

中華科學叢書第十七種

核子武器

著者：Otto Berzins

譯者：林 國 雄

臺灣中華書局印行

核子武器

著者：Otto Berzins

譯者：林 國 雄



臺灣中華書局印行

中華科學叢書

近代物理學，可溯源於十九世紀末年之氣體導電，X光，放射性等之研究。六十餘年來，基本物理中劃時代之發展，如一九〇〇年之量子論，一九〇五年之相對論，一九一三年之原子結構理論，一九二四——一九二八年間之量子力學，一九三幾年之原子核物理，一九三九年之原子核分裂。一九四六年介子之發現，及近十餘年來之基本粒子物理及物理學中之對稱定律等。常言「一日千里」，實不足以形容物理學發展之迅速。即從事一部門物理研究工作之學者，對其他部門之新發展亦時感脫節。故各國各部門科學皆有專書及期刊，由各門專家著述，對各部門工作之結果及發展之情形，作綜合性之報告、檢討及分析。此類著作，不僅便利同儕而已。

年來國人對科學及技術於建國之重要，了解漸深，一般青年，對科學、工程技術之興趣亦日趨濃厚。然限於環境，時或有望洋興嘆之感。增強在臺學校中科學教程，固為一基本工作，但以中文著述，介紹科學之新發展，為學校課外之補充讀物實為一極重要、極有意義之事。

我國留美學者：伍法岳、沈君山、沈慶春、李天培、林多樑、吳京生、吳家瑋、吳錦鉉、夏道師、浦大邦、劉鑒、劉全生、錢致榕、瞿樹元諸先生有鑑於此，曾決定從事科學叢書之編譯，各就其專長，選定寫作部門，目前除計劃於近期內陸續出版關於基本粒子，天文漫談，量子電子學，液態氦，高能加速器等五種外，並擬擴大科學部門，廣邀各方面學者專家從事著述。

叢書編輯委員會諸君，皆年青學者，學有專長，茲能熱心從事著述，爲我國科學教育及青年效勞；而中華書局亦以服務精神發行科學叢書。筆者年來對我國科學教育，未嘗忘懷，祇以力不從心，無善可述，茲聞此叢書行將陸續出版，謹向國人介紹，並致個人欽佩喜慰之感。

吳 大 猷

一九六六年十月

作者序

這本書的目的是讓讀者認識有關核子武器的爆炸，效應和防護的一般事實。

核子爆炸的防護知識，缺乏宣傳工作。因此，一般民衆誤認為核爆時沒有任何有效的防護措施。

從這本書和其他類似的讀物，一般民衆可以了解核爆時仍有許多逃生或避免受害的方法。

爆炸時，民衆如果沒有任何防護措施，接近爆炸中心處的傷亡將會非常慘重，生還的希望很小。

離爆炸處遠一點，但仍在其威力半徑以內的民衆，如能熟知關於這些事實的智識，將可帶給他們逃生之道。

百萬噸級核彈的威力半徑可能非常大，（尤其是核子落塵的危害）。不過僅只要具備非常膚淺的常識，實際上就能夠降低傷亡的人數。

Otto Berzins

XXXXXXXXXX

譯 者 序

XXXXXXXXXX

在這個時代，人類可能利用核能謀求更多的幸福，同時，核能的毀滅用途也永不消失。因此，每個人對核子能量與核子防護都應有基本的認識。

巴金先生在本書裏詳盡而簡明敘述核能上重要的主題，深入淺出，安排恰當，幾乎能讓所有「看得懂文字的人」了解它的內容。

作者在第一章裏討論原子核的基本事實，第二章到第八章敘述核子武器爆炸的效應，最後一章專論核子戰爭爆發時，民衆應該知道的事項：如何應變，如何防護自己和親友，如何保護財物。

