

LIFE 科學文庫

物質



生活科學文庫

物質



生活科學文庫

編輯顧問

雷內·杜博斯

亨利·馬根諾

C. P. 斯諾

物質

拉爾夫·E·萊普
與時代 - 生活叢書編輯合著

荷蘭阿姆斯特丹時代 - 生活叢書出版社

內容提要

在所有引人入勝的根本問題之中，最持續不斷的一個，就是關於物質的性質與行為的——物質是造成一切東西的基本材料。本書論述了直到最近為止科學對物質的三種衆人皆知的狀態的研究——它們是固態、液態與氣態——還介紹了最近才認識到的物質的“第四態”：電漿。本書按時間先後的次序，描述了本世紀最古怪的、吉凶未卜的發現，就是：物質可以轉化成能量；同時，也刻劃出對物質最內部的秘密——原子核——的戲劇化與不休止的探索。

本書每章正文後間以“圖與文”。每一章的“圖與文”都可以作獨立的篇章來閱讀，但總的說來，“圖與文”却又對每章的正文有補充的作用。例如，第七章談的是原子核的研究，而正文後的“圖與文”則刊出探測原子核的龐大新工具。

作者

拉爾夫·E·萊普(Ralph E. Lapp)：在原子時代中，扮演了不尋常的雙重角色。他是個物理學家，參與了原子彈的發展工作；也曾經是闡釋科學的先驅，做過政府與工業的顧問，還在他的講演、文章與著作中，對門外漢論證了科學的意義。他出版著作十幾種，其中有被廣泛採用的教科書，如《核子輻射物理學》；也有暢銷書，如《武器文化》，是一本研究核武器時代的防衛政策的書。

編輯顧問

雷內·杜博斯：洛克斐勒大學的名譽教授，是一位微生物學家兼實驗病理學家，以研究抗生素而著稱。他的一本著作《環境塑造了人》，在1966年得拱門科學獎。在1969年得普立茲獎。他的著作中最著名者為《健康的幻象》(Mirage of Health)《人類適應》(Man Adapting)，他同時也是本叢書中《健康與疾病》(Health and Disease)一書的合著者。

Reality)，他同時也是本叢書之一的《科學家》(The Scientist)的合著者。

C. P. 斯諾：曾任英國工藝部大臣。他的小說聞名國際，其中較著名的有《新人類》(The New Man)，《事件》(The Affair)，《權力走廊》(Corridors of Power)。這三本書都闡明了科學對現代社會的影響。

亨利·馬根諾：耶魯大學物理及自然哲學名譽教授，為光譜學及原子核物理權威。他寫過《遼闊遠景》(Open Vistas)，《物理實物的本質》(The Nature of Physical

吳清輝：本書中文版編輯顧問，加拿大英哥倫比亞大學博士，化學工作者；他主要的研究興趣是在媒介劑和固態化學，現任教於香港大學。

封面與封底

封面所示，是硫的金色晶體，就是《聖經》所說的“硫黃石”。我們今天所知道的88種自然元素，都是在相當近代發現的。封底的圖案，是五個早期用來代表元素的化學符號，設計者是十九世紀的英國人約翰·多爾頓。這些符號按順時針方向依次代表氫、矾土、碳酸鉀、氧、硫。

Authorized Chinese-language edition

© 1975, Time-Life International (Nederland) B. V.

Original English-language edition published in the United States

© 1963, 1974 Time Inc. All rights reserved.

目錄

原序 7

1	對物質的無盡的探索 圖與文：煉金術對物質含義的探索 16	8
2	複雜世界的基本成份 圖與文：科學時代不可或缺的闡釋者 38	28
3	任性、不羈的氣體 圖與文：超冷範圍的古怪行徑 60	50
4	液體永無休止的波動 圖與文：令人眼花繚亂的表面現象 82	72
5	固體令人迷惑的一面 圖與文：人造物質，特大獎賞 108	98
6	繪製原子國土的地圖 圖與文：雅俗共存的元素集團 126	118
7	原子核：物質的奧秘中心 圖與文：探測粒子秘密的巨大工具 158	150
8	仍在進行的連鎖反應溯源 圖與文：輻射線：打開原子時代的鑰匙 180	168
	度量衡制度上不必要的混亂 193	
	原子搗碎器：優勝者點將錄 194	
	參考書目及誌謝 196	
	索引 197	
	圖片來源 200	

