

美國 C. K. Leitch 等著

凌崇光 譯

科學與戰爭

1796 704

華國出版社印行

美國 C. K. Leith 等著

凌崇光 譯

科學與戰爭

華國出版社印行

科學與戰爭

譯者前言

美國近年出了一本書，叫做科學家講話。牠的原名是 *The Scientists Speak*。這本書是由美國當代的八十位科學權威，包括麻省理工，威士康辛，華盛頓，等幾個著名大學的校長，洛克菲勒基金主席，國家標準局和國家氣象局的局長，哈佛天文臺和威爾遜山天文臺的臺長，和許多位大學教授，研究專家，各就一個新鮮的科學題目，短短的各寫了一篇簡明的概說。用淺顯的文字，有趣的譬喻，來介紹近代突飛猛進的科學。使一般普通學者雖然未曾或未準備對於這些科學去做高深或專門的研究，也可在這本書裏面得到了一個大致的概念。這些科學不獨和現代戰爭技術有密切的關係，而且和人類的日常生活有不可以分離的。譯者就這八十篇當中選擇了和戰爭有關的一組十幾篇譯出，取名做『科學與戰爭』先行問世。隨後再把有關人生的，和有關其他的逐組再來翻譯，以饜讀者。

譯者前言

005849



科學與戰爭目錄

I 幾種新物料和新方法

一——一九

(一) 與戰事有關的幾種礦物

一

(二)

六

(三) 橡膠

一〇

(四) 一〇〇辛烷值汽油

一五

II 原子與分子

二〇——三八

(五) 原子的內部

二一

(六) 原子的核心

二五

(七) 原子研究中的同位原素.....三〇

(八) 原子時代.....三五

III 戰場上的利用

三九——七一

(九) 戰場上的科學.....四一

(十) 航空醫術.....四五

(十一) 微波.....四九

(十二) 直升的飛機.....五三

(十三) 航空的進步.....五七

(十四) 原子能和醫學.....六二

(十五) 大戰期中醫學的研究.....六六

科學與戰爭

I 幾種新物料和新方法

人類在初期文化發展的時候，祇會使用天然和直接供給他的的一切器物。例如他的戰鬥利器祇是一根樹枝摘下來的那根，他的所謂刀祇是一塊石頭的尖銳邊緣，他的舒適坐椅祇是崖邊突出的一塊岩石。

後來人們便開始利用天然的器物依照他們的需要來加以改造。一塊石頭可以鑿成一樣更有用的東西。後來更學會拿石器來磨成光滑的器物，生出了陶製和織造的技能。後來又會把幾種天然的器物併起來，成功一種有用的東西。一條獸筋和一根能彎曲的棒配合起來便成了一張打獵的弓。

又後來人們更會把許多種天然生成的材料拆開了來製成別的有用的東西。這個階段大抵是從古時代的打鐵做起一直繼續到今日。但當時所製成的尚不是能够直接使用的器物。洋灰，金屬，和許多其他的東西都屬於這一類。

科學和技術的偉大的進步更趨向於物質文明的發展，人們終日不斷的和自然搏鬥。不但取天然供給的物質來精製和利用，且更可能並志願自己來製造新的並更進步的物料。

因此覺得新材料進步和覺得好方法的進步遂發生了雙關的作用。一種新的物質所以覺得更好也許是因

爲牠來得更好看或更耐用，但每因牠有了新的或改進的性能，使牠能够有新的用途。所以有新的物料可以生出新的方法，而有了新的方法又可生出新的物料，兩者是互相利用的。

像人工橡膠的製造，我們知道怎樣利用些基本化學品；再用人工配合成一種物品能够仿效並改進原來的天然物品。像輕金屬的製造，我們知道如何利用天然的礦物或其他物料來製造一種更好且更有用的混合物。像高辛烷值（High Octane Number）汽油的製造，我們知道可以把天然的物質用科學方法來把牠大大的加以改進。這都是新物料和新方法的互相利用，使近代科學貢獻出偉大的成績。

（一） 與戰爭有關的幾種礦物

著者 C. K. Leih

礦物這類東西有些人當做是博物院裏面的標本，牠們的名稱都是不大能叫得出來的。有些人以爲這是小學生所慣熟的『動物，植物，礦物』三物中的一種。又有些人以爲這是寶石或是有價值的金屬，如金或銀。或以爲是鐵或銅或鋅的鑽石。或又以爲這是煤或油或瓦斯。但在地質學家或礦物學家的看法，礦物便是地球上的各種物質，牠的形狀包括固體，液體，和氣體。世界上有數千種金屬和非金屬的種種不同的礦物。

我現在僅舉出幾種礦物爲在機械時代的人們所知悉可以用來製造和發動機械的。這些當然包括軍事的利器在內，例如大砲，船艦，飛機，坦克車，運輸工具和通信工具等。

礦物的利用無論在平時或在戰時都大大的加速了。各種礦物的成品種類日新月異，而在演進中的技術更時常需要向來未曾用過的礦物。在第二次世界大戰中，我們使用的礦物種類比較第一次大戰時所使用的至少多了三十種。其中有些是很希罕的，且需要甚少的分量，但在新奇靈巧的配件上有時是萬萬少不得的。從前某種礦物的蘊藏認為足夠一長久時期的使用，到了今日新的時代也許覺得甚為貧乏的。

要使礦物的數量和種類能够應付時代的需要，同時又要顧到蘊藏的保持，都涉及科學家廣泛和努力的工作。現在的情勢很難得在一個月當中對於礦物的發現，提煉或配合新的發明來開闢新的用途。

第一，在發現這方面，每一種礦物是有牠的地質環境的。地質師很忙着相度這個地球，從長的，縱的，和深的方向來找尋他認為宜於啓發的地點，他真是要看入地下的。他在今日已得到有力的、地的物理學方法（Geophysical）的幫助，用音波和電儀器來測驗，使他可以知道究竟地下是些甚麼東西。這是舊時魔術探條的近代看法。地質師雖然仍舊在試驗室裏面工作，但說地質師的真正試驗室就是整個的地球，當不是過甚其詞。現時地球的面上都已經過相當的查勘，今後的工作便是要知道地層下面的東西。蘊藏的預測和將來開發的可能性是要靠地質科學的研究。

發現的次一程序便是怎樣用物理的或化學的提取方法來從純生的原料中提取所要的物料！——怎樣把不需要的東西除去了，把需要的東西留下來。有些成分較低的礦物從前認為牠的價值太小，值不得開發的，現在用新的方法也許值得把牠開採了。

再次一程序便是將礦物的半成品熔化和精煉起來，使成功到一有用的階段。這個包括礦質的化合成爲一種合金來配合近代工業中的準確需要。

因爲有時不可能得到充分的原料，所以在這次大戰中需要許多技術上的研究來尋求重要物料的代替品和節約使用的方法。這個結果使得各種可能性的尺度大大的放寬了。有些礦從前認爲不可少的，現在也不一定需要牠了。以下舉出些這次大戰中努力獲得的幾個例子。

新的雷達科學在牠的電子管裏面是需要一種較希罕的原素叫做鉭（Tantalum），又需要一種種石英的晶粒來控制無綫電的速率。美國對於這兩樣東西都是很缺乏的，祇靠新的技術來應付這個缺憾，其中值得提及的一件事便是把較低質的石英用放射方法來改造牠的分子構造，這便是可以把牠的性質提高到了

一個標準。

輕質金屬如鎂，如鋁，等用途的日益廣大，是需要數百種新的方法來從地下取得這個原料，把牠變成金屬材料，再把這些材料熔化了來製成物品。在美國的德薩斯州（Texas）已經設立了一個大工廠來從海水裏面提取鎂質出來。我們已經學會從低質的鐵礬土（Bauxite）即鋁的礦砂，來提取礬土（Alumina），不久便可從一般泥土或其他低質的東西提取鋁出來。

人們大抵已熟知了油的找尋和製煉是經過技術上很大的努力。但或者未甚熟知的便是油類有用的誘導物（Derivatives）如人工配合的橡膠和多種的化學製品，其種類已層出不窮，重要性也日益增大，將來總

有一日牠們的價值會和油的原來取暖或運輸上的價值差不得很遠。

現代戰爭的工具是需用大量的合金，其數量的龐大為以前所斷想不到的。在特別着力的機件當中，例如高熱度的噴射發動機（Jet engine）更需要新的合金或超級合金來製造。因合金的金屬供給有限，所以又需要一種新的配合，例如新出的一種叫做國防非常鋼（National Emergency Steel），牠的公式便和舊日的公式有甚大的差別，但用這個新製法便可以製成三倍怎麼多的鋼合金而不需要同樣比例多的合金金屬物。在第二次世界大戰的初期，鎢（Tungsten）缺少了，於是用鉬（Molybdenum）來代替。後來鎢的來源多了，情形便轉過來，再後來又因需要炭化鎢來作更猛烈穿甲炮彈的軸心，所以又轉過來仍舊借重了鉬。像這樣的新技術的發明對於鑛冶學很可能有革命性的改進。

在大戰期間，因各種物料短缺，不能不節省使用和尋求替代品，上面已經說過。即如製造錫罐一件事，應怎樣節省錫料或怎樣用鉛或其他膠黏物來代替錫，都需要極繁複的試驗來保證錫罐的適用和安全。

總而言之，在近代機械戰爭中要取得勝利已證明鑛物和各種金屬實是決定的因素。在這次大戰中美國對於動員鑛物的工作實在做得太好。現在許多科學家和技术專家都是放長眼光看到將來國家安全和工業進步的需要，繼續去做研究和改進的工作。

但是他們的興趣並不就此便停止下來。他們因為有了物質的背景和將來可能性的認識，在另一角度上怎樣使得鑛物問題在維持世界和平上有所發揮，也是他們所最關切的。

鑛藏是一種不能移動的資源，但牠的耗用現已達到可驚的速度。世界上沒有一個國家是擁有充分的一切商業性的鑛產的。美國鑛藏比較許多國家已是算豐富的了，那知道在這次戰爭中她還需要由別的國家輸入過七十多種不同的鑛物。世界上各國家對於天然資源的互助是一件事實的需要，而不是一種的理論。自從第一次大戰結束以後，各國爲了他們的戰後工業發展和國家的安全保障都驚覺到鑛物資源是非常重要的，於是全面的來設法攫取和控制這些資源，結果更增加了國際間的磨擦。在一個機械化戰爭時代，可以拿一個國家獲得資源的成功程度來計量牠的作戰實力。現在隱現於我們前面的問題，便是世界資源怎樣能够平均支配。

這個問題實在是世界和平的中心問題。我們是否應該依循從前的攘奪方法來冒險發生不幸的危險呢？抑或用明智的管理方法使愛好和平的國家能够有均等使用的機會，而對於危及和平的國家加以限制呢？這個合理的答解不但需要國際間互相尊敬的善意合作，而且還需要科學的探索和分析的最高成就。

(二) 輕金屬

著者 Zay Jeffries

一斗的普通泥土內可能含有一磅重的鋁 (Aluminum)。一缸的海水裏面可能提出一磅重的鎂。(Magnesium) 這兩種金屬皆地層上蘊藏最富的物質，在第二次世界大戰時便大量的生產。在一九四三這一年共總出產了四十多億磅重量的鋁和五億多磅重量的鎂爲產量的最高峯。此外尚有一種輕金屬——鈔 (

Beryllium)，也適合於結構材料的用，但是鈹的生產量尙有限，牠的工業上的應用還待將來。鋁的重量僅合於鐵的三分之一，而鎂則更輕，僅合於鋁的三分之一。鈹則稍較鎂爲重，但較鋁則爲輕。

在地層上鋁的分量幾等於鐵的一倍，但鋁這個金屬何以未能早就在工業上應用，這個問題看來似乎很奇怪，實則原因不難獲知。因爲鐵的製鍊比較容易而且經濟，鐵礦可能在紅熱度內製鍊，鐵匠燒紅了鐵即可鍛鍊，但鋁礦需要高熱度和特殊的技術，所以等到電力發展的時候，鋁工業才能發展起來。

一八八六這一年紀錄了鋁工業的產生。這一年間美國奧柏林大學（Oberlin College）的一位美國化學師賀爾（Charles M. Hall）和一位法國化學師愛路爾（Paul Heroult）在各別的工作中發明了電解的方法，使大量的鋁工業發展成了事實。這個方法至今全世界鋁的製造還在普遍的使用着。

有人說鋁是天生輕質的但是牠的強力是要靠人工研究的，關於這個研究到一九一一年得了有價值的結果。這年一位德國的冶煉師威廉博士（Dr. Alfred Wilm）宣佈了一個關於鋁的有興趣的試驗。他鑄合了百分之四的銅，百分之一的鎂，和百分之九十五又半的鋁，成了一種合金，再拿這個合金軋成板片，在華氏表九百三十二度的熱度下，澆以冷水，在拉力的試驗下，得到每平方英吋有三萬五千至四萬磅的強力。那時候已覺得這是鋁的很高的強力。但在四天以後，威廉博士再試驗這塊材料時，發現牠的強力已增至每平方英吋五萬五千磅。但這個還不算最後的結果，在別的試驗中還顯出在這四天當中這個合金更增加了牠的硬度。威廉博士起了這合金一個名稱叫做「強鋁」。（Duralumin），以後便廣泛應用做飛機的構造

材料。

後來人們了解這個強鋁合金因為經過若干時間使牠發生了一種作用，給這個新合金的強力和硬度。惟這個作用究竟是怎樣的？這個謎使人迷惑到八年之久，最後始由美國華盛頓國家標準局的一位冶煉師美立加博士（Dr. Merica）尋索出來。他指出分散在大量鋁原子裏面的銅和鎂的原子在室內溫度之下亦常在動的狀態中。當這個數量較少的銅和鎂的原子動盪時，便和此大量的鋁原子生成新的組合和新的結晶。這種作用無疑的便是使這製成四天後的鋁合金更強而更要堅硬的原因。這個作用在技術上名為沈澱硬化（Precipitation Hardening）。在近年來已廣泛的發展應用。

現在這些鋁合金的硬化已有多種不同的式樣。有些是在室內溫度中硬化的，有的是稍稍加高一點溫度的，有些在室內溫度中先行部份硬化而將溫度加高至可能發生最大度硬化的。又有些合金的硬化可以隨時依所需要而調節，使這種合金可能有多種不同性質的參合。