對這方面的技巧有興趣的讀者和在核戰中負有救生任務的人，將會發現這本書有趣而又有益。

林 國 雄

六十年四月於臺北

目 錄

第一章 一些有關「核能」的基本事實

簡介.....	1
1 原子和原子的結構.....	1
2 核的輻射性（放射性）.....	5
3 質量和能量.....	6
4 核分裂和鏈鎖反應.....	8
5 臨界質量.....	11
6 熔合反應.....	13

第二章 核子武器的一般原理

簡介.....	17
1 設計核子武器的基本原理.....	17
2 鈷彈.....	21
3 中子彈.....	22
4 反物質炸彈.....	23
5 武器的威力(或大小)的定義.....	24
6 核子武器的攻擊方式.....	24
7 影響攻擊的因素.....	32

第三章 核子爆炸的類型

簡介.....	34
1 空中爆炸.....	35

2	地面爆炸.....	37
3	水下爆炸.....	39
第四章 核子爆炸的爆震波		
1	爆震波的特性.....	41
2	地形和氣候對核子爆炸爆震危害範圍的影響.....	46
3	估計各種爆炸能量效應範圍的規度律.....	48
第五章 熱輻射		
	簡介.....	51
1	空中核爆的熱輻射.....	52
2	地下核爆的熱輻射.....	53
第六章 初級核子輻射		
	簡介.....	55
1	初級核子輻射的特性.....	55
2	電離化.....	57
3	電離輻射的單位.....	58
4	輻射線不造成傷害的許可速率.....	60
5	感應輻射.....	60
6	對於初級核子輻射的防蔽.....	61
第七章 殘餘核子輻射		
	簡介.....	65
1	核子殘餘輻射的特性.....	67
2	放射性的戰爭.....	70
3	偵測核子輻射的儀器.....	70
第八章 核子武器爆炸的各種效應		
	簡介.....	74

1	空爆的爆震波對人體的影響.....	75
2	空爆的爆震波對建築物的損害.....	76
3	日本核子爆炸後產生的後果.....	80
4	熱輻射的效應.....	82
5	放射性的效應.....	86
6	落塵上的殘餘核子輻射產生的後果.....	88
第九章 核子爆炸的防護		
	簡介.....	91
1	市區內的集體掩體.....	94
2	獨立的掩體.....	101
3	放射性污染和測量.....	107
4	脫離路徑、房屋和傢俱的污染去除.....	110
5	人體和衣物的污染去除.....	114
6	食物和飲水.....	117
	後記.....	125

第一章 一些有關「核能」的基本事實

簡 介

我們周遭的一切事物，都是由一種或多種基本物質所組成，這些基本物質稱做元素。原子是元素能够存在的最小顆粒，每一元素有它獨具的原子形態和化學性質。

當兩種或多種元素化合在一起，我們就得到化合物，元素或化合物能够存在的最小單元 (Unit) 叫做分子。因為水的分子是由兩個氫原子和一個氧原子所組成，所以它的分子式寫成 H_2O 。

1 原子和原子的結構

所有的原子都由一個中心「核」（稱做原子核，簡稱核）和許多「電子」所組成，這些電子在距離原子核相當遠的地方，以很大的速度（約 10^5cm/sec ）圍繞着中心核運轉。核由兩種基本粒子所組成——質子和中子，質子帶正電，中子不帶電，電子帶有和質子一樣多的電量——但是是負電，整個原子是中性不帶電的，在正常情形下，原子裏面有一個電子就有一個質子。