時代 - 生活叢書

總務編輯：杰里·科恩

助理總務編輯：A. B. C. 惠普爾

亞洲區編輯：羅德偉

中文版編輯：溫健騷

出版人：瓊·曼利

亞洲區經理：尼古拉斯·英格爾頓

亞洲區協理：邁克爾·皮特

生活科學文庫

編輯：馬丁·曼

本書譯者：邱明義 黃欽沅

編輯助理：張 柱

原序

不久以前，人們蠻有信心，認為科學最終會描繪出一個美的，有秩序的，而且純樸的世界。但是，繼續往深處描畫的時候，我們却發現了許多令人吃驚的事實：那裏有的是美，但不是預期中的那種；那裏有的是秩序，但不是叫我們不再發疑問的那種。至於純樸性，却沒有了。

關於這點，這本書提供了最好的說明。物質便是環繞着我們的這個世界；舉凡我們眼見的，感覺到的和摸得着的，都是。對於這個物質世界，大家似乎已經完全熟悉；但在我們讀到後文所述科學家在近50年，或近20年，或是近2年的發現，就會了解到，我們並不完全熟悉這個物質世界。例如，鑽石，在表面上看起來，是一種燦爛的物質。但，我們繼續讀下去時，就會發現：鑽石只是原子的一種規則排列，這些原子本身的大部份只是空無一物的空間，由一羣極小的電子環繞一堆極小的質子和中子運行而已。這就是我們現在所知道的物質，但我們絕不敢說這樣的描繪就是全圖。在微小的原子核裡，已經發現了不下於30種基本粒子；沒有人能說，在原子核的撞擊實驗中，會被發現還有什麼樣新的基本粒子，科學家鑽研得愈深，問題的答案愈顯得模糊。

物質的神秘性已經激起了這個時代偉大的智力的探討。我們為什麼應該分享這份激動呢？理由有兩個。一個是純粹爲了更深入地探求未知所帶來的樂趣、美感，或者，隨便你怎樣說它。另一個理由便是爲了求得對於物質的了解。

我們所以要了解物質，不只是爲了解而了解，同時也是爲了要掌握這種知識所給我們的力量。我們理解了物質的本性，就能依照我們的意願來控制它，無論爲善抑或爲惡。一小塊的鈾，看起來和任何古老的岩石一般沉靜。最先對於這些鈾塊結構的研究，似乎只是個學術上的課題。然而，在最近30年內，各國政府花費了數以億計的美元在這方面的科學計劃上，而且，已經不再是純學術性了。這些，完全是由一個無意中的實驗所引起的。科學家偶然發現了釋放出人類從來不曾擁有的巨大能量的方法。結果是影響了近20年來的世界歷史方向。

類似的情形可能會再度發生，而且發生的機會比不發生的更大。雖然政治家和科學家可能做必要的最後決定，但一般負責任的人必須首先要表白他們自己的想法。要想做到這點，他們就必須知道最近進行過些什麼研究。科學會給我們一個更好的世界，只要有足夠的人一定要它這樣做，這也就是說，我們必須首先得到有助於我們了解科學的知識。這本書便是邁向這個目標的一步。

C. P. 斯諾

1

對物質的 無盡的探索



研究物質，改造世界

幾百萬年前，一位原始人類先驅者偶然發現一塊手一般大小、正好被侵蝕成有銳邊的石頭。他發現使用這種奇異的工具，不但可以用來削割樹枝，而且可以用來戰勝敵人。

在1962年六月，美國物理學家在長島布魯克海文，曾使用33,000百萬電子伏特高能量的原子搗碎同步加速器，將原子粒子射穿42呎厚的鐵甲板，因而發現了兩種不同的微中子，這是一種神秘的難以捉摸的粒子，不像我們所熟悉的任何東西。它的穿透力極強，在射穿厚達100兆哩的鉛塊時，就好像一顆子彈穿過雲層一般。

雖然所處的時代和智力相去甚遠，但不論是早期人類使用簡單的石器，或是現代人操作精密複雜的同步加速器，都是同樣孜孜不倦地努力：從事於探討物質。所不同的只是目的而已，早期人類只是想如何來使用物質；而文明的後繼者則是爲了了解物質的本身。

研究物質的結果，使人們知道如何烹煮食物，織布製衣，製造工具，清理荒野，耕地種植，建築城市，橫渡海洋和翱翔太空。研究物質，一方面給予人類在熱核戰爭中自我毀滅的殘酷方法；另一方面也使人類希望有一天能使用海水中的重氫能量，來消除最大的災禍——貧窮。

到今天，儘管我們對於物質有所認識，一些根本的神秘性仍然存在。科學家愈是深入探究，所遭遇到的問題也就愈複雜。譬如，科學家現在知道：幾乎沒有一種東西能算是真正的固體，即使是最堅硬的鑽石也不例外；原子本身——物質的核心——大部份是沒有任何實質存在的空間；假如每一顆原子都能崩塌聚縮成一個不比其核心即原子核爲大的粒子，這些粒子聚在一起，就是龐大如納爾遜艦隊也能塞進比鉛筆上的橡皮擦還小的空間。

