一九三八年十二月，漢恩發現核分裂

一九〇三年，諾貝爾物理獎頒給研究「放射性」的先驅：居禮夫婦與貝克勒爾（見六月號）。這時，原子核中蘊藏著巨大的能量，已是明確的科學事實。一九一四年初，英國人威爾斯（H. G. Wells, 1866-1946）以科幻小說預言了即將爆發的世界大戰，其中就有列強動用原子彈毀滅大城市的情節。

核分裂

一九三二年，英國科學家查德維（J. Chadwick, 1891-1974）發現了中子。立刻就有人想到利用中子轟擊原子核，以改變元素並釋放原子能。一九三三年九月，拉塞福（Ernest Rutherford, 1871-1937；1908年諾貝爾化學獎得主）公開預言：儘管三萬瓦或七萬瓦電力就可能驅動中子轟擊原子核，造成改變元素、釋放核能的結果，但是這個點子不啻夢想，不值得追求。這個消息反而使物理學家吉拉德（Leo Szilard, 1898-1964）想出了「連鎖反應」的點子：要是一顆中子撞入一個原子核，能釋出新的中子，撞擊其他的原子核，那麼，只要有足夠的原子核，這個核反應就可能一直持續下去……並釋出能量。

不過，一開始科學家並沒有想到原子核可以給中子撞裂。例如，義大利物理學家費米（E. Fermi, 1901-54；楊振寧在芝加哥大學的老師）一九三四年就在實驗室創造了核分裂反應，但是，當時他根本不知道。這是因為當時大家都認為用中子轟擊原子核，結果可以類比成元素衰變。舉例來說吧，以中子轟擊鈾（原子序92，原子量238）的話，科學家預期鈾原子核會釋出質子，因而形成周期表上排名稍前的元素，例如鐳（原子序88）。更糟的是，化學家設計檢驗實驗產物的方法，根本沒考慮到鈾原子核遭到中子撞擊，可能會分裂成大小相近的兩個原子核，例如銀（原子序56，原子量137.3）。而化學家檢驗中子撞擊實驗產物，使用的標準方法就是以硫化銀沈澱標的元素。因此，化學家一直沒發現鈾原子核以中子撞擊後，會分裂出銀原子。

http://vm.nthu.edu.tw/science/shows/nuclear/nue-his/pics.html

梅特娜與外甥傅里胥，他們共同發展了「核分裂」理論，解釋漢恩的化學分析結論。

直到一九三八年十二月，漢恩與同事在柏林威廉大帝化學研究所改用氯化銀做實驗，才發現鈾原子核受中子撞擊後，產物中有銀。他們的結論是：

我們是化學家，因此我們應該說：中子撞擊鈾的產物不是鐳，而是銀。

但是，他們十分困惑，因為這與已知的物理學知識不合。漢恩立即將結果寫成論文，於一九三九年一月六日正式出版。同時，他也把結論告訴正在斯德哥爾摩的梅特娜（Lise Meitner, 1878-1968），希望她能想出物理學的解釋。

梅特娜是漢恩在柏林大學的同事，是猶太人，所以出國避難。她在聖誕節前收到漢恩的信與論文稿，她的外甥傅里胥（Otto Frisch, 1904-1979）剛好在丹麥研究中子，一起受邀到梅特娜友人家裡過節。梅特娜將漢恩的信與論

文給傅里胥看，他一開始覺得漢恩的發現「是不可能的」，可是最後，這一對姨甥想出了漢恩期待的答案。梅特娜借用了生物學家描述「細胞分裂」的字fission，描述了一種「新的核反應」，就是核分裂。

科學界很快就了解核分裂會釋出大量能量，使愛因斯坦的質能互變公式產生了新的現實意義。由於一九三九年初，歐洲已經戰雲密布，許多科學家都想到以核分裂原理製造炸彈的可能性。

海森堡登場

一九三〇年代初，納粹黨在德國逐漸得勢，許多著名科學家或因納粹的種族歧視政策，或因理念與納粹不合，逐漸流亡其他國家。一九三九年六月，德國著名物理學家海森堡（W. K. Heisenberg, 1901-1976）到美國出席學術會議，許多人都勸他留下，可是他卻認為「國家需要我」，堅持回到德國。

當時，海森堡是世界級的核物理大師，他在美國的許多舊識，都擔心戰爭爆發後他會為德國研發核武。不過，直到大戰結束，德國都沒能研發出原子彈。大戰之後，海森堡不但鼓吹反核武，還反覆宣稱，在大戰期間，德國科學家不是不能製造核武，而是基於良知，故意將研發工作引導到反應器的方向上。

海森堡接受外國訪問時，也有這樣的說詞：

一九四二年二月，我們奉召到柏林開會。我提出了我的結論。我非常誠懇地告訴他們，對，我們能製造原子彈，但是，那需要花很長時間，比這場戰爭還長。而且，就算要做，我們必須動員德國最好的研究人員，以及全國主要的工業資源，才做得成。

