

中國科學社叢書之三

3
222/32
217
科學概論
上篇

任鴻雋著



3
222/32
217

AC
11

MG
G301
3

中國科學社叢書

科 學 概 論

上 篇

任 鴻 雋 著

商務印書館發行



3 1773 5595 9

科學概論

目錄

序

例言

上篇 科學的基本性質

第一章	科學的起源	1
第二章	智識的進化	12
第三章	智識的分類及科學的範圍	25
第四章	科學智識與科學精神	36
第五章	科學的目的	53
第六章	科學方法 I. 理論方面	67
第七章	科學方法 II. 實施方面	82
第八章	或然與切近——科學方法的限度	107

序

倘若我們向一個朋友問他科學概論講的是甚麼東西，我們一定得着一些千差萬別的答案。有的一定說科學概論講的是科學的根本問題；有的或者說科學概論講的是科學發達的大概；再有的還要說科學概論講的是科學與其他學術或社會問題的關係。這些主張，我們覺得都不能代表科學概論的全部，但同時也不能說他不對，因為“概論”這兩個字，原來是無所不包的呵。

我們曉得概論這一類的著作，無論在那一門學科裏面，都在那一種學問十分發達以後，纔有成功的可能。所以法學在近代學術中要算很發達的了，於是有法學通論一類的著作；文學也是近代最發達的一種學科，於是我們有文學通論一類的著作。科學在西方學術中間本來是後起之秀。在他初生的時候，他只是“自然哲學”，做哲學界的一個附庸。後來他同哲學

分離了,各自向新領土去發展;但因這新領土的廣大與新奇,科學家的注意完全被新發展的事業佔領去了,從來沒有一些閒暇時間去做這回顧與鳥瞰的勾當。所以科學的發達,在近百年來,可以說比甚麼學術都要猛厲,但是像法學概論或文學概論一類的科學概論著作,還是不曾出現。近來偶有幾部此類的書,如Henri Poincaré的*Foundation of Science*, Karl Pearson的*The Grammar of Science*,以至於J. A. Thomson的*Outline of Science* (科學大綱),不是失之過於高深,就是失之過於淺近,不是偏於討論根本的方法,就是偏於陳述事實。這固然是目的不同,言各有當,但是要用來了解科學的大意,恐怕還不是最適當的著作——至少在現在的中國是這樣的。

科學界著述的情形既是如此,然則我們此時要著一部科學概論,不太失之早計嗎? 這個話我覺得也未必然。我們現在所要的科學概論,有兩個目的: (一) 要使讀者了解科學的意義, (二) 要使讀者得到科學的興趣。關於第一層,

我們覺得了解科學的意義不是容易的事體。科學的意義，不但平常人不易了解，就是學科學的人也不易了解。三十年前那些以船堅礮利奇技淫巧爲科學的，不消說了，就是學科學的人，學了化學僅知道氫氧氮……原子分子等的化合，學了物理學僅知道力學的算式，光電的放射等等，也不能算了解科學。我們只看許多科學的學者，還免不了迷信思想，就可以明白他們對於科學根本的隔閡了。要了解科學，我們須要先尋出科學的出發點，那就是科學的精神和科學的方法等等。其次我們要曉得的，纔是科學的本身和由科學發生的種種結果，如新式的工業，農業，醫術等等。誠然，我們非在一門科學裏面用功幾十年，不能真正了解科學的方法和精神，但我們若不略爲認識科學的方法和觀念，要了解一切科學事業的重要，是不可能的。關於第二層，我們要注意科學目下的狀況。我們記得有人曾經說過，目下科學教科書的最大缺點，是專述科學上已經發明的事實，但不曾提及

甚麼還要待我們的研究。這樣的敘述，也許在做教科書的體例上是不得不然的，但我們不能不說他減少了學者許多的興趣。我們曉得興趣的發生，在於尋出問題，而通常教科書中採入的材料，都是不發生問題，或是有問題而認為已經解決的。例如能 (energy) 的一個問題，在通常教科書中只說能是不生不滅的（能量不滅的定律），至於能的來源，能有趨於無用的傾向，與原質內能的新發見（放射質），便不大說及了。但是這能的問題，自然是將來科學界第一個大問題。如這一類的敘述與討論，在通常的教科書中所見為缺乏的，在概論中卻不妨盡量的發揮，以了解科學的根本概念，而同時即可引起讀者的興趣。

作者認定這兩個目的，著了這一部科學概論。他不敢作高深的科學根本的討論，因為在我們現在科學界裏，這些還不成重要問題。他不敢起鳥瞰科學的野心，因為在現在科學發達的程度中，以一人而敘述各種的發展，也是鄰於

不可能事體。但是他很希望這本書能夠使人讀了之後，了解科學的特別性質，了解奇技淫巧不是科學，了解科學在近代學術上所佔的地位，了解科學與近世生活所發生的關係。這樣的一個計畫，當然有實現的可能。若不能達到這個目的，只有怪作者學力的不夠，及文章的不善，不能讓科學界目下的狀況來替我們分責了。

又本書於各種問題的討論，作者採取各家學說，務求平允，有時也參加己見，有所折衷。讀者若發見有甚麼謬誤的地方，加以糾正，那是作者所馨香禱祝的了。

民國十五年七月 任鴻雋

例 言

- 一本書分三篇，上篇敘述科學的基本性質，中篇討論近世科學的重要概念，下篇陳述科學與近世生活的關係。全書約共二十萬言，現分兩冊出版，合之可為科學全體寫照，分之亦可見各部分的重要。
- 一本書大體以科學發達的歷史為經，以科學的各種原則及問題的討論為緯，意在以經證緯，使讀者注意科學性質的說明，同時復了解科學上重要的事實及其發展的次序。但本書非科學史，故於事實的敘述，只限隨便舉例，簡略疏漏及先後錯出，均不能免，讀者諒之。
- 一本書在討論問題時徵引各家學說，皆附註其出處於後，以便讀者檢查。若用此書為教科時，最好能備所列重要書籍數部，以供參考。
- 一本書原為高級中學教科書而作。但是此科在吾國學校課程中為新設，作者對於高中教課素乏經驗，此書內容的組織及取材，能否適

於高中教科之用,尤不敢言。現暫定此書爲中國科學社叢書之一,以備擔任此項功課者之參考,及一般欲悉科學真義者閱讀之用。如有用此書爲教科者,能將其缺點見示以備將來隨時增改,使合於教科之用,尤爲歡迎。

科學概論

上篇 科學的基本性質

第一章 科學的起源

科學(註一)是甚麼? 這個問題是本書所要解答的。我們希望讀者讀過此書之後,對於科學自然有個正確的了解。但在開始敘述以前,為便利討論起見,我們覺得有替科學兩字下一個定義的必要。簡單的我們可以說:

科學的
定義

科學是根據於自然現象,依論理方法的研究,發見其關係,法則的有統系的智識。(註二)

照這個定義看來,我們應當注意下列幾點:

(一) 科學是有統系的智識,故人類進化史上片段的發明,如我國的指南針火藥等,雖不能不說是科學智識,但不得即為科學。

(二) 科學是依一定方法研究出來的結果,故偶然的發見,如人類始知用火,冶金,雖其智識如何重要,然不得為科學。

(三) 科學是根據於自然現象而發見其關係法則的,設所根據的是空虛的思想,如玄學,哲學,或古人的言語如經學,而所用的方法又不在發明其關係法則,則雖如何有條理組織,而不得為科學。

總而言之,照上面的定義,我們所謂科學,即等於自然

科學 (natural science)。本來自然這個字應該包括宇宙間的一切現象，人類是自然界的一物，當然不能除外。所以有許多社會現象經過科學方法的研究，都變成了科學，如歷史學，社會學等是。但本書的主旨，是要說明科學的特殊性質的，我們以為範圍愈小，他的性質越容易說明。以下所說的，專就物質科學生物科學而言，因為此等科學是科學的中堅和本部，了解這一部分之後，其他雖有出入，也不至於發生誤會了。

照上面所說的看來，我們可以說科學是近世西洋文化的一種特產。嚴格的說，近世科學的成立，要把西曆一千六百二十年，弗蘭西斯培根的(註三)“新工具”(Novum Organum)出世的一年，作一個紀元的日子。不過說科學在甚麼時候出現或成立是一事，追溯人類求智的動機以說明科學的起源，又是一事。現在我們要講的，就是科學的起源，也可以說是求智的動機。

求智的動機 自來講心理學的，總把人的心理分為知(intellect)，情(emotion)，意(will)三部。知的所屬為智識，情的所屬為感受，意的所屬為行為。這種分法，無論於心理上對不對，但是我們曉得所謂“人為萬物之靈，”所謂“人之所以異於禽獸，”實在要靠智識這個東西來做我們的分界牌。要說情感嗎？“鳥之將死，其鳴也哀，”牛將斃鐘，就現出叢棘的情形，喜怒哀樂，恐怕人與禽獸也相差無幾。要

