

能 子 原

与

宇 宙 及 人 生

6. 6AMOW 着
陳忠杰 舒重則 譯

商務印書館發行

原子能與宇宙及人生

G. Gamow 著

陳忠杰 譯
舒重則

商務印書館發行

(57124)

原子能與宇宙及人生

Atomic Energy in Cosmic
and Human Life

★版權所有★

原著者 G. Gamow

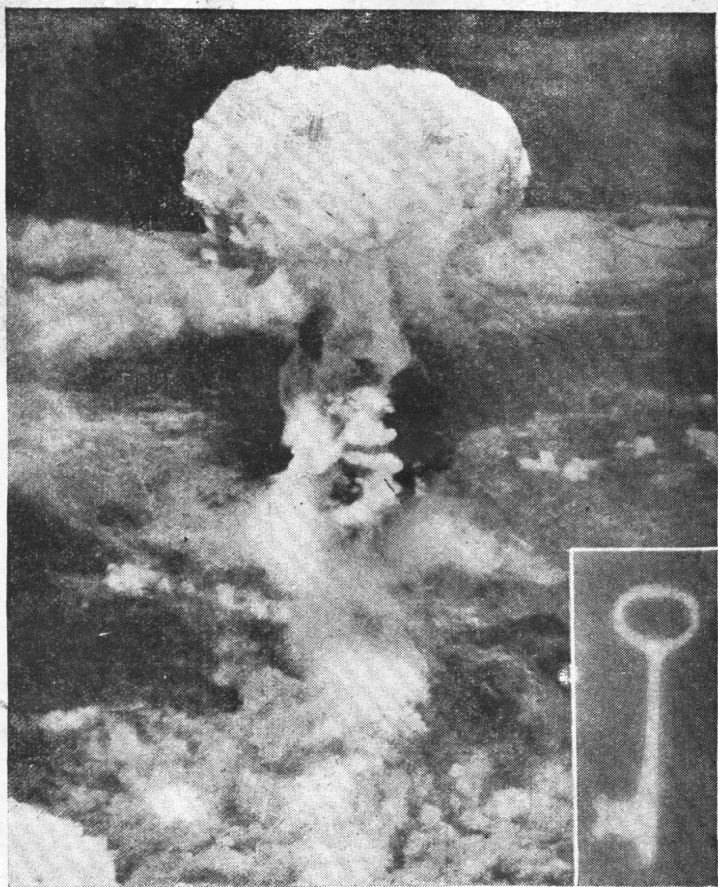
譯述者 陳忠杰 舒重則

發行者 商務印書館
上海河南中路二一四號

印刷者 商務印書館
上海及各地

發行所 商務印書館

1947年5月初版 基價 5 元
1950年8月4版



照片 1.

五十年來放射現象的進步——一塊鎔礦的輻射，是開啓原子能研究的一把最早鑰匙，日本城市廣島上空的爆炸，是原子能的大規模解放。

0411/94

序

半世紀以前，當 1896 年時，法國物理學家柏克勒爾 (Henri Becquerel)，發見了他放在寫字檯抽屜裏的一塊鈾礦，有使藏在同一抽屜裏的一包照相乾片變黑的作用。從此以後，鈾和數種其他重元素的這種發出輻射而能貫穿包封照相乾片的厚紙盒和黑紙的特性，便得到了放射性 (radioactivity) 這個名稱，於是在物理學中，也就揭開了一章新的項目。

1945 年，鈾的輻射，比在柏克勒爾教授寫字檯的抽屜裏時，已有了不少的進步，它竟燒掉了並且消滅了日本二個城市的精華，於是“原子炸彈”的魔鬼，降臨於人間，威脅人類，使其覺悟到在列強之間的另一次武裝衝突時，有被它完全毀滅的厄運。

