有关。测到的异常数量的氚主要存在于电解液中而不以DT气体形式存在。相反，原来作为杂质溶于Pd中的氚在电解过程中常常以DT气体的形式释放出来[44]。这种相反的行为表明观测到的氚不是由于氚的污染也不是在Pd体内形成的，只有在表面形成的氚才可以溶于电解液中。遗憾的是，已有的证据表明氚产生比超热产生还要困难。

在十来个研究结果中有两个是比较突出的，可用来示范Pd-D₂O系统中产生的异常氚。Will等[45]曾在前国家冷聚变研究所用完全与环境隔绝的电解池，其中装有D₂SO₄或H₂SO₄电解液和复合催化剂。在同批Pd样品条件下，从4个含有D₂O的电解池中发现 $7 \times 10^{10} - 2.1 \times 10^{11}$ 的氚原子，而用H₂O时氚原子少于 4×10^9 个(检测极限)。其它批的结果对D₂O和H₂O都给出低于检测极限的氚。Pd中的T/D比远远高于电解液中的，表明氚来自Pd。详细分析许多未用过的Pd样品表明没有氚污染[20]。他们得出结论说污染引起效应的概率是1/2380。

Texas A & M的学者用盛有LiOD溶液的电解池产氚[46]，电解池与另一个相似的、未活化的电解池相串联。氚产率与所加电势(电流)有关，如图5所示。变化电流和搅拌电解池均可使氚产生终止，反应还可以再开始。这个行为与氚来源于污染或外环境完全不符。总共产生了 10^{15} 个氚原子而未用的Pd中仅有 5.1×10^9 个原子(测量本底)。

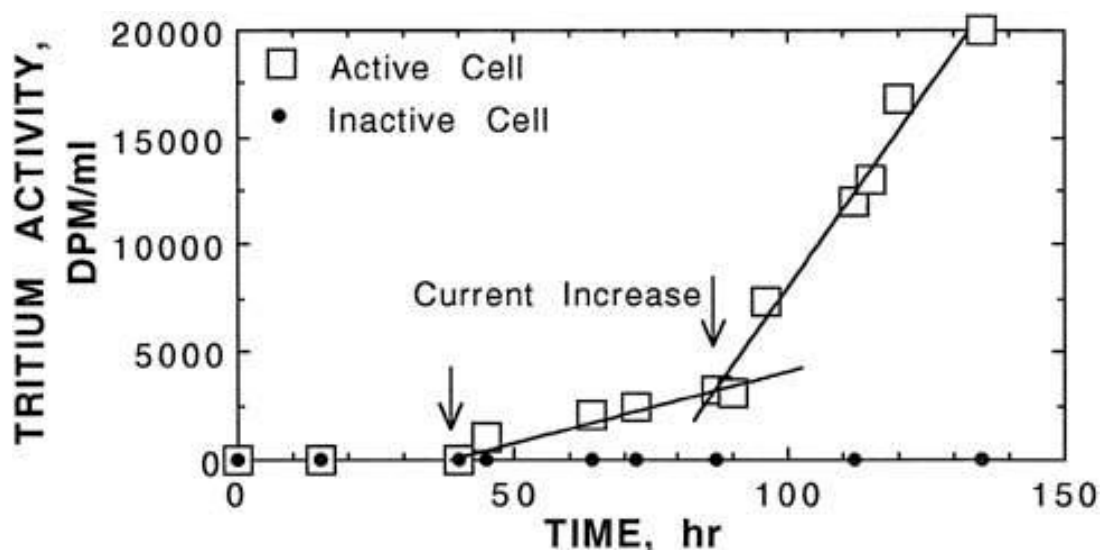


图 5. 有活性的电解池与无活性的电解池中氚产率的比较。电流变化引起活性池中氚产率的变化。该图仅示出一个深入研究的首要部分。DPM是用液闪方法得到1 ml溶液中每分钟内氚核的分解数。

Claytor等(LANL)[47]一直在探索氚产生。一个小的Pd丝和一个惰性电极在低气压D₂中产生脉冲气体放电，电压很低以至于不能触发已知的高压下的传统聚变反应，所有的Pd丝都已脱气处理过以消除任何氚污染。尽管检测了来源不同的大量Pd样品，但在商用Pd中没有发现氚，这个经验与其它早期的详细研究结果是

一致的。他们用抽真空的不锈钢反应器防止氙来源于大气的聚集，其实这即使是在LANL也是不会出现的污染。泵浦的D₂气通过一个含有等离子体反应器(其中发生放电)的环路，并通过一个飞秒技术测氙计，该仪器可持续地测氙。采取措施将气体抽出并转化为水然后用标准的液闪技术测氙的浓度。这两种独立的方法可保证产物确实是氙。图6比较了好几种样品的行为，这些样品有的暴露在D₂和H₂气体中，有的用Pt取代活性材料。在放电开始后有活性的样品马上就开始产氙，电流或其它操作条件的变化都可引起氙产率的变化。相似条件下当用H₂取代D₂或用Pt取代Pd时都没有效应，从而提供了一个零值校验。象该领域的所有实验，产生该效应的能力对Pd样品的性质非常敏感，因为这个原因，结果间很不一致。无论如何，某批Pd或其合金具有很高的成功率以允许探索很多变量。在多种产氙的事例中，该工作突出地表明是很难反驳的，尽管该工作没有发表在正规学术刊物上，但它在LANL广泛审查过并可在因特网上得到它[47]。

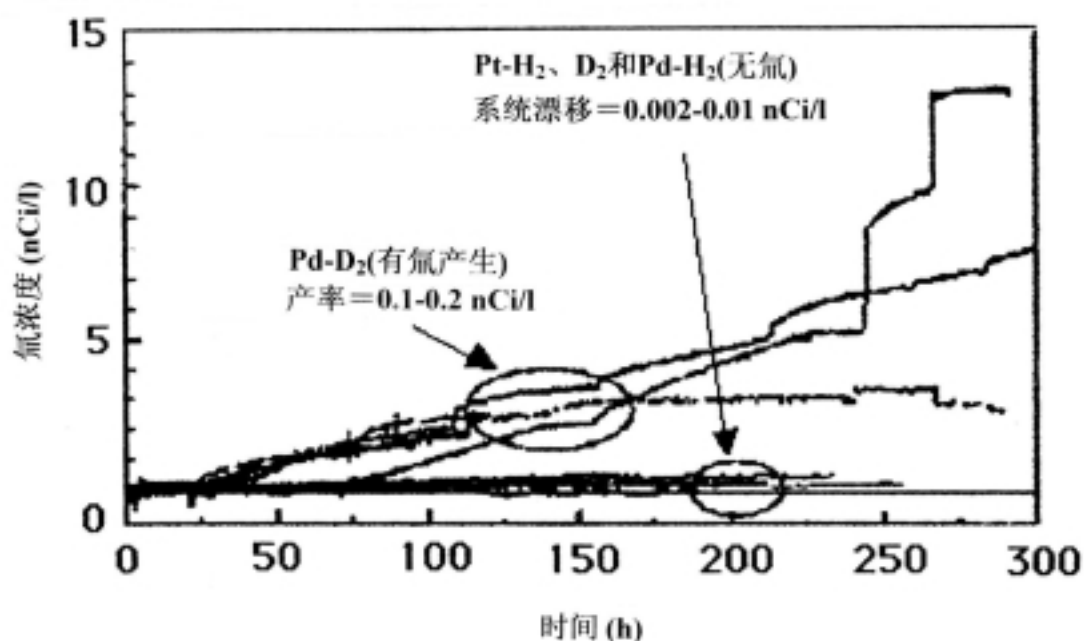


图 6. 气流通过放电区后氙浓度作为时间的函数。活性池显示出第25小时放电刚开始后氙迅速增加。非活性池明显没有氙产生。氙产率随放电条件而改变。

II.2.2 氦

在该领域的历史刚开始时就认为⁴He是可能的核产物，但它的难于检测使其不得等到Miles等[48]的详细工作发表之后才得到肯定。电化学体系中的证实工作有University of Texas [31]、University of Roma La Sapienza [49]和意大利的INFN [50]，日本的气相充D法也证实产生了⁴He。在每种情况下，都要仔细地排除可能从容器外的大气中进入的⁴He。但不是所有的尝试都能成功，其原因部分是由于难以产生超热，部分是由于难以从D₂中测到⁴He。报道的⁴He水平低于把聚变反应作为⁴He唯一来源时的期望值，而实际测到的⁴He值也不是⁴He的总和，即包含在气体和溶解于Pd中的总和，仅是两个源中的一个被当作典型值而报道。很明显，当与产能相比较时需要考虑所有的⁴He。有人测到了α粒子发射[52]且最近有人报道了³He产生[42]，其它学者正在证实后一结果。当⁴He产生时未测到任何显著的γ辐射，这也再一次说明⁴He不是由“热”聚变产生的。

