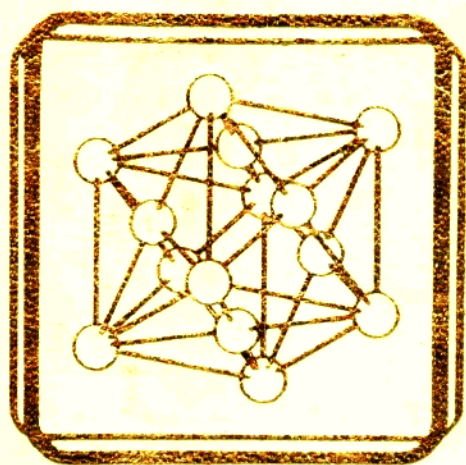


牛頓科學研習百科

化學



牛頓出版社

牛頓科學研習百科



發行人 / 高源清

總編輯 / 丁錫鏞

特約編審委員 / 王光燦・古德業・呂勝春・林英智
陳在瀛・張昭鼎・蔡義本・劉仲明
劉復誠・劉廣定・魏和祥
(依姓氏筆劃排列)

日文編輯 / 陳秀蓮・徐世榮・賴瓊嫻・劉絲昭
宋碧華

科學編輯 / 張鳳蕙・李子玲・沈秀雀・陳育仁

執行編輯 / 洪家輝・邱寶貞・陳妙侶

企劃製作 / 牛頓雜誌社

出版 / 牛頓出版社

地址 / 臺北市和平東路二段107巷20號1樓

電話 / 7059942・7061976・7061977・7062470

郵撥 / 0731188-1牛頓出版社

原作者 / 川口寅之輔・米山正信・阪川武志
橫山隆允

原出版者 / 株式會社 講談社

插畫 / 石原恒和・山崎典子

攝影 / 奧村和泰

製版印刷 / 中華彩色印刷股份有限公司

定價 / 新臺幣1100元

初版 / 1985年6月25日

出版登記證 / 局版業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

■本書版權所有，翻印必究■

牛頓科學研習百科



• 特約編審委員 (按姓氏筆劃排列) •

王光燦 (中央研究院生物化學研究所所長)

古德業 (農發會農業生產處副處長)

呂勝春 (中央研究院生物化學研究所研究員)

林英智 (臺灣大學化學系副教授)

陳在瀛 (臺北工業專科學校講師)

張昭鼎 (清華大學化學系教授)

蔡義本 (中央研究院地球科學研究所所長)

劉仲明 (工業技術研究院材料研究所副研究員)

劉復誠 (中央氣象局預報課課長)

劉廣定 (臺灣大學化學系教授)

魏和祥 (淡江大學理學院院長)

總審訂 • 丁錫鏞

牛頓出版社

序言

科技文明的脚步不斷地向前邁進，而且已由漫步逐漸加速為快跑。以近日備受矚目的太空科技來說，自古以來，人類始終夢想著翱翔天際，但雖歷經了千百年的努力，在十九世紀之前，人類仍在地面行走，航空科技的進展幾乎為零。直到一九〇三年萊特兄弟完成第一次離地飛行的實驗之後，至今不過八十餘年，人類不僅已能藉著各種航空載具像鳥類一樣海濶天空、自由自在地飛翔，而且衝出了大氣層，踏上月球的寧靜海，以土星、木星為跳板，奔向太陽系外浩瀚無窮的宇宙深處。

然而，沒有一項劃時代的發明是偶然的，如果沒有紮實的科學知識為根基，所有的理論都是空想。沒有物理基礎力學，那來的流體力學，更不可能研製出飛機，航向太空的美夢又從何圓起？因此，儘管太空梭、電腦、雷射、機器人等應用科技喧囂一時，但如果不在基礎科學方面多下功夫，到頭來終究是黃梁一夢而已。

我國教育的隱憂之一，在於中學階段「考試領導教學」，國中生為高中聯考而疲於奔命，高中生為大學聯考而心力交瘁；大學時代則基礎科學不受重視，考入「冷門科系」者極多非其本意，對畢業後出路更是惶惶不安。所幸近年來教育當局已對這些缺失痛下針砭，陸續展開一連串革新行動，諸如：由師大科學教育中心改編中學教材、實施彈性化及多元化的新高中課程標準、開闢大學社會與科技學門之間的通識課程、修訂留學辦法等。國科會在訂定八大重點科技時，也不忘再三強調：絕不忽略基礎科學。

這些措施確是極為睿智的決策，因為基礎科學可以說是培養科學態度、鍛鍊科學精神、訓練推理思考最重要的工具。尤其身處科技發展日新月異的現代，若想迎頭趕上時代潮流，注重基礎科學教育已是必然的趨勢。

牛頓雜誌社有感於基礎科學教育的重要，自民國七十二年五月十五日「牛頓雜誌」創刊之後，不斷地以「推動大眾科技傳播、加強科學紮根教育、提升全民科技水準」自我鞭策，在全體編審委員、編譯委員及編輯工作同仁的合作之下，緊接著又推出「小牛頓雜誌」，並企劃製作「透視地球」、「探索能源」、「動物獵奇」、「人體的奧秘」、「航向太空」、「銀

牛頓雜誌社社長兼總編輯

丁錫鏞

河之旅』、『科技天地』、『大自然之美』、『科學的最前線』、『生物奇觀』、『星星·月亮·太陽』、『科學家列傳』等十二本「牛頓特集」與『基礎科學』專書。爲了達到相輔相成的效果，對應用性的尖端科技也不遺餘力地推廣，先後出版了『雷射光電』、『資訊電腦』、『機器人』等專輯。「臺灣科學之旅①——墾丁國家公園」則是「牛頓」關心大自然生態環境的另一個起步。

這一系列期刊及叢書的推出，已在國內蔚爲一股科學研習與科技傳播的風氣，如今面對我國科學教育此一重大的轉型期，牛頓雜誌社深受國人的殷切叮囑與期盼，遂再次動員了十九位編輯，花費了一年半的時間及鉅額經費，在八十餘位專家學者的協助之下，製作這套「牛頓科學研習百科」，因應社會大眾及莘莘學子的需求。

