

柏恩黑第巴烏應克著
陳範予重譯

現代科學的分析

上冊

中山文化教育館編輯

目次

第一篇 力與物質.....一

第一章 化學的基本事實.....四

第二章 分子與原子.....一三

第三章 物理學上假設的意義與價值.....三一

第四章 力學的基本原理.....五四

第五章 因果問題.....七七

第六章 能的定律與物理學的門類.....八八

第七章 熱的運動說.....一〇五

第八章 光的學說發展史.....一一八

第九章 光的電磁說.....一二六

第十章 電的原子說（即電子說）.....一四二

第十一章 相對論與力場通論.....一六〇

第十二章 光的發射現象與吸收現象.....一九三

第十三章 量子論.....二〇三

第十四章 布爾光譜論.....	二〇八
-----------------	-----

第十五章 波動力學與量子力學.....	二一六
---------------------	-----

第十六章 今日的物理世界圖.....	二二五
--------------------	-----

第十七章 物理學中知識的過程.....	二六〇
---------------------	-----

(一) 物理概念形成的問題

(二) 歸納問題

(三) 科學研究的輻合

第二篇 宇宙與地球.....	二八九
----------------	-----

科學的分類——研究存在界的科學之假設——科學知識之限度——不滅定律與熵的定

律——在空間裏的世界之有限或無限——從相對論的觀點所見的世界問題——世界

求生乎？抑創造乎？

恆星系和它的構造運動與發展——別個天體的居民——科學的宇宙起源說——地球它的構造和歷史——諸根

本問題

第三篇 物質與生命.....	三四三
----------------	-----

第一章 生命的理化基礎.....	三四五
------------------	-----

第二章 活細胞.....	三五七
--------------	-----

第三章	生物發育中的決定問題	三七九
第四章	遺傳問題	四〇七
第五章	因果與目的	四三一
第六章	心的物理之基本問題	四四九
第七章	形上學的結果	四七二
第八章	種的問題與種源論	四八二
第九章	物種形成的原動力	四九八
第十章	達爾文的自然淘汰說	五〇二
第十一章	淘汰說	五二〇

第四篇 自然與人

五二九

第一章	人的起源	五四一
第二章	自然與文化	五五九
第三章	腦心靈與意識	五六八
第四章	遺傳與文化	五九五
第五章	技術的哲學	六一八
第六章	自然界之保護	六三一

現代科學的分析

四

第七章 價值問題

.....六四五

第八章 自然與價值判斷

.....六五〇

註釋

.....六六九

現代科學的分析

第一篇 力與物質

人對於自己及其周圍的世界，沉思凝想而有所省悟的時候，他所得到的基本智識，第一項便是活體與死體間的差異。他在這兩類之間所劃的界限，照我們目下的觀念說來，確然是錯的，但是他卻常常劃這一條界限。在他看來，無生物有別於生物的特徵，就在乎該物體不能「因它自己」而運動。此等物體的運動，必須聽命於人類或獸類的筋肉能力；或由於自然界中發生作用的其他原因，這些原因類比於筋肉能力，也稱之為「力」(Kraft)。除位置的變動以外，無生物還能够經歷種種的「狀態變化」；它們能够改變它們的形狀，它們的溫度，如是等等，但是它們又可以變換成絕不相同的物質，例如鐵的生鏽，銅的發青，諸如此類都是。把力的概念再加擴充，這種變化也可以歸之於某種「天然力」的作用，而我們對於無生物所具最初的，最簡單的經驗，因此可以概述如下：

「無生界的物體，由各種不同的質料構成，而且由力的作用，保持其繼續運動與變化的狀態」。我們把這一段議論，再行深思一番，就覺得從這些事實，引起了下面三個問題：

- (1) 物質是什麼東西，各種物質的彼此相異，真況如何？
- (2) 力是什麼東西，各種的力如何彼此不同？
- (3) 力如何作用於物質？

這三個問題，可以當做研究無生物界的一切科學的基本問題，或用我們現在的名詞來說，就是物理學和化學的基本問題。在事實上，我們可以證明這三個問題到今日還未得最後的解決，雖然它們的三重性質，似乎不過是暫時的（參閱下文）。