強鋁是多種強而輕的合金中首屈一指的。其中更以 $T3s$ 一種最為特色，這一種合金不但強過許多其他合金，而且更輕。例如 B 二九型超級空中堡壘的上層機翼主要縱骨及支撐結構已經用較新而改進的 $T3s$ 合金，結果使這座大型轟炸機的重量減少了四百磅。經過過去五十年的研究，這種 $T3s$ 總算是目前最高的成就了。在各種的形狀與處理中，有種 $T3s$ 具有每平方英尺八萬磅的強力。這是比較軟鋼的強力還超過三分之一。 $T3s$ 真是一種好的金屬混合物。

這個合金每百分中含有五·五的鋅 (Zinc)，二·五的 (Magnesium)，一·六的銅，〇·二的錳 (Manganese)，〇·二五的鉻 (Chromium)，和少數的矽，鐵，及鈦 (Titanium)，都合在主要的鋁裏面。這個合金需要小心管制的熱力處理，方才發生牠的最大性能，和避免一切物質的疵病。

在大多數鋁的產品中都可能加上一面層，這面層可能比玻璃還要堅硬。這面層的塗傳叫做陽極的塗傳，係用電力將表面的鋁加以鎔解，其薄的程度簡直使肉眼都看不見。面層塗上時其厚薄堅硬及有孔的程度皆可調整，還可以隨意加上些顏色。

鋁的用途極多而且還在日漸增加中。鋁的合金可以說是飛機工業的基礎。卡車客車和油櫃車 (Tank Car) 都需用大量的鋁。橋樑的壽命倘使用鋁合金來代替鋼的橋面可以還增加二十五年。在紐約的公園大街上有人建議建築一摩天高樓，這高樓的內部的結構材料完全擬用鋁來代替鋼。鋁製的螺絲，鋁製的釘，及鋁製的用具要出現於市場的都以數百萬計算。草地上的剪草機，小划船，船舷外的小發動機，和手推車子等，都使用鋁來減輕牠們的重量。柴油機的大件機具用鋁製造已經有多年了。

在今日的商業應用場中。鋁和牠的合金估計約佔了輕質合金屬工業中百分的九十，其餘的百分之一十差不多都屬於鎂。以每一立方英吋的體積來計算，鎂的價格和鋁大約相等。鎂因為有了牠特殊的化學物理的性能，所以牠在許多用場中，佔了優越的地位，而在許多其他的用場中，可以和他種物質競爭。新的和更好的鎂合金已經日漸發展，在飛機製造和其他的工業上已漸顯牠的重要地位。

鎂在烹飪器具中已經進入了人們的廚房去。現在在進入去鋼琴的支架，手推車，和腳踏車。有人告訴我，小孩們用的用鎂的支架浴盆就要出現了。汽車工業並未會忽略了鎂的進步，有單獨一種的汽車式樣在發動機上已用了五百萬枚鎂製的模鑄品。在地上所安裝的鐵管倘用一條鎂片埋在旁邊，可能保護鐵管的銹蝕。這鎂片慢慢消失了，這樣可以使鐵管的銹蝕延慢了。

在第二次世界大戰以前，鐵，銅，鉛及鋅的產量，每種都超過輕質金屬的產量。在一九四三這一年，僅僅鐵與銅的出產超過輕質金屬的重量，以容積來計，則僅鐵一樣是超過的。在這高峯的一年，單獨鋁一樣的產量體積——即立方英尺數——是銅的兩倍半，所以以立方體積計，鋁的出產僅次於鐵。

輕質金屬的前途不會受牠們儲藏的限制，因為鋁和鎂在世界上各地皆有無限量的出產，在牠們的應用中心地點皆可得到。將來因時間的演進，鋁和鎂都可能比較其他金屬為便宜。綜合了上述的各種因素，和技術進步的最近趨向，這些輕質金屬的生產在最近的將來論重量和體積也祇有僅次於鐵。

(三) 橡 膠

著者 Wills A. Gibbons

在管制下原子能 (Atomic Energy) 的放出是現時代吾人最偉大的科學發展。但我們不要忘記了原子 (Atom) 的另一方面的看法，這個看法是對於我們的日常生活和幸福有較密切的關係。我們試想凡構成我們身體的物質，和生活上的物質，例如吾人所吸的空氣，所喝的水，和工作與運動所用的各種物質，都

具有甚廣和有用的功能，我們怎樣解釋這些物質的各種形狀呢？實則各種形狀的物質其各種性能大半就是物質的分子（Molecules）的性能，而這些性能實基於構成這些分子的原子的性質和佈置。許多種不同的分子是天然生出的，但人們也經製造過許多種新的分子。

在各種已知的物質中，橡膠可算是最非凡的一種。牠有牠特殊的物理性能——極大的彈性，伸張性和韌性。橡膠在各種近代發明中直接的貢獻很大，如汽車的製造便是一個顯著的例。橡膠對於人類文明關係這樣大，所以在這次的大戰中，倘使天然橡膠的供給斷絕了，可能發生一種近於災難的事。幸而我們（指美國）能够趁早出產人工化合的橡膠，對於我們戰事的力量才沒有發生影響。

橡膠的特殊性能頗使科學家感覺到希奇。他們努力研究的結果，我們對於天然橡膠和人工橡膠的分子結構到現時已有好的認識。

假如我們戴上了一副特殊的眼鏡，這副眼鏡的放大力量能够使我們看得見一種物質的分子和構成這些分子的原子。因為橡膠的分子是十分複雜的，讓我們先看一種較簡單的物質，例如普通石蠟（Paraffin Wax）的分子。那末我們便可看見石蠟是炭和氫兩種原子構成的。炭的許多原子是像一條鍊子的連接起來，而分離的氫原子則各個直接附着在炭原子上面。

在普通石蠟上看，每一條鍊上可能有二十五個到五十個的炭原子。在橡膠的話，牠的分子也是炭和氫構成的，而且多數的炭原子也是連綴起來，像一條鍊子。不同的便是我們要看一個整個的分子有些困難，

其中有兩個原因：第一，牠是太長了。如果我們有耐性來數一數的話，在一條鍊中可以找到幾千個炭原子。第二，要看橡膠的一個完全分子頗不容易。因為牠是彎曲纏着，並且整個不規則的。如果我們的眼鏡能有很大的放大力量，使一個石蠟的分子或一個橡膠的分子看來像一條纜約莫一英寸徑粗的話，那末石蠟的分子會看出有十五英寸長，而橡膠的分子倘使能夠把牠來伸舒開，使可以一眼望見的時候，會看到有三十至一百五十英尺的長度。

橡膠裏面這些長的鍊狀的分子當然和石蠟裏面的短的分子會起不同的作用。倘使一大堆的橡膠分子——一塊橡膠——被拉長了，這些長鍊子便一個一個排列起來，這個拉長的工作可以說是排列的工作。當你手上拿着一塊橡膠，牠裏面的彎曲糾纏的分子是在不斷動作之中。各個原子在不變更牠在一個分子裏面的互相地位情況之下在擺動着，整部份的分也在擺動之中。當溫度升高的時候，這個動作更加強。實則我們的手感覺到拿着這個物質的溫暖，就是這個物質的個別原子或一羣原子在裏面動作的原故。當我們拉長一塊橡膠的時候，我們是以力來變更牠的形狀。這樣我們好像強制這些分子的一部份動作在一個較小空間裏，致令以後的動作加快起來，這便是溫度的升高。

這些分子是要抵抗被外力拉伸的。一塊被拉長的橡膠，當拉力放鬆的時候，這個物質會恢復牠的原狀，——橡膠回縮了，分子也回復了牠們的不規則樣子。依着同樣的道理，如果我們把一塊橡膠忽然加以壓力，牠也會抵抗的，這便是牠的彈跳。

我們已知道石臘和橡膠都有長度不同的炭原子鍊。這個鍊狀的佈置，使外力加上時各個分子間彼此滑溜而過。換句話說，這兩種物質都是有可塑性的。可塑性能够使製造上感到方便，例如各式名種的物品皆可以模製，這是很重要的。

橡膠的絨狀分子可以加上一種橫的聯系。加上了橫的聯系以後，橡膠便不怎柔軟了。這個方法叫做橡膠硬化法（Vulcanization）。硫磺便是通常使用的聯系材料。硬化的程度當然看加上聯系物的多少。如比較少的，那末橡膠還是軟而富有彈性的，依然容易加以拉長。倘使聯系物加得較多，那末橡膠便較韌而且較硬，需要較大的力才能把牠拉長。

透過這一副奇幻的眼鏡，我們可以看見這些橫的聯系在被硬化的橡膠裏比較在未被硬化的要複雜得多。硫磺的原子把接近的鍊狀物加以聯接，是在不規則距離的。而且聯系並不是像普通兩根平行鍊條的聯札。牠們的聯系是三個方位（Dimensions）而且一點都不規則的。硬化方法已在一百年前發明了，但我們對於牠的知識至今還不够完備。

橡膠的可塑性令我們能够把牠來製成任何一個形狀。分子橫的聯系即硬化手續，是使牠固定於這個形狀的。這種形狀的變更使橡膠在應用上能為一種結構材料，這一點是很重要的。

以上所述的道理在天然橡膠和人工橡膠中的分子都可同樣適用。可是也可以看到些兩種橡膠不同的地方。如果鍊狀的分子構成有規則的樣子，即是炭和氫的原子有規則地佈置成一套一套的，所被拉伸的橡膠會

表現出一種特異的性能。例如在一塊 x 光的分光鏡片上，檢驗一塊被拉伸的天然橡膠，我們可以見到一種有規則圖形，和一塊普通結晶體在 x 光檢驗的相仿。這便是說拉伸橡膠仿如結晶體有一種有規則的和重複的排列。當這塊橡膠的拉伸放鬆了以後，裏面的分子不再是直的，有規則的圖形也不顯見了。一條有格子紋的領帶壓縐了以後，牠的紋是不顯著的，把牠抽出來拉直了，牠的紋也就顯出來了，這是相仿的意思。

人工製造的橡膠在 x 光底下檢驗却不甚顯出這種情況，並無有規則的形態。相信這是分子結構的自然結果。我們相信人工橡膠的原子鍊的排列沒有天然橡膠的那樣有規則。把天然橡膠和一種人工橡膠叫做 CR-S 的——用 Butadiene 和 Styrene 製成的一拿來比較，這些不同的地方更是顯著。CR-S 在這次大戰中會用人工大量的製造，製成在戰爭中用的輪胎和許多其他的物品。這種人工橡膠雖然缺乏了原子的有規則排列，但在大多數的重要用途中，證明了十分滿意的結果。

現在剩給橡膠專家來解決的問題，便是怎樣製成人工的分子，使原子的排列成鍊更有規則。倘這個目的能够達到，那末人工製成的橡膠和天然的橡膠相差便不遠了。

近年科學的迅速進步使我們能够把各種物質的物理性能用牠們的分子裏面的原子佈置情形解釋出來。這種進步是歸功於許多化學家和物理學家的工作，這些工作的成功令我們相信有許多更偉大的發現尚留在我們的前面。因為尚有許多玄妙還等待着我們來探索。

(四) 1000辛烷值汽油

著者 Robert E. Wilson

我現在要介紹給你們一種特出的產品叫做1000辛烷值汽油 (100 Octane Gasoline)。但「汽油」這個名詞用在這種特出的產品已覺得十分陳舊了，陳舊的程度簡直等於叫一輛現代汽車做「沒有馬的車」。甚至用1000辛烷來稱呼今日的軍用飛機的燃料也覺得不能十分適合來表白這樣東西的性質。

原油 (Crude Petroleum) 含有幾千種不同的炭和氫的混合物叫做炭化氫 (Hydrocarbon)。牠們都有高度的燃料價值，但因各個分子各有大小和結構的不同，所以各有不同的性質。具有較小分子的成爲瓦斯 (Gas) 和汽油 (Gasoline)，較大的和較重的分子可能逐漸分析成爲火油，重燃料油，滑油，和瀝青。

「汽油」(Gasoline) 這個名詞原先是用來描寫火油裏面極易於着火的較輕的成分。倘使不把他取出來，可能會令到火油爆炸的。在初期汽車沒有出現以前，汽油簡直是一種廢棄的產物。

在一個時期汽油中單含有在重油 (Crude) 裏面用普通蒸溜方法所得來較輕的炭化氫物。三十多年前牠的需求開始超過這種方法的供應。有一位貝頓博士 (Dr. W. N. Burton) 發明了一種實用方法，把重油的較重部份在壓力下加上了熱度，等到大的分子「分裂」了變爲較小和較有揮發性的炭化氫物，還便可以在重油內比較從前的老法子得到一倍的汽油。沒有這個分裂方法的話。我們國家 (指美國) 是不能開動牠的三百萬輛汽車和打一次機械化戰爭的。在汽油的製造慢慢進步的時候，所有戰前的引擎燃料仍然和重油內

用分裂分子的方法蒸溜出來的汽油差不很遠。

因為戰事的需要而產生的一百辛烷飛機汽油乃是一種很不同的東西，牠的四分之三以上是用新的化學方法來特製的分子所構成，使牠能够達成一種特殊任務，這個任務便是使一個裝有增壓器（Supercharger）而馬力強大（High-output）的飛機發動機裏可以順利的運用。

這個產品實在是第一次世界大戰時期所開始研究的結果。那時候已經知道當一個內燃機氣缸壓力加大的時候，一定大小和重量的引擎會得到更大的效率和力量。可是這個事實要拿來應用的時候，却發生了嚴重的困難。因為當壓縮的比例增加時，這個油汽會發生一種敲擊（Knocking）。初時以為這是汽油在火花發生之前已經燃着了的原因，後來經過密格利氏（Thomas Midgley）證明這種敲擊並不是因為汽油的預先燃着，乃是因為這種混合物受到高壓力的時候發生了過份急速的燃燒或爆發。他並且以為分裂過的汽油其敲擊的趨向比較當時認為較優的普通汽油為少。

上述的結果經公佈以後，開始了一個新的競爭時期。一方面在汽車製造廠中彼此競爭怎樣改進引擎和火花塞的設計，來減少敲擊的趨向。一方面在油廠中彼此競爭怎樣鍊出汽油使牠能够抵禦較大的壓力和較高的溫度，而不至於敲擊。密格利氏和他的幾位同事更想出一樣防止敲擊的東西，像四乙鉛（Tetraethyl lead），並改進分裂方法，來逐漸改進汽油的成分。但各方面對於究竟那一種汽油是最好的，仍然起了不斷的爭辯，後來明白了倘要達到真正的進步，總需要一個準確的標準來斷定這個燃料敲擊趨向。