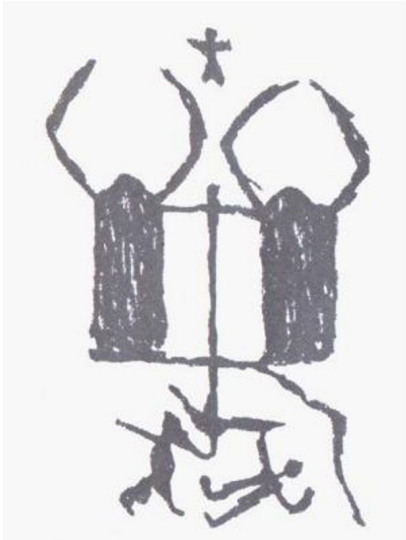
那麼，物質是什麼呢？

字典對物質的註釋是：“任何佔有空間的東西，所有構成外在宇宙的實質……”例如地球，海洋，微風，太陽，星辰……等，每一種人們所能測度的，摸得到的或感覺得到的，都是物質。因此人本身也不例外。物質的英文字 **matter** 源自拉丁文的 **mater**，原是“母親”的意思。物質可以像鋼鐵一般堅硬，可以像池水一樣容易變形，也可以像空氣中的氧一樣不具形像。物質三態的每一種——固態、液態、氣態，都可以在不同的溫度下互相轉化。但無論在什麼狀態下，物質都是由相同的基本單位——原子——所構成。

一塊石頭中的動力

人類自古以來對物質的好奇心得到很可觀的報償。上頁一位參加1961年國際青年會議的學生拿在手裏檢驗的那塊石頭，是一小塊鈾礦。鈾在1789年首次被發現時，只不過是一種灰暗的、無用的金屬，但時至今日，它已是主宰戰爭與和平的原子能的主要來源。

原子本身的體積小到難以想像的地步。它的直徑小於億分之一吋，如果把原子一個接一個地排成一條直線，要排成相當於本頁的厚度，則需要上百萬個原子。原子的中心有一個原子核，它在原子中央的位置，就好比一顆鑽石裹藏在一堆棉絮之中。雖然原子核半徑約只是原子半徑的十萬分之一，但它所具有的質量却為整個原子質量的百分之九十九點九。原子核裏面有質子和中子，是構成原子的三種粒子中的兩種。另一種為電子，位於原子核外面。事實上，原子核與電子的距離，在比例上相當於太陽與地球之間距離的好幾倍；就好像行星繞太陽運轉一般，電子被一種電性引力所維繫住，以飛快的速度無休止地繞核旋轉。儘管電子只佔有不到整個原子千分之一的質量，幾乎可以說它的存在好像是一種原子附屬物，但却又是經過刻意的安排使它成為賦予原子一切基本個性的主宰。



青銅的土用法

這幅畫描繪三位農夫在馭使兩頭拉着犁的長角牡牛，它是雕刻在意大利阿爾卑斯山的一塊石頭上，也是青銅時代的作品。就是在那段史前時期，人類首先將青銅鑄造成像犁頭之類的器具。這種人類最先發明的合金，是由銅和錫所組成；錫的成份愈多，青銅質地也就愈硬。

鋼琴和銅幣本來是血親

同種元素原子有相同的內部基本構造，任何原子中的質子、電子和中子都和別的原子所含有的相同，不管這個原子是在一架鋼琴裡還是在一枚銅板裡。一種元素的原子和別的元素原子有所差別，只在於所含質子和電子數目的不同；就是這種數目上的差別形成各種元素——不論在固態、液態或氣態都是這樣。

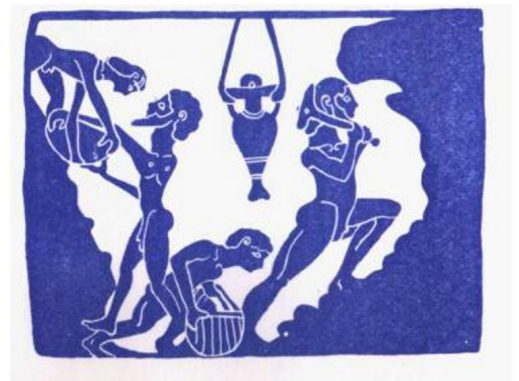
儘管人類對物質有不少認識，他們還在不斷努力，向前發展。單是政府本身每年花在純粹物理科學研究上的經費即達數百萬鎊之鉅。實質上這是一個探求的旅程——主要靠着物理和化學的導航，駛向那未知的物質領域。這是一項異常艱鉅複雜的任務，所以參與這項工作的人已不再只限於一般所謂的物理學家或化學家，還需要分析化學家，放射化學家，核子物理學家，固態物理學家，天文物理學家，晶體學家和電漿物理學家。——這些只不過是分枝繁衍下的專家中的少數幾個代表罷了。