說意志嗎？“你能牽馬到水邊，不能使馬吃水。”意志既在行爲裏面表現，我們也無法反證禽獸的沒有。唯有智識這件東西，的確確可爲生物進化的代表——至少在所謂心靈進化以內。我們不曉得禽獸的智識，比我們低到如何程度，但是我們很可以把野蠻人的生活拿來做一個比例。達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882) (註四) 在他的比格紀游 (Voyage of the Beagle) 書內，敘述南美洲火拿斯頓島 (Wollaston Island) 人的生活情形說：

這些是我所見的最卑下最可憐的生物。……他們沒有蔽體的物品，就是長大的女子也是完全赤身。在那時候，正是下雨，那雨水和水花，直注的從她的身體流下。……到了晚上，五六個人也沒有一點東西來遮蔽風雨，蜷睡在濕地上，同動物一樣。只要潮水一退，無論是冬是夏，是晝是夜，他們立刻就得起來，往岩石上去拾取介魚；他們的婦人，或則泗沒入水中，去採集海蛋，或則耐性的坐在小舟上，用了無鈎的釣髮，去釣取一點小魚。若是他們打死一個海豹，或者發見一塊腐爛鯨魚屍骸，和一點無味的草菓和苔蘚同吃，在他們算是最大的酒席了。

達爾文寫到此處還說：“平常談論的時候，常常有人疑問下等動物對於生命有甚麼快樂；我想對於這些野蠻人發這個疑問，更爲有理”。

拿這樣的野蠻人的生活來和所謂文明生活相比較，我們不能不承認文明人的生活大大進步了。固然，生活上的進步，大半是偏於物質方面的，但是我們要曉得，物質的進步，就是智識進步的代表。我們不能想像野蠻人的沐雨櫛風比穿衣裳住房屋還要快樂，我們只好說他們不曉得穿衣裳，造房屋，只是因為智識程度不够。所以人類求智的傾向，實在是生物進化的一個大動力，科學不過是智識進化的最高級罷了。

科學的起源

科學智識的起源，大概有兩個動機：

(一) 實際需要 人類在自然界中競爭生存，是一件不容易的事。能戰勝天然的就得生存，不能的便就滅亡，這是所謂物競天擇的公例，人類是不能獨外的，我們用甚麼去戰勝天然？不消說，是利用天然的智識。換句話說，我們有許多重要的智識，都是由實際需要驅迫出來的。在文明初啟的時代，人類的生活大半為物質所限制，於是智識與實際需要的關係，尤為密切。我們舉幾個例來說明一下。例如天文算學的起源，近人都追溯到巴比倫 (Babylonia)，埃及 (Egypt)。巴比倫在西曆紀元前三千八百年，已經曉得測時的方法。他們曉得一年為三百六十五日有零，一月為二十九天十二時四十四分。他們能曉得二百二十三個月（約十八年）以後，月蝕的次數是週而復始的。在埃及國中，幾何學的發達，更不容疑義了。

埃及金字塔的建築，都有一定的方向和角度。據近人的考證，埃及的金字塔，不但是國王的陵墓，而且是占星的天文臺，所以他的四邊，正確向東西南北，而且塔中設有觀星的露臺。(註五) 這樣的建築物，自然是沒有甚深的幾何學和工程學的智識不會成功的。現在要問這些智識爲甚麼在巴比倫和埃及特別發達？

這個問題的答案，很是簡單，就是在這兩個國裏有特別的實際需要。我們曉得巴比倫位於梯格里斯(Tigris)和幼發拉底(Euphrates)的下流，在兩河之間，土地肥美宜農，和埃及的位於尼羅(Nile)河邊相似。因爲梯河與幼河都每年泛漲一次，而農作與時令的關係特別重要，於是他們就不得不觀測日月星辰以“敬授人時”了。至於埃及與尼羅河的關係，尤爲特別。據說，尼羅河每年泛漲一次，把岸上田土的界限都淹滅了，於是每年水退後，必須重新丈量一次。因爲這個原故，那幾何學的需要，就可想而知了。實際上，幾何學(geometry)這個字，就是量地的意思(希臘文 γαῖα 或 γῆ 爲地，μετρεῖν 爲量)。

上面所說的，是實際需要和智識的關係。但實際需要是外面的壓力。但有外面的壓力而無內面的發展力，智識也是不會進步的。我們所謂內面的發展力，就是：

(二) 好奇心 好奇心可以說是進化民族的一種天性，是不待勉強而且不能抑制的。人越在少年時代，好奇

心越重，我們只要看看孩提之童，無論見了甚麼，都要尋根究底，就可見了。人類進化的情形，也是如此。當人類初在世界有了自覺的時候，看見自然界森然萬象，日月星辰，風雲雷雨，山停水逝，鳥語花放，那一件不可使他起一個不可思議的思想？因為有了好奇心，對於這些不可思議的現象，才要去求一個答案。這答案的形式，不出兩途：
自然現象的答案一個是“何故”(why)，一個是“何以”(how)。研究“何故”的結果，粗者為神話，精者為哲學，宗教。研究“何以”的結果，粗者為斷片知識，精者即為科學。我們現在且舉幾個例來說明。

我們曉得無論那國，關於自然現象的究竟，都有許多神話。神話的意思，無非是說風雲雷雨，日月星辰，各有神人為之主宰。我們俗傳的風伯，雨師，雷公，電母等名稱，是不煩稱引的。英國迭更生(G. L. Dickinson)所著的希臘人之生命觀(The Greek View of Life)，對於古昔希臘人神話的起源說得非常明白，我們且引一段於下：

我們研究原人心理的時候，覺得第一件事是他們對於天然勢力所有的恐懼和惶惑。他們無衣無屋以供遮蔽，又無武器以資保護，在那大而不可測度的東西中，處處與他們生疎而且為難的東西中，刻刻都有危險。火能熱，水能溺，狂風暴雨能事破壞；雖有時日煖風和，亦可宜人，但此善意不過暫時的，而險

惡乃爲其常。不管他的意思如何,他是不可逃避,必須接觸的。我們要得他的幫助,或同他抵抗,方能得到每步的前進,而且一時一刻也不能離開。這個常在的,隱藏着,不可名狀的東西是甚麼? 這問題在他們的心中多久了,要擱開也不能。最後希臘人也同別的人在同樣的情形下一樣,用了他們特有的聰慧,得到一個答案,說“他是同我們一樣”。他把每個自然界的權力,都看作靈界的人格存在;故天則爲日媪斯(Zeus),地則爲頓邁特(Demeter),海則爲渤戲東(Poseidon)。這些形體,在他搏製手腕之下,一代一代的增多和固定,他們的品性和故事,也由最初的僅僅一個名字脫化結晶出來,最後則由意念中黑暗的隱示,產生出理想裏光明美麗的世界中許多和善具體的人格。

這是說希臘神話的起源。我們曉得希臘神話說,“太陽是日神的火輪,天天從天中輾過;雲是天上的牛,雨就是牛乳,下來潤濕萬物,”乃是對於自然現象的一種解釋。中世紀的神學者說,世界是上帝造的。上帝把世界造成了並且坐在他的玉座上管理天空中一切事務。他把日月星辰繫在天空中,吹氣就起風,天眼揭開了就下雨。(註六)我們中國古人把烈風雷雨當做上帝的震怒。這些說法,都可以表明原人的心理對於自然現象,都想求一個“何故,”

求之不得，就不免“以身作則，”說他是有人格在後爲之主宰了。這種解釋可以說是宗教或哲學的起源，但於科學是不相干的。

其次，由好奇心引起對於自然界的注意，就是要求一個“何以”。比如人既知計算，則首先對於晝夜的分別，必引起時間長短的觀念。又積累許久觀察，知晝夜的長短不是一樣，而且晝長的時候和晝短的時候，又有寒暑榮枯的種種的不同，而且是循環不已，周而復始的。他們漸漸的把日數記起來，知道大約三百六十五天，這個環期就可以一周，於是就有年的觀念。至於月的圓缺現象，和他每日出現的週期，更容易使人生出月數(month)的觀念。我們要注意，這種解釋自然現象的方法，是專門注意於他現象的記錄，他的原因如何，是不暇問的。關於這一點，巴比倫的時間測量法發明得最早，而最有趣，我們不妨徵引一下。

巴比倫人早已就知道用水鐘的方法。他們的水鐘，大概同我們的銅壺滴漏差不多，從一個盛水的壺中，讓水慢慢流出，以同量的水表示同長的時間。他們用了這個量時的方法，來做了一個小小的實驗，就是把日輪出地所須的時間和日輪經一晝夜所須的時間相比較，結果得日輪的直徑，等於一晝夜日輪經天路徑的七百二十分之一。現在再把全天分爲十二小時，以十二除七百二十，即得一小時，日輪前進的路程，等於六十個日輪 $\left(\frac{720}{12} = 60\right)$ 。這就

是天文測量及時間的計算以六十爲單位的起源。(註七)

我們看了這段故事，可以明白這個尋求“何以”的辦法，只是要看太陽本身出現要若干時間，太陽經天一晝夜要若干時間，因此可以得到太陽的直徑和周天路徑的比較；但是他們對於太陽的爲神，爲人，爲上帝的眼睛，爲日神的火輪，是無所容心的。由這種態度所得的智識，都是事實的智識，不像由“何故”去求智識，會誤入神話迷信一路。至於事實的智識，纔是科學的根基所在，後章尚須詳細解說，此處不必多講了。