「牛頓科學研習百科」共有『物理』、『宇宙』、『人體』、『化學』、『地球』、『動物』、『生命』、『植物』八冊，各冊章節脈絡分明，內容儘量避免抽象化的符號，而代以輕鬆活潑的筆調、精美透晰的圖解。從生活周遭的實例著手，在科際整合的新穎觀念指引之下，介紹科學概念、原理及方法，探討各種科學與人類的關係，幫助讀者在心中建立起完整的科學知識體系，並受本書啓發式的誘導，進一步萌發研究的動機。例如『物理』一書中介紹慣性作用時，即以搭乘公車時乘客摔得人仰馬翻的慘狀來說明。相信凡是搭過公車的讀者，都會深深地體會出其中奧妙，進而研究出調整自己身體重心的對策，從此不再怕公車。

這不僅是一套圖文並茂的中學基礎科學研習教材，離開校門已久的社會人士也可以藉此溫故知新，對非理工背景的讀者更是一套十分理想的科學入門指導。此外，各冊書後都附有詳細的中、英、日對照索引，所以也是從事科學教育工作及科技行業的專業人員手邊不可或缺的工具書。

推行科學普及運動一直是「牛頓」的中心目標，願「牛頓」的每本佳作及每場科學活動都能成爲您立志做個「科技人」的助力，共同迎接二十一世紀新科技浪潮的來臨。

目錄

1 何謂物質..... 7

物質與非物質 / 8

物質與質量 / 10

2 空氣的探索.....12

空氣有沒有重量? / 12

空氣的成分 / 14

氧 / 16

氮與惰性氣體 / 18

二氧化碳與一氧化碳 / 20

3 物質狀態的變化.....22

狀態的變化與實質的變化 / 22

混合物與化合物 / 24

各式各樣的混合物 / 26

物質的三態 / 28

氣體的體積 / 30

燃燒 / 32

氧化與還原 / 34

化學反應與質量 / 36

氣體反應的體積比 / 38

4 物質本質的探討.....40

研究物質的黎明期 / 40

原子說與分子說 / 42

原子與分子的大小和質量 / 44

原子與分子的聚合狀態 / 45

分子的熱運動與物質三態 / 46

低溫和高溫的世界 / 48

化學式和化學反應式 / 50

原子構造的研究 / 52

波耳的原子模型 / 54

週期律和週期表 / 56

波耳的原子模型與週期律 / 58

放射性元素 / 60

原子核的構造 / 62

基本粒子 / 64

5 水的化學..... 66

水的行星 地球 / 66

水的特性 ① / 68

水的特性 ② / 70

水的特性 ③ / 72

水的構造 ① / 74

水的構造 ② / 76

何謂溶解? / 78

氣體的溶解 / 80

酸和鹼 / 82

中和反應與鹽 / 84

酸鹼和我們的生活 / 86

海與物質 / 88

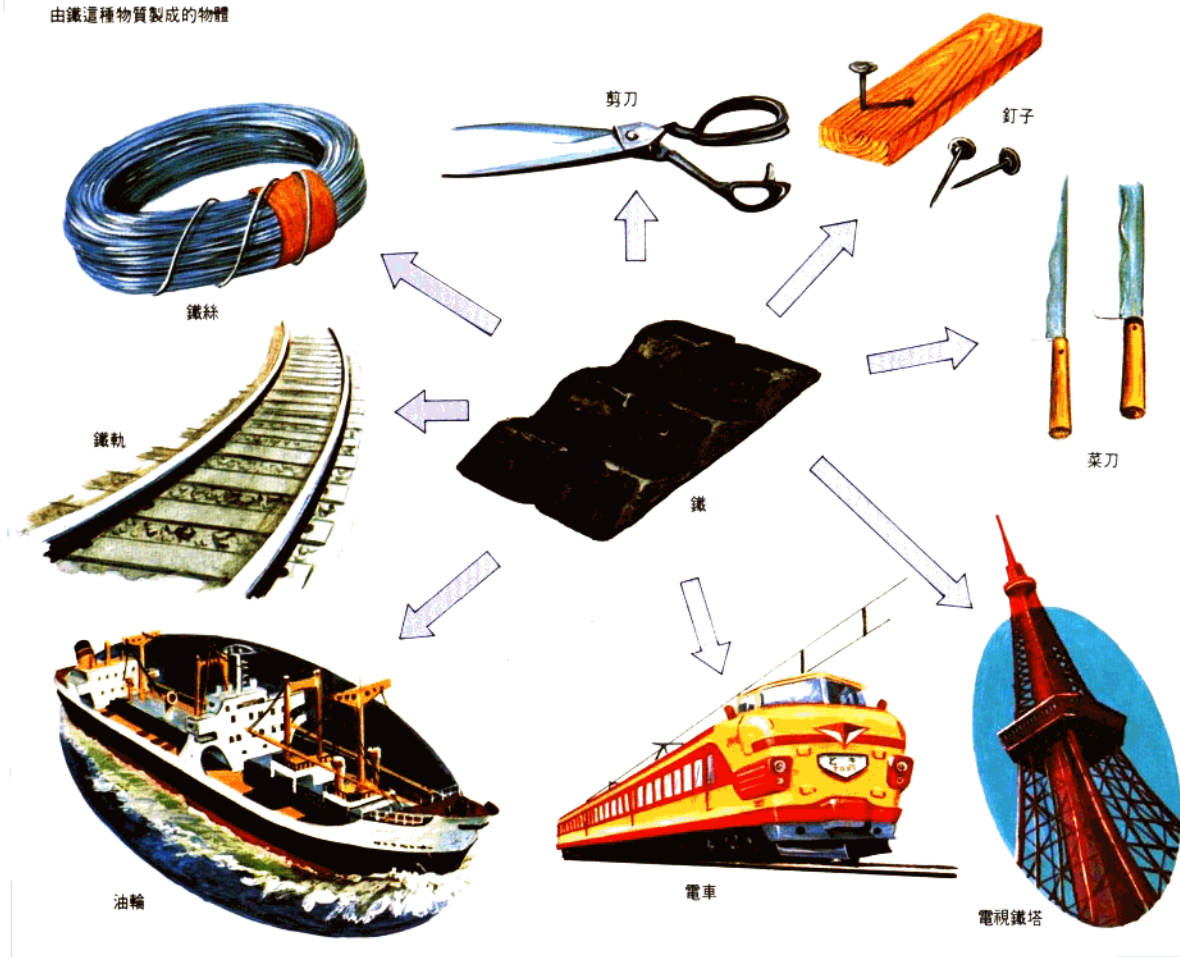
6 電與物質.....90

導體與非導體 / 90

電阻與發熱 / 92

原子和離子的模型 / 94	
電解質、非電解質和電解 / 96	
電解的應用 / 98	
離子的化學反應 / 100	
金屬的離子化傾向 / 102	