後來艾德加爾博士 (Dr. Graham Edgar) 果然發明了一個計算敲擊的標準。他用一種最會敲擊的炭化氫混合物，叫做庚烷 (Heptane) 和另外一種在已知的炭化氫中最少敲擊傾向的叫作異辛烷 (iso-octane)。假使一種汽油牠的敲擊程度在一個試驗引擎之下和百分之六十異辛烷及百分之四十庚烷的混合物一樣，那末這種汽油的「辛烷值」便是六十。

自從這個方法發明了以後，直接所發生的結果是汽車燃油的改進加快了。在自後的十五年裏面，這個辛烷值平均由五十五已昇高到七十二。至於間接的結果是令從事研究的人們對於這一種非常的異辛烷更加上了他們的探索。事實上奇怪得很，在粗石油裏面整千的炭化氫當中却找不到這個異辛烷，祇可用一種複雜的化學方法來製造，其製造成本約合於每加倫美金十元。這個價格即使用來作敲擊試驗已覺得太貴了。所以像美國標準局裏面的白金公尺條一樣，祇可拿來作一種比較的標準，他種燃油或價值較賤的燃油可以拿來和這個標準作一比較。

但是有些科學家未能忘掉有一種炭化氫，雖然價值甚高，可是對於避免敲擊來說可以說是一種完善的燃料。他們很努力工作來尋求一種方法，使這種異辛烷或者類似的炭化氫能以廉價生產出來。在一千九百三十幾年的時候，已經知道把分裂作用的副產品的兩種氣質的炭化氫混合了，並加上氫經過觸媒的作用，可能製出一種頗為純淨的異辛烷，這是頗為簡單的兩步人工方法。牠的成本約合每加倫美金一元，這個代價在普通應用中仍覺得太高。

雖然牠的成本頗高，但在美國國家航空顧問委員會和美國陸軍部眼光較遠的人們，因此得到了一個結論，認為高度辛烷值汽油在軍事上的價值極大，每加倫美金一元的代價並不為過，尤其是在初期的時候。因此在十幾年以前他們便定製了一整個油車的一〇〇辛烷值汽油，並利用這個超級燃油來發展高壓力的飛機引擎。他們的結果是甚為滿意，而且在石油試驗室裏用較低的代價來製造這些綜合燃油的方法繼續進步了，所以遠在這一次世界大戰以前，雖然這些燃油的產量是極有限，但美國的陸軍部和海軍部便老早決定大量製造使用一〇〇辛烷值燃油的引擎。後來在大戰中德國開始侵英的時候，少數的英國飛機師便在他們的噴火式飛機上使用了一〇〇辛烷值的汽油來把數百架的德國飛機一架一架的打下來，這便是因為英國飛機所用的汽油比較稍優於德國的緣故。多了十個到十三個的辛烷值竟能在這一次戰鬥中轉移了世界的歷史。

但這不過仍是事情的開始。在一九四〇年這一年，一〇〇辛烷值汽油的全部軍事需要（在美國）尚不及每日一萬桶（Barrels）。當時石油工業界受競爭的驅使，和看到前途的需要，已經將他們的產量設法增加到每日三萬五千桶。這個產量在那時候估計已超過兩年後的需要了。

那裏會知道這種汽油的需要馬上大量的增加起來。在戰事進行的當中，因為各種軍事工廠的增加，這一〇〇辛烷值汽油的需要便由每日十萬桶——二十萬桶——三十萬桶——四十萬桶，最後到了每日五十萬桶。新的成份找到了，新的方法發明了，而且不等待小規模的試驗，便開始商業性的大量製造。以千數計的化學師工

工程師，和提煉廠的工作者，夜以繼日的勞作來計劃許多工廠，使能够順利工作。石油工業界花了他們自己的九億多美元來製造炭化烴物，使能適用於最新的飛機引擎。一九四五年的開始，我們已能生產每日五千萬桶的超級燃油，其中百分之七十五包括人工做成的分子，所用的方法在十幾年前尙是夢想所不到的。現在平均的製煉成本是每加倫美金一角四分（不包括稅）。在戰爭期中所有各種人工綜合的化學出品合攙起來的總數量還不够他這一樣東西產量的大。

這事情還不算就完了。當歐洲方面戰事結束了以後，最高峯的生產需要可稍輕鬆些，我們就減少了一部份價值稍低的成分，製造一種真正人工配合超級燃油，專門爲馬利安納（The Marianas）戰場上B二九式超級空中堡壘用。

在我們研究工作者的前面尙有『可望而不可即』的目標。地平綫上還有兩三顆的明星！新的炭化氫物，其性能超越異辛烷猶如異辛烷的性能超越以前的汽油一樣。此外還有一個問題，便是怎樣能够用較相宜的成本來製造，我們現在還未知曉。科學家的工作和主婦的工作一樣是永遠做不完的。新時代的青年科學家正在感覺技癢，想表演他們的成績比較我們老一代的成績能够超過幾許？我們十分相信他們在和平時候的貢獻和我們在戰爭期間用一〇〇辛烷值汽油駕駛噴火式飛機的貢獻是一樣的。

II 原子與分子

一個幼童每喜歡把一個鬧鐘來拆開，要看看裏面是些什麼東西，怎樣動作的？這就是他對於科學興趣的動機。科學家也是因為同一動機，要把一樣物質細細的拆下來，來看構成這樣物質的分子和原子，再把分子和原子來拆開來看更小的電子（electrons）正電子（positrons）和中子（neutrons）。在這章書裏面的幾節，我們可以窺見這些科學家是怎樣成就的，有時窺見的事實是很令人可怕的。

我們所謂電子，正電子和中子都是指一種最原本的一點東西。在目前科學進步中的階段，我們知道這些是無結構而不能再拆開的東西，各有牠們的性能的。科學家不知道為什麼牠們會有這些性能，也不去過問牠。

當科學家把一種物質來拆開的時候，他是和拆鬧鐘的小童一樣，他的主要目的是要把每一部的性能來解釋整個物質的性能的。這解釋當然不一定是最後一個解釋。真的，除非根據另一個平常以為較慣熟較基本的意義，才能解釋任何一個意義。

但是科學家在他的解釋裏面不一定說他所用來解釋的中心見解是容易或慣熟的。他知道他的中心見解倘使用較久便是慣熟了，也就變為容易了。

科學家覺得甚喜歡，以為他能够用較少的中心見解便可解釋一個廣闊範圍內的複雜分歧的現象。有時會

令他鼓舞的便是他的解釋有時會意外的包括到他原來問題以外的現象。猶如一個幼童，當他在拆開鬧點的時候，發覺一根彈簧和他另外一種活動玩具內的彈簧有相似的功用，他是極感興趣的。

科學家更會感到滿意，倘使他的解釋會引出更會轉釋出從來未被人想出的新試驗，尤其是他的解釋能夠給他些新技能來預測些新現象或新的力量，來管制天然或改造天然，以增進人類的利用。

但是科學家對於他的解釋中，碰着有些不可解釋的玄妙，如詩人或神學家所碰着的，並不感覺苦悶。他祇是承認了這個基本玄妙和清楚的說出來，他便更進一步的去推想這個玄妙，他最近的進步是把好些玄妙裏面找出了物質的原子和分子，有如本章底下各節所述。也許明日他又會越過了電子來再進一步。

(五) 原子的內部

著者 Hans Albrecht Beth

原子 (atom) 真是今日的英雄。而且可算是最民主的英雄，因為他是那裏都有，什麼東西也都有的。所有世上的物質無不含有原子，實則物質裏面除了原子之外並沒有其他的東西了。原子的數目是數不盡的，一湯匙的水含有不知若干億兆的原子。

原子這樣東西在文字上的意義原本是一種固體而不可分折的意思。實則原子這個字就是不可拆開。在二十世紀的開始，科學家發現原子裏面尚有較小的部份。換句話說，原子乃是有結構的。一九一〇年英國的大物理學家盧德福爵士 (Lord Rutherford) 宣佈一個結果，說每一個原子包含有一個正電荷的核心

，核心的外面包圍着了一層有負電荷的外層，像行星圍繞太陽旋轉一樣。這個原子世界的行星便叫做電子（Electron），每一個電子是有負電荷的。

後來我們研究出圍住一個原子核心來旋轉的電子牠的數目是要看核心帶着的正電荷數目。例如一個氫的原子有一個單位的正電荷，牠便有一個圍繞着的電子。天然元素中最重的鈾（Uranium）有九十二個正電荷的單位，我們便可以找出有九十二個電子在外圍旋轉着。在這一個極輕的氫和這一個極重的鈾的中間的許多化學元素都是各種不同數目正電和負電單位的構合，成功了各種不同的原子。

這樣我們綜合來說，原子是含有核心和電子的。核心是一個重心，差不多整個原子的質量都在這個核心。電子是有負電荷的，在核心的周圍旋轉着。原子裏面的電子數目是決定這個原子的化學性能的。例如電子決定了一個氧的原子和兩個氫的原子合起來造成一個人人熟知的分子 H_2O ，這便是水。

當新的原子化學在發展的時候。物理學家也在急起直追來研索原子的核心。他們發覺了核心也是一個結構的，而且，奇怪得很，在化學元素當中，祇有最輕的氫一種牠的核心是祇包含一件單純的微粒的，其他九十一種的原素每一核心都是由較小的微粒構成的。由試驗的結果，證明出構成核心的微粒有兩種：一種叫正電子（Protons）。一種叫中子（Neutrons）。盧德福爵士是發現正電子的。正電子的名稱也是他起的。他的學生查德威克（James Chadwick）後來發現了中性電子，他便起了中子這個名稱。

正電子和中子的質量或重量是約莫相等，但在電的性能上是完全不同。正電子是帶有正電荷。一個核

心正電荷的數目是和正電子的數目相等的。氫有一個正電荷，即是有一個正電子。鎊有九十二個正電荷，即是九十二個正電子。

中子是沒帶有電荷的。牠在電性上是中和，所以得到這個名稱。但他的質量和正電子的重量約莫相等。人們吸入的氧，牠的核心結構有八個正電子，也時常有八個中子，所以氧的原子量是一六。用來製造炸彈的鈾有九十二個正電子，和一百四十三個中子，所以牠的原子量是二三五。原子量便是一個核心的正電子數和中性電子數加起來。

一個原子核心裏面的正電子和中子之間是有一種最大的力量來把牠們拉住的。這個核心力量雖經過少年的研究還是了解得甚少。我們祇知道這個力量是了不得的大，——比較一粒水的分子裏面氫和氧兩種元素化學的拉住力量起馬要大一百倍，而這個化學力量比較一塊鋼裏面的韌力又不知大過若干倍。

要量核心力量的大小，是有直接方法的。事實上的根據是在一粒核心裏面正電子和中子的總質量較之各個分開的正電子質量和中子質量加起來會少了約百分之一。這個事實告訴了我們，正電子和中子合攏來組成一個核心的時候，各個正電子和中子所消失的質量，根據愛因斯坦教授（Professor Einstein）質量和力量相等的定律，是變了作力量。我們量一下這些質量的損失，便可拿愛因斯坦的公式來計算核心力量的大小。這個力量，我可以告訴你們是大到了不得的。拿一件事來比喻，一個盎司（Ounce）的質量便等於布爾特水壩（Boulden Dam）的大電廠（譯者按：這是美國一個最有名的大電廠）整個月裏頭所發生的

電力。所以在原子核心裏，我們觀察到質量的些小差異，便是說核心的能力比較構成牠的正電子和中子的能力是小了很多。這能力的差異，便可以拿來計量核心的力量。我們知道倘要把一個核心來分離開是需要一種外力的，這個原子的分裂自然不是原子能的來源。

除了一個例子以外，沒有一個原子的核心是曾經完全把正電子和中子拆開的。普通的試驗多數係把一種核心來轉變做另一種核心。普通叫做「原子分裂」。這個轉變方法可以拿一種極小的彈丸來向核心射擊。• 正電子曾經試用來做彈丸，不過正電子和核心同樣的帶了正電荷，假使正電子向核心前進，是會被核心拆開的。因此物理學家需要加上了正電子很大速度，才能偶然擊到了核心一次。

中子發明於一九三二年，經過了試用之後便認為這是達成上面所述任務的理想彈丸。因為牠既然不帶有電荷，牠是不會被核心斥開的。

在一千九百三十幾年以後，核心的轉變方法會經過了數百種的試驗。他們所得的共同結果都是：當核心被射擊而分裂做兩部份的時候，一部份總是很渺小，其餘的都是那一大部份。這樣還不能算是原子的分裂。

但在一九三六這一年是第一次成功把一個重的核心來分裂開做差不多相等的兩部份。當時發覺當一個中子射入一個鈾—二三五，（譯者按即有原子量二三五的鈾）的原子核心的時候，一個核心遂分裂作兩部份，一部份的重量約一〇〇，其他一部份約一三五。這樣核心的分裂便是原子炸彈的基本原理。

這個方法發明了以後，物理學家便立刻來依據愛因斯坦的道理計算原子的分裂所能放出的力量。不錯，鈾的原子和牠分裂做兩部份的質量相差祇不過是百分之一中的十分一，但是我們知道這已是了不得的力量了。

原子分裂最重要的事，便是在分裂的時候中子會發放出來。我們假設一個原子的分裂發放出兩個中子，祇把其中的一個放射入一塊鈾——二三五塊裏面，便可把鈾的一個原子分裂，放出了兩個中子出來，每一個又可以分裂兩個原子，又放出了四個中子，這樣可以無限制的循環下去。當發放的中子繁多了，鈾原子核心所蘊藏的能力也解放了。倘使任何循環不加停止。那末整塊的鈾必定要全部分裂了。

這個原子核心的循環作用如果不加以制止，便可引起原子彈的猛烈爆炸。但是這個循環作用是可以完全加以控制的。將來且可能利用來發生原子的動力。我們現在知道原子能的控制和發放是已經實現了，但一般物理學家仍舊認為未曾達到他們的目的，他們仍要研究來了解究竟這個偉大的核心力量是怎樣性質的。

(六) 原子的核心

著者 Jsidor I. Rab

如果把一個軸的原子來放大十億倍，牠的直徑約莫有一英尺。如果牠的重量也和牠的體積一樣比例的放大，一粒原子差不多會有一千磅重。在這個放大的原子的當中，我們會看到一粒核心約莫有和一小粒