實際需要雖然也是智識的起源，但是僅有實際需要而無好奇心，智識是不會發達的。我們只要看埃及的幾何學，雖然有了起點，一直到了希臘的幼克里得(Euclid)，(註八)纔集此學的大成；這是因爲希臘人的性情偏於理智，——即富於好奇心，不像埃及人只重實際的原故。我們再看希臘的大數學家亞奇米得(Archimedes)(註九)當羅馬大將瑪舍那(Marcellus)攻進色拉扣思(Syracuse)城的時候，他因專心研究他的問題，竟忘記羅馬人已經把城攻下了，直等一個羅馬兵士到他的面前，要拉他去見瑪舍那的時候，他還要把一個幾何題目做好了纔肯去，因此觸怒了這位兵士，就把他老先生殺死了。這樣對於學問的專心，也就是好奇心強盛的表現。我們可以說，關於智識的起源，好奇心比實際需要尤爲重要。

好實尤
奇際爲
心需重
較要

(註一) 科學這個字，在西方各國文字的意思已很不一致。如英文的 science 常常與 philosophy (哲學) 混稱。法文的 science 雖不與 philosophie 相混，但他的意思較為寬廣，常常要用“社會的，”“政治的”等形容詞來加限制，和英文用 philosophy 加上“自然，”“實驗，”“道德”等形容詞一樣。德文的 wissenschaft，意思尤為寬廣，凡有統序有方法的智識都包括在內。其 exacte wissenschaft (精確科學) 一語，也包括算術及自然科學，約等於英法兩文之 science (參閱 Merz: History of European Thought, pp. 89-90)。

(註二) 科學的定義也很多而很不一樣。我們現在隨意舉幾個作例。如希費維克 (Sidgwick) 在他的“哲學”書中說：

科學是共同承認的普通智識器之一器，每一體都與可識世間之一部分或一形有關係。

哈密爾頓 (Sir W. Hamilton) 說：

科學智識是因果相生的智識。

皮耳生 (Karl Pearson) 說：

科學可以說是我們官覺印象 (sense impression) 的累贅分類的索引。我們有了他，可以不費力的查出我們所要的東西，但是他不能告訴我們生命奇書的內容是甚麼。

而韋勃斯特 (Webster) 字典中的定義是：

科學是已經承認和聚集起來的智識，這些智識是為要發見普通的真理，或要發見普通原則的運用而加以組織及方式的。

(註三) 參閱本書第六章。

(註四) 達爾文是十九世紀英國最著名的生物學家，發明天擇物競學說，為近世天演說的宗師。

(註五) 參閱顧貞文譯最近物理學概觀第一章第五頁。

(註六) 參閱 Andrew D. White 著 History of the Warfare of Science with

Theology (科學神學戰爭史) 第一章所引。

(註七) 參觀 Sedgwick and Tylor: A Short History of Science, Chap. II, p. 28.

(註八) 幼克里得，希臘數學家，生於紀元前第四紀間，即著幾何原本者，為西方幾何學的始祖。

(註九) 亞奇米得，亦希臘數學家，生於紀元前 287 年，其死在色拉扣思的陷落，則為紀元前 212 年。亞奇米得頗似吾國的墨子，他發明種種機械，幫着守色拉扣思城，使羅馬人攻之不下。現今物理學上有亞奇米得定理，也是他發明的。

關於亞奇米得的死事，也有幾說。一說，有一羅馬兵士上前拔刀欲殺他。亞氏回頭看了，毫無懼色，但求此兵稍緩一下，使他得完成他的圖解。此兵竟不聽，遂被殺。又一說，則謂亞氏正當他的數學儀器，如三角形，球體等搬到瑪舍那去的時候，途中的兵士誤認所搬的是金寶，遂被殺。死後瑪舍那極痛惜之，替他立碑紀念。

第二章 智識的進化

上章所說科學的起源，也就是一切智識的起源，科學不過是智識的特殊一種罷了。本章的主旨，在說明智識進化的程度，以見科學的地位和價值。但是智識是甚麼？乃是我們要先行說明的一個問題。

智識的性質和起源，本來是哲學上的兩個大問題。他的答案，有所謂實在論 (realism)，觀念論 (idealism)，經驗論 (empiricism)，理性論 (rationalism) 種種。(註一) 本書既不是討論哲學的著作，這些問題當然在本書範圍以外；我們所要曉得的，不過智識的普通意義就夠了。希臘哲學家把智識和意見的界限分得很嚴；他們以為智識乃哲學研究的結果，故意見人人可有，而智識乃是哲學家所獨有的。

英國的近人皮耳生 (Karl Pearson) 又欲把智識的一個名詞專用於科學方法所得的結果上。(註二) 這種說法，都未免把智識的範圍弄得太狹小了。就最普通的意義而言，我們可以說，智識是解決環境困難的工具。智識既是解決環境困難的工具，故因環境的不同，而智識的程度，亦不能不因之而異；因此，智識的進化，也是人類文化史上應有的現象。

解決環境的困難，是怎麼一回事呢？顏氏家訓勉學篇說：

多見士大夫，……全忘修學，及有吉凶大事，議論得失，蒙然張口，如坐雲霧；公私宴集，談古賦詩，塞默低頭，欠伸而已。有識旁觀，代其入地，何惜數年勤學，長受一生媿辱哉？

這是說人而無學——即無智識，——雖公私宴集的環境，亦將不免媿辱了。此言雖小，可以喻大。譬如人沒有耕種牧畜的智識，遇着饑餓，就不免困難；沒有紡織縫紉的智識，遇着寒冷，就不免困難；沒有醫藥的智識，遇着疾病，就不免困難；如此之類，難以枚舉。復次，離開物質而講精神生活，也可見智識為解決困難的必要。譬如古人看見日食，就要恐懼修省，遇着彗星出現，更以為大禍降臨，奔走相告，講求祈禱，其實我們現在曉得日食是一定的，彗星也是有軌道可計算其來往的。又如朱子書說：疫疾能傳染人，有病此者，鄰里斷絕不通詢問，甚者雖骨肉至親，亦或委之而去，傷俗害理，莫此為甚。或者惡其如此，遂著書以曉之，謂疫無傳染，不須畏避。其意善矣，然其實不然。(註三)
朱子覺得這件事於道德和生命有關，最為難處；其實，我們曉得防疫病傳染的方法，道德和生命的關係便不成問題了。可見人類的智識，淺自穴居野處，茹毛飲血，深至舟車宮室，馭汽使電，粗自祈神求鬼，拜日占星，精至算日食，報天氣，測定彗星的軌道，無不是為解決環境困難的工具，即不具有智識的資格。

智識既有淺深精粗的不同，那末，智識的進化，當然有程級的可尋了。在哲學史中，我們曉得十九世紀法國的哲學家孔德 (Auguste Comte, 1789-1857)，(註四)曾經發明了一個人類智識進化的公例。他把每一門智識的進化分做三個時代。第一是神學時代(theological stage)，第二是玄學時代(metaphysical stage)，第三是科學時代(scientific stage)，或說是正確時代(positive stage)。他這個分法，大概是不錯的。不過孔德是哲學家，注意在智識的解釋一方面，故有上舉三個名稱。我們若就智識的實際來看，可分為三個時期如下：

一時期 (一) 迷信時期 這個時期的智識，不在乎明白事物的原理，而在乎求知事物的意志。如上章所說，野蠻人和中古時代的人，把自然界的現象，都認為有人為之主宰，便是一例。此時期的人，自己以為對於一切事物都有絕對的了解，其實完全是錯誤，所以為迷信時期。

二時期 (二) 經驗時期 這個時期的智識，已經不管事物的意志了，但就自己的經驗，知道事物與事物之間有多少的關係。這些關係，知道的容許極不完全，並且有時還可以加些玄渺的解釋，故孔德稱之為玄學時代。不過我們要曉得此時期的智識，把單獨主宰者的觀念放棄，而求解釋於各個自然的力量了。易詞言之，就是人類自己的經驗，實際上占了智識的重要部分，故我們稱之為經

驗時期。

三時期
科學

(三) 科學時期 在此時期,我們曉得利用人類的經驗,發明事物的原理,比較經驗時期又高出一層了。這個時期的智識,都是根據於事實的,註五)而且都是各種事實必然的關係。所謂事實的解釋,不過一個特殊的現象與一些普通事實關係的確定而已。這種關係一經確定後,不但可以解釋當前事實的情境,並且可以預測未來事實的發生。這種智識實在是最高而可貴的。這就是科學時期。

三舉
時期

現在我們可舉幾個例,來說明三個時期的不同。譬如人有疾病,在迷信時期,就以爲是鬼神爲祟,於是他們僅管求神禳鬼,以求疾病的痊癒,卻不知道用藥。旅行南非洲和澳大利亞的人,嘗說野蠻人不信人有死於自然的。若有人死,其人必係爲不可見的神鬼所崇害。註六)即在我國內地,此種證據,亦正不少。比迷信進一步的,曉得用藥來醫病了。但是他們只曉得某種藥治某種病,卻不曉得藥的主要成分和病的主要原因是甚麼。即使說了一些陰陽勝傷,五行生剋的話(玄學的現象!),終究說不出病與藥的所以然。這就是經驗時期。到了科學時期就不同了。他們不但曉得用甚麼藥去醫甚麼病,而且還要曉得甚麼藥何以能醫甚麼病。他們不但要曉得藥的成分,而且還要曉得病的起源和身體的構造。這些智識