但是至遲從伽利略（Galileo）奠定經驗自然科學的基礎以來，科學家雖然祇圖一步一步的走近這些問題，哲學家卻在走另外一條路。引起哲學家的興趣的，是這些問題幕後的普遍問題。「物質」和「力」這兩種普遍的敘述，在哲學家看來，早已指示它們的幕後有一個最後的統一，而且他假定有此統一之後，便深信世界上的一切現象，要想像它們的任何情況，必須有一種基本的物質（*substance*），有此物質，方能使某種現象，或對着它，或伴着它，或在它的裏面發生出來。其次哲學家又深信，凡世界上發生的現象，必須當作這個或這些物質的「狀態」變化，或「偶然」的變化；而且他還深信，必須常常把力看做這種狀態變化的動因。

要把這三種敘述看做有關於真實世界本身的敘述，或看做我們關於世界的思想所必有的形式（例如康德（Kant）的見解就是後一種），那是要看哲學家的知識論，偏於觀念主義（*Idealismus*），還是偏於實在主義（*Realismus*）而定。直到今日為止，許多哲學家都有一種意見，以為他們所發的言論，所經雖彼此相異，然而實際上都是論及自然的最後真理（祇要我們把生命的考究，在目前除外不計）。在本書之中，我們將說明此項意見可以非難的地方，不止一處，而且要說明從種種事物看來，都覺得這裏所提出的三個問題，彼此並無分別，實在祇是一個問題；此外更要說明，我們現在所有無機界的科學，早已和這個單一問題的最後解答，相接得很近了。我們照着預定方針講述的時候，的確祇能够偶然一論歷史

上的事實；我們頗想把我們的見解，作有系統的敘述，因此之故，我們開始所講的，便是和物質問題有關係的科學：這就是化學。

第一章 化學的基本事實

現今化學所能識別的單獨確定的物質，（註一）例如水、硫磺、食鹽、鐵、蘇打、糖、靛青、香精、尿素、如是等等，大約有七十五萬種。凡是受過教育的人，即使對於化學這一門科學，差不多完全不懂，他至少也熟悉下面這件事情：這就是一切物質都能由化學而分解，而成為某某基本物質或「元素」，而且其中有大部分能由這些元素的化合，重行造成，至於那些本身就是元素的物質，例如鐵與硫磺，當然不在此列。

大多數的人又知道，九十二種已知的元素裏面，多半是金屬（例如鐵、銅、銀、鋅、鈉、鉀、鎂、鋁等等），除開這些金屬之外，還有十四種非金屬，這就是氫、氧、氮、碳、氟、氯、溴、碘、硫、硒、磷、砷、硼、硅（此外還有銻、銻、鍺三種，是介於金屬與非金屬之間）。近代化學又增添了六種極奇特的氣體，便是氫、氟、氫、氫、氫，以及鐳射氣，這一定也有許多人知道。這六種氣體和其他一切元素不同的地方，就在乎完全沒有化合的能力。

在這九十二個元素裏面，祇有兩打左右從事於實際的分合，（註二）其他各元素都是非常稀少，不過供科學的研究而已。構成生物全體的物質，大都祇含最初四元素，就是H，O，N，C，而且有很多的物質祇含H，O，以及C。許多有機物質，例如大多數的蛋白質，又含有硫與磷；還有其他元素例如碘，氯，鎂，鐵等等的化合物，也散見於植物或動物的體內。在另一方面說來，堅實的地殼所含者，大部分是少數金屬的硅化物，這些金屬便是鋁、鎂、鈣、鐵、鈉以及鉀，此外唯一的主要成分，還有一種