砂礫的大小，這就是原子的核心。核心的外圍祇有電子。——例如軸的每個原子便有九十二個電子。這些電子是極輕微的物，圍繞着核心來轉動，牠轉動的軌道是給管制牠的電力來決定的。在上述放大情形之下，一個軸原子裏面的九十二個電子統共的重量僅有一磅的四分之一。這一千磅重量除去了一磅的四分之一，其餘的便是一個小小核心的重量。換句話說，這粒放大的核心牠的大小有如一粒小砂礫，却有九百九十九磅又十二盎斯的重量。頂針大的一堆軸原子核心便會重到幾千噸。

核心和電子不但質量不同，即牠們的電的性能也大大的不同。電子所帶的是負電，核心所帶的是正電。這不但在軸的原子是這樣，即在其他一切的原素也是一樣的。

這便是任何一個原子結構的典型：中間一個帶有正電的核心，四圍是一個或一羣體輕而帶有負電的電子，在高速度的移動着。在簡單的氦的原子內祇有一個旋轉的電子，牠的核心便祇帶着一個正電荷。原子越重，牠的電荷也越增多。實則原素的改變就是因為電荷的改變，所以輕質的氣體氦（Helium）牠的原子簡單程度僅次於氫，在牠的核心僅有兩個的正電荷和兩個負電荷的電子，在核心的周圍旋轉着。再拿我們日常習知的氧來說，牠的核心有八個的正電荷，也有八個電子圍繞着這個核心。惰性的氮（Nitrogen）祇有七個核心的電荷和七個圍繞着的電子。

我們對於電子的認識比較對於核心多得多。現在讓我們來把核心檢驗一下。因為這個核心是堅實而微小的，故需要用強有力的探索工具，又因為核心的周圍都給電子包蔽着，核心的本身又是有了強的正電荷

，所以牠的祕密好像是好好的嚴密防守着。龐大的能力是被鎖在核心裏面。原子炸彈已是給我們證明了若想把打入核心的裏面去，我們需要使用一種能力，這個能力至少是要和核心裏面所保持的一樣，如是便需要一種高度強力的工具。回旋加速器 (Cyclotron) 是其中的一種，軸堆 (Uranium Pie)，也是一種。最有效的是最新發明的叫做 Betatron 是用來加速電子的速度到接近光的速度的一種儀器。大自然又給了我們一種研究原子極大的自然力，這便是宇宙綫 (Cosmic Rays)，這些神祕的放射來自宇宙的外層，所給我們的能力當遠在最近將來人們可能製造的方法之上。

由於上面所述各種工具的利用，物理學家便進入了原子的核心，並知道這是一件極為複雜的構造。這個構造現在還不算被人們認識得完全清楚，但是除了體質甚輕的氫一樣以外，我們可以說已知道核心不是一件單純的東西，而是組合成的結構。現在盡我們的所知，原子核心是正電子和中子構成的。每一個正電子帶着一個正電荷，所以原子也因此便帶了正電荷。上面已經說過氧原子帶有八個正電荷，因為牠有八個正電子。氮有七個正電子，即是七個正電荷。每一種化學原素都可依此類推。原子核心所帶的電荷數總是與正電子數一樣的。

原子核心裏面的中子的質量比較正電子稍大些，大小則差不多相等。但牠是沒帶有電荷，所以在電性上是中性的。許多種原子核心裏有同數的正電子和中子，也有些是中子較正電子多些，比例是各不相同的。

我們因此看一個原子的核心好像是許多正電子和中子所合成的一粒小核。正電子因為帶了正電荷，所以正電子和正電子間彼此相拒。在核心裏面這個相距的力量來得極強，因為正電子間的距離是太近了。倘使核心裏面沒有一種及作用力量來壓制這個拒力，那末核心便會立刻爆炸。但很奇怪，在正電子和中子之間，或正電子和正電子間，或中子和中子間，都有一種不可思議的力來把牠們拉住。這些拉力是和大自然裏面的他種力量不同，牠們既不是像地心的吸力，又不像平常電的力量。這個核心力量不但是更強有力，而且好像是等到這些核心微物彼此接觸着了後才發生出來。許多物理學家經過多年的工作來研究這些膠着力的來源和性質，可是所得的進步很少。我們在這個情形之下，已可以處理原子炸彈的問題。因為和原子炸彈有關的幾種核心特別性能我們已明瞭了。但要懂得一般的核心力量問題還需要新的見解和新的原理，這種新的見解和原理我們現在尚摸不着頭腦呢。

正電子的質量等於電子的一千八百四十倍。但正電子的電荷是和電子相等的，雖然前者所帶是正電，後者所帶是負電。

正電子更另有一種頗奇怪的性能，牠們是會旋轉的。所有正電子都有同樣的質量，和都帶了正電荷，牠們的旋轉程度也是一樣的。牠們在核心裏面的旋轉許多性能是和旋動儀（Gyroscope）相似的。

我們知道電的旋轉和磁性有關。正電子的旋轉也是有關的。一個正電子便是一塊小磁體，依牠的旋轉方向生出了一個南極和一個北極。就質量、電荷和旋轉的一般關係來說，本來可以預計這塊正電子磁的顯

力。但是這個預計完全錯誤了，結果量出的強力比較預計的差不多有三倍。這個差異我們現在還不能了解，也許是正電子的性質和核心力問題的一個索引。

中子也和正電子一樣是會旋轉的，而且中子也是一個磁體。雖然中子是不帶電荷的，但是牠的南極和北極是和一個負電荷的旋轉一樣。中子的磁化問題現在尙沒有更詳細的解釋。

至少有一些原子核心另外有一種特殊的性能是會放射出電子。這些核心並沒有一點外來的感應，會忽然放射一個電子出來。大約是因為自然發生的一個電子在核心裏沒有地位讓牠留存着，所以便放射出來。而這一個自然發生的電子我們懸想當是由一個中子變為一個正電子的副產品。事實上果然不錯，因為當一粒電子放射出來之後，核心裏便少了一粒中子，多了一粒正電子。但這個適當的解釋還未曾得到。這樣由中子變為正電子和同時射出電子的神祕變化，也許是核心力量的性質和中子與正電子的構造多方面問題中的另一面吧。

上面所講的我對於我們已知的問題不多贅述，却祇提出無數的未知問題中的幾種。現在的青年男女都有無限量的機會來找尋偉大的發現，這個機會是從來所沒有的。更新的和更巧妙的試驗還等待着我們來設計，更新的和更深的思想與啓示的原理也等着我們來發現，方才核心的性質能夠完全的理想解出來。過去人們的偉大成就開了更廣和更澈底的研究場合，研究些我們上一代所夢想不到的事物。我們愈研究天然的事物愈感覺到天然的定律是更微妙和更燦爛的。我們相信下一代的科學家會接受這一個使命來做出新的發

明，而且提出些新的問題給再下一代的人們來解答。

(七) 原子研究中的同位元素

著者 Harold Clayton Urey

自從原子炸彈在廣島和長崎爆發了以後，我們來談同位元素 (Isotopes) 的問題似乎容易了許多。凡讀報紙的人諒都看見過同位元素這個名字，知道牠的存在，並都知道鈾——二三五是爆炸的一類，鈾——二三八是不爆炸的。我們也知道要製造鈾——二三五的炸彈是先要把這兩種同位元素來分開，而這個分開的方法即使分開甚少的數量也是工業上的難題。

雖然報紙上常常提同位元素這個字，同時我們看見這個字好像也慣熟了，但我相信讀者們必定對於同位元素的更仔細的研究會感覺興趣。——牠們究竟是什麼東西？我們何以要想把牠們來分開？又分開的方法應該怎樣？

讓我們首先來明白一下同位元素。簡單的來說，是同一種元素的不同重量的原子。

在上面第(五)節中貝德教授 (Professor Bethe) 已經討論過正電子，中子，和電子這三樣原始的東西。正電子是帶有正電，富於質量，而藏在原子核心的微粒。電子是帶有負電的微粒圍繞着核心來旋轉。第三樣中子乃是不帶電荷的，且和正電子一樣祇在核心裏才找得着。中子和正電子的質量差不多。一個原

子的重量是正電子和中子重量的和。(我們可以插一句說電子是太過於輕微，所以論及原子的重量對於電子的質量可以略去)

在一種原素內原子的正電子數目都是一樣的。例如拿鈷來說，無論那一種同位原素的鈷，每一個原子內的正電子數目都是九十二。但是有一種鈷的原子重是二三四，另一種是二三五，又另一種是二三八，尚有一種是二三九。因為每種的正電子都是九十二個，所以兩個數相減的差異便是中子數目不同的緣故。鈷——二三八的原子核心有一四六個中子，能爆炸的鈷——二三五的原子裏的中子少了三個，這便是同位原素的解釋。

你們會知道幾乎每一種的化學原素都有些不同重量的原子！——便是牠都有不同的同位原素。世上的氫差不多重一個單位，因為牠的原子核心裏面有一個正電子。但是有一部份的氫牠的原子核心有雙倍的重量包含了一個正電子和一個中子。別的原素也會含有同位原素的，例如炭便有兩種同位原素，氮也有兩種，氧有三種。

以上解釋同位原素想來已很清楚。牠們是同一化學原素的幾種不同重量的原子。不同的地方是用核心內中子的各種不同數目表現出來。核心裏面的中子較少的叫做輕的同位原素，較多的便叫重的同位原素。

但是我們為什麼要把同位原素來拆開呢？這個解答却極容易。因為拆開了以後，研究的人們才能各個分析牠們的性能。拿鈷來說，自從我們知道希罕的鈷——二三五是會分裂或爆炸的一種同位原素，於是怎

樣在出產較多的鈾——二三八裏面把這些同位原素拆出來，便成了一件主要的工作。

這個折分的工作是相當困難的。因為我們的處理同一化學原素裏面的幾種原子，這幾種原子的物理性能差別的很小。

水的簡單蒸溜便足夠把輕質的氫和氧的同位原素由較重的分開出來。輕的原子是蒸發去了。你們所喝的一杯梳打水所跑出二氧化碳（Carbon Dioxide）裏面的炭和氧的同位原素的比列，便和仍留在液體裏面的比列不同。這個蒸溜或化學方法曾經用過來分開氫，炭，氮和硫磺的同位原素，但是當我們把較高質量的原子來工作便不這樣容易，因為在較高質量的原素牠們的質量差異比起來甚小，所以在原子量超過四十的原素這個方法便不甚能使用，我們要試用新的方法。

如果你把一種氣體或一種液體放在兩塊板片的當中，使一塊燂熱，一塊凍冷，那末輕體的同位原素會傾向熱的一面移動，重的便會向冷的一面去，這個叫做熱力流散法。許多的原素可以利用這個方法。另外一個方法是使用離心力，在急速的旋轉當中，較重的同位原素會和較輕漸漸向外分離，這個方法雖然困難，但在許多種原素上可以應用。

在上面所述三種方法中——蒸溜，熱力流散，或離心力——却沒有一種能够在鈾上使用。這似乎是一件憾事，但也可以說是一件幸事。在戰事的觀點上，我們自然要這些工作做得越快越好，越可以縮短戰事的期間，但倘使鈾的同位原素的分開來得這麼容易，那末人們便可在任何角落工作起來，而無需建造大的

工廠。假使真能這樣的話，我們便不容易知道別的人們是否正在製造這些東西，整個管制原子彈的問題便不像現在的簡單了。

因為容易的方法不能生效，於是我們仍舊回轉到比較困難的方法去——先試用電磁的分析方法。在這個方法中先給鈾的原子一個電荷，然後將這一羣的有電荷原子在一強有力的磁鐵兩極的中間射擊出來，使這一羣原子隨着一個圓形的途徑，因為鈾——二三八的惰性較大所以抵抗磁吸的能力大於較輕的鈾——二三五，兩種的同位原素便這樣可以分析出來。

另外一種方法叫做流散方法，這是根據一種氣體的分子流過一樣有孔的物質當中有快慢不同的道理而來的。假如你設下了一個方法，使空氣能夠在一張吸水紙裏面流過，因為在大氣中氮較輕於氧的緣故，氮會較快的透過這張紙。同樣的道理，較輕的鈾——二三五的流動會比較重的鈾——二三八的流動來得快。但是這樣的分析法是很微小的，要使這個同位原素能夠大量的出來，這個方法是要繼續下去幾千次之多，這就是需要龐大製造工廠的一個原因。

那末將來便怎樣呢？因為鈾的同位原素是一件最難析分的東西，而我們竟能夠成功，我們相信任何原素的同位原素都可以析分出來。可是須知道我們為的是要製造原子炸彈，方才值得用大量的工夫把這個高價值的同位原素來處理。許多的同位原素我們不是這樣急切需要的，幾年以前我們尚不需要到鈾的同位原素，現在則鈾的同位原素成爲商業上的用品氫原素也被大量的析分出來，他日我們也許用到鐳（Radium）

）硼（Boror），炭和硫的同位原素。現在對於各種方法似不妨先來準備着。

我們現在正在一個偉大的新化學時代的開始——是一種有關於原子核心所生出變化科學。這種工作的一部份是關於取得這些同位原素來做這個研究。在外行的人們看來，對於已往的成就也許覺得很有趣，但在這一行工作和研究的人們反覺得未知的東西才是最有興趣的。特別是青年男女們應當了解科學是一個永無止境的世界。最有興趣的發明常常等待着人們來尋索。

在製造原子彈的方法當中，所生出有放射性的同位原素對於純粹科學和工業科學所用化學的和物理的方法的研究有甚多的用處。牠們在醫藥上也有許多用處。牠們不需要上面所講的析分的方法。同時氫，炭，氮，氧和硫的析分的同位原素也可以用來作同樣的研究。例如我們可以用穩定的和有放射性的同位原素，經過一個活的動物的體系，來追尋這個原素，食物中的氮如果係重質氮，可以經由動物身上所發生的複雜化學作用來追尋。有放射性的炭或重量炭也可以用同樣方法。在未來的二十五年中我們應當學會好些這樣的方法。

近年來我們常聽到許多關於科學的應用，大抵都是從和平或戰爭的應用觀點來作研究科學的評價。我却以為這個觀點是不够廣闊的。科學和文藝一樣是以牠的目的為目的，我們的根本目標是要研究自然現象中的基本問題我們要知道一切有關於重量原子核心的結構和性能。要知道正電子和中子是用甚麼東西來結着的。要知道原子分裂的詳細情形和何故有些是穩定的有些是有放射性的。要知道除了正電子中子和電