都是切切實實由科學研究出來的。有了這些智識，不但能醫病，而且還可以防止病的發生。如像百斯篤，可列刺這些可怕的疫病，自把他的病菌發見以後，那防止的工作就有所施了。

再說，在天文學上，我們最初對於日月運行，風雨時至，都以爲有神爲之主宰，這是第一個階級。其次漸漸的曉得日月出沒的時間，和“月暈而風，礎潤而雨”等常理，是爲第二個階級。最後曉得日月星辰的運行，都有一定的軌道，爲一個天然律所支配；風雲雷雨的現象，也可以根據物理原則，作天氣的預測，就是第三個階級了。

復次，社會組織是最複雜的問題了，但是我們細心考察，也可以看得見三個階級的存在。如原人時代，迷信君權的神授，是第一個階級。君主政治或賢人政治的時代，但據歷史沿傳的習慣，作社會組織的基礎，是第二個階級。最近的平民政治和社會主義，用民衆的公意和社會的經濟狀況做政治建設的基礎，是爲第三個階級。

如此之類，說亦不能盡，我們希望讀者隨時領會，此處不能多舉了。至於這三個階級，當然沒有截然的界限；有時經驗時代，還留着許多迷信的思想；有時科學時代，還離不了經驗的遺跡；這是孔德已經說過的。我們現在要問智識的構成，有甚麼要素？並且他的進化有些甚麼條件？

智識的要素至少有兩個：一是事實，一是觀念。事實

智識的要素和進化的條件是由外物的觀察得來的，觀念是由心內的思想得來的。觀察是屬於官覺(sense)的，思想是屬於推理(reason)的。但觀念必須根據於事實，事實必須系屬於觀念，這兩個要素，須如車有兩輪，鳥有兩翼，同時並用，方能得到真正的智識。若偏於一方面，不是失之零碎，便是失之空虛，智識既不完全，進化亦因之阻滯了。惠衛而(William Whewell)在他的歸納法的科學史中有一段講得最好，我們不嫌長冗，把他徵引於下。(註七) 他說：

這兩個要素(官覺與推理)的任一個，都不能組成實在普遍的智識。官覺的印象，若不與合理凌空的原則相聯和，結果不過實際認識單個的物體；反之，推理機能的運用，若不使他常與外物相印證，結果也不過引到空虛的抽象和枯槁的才能罷了。真正切理的智識，須要兩個要素相接合——即正當的推理與用以推理的事實。人有常言，真智識為自然界的說明，故必須有說明的人心與自然的題目；即一篇文章與不誤讀此文章的才能。故創見，銳敏，與思想的連貫，為哲學智識進步所必須，而時常確切的應用此等機能於確知明曉的事實，亦為不可缺的要求。科學史上，因兩者中缺一而致科學無由進步，其例至多；實際上世界進行的大部分，與多數國家多數時間的歷史，都是表示智識停止不進的情形的。所有的事實，

所有官覺的印象，爲最初物質智識進步的企圖所依賴者，在彼時期以前，已久爲人所知，但不曾拿來應用。星的運行和重力的效果，在希臘的天文學和重力學未出現以前，早已爲人所熟悉了；但是“天縱之才”還不曾出現，無人能運用思想，把這些事實用公例或原理的形式聯合起來。即在現在的時候，全地球上未開化或半開化的人，有無量數的事實在他們的眼前，和歐洲人所用來造成偉大的物理哲學的，不差分毫，但是除了歐洲以外，地球上的他部分，沒有一人曉得用智慧的方法，把這些事實變成科學。這就是科學的機官不曾工作。散碎的石料已經在那裏了，但是工匠的手段却是沒有。復次，僅僅思想的活動，一樣的不能得到真智識，我們也不乏證驗。如希臘哲學派的歷史，歐洲中世紀的學者，與阿剌伯，印度的哲學家，都可以告訴我們，他們儘管有極高的才智與思想，創見與連絡，表示與方法，但是從這些種子中，長不出物理的科學來。從這些方法，我們可以得到論理學，玄學，或者就是幾何學，代數學，也可以得到；但是從這些材料中絕對不會得到力學，光學，化學，同生物學。三百年來這幾種智識發達的歷史，使我們曉得除常常並且仔細的印證於觀察與試驗，這幾種科學是怎樣的不能成立；又他們若從哲學者用思想的源頭

去擷取材料，他們的進步又是如何的迅速與昌盛呵！照惠衛而的話，智識的構成，至少有事實和觀念兩個要素，而且智識的進步，是要看這兩個要素是否調劑得當而定的。我們可以說，迷信時代是偏於觀念的，經驗時代是偏於事實的，至於觀念與事實的正確與否，又另外是一問題。我們只要看智識的某一要素，占領人們思想特別的多，就可測量某時期智識的程度。不過在人類思想史中，有一時期，智識完全陷於中止不進的狀態，例如中國的秦漢以後，歐洲的中世紀，又是甚麼原故呢？這個中止不進的狀況，在人類文化史上，是常常遇見的，因為他關係的重要，我們不妨把他考慮一下。

智識不進
的原因及
其特徵

智識不進的總原因，自然是因為缺乏求新知的精神和真理的精神與勇氣，但是這個時代思想上的特徵，却有幾個可指出的：

(一) 尊崇古代 他們以為世間道理，都被古人發見完了；世間的事物，都被古人知道盡了；凡是古人所留下來的，都是好的；凡是古人所沒有的，都不必再去探求。這種觀念，在西方是宗教傳說的結晶，而我國的道學家，“非先王之法服不敢服，非先王之法言不敢言，”也是這個精神的表現。

(二) 依賴陳言 崇古的結果，就是以古人的思想言論為求學的唯一目的，決不敢自開生面。他們要研究了。

古人的意見，然後自己才有意見。他們要從古人的書中讀出自然界的道理。他們要曉得的，是曾經說過想過的，不是正在實現或存在的。他們平生的希望，是做一個古人的註釋者，不是自然界的說明人。

誠然，在道德、美術、文學方面，古人的意見和言語，是不能完全不顧的；因為在這些方面，可以說意見就是實際，而留貯人心的思想感覺，也就是我們工作的原料。但在科學智識方面，我們的書本，乃是自然界自己；我們要以觀察代閱覽，以試驗代註釋，以歸納代批評，以發明家代績學者。

(三) 固執成見 由依賴陳言到固執成見，可說是自然的步驟。他們自己帶上了古人的羈絆不以為足，還要衆人一齊帶上。他們用了微妙的思想，在某種“天經地義”的書中，發見所有的真理。於是不許他人再在這裏或任何他處，發見其他的任何真理。他們一方面是暴君，一方面仍舊是奴隸。最明顯的例，是宗教上創世說最盛行的時候，許多科學上的真理，都因為與聖書的詞意不合而被屏斥。譬如聖書說，生物的種類，都是上帝在七天之內造成，亞當爲之命名，而藏在一個大木船內，後來的物種，都是和創造的時候一樣的。後來動物的種類發見的多了，於是對於創世紀的說話不能不發生疑問。但是這個疑問何足爲難，他們只要把諾亞 (Noah) 的木船儘管放大，最後我們再說人類對於木船的大小未得真確度量就完了。

(註八) 又如地圓的學說，中世紀的神學家絕對不信，他們除了草木生物不能倒生之外，還有一個理由，是說地球的那面，不能有人居住，因為聖書上說亞當的後人，不曾提到這些人類。一直到哥倫布發現新大陸的前數年，宗教的作家，還有視地圓說為“危險思想”的，(註九)這可以見成見勢力的大了。

(四) 觀念混淆 有了上面種種原因，於是觀念混淆就成了是自然的結果。觀念的混淆又分兩方面：(一)是關於用語的混淆。例如“力”(force)的一字，在物理學上是有一定的意義的。他是物質和加速度的相乘積。但是在科學未昌明的時代，“力”的一字，總多少帶些神秘色彩。如勃領列(Pliny)(註十)講小魚愛及理斯(Echineis)阻舟的故事，鄭重的說道：“甚麼比海與風還要凶猛？甚麼比船還要精巧？但是一個小小的魚，能夠把他們一齊止住。風儘管吹，浪儘管狂，但是這個小東西管住他們的盛怒，使船停止，……并不要使力，不過僅僅黏着而已”。又如動作(action)的一字，也含有同樣不可思議的意思。如亞貴那思(St. Aquinas)(註十一)論物體的動作說：“物體為能力與動作的交合，故可以自動，可以被動。”(註十二)這種說法，動作的意義，是怎樣含混與活動，無怪我們要說“銅山西崩，洛鐘東應”一類的神話了。(二)是關於用意的混淆。物理的探討，每每和道德美術混為一談。例如古來的天文家，都