Miles等[48]在美国海军的资助下进行了深入的验证,结果如图7所示。从产能的电解池中析出的气体被收集到一个金属长颈瓶中,然后用灵敏的质谱仪进行分析。除了明显的泄漏外,没有可测量热产生的样品也没有可测量的 ^4He 。尽管误差是大的,但自洽模式是很显然的。虽然, ^4He 产率比期望的聚变反应要求的低20倍,但因为测量仍留在Pd中的 ^4He 所以定量比较是不可能的。出现在周围气体中的任何 ^4He 都意味着很多 ^4He 来自表面几微米深的区域内,而更深范围内形成的 ^4He 将完全留在金属内。基于含B样品的行为,看来可排除 ^4He 来源于 $d + ^{10}\text{B} \rightarrow ^4\text{He} + ^8\text{Be}$ 及其次反应 $^8\text{Be} \rightarrow 2^4\text{He}$ (与Miles长期合作的Bush等人的最近结果表明Pd-D₂O系统产生的 ^4He 量与超热量间的关系基本符合 $\text{D} + \text{D} \rightarrow ^4\text{He} + 24\text{MeV}$ 反应得出的,参ICCF7文集——译者注)。

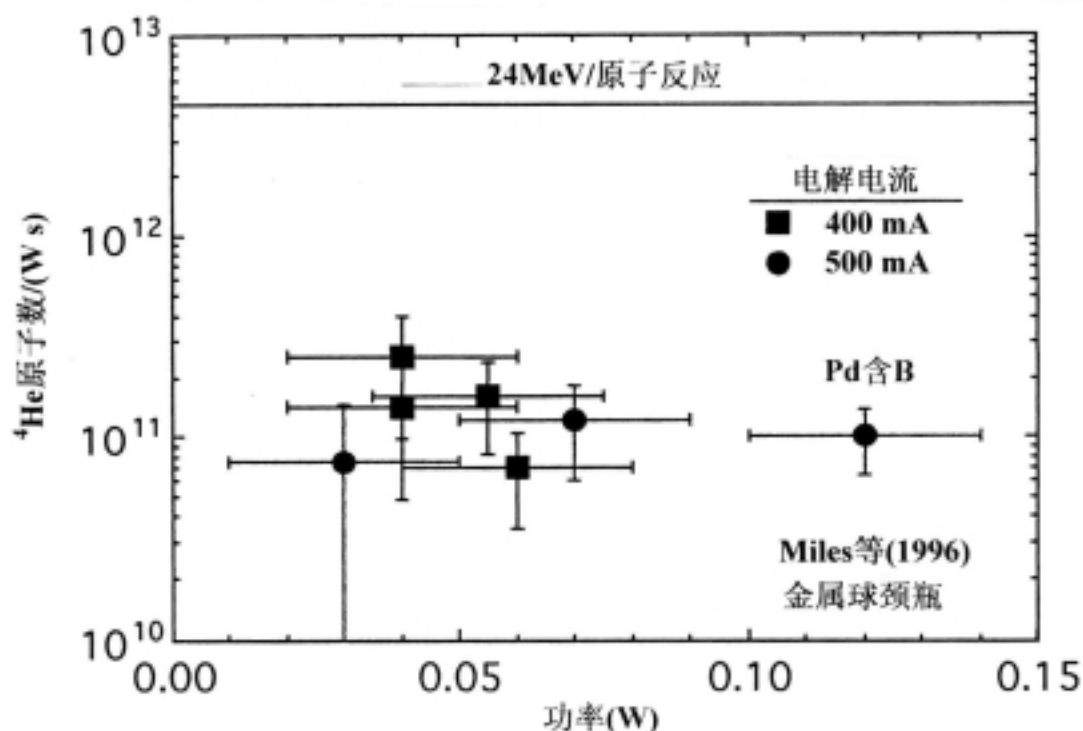


图7. 在球颈瓶中收集的 ^4He 原子数目与电解功率的关系, 电解电流如图所示。一个含有500 ppm B的样品与其它含有10 ppm B的样品给出相同的结果。

II.2.3 中子发射

有300篇以上的文章报道了中子测量结果,但多数非常不成功,只有少数仔细和幸运的结果测到了中子及其能量。高桥亮人[53]是第一个也是最成功的,图8是当一个电解池产超热时的中子总发射率,能谱是用NE-213探头结合脉冲高度分析方法得到的。上图显示本底和信号计数,而下图是二者的差。能量在2.45 MeV、4.5 MeV和7 MeV附近出现明显的峰。其它研究也报道了相似的能量值和发射率。尽管该工作表明了超热产生和中子发射间的关联性,但多数研究表明在产超热时未能测到中子,其原因部分可能是灵敏度不够,部分可能是没有中子产生,也可能中子发射和热来源于不同的反应,因此它们只是偶尔同时出现。关于中子有许多问题仍未解答。

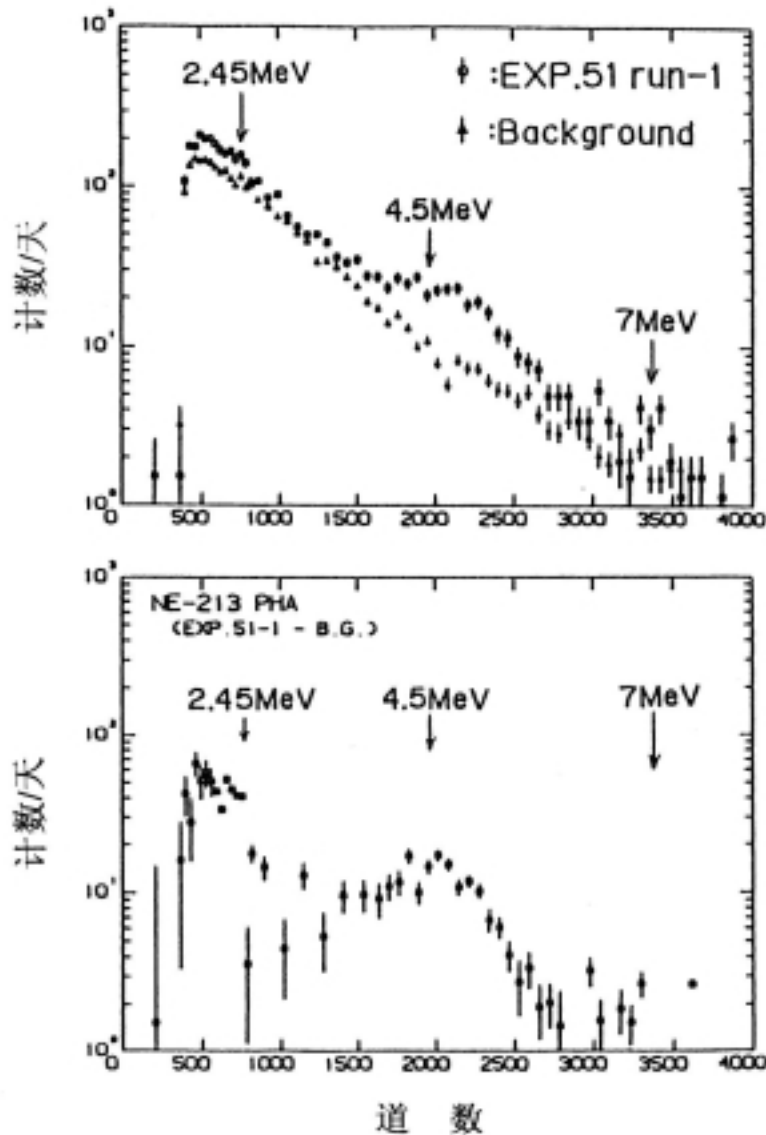


图 8. 上图是电解池在产能时的本底和平均计数率。下图是信号和本底间计数差，相应能量如图所示。在270小时计数时间内计数率有扰动。

II.2.4 嬗变产物

最近的研究揭示出许多种元素似乎是重核素的碎片或重核与D或H的聚变产物，有时聚变后似乎跟着裂变而有时似乎涉及某些除了Pd和Ni以外的元素。我可以援引许多结果，但为了综述的目的，只对两个做详细描述。《新能源杂志》1996年秋季刊[54]和《无限能量》1997年3卷13和14期[55]包含有关于异常核嬗变的许多报道文章。一些组织[56]正提出利用该效应迅速转化放射性同位素为稳定同位素。这些报道的结果还有许多不确定性并且人们正利用各种方法和化学环境进行持续的努力。

Miley (Univ. of Illinois)[57]和Patterson (CETI)已经合作对主要是Ni的塑料球上的薄镀层进行了检验，实验是在流动的 Li_2SO_4 轻水溶液中电解后进行的。十分仔细地分析了使用前和使用后的材料以消除可能来自电解液的影响。用中子活化分析(NAA)、能量色散X射线(EDX)、俄歇电子谱(AES)和二次离子质谱(SIMS)分析后测到显著数量的Fe、Ag、Cu、Mg和Cr，也发现许多其它元素只是浓度较

低。当浓度对原子序数作图时发现4个区域的浓度较高且在15、30、50和80号元素处出现峰。许多轻元素可能来源于料想中的局部杂质，但多数元素的浓度是如此之高以至于很难用这种原因解释，主要的异常元素标记在图9的周期表中。许多检测到的元素显示出反常的同位素比值并发现在Ni层内部比在表面有较高的浓度，这说明它们不是由溶液中电镀上去的。当关于分析方法的主要问题回答以后，核过程的性质却仍是未解之迷。主要问题有如何产生比Ni重的元素，考虑中的反应物和产物间的中子/质子比如何平衡，为什么测到的能量产生比核转变的量要小很多，当然，首要基本问题仍是这些反应如何发生。