原子裏面電子被排列在一系列的「殼層」（Shell）裏，原子越複雜，殼層也越多。殼層的直徑比核的直徑大很多，大約是核直徑的一萬倍。核和在軌道中運轉的

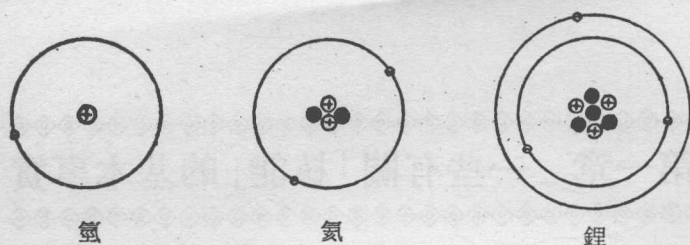


圖 1. 氫、氦、鋰的原子核排列圖

電子（圖一）中間有很大的空間。

原子核中質子的數目等於外圍電子的總數，質子數和外圍電子排列的情況（尤其是最外面的殼層）決定元素大多數的一般性質——物理性質和化學性質。很多元素的化合物分子都是由電子把它們的原子束縛在一起而形成的。

原子核的體積非常的微小，可是它裏面物質的密度却非常的巨大。如果我們能够把許多原子核緊密的聚集在一立方厘米內，那麼它們的重量將有 116,000,000 噸重。

質子和中子的重量大約都是電子重量的1840倍，因此所有原子的重量幾乎都集中在原子核裏面。（註一）

原子核中質子和中子的總數目，幾乎等於這個元素的原子量（ $= \frac{\text{元素原子的重量}}{\text{氧原子的重量}} \times 16$ ），這個數目稱做質量

數，用“A”來代表。自然界中存在的元素，A的值在 1

註一 原子核的質量通常用「原子質量單位」來表示(amu)
 一原子質量單位等於碳原子質量的 $\frac{1}{12}$ ，碳原子核有12個核粒——
 6個質子和6個中子。 $1\text{amu} = 1.66 \times 10^{-24}\text{克} = 1\text{原子質量單位}$ 。

到 238 之間，最輕的元素「氫」質量數等於 1，最重的元素「鈾」質量數等於 238 (92 個質子和 146 中子)，電子的質量，如上所述只佔所有質量很小的比例。

原子核的質子數稱做元素的**原子序**，用“Z”來代表，Z 值同時也表示一般中性原子環繞在原子核周圍的電子的數目。

例如氫原子(H)有一個質子和一個中子 ($Z=1, A=1$)，我們用 ${}_1\text{H}^1$ 來表示，氦原子有 2 個質子，兩個中子和 2 個電子 ($Z=2, A=4$)，我們用 ${}_2\text{He}^4$ 來表示，再如鈾原子有 92 個質子，146 個中子和 92 個電子，($Z=92, A=238$)，我們用 ${}_{92}\text{U}^{238}$ 來表示。

兩個以上的原子如果有同樣數目的質子和電子，(即有同樣的 Z 值)，而原子核裏面中子的數目不一樣，我們稱這些原子為對應於此 Z 值的**同位素**，一元素的同位素，原子核裏面都帶有一樣多的電量，電子排列的情形也完全一樣，因此它們有幾乎完全相同的化學性質。原子核的性質取決於元素的原子量，同位素的原子量都不相同，因此它們的原子核的性質也不盡相同。

最簡單的同位素是氫的同位素，在自然界中發現最多的是最輕的氫原子，原子核裏只有一個質子 ${}_1\text{H}^1$ 。另外的兩種形式叫做重氫 (或者氘 deuterium) 和氚 (tritium)，氘的原子核有一個質子和一個中子 ${}_1\text{H}^2$ (或 ${}_1\text{D}^2$)，(註二)而氚原子核有一個質子和兩個中子 ${}_1\text{H}^3$ (或 ${}_1\text{T}^3$) (圖二)