碳酸石灰（就是碳酸鈣 CaCO_3 ），所以這裏又是少數的元素，供給差不多全部的需要。

上述諸端，可說是化學這一門科學。經過二百五十年研究，所得的粗枝大葉。以下各節，要在各項基本方面加以討論，為明瞭此等討論起見，我們必須插入一段簡略的史實。我們今日所具元素，化合物，以及分解的各概念，現在是學校的兒童，人人都知道的了；倘要追溯這些概念的起源，卻可遠及英國的大物理學家兼大化學家波義耳（Robert Boyle, 1667—1691）。他的確說過，在自然界中覓得的物質，可以分解為基本的成分，這些成分必須加以研究，而且他是說這話的第一個人。

在另一方面說來，中古時代的全期以及近代的初期，都受亞里士多德（Aristotle）學說的支配，他的立論之點，完全與前述的不同。亞里士多德的深奧學說，以「物質」與「形式」間的差異為根據，他之所以以此為據，顯然從觀察工匠與藝術家的活動而來。這兩種人都用他們的造形活動力，把物質造成單獨可使我們發生興趣的東西（物質的拉丁語是 *materia*，意謂預備造屋的木材；希臘語是 *hylē*，意謂木材）。設有這種活動力，物質不過是未成形而且無差異的質量罷了。但是因為物質種類的不同，的確非常繁多，所以亞里士多德又教我們，說這些不同的種類所以存在，是靠着一種成形的手續，早已加在一種本身不具性質的普遍物質上面。此種學說讀者欲知其詳，可參考講哲學史的教科書，（註三）我們在這裏要說的，便是照此學說看來，應當可以把任何一種物質，變成任何他種物質，祇要我們能够發見須用何種成形原則，加諸所說要變的物質，以得所需的效應。這個觀念卻是不假思索即可得到，簡單的理由是因為我們今日所謂化學的變形，確可利用像熱這一類的天然力，使它實現。於是「元素」的意義，在這種學說上面講來，便不是可以再行分解（照此語現在的意義）的基本物質，它們是單一成形原則的

最純正的代表；水是寒與濕的化合，空氣是寒與燥的化合，諸如此類。（從我們的見解講來，古代的元素就好比集合狀態與溫度的混成物）。

中古時代的鍊金術士，曾按照這種學說，企圖把劣等的金屬，變成貴重的金屬。根據亞里士多德的見解，這顯然是可能之事；而且我們在今日都知道，亞里士多德對於我們所具物質構造的最新知識，確曾有先見之明，今日的科學，不過把這件事看清楚罷了。然而在那個時候，因為不能夠用尋常的化學方法，使化學的元素發生變形變性的作用，所以這些實驗，就不得不歸於失敗了。

波義耳的功績，便在於察覺這一件事實，因而生出我們今日的元素概念。此項貢獻的偉大，若欲加以確切的估計，我們必須實知波義耳說明硃砂這種物質裏面，含有硫磺同水銀這兩種物質的時候，他曾如何苦心壹志，以作此簡單直接的思考。硃砂的「成於」這兩種物質，猶如房屋的成於磚泥樑棟，布帛的成於棉紗蠶絲。此語固可說它是完全近於奇僻，因為這兩種元素一經化合，就無從再行辨認它們的性質。但是此項奇談僻論，一經採納之後，鍊金術士們早已發見的許多單獨事理，以及此外的其他發見，其紛亂的頭緒，就可以整理清楚了。嗣後經過一百年之久，拉瓦節（Lavoisier）纔把元素的統系，最後放到它的真正基礎上面去，其間所以不得不隔這樣長的時間，因為在拉瓦節以前，史太爾（Stahl）的燃素說使研究之士深入迷途，迄不能拔，有以致之。拉瓦節是開始實現波義耳計劃的第一人；此後再經一百五十年，由化學所努力探發的元素系統，實際上已經完成。在這九十二種元素裏面，從最輕直到最重（從氫到鈾），缺掉的不過是兩種，一種是鹼質金屬，又一種是造鹽素。