說行星的軌道是正圓的，因為圓為最完美的幾何形式。又如新柏拉圖派的哲學家(Neoplatonist) (註十三) 在平常的數目中看出特別的意義：三為天的秘奧，七是無母之處女，六為最完全的數目。又如中古的煉金化學家(Alchemist) 把金屬分尊貴卑劣或完美不完美等類，金為君，銀為后；於是他們的問題，就成了“完美的探討”或“完美的總和”了。(註十四) 我們中國自來有所謂“三才”，“三綱”，“三政”，“三教”，“五行”，“五德”，“五刑”，“五典”，“七政”，“七情”等等說法，似乎這些數目字有特別意思。又如說“天之為言鎮也；”“地者易也；”“日之為言實也；”“月之為言闕也；”“水之為言準也；”“火之為言委隨也，化也；”“金之為言禁也；”“木之為言觸也；”“土之為言吐也；”(註十五) 恐怕都是“六最完全”“金為君，銀為后”之類。這些都不過表示觀念的不清晰罷了。

一個民族的思想，到了這種死氣沈沈，束縛重重的情形之下，欲求翻身，是不容易的。我們前面已經說過，智識的科學復興是解決環境困難的工具，所以要求智識的進步，必須其時的環境給了我們一個心理上的不滿足。在中世紀將要告終，文藝復興開始的時代，歐洲的思想界，忽然起了一個大反動；這個反動，我們可以說是文藝復興的一部分。他們的主張，是把事實放在思想構造的第一位，那些主義和理論，只放在第二位，或竟不管他。主張這種意思最早，且表示得最清楚的，要算十三世紀英國的羅

培根(Roger Bacon, 1214-1294(?))。這位培根先生是位教士,但他很主張用實驗的方法來求真理。他說,“別的科學只用辯論來證明他們的結論,但只有這個(實驗)科學,纔有尋到自然和人爲事實的完全方法。”(註十六) 不過他的主張,在當時還不盛行,到了十六世紀,弗蘭息斯培根(Francis Bacon, 1561-1626)出來,更大昌其說,主張以事實的學問代文字的學問,以歸納的論理代演繹的論理,以了解自然爲征服自然的手段。那個時候,天文和物理的方面,已有不少的發明,又得培根方法上的鼓吹,於是爲學的精神纔易了一個新方向,而智識的進步也就沛然莫之能禦了。科學的復興,固然是使智識的進化達到第三個時期,而兩個培根科學方法的提倡,使我們智識的進化有一個確固的基礎,尤其是近代學術與古代不同的地方。

(註一) 實在論是說我們的智識就是實物的拓本,觀念論是說我們於實物的存在與否,無從得知,我們的智識不過是心中各種觀念的集合而已。這兩種都是解釋智識的性質的。

經驗論是說感覺爲一切智識的起源,因爲集感覺而爲經驗,集經驗而成智識。理性論是說真正的智識必根據於原理,而原理不是感覺所得的。這兩種都是解釋智識的起源的。讀者可參閱 Paulson: Introduction to Philosophy, p. 49。

(註二) 見 Karl Pearson: Grammar of Science, Chapter III, p. 77。

(註三) 見朱文公文集第七十一卷雜著。

(註四) 孔德爲十九世紀法國哲學家。他著有“實證哲學”(Positive

Philosophy), 主張科學為最高智識於西方思想界影響極大。

(註五) 我們要曉得據孔德的意思,一切智識都是向着他所指出的三個階級——神學,玄學,科學——而進化的。所以如現在尙有不根據本質的智識,只說此種智識尙未進化,不能拿來反駁他。

(註六) 看 Levy-Bruhl 的 Primitive Mentality, 書中證據極多。

(註七) Whewell: History of Inductive Science, Vol. I, p. 43-44.

(註八) 見 Andrew D. White: History of the Warfare of Science with Theology 第一卷第一章。

(註九) 同書第二章。

(註十) 勃領列為第一世紀的羅馬歷史家。

(註十一) Thomas Aquinas 1225(?)—1274, 為十三世紀有名高僧。

(註十二) 見 Whewell: History of Inductive Science, pp. 232-233.

(註十三) 新柏拉圖派的哲學起於第三世紀亞力山大的希臘學者。他們以柏拉圖哲學為根據,好以神秘意思解釋最終的現象。

(註十四) 這是鍊金學家格白爾 (Geber) 的書目。他的英文是 “Of the Search of Perfection,” “Of the Sum of Perfection,” etc.

(註十五) 俱見白虎通德論。

(註十六) 關於羅皆培根的學說及位置,近人著作每多附會過甚的說話。此處所引,見 Lynn Thorndike 的 History of Magic and Experimental Science 第二冊第六十一章。

第三章 智識的分類及科學的範圍

上章所說智識的進化,是把智識來做縱的解剖;本章所說智識的分類,是把智識來做橫的解剖。我們希望經過本章討論之後,不但科學的地位愈加明瞭,並且科學的範圍,也可以大概呈露了。

科學的分類,要如何纔算妥當,是哲學上的一個問題,——而且是未解決的一個問題,與科學本身本來沒多大的關係。我們現在要說明的,既是科學的大概,關於科學分類的問題,自然不能詳細討論。我們現在所要知道的,是科學智識種類的大概,而分類不過是敘述這個問題的簡便方法。有了上面幾句敘論,我們可以言歸正傳。

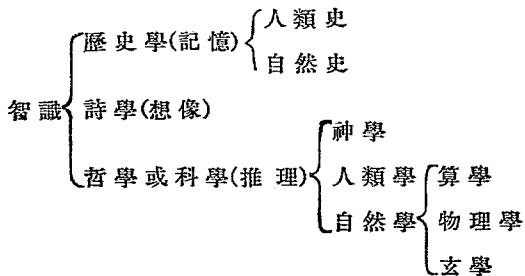
要把智識來分類,必須智識先有相當的發達;所以西方古時,只有在希臘學術全盛的時代,還有這種企圖,(註一)以後便闕然無聞了。我們中國雖然有九流十家之說,但這都是說學術的派別,不能當分類看。所以我們現在講智識的分類,還是從西方中世以後說起。

我們在上章曾經說過,歐洲智識的增進,從羅皆培根主張實驗科學為始。羅皆培根雖然沒有發表甚麼分類的意見,但在他的哲學名著“Opus Majus”裏面,曾經舉出最重要的五種學問:即言語文字學(language),算學(mathematics),視學或光學(perspective or optic),實驗科學

羅皆培根
的分類

(experimental science), 道德哲學(moral philosophy)。(註二) 我們曉得羅皆培根是在時代前面走的一個人, 所以他所列舉的, 已經溢出當時學術範圍之外了。

真正把所有的智識拿來作一個概括的分類的, 要算弗蘭西斯培根爲最早。他把一切智識分作三類, 而每一類都以心理的作用來做標準。比如他分的歷史學爲一類, 是屬於記憶的; 詩學爲一類, 是屬於想像的; 哲學或科學爲一類, 是屬於推理的。他在每一類之下, 又分幾個細目, 現在把他的分類法(註三)用圖表之如下:

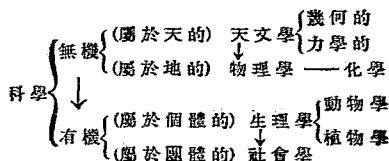


培根這種分類法, 以心理作用爲標準, 最不能使人滿意。如歷史學雖重記憶, 但亦不能無推理的作用; 哲學與科學雖重推理, 但使沒有記憶, 推理也無從進行; 這是近人對於他的普通非難。但是他這個表, 總是智識的一個統系, 而且我們可藉此曉得當時學術的大概。我們看他哲學與科學不分, 物理學與玄學歸入一類, 就可知道當時的科學, 不過占智識的一小部分罷了。

邊培分
沁耳類
安的 到了十九世紀，科學發達了，培根的分類法越覺得不適於用，於是如英國哲學家邊沁 (Bentham, 1748-1832)，法國數學家安培耳 (André Marie Ampère, 1775-1836) 都把科學分做物質科學和精神科學兩大類。在他的物質科學裏面，列入天文學，地質學，物理學，化學，生物學等；在他的精神科學裏面，列入歷史學，言語學，法律學，經濟學等。這種分類法，有兩個可注意之點：(一)是以研究的對象做分類的標準；(二)是科學的範圍已經推廣到歷史，言語等學問上面去了。

孔分
德的
的 其次是孔德的分類法。他主張科學是由普通而到特殊，由簡單而到繁複的地位的。換一句話說，他以爲各種科學，不是截然可分爲兩類，乃是循一個直線的統系，始終一貫的。他承認基本的科學有六個，順序說起來，就是：數學——天文學——物理學——化學——生理學——社會學。(註四)

他的詳細分類法，係把自然現象分爲無機有機兩類，但是據孔德的意思，有了無機的智識，纔有有機的研究，所以結果仍是一貫的。我們可以把這種關係列表如下：



在這個分類之下，我們應該注意的，是他把科學的範圍限定於有正確性質的智識上面，而把社會學也列為正確科學之一。

孔德的分類法雖足以表示科學的統系，但於科學的性質卻不甚明瞭。如他把數學和化學生理學同列，又把心理學放在生理學之下，都是因太注重統系而起的牽強弊病。英國的哲學家斯賓塞爾(Herbert Spencer, 1820-1908)把孔德的分類法修正了：他把科學分為三類，第一類是抽象科學(abstract sciences)，是講科學敘述的方法及形式的；第三類是具體科學(concrete sciences)，就是科學敘述的本身；介於兩者之間的第二類，叫做抽象具體科學(abstract-concrete sciences)，是用第一類的方法來處理第三類實質的科學，換一句話說，就是“因子”的科學。(註五)現在把三類的科學列表如下：