即使是現在，科學家們的努力已經將我們的生活提升到難以認識的地步。食物的防腐劑，合成纖維製造，火箭，噴射機和核子武器的產生都來自物理學家和化學家對於物質的結構和特性的探討。電子計算機系統和晶體管收音機源於固態物理學家對於所謂半導體的研究；目前這些人對於微電子學十分專注，在不久的將來一定能在針頭大的空間裝設出一條完整的電子線路。事實上現在已經製出一個小到只有一塊銀元二十分之一大小的留聲機擴大器。

物質研究的成就如此輝煌，使人確信更進一步的勝利已在望了。科學

天神採礦圖

在這幅公元前六世紀的希臘泥碑中，天神和女神們在銅礦內從事勞力工作。漢密斯舉着尖鋤(右)。安實垂特裝載礦石(中)，而海神普塞頓將一籃礦砂遞給一位纖細年輕的天神(左)，在所有人類初期使用的金屬當中，銅在新石器時代(約紀元前8000年)即以天然純粹礦石的形態出現。



家們正探討所謂物質的第四狀態——電漿（plasma）。這是氣態物質被加熱至幾千度的高溫時所呈現的狀態。在電漿狀態中，每個粒子無拘無束急劇地漂蕩着。如果能迫使像氫一類輕物質的電漿粒子壓縮結合在一起，它們所蘊藏的巨大能量就能釋放出來；倘若能將它們局限於一固定的範圍內且加以控制，則這種能源將足以供應地球所需達 200 億年之久。

除非在難以相信的高溫 100,000,000°C 之中，電漿粒子的控制熔合反應是無法達到有效的熔合速率的（太陽中心的溫度不過是 14,000,000°C，比起來還有點冷哪！）。要將超熱的電漿局限在任何材料所製成的容器內是不可能的。不過，儘管有這些難以克服的困難存在，各項進展仍然層出不窮。目前英、美、蘇的科學家已經能將電漿加熱至 40,000,000°C 的高溫，維持到數分之一秒的時間。還有，從事這項研究的人員相信也許可以把電漿局限在磁場中，形成一個“非物質”的瓶子；在這樣的實驗裡，的確有一些電漿在很短的時間內被局限在磁場之內。

在物質的另外一個領域中，科學家們正從事晶體的研究工作。所謂晶體是一群構成該物質的原子，依一定型態格式，作規則排列而成。大多數結晶格式排列都不是十全十美；而毫無縫隙的晶體可能是已知的物質中最堅硬的。一些冶金專家和固態物理學家認為：製成一顆大而全無瑕疵的金屬晶體，應和分裂原子一樣，同視為科學上偉大的成就。或許目前正朝着這個目標前進。有些收音機和電話系統的短路現象，已發覺是由於在鍍錫或鋅的過程中，金屬表面怪異地長出許多極為纖細、類似毛髮般的晶體所引起。同時，這種“晶體鬚”也在別的金屬上發現，而且實驗室也能在不同的氣壓狀態下加以培養。為什麼有這些奇特的微小晶體成長起來，至今還是個謎。但是它們所具有的潛力使人們有很好的理由小心翼翼地觀察研究它們。例如，鐵的晶體鬚的抗張強度每平方吋高達二百萬磅；如果能大量製造具有這種性質的鐵的話，我們就可以使用更少的材料來建造比今天更為堅固的橋樑和摩天大樓。

最終的知識泉源

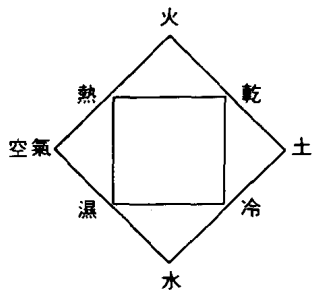
儘管對物質探索的這些方面非常引人入勝，使人流連，科學家主要問題的根源仍然不變。簡而言之，他們還為“物質是什麼”——“什麼作用使電子、質子和中子等基本粒子具有它們各自的形式、特性和行為”這些問題尋求根本的解答。在他們逐步地深入探索原子的內部時，所使用的儀器不是幾十年前的人們曾經想像過的。例如，力量強大、昂貴無比的原子



水為萬物之源說

米列泰斯的泰利斯，一位公元前六世紀的希臘哲學家，推斷所有物質皆由水而來，且最後也將化為水而去。這是人類第一次嘗試為錯綜複雜的物質尋找共通之處。一位現代批評家說：“假使他的見解獲勝的話……必然會被尊為現代推理科學之父。”