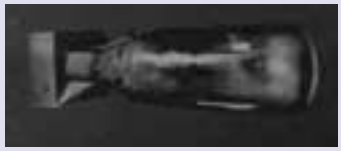
不過，戰後有些德國科學家卻回憶，海森堡雖然受德國軍方倚重，期望他能研發原子彈，但是海森堡錯估了製造原子彈需要的「臨界質量」，因此認為原子彈不可能造得出來。

《農莊報告》

關於這個問題，一九九二年解密的一批資料，提供了珍貴的線索。

原來大戰結束時，美國組織了專門小組，負責調查德國的「原子彈計畫」，以了解德國的核武實力。他們拘禁了十位最重要的德國科學家，包括海森堡與漢恩。美國在一九四五年七月三日將他們送到英國曼徹斯特一戶叫做「農莊」(Farm Hall）的宅院裡，他們在那裡待了六個月。他們不知道的是，那裡四處都布置了竊聽器。

一九四五年八月六日晚上六點，英國廣播公司發布新聞，說是



投在廣島的Mk1型原子彈,代號為「小男孩（Little boy)」，當量為一萬四千噸。當年它將十二平方公里內的建築物夷為平地，傷亡十四萬人。

投在長崎的Mk3型原子彈,代號為「肥仔（Fat man)」，當量為二萬三千噸。

http://laiwaiho.hypermart.net/atomic%20bomb%20power.htm

美國在日本廣島投下了一枚原子彈。那十位科學家聽了這則新聞後，反應是十分震驚、難以置信。漢恩甚至譏嘲海森堡沒有為德國造出原子彈，是「二流角色」。海森堡一開始拒絕相信這個消息。等到十個人心情平復了一些之後，就開始熱烈討論美國原子彈的可能細節。最值得注意的是，他們居然難以達成一致的結論。海森堡甚至感嘆：

我們都是搞這個的教授，可是我們連他們怎麼做出（原子彈）的都搞不清楚，真是丟臉。

原來，製造原子彈需要純的鈾二三五，而天然鈾中，這種鈾同位素很少，只占一百四十分之一，因此必須發展提煉鈾二三五的技術。此外，海森堡計算過，製造原子彈需要成噸的純鈾二三五，而他估

計，盟國一年只能生產三十公斤鈾二三五。

臨界質量

以中子撞擊鈾二三五原子，想引發連鎖反應，首先必須考慮射入的中子在物質中最少必須前進多少距離，才會撞上一個鈾原子核。然後，受撞鈾原子核釋出的中子，又有多少機會撞擊另一個鈾原子核。一個鈾二三五的球，必須有多大，才能使連鎖反應發生？這就是「臨界質量」問題，一九三九年五月就有人發表論文討論了。根據第一個公開的估計，大概需要一個重四十公噸的氧化鈾球。

等到科學家有了更多資料與更精密的理論之後，這個數字就開始變小了。一九四〇年三月十九日，傅里胥與另一位流亡的德籍猶裔物理學家佩爾斯（Rudolf Peierls, 1907-1995），聯名向英國政府的科學顧問遞交了一份四頁的備忘錄，指出只要一公斤鈾二三五就能製造原子彈。後來，這個數字以最新的實驗數據校正後，更正為六十公斤。但是，美國發展原子彈的曼哈頓計畫，已經在一九四一年十二月六號展開了。

http://laiwaiho.hypermart.net/atomic%20bomb%20power.htm

尺有所短

從《農莊報告》中，我們可以看出，海森堡聽說了廣島遭原子彈攻擊的消息之後，不斷地思考、計算盟國成功製造原子彈的祕密，他在這一方面的造詣，因此也教人一覽無遺。

佩爾斯是海森堡的學生，他的一段話值得我們注意：

海森堡雖然是個傑出的理論物理學家，但總是對數字不太小心。一九二〇年代末，我是他的學生，他給我的第一個功課，就是檢查最近的光譜分析實驗數據，看看是否與他的測不準原理相符。其實，只要簡單的計算就能發現，實驗值大於理論值一百倍，甚至一千倍。

http://laiwaiho.hypermart.net/atomic%20bomb%20power.htm

當年的核子物理學家中，大概只有費米「文武雙全」—既是理論家，又是實驗家，更對數字敏感。他在原子彈試爆現場附近，光是觀察他拋出的碎紙片在空中受爆震推移的程度，就準確地估計出爆炸的威力。

其實，漢恩對海森堡的批評並不公平。德國納粹把第一流的科學家驅散到海外，他們親身經歷危疑震撼的時局，都對歷史發展的方向抱著最壞的打算，因為他們的努力，才促成了美國的曼哈頓計畫。等到曼哈頓計畫上馬了，美國所聚集的人才、物力，世上已沒有一個國家對抗得了。即使海森堡也不可能。

歷史的諷刺

一九四五年十一月十六日，十位德國科學家仍在農莊「作客」，瑞典宣布漢恩因為發現核分裂而得到諾貝爾化學獎。 □

王道還
中央研究院歷史語言研究所人類學組