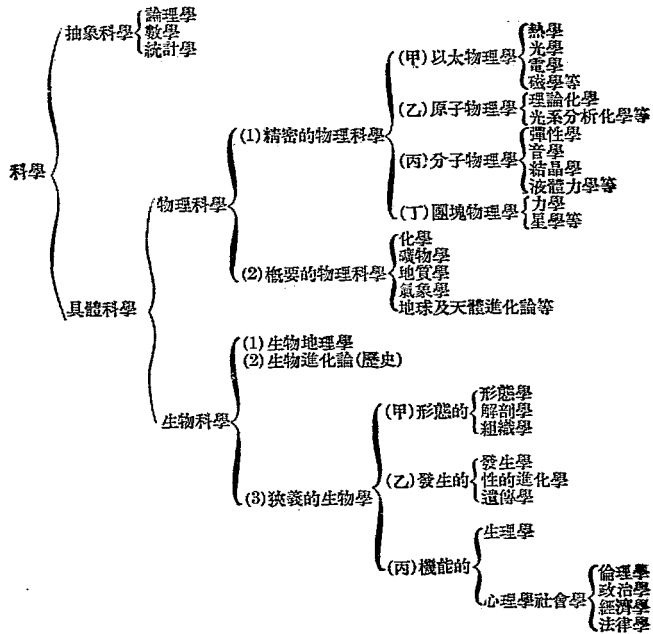
科學	}	第一類 抽象科學：論理學，數學。
		第二類 抽象具體科學：力學，物理學，化學。
		第三類 具體科學：天文學，地質學，生物學，心理學，社會學。

斯賓塞爾這個分類法，我們應該注意的，是他把數學，論理學認為形式科學，自為一類，而認心理學為具體科學，都是現在所遵用的。所不可解的，為甚麼力學，物理學，化學不同天文學，地質學，一樣是具體科學，而必要另立一個

抽象具體科學的名稱？若說第二類可產生第三類，而第三類不能產生第二類，那正是孔德的“科學系統”的觀念，是斯賓塞爾所不贊成的。

以上都是五十年以前學者對於科學分類的意見。目下科學研究愈加發達，科學的分類也自然愈加精緻，可是我們此處只能略舉一二，其餘的讀者可自行參考。(註六)

皮的分耳生類 英國的皮耳生 (Karl Pearson) 在他的科學法程 (The Grammar of Science) 書中，也主張把科學分做抽象科學具體科學兩種。在他的抽象科學中，含有論理學，數學方法的訓練，及統計學在內。具體科學又分為物理科學和生物科學兩類。物理科學包括無機現象中一切科學，又可分為精密的物理科學和概要的物理科學，每一類又分幾個細目。生物科學又可分為空間的生物學，即研究生物的分布的和時間的生物學，即研究生物的發育，變化等的。這裏頭研究生物的一回變化的，叫做生物史，或造化論，研究生物有反覆變化的，就是狹義的生物學。狹義的生物學，又可分為(甲)研究形態及構造的，是為形態學，解剖學，組織學等；(乙)研究發育生長的，是為發生學，性的進化學，遺傳學等；(丙)研究機能及行動的，就是生理學，心理學等。心理學的一支，研究人衆集合體的，就是社會學。至於倫理學，政治學，經濟學，法理學等，又不過是社會學的一部分罷了。我們可照皮耳生的分類，作一個詳表如下：



皮耳生的分類,還有使我們注意的地方。他打算在抽象科學和具體科學的中間,設一種聯絡他們的應用數學 (applied mathematics); 又打算在物理科學與生物科學中間,設一門生物的物理學 (bio-physics)。他的意思,不但要表示各種科學相互的關係,並且想把一切有機的現象,用運動的法則來說明。他的計畫可再表示如下:

應用數學 { 抽象科學
 { 物理科學 } 生物物理學
 { 具體科學 { 生物科學 }

皮耳生這個計畫，我們曉得他並非偏於理想的，如現在我們所有的生物化學 (bio-chemistry)，不就是生物物理學的一例嗎？赫姆霍茲 (von Helmholtz) 的預言，說一切科學的現象及法則，都可以運動律來說明，雖目前距離尚遠，然並非先天的不可能的啊！

馮分的 關於科學的分類，還有那德國的心理學家馮德的 (Wilhelm Wundt, 1832-1920) 曾經發表意見。他把科學分爲形式科學及實質科學，以數學屬於形式科學。他又把實質科學分爲自然科學，精神科學。這種分法，和上面所說的邊沁，安培耳的分類法頗相近，不過馮德把數學認爲形式科學的一種，是不同的地方。後來聞德邦 (Windelband) 李凱特 (Rickert) 又有所修改，把馮德的精神科學改爲文化科學。這些討論，於科學的分類，是很有趣味的，但是於智識全體的問題，卻沒有許多關係。我們現在再引湯姆生的 (J. A. Thomson) (註七) 的分類法來做一個結束，因為湯姆生的爲湯姆生的分類法，雖沒甚麼特別的主張，卻可以顯出一切智識的地位和關係。

湯姆生把科學 (實在照他的分法，只可說智識) 分爲兩大類，一是抽象科學，又可稱爲形式或法則科學。一是

具體科學，又可稱為敘述或實驗科學。具體科學裏面，又承認五個基本科學，就是社會學，心理學，生物學，物理學，化學。他把詳細的分類列為一表，我們照譯如下：

抽象科學	具體科學			
	普通的	特殊的 (例繁不及)	聯合的 (多引略舉)	應用的 (以見一斑)
玄學 (最高的)	5. 社會學	人類學 各種社會組織之研究	人類之歷史	政治學 公民學 經濟學
論理學	4. 心理學	美學 語言學 心理—物理學	人種學	倫理學 教育學
統計學	3. <u>演習學</u> <u>形態學</u> <u>生理學</u> <u>原因學</u> 生物學	動物學 植物學 原生學	生物通史	優生學 醫學 醫林學
數學	2. 物理學	天文學 測地學 氣象學	地球通史 地質學 地理學	航海學 工程學 建築學
數學 (基礎的)	1. 化學	分光學 立體化學 礦物學	海洋學 太陽系通史	農學 冶金學 探礦學

把上面這些分類的方法看了之後，至少我們可以得此關係的彼到兩個重要的觀念。(一)科學是彼此互相關係的，不是孑然獨立的。培根說得好：“科學的分類，非如許多不同的線聚於一點，乃如樹上的各枝相連於一幹。”我們所研究分類的意思，也是要得一個明確的有統系的觀念。至於各科學的彼此互相關係，並非偶然，乃是因為

天然界的真理,是一個無所不在的全體,而一種科學只能研究天然現象一方面的原故。比如生理現象,在構造一方面研究,則為解剖學,形態學,在作用一方面研究,則為生理化學,生物物理學等。化學物理學同生理學本來是關係很遠的,但科學發達的結果,使他們由路人而變為極近的親屬了。又如化學同物理學這兩門學問,照古來的界說,是截然不容混亂的。不過近來因理論化學的發達,物理學與化學已經是難分界限;最近物質的根本構造,追究到電子上去,那物理學和化學更成了一而二二而一了。唯其如是,所以一種學問的發達,常常可以幫助他一種學問的進步。譬如生理化學的研究,使我們曉得身體中的許多變化,不過養化,還元,加水分解,發酵等等作用,於是我們對於生理現象,也就得了更明確的了解和處理方法。又生理學上的發見,也於化學上大有幫助,如千六百七十四年英國的醫士馬堯(Mayow, 1645-1679)的發見“火氣”(“fire-air”即養氣),是其一例。

明白這個意思,我們若見有一個現象,在幾種科學之下研究,就不會覺得有甚麼可怪的地方。湯姆生說得好:“我們賞一朵玫瑰花,至少有四種科學問題發生,即化學,物理學,生理學,心理學,都不無關係。但是我們要曉得的,就是這些科學,雖然所取的是不同的方法,所用的是不同的工具,所得的是不同的方式,因此,我們為人類的便利計,

不能不把他們分而爲四，其實不過是一個理性的探討的各種表現罷了。”

科學範圍的 (二) 是科學範圍的擴大。這個擴大的傾向，我們只要把培根及斯賓塞爾的分類表拿來和皮耳生、湯姆生的一比就明白了。但是這中間我們要分別的，如社會學，是本來沒有從新創立的；如心理學，是原來屬於哲學範圍之內，我們把他劃出成一獨立科學的。這是甚麼緣故呢？因爲科學之所以爲科學，不在他的材料，而在他的研究方法。他的材料無論是自然界的現象也好，是社會上的情形也好，是生理上的作用也好，是心理上的表現也好，只要能應用科學的方法，做嚴密的有系統的研究，都可以成立一種新科學。所以我們可以說，世間的現象無限，科學的種類也無限，我們要擴充科學的範圍，使與世間的一切同大，也沒甚麼不可以的。我說這個話的時候，心中尚沒有忘記有人說過關於情感的現象，如宗教美術，都不是科學所能研究的。這個話已有人加以解答，(註八)我們可以不必更爲詞費了。我們所曉得的，是美術與宗教，現在都有趨於客觀的研究的形勢，審美學就是一例。