流傳了 2,000 年的 錯誤理論

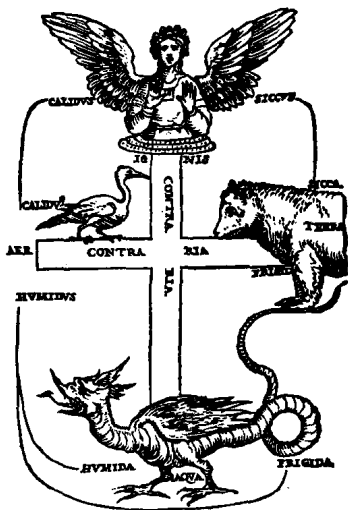


一種四角對稱形

這幾頁的例圖，顯示的是流傳達二千多年、亞里斯多德所創物質理論的三個觀點，說明所有物質都由四種元素：火、空氣、水及土所組成。每一種元素又具有以下四種基本性質中的兩種：熱、冷、濕及乾。就如同上面圖畫所顯示的，亞里斯多德相信：乾和冷造成土；冷和濕成水；濕和熱成空氣；熱和乾，則造成火。這個於公元前四世紀創立的理論，頗為煉金家和富於玄想哲學家所歡迎，但它阻礙了科學的進展，直到十七世紀為止。

龍、天使、鳥和走獸

亞里斯多德的四種元素通常都用活生生的動物加以形象化，就如同下邊這幅圖畫所顯示的。圖畫出自 1546 年在威尼斯出版的一本叫做《*Pretiosa Margarita Novella*》的煉金術百科全書。龍代表水，天使代表火，鳥代表空氣，而熊（走獸）則代表土。圖上的拉丁文即一一對應着幾何圖畫的中文。在十字交叉裏的拉丁字 *Contraria* 表示空氣相對為土、火相對為水的信念。



搗碎器或粒子加速器，第一架這類儀器直到 1932 年才製造出來。在 159 頁到 167 頁的照片和圖解中我們可以看見這類儀器的日漸龐大與壯觀。科學家希望能憑借這些工具，來測知像運行在原子核內的各種作用力和由於粒子間相互作用所發生的反應。

科學家已經通過設計使原子核內產生蛻變反應，確定了 30 種以上的基本原子的粒子，而其中許多在產生時即呈不穩、經常轉化成別種粒子。但是這裡面的情形也跟前面講的一樣，所知愈多，愈感神秘。目前物理學家甚至不能確定質子、中子和電子，是否像字典對物質所下的定義中所描述的都“佔有一定的空間”。事實上有一些理論將這些粒子描述為波，或者是沒有體積的點群，引用一位物理學家的術語，即是：“出沒無常的數學奇點空間”。

人們開始了解，“物質是什麼”這個問題，似乎無法以一種終極的、不變的方式加以解答，至少在目前是如此。

人類把他們生存在地球上的千萬年的時間中對於物質的探討有系統地組織起來，是相當晚近的事。然而就像人類所有的努力一樣，每一個時代對於物質的研究，都是沿襲上一代的成就。近代化學應該歸功於中世紀煉金術的研究狂熱和實驗室的技術。煉金術的原理源出於亞里斯多德的“宇宙四元論”。希臘的哲學家對於物質的思索想像，就以巴比倫人和埃及人所流傳下來對化學現象粗淺的觀察為基礎。

木棒、石頭和進步

史前的人類只借着嘗試、錯誤與偶然發現來研究物質：最初是要分辨選擇有毒的和可口的植物；發現木棒摩擦生火；和用燧石與其它堅硬的石頭製成粗劣的工具。發現了金屬之後，人類的文明向前跨了一大步。金可能是從原礦產地被水沖下來的沖積砂中，最早引起注意的一種；人類也可能曾在含銅泥土上燃燒的火焰中，首次發現了銅的閃光；不知怎樣，錫也可能是在火焰中熔融而出，接着又發現到錫和銅可以合成為青銅。此外一個發現就是鐵，它第一次引起人們的注意可能是在由外太空墜落的隕石碎片中。為了去處理這些金屬，人類就開始探討物質的科學——也就是現在所謂的冶金術。除了金屬以外，人們還逐漸知道了其它物質：在居住的洞穴中使壁上閃閃發光的有色礦石，還有一種玻璃狀的物質——那可能是在火山噴出物中發現的半透明黑曜石。與北京人骨骼一起找到的，有石英晶體製成的工具；北京人約在一百萬年前在地球上居住。