水野忠彦等[58](日本北海道大学)将Pd在高温高压下电解，用EDX、AES和SIMS对电极进行了分析。尽管该研究没有上述的彻底，但也发现许多具有异常浓度和同位素比值的相同元素。奇怪的是，用SIMS在Pd金属内测到显著的高于本底的Xe。同时发现 ^{104}Pd 和 ^{110}Pd 同位素的丰度是深度的函数，且发现在表面与天然丰度偏离最大。尽管由于形成的金属氢化物分子会改变SIMS测量出的同位素比值，或由于电迁移也可能引起同位素分离，但这不能解释所有的情况。



图 9. 在电解各种系统时产生的主要异常核产物。

II.3 除电解外产生CANR的其它方法

II.3.1 气体反应

荒田义明和张月嫦(大阪大学)测试了细Pd粉—高压 D_2 系统的能量产生。在他们的实验中，装有Pd粉的Pd管电解 $\text{LiOH} + \text{D}_2\text{O}$ 产生 D_2 气体，在许多天的延迟且在内压力达到800 atm后测到超热。用流量型量热器测出功率水平在10—20 W间，这样的功率持续几个月且在样品保存超过一年后还可再产生超热。当样品加热到1200 °C后可以从产能样品中提取出 ^4He ，现在是 ^3He ，周围的气体未进行分析。因为该工作做的很仔细，人们对它的兴趣在不断增加，在日本已有好几个试图重复的实验，但都失败了。根据荒田教授的说法，其原因在于未遵循正确的方案。美国也有人在重复该工作。

II.3.2 放电

Dufour等[59](Shell/CNAM, France)用一个绝缘体将 $H_2(D_2)$ 气体和一个金属电极包围起来,用无声的交流放电触发了异常效应。这个方法涉及到一个“臭氧发生器”,电压要足够低而不会引起传统核反应。异常效应包括直到10 W(对于 H_2)和14 W(对于 D_2)的超热、容器中显著的氢同位素损失、放电停止后持续数天的电离辐射以及Li浓度的增加,结果还依赖于电极性质和气体。

一个在“Luch”(Scientific Industrial Association, Russian Federation)的小组[60]首先并一直持续研究着一种技术,该技术利用在低气压 D_2 或 H_2 中的高电压脉冲放电,超热、各种辐射以及嬗变核产物都曾有过报道。异常核产物的类型依赖于所施加的电流、阴极金属、用的是 H_2 还是 D_2 。用 D_2 和特别的Pd样品,当施加95 mA电流时有21 W超功率,并且超热与电流间呈现线性关系,其它Pd阴极则不那么好。在产超热后的阴极表面发现许多稳定元素包括Na、Mg、Ti、Fe、Ni、Cu、Rb、Zr、Nb、Rb和Ag,一些也有异常同位素比率。还发现用Ag作电极,D离子轰击在51 mA时有9 W的超功率。当用Ni或Nb阴极时 H_2 也产超功率但嬗变核产物的数量减少了。测到少量中子和 γ 辐射,有时在电流停止后还有 γ 辐射。海军武器实验室(NRL)重复该实验仅勉强成功,可能是因为方法未完全重复或未用相同的样品。

Prelas等(Univ. Missouri, USA)[61]用微波加热D等离子体以用0.5—10 eV体温度的离子轰击Pd。他们发现仅当样品被轰击时才测到显著增加的中子和 γ 发射,在某个情况下,可在8.11 MeV处看到一个宽峰,结果对Pd的类型和温度十分敏感。中国的学者们(指中国工程物理研究院核物理与化学研究所的王大伦小组——译者注)用近11 keV的高能,当不同金属用D和H离子轰击时都测到27 keV的X射线发射。

II.3.3 通过半导体的质子传导

某些半导体在 D_2 中加热并在厚度方向加上一个电压时,溶解的D离子在其中的运动将会引起小的电流。Biberian (Faculte des Sci. de Luminy, France) [63]将该技术用于 $AlLaO_3$,而水野忠彦等[64]则采用 $Sr(Ce,Nb,Y)O_3$,这两个研究都观测到显著的超热。Oriani(Univ. Minnesota, USA) [30]用高温Seebeck型量热器成功地重复了水野忠彦的结果,尽管超热量是小的,但相对比值是大的,甚至在关掉电流后Oriani还测到一些超热。俄罗斯也有人用 $SrCeO_3$ 和 $BaCeO_3$ 陶瓷重复了相同的工作[65],但缺乏必要的细节描述。在该情况下,热循环中可偶尔测到超热和中子,其行为依赖于陶瓷结构和化学纯度以及与其它研究相类似的经验。

II.3.4 氢化物的迅速分解

山口原一和西冈上(日本电报电话会社,NTT)[66]用在真空中迅速加热的 PdD_x 首先测到了4.5—6 MeV的 α 粒子和3 MeV的质子等带电粒子发射,样品是由Pd片一面镀以 MnO_x 而另一面镀以Au。石村安广等(日本三菱)[67]用Pd镀一层Au或Al,在少数样品中测到中子(5σ)和氡产生。但是,日本很多重复该工作的努力是不成功的。最近,Lipson等(俄罗斯科学院)[68]将Pd在一面镀以复合碳氧化合物(基于未公布的应用技术)而另一面镀以Au,将Pd在空气或 O_2 气中加热时可测到中子和 γ 辐射。中子发射强度为100—500中子 $s^{-1}cm^{-2}$, γ 线峰值在2.22MeV、3.8MeV和6.3MeV,能量输出大于 D_2-O_2 复合反应。目前有人正在着手重复该工作。但遗憾的是,Pd的性质在重复该效应中也起着决定性的作用。此外,镀层意味着新的化学环境,也意味着可产生异常核效应的新领域,因此也增加了额外的变量。

II.3.5 形成气泡空化

Stringham和George(E-Quest, USA) [69]采用稠密的声场在D₂O中产生了气泡,当气泡在金属表面坍塌时,象高温等离子体一样将D和O离子射入金属内。当D扩散并远离金属表面进入内部时O仍被束缚在表面并形成有色氧化物。异常行为马上就出现。Ag和Pd用来产生异常能量、⁴He和各种嬗变产物尤其好。许多其它金属并不产生异常效应的事实表明反应与气泡内的声致发光无关。可是,尽管在《无限能量》杂志[70]上有一般描述,但未见到公开发表的详细过程和结果。这是具有高度可重复性并产生显著能量和核产物的少数几种方法之一,读者如果对此方法感兴趣可以和发明者联系以获得更多的信息。

Griggs [71]开发了一个相关的途径,即用一个大功率马达带动一个打眼的转子,转子在普通水中转动产生气泡,气泡碰在Al和Fe上坍塌并产生蒸汽。好几个独立的实验都发现输出能比转动转子能量大,但该公司仅把它当作一个有效的、无需保养的能量转换设备而出售。

II.3.6 生物系统

利用农夫和生物学家的经验, Kervran [72]从1954年就首先开始了对生物系统中核反应的系统研究。利用各种培养方法和传统分析技术,日本人报道了生物体中核嬗变的当代研究成果[73]。最近几个乌克兰和俄罗斯人[74]的工作又增加了强有力的证据,他们用穆斯堡尔效应证实了在各种酵母和病毒培养物中⁵⁵Mn和D聚合成⁵⁷Fe。调节⁵⁷Co γ 发射体和培养液的相对速度直到 γ 能量与⁵⁷Fe吸收能量相匹配。对于酵母和病毒培养的结果见图10,只有Mn和D都在培养物中时才有⁵⁷Fe生成,速率为 $(1.9 \pm 0.5) \times 10^{-8} \text{ } ^{57}\text{Fe} / (^{55}\text{Mn s})$ 。不管是产生的还是加进去的⁵⁷Fe,在穆斯堡尔谱中都出现了双峰,很明显,核反应产生的⁵⁷Fe和加进去的⁵⁷Fe都占据了相同的化学环境,但病毒与酵母培养物中的环境不同。因为用的是传统方法且它仅对⁵⁷Fe的出现敏感,而⁵⁷Fe又很容易从环境中检测出来,所以该研究特别有说服力。因此,存在至少有一个核反应的强烈证据,难道还有其它可能的反应?

III. 理论

试图解释CANR的理论远不止百个。其中的绝大多数与实际情况无关或根本没用,只有几个模型对可能过程提供了似乎是重要的或部分的解释,同时许多模型也在年年不断地变化和改进。但问题很多,首先是多数理论在致力于核过程时都不顾这些反应所必须出现的独特环境,另外一点是多数模型仍与该领域内的许多观测结果相矛盾,或仅仅停留在假设层次而得不到该领域外结果的支持。

因为核事件出现在体材料内的许多无规位置上,所以尽管人们已经做了一定的努力但建立理论和观测结果间的定量关系目前还不可能。没有理论解释为什么这些稀少的区域是有活性的或指出它们与一般位置不同的化学特征。现在关于核反应的性质仍然充满了混乱,测到的⁴He是由d-d聚变产生的或来源于不稳定重核的 α 衰变?多个H(D)核可聚变成重核抑或是反应中有重核参与?为什么有些核反应产生可测的能量而另一些则没有?最终解释实验需要几个理论?