但是在可喜的一方面，則這種得使鈾原子解放其閉藏能的新發見，卻容許了我們在若干年之後，將有幾乎令人不能置信的技術上的進步。我們可以自信地說，那不可思議的 K 配量 (K-ration) 的燃料，它的僅僅一小包，將足供一架巨型載客機飛過大洋之需。我們將來還可以用一隻舒適的由原子力推進的火箭船，預備到月球和太陽系各行星上去旅行一次。

然而不要忘記，現在開始爲我們所利用的鈾原子能，不過是宇宙無限量的原子能貯藏所裏微小的一滴而已，吾人對於原子能，在實驗原子炸彈以後，並未比其前更有任何所得。在目前祇有太陽和其他恆星，能够取用這豐藏的原子燃料，供給光和溫暖於世界，以實現其更和平的目的。

本書將對原子能問題試作一個完全而連貫的描述，並將回答：它是什麼？它從何處來？和怎樣可以善用它？等問題。

爲使讀者對於原子能問題有一個完全的觀念起見，不得不包含本質上較其他更爲複雜的討論。因此著者乃用種種原子核過程的略圖，置於所論述的要點之下，以助該题目的易於了解。尚有許多圖畫，爲著者於寫作本書的進行中隨意畫出，藉以舒懷解悶者；希望這些圖畫對於讀此書者，亦有同樣的效用。

臨末尙有一言，即本書所述有關原子能問題之一切已知的重要事項，絕不包含任何機密性的或祕密性的消息，完全根據現存的學術著述，和美國政府陸軍部所公開披露的關於原子爆炸物之技術上生產和利用的事實。

著者對於 H. N. Russell 教授的賜予閱讀本書原稿和提示若干有關本書的寶貴意見，特以愉快的敬意，表示謝忱。

加謨(G. Gamow) 1945年九月於華盛頓大學

目 次

第一章 現代變金術	1
第一節 引言化學能	1
第二節 原子的破裂	13
第三節 能量貴於黃金	24
第四節 原子核爲流體的點滴	29
第五節 原子核的穩度和能的解放	34
第六節 原子核反應的賦能	40
第七節 量子漏和共振	45
第八節 原子撞擊和其缺點	48
第二章 宇宙與原子能	61
第一節 變金術的燃燒	61
第二節 恆星的原子熔爐	71
第三節 原子燃料的起原	82
第三章 如何使用原子能	97
第一節 用中子撞擊的優點	97

第二節	中子之輻射性捕獲	99
第三節	捕獲中子的結果	105
第四節	原子核的對裂	110
第五節	對裂斷片	117
第六節	對裂中子	121
第七節	中子鏈形反應	125
第八節	U-235 同位素的分離	131
第九節	天然鈾中的鏈形反應	138
第十節	鈾的產生	149
第十一節	原子爆炸	155
第十二節	原子功率的和平用途	167
附錄	原子核種類表	176

原子能與宇宙及人生

第一章 現代變金術

第一節 引言,化學能。

太古之人,初用兩塊乾木,互相摩擦,發見有小小微帶黃色的火焰飛出,開始把放在周圍的苔片和乾葉燒去,這個發見,竟使後世人類的全部歷史,爲之改觀。人類因着有了發火的方法,便學會了隨意放能(energy)的方法,那火就是現在所稱的化學變化的能;於是也就能設照着自己的目的,來支配和運用火的現象,那現象以前祇知是天災的一種——使人類和野獸陷於生存恐怖之狂暴的“森林之火”。

人類雖然早已知道火可在寒冷的冬夜用以溫暖他們的居處,又可用以使生硬的菜蔬變爲可喫的食物;又知道火可用以破壞居處,而在異族之持續的爭鬭中,還可用以破壞敵人的木壘。然而卻在經過很久之後,人類方始學會了使化學反應中所

解放的能，變為運動的機械能，而且足夠諷刺的，則是當初這方面的目的，毋寧在破壞而不在建設。

到了十三世紀中葉，有一個博學多識的教士羅哲爾培根 (Roger Bacon)，發表了他的一個發明，就是用硝石、木炭和硫混合，成為一種能迅速燃燒的物料，可用以推進巨彈以炸毀敵人的船隻和堡壘。嗣後數世紀，因着火藥的發明，就把木船裝備着種種口徑的鎗砲，航駛於七大海洋，而行互相射擊；不過那時的船隻，其本身卻是靠着舊式的風力來推進的。