所有這些物質的意外發現，對於史前人類而言，只有全盤照收，一直要等到文明在近東萌芽的時候，人類才察覺到物質可以改變。一塊公元前六千年的巴比倫泥碑上，描繪着一幅釀酒圖：蘇墨里人可以用麥子釀造出十六種不同的啤酒。公元前三千四百年的埃及象形文字說明有榨酒的機器。酒和啤酒的早期製造者可能不會解釋發酵靠的是酵母的作用，酵母是空氣中或是熟透的水果中的一種單細胞真菌類，可是當時的人們顯然已經知道必定發生了某種物質的變化。早期的人類也學會了如何把鈉礦加熱溶解成玻璃。在公元前四千年，埃及王朝建立以前，埃及人已知道將釉塗在石頭或石英上，製成裝飾用的珠子和花瓶。那時，人們還學會了染色的藝術，因為早些時候，他們知道某些昆蟲和漿果能染汚手指：例如，紅色的染料取自雌胭脂蟲的體內；藍色的染料取自靛藍的豌豆科植物。到公元前一千五百年，在腓尼基的泰爾人知道：一種貝殼類的分泌腺，暴露在空氣中時呈黃色，然後轉成鮮藍，最後變成紫色。於是泰爾紫變成了王族的標誌。

重量的價值

由於那時的人不知道他們的成就具有更深意義，後人就抹煞了他們在促進人類對於物質的瞭解的貢獻；但是，那些發現跟今日實驗室中變弄戲法，創造奇跡的工作者所做的是一樣重要的。在所有這些早期的物質改造中，許多化學的基礎就由此建立起來了，譬如：在染色時不溶性混合物的形成，發酵的典型生物化學過程，和運用高溫技術還原礦石。並且，在古代的市集裡，物質顯示出另一個更基本的特性；那是到目前為止仍然是最具體的特性。當貿易蓬勃發展時，物質的重量越發顯得重要。重量及其量度的系統變成不可或缺的條件。例如，巴比倫人發明了一種重約三分之一盎司的衡量單位 *shekel* 和一種重約67磅的 *talent* 單位。但歷史記載中沒有指出他們曾經思索過物質為什麼具有重量，以及物質大小，體積或密度等。

第一個不再把物質的各種特性毫無疑問地接受下來的是希臘人。當時希臘人由於渴求知識，旅行到遙遠的地方，他們帶着無法壓抑的好奇心，訪問了近東的學術中心，得到了豐富的收穫，搜集這個地區所引用的實用化學的許多資料。然後經由推論和辯論——他們可能是歷史上最偉大的聊天家——希臘人進而着手建立一個富麗堂皇的物質理論。

首先運用高度思想與想像力的，是公元前六世紀米列泰斯的哲學家泰利斯。他對於物質的本性和它的性質發生深切懷疑，於是，就像現在我們所做的一樣，企圖去尋求一種能夠包容一切的解釋。他最後的論斷是：宇

從化學到寓言

下面這幾幅由法蘭德斯(古國名,包含目前的比利時、荷蘭南部和法國北部)藝術家範德·帕瑟所作的雕刻畫,顯示出代表亞里斯多德四種元素的寓言式人物。火 (*ignis*) 手持烙印和燃燒中的煤炭。水 (*agua*) 倚扶着一個倒置的水瓶,在她後面,一位漁夫正在從事釣魚行業。土 (*terra*) 則抱着一個滿裝大地花果的羊角,身旁,一位獵人正在追捕獵物。空氣 (*aer*) 在跨越雲層大步行走,鳥在周圍飛翔,四處的風在吹着。





煉金家得不到安寧

上面這位擤着鼻子的煉金家除了氣味以外，還有使他更分心的事情存在：在他妻子虎視眈眈的監視下工作——就像由這幅十五世紀的一本編年史集《Mer des Hystoires》中取出的諷刺畫所看到的那樣，這位權內的先生最好是把那種臭氣沖天的東西轉變為黃金。偉大的德國煉金家海爾菲鐵斯說，他太太常常“苛求或煩擾我要不停地做實驗……，而且吩咐說，除非是把工作做成，要不然整夜沒得我休息和睡覺的份了……”。

宙的基本物質是水。泰利斯有很好的理由作如是觀。在所有他能接觸到，能看到的東西中，水是最具可變性的。水的自然狀態是液體，當結成冰時則為固體，而在炎熱的夏日裡則變成氣態的水蒸氣。