關於這一層，我們要注意的，不在某種現象是否適於科學研究的問題，而在研究時是否真用的科學方法的問題。如近有所謂“靈學”(psychical research)，因爲他的材料有些近於心理現象，又因爲他用的方法有點像科學方法，

於是有少數的人居然承認他爲一種科學(如英國的洛奇(Sir Oliver Lodge));但是細按起來,他的材料和方法卻大半科假是非科學的。這種研究只可稱之爲假科學(pseudo-科學與學science)。我們雖然承認科學的範圍無限,同時又不能不嚴科學與假科學之分。非科學容易辯白,假科學有時是不容易辯白的。我們看了下章科學方法的討論後,這個分別當能明白。但爲使科學方法易於了解起見,我們當先說明科學的精神和目的。

(註一) 看柏拉圖及亞里士多德的著作。

(註二) 見 Thorndike: History of Magic and Experimental Science 第二冊第 630 頁。

(註三) 見培根的 "Intellectual Globe"。

(註四) 看孔德的 Positive Philosophy, Chapter II, on the View of the Hierarchy of the Positive Sciences。

(註五) 看斯賓塞爾的 "Classification of Science," 1864 年出版。

(註六) 參觀 J. A. Thomson: Introduction to Science, Chapter IV, 及周梵公譯日本平林初之輔著科學原理。

(註七) 見上註,或看"科學"第二卷第四期唐鏡譯科學之分類。

(註八) 看唐鏡科學的範圍,見亞東圖書館出版科學與人生觀下冊,及唐鏡文存。

第四章 科學智識與科學精神

科學與常識 科學與常識的分別在甚麼地方？照平常人說來，科學的智識，大半是平常人所不能懂得的；平常的智識，大半是非科學的；那末，科學與常識竟是判然兩物了。其實不然，我們曉得科學與常識，只有程度之分，并無性質之別。譬如水性就下，這是從古以來我們所有的常識；又如以吸筒抽水，水可升高到吸筒裏來，這也是二千年前我們已有的常識。(註一) 但是拿吸水管說明氣壓的關係成爲動力學的一部分，換言之，即成爲科學的智識，卻在託利且理(Torricelli, 1608-1647) (註二) 出世以後。又如日月的東出西沒，春夏秋冬四季氣候的變換，晦朔虧盈的現象，行星運行的觀察，早已成了幾千年前的常識，直到一五四三年哥白尼(Copernicus, 1473-1543)的地圓說出現以後，始成爲科學智識。我們看了上面兩個例，可以見得科學和常識并不是兩件東西。實際說起來，科學是建設於常識上面的。但是科學和常識的分界究竟在甚麼地方。我們可以再就上面的兩個例來說明一下。

科學智識與常識同在 我們的常識曉得水在吸筒中可以上升，但是我們不曉得水的上升，究竟能到甚麼高度。我們或者在一個地方，得到水升的高度是二十尺，在另一個地方，得到水升的高度是三十尺，於是乎我們想水的

高度，是本不一樣的，是“無可無不可”的。我們若要安一個吸筒在井上取水，若是水面在三十四尺（英尺）以上，我們固然可以成功，若是水面在三十四尺以下，那末，我們就非失敗不可。我們可以說，這是因為吸筒的不好，或是裝置的不得法，但這些說話是不相干的。我們從科學上說來，要在三十四尺以下用吸筒來取水，是根本上不可能的事體。所以我們不能怪吸筒的不好，或裝置的不得法，首先要怪我們智識的不完全。

智識不完全的證據，第一就是不曉得水升有一定的限度，第二是不曉得這個限度的原因在甚麼地方，換言之，即這一個現象和其他現象的關係是怎樣。直到我們把一個現象所固有的量度以及和其他現象的關係弄明白了之後，我們的智識，方纔由常識而進於科學。



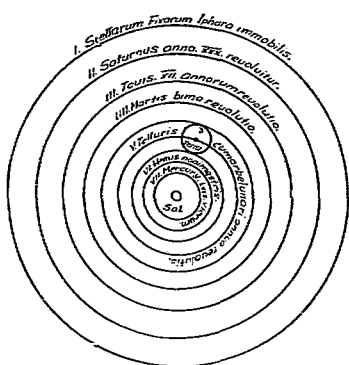
第一圖

我們曉得吸筒中水的上升，是由吸筒中的空氣被排成了真空的原故，但是我們若像中世紀的人一樣說“自然憎惡真空”（Nature abhors vacuum），我們仍然不算曉得水升吸筒的關係。我們須曉得吸筒中的水面失了空氣的壓力，而吸筒外的水卻被地球上約一百五十公里厚的空氣壓了下去，直等到吸筒中的水所升的高度與筒外空氣的壓力相當，那水纔停止不升了。這個空氣的壓力，據託利且理的試驗，約等於水銀柱三十

吋(或等於79釐米)。這個壓力再換成水量計算,就約有三十四呎(水銀比重為13.6)。

然則科學智識和常識不同的地方,至少有兩點:(一)是確度,(二)是因果關係。

但是科學智識尚有一個重要的特性,是他能把各種繁雜的事實組織成一個簡單的統系。譬如常識說:太陽是環繞地球,東出西沒的。哥白尼說不然,地球是繞太陽而行的。這兩個說法,單就地球與太陽而論,都沒有甚麼不可以的。我們所以定要採取哥白尼地動的學說,而不用常識的地靜說,是因為後者於解釋天文上各種現象,有許多不便利的原故。譬如照舊來託勒密(Ptolemy)的學說,天體諸星中至少有兩種運動:一種是恆星的圓運動,一種是行星的不規則的纏繞運動。不但如此,這些行星有



第二圖

時竟是退行,如火星,有時以太陽作中心而往來移動,如水星。這些現象,在舊式天文說上,都是極難解釋的。他們為要解釋這些現象,只好設想每一行星的軌道都是圓的,但是這個圓的中心又圍着地球成一個圓圈。換句

話說，就是每一個行星的軌道都是環心圓 (epicycle)。這樣每一個行星要用許多圓圈來說明他，是怎樣繁雜的一件事體！^(註三) 哥白尼把地球看作行星之一，使他和其他五個行星繞日并行，於是這環心圓的數目就由七十九而減到三十四了。^(註四) 至於木星火星的退行，金星水星的以太陽為中心而移動，我們只要承認太陽是這些行星的公共中心，並且把他們的速度和距離連合一想，也就沒有甚麼不明白的所在了。^(註五)

綜合上面所講的，我們可以說科學智識與常識不同的地方：(一)是他的精確程度，(二)是他的因果關係，(三)是他的有統系的組織。所以科學與常識，雖然不能絕對分開，卻也不能說沒有上下之別。赫胥黎^(註六) (T. H. Huxley 1825-1895)有言：“科學是有組織的常識，科學家也不過是有常識訓練的普通人。”我們恐怕大家把科學看的太神奇了，所以把科學和常識關係略為說明，現在還要把赫胥黎所謂有常識訓練的普通人說明一下，那就是我們要講的科學精神。

科學精神 科學精神就是常識訓練，這個話說來不免又使人疑怪。若使科學就是常識，科學精神就是常識訓練，那末，科學和科學精神何以還那樣難能可貴呢？這個話卻又有些不然。我們說常識訓練，是說這種訓練不專屬於某種科學，而為一切科學所應有。不但如此，這種精神，不

但是一切科學所應有，即是平常處事，若就最妥當的辦法而言，也應該如是，不過平常的人，是否人人都有這個常識，是一個問題罷了。湯姆生說得好：“我們說‘去爲科學’(Go in for science)，就像說去爲呼吸，或去爲消化一樣”，因爲呼吸與消化，是我們一刻不可離的。

科學精神究竟是甚麼？據我們想來，最顯著的科學精神，至少有五個特徵：

一實崇 (一) 崇實 科學的結構是建築在事實的基礎上的，所以第一須確定所研究的事實。但是這不是一件容易的事體。我們上面已經說過，智識的成立有官覺和推理兩個途徑，但是這兩個途徑，都是常常引導我們走入迷誤的。我們看見電影戲中人物風景都在那裏活動，其實不過是一張一張影片的結合；我們聽見百里雷聲如連珠砲的響了一陣，其實不過空中放電的一個回音。這是就親見親聞而言，至於因目病而眼光生花，因事隔而聽他人的傳述，其不易得事實，更不必說了。大抵耳聞目見之非實的，可以用推理爲之矯正。如漢應劭對於俗說的燕太子丹爲質於秦，天爲雨粟，烏白頭，馬生角云云，即爲之說云：“丹自爲其父所戮，手足圯絕，安在其能使雨粟其餘云云乎？原其所以有茲語者，丹實好士無所愛恠也，故閭閻小論飭成之耳。”(註七) “天雨粟，馬生角”等云，顯然不是事實，是容易辨白的。還有表面上是事實，而實際非事實的，