生鏽的化學反應 / 104	
離子交換樹脂 / 106	
7 物質與能量..... 108	
火的發現與利用 / 108	
石油的起源與成分 / 110	
天然氣 / 112	
煤炭的成因和成分 / 114	
煤焦 / 116	
乙炔 / 118	
家庭中的能源和物質 / 120	
有機化合物與無機化合物 / 122	
化學反應與吸熱和放熱 / 124	
化學反應速率和溫度的關係 / 126	
化學平衡與催化劑 / 128	
爆炸及其化學反應 / 130	
爆炸的利用 / 132	
8 宇宙、地球與物質..... 134	
宇宙中的物質 / 134	
宇宙的組成物質 / 136	
太陽和月亮的組成物質 / 138	
地球與物質 / 140	
9 構成材料的物質..... 142	
鐵 - ① / 142	
鐵 2 / 144	
銅 / 146	
鋁 / 148	
貴金屬 / 150	
特殊金屬 / 152	
玻璃 / 154	
塑膠 ① / 156	
塑膠 2 / 158	
橡膠 / 160	
紙 / 162	
陶瓷器 / 164	
10 公害與物質..... 166	
在空中擴散的公害 / 166	
廣及於河川、海洋與農作物的公害 / 168	
重金屬與放射線的危害 / 170	
11 物質科學的應用..... 172	
滅火的科學 ① / 172	
滅火的科學 2 / 174	
酒的科學 / 176	
犯罪科學的探討 / 178	
飲水的處理過程 / 180	
攝影的科學 / 182	
肥皂 / 184	





物質與非物質

物質組成的世界 讀者如果想知道什麼是物質，那麼請先參考一下前頁的照片，並研究看看畫面中所呈現出來的影像世界到底是由那些要素所組成。

一眼望去，我們可以看到整個畫面顯然充塞著所謂水的物質。在這一片蔚藍的水中，我們也不難看到蛙人肺部排出一種所謂空氣的物質，正呈氣泡狀緩緩上升。同時，空氣這種物質經過壓縮後，便可裝入蛙人揹負著的鋼筒(氧氣筒)中。至於鋼筒，由一種被稱為鐵的物質所製成，塗在鋼筒表面的則稱做塗料。

畫面上一端與氧氣筒連接，另一端通向蛙人嘴部的兩條黑色管子，由所謂橡膠的物質製成。至於蛙人脚上如魚鰭般的「鞋子」，也是由橡膠製成。

蛙人臉上戴著被稱為潛水鏡的東西，潛水鏡前面有一片名

為玻璃的透明物，玻璃四周的黑框則同樣是由橡膠所製成。

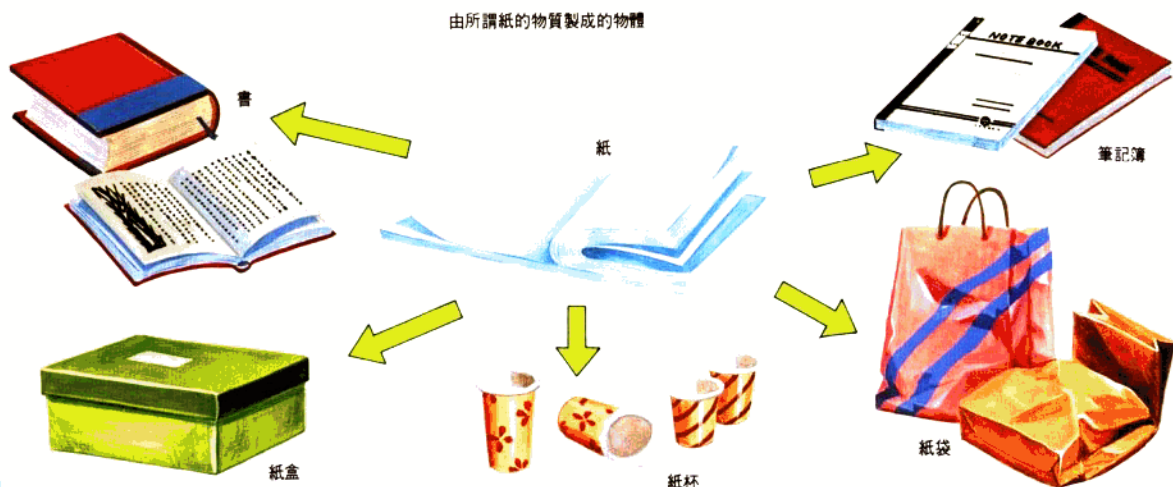
蛙人腰部繫著的腰帶看起來好像十分沈重，原來是裏面裝入了一種所謂鉛的重物。人體在水中會受浮力作用的影響而浮起，腰帶中的鉛就是蛙人避免身體上浮，或者欲潛入更深水底的憑藉。

換句話說，就是讓浮力和重力相互平衡。一旦兩者得以平衡，人類就可以安全又舒適地潛入水中，充分享受如魚兒般自由自在優游大海中的樂趣。

物質的分類 除了以上所提諸項以外，我們還可以在照片中發現其他許多要素。由此可知，這些要素雖然可以一概稱之為物質，但是其內容卻有所差異，因此，接下去我們便將照片中所有的物質加以分類介紹。