子之外，大自然中還有些甚麼新的基本東西像這一類的。同位原素的析分方法祇不過是研究這些微小而有力的原子核心的許多方法中的一種。

(八) 原子時代

著者 J. Robert Oppenheimer

在一九四五年夏天的一天，天尚未明的時候，美國新墨西哥州砂磧上一座 Jornada del Muerto 山給一陣光照耀了，這陣火光是人們從未看見過的。我們在場的知道一個新世界是擺在我們的前面，現在讓我來簡單說明在這個新世界中我們所看到的事。（譯者按：原著者原係美國加利福尼亞大學的物理學教授。在大戰期中担任了新墨西哥州 Los Alamos 原子彈試驗室的主任）

有一點我們應當弄清楚的，這第一個原子炸彈的爆炸並沒有甚麼新的自然原理發現出來。我們拿來試驗的炸彈是基於近百年來物理學的廣泛研究，牠的設計是基於物質放射性能的大原則，這個大原則在上世紀的末年和這世紀的起首三十年已得了出來。這一顆炸彈可以說是集世界上各處試驗室所得關於原子核心和牠們的反應的經驗所製成的。在大戰爆發的前幾個月才發明中子可以引出最重一種原子核心的炸裂，成爲兩個差不多相等的部份。核心的爆裂把大量的能力解放了出來，還發出了些中子，再來分裂許多的核心。如果物料和情勢是適合的，這個分裂會連續不斷起來。我們工作在軍事策劃中便是怎樣使這樣情勢來得適合。

如果這第一個炸彈的爆炸令人感覺驚奇，這個驚奇不是因為有甚麼大的發見，而是因為我們所想像會發生的事果然發生了。——用這個新式戰爭工具的物理學是一個真實的和可靠的領導。

除了極少的例外，凡地球上上面所用的原力都是從太陽裏所發生的核心反應而來的，在新墨西哥州所發生的那一種却是另外的一種，所受人們的管制也就不同。

人們的印象每以為原子能的控制和放出使人類社會上得到各種的應用，必然是一種嚴重和根本的問題。實行這個觀點是錯誤的。在新墨西哥試驗兩年多以前，在美國芝加哥的冶金試驗室裏會做過另外一個偉大試驗。在這個試驗裏我們佈置使一大塊鈾和石墨裏面的一個鈾原子爆裂時，由於所發生的中子又會發生第二粒原子的炸裂。這樣不斷的循環下去。這個試驗可能使原子分裂的速率和原子能放出的速率在一個簡單控制之下在一個較廣的範圍內加以節制。這是原子連環炸裂中自足反應的初次。

自從這次試驗之後，許多種裝置便設計和製造出來。每一種都能發生相當的能力。牠們的設計都是根據於保持着一個控制下原子核心的連環反應的。這些裝置有大的，有小的，所發生的能力也有大小。但都是製造原子炸彈中的一部份工夫，而且都具有一種共同的特徵：牠們都不是在發生能力之時會發出高熱度的。

使用這些裝置在足夠高的熱度下來發出能力使可以經濟發電或供給取暖用或工業用的蒸汽，這個技術問題似乎在最近的將來便會有各種式的解答。我們看來原子燃料的利用是會無限量的，所以我們可以看到

將來這種力量的來源在將來世界上經濟和技術上的應用，必定極廣泛。

但是一句警覺的話是要說的。一套這樣一千鈣的裝置，會發生放射十和噸鐳（Radium）的放射性相等。如果人們要走近這一套裝置，必須有一極厚層的防禦物，才能把這樣強烈的放射吸收下來。單是爲一個緣故，我們以爲將來汽車和飛機是不會使用這一類原子力的裝置。——除非有新的見解來代替現時的知識。原子能的裝置僅需用極小份量的燃料，這個事實每令我們想像是否可以將這個力量來推廣於經濟的應用。我們現時當不會廢棄石油和煤的燃料用途，所以雖然新的發電廠或會係數年後的事，但是日常生活中廣泛的經濟利用當必更在許多年以後。

正是爲着這些放射性用在發電廠不易管制的緣故，一般科學家看到了原子時代一個很大的利益。原子的放射特別對於生物學，生物化學，和醫藥的研究有極大的用場。無論在根本問題的研究，或疾病的治療，皆可供給一有力的工具。

這些發展將來會到了什麼程度？惟有時間和工作可以答解。我們知道除了上述的幾種外，即物理學也會有新的前途。試舉下開的一個例：在原子的核心中中子是來構造核心的一部份，但是並不在大自然中自由存在，使我們可以研究牠的性能。但中子却在連環反應中出現極多，我們便可以在這裏來對牠有些不甚熟悉的性能加以探索。在這個大的探索場中，我們所能看見的，有如航海家偶然看見一座冰山一樣，這真是探索的意義。

在新墨西哥爆炸的炸彈並不是一種被管制的力源，也不是一種探索的工具。——牠是一種戰爭的利器。在這顆炸彈爆炸了幾個星期之後，原子彈便在一九四五年八月六日和九日的兩天使用了來襲擊人羣的目標。今日大家都承認原子時代局面的重要了。無疑的原子的武器必將要繼續的製造，而且要大量的和廉價的製造，破壞能力還要比在新墨西哥試驗的來得更強。同時我們也覺得抵抗這樣武器的偷襲，或除了毀壞敵人基地或航空母艦以外的襲擊，在最近將來尙難望能夠產生出有效的方法。若謂經過幾次大戰的世界，人們爲戰術的緣故或人道的緣故便會把這些利器收起來不用，我實沒有根據來置信。

因爲戰爭利器的可怕，人們會以爲今後戰事將會止息了，因爲世界上人類技術上和社會上的互助日益增加，也以爲今後戰事也應當停止了。這兩個說法過去都說不通，但不一定從此都說不通。我們對於過去戰爭的日益可怕不應該就說我們便應當準備一次還要更可怕的戰爭。歷史不是抱了這個意義來準備寫下的。人們要創造一個世界，拿團結，法治，相互了解，和人道主義來抵抗一個共同的危難，才是原子時代的新真諦。

III 戰場上的利用

在世界大戰中科學家對於戰事之決勝實有重要的貢獻。雷達的發明，定距信管（Proximity fuse）的利用，砲彈瞄準的進步，原子炸彈的使用，和搜索潛艇襲擊潛艇利器的發展，都是科學家所創造取得勝利新方法的實例。科學家在他們的試驗室裏和實際戰場前綫的工作不獨創造了新的工具的，且因新工具的有效使用更生出新的戰術出來。

因為科學家在第二次世界大戰中的活動，和他們許多工作的成就，使得一般社會都認為戰事促進了科學的進步。這個結論除了少數的例外，可以說是全屬錯誤的。有幾位戰時的科學權威已經向社會說過這個結論是不對。因為國民對這問題有準確了解的必要，所以這裏不妨反覆申論一下。

第一，一般所謂「新」的發現在廣義上說都不是眞實戰時的產物，因為造成這些新發現的基本學說遠來自許久以前的太平時候。例如原子炸彈的發展係根據多種理論的和實驗的物理學中的基本發現，所有這些基本發現都是戰前的事，有許多還是戰前許久的事。

所以科學家在戰事期間祇是拿他們庫藏裏的基本知識和他們在平時所耐心研究的所得應用起來，他們以迅速的時間和不計犧牲的代價，應用這些基本知識來發展新的工具。戰時的科學會做出些可怕的靈巧出來。但因為戰事的關係，反使得做成這些新工具的基本原理每來不及繼續研究。

換句話說，戰事期間的科學活動大部份都是應用性質，有關於某一種器械的發展的。而這些器械又大都是破壞性的。所以戰時的科學活動不是生產性，雖然在戰爭中是極關重要，但一般來說，戰爭實在阻滯純粹科學的進步，妨礙科學人員的訓練，和降低科學知識庫藏的水準，危及將來更嚴重問題的應付。

雖然戰爭並不是有助於科學，但其中也有些重要的例外。例如醫藥的科學在可怕的戰爭試驗中有時得到了些進步。一部份外科手術的進步，血漿和血的誘導體的利用，新藥品的製造，有些流行疾病的控制等等，都是因為戰爭需要的緣故，和在戰場上同時同地有這許多可作試驗的機會，使得促進起來。工作人員在戰爭環境的中專心努力和在戰事期間較平常時間的不惜工本都是因為戰事而增進醫學上的進步。

即在物理學上也有些例外，譬如雷達和無綫電的長距離航行無疑的令到航空更為安全。為某種軍用而製的小巧無綫電管有助於較小較輕和較好的助聽器。手提無綫電機也頗得其用。因為戰爭而生產的大型電子計算機在各種科學場合中證明頗有價值。與製造原子炸彈有關的高度能力電波和有放射性的物質在生物學和醫學的研究上皆有甚大的價值。這也算是因為戰事而引起進步的。

可惜我們為這些所得付了太大的價值。為了付過了這很大的價值，也許戰爭所收獲科學的最大利益為使每一個國民都了解科學是能創造偉大事物的。牠是在國家的生存和力量上佔了重要的地位。平時的提倡總好過戰時的着緊吧。

(九) 戰場上的科學

著者 Karl T. Compton

在一九四五年八月日本投降的前幾日，我在馬尼刺會和克魯格將軍（General Krueser）談過一次話（譯者按：著者係麻省理工大學校長。在二次世界大戰曾負科學動員之重大任務。）讀者當記得克魯格將軍在麥克阿瑟將軍（General MacArthur）部下是一個戰略家。當時他的第六軍和巴爾貝海軍上將（Admiral Barbey）的第七艦隊密切合作，在菲列賓和新幾內亞（New Guinea）海岸實行連續登陸，並在日本較優勢軍力周圍作青蛙式的跳進，使坎尼將軍（General Kenney）的空軍能夠粉碎敵人，並逐漸向日本本土前進。

在這個談話當中我曾詢問克魯格將軍依他的判斷那一種的技術工具在他的前綫上覺得最爲有用。他的答覆是：「我們最主要的技術工具是推土機（Bulldozer），C四十七型運輸機，雷達和水陸兩用的登陸艇」。

後來我在日本東京會有機會眼看見當時新發明燃油的燃燒彈對於襲擊東京所發生的毀壞。祇有過兩次用B二十九型飛機使用這種炸彈便把人烟稠密的東京八十五平方英里的區域燒平了，剩下一百二十五平方英里區域內的房屋也毀了一半。當時東京的居民因爲逃避這種炸彈而遷離東京的其數目等於芝加哥（Chicago）城人口的兩倍。

後來原子炸彈出現了！第一次在八月六日，第二次在八月九日。到了十日的一天，日本請求投降了。以上便是在戰事末期在戰場上使用了科學的有戲劇性的實例。

克魯格將軍在新式武器中特別指出雷達為最有用工具中的一種。我們記得在太平洋海戰的初期，我們的艦隊會對較強的敵人打過一連幾次的勝仗，如中途島之戰和珊瑚島之戰皆是實例。這幾次的海戰是在夜間進行的。我們因為有雷達的應用，使我們的砲手在夜間可以看見敵人，而敵人却看不見我們。

在歐洲的戰場中也因為雷達的使用使英國在不列顛戰役中得有決定性的勝利。美軍也利用雷達和磁性探索器裝上載有炸彈和深水炸彈的飛機，襲擊德國潛艇，使牠們不能潛近美國的海岸。美國空軍又用雷達與新式航空器的配合，和精巧的投彈瞄準器，使德國的戰時工業和交通都癱瘓了。又在德國用飛彈襲擊倫敦的時候，英國亦依靠雷達，管制高射砲新的計算機，和定距信管三樣的配合和合作，來截阻這些德國炸彈，使整個倫敦城得免於大毀滅。這都是雷達在戰場上利用的實例。

人們很少了解戰場上需要科學家的親臨猶如需要科學家所發明的儀器一樣，才能使科學在戰場上作有效的表演。這些會被稱呼做「戰鬥的科學人」在近代戰爭上佔了極重要的地位。

所有技術上的發展當然有牠們的來源，發明家所用的心思和科學家在實驗室中的探索都是各種發展的原始。工程師是跟着發明家和科學家研究的結果來實施於工場上製造，再加以軍事上的觀察，使設計完全適合於軍用，於是新的器具遂製造出來使用。

但這個故事並不能就此完了。倘使這就完了，那麼這樣新發明的器具必歸於失敗。因為第一軍士未會使用這些新器具，或會保持其應用狀態，軍官或不知新器械的性能，或牠應用的範圍，未能在戰略上得最大的幫助。而且這些器械在應用的時候說不定會發現些意外的困難，為在實驗室內所未發現的，祇有前綫應用的時候，才會發生。因此科學家實需要跟隨他所發明的利器進入軍事訓練的中心，和前綫戰場，以便隨時照應和觀察。

前綫的科學家不但幫助軍隊來使用和保養這些新器具，而且時常就地設法改良這些器具，以應付緊急。他們號稱為「作戰的分析家」對於估計各種戰爭利器的軍事效用，和怎樣用來配合各種戰術，已熟練了。當科學家在「前綫」工作時，復時常將他們對於改進各項設備的意見送回後方的實驗室，或者要求後方實驗室趕緊製些新工具以應付新的需求。

當二次世界大戰初起的時候，我們還不十分感覺到科學家會遠遠離開了他們的試驗室，動員到前方工作。起初祇是陸軍部或海軍部有什麼問題時才動員科學家在後方給他們來研究解決。後來科學家對於新的利器和戰術漸有了自動的見解，在大戰的後期則科學家已親身參加每一處軍事總部，每一隻船艦，各處前進的空军基地，並出現於新幾內亞（New Guinea）的叢林，中國戰場的前綫，和攻入柏林的軍隊裏。在這些活動當中科學和軍事都是取得極好的合作。

美國有一個機關叫做「科學研究發展處」（Office of Scientific Research and Development）簡

稱爲OSRD。爲了指定文職科學人員在歐洲戰場工作，曾在倫敦設立了一個分處。關於雷達和無線電的防禦設備都在倫敦分設了實驗室。在這個OSRD指導下，總有四五百個美國科學家和助手到歐洲去工作。其中每週總有二三十人來往於歐美兩洲，和在美國基地的科學家取得聯系。在一九四三年OSRD的處長更設立了一個戰地服務的機構，來應付那時候的需要。

在戰地服務的人員中有些文職科學人員被陸軍部派往各地担任各指揮官的科學顧問。在陸軍的航空隊和海軍的航空隊裏面，都有成隊的文職科學家參加工作。

在太平洋戰場上，OSRD都組織了科學工作隊，在檀香山，必力士邊（Brisbane），荷蘭地亞（Hollandia），馬尼刺（Manila），和東京等處基地工作。並由這些的前進基地再看需要分發去較遠和較廣的地方。