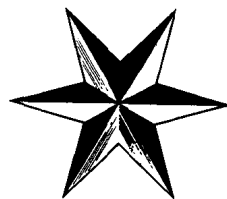
阿納克斯美奈斯，一位與泰利斯同時代的人，僅由從口腔將氣吹到手上的簡單實驗中建立了另一個理論。如果他張大了口吹氣，吐出來的氣是熱的；如果他將氣流從幾乎閉着的嘴巴隙縫吹出，這些氣則是涼的。於是他下了這樣的一個結論：氣體急速流出時會產生熱，若將氣體在緊閉的嘴唇後面壓縮，即使它冷卻。現在我們知道，任何一個曾經把氣打入輪胎或將氣從輪胎放出的人都曉得，他所得的結論正好相反。因此，阿納克斯美奈斯從他的觀察呼吸的方式，知道維持着人類生命的呼吸氣體是可以壓縮和膨脹的；他認為空氣是宇宙的基本物質，它以經常改變的特質來影響萬物性質，同時它滲入所有物體之中。

西元前五世紀，一位名叫赫雷克利特斯的希臘人，提出一種看法，說火是物質的基本成份。火的外形永遠在變化着，一把火焰不管是熊熊發光或閃爍不定或即將熄滅，但它一直是火。由於火的外形不斷變化却又始終如一，赫雷克利特斯相信，物質已顯出它的重要的統一性。

愛、恨和一個理論

來自西西里亞殖民地的希臘人安培道可斯在水、空氣和火以外，加進了“土”這個元素，形成了宇宙四元論的學說。他認為：在一種叫做愛的力量面前，這四種元素就結合起來；在一種叫做抗爭或恨的力量面前，它們就分離。安培道可斯的理論倒頗有些道理。土、水、空氣確實代表了物質的三個常態——固態、液態、氣態。而火是一種能量，是引起物質從一種狀態變成另一種狀態的動力。

然而在所有希臘人的物質理論中，現在回過頭看，最吸引人的是哲學家羅希帕斯和後來他的學生德謨克利特斯所提出的見解。他們主張物質是由叫做“原子”的小粒子集合而成的。這些原子是如此的小，以至於不能再予以分割（希臘字 *atoma* 意即“不可分割”）。德謨克利特斯認為原子經常都在運動着，並且以各種方式互相結合，它們彼此的不同只在於形狀上和排列上的差異。這一優秀的原子理論，現在看起來，似乎是不可思議的，在當時只不過是個粗略的猜想罷了，就像其他雅典人在雅典廟宇的午後討論會中所提出的不少猜想一樣。不過德謨克利特斯思考的方向是正確的，即使他也不敢夢想到有一天他所謂不可分的原子會被分為更小的顆粒。



銅



鐵

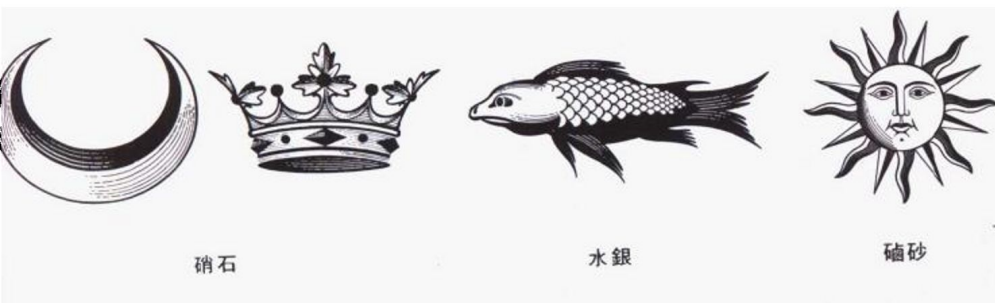
德謨克利特斯命中注定不但要超越他的時代達二十四個世紀之久，而且注定不受同時代人的稱道和重視。不久之後，著名哲學家亞里斯多德變成了那個時候的領導人物，亞氏不僅不能贊同德謨克利特斯的理論，並且加以嚴厲的攻擊和駁斥，所以一些歷史學家覺得偉大哲人亞氏有一段時間妨礙古代原子理論的發展，實在不可原諒。另一方面，亞氏贊助安培道可斯的學說，並且加上了他自己的修飾。亞氏認為，物質世界的基礎是一種原質。這種原質是潛在的，要借着形體才顯露出來。形體引出了“四種元素”，可以它們的性質——冷、熱、乾、濕——加以區分。亞氏的學說認定這四種元素沒有一種是不可變的。一種元素可以用它們所共有的性質作媒介而轉變成另一種元素。在轉變的過程中，只有物質形式的改變，而構成四元素的原質則永遠不變。

亞里斯多德的貢獻

在希臘文化的黑暗時期，亞里斯多德的這個觀念成為物質理論另一個偉大的進展——煉金術——的哲學基礎。從亞氏的假設，煉金家們各自推論他們自己對於物質的統一性的理論，他們並設想一種能改變物質的媒介存在，也就是所謂的“哲人石”。如果能製出這種東西，將可使一般金屬變成黃金，也能提煉出人間萬能靈藥即 *elixir vitae*，所謂長生不老的仙藥。