將近十七世紀盡頭，又發明了一個方法，那就是用火的能使水變為蒸汽，再用它來推動汽機的活塞，以做機械的工作。更經二世紀後，又發明了直接使用燃燒中所解放的能的方法，在所謂內燃機 (internal combustion engine) 的汽缸裏，點火於被碎成細粒的液體燃料和空氣的混合物，以推動活塞，而不用水和蒸汽做媒介。

大約和這同時，還發見了某些化合物，它們的組成都含有碳和氧，在其化學反應中，可以引起能的解放，這種作用發生得非常迅速，即其全部變化的過程，實際可認為起於瞬息之間，那樣迅速的化學變化，常被稱為爆炸，致生可怕的局部壓力，並不像汽油發動機那樣藉比較慢燃性的混合物對於活塞

以作比較和緩的推動，它們則能同着發生於其鄰近的一切，衝破它們的包圍。高度的爆炸物料雖然在承平之世，於開礦和築路等工程，很有用處，但是其主要的用途，倒是在解決軍事的紛爭。

通觀人類文化的全部歷史，我們發覺它幾乎是完全以利用化學變化中所解放的能為基礎的，或用更具體的話說，是完全以利用一個特殊的化學變化中所解放的能為基礎的，在這種化學變化中，其從乾木、煤或煤油而來的碳，和空氣裏的氧，結合而成二氧化碳氣，這就是燃燒的產物。

吾人隨着化學變化所解放的能的實際利用方法之發達，對於這些過程的固有性質的了解，便逐漸進步，並且逐漸明白這些過程對於物質構造上一般問題的關係。每一物質，初看似乎是一體的，實則是由無窮數幾乎微小得難以置信的質點 (particle) 稱為原子 (atom) 所構成。

各種化學元素的原子，互相結合而成種種複合的原子集團，這些原子集團代表種種化合物的成分質點即所謂分子 (molecule)。例如一個鈉原子和一個氯原子結合而成一個普通食鹽分子；一個氧原子和二個氫原子結成一個水分子；八個碳原子和八個氫原子成為一個辛烷汽油 (octane-gasoline) 分子；

而三個碳原子，五個氫原子，三個氮原子和九個氧原子，排成適宜的位置，則得一個高度的爆炸物質的分子，這種物質稱為硝化甘油(nitroglycerine)，是炸藥的主要成分。

化學反應引起一種化合物變為他種化合物的變化，可認為乃原子的重新分配和重新排列使原來物質的分子變為新的集團形以代表反應產物的分子之結果。

有些化學變化，例如過氧化氫的製成，與能的吸收有關，而且必須由外部不絕供給以能，始能發生；這類的化學變化稱為吸熱反應 (endothermic reaction)。

其他的化學變化，例如鐵的氧化，煤的燃燒，炸藥的爆炸等，稱為放熱反應 (exothermic reaction)。這類反應能殼解放分子內部的能，所以可作化學能的本源，以供工業之用。

煤塊被熱至充分高的溫度時，其所含的碳原子，就從它的表面開始和空氣中的氧原子結合，產生其反應所解放的熱。然而這種過程比較緩慢，因為它祇在碳原子可和大氣中的氧互相接觸之表面上才發生。又在汽油發動機的汽缸裏，其燃料被碎成細末後，再和空氣混合，故亦得和這反應本質上相同的過程，但其過程卻比前者迅速得多。因為細碎的物質，對於空氣有着很大的接觸面的緣故。在汽油燃燒中，我們不但可得碳原