不過我們怎樣知道有這一回事呢？既然照波義耳的議論，元素是假定的基本成分，祇能由實驗去發

見它們，我們怎樣又可以預先說定，有何種元素必然存在呢？我們因此又得到一組新的事實，這些事實再暴露了物質的新底蘊。

著名的瑞典化學家柏濟立厄司 (Berzelius)，在十九世紀的初期，由於設立化學元素的系統，而有極大的貢獻，而且他自己也着實發見了不少的新元素。他早已注意到，各元素可以分成若干單羣，各羣之間，有某種相似的關係存在，尤其是原子量的數值方面，顯得有這些關係（原子量這一個名詞的意義，下文就要說明）。不過直到一八六九年，德人羅塔梅耳 (Lothar Meyer) 和俄人門得勒夫 (Mendeleef)，纔差不多同時推廣這些關係而有成效，此等關係在那個時期以前，一向把它們看做數字的遊戲，並未把它們當作科學上重大的問題。他們二人獲得成效之後，就把當時所曉得的一切元素（全數共計六十種），按照這些相似的關係，列成一種系統。這個系統就是所謂元素的「週期系統」(Periodischen System der Elemente)，在我們今日所具全部理化知識上面，佔極重要的地位，因此之故，我們不得不把它稍稍描寫得切實一些，原子量的基本概念，此刻暫行假定讀者已經知悉。

門得勒夫和梅耳二人，曾察知元素依照它們的原子量次序排列時，彼此相似的元素，常有一定的間隔出現，其排列次序是從氫起， $H=1$ ，到鈾為止， $U=238$ 。假使我們把氫和氮 ($H=4$) 取出，不列入表內，那麼週期系統的最初「橫列」如下，每列共含八種元素：

$Li=7$	$Be=9$	$B=11$	$C=12$	$N=14$	$O=16$	$F=19$	$Ne=20$
$Na=23$	$Mg=24$	$Al=27$	$Si=28$	$P=31$	$S=32$	$Cl=35$	$A=40$

這兩列中上下相對的元素，性質差不多完全相符。這兩列叫做小週期，其後各接一大週期，各含元

素十八種，這就是

K, Ca, | Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, | Ga, Ge, As, Se, Br, Kr
Rb, Sr, | Y, Zr, Nb, Mo, Ma, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, | In, Sn, Sb, Te, I, X

其中上下相對的元素，性質差不多又是完全相符，除此以外，其最初的三元素（K, Ca, 與 Rb, Sr, 是鹼質金屬和鹼土金屬）和小週期中前二元素相應，最後六元素和小週期中後六元素相應，非常確切。因此之故，把兩個十八週期，最好把它們看做兩個八週期，其中插入十種元素，就是用線括起來的那十種。此表的後半雖然要複雜一些，但是排列情狀相仿，讀者可參閱註一〇六的附表。

然而我們在此處所講的，實在是週期系統的近代排列法。在門得勒夫的時代（一八六九年），直到不多幾時以前，大多數的研究者，都企圖始終保持八元素的週期，一貫到底；時至今日，在許多化學教科書裏面，仍舊可以見到這樣的表，就是在我的這一本書裏面，前一版還留着此表，因為在那個時候仍很通行之故。更有進者，在門得勒夫的時代，週期系統並不完全，差得還很遠，他限於已知元素的種數太少，不得不在許多地方，留出空隙來，這就是說，他不得不假定必有未知的元素，可以填補這些空隙。他所預示的元素，都根據他的系統而指定其有何種性質，後來這些元素，果然一一被人發見，就一切主要的性質而論，都可證實他的先見，這也是人類研究精神上的一大勝利。尤要者，錯、鉀、鎳這三種金屬，便是如此得來的元素，它們的命名，都從發見地的國名而來。缺漏元素的發見，後來又證實了從週期系統得到的預示，不過情形有些複雜罷了。全部成行的鈍氣出現得更後，——再進一步說，我們必須在兩處地方（K, A; Te, I），把次序顛倒一下，這就是說把依原子量而排的次序，掉換一下，以