首先是形狀明顯的物質，如氧氣筒、管子、蛙鞋、潛水鏡、腰帶等，由於都有一定的形狀，故可以稱為物體。至於構成這些物體的原料，如製成氧氣筒的鐵、構成管子的橡膠等

由所謂紙的物質製成的物體

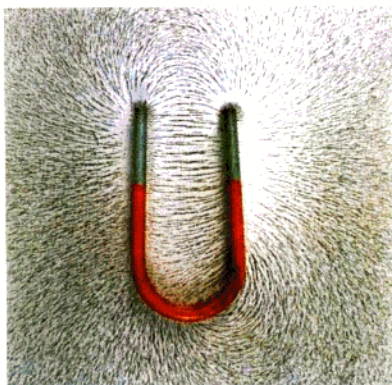
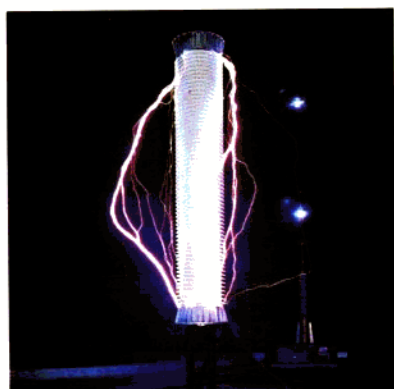


非物質的東西

電

磁

光



等，即統稱為物質。換言之，管子這種物體乃是由所謂橡膠的物質構成，而所謂潛水鏡的物體則是由所謂玻璃的物質構成。

除此之外，照片中還有缺乏固定形狀的物質，例如水、空氣、塗料等皆是。然而，如果溫度降低使水結成有固定形狀的冰時，它就不再是物質而是物體了。由此可知，所謂物質是指一些基本的要素，一旦用此物質製成固定形狀之物品時，即稱為物體。

非物質 那麼，氣泡又屬於那一種物質呢？照片中所見的氣泡固然是由所謂空氣的物質構成，但是它卻不能稱為物體，因為氣泡只是物質的一種狀態。換句話說，氣泡和塊狀、流體、固體、液體、氣體等同為表示物質狀態的名詞。

然而，前述所謂的浮力和重力又是怎麼一回事呢？我們不但可以立刻確定它們不是物體，同時也能察覺到它們和物質之間的不同。所有的物質都可以用某種方法來看出其形狀，

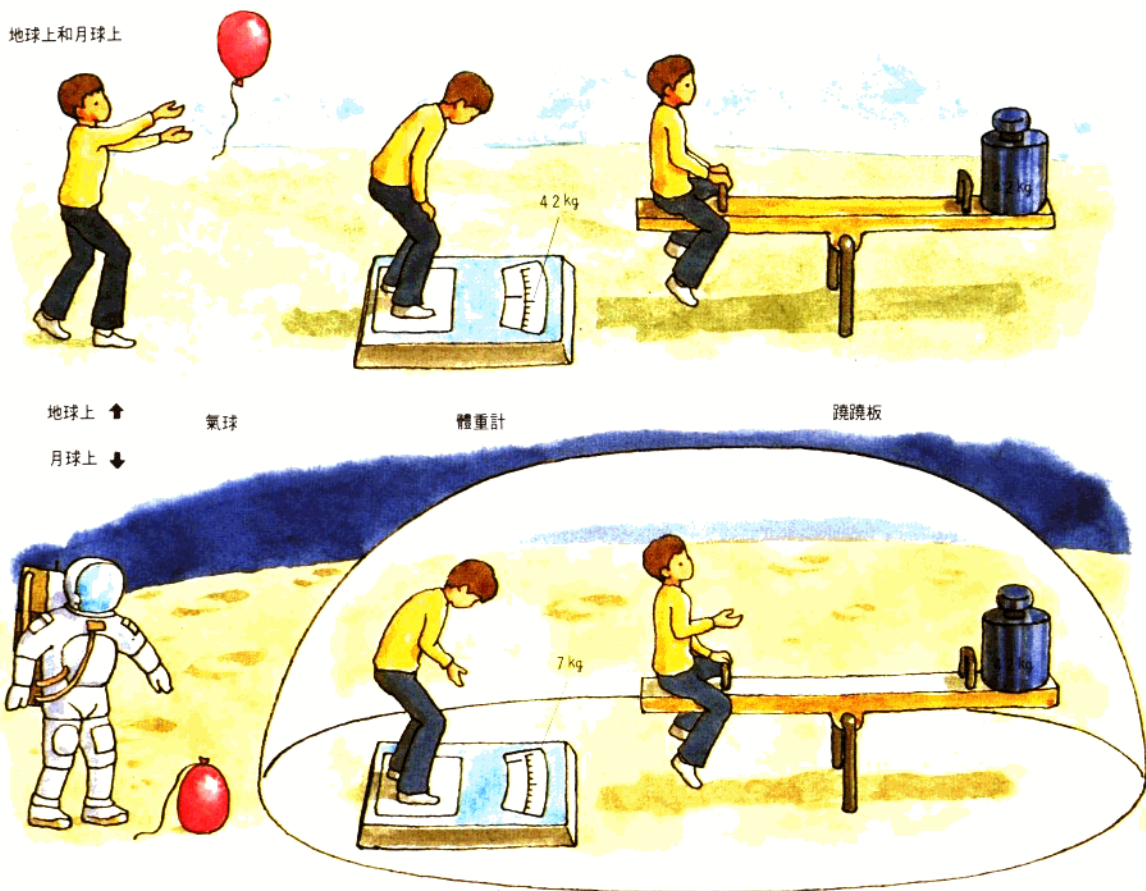
而重力和浮力卻根本摸不著、看不見，所以，兩者皆不能列入物質之林。

此外，在前文中我們曾經提及的方法和樂趣等，顯然都不屬於物質。由此可知，和人類心智有關的活動和現象都不能算是物質。

從物質學習起 我們環顧四周，可以發現自己被許多物體、物質、非物質等各種東西所包圍。即使是我們人類的身體，也是由蛋白質、水和其他許多物質所構成。

除此以外，人的身上還有愛、勇氣、創造力等非物質；藉著這些物質和非物質的正常運作與協調，人類才得以健康、快樂地生存下去。

在我們日常生活周遭中所見的各種各樣事物中，選取物質這個主題加以研究的學問即稱為化學。期望這一本名為化學的書，能對讀者們在了解世界上萬事萬物的過程中發揮重大的作用。