當大戰的最後幾個月期間，麥克阿瑟將軍會設立一個特別參謀組，叫做「科學技術顧問組」這組的成立使科學和軍事的合作達到最高峯。麥克阿瑟將軍並將OSRD的太平洋分處併入總部內，成了一個正規作戰的單位，和陸軍，海軍，及空軍，有同樣的地位。這一組的主持人是文職科學家，而給以同中將的軍職。他們雖受軍職的約束，但在技術問題有應緊急處理之時，可以自由處理。

戰爭的經驗已顯示科學和科學家在國家的安全上實可發揮極大的效用，同時我們亦可看到將來科學的進步，科學人員的訓練，和軍事方面的合作必定繼續不已。這樣才能在和平時間維持國力與準備到一個相

當的程度。

此外還有第二個教訓。科學在戰場的前綫上已證明其效用了，但在工業的前綫，農業的前綫，和醫藥的前綫，都是同樣有效的。科學在戰事的動員，對於任務，合作，和公衆的擁護，已有了非常的表演。我們相信科學的動員在活動的和前綫上，對於任務合作，和公衆擁護能有更好的表演出來。

(十) 航空醫術

著者 Dellev W. Bronk

在第二次世界大戰中，一件令人不能忘記的經驗便是在黃昏的時候，站在倫敦劍橋大學三一學院 (Trinity College) 的牛頓 Isaac Newton 室外，注視以百計的飛行堡壘，飛過英倫海峽回到英國的基地。這些飛機的黑影很莊嚴地排列着。令人歎服人們對於機械的才能竟然能够抵抗地心吸力，將機器昇到天上。

一會兒在薄暮的當中，這些空中堡壘會在散佈的機場上面向跑道滑下來。當牠滑行的時候，可以看見槍手靜坐着揮手和人招呼，轟炸手坐在籠狀的坐位，飛機師慢慢把飛機停下了來。一隻大飛機好像人們來使動的一種儀器。這些飛機隊裏的人員在他們龐大的空中機隊中顯示出人類在天然的限制內拿勇氣和科學來解放出來的象徵。

人們努力來設法飛行已有頗長久的歷史。但是工程師們和物理學家每一種新的成就其用途常因爲人們

生理上的限制也被限制起來。須等待有關於人體的新貢獻才能有進一步的成就。

後來在一八六二這一年，有一位英國科學家到達了二萬九千英尺的高度。但到了這個高度便失了知覺。當他下降到地面並恢復了知覺以後，他對於打破人體限制的科學能力起了信心。他說：「我斷不會由我自己來設一個人類活動的限制，也不會指出大自然告訴飛行家不可再昇高的一點。如果真有這一點的話」他的信心事實上證明是對的。因為飛行人員現已能飛離地面六英里到七英里的高度了。

一位法國科學家貝爾（Paul Bert）首次說明在高空稀薄的氣壓下所以不能維持人類生命的緣故。他得了發明上昇氣球的幫助，拿人和獸來作高空試驗，結果他證明了飛行人員所以會在高空上昏迷，係因他們所吸入空氣中的氧分量不够所致。

從那次一直到現在，生物學家還在那裏研究這個必要氣體和維持生命的問題。這個研究證明了大腦裏面很細密的神經細胞需要氧的不斷供給。倘使氧的供給中斷了數分鐘，神經細胞便會失了作用，可以令人死亡。

為保護飛行人員使免於這個危險起見，航空醫生們在這次大戰中利用生理學家的發明，來計劃一種設備，使在任何空中高度之下，能供給每一個人所需要的氧氣。這個設備係用一儲備氧的桶，經過一活門，將氧輸入一蓋過鼻和口的面具。人們吸氣時便將活門吸開，讓氧流入面具，氧的分量看吸氣的深度如何。這樣使飛行人員自動的依他的需要來自管制氧的供給。因為有了這個設備的幫忙，軍用飛機乃能飛到四萬

英尺的高度。

但飛行到了這個高度，新的問題又來了。生理學家經證明在這樣高度大氣中的壓力，不能使足夠的氧經過人的肺部進入血管裏面。爲了應付這個需要，有些飛機就裝備不透風的密室，在這密室裏面用機械的方法來保持一個適宜的氣壓，氧的分量和溫度。科學家便能够使飛行人員在這密室內工作和在天然環境內一樣。

在這樣高空當中，強有力的發動機自然會依駕駛者的需要做出一種急速的動作，尤其在戰鬥機和俯衝轟炸機，有高速度和旋轉自如的必要時，這種急速的動作常會發生。冶煉師和工程師們對於製造飛機使能够抵禦在高速速度轉變時的離心力雖然成功，但飛機師的身體不能耐這個急劇的變動，這個成功也就不算是圓滿。

航空醫師和生理學家發覺當飛機轉一急變或俯衝後拉起機頭的時候所發生的力量，使人們心臟血液的輸送來不及抵禦這個力量，因此腦部的氧供給不夠，在空戰時容易失却視覺和知覺。生理學家爲了幫助入身來抵禦這個力量。特發明一種飛行衣，使飛行人員的心臟得以支持。當一個急轉變開始的時候，這件飛行衣自動漲緊起來，因牠漲緊所給予身體的壓力，可以避免過量的血液流進身體的下部，這樣可支持腦部的血液流通，來維持知覺。戰鬥機倘不是因爲有這樣的設備，使牠在現代戰鬥中能做急劇的動作，便會比較的失却牠的用處了。

人究竟是地面生存動物，他的動作都是給和地面接觸的知覺所支配的。視覺是這個知覺的一部份，同時地心吸力感應於神經細胞，然後由這些細胞將我們的動作和姿勢報告於大腦。但是當我們升上了空中的時候，我們是用機械的力量來超越地心的吸力，我們對於地心吸力的感覺便有不同，跟着便是錯亂的開始。在飛機急速轉彎的時候，因為離心力的影響，使地面覺得傾斜了。有時飛機要翻跟斗，又會感覺天的地位變動了。雖然人的視覺可以幫助改正這個錯誤的感覺，來保持一個正確方位的感覺，但當天空有雲或在昏黑的時候，飛機師便不能在空間中確知其地位，在這裏應戰也便不可能。這些問題都是二十年前的問題。自後研究身體對於空中飛行的反應已解釋出來人們不能盲目飛行的緣故，因此促進了幫助人們感覺各種儀器的發明，使人們對於飛機更能得安全和完善的利用。

以上三個實例都可以表明軍事飛行進步的方式。物理學的研究生出了許多新的發明，來給人們新的能力和的自由。因為這個能力又生出人們生活的新方式。但在生物學家明瞭人體在飛行時的情形以前，人們還不能盡量使用飛機來達到牠們困難的任務。

醫藥科學對於我們空軍的任務不僅限於實驗室或工廠裏面。無論在美國的練習機場，在英國的轟炸基地，在太平洋島嶼上的降落站，和在法國的戰鬥機場，都有科學家和生理學家來使用新的科學。幫助我們的飛行人員。選擇飛行人員時自應先挑選身體足以抵抗空戰工作人才，同時每人亦須加以訓練，使知道其本身體的力量和可以担負的範圍，然後再配以相當之設備，使能應付飛行或遭遇敵人的困難工作。

科學是左右未來世界前途的，但機械和技術總離不開人的意義。物理學家，工程師，生物學家，和生理學家的合作，能給飛行人員的飛行能力，也必須在人力和天然限制範圍以外給人們改進一般的生活。

(十一) 微波

著者 Lee Alvin DuBridge

微波 (Micro Waves) 即是普通廣播的無線電波，不過波的長度很短，週率亦很高。我們知道波長是和週率有直接關係的，當波的波長短小了，震動的週率也就因此高了。

我們在家裏所收的無線電廣播，普通的波長大約在二百至六百公尺之間。這便是廣播的電波有一英里之十分之一到三分之一的長度。牠們的週率便是由三分之一英里波長的每秒鐘五十萬次的震動或週動到十分之一英里波長的每秒鐘一百五十萬次的週動。假使你的收音機可以轉撥到短波上如用在和歐洲（譯者按：指美國和歐洲）通信的一種，那末你可以收到波長二十五公尺或七十五英尺左右。在大戰以前普通使用的最短波長大約長一公尺半或五英尺。這個一公尺半長的音波便有二億週的週率，或簡叫作二百個百萬週，(Megacycles) 比這個更高的週率的無線電波在那時候還看作實驗室裏的新奇東西。

現在的情形不同了。經過多年軍事研究的結果，僅十公分或四英寸長的無線電波已是很普通，甚至短到一公分或不足半英寸的電波現在事實上也有了。一公分波長的週率是每秒鐘震動二萬億次。

這種極短的無線電波便叫做微波——大抵指二十公分以下的波長。在大戰期間這些高週率的無線電機

不但僅在實驗室裏搬出來，事實上在戰爭中止以前已有價值二十億美元的使用微波的雷達設備經已製出或在製造中。在五年的期間中這件偉大的發展和製造是在軍事嚴密保護下祕密進行的。

微波的自身並不是有什麼新奇或革命性的。物理學家和工程師在實驗室中試驗微波已有多年了，因受了戰事需要的影響，微波才應用出來。

有兩件事使促成微波應用的。第一件是一九四〇年英國伯明罕大學的兩位物理學家阿里芬（Oliphant）和蘭德爾（Randell）發明了一種很小的金屬真空管，第二個影響是另外一種——龐大的國際科學和製造事業的組織，拿出五年的工夫來集中於這一個問題。

讓我們先看這個小的真空管。在美國參戰一年有多以前，英國已將這樣的真空管帶到美國來。當時知道係一種有極穴的共震磁速管。磁速管是在磁場裏面作用的真空管的一個總名稱。在大戰以前許久已經有許多種出現。有極穴共震的磁速管，牠裏面的震動電路是在極穴中經過的，這兩位英國物理學家發明這些極穴的排列和其他的佈置，使這個真空管能够在極短波長和極高效能之下發生極大的能力。

以前所製的短波真空管所發生的能力甚小，需要有一樣感覺極敏的儀器才能把牠顯示出來。但這個新的真空管發生了這樣大的能力，即使拿一塊鋼絲絨靠近了牠就會立刻燒起來。當物理學家向工程師初次使用這樣真空管的時候，他們的驚異是難以形容的。這樣的能力在三萬億週率之下是從前所認為不可能的，但五年以後推想當時的一件認為奇蹟的事，已覺得祇是一件事情的開始。今日的磁速管比從前的已有一

百倍的力量，牠們可發生高週率的力量到了一千瓩。

但是一個真空管不能製一套雷達的。戰事的急迫需要遂令我們拿出科學的工程的和製造的龐大力量來，趕緊製造微波雷達。

一九四零年的夏天，美國國防研究委員會（後來改做ORD的一部份）開始把這個工作組織起來。得到了英國當局合作的保證之後，美國的陸軍部，海軍部，美國的工業界和國防研究會合力在麻省理工大學裏設立了一個微波試驗室。這個試驗室後來擴大到幾乎有四千個工作人員，成爲龐大國際科學研究合作的焦點。這種合力的結果，使每一個戰場上都有了微波雷達的應用。

微波是頗會令人感覺有趣的。微波和普通無綫電波一樣，祇是波長不同。但是電波的短令牠有時會顯示出和光有相似的性能。譬如一根微波的天綫和探射燈有些相像，拿兩極天綫，放射微波的喇叭，和拋物綫狀的反射體三種技術的混合我們可能發生和向空間放出微波的射綫，其形狀和清晰的程度可隨意調節之。如果用微波的天綫來作收報那末這個天綫祇會收到一定地區的能力，他處則收不到。

微波射綫裏的能力可以很尖銳的集中起來。在大陸上由某一點至某一點間無綫電或電視的傳遞，甚至電話的傳遞，利用這些射綫比較經過電綫尙較爲經濟。但因微波的射綫在空間中祇能循走一直綫，而不能由大氣的游離層反射回來，所以要橫過大陸的傳遞，這個射綫須由距離三十至五十英里的高塔一個一個的輾轉放送。

在幾碼的短距離中的傳送，這個微波的射綫更可能集中使經過一個金屬的空心管，這個管叫做電波引導管。這個電波的奇異性能在大戰以前已在麻省理工大學的貝爾（Bell）電話實驗室裏研究出來。這個電波引導管可以有圓形的或方形的，但是牠的大小須和波長有適當的配合，電波越長管越要大。

引導管可以有轉彎和扭轉的，如果經過適合的設計，射綫經過這些彎轉不會有損失。甚至能撓曲的金屬管像普通的軟水管也可應用微波，有如水一樣，不管是直的是撓曲的，都能經過。甚至可以在管的一端加上一個管嘴，使電波放出像水花一樣。不過在這一特點電波的性能和水却完全不同。如果管嘴是一個喇叭形的開口，微波會縮成一細窄的電波，如果管嘴是狹窄的，電波會散成一個圓錐狀。

因為得到微波的狹窄射綫才能給雷達以尖銳的視覺，使雷達在軍事上的應用如轟炸和砲擊的管制有了重要的作用。

微波的下一個廣大用場將來會屬於電訊方面。在這些超高週率之下，大氣的靜電子擾便不復存在，兩點間定向無線電通訊，由一船艦至另一船艦，由地面至飛機，在應用上都屬可能。所以人們用一個尖銳的微波射綫幾乎和用一條電話專用綫有同樣的便利。在一個微波區域內可能有數千條的無線電路，使每一架飛機都可能有的專用週率通路。

此外尚其他的應用可能——熱的感應，工業控制和物理學研究。很有趣的便是這些微波和光綫，紅外線，紫外綫，及X射綫的波動相似，祇是波長和週率不同。牠們都是電磁性的放射。如果電磁的波系有一

新的部份能够應用起來，我們簡直難以預料牠應用前途。我們祇知應用科學一個新的場合已開放了。經驗告訴我們，當這個場合開放了，許多種想不到的事會在未來若干年內出現的。

(十二) 直昇的飛機

著者 Igor Sikorsky

過去十年來各項飛行真有極輝煌的進步。流星似的噴射推動飛機飛行的速度超過美國南北大戰時所用砲彈的速度。大型的運輸機和高空飛行的飛機以極快速度和大量載重定期的橫跨大陸和海洋。此外尚有多種特殊型式的飛行器都是證明航空在平時和戰時的重要地位。