下面将概述几个例子以给出该领域的部分侧面。现在说哪些想法是对的或错的看来仍是冒险的,且似乎在某些方面使人感情冲动的。因此,没有一个例子或它的结论代表着判断的价值。Chechin等[75]和Preparata [76]大胆地评述了许多理论。

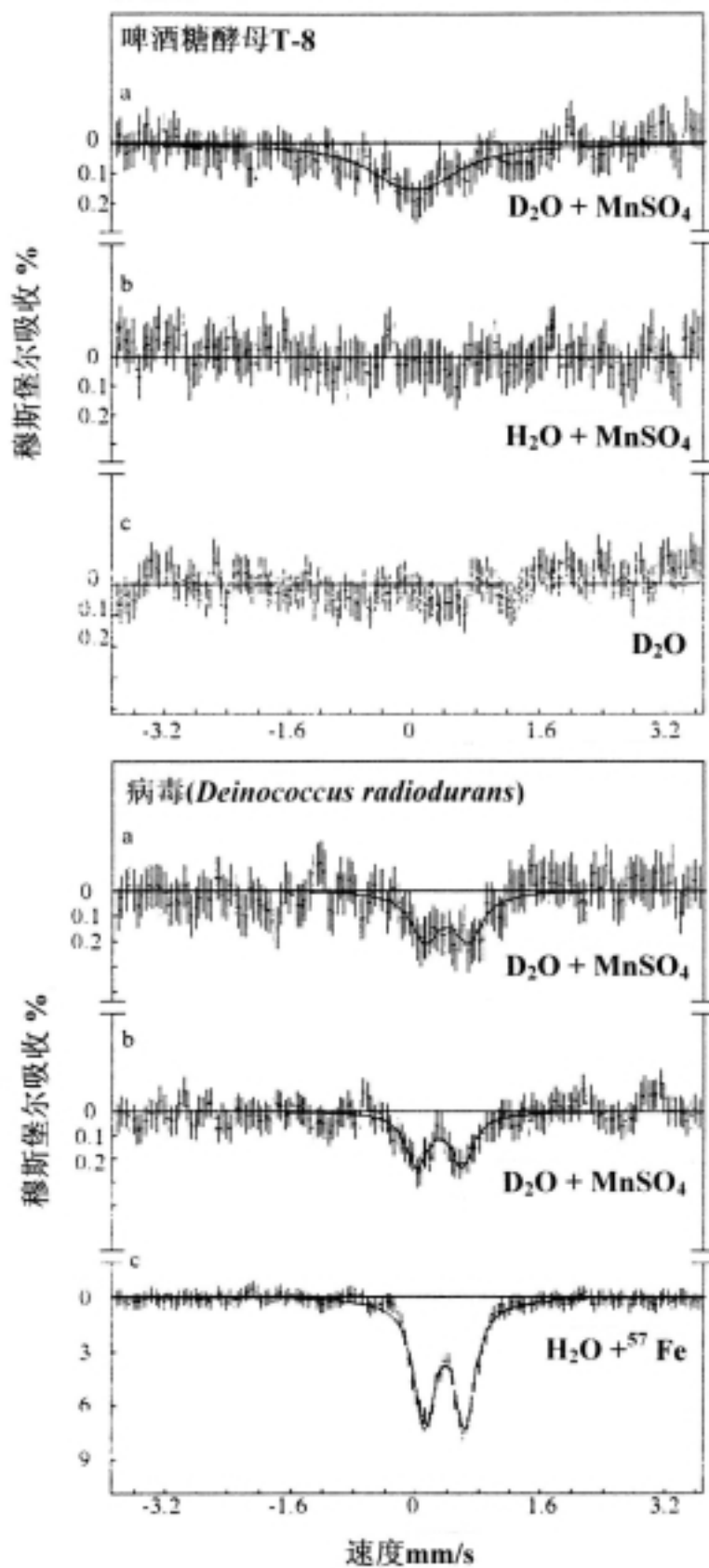
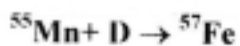


图 10. 用⁵⁷Co γ 源测到的⁵⁷Fe穆斯堡尔谱。

Chubb和Chubb (OIC, USA) [77]

这个模型利用离子带态理论，包括稳定的三维布洛赫态来解释聚变过程。当D浓度达到一个临界值且其它条件满足时，少数D核可被当作波。这些波的一个周期与D晶格位间的距离相同，因而降低了库仑势垒。偶尔地，在 $D^+ - D^+$ 波叠加时聚变可以一点点发生，因此产生的 ^4He 核具有逐渐增加的稳定性。产生的核能量通过相干过程与晶格耦合，即小波包的能量传输给弥散在整个晶格中的费米能级。该理论指出要有一个临界的晶格大小而且 ^4He 是唯一的核产物，没有 γ 或其它核辐射。但是，提出的这种粒子波转变从未在晶格中证实过。

Preparata (INFN, Italy) [78]

利用量子电动力学(QED)方法，该模型提出在晶体中存在各种相干等离子体场，即场象电子激光一样可在晶体中完全包容。这个场可联合并可提供给D核足够的屏蔽以允许聚变和其它反应发生。该模型要求聚变过程出现在当D浓度达到很高值时 $\beta\text{-PdD}$ 内的四面体位上，释放的能量被相干场吸收并可发射X射线。但并不存在证据表明D在 $\beta\text{-PdD}$ 内占据四面体位。

Bazhutov (Erzion Center, Russia) [79]

在所有的物质中都存在一些少量的在大爆炸后留下的大质量的稳定强子。某些条件下，这些粒子可以从束缚态中释放出来并催化核反应。McKibben (LANL, USA)[80]曾提出了类似的途径，即存在分数电荷的粒子。这些粒子可以稳定混合核，这些混合核象普通物质的化学作用一样，当失稳时可以通过催化各种核反应而产能。这种粒子的存在还有待证实。

李兴中(中国清华大学)[81]

提出在核中存在一个非常窄的能级可以与周围原子晶格中的某些能级共振，该过程可促进位垒贯穿和核作用。但这种窄能级的存在或它与核稳定性的关系尚未证实。

Hagelstein (MIT, USA) [82]

他已放弃了虚中子模型而代之以一个新模型，该模型包括从声子激光或晶格中的共振振动的能量传输。由温度引起的单个原子振动可联合起来产生更高能量(温度)的波包。通过非线性频率位移(包括声子谱中的扰动)而在声子带中产生能量聚集。再通过一般的振动过程，这些增强的能量被转移到少数几个原子并使相邻原子能量高到可互相接近以容许各种包括聚变和嬗变核反应发生。荒田义明[83]的“晶格地震”模型利用类似的特征解释聚变反应。Kucherov (ENECO, USA)[84]提出利用声子将能量逐步聚集到各种金属的核能级。当该能量足够高时可通过 α 发射或裂变释放出来。核组份的量子化性质和它们非常高的能级使得如此递增的能量传输是不可能的。

Mills (Blacklight Power, USA) [85]

提出所有的氢同位素都有比传统量子力学理论中低的分数能级。如果提供给释放出的能量的仓库是允许的话可使电子接近这些能级。相应的，在某些情况下通过形成这种塌缩的氢原子(称为Hydrinos)释放能量，这些小氢原子离开系统并在世界其它地方回到初始大小和能量。因此，这是一个能量传输过程而不涉及核

反应。但有时一个氢原子完全塌缩成一个中子并与附近一个D反应时可生成氦。Dufour [86]、常一方(音)和刘正荣(音)(中国云南大学)也提出类似的理论。

Kozima (日本静冈大学) [87]

在合适的环境下，热中子可陷在晶格内并与核反应。这称为TNCF(Trapped Neutron Catalyzed Fusion)模型。通过形成中子库柏对和类似布洛赫波的行为可防止中子的衰变，并防止中子与邻近核的作用直到晶格中有大扰动出现。这种扰动是表面某些特定杂质引起的，一些杂质与放出的中子反应。该模型困难在于需要好几个绝对假设以与观测相符。这些假设包括需要判断为什么中子与周围核反应后没有放出来，为什么当Li存在时没有显著的氦。

Miley等(Univ. Illinois, USA) [88]

如果两个金属间存在大的费米能级差，该差别可在金属界面间提供降低库仑势垒的环境，称之为游动电子层(SEL)。传导电子在金属表面浓集，产生特征功函数且可形成足以部分屏蔽界面中D核的等离子体。降低的核间平均距离可增加普通聚变率。最近该小组[89]将这种概念应用到核嬗变反应上去，核相互作用长度可比通常d-d聚变经验中的长很多，SEL可以降低核距离增强核反应。但是，当要求的SEL条件不存在时人们却也看到异常核反应。

Kim (Univ. Purdue, USA) [90]

这不是一个一般意义上的模型，更准确而言是用传统方法对库仑势垒大小的计算。分析表明聚变比刚开始时想的要容易，但还不足以容易地解释CANR效应。

许多模型都提出共振过程但它们的区别在于什么在共振和共振结构如何与核相互作用。Preparata看到一个类似波的电子结构中和了库仑势垒；而Miley提出仅增强浓度即可；Chubbs看到D波的直接相互作用；Kucherov和李兴中则将原子-电子结构的振动能加到核上然后引起失稳；Hagelstein和荒田义明用振动能引起直接相邻核反应。每种模型都由电子结构携带产生的核能量并弥散到晶格中作为热。

Mills和Dufour提出的模型包括了氢原子大小和能量的变化，除非这种变化引起核反应否则它并不属于CANR。尽管多数产热的例子并不与该模型一致，偶然的结果看来是一致的，有几个机理是可能依赖于所加条件的。