這種行徑怪誕和始終令人懷疑的煉金術始於何時、發源於何地，目前尚不知曉。東方和西方都有煉金家和煉丹術士在活躍着。約在公元二世紀的時候，魏伯陽第一個寫下中國製備長生不老神丹的方法。約在同時，西方亞歷山大統治下的希臘人開始有了煉藥的人。冶金術這個字，源自阿拉伯文 *alkimia*，*al* 是定冠詞，*kimia* 相信是從希臘文 *chyma* 來的，意思是熔解或鑄造金屬，亦可能是從 *chem* 來的，這個字的意思就是“黑色的大地”，是古埃及人對他們國家的稱呼。

在後面的圖片中，描繪了以煉金招牌走江湖的人一些冶金術的成就。亞里斯多德的哲學基礎，後來加上“物質二極說”有了修正。二極就是兩種完全相對立的元素，分別是硫磺和水銀。硫磺代表火或可燃的性質，水銀代表水或可溶性和液化性。人們相信，這兩種物質在地球內部互相混合，而依照混合的比例及純度上的不同而產生了各種低賤的金屬像鉛，或是高貴的金屬，像金和銀等。煉金術的基本原理就是：所有各式各樣的物質都有一個共同的根源，在各種暫存的物質中有一永久的“靈魂”；各個物質可以互相轉化，而“靈魂”長存。雖然我們現在認為，煉金術的理論不過



煉金家的圖畫暗碼

正因為煉金家們都懷有將便宜金屬轉變為貴重黃金的野心，他們這些人自然而然地發展成一羣嚴密的小集團，把藥方以暗號的方式隱密起來，不讓外人知悉——甚至也不要同行來了解，就好像左邊所畫圖形一樣。這些暗碼當中，星星代表銅；鑰匙代表食鹽；彎月或皇冠代表硝石；魚代表水銀；太陽代表礪砂。

是一項愚蠢的探索，然而“靈魂”不變學說和今日物理對於物質統一性的觀念却頗為相像。

事實上，科學並不是完全沒有蒙受煉金術之惠。煉金家為了證明他們的信仰，曾經做了無數的觀察和試驗，試探了人類所知的各種物體，因而發現和認識了許多化學物品和種種混合物的性質。十六世紀一位聰明的英國哲人弗朗西斯·培根，也是科學方法的先驅，曾經把煉金術對科學的貢獻做了一個最公正的總結：

“煉金術可比喻成一個人，他告訴他的兒子們在葡萄園某處埋藏着遺留給他們的金子，於是兒子們翻遍了葡萄園的泥土，尋找黃金，結果並沒有找到他們所要的黃金，却由於翻鬆了泥土而收穫大量的葡萄。如此，為尋找黃金所作的努力，却帶來了許多有用的發現和有意義的實驗。”

實際上，煉金家也並非完全不對。今天，我們知道鉛和金根本不同的地方是：鉛的原子核有82個質子，而金的原子核只有79個質子。所以改變鉛的原子核中質子的個數，必能把鉛變成金。現代科學已經提供了達成這種新“煉金術式”的轉化方法。在巨型的粒子加速器中，物質的原子成份可以在不破壞物質基本單元的情況下重新排列組合。

煉金術 對物質含義的探索

人類經常對組成這個世界的物質發生興趣。煉金術時期，人類對於物質世界的探索最為精彩，而煉金術不過是巫術和科學之間的奇妙結合，它遠在中世紀以前，即已蓬勃發展，遙遙引出今天的化學。由於不休止地實驗，不斷地思索物質的本性，煉金家有時也將他們的觀念描繪出來，像下一頁圖中的三臂怪獸。雖然人類的思想常常走進模糊、玄虛的境界，但是實驗目標則是清晰而具體的。把低賤的金屬變成金，和希求發現使人長生不老的藥方等，都有明確的目標。毫不奇怪，煉金家之中也有冒牌貨色，但最好的煉金家是精細的自然探察者。任何時代的科學家都會贊同煉金家的祈禱：“願滌除我們心中可怖的黑暗，為我們的感覺點燃一盞明燈”。

一個理論中的怪獸

下頁這幅圖畫，摘自十六世紀一位不知名英國人所著《大自然的冠冕》，描畫出一種代表“水銀精髓”的東西，它是煉金家所公

認物質的最基本成份。怪獸三隻手臂舞動着煉金家所標記的銀、金和汞（由左到右），在手臂之下是一個留鬍子的煉金家。