雖然飛機已有了莫大的發展，但在關於飛行的兩個基本意義中，飛機祇能達到一個——即飛機可能在空中自由的採取任何方向飛行。惟飛機的一昇一降無疑的都受了飛機場地點的限制，而機場每每離市的商業中心或住宅中心甚遠。一輛汽車可以載一客人由他家中一直送到目的地，但飛機祇能由一個機場送到另一個機場。因此怎樣創造一種飛機使牠能够和一隻鳥一樣可以不受機場跑道的限制，而能够在一小的地面甚至四週有障礙物的地面升降，又成了航空工程第二個久待解決的問題。

很奇怪的，人們開始夢想飛行時却是趨向於這一類的飛機，使牠能够在一個小的地方便可以飛起來。這個直昇飛機的答案一直未能解決，到一千九百四十年以後方才成功。

直昇飛機的基本原理不外是用一個或多個發動機由引擎直接發動，發生上昇的力量，把飛機直向空中

飛起。這個原則本來非常簡單，但在事實上却需要許多問題的正確答解，而這些問題都甚困難，所以人們對於直升飛機的成功一直懷疑着。

經過一長時期的深切研究和工程上的發展，尤其在過去五年間的努力，已把這個疑慮完全消除，直升飛機現已成爲一種安全可靠飛行器。牠不需要在任何滑跑，即能直昇起來，在空中盤旋一下，便可以向前，向後，或向兩旁飛行。其飛行速度可由盤旋不動以至這機的最高速度。直昇飛機可以在空中載帶客人，當牠盤旋的時候可以送上行李，並可以讓機匠換下一個螺絲帽，或取下一個輪盤另換上一個。直昇飛機時常可在一間小屋的屋面升降，人家的後院即使四圍有別的房屋和樹木也可以降落。有許多地方是別種飛機所絕對不能降落的。

直昇飛機的可能用途可以在下面幾件事實顯示出來。在一九四四年的一月初，紐約港內有一隻輪船發生了爆炸。死傷人數很多。當時爲救活傷者起見，立刻需要血漿來使用，因此立刻用了一架直昇飛機，由美國海岸防護隊的隊長駕駛，降落於紐約鬧市的砲臺公園。由此裝上兩箱的寶貴血漿，雖在大風雪惡劣天氣之下，竟在十四分鐘內送到史塔頓島上（Staten Island）的醫院去。其時醫師正迫切等待着，這些血漿，送到後立即得以應用來救活許多人命。

有一次直昇飛機在長距離飛行中表演了牠的成績。這一次有一位美國陸軍上校駕駛一架直昇飛機不着陸的由華盛頓飛至奧海奧州的戴頓城（Dayton, Ohio）。以不到五小時的時間對付迎面的風完成了四百

英里的飛行。

直昇飛機的特出性能是在各種可能之下救活人命。有多次直昇飛機深入不易到達的地帶來救出受傷或在危險中的人們。有時飛過長距離的野林地帶或飛過數千英尺高山來達到拯救的任務。

拿牠們現在的成就來和四年以前的情況比較一下，是很有趣的。四年以前美國的直昇飛機最遠的飛行尚不够一英里，飛行的最大高度僅及七十五英尺。那時候全過西半球還沒有一架這樣的飛機，能有這個成績。

我本人担任過幾次直昇飛機試飛的機師，包括最早的一九三九年十月的一次。這是最有興趣的開山工作。當我們對於理論上和實際上都沒有甚麼資料的時候。我們便來設計和建造一架直昇飛機。當我爬上去駕駛室。我還不知道怎樣去駕駛，我所知道的祇是管制的動作和普通飛機甚至和人們所曾製造的一輛汽車都完全不同。這是最感興趣的時候，也是工作最困難的時候。有時令人生了希望，有時又會令人失望。要使得到足够的上引力來升起這一架飛機似乎並不難，事實上已經試過多次。但是還有許多問題，特別是控制和平穩的問題十分困難，令人有一個時期認為直昇飛機的成功恐怕還遠着。

但是因為工程師人們的努力工作，果能克服許多困難，最後已產生一真正成功的直昇飛機，有了精密和適合的管制機能，因此直昇飛機已經不再是一夢想而是一事實了。美國陸軍部看到了直昇飛機未來的潛伏價值，特訂製一大批，更使得這項製造得以擴充和發展。因為有了這樣幫助，使得更大的研究和試驗工作

能够進行，結果產生了更精密和力量更大的直昇飛機，可以乘坐好幾個旅客。

直昇飛機中一件最有趣的事物，為可能使用膨脹的橡膠袋來作降落的工具。用了這個工具便可能在地面，在水面，在沼澤地上，在深雪中，甚至在一層薄冰上，皆可以起降，因為如薄冰層破了，這個飛機總是可以浮起的。這樣型式的飛機可以說是人類發明和使用運輸工具中之最萬能的。例如在一個沼澤或鬆浮的地面上，不獨平常一輛車，即使牲口或行人走過也許會發生阻礙或危險，但裝有橡膠浮輪的直昇飛機却能絕對容易和安全的在此昇降。

在直昇飛機上飛行是很感覺興趣和愉快的。當駕駛人將螺旋槳傾斜控制桿稍事移轉飛機便直昇起來，在離開地面十呎或十五呎高度的時候，飛機好像停了不動，等待另一個控制桿——稍為推動，飛機便會立刻向指定的方向，或前或後，或向旁邊駛出。這都令人發生一種特殊的感覺。有時以為近於夢想的。

但是我們須知駕駛一架直昇飛機比較駕駛一普通小飛機需要的技術是一樣的，有時還要超過些少。目前和最近將來製造的直昇飛機都需要優良的專門機師來駕駛，和有經驗的機匠來保養。現在大約還需要幾年時間的工夫來簡化直昇飛機的管制，使普通一般飛機師都能安全和經濟的使用牠。至於小型的或較輕的公用直昇飛機可以載運郵件，快信，和旅客。由小降落場或屋頂開至附近的工業，商業，或住它的中心。牠們特別的功用至由這些中心接駁客人和郵件至大飛機場去。下一次的發展當是直昇飛機應了出差的任務，隨時乘客可以招呼乘坐。很方便的和很快的送客至所指定的地點，而不至受交通擁擠或須繞道的限

制。最後當會有小型簡單的直昇飛機供給私人專用。

綜括來說，我堅決的相信在未來的十年當中，直昇飛機會證明是我們有用的忠僕。牠會支持一樁大的新工業，和許多的附帶工業，我們將來可住在優美而省費的鄉間，而仍然可享便利迅速的交通。牠對於運動，遊玩，探險，踏勘，科學研究，和無數的他種用途，啓發了夢想不到的可能性。如設備做救護式救火之用，便是一件意外事件的最速援助。它會更擴大我們的國土，因為它會開闢了住宅區，運動場，鑛場，漁場，等等新區域，爲目前缺乏交通方便而不能盡量利用的。在飛機的製造中這個小巧的新生物無疑的會有很大的前途，我相信在幾年之內，直昇飛機會成爲一件人人常見的東西，和大衆所最感便利的交通利器。它的應用範圍爲任何其他運輸工具所比不上。

(十三) 航空的進步

著者 Jerome C. Hunsaker

汽車和飛機在本世紀的開始已有了基本的發明。汽車已完全改變了美國人的生活，飛機在最近的將來也會有同樣的影響。

因爲科學的進步，使飛行一事得趁了這個機會發展出來。要不是時會到了，飛機也不會到現在的 success。牠是和汽油，金屬，電力，和工具同時出現於技術世界的，也是因爲在十九世紀時間各項科學研究有了基礎，才能乘時而生。飛機從牠的誕生時候計起，可說一直是幸運的。

飛機和別的新生事物一樣，初時總是沒有甚麼用途的。但是自從賴特氏兄弟（Wright Brothers）的發明開始了這個幼小工業以後，美國社會便立刻哄動起來。因為美國的一般人早就想能够飛上空中，政府對此也便注意起來，由技術的進步引出了經濟的計劃。飛機製造工業因此不需要經過通常一長時間的慢慢生長，便可立刻開始為進一步的研究工作。

一九〇九年七月二十五日，星期日，伯理歐（Beriot）的法國小型單翼飛機飛過了英倫海峽。從這日起，英國已不復係一個被海洋圍繞保護着的島國。而英國對於伯理歐飛行的重要性也就立刻注意起來。英國的首相便在這一年請出了一位大物理學家理萊爵士（Lord Rayleigh）來主持一個航空顧問委員會。這個委員會內網羅了英帝國化學和工程的領袖人物。

同時德國政府也呼籲科學界注意飛行之事。用威廉大帝基金的名義，補助了哥廷根大學（Göttingen University）在浦蘭特爾教授（Professor Prandtl）主持下航空研究實驗室的經費。後來這個實驗室對於我們關於航空力學的學識有了極重要的貢獻。

在美國則有組織的航空研究事業開始於一九一五年。當時威爾遜總統提出法案要求國會設立一國立航空顧問委員會，來進行航空問題的科學研究。三十年來這個委員會供給了不少的研究資料。

航空問題的研究開始即得了政府的資助，所以牠的進步來得極快，而範圍亦極廣，我們回想一九〇八年賴特氏的飛機僅能飛每小時四十英里的速度。第一次世界大戰時戰鬥機每小時一百五十英里的速度已算

很快了，但在最近一次大戰所用的戰鬥機有超過每小時四百英里的速度，噴射發動的飛機更遠出每小時五百英里的速度。

上面所述不過是拿速度來表技術上的進步，若拿航程或載重來比較也可以一樣表示出來。伯理歐單人所駕駛的小飛機僅飛過三十英里的英倫海峽，比較今日由美國飛到歐洲或遠東每小時都有出發的大型運輸機可顯示實際的進步。

讓我現在拿下面一個例子來顯示怎樣由科學的研究進入應用上的進步。

賴特工廠曾經用金屬板片彎成各種機翼小模型在風的流動下試驗何種為最好的曲綫型。他們的試驗正確的估計到這些薄的機翼每平方英尺有多少上升力。爲了飛行時能够承受機身的重量飛機不獨需要大的機翼，而且機翼的本身又要較輕。這個結果迫使賴特工廠改用雙翼的製造。雙翼機是滑翔機首倡者山諾氏（Chanute）氏所創製的。

雙翼機的製造需要翼間的支撐和聯繫，這些支撐和聯繫物都是露出來而防碍速度的。所以自然的改進便是把雙翼的面積合併於單翼，成爲單翼機。這樣可將雙翼的外面支撐物除去。

正在這一點上，流體力學的基本科學進入了這個問題。她顯示出飛機的上升力是來自機翼上面和底面壓力的差異，而這個壓力的差異是由於加速翼面空氣的流動慢却翼底空氣的流動而發生的。

這個理論顯示使用厚的機翼時上面的曲度要大。底面的曲度要小，才可發生必要的速度差異。這個用

厚機翼的理論不但使厚翼的上升力和薄翼是一樣，而且這樣形狀的機翼對於空氣的阻礙較小，因此向前推動的阻力也較少。因為構造較厚的緣故，單翼的飛機可無須由外面加以支撐而足夠堅固。所以第一次大戰過後不久，因為單翼飛機的效率較高，雙翼飛機遂覺落後。

但是進步是漸積的。當厚的機翼證明適用之後，結構上的研究更啓示我們倘使建造機翼和皮船一樣用一層堅韌的皮來代替織物的包裹，可使機翼更爲堅強。起先曾用過夾板來作面層，在一九二〇年的時候夾板的風乾程度不夠，也就覺得不盡安全。

因為冶金科學的成就，產生了一種鋁和銅的合金叫做強鋁（Duralumin）。質既輕，力又強，用作飛機翼可使翼厚而不須支撐。現在強鋁已成爲機翼的標準材料。由於科學研究所得關於航空力學結構原理和冶金的新知識，使得今日可裝成全金屬的飛機。

飛機的厚翼還有一樣重要的用途。我們看見鳥類在飛行的時候每把兩隻腿縮入體內，這當然爲的是減少牠們飛行的阻力。那末飛機爲什麼不可以把一對降落輪在飛行的時間也縮起來呢？這問題發問是容易的，但飛機倘使用薄的機翼，便沒有相當的地位來容納這對降落輪。直到使用厚翼之後，設計者方才能够加上一機械，使飛機飛起來的時候，這對降落輪能够疊起來縮入機身內。這點進步是對於飛行速度關係很大的。

現在每一架飛機的每一小部份，和飛機上的引擎，螺旋槳，無線電，槍砲，和炸彈，背後都有一種研

究和探索跟隨着。我現在因爲軍事安全關係，不能把最近研究結果使用於我們陸軍飛機和海軍飛機的情況都說出來。但我可以說這些新的知識現在應用很快，而研究的結果一部份已經在軍事上應用的也推廣到民航去了。

現在已有些信號告訴我們將來可能來到的事。我們回憶飛機是因爲有汽油引擎而才能出現的，汽油引擎也便是飛機的心臟。單一個引擎的力由一九〇八年賴特氏雙翼機的四十四馬力發展到新式轟炸機或運輸機每引擎三千匹馬力。可是再要增加引擎的馬力已日漸感困難。這個原因使我們相信我們已靠近這種引擎的經濟限度了。

在另一方面，燃氣渦輪（Gas Turbine）已證明在強大的單位中效率是最高的。牠的實際上應用，視乎有無新的合金可以抵禦高熱度，因爲渦輪的薄片是會到紅熱的。所有我們的轟炸機已很成功的用過小型的廢氣渦輪來發動高空增壓器。最近的噴射式戰鬥機都有一具燃氣渦輪來發動一壓氣機，供給噴射器所用的燃氣。

現在極高的速度已是可能了。近乎音速的每小時七百五十英里高速度是否能在商用飛機上應用自還屬疑問，但在軍用則速度自然愈高愈好。

許多方面的研究是關於安全的。例如研究關於冰結的物理性能使我們能利用引擎放出的熱力來防禦飛機面層使不能有冰塊結起。又如大氣中電氣性能的研究告訴了我們防禦觸電的準備。又如高度週率無線電波