物質與質量

物質的共同性質 空氣、水和鐵均為物質，但是只要拿空氣和鐵來做比較，就可以發現兩者之間的相同之處微乎其微。然而，兩者既然都稱得上是物質，就應該有共同的性質。為了說明這個問題，讓我們來看看氣球的例子。

灌滿氫氣的氣球只要一放手立刻就會飛上天空，大家都知道這是因為氫氣比空氣輕的緣故。可是，如果換成在月球上，氣球卻不會往上飛。換句話說，在月球上，除非灌注氫氣的氣球被拿在太空人手裏，否則它都會停留在月球表面而不會飛上天空。同樣是氫氣球，何以會在地球上和月球上有這麼大的差別呢？

道理即在於月球上沒有空氣。地球上空氣，所以比氣球重的空氣會流至氣球下方，將氣球向上托升。至於在月球上，由於沒有會流至氣球下方而將之向上托升的空氣，氣球自然無法上飄。

同樣地，游泳時身體之所以會浮起來，道理也在於人體比

水輕，因此，水流向人的下方使身體浮起來。

重量和密度 比水重的物體會沉入水中，比水輕的物體則會浮在水面上，這是人盡皆知的簡單道理。但是，體重五十公斤的人會浮在水面，重量僅及十公克的石塊卻會沉入水中，原因到底在那裏呢？相信有此疑問的人一定不在少數。或許還有人會懷疑：難道是十公克的石塊比水重，而體重五十公斤的人卻比水輕嗎？

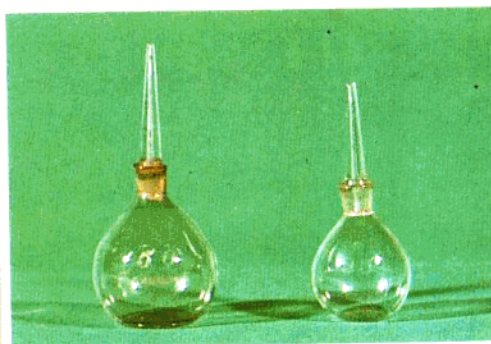
在此，首先我們必須對「重」這個名詞做更精確的解釋。如果拿十公克的石塊和五十公斤的人來做比較，毫無疑問是人比較重。

然而，一種物質能否浮在水面上，必須取決於同體積之物質和水的重量比較結果。每一立方公分的的水有一公克的重量，但是，同樣是一立方公分的體積，石塊的重量比一公克重，人體的重量比一公克輕，這就是石塊沉入水中而人體浮在水面的原因。

我們把這種單位體積的物質重量稱為密度，一般都用公克／立方公分的單位，亦即以該物質每一立方公分的平均重量

各種物質的大略密度

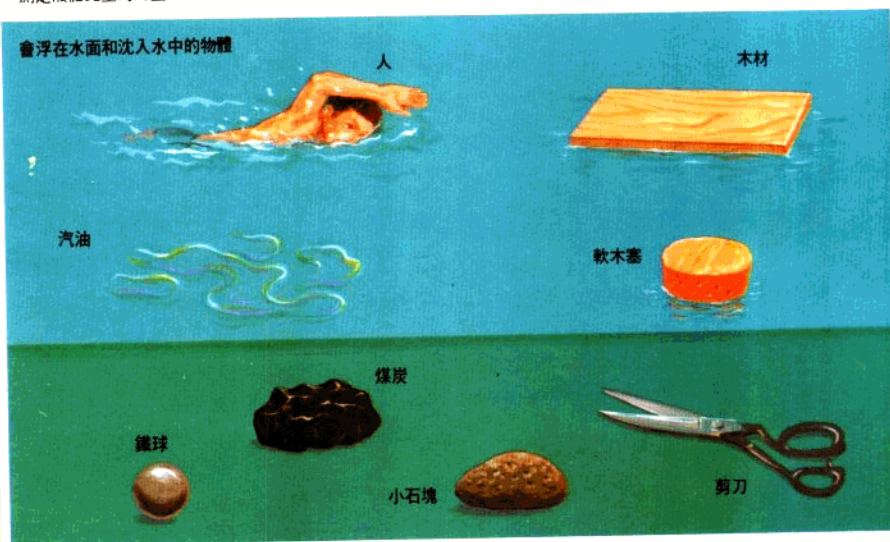
物 質	密度(g/cm ³)
水	1.0
丙酮	0.8
酒精	0.8
過氧化氫	1.4
汽油	0.7
甘油	1.3
氯仿	1.5
重油	0.9
二硫化碳	1.3
苯	0.9
乾燥的杉木	0.4
乾燥的烏木	1.2
乾燥的松木	0.5
軟木	0.2
砂糖	1.6
鹽	2.8
水晶	2.7
煤炭	1.4
水泥	3.1
賽璐珞	1.5
尼龍	1.1
鐵	7.9
銅	8.9
鋁	2.7



測定液體比重的比重瓶



測定氣體比重的裝置



來表示。

水的密度為一公克／立方公分，因此成為各種物質比較密度時的基準。以水密度的倍數來表示的，即是比重。由此可知，比重大於一的物質會沈入水中，比重小於一的物質就會浮在水面上。

重量與質量 一位在地球上稱得體重四十二公斤的人，到月球上再量體重，他將會驚訝地發現自己的體重竟然只剩七公斤，這實在令人費解，其餘的三十五公斤到那裏去了呢？

原來，月球上的重力只有地球的六分之一而已。但是，如果在月球上用天秤來稱的話，地球上重四十二公斤的人仍然與四十二公斤的砝碼相平衡，這到底是怎麼回事？

體重計是一種彈簧秤，彈簧收縮力與重量平衡之處的刻度，就是所稱物品的重量。這種彈簧的收縮力無論在月球上或地球上均相同，但是，物質的重量會因月球上的重力變小而減輕，因此彈簧秤上的刻度只有七公斤而已。