IV. 讨论

对于如何评估这些关于异常效应的报道，我想其主要问题在于将事实从那些虚构的事实中分离出来。对于旁观者而言，在接受如此非传统核反应的证据时尤其如此。读者对使用的技术熟悉吗？读者对这些研究者熟悉吗？这些研究者可信任吗？这些工作被可接受的杂志评审过吗？不幸的是，对于一般的物理学工作者而言，并不熟悉该领域工作的很多人，多数工作也没有发表在权威刊物上。本综述试图就一些做的很好的工作给出足够详尽的描述，这样读者至少可以知道该领域为什么受到越来越多的重视。尽管还不可能作出明确的结论，但有些趋势还是很明显的。可是由于许多结果给出的细节很少或许多技术并不被很多独立的研究者使用，使得我们不能对其作出判断。另一方面，也有一些人用传统的成熟的技术做出了好的工作。此外，全世界的各个实验室用各种不同的方法和技术得出

了相似的结果，但本综述只能描述其中一小部分。对许多现象及其解释尚未有定论，所以在该领域内任何新的想法都会受到鼓励。

世界范围内应用许多技术的经验表明产生核产物的和产生超热的能力都对化学环境十分敏感，这种环境被认为是反应发生的地方。因为很少有实验用到完全相同的化学环境，这使得结果看起来没有明确的模式且难于重复。尽管实验中的误差和不完善增加了问题的复杂性，但很明显这不是主要原因。接受这些观点对于接受这些报道而言是十分重要的。

很多物理学家对中子感兴趣，但中子产生的水平很低且不与超热相关联，因此，不寻常的能量发射不能有信心地认为是核反应。另一方面，我们必须解释实验中确实测到的一些中子。有时观测到稠密的中子发射并常常与化学或物理环境变化相联系，该行为促使人们对断裂形成，即断裂聚变感兴趣，并期望这样的环境在高电压下可产生热聚变，但是在测到中子时并未观测到相应的氦产量。

可以产生氦但有一定的困难。尽管在超热产生时很少发现氦，但它的产生可能伴随着少数中子发射。此外，电解池中形成阴极表面的枝晶似乎有作用，强的电场和高电压放电也有助于氦形成，尽管此时的电压低于传统理论要求的值。

测到超热后可测到 ^4He 和一些嬗变产物，它们间的比例依赖于原材料的种类。 D 产 ^4He 而 H (至少还包括碱金属)可产生各种嬗变产物。当 H 和 D 都存在且有足够的浓度时也可产生 ^3He [42]，一些具有足够能量并十分接近表面的 ^3He 可被当作 α 粒子检测出来。

更复杂的反应给出一个产物谱看来是可能的。已测出很多 Ni 或 Pd 的碎片，其中一些具有异常的同位素比值，偶尔也测到了短寿命的放射性同位素。更大的困难在于判断重核仅来源于多个氢核的聚合还是其它氢核与 $\text{Pd}(\text{Ni})$ 的聚合。对于这些新的报道仍还有争论，且它们对任何理论都提出了挑战。特别麻烦的是缺乏反应物和产物的中子/质子比的精确值，也缺乏相应的能量产生数据。

利用各种方法都测到偶尔产生的X射线。但发射是随机的，它们既不象韧致辐射也不同于特征X射线。Rout等(Bhabha Atomic Research Center, India) [91]报道了一个有趣的结果，在充 D 或 H 以后每个 Pd 样品都产生辐射且该辐射可被电场和磁场影响，能通过一定厚度的薄吸收片且可使X胶片感光。氧气的存在可增强该效应。一个完全彻底的研究排除了传统类型的辐射或化学产物。这些辐射和其他人测到的X射线的来源还未确定，但这些结果与早期研究是自洽的且继续支持开始的结论，即核能量是通过原子晶格弥散的而不是在产生反应的位置上。

偶尔也测到 γ 辐射且有时在实验结束后还有可测量的半衰期，但没有观测到有一致的强度或能量的 γ 发射。再说一遍，其行为明显依赖于化学环境的性质。

每个人都同意核反应要克服库仑势垒且在普通物质中不能以显著的产率发生，问题仍然是在某些稀少的和不寻常的环境中能否出现。经验表明有些材料具有包容这种产生异常效应的环境的能力。这种选择性不仅证实不是随机误差，也说明存在一个统一的核-电相互作用，虽然在多数情况下它可以被忽略。当形成核活性材料以后，在相同样品中就可能出现宽的核反应谱。这种可能性是如何实现的？如何选择哪个反应将会出现？一个逻辑的可能性涉及到材料的不均匀性即在这些材料中反应发生在某个区域而另外的区域引起不同的反应。这与观测是相一致的，即异常元素占据着某个孤立的区域且常常靠近表面。如果这个结论是对的，我们就面对这样的可能性即当一个具有核活性的材料形成以后很少有变量可严重地影响核反应的类型。理解这些孤立反应区中的反应类型是高水平可预见地重复该现象的基础。这些知识对任何成功的理论而言也是基础性的。

V. 结论

我赞同任何人跟否定这些结果及其意义作斗争。因为怀疑主义如此地蔓延，一个有扎实基础和受过良好训练的科学家必须付出巨大的努力以回答许多施加于该课题上的问题。许多科学家需要有说服力的证据，这也增加了困难。尽管如此，我提供的这些现在可得到的充足的证据强烈地支持这种报道，即核反应在传统理论不承认的条件下发生了。

人类在努力发现无污染和可再生的新能源，此外，在处理裂变反应堆和核裁军的放射性废物时也遇到了严重的问题，CANR现象可给这两个问题提供一个答案。我认为事实缺乏明确性或缺少细节知识仅仅是暂时的混乱，不能把它作为无视其潜在优势的判据。即使许多报道有着很平凡的解释，势不可挡的证据也表明存在显著的、尚未能预见其用途的异常现象。不管这种用途看起来是多么的遥远，为什么不尝试一下可能性呢？

参考文献

1. Fleischmann, M. and S. Pons, "Electrochemically Induced Nuclear Fusion of Deuterium", *J. Electroanal. Chem.* **261** (1989) 301; Fleischmann, M. and S. Pons, "Calorimetry of the Pd-D₂O System: From Simplicity Via Complications to Simplicity", *Phys. Lett. A* **176** (1993) 118; Pons, S., and M. Fleischmann, "Calorimetric Measurements of the Palladium/Deuterium System: Fact and Fiction", *Fusion Technol.* **17** (1990) 669.
2. Jones, S.E., E.P. Palmer, J.B. Czirr, D.L. Decker, G.L. Jensen, J.M.S. Thorne, F. Taylor, and J. Rafelski, "Observation of Cold Nuclear Fusion in Condensed Matter", *Nature* **338** (1989) 737.
3. Hoffman, N., *A Dialogue on Chemically Induced Nuclear Effects*, Am. Nucl. Soc., La. Grange Park, IL(1995).
4. Close, F., *Too Hot to Handle*, Princeton University Press, (1991).
5. Mallove, E., *Fire From Ice: Search for Truth Behind the Cold Fusion Furor*, John Wiley Co., New York, NY (1991).
6. Peat, F.D., *Cold Fusion*, Contemporary Books, Chicago, Ill (1989).
7. Taubes, Gary, *Bad Science, The Short Life and Weird Times of Cold Fusion*, Random House, N.Y., 1993, 503 pages.
8. Huizenga, J.R., *Cold Fusion: Scientific Fiasco of the Century*, Univ. of Rochester Press, NY, 1992, 259 pages.
9. Storms, E.K., "Review of Experimental Observations about the Cold Fusion Effect", *Fusion Tech.*, **20** (1991) 433.
10. Srinivasan, M., "Nuclear Fusion in an Atomic Lattice: An Update on the International Status of Cold Fusion Research", *Curr. Sci.* **60** (1991) 417.
11. Storms, E., "A Critical Review of the "Cold Fusion" Effect", *J. Sci. Explor.* **10**, #2 (1996) 185. See also: <http://www.scientificexploration.org/jse/storms/toc.html>
12. Bockris, J.O'M., G.H. Lin, and N. Packham, "A Review of the Investigations of the Fleischmann-Pons Phenomena", *Fusion Technol.* **18** (1990) 11.
13. Dieter Britz, <http://kemi.aau.dk/~db/fusion/>
14. Fox, H., Future Energy Applied Technology, P.O. Box 58639, Salt Lake City, UT 84158 (801) 583 6232
15. Reifenschweiler, O.J.A., "Some Experiments on the Decrease of Tritium Radioactivity", *Fusion. Technol.* **30** (1996) 261 and *ibid*, "About the Possibility of Decreased Radioactivity of Heavy Nuclei", *Fusion Technol.* **31** (1997) 291.