的研究給我們帶來了無線電儀器，增加了航空的準確性，避免空中的相撞，並在視聽不清的時候使降落得以安全。定期的空運終必不會感受到天氣的防礙而仍能依時飛出。

飛機的公衆使用今後必定跟隨飛機的成績經濟，和安全的進步而推廣。由科學的研究所生出技術上的進步，必定使航行更有不斷的發展。

(十四) 原子能和醫學

著者 Stafford L. Warren

自從近來原子能的應用有了急速進步之後，醫學上也就有了幾種革命性的變遷。我現在特別提出三種的發展。

第一，全部新型的工業衛生在原子能委員會所管轄下的各工廠中產生了出來。（譯者按當時美國爲國防上秘密和安全起見，這些原子能製造工廠都是用曼哈頓區計畫（Manhattan Project）的名義來掩護。）這樣新型的工業衛生給人們保障了對於放射的危險和新的毒素傳染的危險，對於這些新毒素，我們以前是沒有經驗的。依據初步把動物來作廣泛試驗的結果，我們定出了些新的規則出來。我們爲紀念發明X射綫的羅恩根氏（Roentgen），把放射的單位起了個名字叫做R。我們研究的結果顯示每人每日最多能暴露於十分之一個R的放射，至少在目前經驗之下。這樣有關原子炸彈製造廠所發生的工業衛生新標準將來必定會在工業原子能工廠中有重要的應用。這樣的工作原子能製造在將來經濟上定居一地位。

第二樣發展是起於原子戰爭所可發生的事。由於在日本施用原子炸彈所發生的結果，和在比基尼島（Bikini）試驗原子炸彈所得的資料，可見得原子戰爭實給一般人民以嚴重的危害，這個危害可包括一極大的面積範圍。譬如在一個海港，倘在海面下有一顆原子炸彈炸發，可能令港上寬十英里至十五英里長約四十或四十多英里面積內的水都毒化了。所以在這個原子世界，我們需要一個廣泛的教育計劃，來宣傳防衛的方法。不獨須使醫生和護士要知道，即全部人民也須知道。

第三個革命性的變遷是在研究中同位原素技術的擴展。同位原素技術這個名稱，是由於物理學家起了同位原素的名稱來給予同一化學原素中的不同原子量的各原子。這些原子有些是不穩定而有放射性的，有些是穩定而無放射性的。我們早便知道有某種化學原子可能因在迴旋加速器中被中子所射擊的作用而令其暫時有放射性，但在鈾堆中原子能放出的時候同位原素便大規模的生出來。

同位原素技術這個名詞的意義，是指在研究中或在醫藥療治中使用人身主要營養物裏面幾種化學原素的同位原素，包括穩定的或有放射性的形狀。化學原素中如炭，磷，碘，鐵和許多其他原素皆屬此類。

在原子炸彈發生好多年以前，生物學和醫藥學研究者已經使用有放射性的同位原素來作研究人類生命探索。因為由於炭，磷，碘，或鐵原子的同位原素所發生的放射，便可以指示在人體某一部內有這些原子的存在，而尋找這些存在的原子對於研究的價值和對於試驗醫治某種疾病的價值，在大戰未發生以前我們

已抱了些希望。現在則因產生原子能的副產品，會得有放射性的同位原素有了大量的供給，所以用場也已有了大的規模。

以上所述的三種發展對於醫學上的研究醫學上的應用和醫學上的教育都發生了極大的影響。此外我們將來尚需要一種專家叫做『衛生生物物理學家』，這個衛生物理學家須先受基本物理學和工廠安全技術的訓練，將來所負的任務和衛生工程師相似。

原子時代的醫學教育須使學生入醫學院以前即行開始。為預備學習新的醫學，一個學生須要基本的物理學和化學的良好基礎。物理和化學是包括核物理學和放射性化學。

今日的醫學院已發展一支新的生物物理學。生物物理學的發展是靠各種新儀器的利用——如X綫光儀，電子顯微鏡，迴旋加速器之類。這些儀器的利用實使得醫學研究有極大的幫助，我個人認為臨床以前或病床時期的研究將來一定會趨重於生物物理方面。

生物物理學的發展又和原子能的發展有關。原子物理學家所習用的小巧儀器——如蓋革計數器（Geiger Counter）氣體游離室驗電器，和其他量度放射器——在醫學上的生物物理學有很大的作用。我們因為有這些儀器的使用，使我們能够盡量發展同位原素的技術，並可能在任何一樣生物標本上計算有放射性同位原素的數量。這種工作我們需要研究綜合化學的化學師，醫學的生物化學師，和物理學的化學師，來一同合作。

他們還須和有機化學師，物理學家，生物學家，醫學研究者，和生物學研究者，這一羣人攜手。——在許多醫學場所單獨研究的時期已過去了。將來在人體內同位元素踪跡的計算，拿有放射性物質來決定血液的數量，計量醫治甲狀病放射碘的傳布等等技術，和有關的技術，會成爲醫院裏面專門工作者的標準程序。

將來到了在更複雜的環境來進行更廣泛研究的時候，也許要拿放射性炭的原子和其他同位元素給予化學師，請他拿這些原子直接做成一種化合物，再拿來研究對於人體上所發生的作用。在綜合這些化合物的時候，這位化學師也許要把弄大量的有放射性物質，因此他需要知道他的工作的危險性。例如他所用餘的廢棄物品尚要先爲擺放，等到不會發生危險的時候方可棄去。凡用放射性物質來作實驗的房舍更須施行各種防備危害的規則。因爲大量放射性的物質可能令到實驗室內一切器物 and 排水的設備都可以因此帶有放射的毒性，致令在裏面工作的人們受到危害。

這種防備的工作並不需要和原子炸彈製造廠所用的一樣大的範圍，但性質是一樣的。實驗室裏面需要帶上橡膠的手套，穿上特製的衣服，須有特製的通風設備，衣服也須要特殊的漿洗等等。這樣說來似乎有點可怕，但類似的防備方法早已在微菌研究室和外科手術室採用了。

這些新的同位元素技術施用於醫藥上的研究真有革命的功能。試想一下我們人體內所用的糖質和炭水化合物。這些物料都是含有炭質的，脂肪和其他許多營養品也是含有炭質的。在從前未曾用過同位元素

探索物的時候，要研究一種化合物的來源和去處，祇能用間接的推測。在今日則探索的同位原素可能把一顆分子經過人體內的路綫清楚的指出來。又試想一下酵素（Enzymes）維他命，（Vitamins）和內分泌素（Hormones）的作用，可用這個技術來顯出。脾臟素（Insulin）的祕密可以顯示出來。這個探索的同位原素令我們可能研究在生物細胞裏面的物理組織和每一個細胞在內部的作用。我們要知道癌腫性的細胞和所由來的普通細胞有什麼不同？何以癌腫性的細胞會麻醉了普通的細胞？何以癌腫性的細胞會傳播到身體的其他部份，而在普通的細胞下生下根來？

同位原素的探索技術或者可能對於上面所述的迷惑發生些光芒。我們希望着許多的研究工作人們能夠找出些物料爲癌症所單獨使用的。如果這樣物料能夠找出，我們便可能用綜合的或其他化學處理的方法來把足夠的放射性同位原素引入這個物料裏面，來構成像一種渺小的定時炸彈，使得毒癌吸收這個物質的時候，放射性發出來，便把癌的毒細胞毀滅了。

總而言之，我們可以相信在未來的一二十年裏面，放射性同位原素的研究需要一大羣生物學家和醫學家的智慧和力量。他們的工作對於許多疾病的打倒，人類痛苦的解放，和加增平均每個人的有用壽命定會有很多好的收穫。

（十五） 大戰期中醫學的研究

著者 Alfred N. Richards

在一九三九年的時候，美國有些人已料到美國必將被牽入戰爭，其中有人亦料到科學的運用必定會幫助來爭取勝利。由於這個遠大的眼光，政府於是專設機構來運用科學的準備，以補充軍事力量的不足。一九四〇年國防研究委員會成立了。在這個委員會之下，化學家，物理學家，和工程師便動員起來。他們所下的工夫現在認為爲了關於雷達，定距信管，水陸兩用運輸器具，和原子炸彈發展的責任，在當時已立刻受了人民的注意。所以羅斯福總統在一九四一年又下令設立一個醫學研究委員會在醫藥科學範圍內負了同樣的責任。在同一命令上又成立了一個科學研究發展處（OSRD）。兩個委員會都在這位博許博士（Dr. Bush）指揮之下工作起來。

那時醫學研究委員會的工作因得國立研究院醫藥科學組的合作，而甚感順利。在成立幾個月之前，陸軍海軍的總醫官們和他們的人員已經和這個科學組的主席所邀攬的小組專家不斷的商討有關軍事醫務的問題。這些小組的人員有數百個之多，都做了醫學研究委員會的顧問。因爲他們對於醫學急切問題的熟悉，使得醫學研究委員會得立刻開始定了一個研究的計劃。

當時提出委員會有關需要新的學識是些什麼問題呢？若要一一表列出來那那些題目恐怕這本書也不會容許有這麼多的篇幅。其中一個共同的目的便是怎樣就我們已經知道的事物來擴大們的應用，使得前綫的戰士對於傷害，疾病，曝曬，和疲乏不管在訓練營裏，在軍艦上，在途中，或在戰場上，也不管在北非的沙漠，在熱帶的叢林裏，或在北冰洋上，都得了較好的保障。

他們的工作可以拿下列幾種廣泛的需要種類顯示出來。

怎樣找出一種實際應用方法，補充傷者的血液，來避免或挽救傷者的昏迷。這個方法須在戰場上和醫院裏都能應用。

怎樣最好方法使用消炎藥品和防禦微菌的藥物，來管制傷口或灼傷處的發炎，怎樣使得傷口快合和恢復。

怎樣給我們更進一步的保障，抵抗上次大戰中死亡率最高的幾種疾病，如流行性感胃，肺炎，和毒氣的傷害。

怎樣給飛行人員一種設備，使他們能够在從未到過的高空更能抵抗氧的缺乏，寒冷，過度辛勞，和戰鬥的疲乏。

因為戰事致使金雞納來源缺乏，是否可拿德國來源的 Atabrine 來代替做防瘧的藥劑，是否安全，能否有效，應當怎樣配劑，能否找到較金雞納或 Atabrine 更好的防瘧藥品。

如果敵人施用毒氣，這些毒氣是什麼東西，怎樣用法，應當怎樣來計劃防禦。

怎樣找出或發明一種防禦及殺死毒蟲的藥品，使軍士在熱帶的叢林裏能保持安全來抵抗昆蟲的攻擊。

為了解答這些問題的急切需求，許多機關包括各大學，各醫科學校，各醫院，各研究所，和各工業組織，都起來進行研究。我們總想設法徵集每一個有學識或經驗的人來參加解決當前問題的工作。科學研究

發展處依據委員會的提議，曾經和一百五十個組織訂過六百個有關醫學的合約，研究的事物有過五千五百種。美國政府在四年半的時間花過美金二千四百萬元。

雖然有時研究的事物未能夠即收到軍事醫學可以直接應用的結果，但至少每一種研究都能提供些有關於增進醫學知識的資料，其中有些却得了輝煌的成就，使整個花下的工夫對於生命的挽救，殘廢的減少，和戰鬥效率的增進，有極大的貢獻。

當我們回憶一下這些計劃的成就，我們會驚覺到所有基本工作遠在大戰以前已經把基礎打下來了，讓我們來舉幾個例：

(一)用Atabrine來防止瘧疾的安全劑早就經過化學師和藥劑師把人和獸來試驗得到了確實的結果。由於他們獲悉這樣藥品在人體上的性能，所以能夠決定牠應當幾久服食一次，和每次的分量，所以軍隊中便根據這個結果來訓練士兵對這藥品的使用方法。從前瘧疾的危害甚於敵人的槍彈，現在比較的已不覺得十分重要了。

(二)美國紅十字會在捐血運動中所獲得的血漿，曾以一小部份給予一隊的化學師，他們在戰前早已研究蛋白質分子的特性，他們的智識和技能再加上些無價血漿的幫助，對於減少死亡有重要的成績。他們拿這些血漿製成一種純粹蛋白質的小量濃液，其防止昏迷的功用和原來的血漿一樣。他們在血液裏抽出凝結的部份，製成裏傷麻布狀態，給予外科醫生使用，對於停止過量出血有極著的效用。他們又把血液中的

蛋白質分析出了乾的粉狀，可用來防止發炎，而且是防止兩種毒菌傳染疾病的良劑。這兩種疾病，一種是癩疹，一種是傳染的黃疸病，都會經令許多士兵病廢了。

(三)一種化合物現在大家知道叫做 DDT，是一位德國化學師在七十年前已製成了。當時除了對於有機化學供給些新知識處，並沒有其他的動機。後來瑞士國的農學家發現這樣東西有撲滅馬鈴薯害蟲和某種蒼蠅的能力。一九四二年這一點兒的資料和這個物品的貨樣帶到美國來，美國的科學家和工業界便推廣這個方法，後來在那不勒斯城 (Naples) 遏止了腸熱症的流行，使不至發生大疫癘，而且證明在將來這種疾病的流行也可以控制得住。現在這樣藥品用來撲滅蚊子或其他昆虫傳帶的疾病，其衛生的功用已日見廣大。

(四)盤尼西林 (Penicillin) 這樣東西在一九二九年佛來明氏 (Alexander Fleming) 已發現牠的存在，並預料牠的用途，後來福樂理氏 (Florey) 氏拿少許來精製一下。更證證明了牠的治療的功用。美國的科學家得了福樂理氏研究結果的鼓勵，學會了怎樣能增加牠的產量，和怎樣更進一步來精製。美國的醫師證明了牠的功能和牠的使用範圍。美國的製造廠經過了許多困難，居然成功把一件困難的實驗室工作變作一件大的工業製造，使在未到三年之後，把一樣抵抗疾病的非常武器能大量供給美國和英國前綫的軍隊。生命的挽救和殘廢的避免已有了不可計數的成績。人類的幸福和健康得到了保障。這都是一位科學家在十六年前由於偶然注意到之事所發展出來的。

以上所舉的幾個例都是顯示由於平時已經存在的基本知識，到了國家非常時期，便可能發展出許多的功用出來。因為國家到了非常時期，所以政府的機關，學校，和私設的研究所，工業的科學家，和技術專家，都不自私的合作起來。由於平時早種下了學術的根，所以到需要時才會收到豐碩的果。





中華民國三十八年十二月初版

科學與戰爭

定價

在台灣及國內每册新台幣一元五角
在香港及國外每册港幣一元五角

C. K. Leith

原著者美國等十五人

譯者凌崇光

發行者華國出版社

印刷者華國出版社出版部

香港高士打道六六號

香港承印者東南印務出版社

電話：二零八四八

版權所有
不許翻印