至於天秤，則是以砝碼決定所稱物品的重量，一旦到了月球上，物質的重量減少，砝碼的重量也減少，四十二公斤的

人才能與四十二公斤的砝碼保持平衡。

一件物品用不同的秤，在不同的地方，所觀察到的重量各不相同，這種情形可以說十分不方便。但是，不論在地球上、月球上或者其他地方，東西本身應該具有重力形成的基本實質重量，這種絕對的重量稱為質量。

對於體積過大的物體，沒有辦法直接放進天秤秤盤來測量，那我們如何得知它的質量呢？這時候就必須使用間接法來測定質量，亦即如果已經知道其平均密度及體積，就可以求得質量。至於體積十分微小的東西，又如何得知它的質量呢？此時得借助電磁法等才能測得。

物質具有質量 然而，物質的共同性質又是什麼呢？簡單地說，所有物質的共同性質就是都具有質量，在地球上，把物質放入真空容器中，由於這些物質具有質量，所以會受到地球重力的影響而往下掉落。

至於沒有質量可言的電、熱、愛情、勇氣等，既然不能放入真空容器中，更不用說會受到重力影響而掉落了，這些自然也就不能算是物質。

空氣有沒有重量？

空氣海的底層 我們居住的地球，表面覆蓋(圍繞)著厚達一千公里(大約相當於地球直徑的十二分之一)的空氣層，此即稱為大氣層(atmosphere)。

離開地表愈遠(高)，空氣愈稀薄，但是，無論是埃佛勒斯峯(Mt. Everest, 即聖母峯)的山頂或陽明山的山頭，都在整個大氣的籠罩下，當然，我們所居住的平地就更不用說了，到處充滿著空氣。

因此也可以說，我們是居住在充滿許多混合氣體의空氣海海底。

何謂大氣壓 如果不戴任何裝備或器具潛入深海底，耳朵

會有疼痛難當的感覺，這是因為上層水的重量變成水壓而壓迫耳朵所致。

同樣地，在空氣海底層，應該也有相當於水壓的空氣重量，此即大氣壓。大氣壓大約相當於十公尺深的水底壓力。

如果把生活在深海的魚急速地拉至海面來，可以發現魚的眼睛會凸出，這是因為深海的壓力大於海面。同樣地，如果一個人突然被置於氣壓較低的地方，眼睛也可能凸出來。

由此可知，空氣這種物質無色、無臭、無味，雖然無法以肉眼辨識，卻和其他物質一樣具有重量，至於它的重量，可以由大氣壓感受出來。

伽利略的實驗 第一個以實驗成功地證明空氣確實具有重量者，是義大利的伽利略(Galileo Galilei, 1564~1642)。

蓋利克的實驗。該實驗所使用的碗型容器，稱為「馬德堡半球」，因為當時蓋利克為馬德堡市的市長。



伽利略用唧筒把空氣打入大玻璃瓶中，然後把玻璃瓶放在天秤上稱其重量。首先，使瓶子與砝碼保持水平，然後把玻璃瓶蓋打開，結果發現砝碼那一端漸漸下沉，放玻璃瓶那一端漸漸上升。

由這項實驗可知，玻璃瓶逸出一部分的空氣，使得總重量變輕，而減輕的重量就是逸出瓶子的空氣重。

托里拆利的實驗 如果空氣確實具有重量的話，那麼地球不就被整個大氣層的重量壓著嗎？但是，這壓力到底有多大呢？關於這個問題，我們不妨參考伽利略的學生托里拆利（Evangelista Torricelli, 1608~1647）所做的實驗。

托里拆利的實驗係將一端封閉的玻璃管注滿水銀，然後用手指壓著上方，倒轉過來將玻璃管插入水銀中，再把手指移開。結果，比重較大的水銀會往下降，但是，下降至離水銀液面七十六公分處停止，玻璃管中無水銀的部分即呈真空狀態，後人稱此為托里拆利真空。

這表示出大氣的壓力，亦即空氣的重量把水銀推到這個高

度。

國際間一致同意托里拆利測得的值——七百六十公釐水銀柱高為標準壓力，我們稱為一大氣壓（atm）。

蓋利克的實驗 德國人蓋利克（Otto von Quericke, 1602~1686）合併兩個銅製的碗型容器，再用他自己發明的唧筒抽出裏面的空氣。

結果，兩個銅碗型容器緊緊地貼合一起，蓋利克在碗的兩方各繫以八匹馬，用力向兩方拉，才把這兩個碗分開來。這兩個內部真空的碗所以會緊緊貼合一起，是因為大氣的壓力，亦即空氣的重量把它們緊緊地壓住。

料想不到的空氣重量 在攝氏零度、一大氣壓條件下，一立方公分的空氣重0.001293公克。若用這種方法計算，邊長3.2公尺的立方體所裝的空氣，大約和體重四十公斤的小孩一樣重。