16. Lewis, N.S., C.A. Barnes, M.J. Heben, A. Kumar, S.R. Lunt, G.E. McManis, G.M. Miskelly, R.M. Penner, M.J. Sailor, P.O. Santangelo, G.A. Shreve, B.J. Tufts, M.G. Youngquist, R.W. Kavanaugh, S.E. Kellog, R.B. Vogelaar, T.R. Wang, R. Kondrat, and R. New, (Cal. Tech.), "Searches for low-temperature nuclear fusion of deuterium in palladium". *Nature* **340** (1989) 525.
17. Williams, D.E., D.J.S. Findlay, D.H. Craston, M.R. Sene, M. Bailey, S. Croft, B.W. Hooton, C.P. Jones, A.R.J. Kucernak, J.A. Mason, and R.I. Taylor, (Harwell), "Upper Bounds on 'Cold Fusion' in Electrolytic Cells", *Nature* **342** (1989) 375.
18. Albagli, D., R. Ballinger, V. Cammarata, X. Chen, R.M. Crooks, C. Flore, M.P.J. Gaudreau, I. Hwang, C.K. Li, P. Lindsay, S.C. Luckhardt, R.R. Parker, R.D. Petrasso, M.O. Schloh, K.W. Wenzel, and M.S. Wrighton, (MIT), "Measurement and Analysis of Neutron and Gamma-Ray Emission Rates, Other Fusion Products, and Power in Electrochemical Cells Having Pd Cathodes", *J. Fusion Energy* **9** [2] (1990) 133.
19. Several evaluations of these studies have concluded that small amounts of excess energy were actually observed but denied when the results were published.
20. Cedzynska, K., and F.G. Will, "Closed-System Analysis of Tritium in Palladium", *Fusion Technol.* **22** (1992) 156; Cedzynska, K., S.C. Ban-owes, H.E. Bergeson, L.C. Knight, and F.G. Will, "Tritium Analysis in Palladium with an Open System Analytical Procedure", *Fusion Technol.* **20** (1991) 108.
21. Storms, E.K., "A Study of Those Properties of Palladium That Influence Excess Energy Production by the "Pons-Fleischmann" Effect", *Infinite Energy* **2**, #8 (1996) 50.
22. Jones, J.E., L.D. Hansen, S.E. Jones, D.S. Shelton, and J.M. Thorne, "Faradic Efficiencies Less Than 100% during Electrolysis of Water Can Account for Reports of Excess Heat in "Cold Fusion" Cells", *J. Phys. Chem.* **99** (1995) 6973.
23. Miskelly, G.M., M.J. Heben, A. Kumar, R.M. Penner, M.J. Sailor, and N.S. Lewis, "Analysis of the Published Calorimetric Evidence for Electrochemical Fusion of Deuterium in Palladium", *Science* **246** (1989) 793.
24. Fleischmann, M., S. Pons, M.W. Anderson, L.J. Li, and M. Hawkins, "Calorimetry of the Palladium-Deuterium-Heavy Water System". *J. Electroanal. Chem.* **287** (1990) 293. See also: Fleischmann, M. and S. Pons, "Electrochemically Induced Nuclear Fusion of Deuterium", *J. Electroanal. Chem.* **261** (1989) 301; Fleischmann, M. and S. Pons, "Calorimetry of the Pd-D₂O System: From Simplicity Via Complications to Simplicity", *Phys. Lett. A* **176** (1993) 118; Pons, S. and M. Fleischmann, "Heat After Death". ICCF4 (1994) p. 8.
25. Klein, A.C., L.L. Zahm, S.E. Binney, J.N. Reyes, Jr., J.F. Higginbotham, A.H. Robinson, M. Daniels, and R.B. Peterson, "Anomalous Heat Output from Pd Cathodes Without Detectable Nuclear Products", *Proc. Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Solid Systems*, Provo, UT, Oct. 22-23. 1990, p. 247.
26. Takahashi, A., A. Mega, T. Takeuchi, H. Miyamaru, and T. Iida, "Anomalous Excess Heat by D₂O/Pd Cell Under L-H Mode Electrolysis", ICCF3, p. 79; See also: Takahashi, A., "Nuclear Products by D₂O/Pd Electrolysis and Multibody Fusion", *Proc. Int. Symp. Nonlinear Phenom. in Electromagnetic Fields*, ISEM-Nagoya, Jan. 27-29, 1992.
27. Guruswamy, S., J.G. Byrne, J. Li and M.E. Wadsworth, "Metallurgical Aspects of the Electrochemical Loading of Palladium with Deuterium", *Workshop on Cold Fusion Phenomena*, Santa Fe, NM, May 23, 1989.
28. Miles, M.H. and K.B. Johnson, "Improved, Open Cell, Heat Conduction, Iso-peribolic Calorimeter", ICCF6, Vol. 2, p. 496.

29. Gür, T.M., M. Schreiber, G. Lucier, J. A. Ferrante, J. Chao, and R.A. Huggins, "An Iso-peribolic Calorimeter to Study Electrochemical Insertion of Deuterium into Palladium", *Fusion Technol.* **25** (1994) 487.
30. Oriani, R.A., "A Confirmation of Anomalous Thermal Power Generation From a Proton Conducting Oxide", *ICCF6*, Vol. 2, 557; *ibid*, "An Investigation of Anomalous Thermal Power Generation From a Proton-Conducting Oxide". *Fusion Technol.* **30** (1996) 281.
31. Bush, B.F. and J.J. Lagowski, "Nuclear Products Associated with the Pons and Fleischmann Effect: Helium Commensurate to Heat Generation, Calorimetry and Radiation", *ICCF6*, Vol. 2, 622.
32. Wilson, R.H., J.W. Bray, P.G. Kosky, H.B. Vakil and F.G. Will, "Analysis of Experiments on Calorimetry of LiOD/D₂O Electrochemical Cells", *J. Electroanal. Chem.* **332** (1992) 1.
33. Hansen, W.N., "Report to the Utah State Fusion/Energy Council on the Analysis of Selected Pons Fleischmann Calorimetric Data", *ICCF2*, 491; and Hansen, W.N., and M.E. Melich, "Pd/D Calorimetry- The Key to the F/P Effect and a Challenge to Science", *ICCF4*, Vol. 2, p. 11.
34. Swartz, M., "Some Lessons From Optical Examination of the PFC Phase-II Calorimetric Curves", *ICCF4*, Vol. 2, p. 19.
35. Saito, T., M. Sumi, N. Asami, and H. Ikegami, "Studies on Fleischmann-Pons Calorimetry with ICARUS 1", *ICCF5*, p. 105.
36. Lonchamp, G., "Reproduction of Fleischmann and Pons Experiments", *ICCF6*, Vol. 1, p. 113.
37. McKubre, M, B. Bush, S. Crouch-Baker, A. Hauser, N. Jevtic, S. Smedley. M. Srinivasan, F. Tanzella, M. Williams and S. Wing, "Loading, Calorimetric and Nuclear Investigation of the D/Pd System", *ICCF4*, Vol. 1, p. 5; McKubre, M.C.H., S. Crouch-Baker, F.L. Tanzella, S.I. Smedley, M. Williams, S. Wing, M. Maly-Schreiber, R.C. Rocha-Fiho, P.C. Searson, J.G. Pronko, and D.A. Kohler, "Development of Advanced Concepts for Nuclear Processes in Deuterated Metals", Final Report, EPRI TR-104195, Aug. 1994.
38. Mills, R.L. and S.P. Kneizys, "Excess Heat Production by the Electrolysis of an Aqueous Potassium Carbonate Electrolyte and Implications for Cold Fusion", *Fusion Technol.* **20** (1991) 65. See also: R.L. Mills, W.R. Good, and J.J. Farrell, "Unification of Spacetime, The Forces, Matter, and Energy", Science Press, Ephrata, PA 17522 (1992). R.L. Mills, W.R. Good, and Shaubach, "Dihydrino Molecule Identification", *Fusion Technol.* **25** (1994) 103. See also: <http://www.blacklightpower.com/>
39. Bush, R.T. "A Light Water Excess Heat Reaction Suggests that "Cold Fusion" May Be "Alkali-Hydrogen Fusion"", *Fusion Technol.* **22** (1992) 301.
40. Patterson, J. "Method for Electrolysis of Water to Form Metal Hydride", US Patent # 5,318,675, June 7, 1994; "System for Electrolysis of Water", US Patent #5,372,688; System for Electrolysis, US Patent # 5,494,559, Feb. 27, 1996.
41. Focard, S., R. Habel, and F. Piantelli, "Anomalous Heat Production in Ni-H Systems", *Il Nuovo Cimento* **107A** (1993) 163.
42. Arata, Y. and Y.-C. Zhang, "Helium (⁴He, ³He) Within Deuterated Pd-Black", *Proc. Japan Acad. Ser. B* **73** (1997) 1.
43. Packham, N., K.L. Wolf, J.C. Wass, R.C. Kainthla, and J. Bockris, "Production of Tritium from D₂O Electrolysis at a Pd Cathode", *J. Electroanal. Chem.* **270** (1989) 451.
44. Storms, E.K. and C. Talcott-Storms, "The Effect of Hydriding on the Physical Structure of Palladium and on the Release of Contained Tritium", *Fusion Technol.* **20** (1991) 246.