使彼此相應。這些困難之點，在古時藍姆齊 (Ramsay) 曾說過，「研究週期系統，實是苦中作樂」，時至今日，已經都解決了，我們以後就要知道，這些難關是怎樣打破的。不過就週期系統的全體而論，雖有這些困難，當然仍不失為第一等的發見。

以前所必然得到的結論，便是在此七十或八十種元素之間，必有某種內部的聯絡存在，我們還完全沒有知道，所以這些元素，或可看做同一的基本物質，結合起來的種種花樣，職是之故，那哲學上對於世界物質的舊觀念，或許是真實的。在實際上，對於哲學有興趣的化學家，在許多地方推出這個結論來，但是他們的同道中之偏重經驗的人，多半不表同情，因為從這一個普遍的觀念，不能覓得一點具體的事實之故。所以我們必需更新的發見，使在實地經驗的範圍裏面，初次發生元素的真正變形。

這些發見的詳細情形，我們祇能在本書很後的地方去講述。在此處祇要舉出幾個例來，一定夠了。譬如鐳，在很長的時期之內，慢慢的繼續變化，一路經過幾重中間的階級，最後可以變成鋁。又如氫，也可以在此程序之中生成。鋁與氫都是在週期系統中佔有一定地位的元素，正和鐳的本身一樣，鐳在週期表中，列入鹼土金屬，其位置和鈣、鎂、鋇，同居一行。所以我們在這裏所說的，是元素的真正變形無疑，在放射性發見之後，已知的這種例子已屬不少了。照此看來，以前認為不能變化的化學元素，並不是基本的不變的簡單物質，至少在這些元素的某某數羣之間，或許在一切元素之間，必定有一種原始的關係存在，此項關係在今日的確尚未徹底明瞭。這幾句話都是無可再加疑惑的了。

在二十世紀的初期，這種知識傳播得很快的時候，曾經聽到種種的議論，鄭重其事的宣稱「化學科覆亡」，或「化學破產」，以及其他同樣的悅耳之談，就是在今日，這種談論還沒有全行沈寂；易於激

動的羣衆，聽見了萬能的科學也會發生極大的錯誤，就糊然自喜，緊緊的抓住了這些談論，以爲話柄，此等談論的來源，的確往往出自有權威的科學團體，它們實在應當比羣衆要明白一些，然而不然。實際上究有什麼事情發生呢？食鹽仍舊是成於鈉和氯，水仍舊是成於氧和氫，而地球上一切物質我們所知道的，都由這九十二種「元素」裏邊的一種或多種所構成。在這一方面，化學研究的全部結果，絲毫未有變動。

新的事實是，這些研究的結果，表示我們以前的化學是預備更進一步的中間階段。換句話說，在我們的知識結構上面，又加造了新的一層，或說它的基礎又向下打深了一層。所論的九十二種元素，假使我們稱之爲「第一級元素」，而稱造成這些元素的基本物質，爲「第二級元素」，那麼一切都可正確地敘述，而且不會有化學「破產」或「革命」的問題了。因爲沒有一個聰敏的化學家，對於或可發見少數簡單物質，以造成所謂化學元素的此項觀念，曾經有過任何的疑惑。但是把化學當做經驗的科學而論，另外的假定既然沒有實驗上的基礎，儘管可以同從前一樣，說這九十二種元素，不能夠用前此所知有效的方法，再加以分解。不過若說化學家已經進了一步，力辯物質在任何情形之下，都不能夠分解或變形而成另外一種物質，那真是十分不合理的武斷。此種消極的武斷，會使他越出經驗的範圍，因爲以前的經驗，也祇能證明這些物質從來沒有分解過罷了。這種消極的武斷，頗有出現於科學著作的可能，例如蒲納（L. Bickner）所作的「力與物質」，是一部名聞一時的唯物論作品，其中就有這種論調。此等錯誤是人類應有的錯誤，還有那與此相反的一種，就是我們在上面所說過的，也偶或見於科學的著作。不過這種片段的議論，並不是科學。