由此可知，平常幾乎令人感覺不到重量的空氣，事實上卻有令人意料不到的重量。

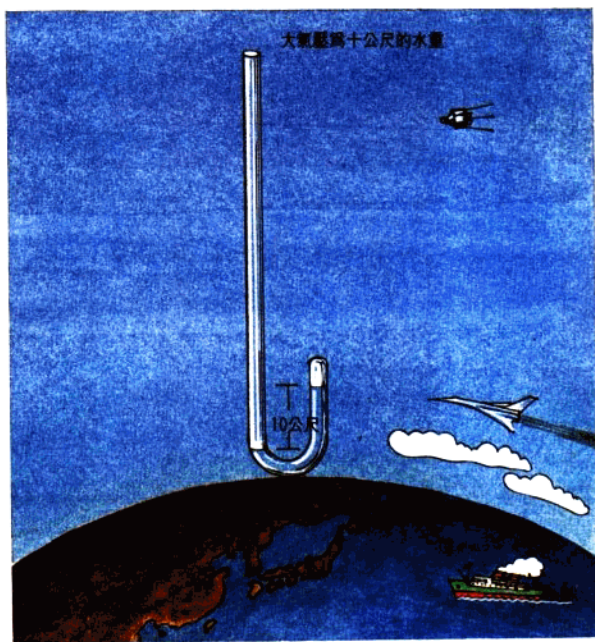
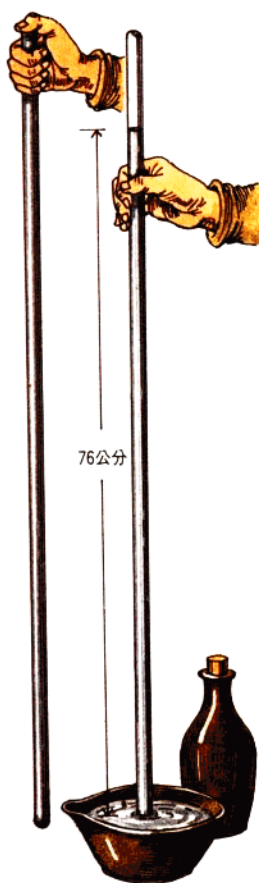


伽利略

托里拆利



托里拆利的實驗



高層的大氣 空氣的密度，往往因距離地表的高度不同而異。大體上離地球表面愈高，則空氣的密度愈小。

雖然空氣的壓力減少了，但是離地表約二十公里以內的空氣，組成上的變化非常微小。原因在於二十公里內的空氣常由於地面受熱不同而產生對流（convection）現象。因此，離地表約二十公里以內的空氣層稱為對流層（troposphere），它具有五種特性：（1）溫度近乎向上均勻遞減，（2）風速從地面向上增大，（3）下層有豐富的水分以形成雲雨，（4）空氣有顯著的垂直運動，（5）天氣現象幾乎都集中在這一層內。



威士忌的蒸餾

空氣的成分

空氣是混合物 海水中含有鹽類等物質，如氯化物、碳酸鹽類，這是自古即知的，但是，長久以來，空氣一直被認為是由一種物質構成。

因此，以前將可燃性空氣(inflammable air)、固定的空氣(fixed air)等所有的氣體統稱為空氣。

在距今大約二百年以前，部分科學家發現空氣是混合物，亦即由許多物質組成。近代的物質科學，可說就是由此時間始發展。

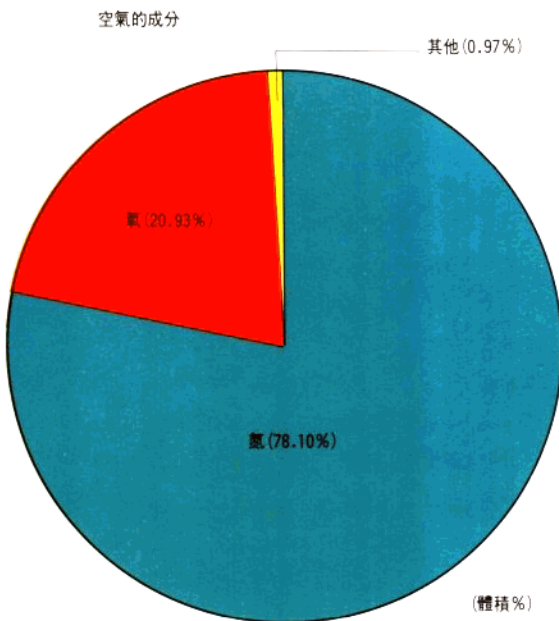
二氧化碳的發現 空氣組成中，最早被發現的是含量只占空氣0.03%的二氧化碳(carbon dioxide, 碳酸氣)，發現人就是蘇格蘭化學家布拉克(Joseph Black, 1728~1799)。

布拉克發現，石灰岩(calcium carbonate, 碳酸鈣)加酸加熱後產生一種氣體，這種氣體經證實是空氣的一種組成成分，布拉克遂將之命名為固定的空氣，即目前稱為二氧化碳的氣體。

氮的發現 繼布拉克發現二氧化碳後，他的學生拉塞福(Daniel Rutherford, 1749~1819)也發現了空氣中還含有氮。拉塞福把木炭放在空氣中燃燒，並用石灰水來吸收燃燒時產生的二氧化碳。

結果發現，除了會產生二氧化碳以外還有一種氣體，便命名為有毒的空氣，這就是今日的氮(N_2)。

氧的發現 很巧地，同時有兩位科學家發現了氧。其中一



位是英國教士兼物理學家普利斯特里(Joseph Priestley, 1733~1804)，他把氧化汞(mercury oxide)用透鏡聚集太陽光加熱，結果，他發現有一種氣體跑出來；而且，如果把蠟燭置入該氣體時，燭火突然更加明亮。

另一位發現氧的化學家是瑞典人舍勒(Karl Wilhelm Scheele, 1742~1786)。舍勒是在一次的實驗中，把濃硫酸加入二氧化錳後加熱，結果產生氣體，當時，舍勒命名為火氣(fire air)。