註二 重氫常用的符號是 D，它的原子核叫做氘核 (Deuteron) 氚常用的符號是 T，它的原子核叫做氚核 (Triton)。

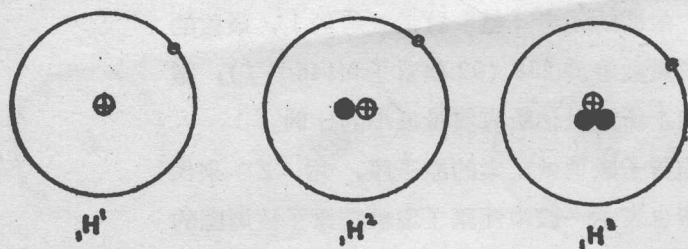


圖 2. 氫的同位素圖

三種氫同位素的原子都有一個電子，因此它們的化學性質很類似。

自然界發現的鈾礦是三種同位素的混合物，鈾最普通的形式是鈾238，這種同位素的原子核有 92 個質子和 146 個中子，每個原子核中總共是 238 個質量單位。另外一種同位素鈾235，有 92 個質子和 143 個中子 ${}_{92}\text{U}^{235}$ 。第三種形式的同位素是 ${}_{92}\text{U}^{234}$ （鈾234）。三種鈾的同位素都有92個質子和電子，它們的化學性質都很相近。表 1 列出自然界中三種同位素合成物的百分比。從表中我們可以看出天然鈾礦含量最豐的是鈾 238，含量少到幾乎可以省略的是鈾234，鈾235是原子反應器中和製造原子彈所用的原料。

表 一

同 位 素	含量相對百分比
鈾 238	99.282
鈾 235	0.712
鈾 234	0.006

質子和中子在原子核中以極大的力量聚附在一起，

(稱做核力)，這力量約是結合不同元素的原子時所用電力的百萬倍。

質量數較大的元素核力較大，質量數較小的元素核力較小。核力的性質，到目前為止，尚不十分明白。

2 核的放射性（或輻射性）(radiation)

有一些元素的原子核，因為結構不穩定而具有放射性，這種放射性物質的原子核能夠自動發生分裂，這種情形叫做核的衰變(decay)或者核的蛻變(disintegration)

目前所知，自然界中存有大約40種具有放射性的同位素，其他還有許多人工產生的放射性同位素。

在蛻變的過程中，原子核放射出高速的帶電顆粒，在很多情形下也有電磁波放射出來。

原子核放射出粒子以後，原子的質量比原來輕一點，跟原來的原子有不同的物理性質和化學性質。這個新生的元素叫做「衰變產物」(decay product)。

在核子輻射衰變的過程中，一種或者更多下面三種形態的輻射物被放射出來。(1)阿爾發粒子(α -particles) (2)貝塔粒子(β -particles) (3)伽瑪射線(γ -ray)。

(1) 阿爾發粒子：有些放射性的同位素放射阿爾發粒子，它是高速並且帶正電的粒子，由兩個質子和兩個中子所組成，每個 α 粒子都跟氦原子核完全相同。

α 粒子的穿透力很小（因為跟其他輻射物比起來，它很笨重）一張厚紙就可以把 α 粒子吸收掉。

(2) 貝塔粒子：大多數放射性同位素衰變時，都有 β 粒子放射出來，它的質量和電荷量跟電子完全一樣， β

粒子速度非常高，有時僅比光速小一點點。它比 α 粒子更能穿透物質，對有生命物質的破壞性很大，需要更多的屏蔽才能把它吸收掉。

(3) 伽瑪射線：有些蛻變產生的子代原子核，處在激發狀態（即含有比穩定原子核更多的能量），在大多數的情況下，新生的原子核會把這些多餘的能量以電磁波的形態放射出來。這種輻射波叫做伽瑪射線，它跟通常見的光或 X 光有同樣的物理性質，不過它的波長比較短。 γ 射線具有很大的穿透力，對生命組織最具傷害性。

然而，不是所有的放射性同位素都會同時放射 α 粒子， β 粒子和 γ 線。有些原子序大的同位素只放射 α 粒子，另外一些只放射 β 粒子和 γ 線。

原子核不相同，蛻變的速率也不一樣，蛻變的速率是原子核本身的特性，跟元素的理化性質無關。這速率通常用所謂「半衰期」來表示。一小塊的放射性物質，從開始到它們蛻變掉一半的時間，叫做這個放射性物質的半衰期，半衰期有短到幾分之一秒的，也有長到幾十億年的。