在放射性的發見之前，週期系統的發見之後，科學對於所謂元素之間或有一種內部關係存在而我們仍未知曉的這一個問題，非但是未嘗不加探討，並且常常加以充分的實際上的考究。不過在這件事實上要用「元素」以外的名詞，卻沒有理由可據，因為就目前而說，這一個名詞已能完全包括已知的事實；我們雖然已經向前更進了一級，而在今日還無放棄這個名詞的必要。這不過是字的問題，不過是最切實用的敘述方法的問題；而我們所要做的最切實用的事情，顯然是把化學元素以前指定的名詞，保存不變。於是第二級基本物質就可以另行定名，無論什麼字眼，祇要最合於它們的性質，都是可以採用的。我們就要見到，它們早已領受了一種適當的名目了。

然而一班剛愎自用的學者，或許要反對，以為這是一種曲解。化學在過去已經確實指定這九十二種物質是元素，因為這個名詞是和基本的，不可變形的物質的概念，互有關係。這九十二種物質或者是這等元素，或者不是。在以前的時候，這些物質都經假定是這等元素，但是我們現在知道，事實並不如此。我們祇能這樣答復，說那班迂闊的學者，忘掉了科學所論述的並不是一字一語的意義，好像語言學一樣，科學所論述的卻是用適當言語指定的事物。「元素」一語（此語的字源未明），在上古時代和中古時代的哲學家所定的意義，並不是現在科學家所定的意義，所以現在的科學家一經利用此語，來稱呼他經驗中所見而定義適當的一類事物之後，此語的古義，在他看來是祇有歷史上的關係了。

我們所論的九十二種物質，其實在的情形如此。按照波義耳的成案，其他一切物質都可以變成這些物質。不但是單單在週期系統方面，看到這些物質是七十五萬已知物質幕後再度分解的一步，還可以在其他種種方面看到，而這一步的分解縱然是剛剛發見，也無論如何應當有一個特別的專名，至於這些物

質或許可用和現有化學方法完全不同的方法，把它們再行分解，使它們互相變換，這完全是一件獨立的事情；化學對於這件事實，從未有過認真的探討，一班迂闊的學者，因此就認為「元素」一語，有絕對的意義，殊不知在化學家的文字裏面，永不能有這種絕對的意義，因為他不過表示經驗上的判斷罷了。迂闊的學者利用此種完全不合於化學的意義，就打算來證明化學的自相矛盾，化學的起了革命。

大多數的這種科學論評，在今日深可引起公衆注意的，實在是愚蠢得很，我們在本書的開端，不得不用上述的例，來說一說明白，無論何人，他若以為迂儒的這種咬文嚼字，可以損害科學，就顯得他自己毫無科學精神的概念。假使一定要舉行革命，必得證明科學實在犯了重大的錯誤。這是可能的事情，而且實際上往往發生，而在新科學方面尤甚。在如此情形之下，要說革命等類的話，纔有道理。照目前的情形而說，並沒有革命發生；因為那種新發見的東西，也許還可以駁倒。即是說，科學的確從來沒有斷言，這九十二種物質是絕對不能變化的元素；一方面已經斷言過的，就是說其他一切物質都可以分解為這九十二種，卻非但未嘗遭到反駁，而且適得其反，已經一無疑惑的證實了。

下面所要討論的化學上另外兩種概念，因受這種錯誤批評的影響，鬧了更大的笑話。