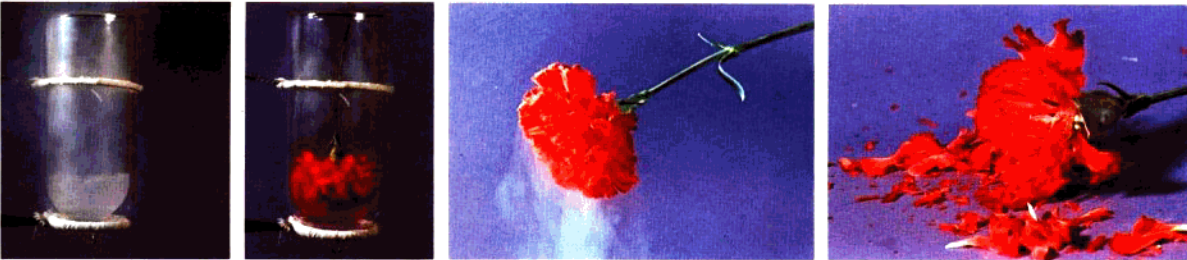
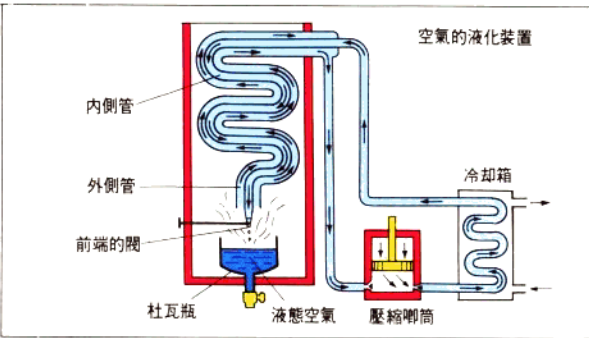
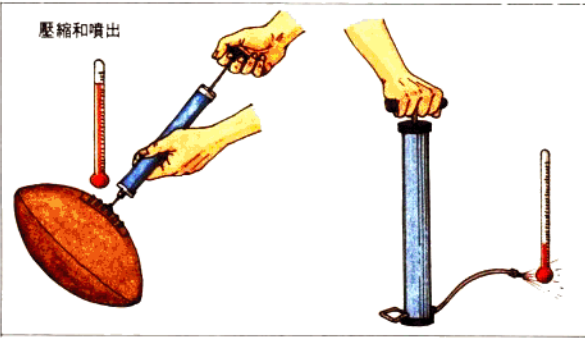
上述兩人都是在偶然的情況下發現這種氣體，而證實它與物質燃燒有關，將之命名為氧的卻是法國人拉瓦謝(Antoine Laurent Lavoisier, 1743~1794)。

除了氧、氮和二氧化碳以外，空氣中仍含有氫、氦、氖、氬、氪等惰性氣體，或稀有氣體(noble gases)。不過，這些氣體一直到十九世紀末才被科學家所發現。現在，對空氣中各種成分的種類及含量都已有詳細的了解。

威士忌和蒸餾 根據前述，我們對於所謂的空氣已有概略的了解——它是由好幾種物質所構成的。然而，在此我們不免又要提出疑問，這些物質能否個別地提析出來呢？

結論是：在氣態下分離空氣的組成，實在不是一件容易的事；但是把它變為液體形態後，分離各成分就容易多了。

就拿威士忌酒的製造為例吧！我們都知道，如果想要製造酒精含量較高的酒，非得使用蒸餾的方法不可。亦即把酒精含量較低的酒加熱，再用特殊的裝置收集所產生的蒸汽，待冷卻後，就是酒精含量較高的酒了。



把花放入液態空氣中後取出，只要用手輕輕一捏，就會變得支離破碎了。

這道理在於水須加熱至攝氏一百度才會沸騰，而酒精在攝氏78.3度就沸騰。換句話說，酒精汽化的溫度比水還低。因此，把蒸餾出來的蒸汽冷卻後，就可以得酒精含量比原來高的酒。

如此反覆不停地蒸餾，酒精的含量也逐漸增加，最後，水和酒精便完全分離了。

空氣能否變成液體 經由上述，我們可以推知，假使把空氣變成液體，那麼經過蒸餾便可能分離出各種成分。問題是，空氣到底能不能由氣體變成液體？

首先，我們觀察動物的呼吸狀況吧！假設一個人用口呼吸，如果他先把嘴巴縮緊再用力呼出空氣，空氣會變冷；假使他張大嘴巴慢慢地把空氣呼出，空氣卻是溫熱的，其道理何在呢？

這是因為先將空氣壓縮，然後再突然地膨脹，溫度就有降低的現象，這就是所謂的焦耳-湯姆生效應(Joule-Thomson effect)。

反覆地做壓縮和膨脹，空氣就不再是氣體了，會變成液態空氣(liquid air)。這個道理與蒸餾威士忌一樣，可以分離各種成分。

液態空氣的性質 在上面的圖片中，最靠左邊的圖片是一個注入液態空氣的燒杯，燒杯中煙霧瀰漫，就像沸騰的熱水一樣。

如果用手觸摸，周圍馬上結成一層白色的凝固體；若是把金魚或花草置於其中，會發現這些東西都硬得像賽璐珞裝飾

品，用手指輕輕地一彈，馬上變得支離破碎；即使是網球或乒乓球，也會很快地變硬，如果掉落地面，迅速地就破碎了。目前，這種液態空氣已經工業化大量生產，應用於各個領域之中。

壓縮和噴出 使用空氣唧筒，把空氣壓縮打入球內，可以發現，空氣唧筒內部的溫度顯然比外面高。這是因為空氣中的氣體分子(氣體粒子)受到壓力後生熱所造成的。

相反地，從自行車打氣筒的氣孔噴出的空氣，其溫度往往比外面的低，為什麼呢？原來被壓縮的空氣突然向外噴出，由於體積膨脹，會喪失熱量。

空氣的液化裝置 假使想把空氣液化，首先必須用唧筒把空氣壓縮至二百個大氣壓。然後，再把這些壓縮的空氣通過冷卻箱內。如此一來，壓縮的空氣經由內部許多彎彎曲曲的內側管到達管子前端的閥，再經由外側管回到壓縮機裏面，如此反覆循環。

反覆數次後，空氣會漸漸冷卻至攝氏零下一百九十四度變成液態，然後流至杜瓦瓶(Dewar flask)內，儲存於其中。我們日常生活中所用的天然氣，在未送至家庭中使用前，均以液化氣體的形態存於儲氣槽內，就是一例。

空氣各成分的體積百分比			
氮(nitrogen, N ₂)	78.084	甲烷(methane, CH ₄)	0.0002
氧(oxygen, O ₂)	20.946	氙(Krypton, Kr)	0.000114
氬(argon, Ar)	0.934	氫(hydrogen, H ₂)	0.00005
氖(neon, Ne)	0.0018	一氧化二氮(nitros oxide, N ₂ O)	0.00005
氦(helium, He)	0.000524	氙(xenon, Xe)	0.0000087