45. F.G. Will, K. Cedzynska and D.C. Linton, "Tritium Generation in Palladium Cathodes with High Deuterium Loading", ICCF4, Vol. 1, p. 8.
46. Chien, C.-C., D. Hodko, Z. Minevski and J.O'M Bockris, J. Electroanal. Chem. **338** (1992) 189.
47. Claytor, T.N., D.D. Jackson and D.G. Tuggle, "Tritium Production from a Low Voltage Deuterium Discharge on Palladium and Other Metals", <http://www.nde.esa.lanl.gov/cf/tritweb.htm>; See also: *ibid.* Infinite Energy, **2**, #7 (1996) 39.
48. Miles, M.H., R.A. Hollins, B.F. Bush, J.J. Lagowski, and R.E. Miles, "Correlation of Excess Power and Helium Production During D₂O and H₂O Electrolysis Using Palladium Cathodes", J. Electroanal. Chem. **346** (1993) 99. See also: Miles. M.H. and B.F. Bush, "Heat and Helium Measurements in Deuterated Palladium", Trans. Fusion Technol. **26**, #4T (1994) 156; M.H. Miles and F.B. Johnson, "Heat and Helium Measurements Using Palladium and Palladium Alloys in Heavy Water", ICCF6, Vol. 1, p. 20; M.H. Miles, B.F. Bush, and K.B. Johnson, "Anomalous Effects in Deuterated Systems", Naval Air Warfare Center Weapons Division, Report #NAWCWPNS TP 8302, Sept. 1996, 98 pages.
49. Gozzi, D., R. Caputo, P.L. Cignini, M. Tomellini, G. Gigli, G. Balducci, E. Cisbani, S. Frullani, F. Garibaldi, M. Jodice, G.M. Urciuoli, "Excess Heat and Nuclear Product Measurements in Cold Fusion Electrochemical Cells", ICCF4, Vol 1, p. 2. See also: *ibid.* "Helium-4 Quantitative Measurements in the Gas Phase of Cold Fusion Electrochemical Cells", Vol. 1, p. 6; F. Cellucci, P.L. Cignini, G. Gigli, D. Gozzi, M. Tomellini, E. Cisbani, S. Frullani, F. Garibaldi, M. Jodice, and G. M. Urciuoli, "X-ray, Heat Excess and ⁴He in the Electrochemical Confinement of Deuterium in Palladium", ICCF6, Vol. 1, p. 3.
50. Botta, E., T. Bressani, D. Calvo, C. Fanara and F. Iazzi, "Measurements of ⁴He Production from D₂ Gas-Loaded Pd Sample", ICCF6, Vol. 1, p. 29.
51. Arata, Y. and Y-C. Zhang, "Achievement of Solid-State Plasma Fusion ("Cold Fusion")", Proc. Japan Acad. **71B** (1995) 304; *ibid.*, "Reproducible "Cold" Fusion Reaction Using a Complex Cathode", Fusion Technol. **22** (1992) 287; *ibid.*, "Achievement of Intense "Cold" Fusion Reaction", Proc. Japan Acad. **66B** (1990) 1.
52. Yamaguchi, E. and T. Nishioka, "Direct Evidence for Nuclear Fusion Reactions in Deuterated Palladium", ICCF3, p. 179.
53. Takahashi, A., T. Iida, F. Maekawa, H. Sugimoto, and S. Yoshida, "Windows of Cold Nuclear Fusion and Pulsed Electrolysis Experiments", Fusion Technol. **19** (1991) 380; Takahashi, A., T. Takeuchi, T. Iida and M. Watanabe, "Short Note: Emission of 2.45 MeV and Higher Energy Neutrons from D₂O-Pd Cell Under Biased-Pulse Electrolysis", J. Nucl. Sci. Tech. **27** (1990) 663.
54. Fox, H., J. of New Energy, P.O. Box 58639, Salt Lake City, UT, 84158, (801) 583-6232.
55. Mallove, E., Infinite Energy, P.O. Box 2816, Concord, NH 03302, (603) 228-4516. See also: <http://www.mv.com/pusers/zeropoint/>
56. CETI, Jim Redding, (214) 982-8340 and The Cincinnati Group, Stan Gleeson, (513) 874-4943. See also: <http://www.ceti.net/>
57. Miley, G.H., G. Name, M.J. Williams, J.A. Patterson, J. Nix, D. Cravens, and H. Hora, "Quantitative Observation of Transmutation Products Occurring in Thin-Film Coated Microspheres During Electrolysis", ICCF6, Vol. 2, p. 629.
58. Mizuno, T., T. Ohmori, T. Akimoto, K. Kurokawa, M. Kitaichi, K. Inoda, K. Azumi, S. Simokawa and M. Enyo, "Isotopic Distribution for the Elements Evolved in Palladium Cathode after Electrolysis in D₂O Solution", ICCF6, Vol. 2, p. 665; Mizuno, T, K. Inoda, T. Akimoto, K. Azumi, M. Kitaichi, K. Kurokawa, T. Ohmori, and M. Enyo, "Formation of ¹⁹⁷Pt Radioisotopes in Solid State Electrolyte

- Treated by High Temperature Electrolysis in D₂ Gas”, *Infinite Energy*, **1**, #4 (1995) 9.
59. Dufour, J., J. Foos, J.P. Millot, and X. Dufour, “From “Cold Fusion” to “Hydrex” and “Deutex” States of Hydrogen”, *ICCF6*, Vol. 2, p. 482; See also: J. Dufour, “Cold Fusion by Sparking in Hydrogen Isotopes”, *Fusion Technol.* **24** (1993) 205.
 60. Karabut. A., “Excess Heat Registration in High Current Density Glow Discharge with Various Cathode Materials”, *ICCF6*, Vol. 2, p. 463; I.B. Savvatimova and Senchukov, “Transmutation Phenomena in the Palladium Cathode after Ions Irradiation at the Glow Discharge”, *ibid.* Vol. 2, p. 575; Karabut, A.B., S.A. Kolomeychenko, and I.B. Savvatimova, “High Energy Phenomena in Glow Discharge Experiments”, *ICCF5*, p. 241; Karabut. A.B., Y.R. Kucherov, and I.B. Savvatimova, “Possible Nuclear Reactions Mechanisms at Glow Discharge in Deuterium”, *ICCF3*, p. 165; Karabut, A.B., Ya.R. Kucherov, I.B. Savvatimova, “Excess Heat Measurements in Glow Discharge Using Flow “Calorimeter-2””, *ICCF5*, p. 223; Savvatimova, I. and A. Karabut, “Nuclear Reaction Products Registration on the Cathode after Glow Discharge”, *ICCF5*, p. 213; Savvatimova, I, Y. Kucherov, and A. Karabut, “Cathode Material Change after Deuterium Glow Discharge Experiments”, *ICCF4*, Vol. 3, p. 16; *Trans. Fusion Technol.* **26**, #4T (1994) 389; Karabut, A.B. Ya.R. Kucherov, and I.B. Savvatimova, “Nuclear Product Ratio for Glow Discharge in Deuterium”, *Phys. Lett. A* **170** (1992) 265.
 61. Prelas, M., F. Boody, W. Gallaher, E. Leal-Quiros, D. Mencin, and S. Taylor, “Cold Fusion Experiments Using Maxwellian Plasmas and Sub-Atmospheric Deuterium Gas”, *J. Fusion Energy* **9** [3] (1990) 309.
 62. Suhe, C., W. Dalun, C. Gaoxian, L. Yijun, W. Mei, and F. Yibei, “X-ray Diagnosis in Gas Discharge”, *ICCF6*, Vol. 2, p. 571.
 63. Biberian, J., “Excess Heat Measurements in AlLaO₃ Doped with Deuterium”, *ICCF5*, p. 49; See Also: F. Forrat, G. Dauge, P. Trevoux, G. Danner, and M. Christen, *C.R. Acad. Sc. Paris* **259** (1964) 2813.
 64. Mizuno, T., M. Enyo, T. Akimoto and K. Azumi, “Anomalous Heat Evolution from SrCeO₃-Type Proton Conductors during Absorption/Desorption in Alternate Electric Field”, *ICCF4*, Vol. 2, p. 14; Mizuno. T., T. Akimoto, K. Azumi, M. Kitaichi, and K. Kurokawa, “Anomalous Heat Evolution from a Solid-State Electrolyte Under Alternating Current in High-Temperature D. Gas”, *Fusion Technol.* **29** (1996) 385.
 65. Samgin, A.L., S.V. Vakarin, V.S. Andreev, V.A. Khokhlov, E.S. Filatov, and V.P. Gorelov, “Solid Protonic Conductors: Conductivity, Structure, Proton Traps, Phase Transitions, Excess Heat and Neutron Anti-Effect”, *ICCF6*, Vol. 2, p. 564.
 66. Yamaguchi, E., and T. Nishioka, “Direct Evidence for Nuclear Fusion Reactions in Deuterated Palladium”, *ICCF3*, p. 179.
 67. Iwamura, Y., T. Itoh and I. Toyoda, “Observation of Anomalous Nuclear Effects in D₂-Pd System”, *Fusion Technol.* **26**, #4T (1994) 160.
 68. Lipson, A.G., B.F. Layakhov, D.M. Sakov, V.A. Kuznetsov, and T.S. Ivanova, “Excess Heat Production and Nuclear Ash in PdO/Pd/PdO Heterostructure after Electro-chemical Saturation with Deuterium”, *ICCF6*, Vol. 2, p. 433.
 69. E-Quest Sciences, P.O. Box 60642, Palo Alto, CA, 94036. (415) 493-4515. See also: <http://www.hooked.net/~rgeorge/sonof.html>
 70. Benson, T., “A ‘Micro-fusion’ Reactor: Nuclear Reactions in ‘the Cold’ by Ultrasonic Cavitation”, *Infinite Energy* **1** (1995) 33; See also: D.R. George and R.S. Stringham, “Technical Report on the Demonstration of New Technology Producing Heat and Nuclear Products via Cavitation Induced Micro-Fusion in E-Quest Sciences Mark II Research Device”, *Electric Power Research Institute, EPRI WO #3170-28* (May 1996).