例如鈾元素經過幾十億年才蛻變掉一半，而銻 214 的半衰期只有 0.00015 秒。

3 質量和能量

在本世紀初，愛因斯坦提出一個假設，他以爲質量和能量之間有個關係存在，這個關係可以用一簡單的式子來表示：

$$E = m \times c^2 \dots\dots\dots (1)$$

在此 E = 能量 (用爾格 ergs 做單位) (註三)

m = 質量 (用克 grams 做單位)

c = 光速 = 3×10^{10} 公分/秒。(cm/sec)

把(1)式寫成
$$m = \frac{E}{c^2} \dots\dots\dots (2)$$

方程式右邊分母 = $c^2 = 9 \times 10^{20}$ (cm/sec)² 是一個非常大的數目，因此要看得出質量很少的變化，就必須釋放非常大量的能量。

在化學反應的過程中 (例如燃燒木炭或石油) 少量的質量也轉變成能量，可是這些微少的質量變化，即使用最靈敏的儀器也測量不出來。

在核子反應中，釋放出來的能量是一般化學反應的幾百萬倍，因此轉變成能的質量就可以測量出來。

例如，質量減少 0.001 克，那麼根據(1)式，釋放的能量是
$$E = m \times c^2 = 0.001 \times 9 \times 10^{20} = 9 \times 10^{17} \text{ 爾格}$$
$$= 22 \times 10^9 \text{ 卡 (註四)}$$

(這些釋放出來的能量是核粒子的束縛能，或者說是核粒子之間吸引力的束縛能)

如果我們能够把原子核裏的質子和中子個別拿出來稱量，我們將發現這些個別稱得的質量總和比整個原子

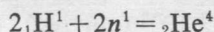
註三 1 爾格 = 1 達因的力作用 1 公分的距離時，所作的功。

1 達因 = 施力在一克的物質，使它得到 1 cm/sec² 的加速度時，施用力的大小。

註四 0.001 克的質量相當於 9×10^{17} 爾格 = 2.5×10^4 KWH (千瓦小時) = 22×10^9 卡的能量，這能量約是燃燒 2.7 噸的木炭或者 22 噸的無煙火藥 (TNT) 爆炸時釋放出來的能量。TNT 是製造普通炸彈所用的火藥。

核的質量要多一點。它們之間的質量差，就是釋放出能量時短少的質量。舉例來說：我們將計算由兩個質子和兩個中子造原一個氦原子時所釋放的能量，

質子的質量是 1.00758amu ，中子的質量是 1.00893amu 反應式可以寫成



把核粒子的質量代進左邊，我們得到 $2 \times 1.00758 + 2 \times 1.00893 = 2.01516 + 2.01786 = 4.3302$ 從實驗結果我們知道 ${}_2\text{He}^4$ 的原子核質量是 4.00282 ，我們可以看出它的確比核粒子的質量和少一點。

因此在合成 4 克的氦元素時釋放出來的能量相當於

$$4.3302 - 4.00282 = 0.32738 \text{ 克}$$

從式 1 我們可以計算，這些短少的質量相當於那些釋放出來的束縛能，即約有 660 百萬卡。這些能量相當於燃燒 80 噸高級木炭所釋放的能量。

其他原子核的束縛能可以同樣方式計算出來，束縛能的值隨着核粒子數目的增多，而增多用原子序在 40 到 120 間的元素合成更大的原子核，可以釋放出最多的能量。

4 核分裂和鏈鎖反應

前面所敘述的放射性物質會自動放射出 α 粒子， β 粒子和 γ 線，此外我們也可以用其他方法促成核子蛻變。當一個游離的中子穿進原子核裏面，原子核可能吸收這個中子而合成一個新的原子核。

合成的原子核因為吸收了多餘的能量，往往處在激