子的氧化，還可得到汽油分子中所含氫原子的氧化。

圖1即示一個辛烷汽油分子如何與氧結合而成二氧化碳和水蒸汽時的大略情形。當一個汽油分子遭遇大氣中的氧分

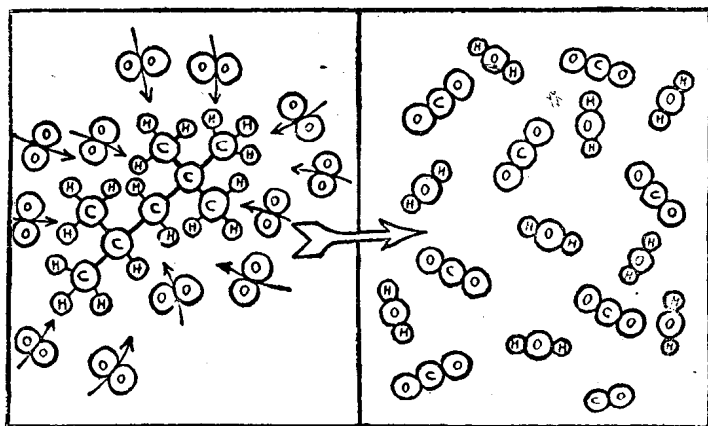


圖1. 三甲基戊烷 (trimethylpentane) 氧化時的化學反應，換句話說就是辛烷汽油的燃燒。這時氧的分子各變成二個氧原子，正在襲擊由八個碳原子和八個氫原子所成的汽油分子。汽油分子終被破壞，於是氧原子就和碳及氫原子結合而成二氧化碳和水的分子。這樣的分子變化，與由於氧對碳和氫之強烈的親和力 (affinity) 而起之盛大的能的解放有關。

子（各由二個氧原子而成）時，必發生原子集團之放熱的重新分配，因為這時氧的原子和碳及氫的原子間之吸引力——用化學家的話來說就是“親和力”，要比二個氧原子間或二個碳原子間或碳原子和氫原子間的結合力為強。正如氧分子

和汽油分子間的碰撞結果一般，舊的原子帶斷脫，新的原子帶構成，發生二氧化碳和水（成為蒸汽）的變化，同時引起分子能的解放。

硝化甘油的放熱變化（圖2），常發生很速，引起爆炸現象，和汽油在放熱變化時的燃燒不同，後者的氧原子早已在分子中被氮的鈍性（inert）原子的作用，與碳和氫的原子分離了。

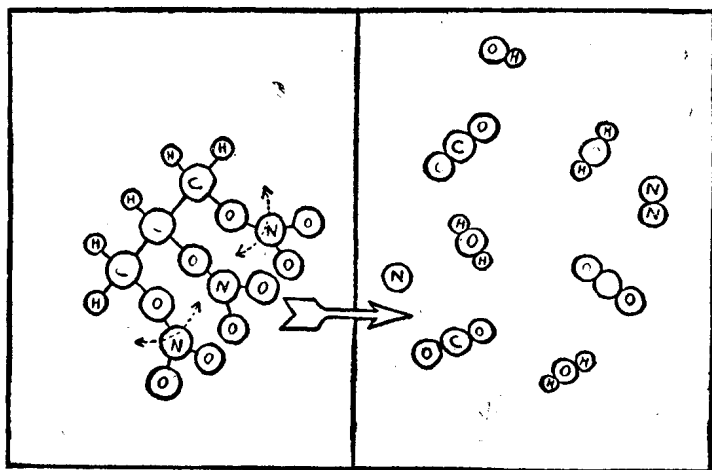


圖2. 三硝酸丙三醇 (glyceryl trinitrate) 的介穩分子之放熱分解，換句話說就是硝化甘油的爆炸。這時強烈的熱振動使氧原子（預先被氮原子隔離而孤立者）包圍碳原子和氫原子，結果全分子破裂而解放內部的能。

當硝化甘油或任何其他爆炸性物被加熱至一某溫度時，此等化合物的複合分子之熱振動，可使外圍的氧原子與成為分子心部之碳和氫的原子偶然接近。由於此等原子對 (atomic pair) 之間強烈的吸引，便直接發生重整 (readjustment) 作用，而複合的爆炸分子則破裂為許多部分，同時有大量的能被解放。這種變化的迅速，使吾人稱其反應為爆炸，實覺比稱為燃燒為妥切，因為事實上反應所需的雙方原子，早已出現於同一的分子中了。