71. Griggs, J.L., "A Brief Introduction to the Hydrosonic Pump and Associated 'Excess Energy' Phenomenon", ICCF4, Vol. 4, p.43; U. S. Patent # 5,188,090, Feb. 23, 1993. Hydro Dynamics, 8 Redmond Court, Rome, GA 30165.
72. Kervran, L., *Biological Transmutations*, Swan House Publishing Co., P.O. Box 638, Binghamton, NY 13902, 1972; See also: P. Tompkins and C. Bird, *The Secret Life of Plants*, Harper & Row, New York, NY, 1989.
73. Komaki, H. "Observations on Biological Cold Fusion or the Biological Transformation of Elements", ICCF4, Vol. 4, p. 44.
74. Vysotskii, V.I., A.A. Kornilova, and I. I. Samoyloylenko, "Experimental Discovery of Phenomenon of Low-Energy Nuclear Transformation of Isotopes ($Mn^{55} \Rightarrow Fe^{57}$) in Growing Biological Cultures", ICCF6, Vol. 2, p. 687; *ibid.* Infinite Energy **2**, #10 (1996) 63.
75. Chechin, V.A., V.A. Tsarev, M. Rabinowitz, and Y.E. Kim, "Critical Review of Theoretical Models for Anomalous Effects in Deuterated Metals", International J. Theor. Phys. **33** (1994) 617.
76. Preparata, G., "Some Theories of 'Cold' Nuclear Fusion: A Review", Fusion Technol. **20** (1991) 82.
77. Chubb, S.R. and T.A. Chubb, "The Role of Hydrogen Ion Band States in Cold Fusion", Trans. Fusion Technol. **26**, #4T (1994) 414; Chubb, T.A., and S. R. Chubb, "Bloch-Symmetric Fusion in PdD₂", Fusion Technol. **17** (1990) 710; Chubb, S.R., "Hidden Results of the Ion Band State Theory", ICCF6, Vol. 1, p. 315; Chubb, T.A. "Radiationless Cold Fusion: Why Small "Crystals" Are Better, N_{cell} Requirement, and Energy Transfer to Lattice", *ibid.* Vol. 2, p. 417.
78. Preparata, G., *QED Coherence in Matter*, World Scientific, Singapore, May 1995; Fleischmann, M., S. Pons, and G. Preparata, "Possible Theories of Cold Fusion", Il Nuovo Cimento **107A** (1994) 143; Preparata, G., "Cold Fusion: What do the Laws of Nature Allow and Forbid?", ICCF2, p. 453.
79. Bazhutov, Y.N., "Possibility of Radioactive Waste Utilization in terms of the Erzion Model", ICCF6, Vol. 2, p. 392.
80. McKibben, J.L., "Can Cold Fusion be Catalyzed by Fractionally-Charged Ions that have Evaded FC Particles Searchers", Infinite Energy **1**, #4 (1995) 14.
81. Li, X.Z., H.F. Huang, Z.G. Bian, and J.F. Yang, "'Fine Tuning' Mechanism for Resonance Tunneling in D/Pd Systems", ICCF6, Vol. 2, p. 507.
82. Hagelstein, P.L., "Coherent and Semicoherent Neutron Transfer Reactions III: Phonon Frequency Shifts", Fusion Technol. **23** (1993) 353; Hagelstein, P.L., "Anomalous Energy Transfer between Nuclei and the Lattice", ICCF6, Vol. 1, page 382.
83. Arata, Y. and Y.-C. Zhang, "Cold Fusion Reactions Driven by "Latticequake"", Proc. Japan Acad. **71B** (1995) 98.
84. Kucherov, Y., "Slow Nuclear Excitation Model", ICCF6, Vol. 2, p. 502.
85. Mills, R., *The Grand Unified Theory of Classical Quantum Mechanics*, (1995), Technomic Publishing Company, Lancaster, PA.; R.L. Mills, W.R. Good, and J.J. Farrell "Unification of Spacetime, The Forces, Matter, and Energy", (1992), Science Press, Ephrata, PA 17522; Mills, R. and S.P. Kneizys, "Excess Heat Production by the Electrolysis of an Aqueous Potassium Carbonate Electrolyte and the Implications for Cold Fusion", Fusion Technol. **20** (1991) 65; Mills, R., Australia, Patent Number 668,678, May 16, 1996, PCT application corresponding to a December 1990 United States case entitled a Matter/Energy Conversion Method and Structures"; R.L. Mills, W.R. Good and R.M. Shaubach, "Dihydrino Molecule Identification", Fusion Technol. **25** (1994) 103; <http://blacklightpower.com>.
86. Dufour, J., Patent WO 91/01036 "Energy source system". Filed 11 July 1989. International publication date: 24 January 1991; J. Dufour, Patent WO 94/10688

- “Energy source system and process”. Filed 26 October 1992, International publication date 11 May 1994; J. Dufour, “Cold Fusion by sparking in Hydrogen Isotopes”, *Fusion Technol.* **24** (1993) 205; J. Dufour, J. Foos, J. P. Millot, “Cold fusion by sparking in Hydrogen isotopes. Energy balances and search for fusion by-products. A strategy to prove the reality of cold fusion”, ICCF4, Vol. 1, p 9-1; J. Dufour, J. Foos, J.P. Millot, “Excess energy in the system palladium/hydrogen isotopes. Measurement of the excess energy per atom hydrogen”, ICCF5, p. 495; J. Dufour, J. Foos, J. P. Millot, X. Dufour. “Interaction palladium/hydrogen and palladium/deuterium. Measurement of the excess energy per atom for each isotope”, accepted for publication in *Fusion Technology*; J. Dufour, J. Foos, J. Millot and X. Dufour, “From “Cold Fusion” to “Hydrex” and “Deutex” states of hydrogen”. ICCF6, Vol. 1, p. 482.
87. Kozima, H., “Analysis of Nickel-Hydrogen Isotope System on TNCF Model”, ICCF6, Vol. 2, p. 655; Kozima, H., “Nuclear Transmutation in Cold Fusion Experiments”, *ibid.* Vol. 2, p. 660; H. Kozima, “Trapped Neutron Catalyzed Fusion of Deuterons and Protons in Inhomogeneous Solids”, *Trans. Fusion Technol.* **26** #4T (1994) 508; H. Kozima, “Neutron Band, Neutron Cooper Pair and Neutron Life Time in Solid”, *Cold Fusion* **16** (1996) 4.
 88. Miley, G.H., H. Hora, E.G. Batyrbekov, and R.L. Zich, “Electrolytic Cell with Multilayer Thin-Film Electrodes”, *Trans. Fusion Technol.* **26**, #4T (1994) 313.
 89. Hora, H., G.H. Miley and J.C. Kelly, “Field Screened Long Range Nuclear Reactions by Thermal Protons”, ICCF6, Vol. 2, p. 529.
 90. Rice, R. A., G.S. Chulick, Y.E. Kimn and J. Yoon, “The Effect of Velocity Distribution on Cold Deuterium-Deuterium Fusion”, *Fusion Technol.* **18** (1990) 147; Kim, Y.E., M. Rabinowitz, G.S. Chulick, and R.A. Rice, “Theory of Cluster-Impact Fusion with Atomic and Molecular Cluster Beams”, *Modern Phys. Lett.* **5** [6] (1991) 427; Kim, Y.E. and A.L. Zubarev, “Optical Theorem And Effective Finite-Range Nuclear Interaction for Low-Energy Nuclear-Fusion Reactions”, *Il Nuovo Cimento* **108** (1995) 1009; Kim. Y.E., “Comment on Exact Upper Bound on Barrier Penetration Probabilities in Many-Body Systems”, ICCF6, Vol. 1, p. 324.
 91. Rout, R.K., A. Shyam, M. Srinivasan, A.B. Garg, and V.K. Shrikhande, “Reproducible, Anomalous Emissions from Palladium Deuteride/Hydride”, *Fusion Technol.* **30** (1996) 273.

注:

- ICCF2: Proc. of the Second Annual Conference on Cold Fusion, Como, Italy, June 29-July 4, 1991, “The Science of Cold Fusion”, Vol. 33 (T. Bressani, E. Del Giudice and G. Preparata, eds).
- ICCF3: Proc. Third International Conf. on Cold Fusion, Nagoya, Japan, Oct. 21-25, 1992, *Frontiers of Cold Fusion*, (H. Ikegami, ed.) Universal Academy Press, Inc, Tokyo, Japan (1993).
- ICCF4: Fourth International Conference on Cold Fusion, Lahaina, Maui, Dec. 6-9, 1993. EPRI TR-104188.
- ICCF5: Proc. of the 5th International Conf. on Cold Fusion, April 9-13, 1995, Monte-Carlo, Monaco.
- ICCF6: The Sixth International Conference on Cold Fusion, *Progress in New Hydrogen Energy*, (Ed. M. Okamoto) Oct. 13-18, 1996, Hokkaido, Japan.

本文译自 E. Storms: “Cold Fusion Revisited”, *Infinite Energy* 4 (21) (1998) 16