這裏必須特別加以申說的，就是燃燒和爆炸的不同，不在於放出的能的多寡，而在於迅速發生能的解放。事實上辛烷汽油於混合必需量的氧而燃燒時，其每克混合物所解放的能量為 2500 卡路里，* 而每克的 TNT 炸藥爆炸時，則只解放 1000 卡路里。反之，汽油和空氣的混合物在汽車引擎的汽缸裏燃燒，約需十分之一秒的時間，而 TNT 炸藥的爆炸，則祇需幾微秒 (micro-second，即百萬分之一秒) 的時間。

關於化學反應之能的解放，應注意其化學能的量雖隨反應而異，但其變化並不甚大，而且可以假定一平均有效的化學

* 卡路里 (calory) 為熱能量的單位，等於使一克的水溫度升高攝氏一度所需的總熱量。

反應，每克所解放的能為幾千卡路里，即一量的冷水使其溫度升至沸點所需的能量，約比所用燃料量大十倍。

我們在離開化學變化和化學能的解放這個題目之先，必須討論一個問題，這問題於引發和控制分子的及原子的反應問題，有着密切的關係。

我們知道一塊煤不能在空氣或純氧裏燃燒，除非它的溫度被升高至發火點，我們也不能使普通的炸藥爆炸，除非我們藉加熱或把它置於一個有力的機械撞擊之下使它的分子構造發生足夠強烈的擾亂。

一般地說，無論何時，我們如要引起化學能的解放，必須先給若干的能，以使變化發生。那樣的引發機構的存在，自是一個使放熱的化學物質成為可供任何實際用途所必須的條件，因為我們決不願燃料或炸藥就在我們製造它們的時間焚化或消失。

任何滿含着能的體系，其能祇可在自外部付以能的某小代價之後而得解放，這種特性，一般稱為介穩性 (metastability)。

要明白這個重要的概念，可舉一例來說明，即假定我們灌大量的水於地面的深穴裏(圖3 a)。那麼如果沒有外功把這水

從穴裏抽出，則它將無限期地留存那裏，並且它自身決不離穴外出。可知那樣狀態的水，決沒有機會可供機械的使用，例如從它那裏取出能來以供給水電廠。我們對於水在那樣的穴中，稱為在平衡的穩定 (stable) 狀態。

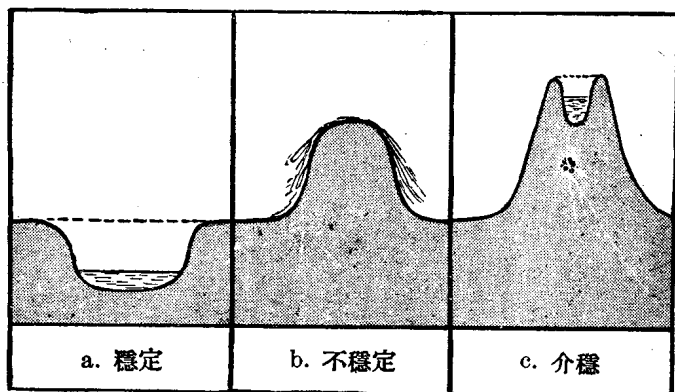


圖 3. 穩定，不穩定和介穩觀念之機械的解釋。

反之，假使我們把水傾於一個圓滑的山頂上(圖 3 b)，則水決不能停留於那裏，立即向兩側流下。我們稱水在那樣的山頂上為不穩定 (unstable)，並知其決不能供諸實用。

於是再讓我們來研究灌水於一個老火山的噴火口裏(圖 3 c)時的情形。假使任水自然留着，則它將如停留於前述地穴中一樣，永遠停留在那裏。然而照理如令這水落到較低的水