也唯有靠着推理，可以證明。我們再引風俗通義的一段爲例：

汝南南頓張助於田中種禾，見李核，意欲持去。顧見空桑中有土，因殖種，以餘漿灌溉。後人見桑中反復生李，轉相告語。有病目痛者，息陰下，言李君令我目愈，謝以一豚。目痛小疾，亦行自愈。衆犬吠聲，因盲者得視，遠近翕赫，其下車騎常數千百，酒肉滂沱，間一歲餘，張助遠出來還，見之，驚云：“此有何神？乃我所種耳。”因就斫也。

這可見桑中生李，雖是事實，而實際上桑中無生李的可能，卻是常識可以判斷的，不必待張助回來，纔能把李神推倒。我們引上面的兩段，是要證明科學家的崇實，正是常識中應有之義，不過有常識的人太少，遂讓科學家獨步罷了。

但是科學家崇實的精神，決不如此簡單與粗淺。科學家對於官覺的錯誤，固然要用推理來糾正，而推理有錯誤，又不可不用官覺來糾正。蓋用推理的結果當事實，是科學精神所不許的。瓦勒斯（註八）（Alfred Russel Wallace, 1823-1915）在他的生命的世界（The World of Life）書中有一段說明事實與推論的分別。他的說話大略如下：

赫立角蘭島（Island of Heligoland）的燈塔，最適於觀察島的飛徙。有一個人名蓋特克（Gatke）的，曾在那裏觀察

了四五十年。他所記載的事實，是幼鳥於遷徙時先到此島，老鳥在一二星期之後方到。這是一個事實。但從這一個事實，他們又推出一個事實，說幼鳥的遷移在老鳥之先，且不與老鳥一同飛行。年年如是，於是他們覺得這真是不可解的事實了。瓦勒斯說：“我對於觀察所得的事實，固加承認，但由推論所得的，則完全否認，因為他們絕對沒有證據。”他以為據席波姆 (Seebohm) 的記載，經過此島的鳥，數目極多，真是不可勝數；但必定要晦黑的天氣，在這燈塔的光中，纔能看見鳥飛。天氣一晴，或星月朗照，那經過的鳥羣，立刻高飛入雲，可聞而不可見了。

瓦勒斯以為照這樣說來，幼鳥先飛之說，并不能成為事實。至於觀察上只見幼鳥，則有幾個解釋。(一)每年秋間鳥的飛徙，幼鳥約占三分之二。但是幼鳥初試長途飛行，缺乏經驗，又形體孱弱，易感疲乏，所以一見燈光，便以為陸地到了，下來休息及覓食。老鳥和強壯的飛得較高，看不見燈光，所以不會下落。(二)鳥羣經過陸地的飛行愈長，則幼鳥為鷺鳥所攫食的也愈多。最初兩星期的鳥羣，是由近海地方來的，未經過鷺鳥虜掠，所以幼鳥獨多。(三)最初幾星期，時期未迫，有經驗的老鳥，遇惡劣天氣，便不肯飛行。惟有幼鳥既不知選擇天氣，又容易疲乏，所以晦黑之夜，獨有幼鳥下落休息。自後時期漸迫，老幼各鳥，均非飛徙不可；所以天氣一惡，下落休息的，也老幼并多了。這些

理由都可說明上面的特別現象，而幼鳥先飛的不成事實，也自然明白了。

上面所舉的幾個例，可以見得在一切自然或人爲的現象之中，要求一個真實，是不容易的事體。科學家既以事實爲研究的基礎，則以崇實爲第一重要，也是當然的態度啊。

**二確
貴** (二) 貴確 上面所說的“實，”是指事實；此處所說的“確，”是指精確。但有事實而無精確的了解，是不中用的。斯賓塞爾說，常識與科學智識之分，就是一個是定性的(qualitative)，一個是定量的(quantitative)。科學始於度量，有了度量，然後纔有科學。例如我們有溫度計，然後有熱的科學；有氣壓計，然後有氣象學；有量時，量距離，量力的方法，然後有重力學。我們的官覺，如嗅覺，味覺，因為沒有度量的方法，所以不能成爲科學，而視覺和聽覺的一部分是可以度量的，所以有音學，光學。(註九) 這可以見得精確與科學是不可分離的兩件事體。英國的近人福斯特(Sir Michael Foster)有一段話，頗能代表貴確的精神，他說：

常人及非科學家以“大概”“差不多”爲已足，自然是從不這樣的。在自然界中，兩件相異的物件不得稱之爲同，即使兩個的差異不過千分之一釐克，或千分之一釐米。若人把平常處事的方法拿到科學領域中去，想他處理自然的差異，可以與自然的自處不

一樣,他就要曉得自然必不容許;他若不注意或看不到極微小的差異,就更失掉自然給他導引到寶藏的引線。他就要走迷了路,以後他越用力前進,將要離他的目的地愈遠。(註十)

至於貴確精神的實行,我們可舉化學家兌維(Sir Humphry Davy, 1778-1826)的水之研究爲例。(註十一) 當兌維的時候,用電解法分水所得的結果,除氫氧二氣外,陰極常呈酸性,陽極常呈鹼性。是時法國學者已唱水中唯含氫氧二氣之說,其酸鹼等性,概屬於外來的不純物。兌維想用實驗來證明,初用動物薄膜連結兩玻璃管盛水通電(1),得酸鹼性如故。他疑酸鹼是由動物膜來的,於是易以洗潔之棉(2)。此時所得,爲少量的硝酸,而鹼如故。他曉得酸的大部分來於動物膜了,但是又疑鹼是由玻璃來的。他於是以瑪瑙環代玻璃(3),而得酸鹼如故。又以金杯代瑪瑙(4),而得酸鹼仍如故。到這個時候,常人將以爲酸與鹼屬於水無疑了;然而兌維不然,他轉而注意所用的水。他疑心所用的蒸餾水,有泉水混入。於是蒸發所用的水,將其滓加入試驗水中(5),發見酸與鹼的增加相爲比例。這時候似可以決定酸與鹼爲水中的不潔物了,兌維卻又不然。他又把水蒸餾三四遍(6),再行試驗,得酸鹼復如故。此時在常人必定覺得失望了,而兌維復不然。他再試驗鹼性物,曉得不是固體的,而爲發揮性的安摩尼亞 (ammonia 或

作氨),與前此所得的不同。於是曉得從前的鹼性物,得於玻璃與瑪瑙,現在的得於空氣。兌維乃置試驗的水於抽氣筒中,把空氣抽去(7),再行試驗,仍得酸與鹼的微痕。他曉得抽氣筒不能把空氣抽盡,乃以氫氣代空氣,繼續多次,至筒中無空氣痕迹而止(8)。於是再通電流,水中酸與鹼之性質,乃不復見,而水中仍含氫氧兩素之說,也從此完全決定了。

我們只看兌維這一個小小的試驗,經過了八個階級(如句中數目字所示),愈進愈深,愈深愈精,絲毫不肯苟且放過,科學家貴確的精神,可以概見了。

三微 (三) 察微 我們此處所說的“微,”有兩個意思:一是微小的事物,常人所不注意的;一是微渺的地方,常人所忽略的。科學家對於這些地方,都要明辨密察,不肯以輕心掉過。關於留意微小的事物最好的例,我們可以舉蓋理略(Galileo Galilei, 1564-1642)(註十二)因見禮拜寺燈的擺動而悟鐘擺(pendulum)的原理。相傳蓋理略幼年的時候,在批薩(Pisa)的大禮拜寺,看見懸燈的擺動,無論動的路程大小,他的一往復的時間,總是一定的。蓋理略彼時沒有鐘表(我們要記得蓋理略的擺動原理發明之後,纔有發明鐘表的可能!),就用手上的脈息來做一個計算的標準。自後他就造出單簡的擺動器來計算病人的脈息了。我們現在要說明的,是寺燈的擺動,乃人人所常見的現象,但一

直等到蓋理略看見了，纔發現擺動的原理，這不過因為常人不注意微小，而蓋理略能注意微小的事物罷了。

我們可再舉化學家任默塞 (註十三) (William Ramsay, 1852-1916) 空氣中氫素(argon)的發見，以證明科學家的察微精神。空氣的組織，自經十八世紀愷文迭喜(Cavendish)，柏利力(Priestley)，拉瓦謝(Lavoisier) (註十四) 諸人研究之後，一直到一八九四年，沒有疑心於氮，氧，二氧化碳之外，尚含有其他物質的。但是由空氣所取出的氮氣，較之由安摩尼亞所取出的氮氣，每一立特(即一立公升)重量之差，為一千二百分之六，即為千分之五。這個數目雖然很小，但在化學上，試驗的差誤，是不容超過萬分之二。當時英國的化學家雷累爵士(Lord Raleigh)曾注意及此，於一八九二年致書天然雜誌(The Nature)，言有人能指出這個相差的原因的，他當然非常感謝。任默塞得到這個問題，曉得鎂最能吸收氮氣，即用鎂加熱，把由空氣取出的氮氣加以吸收，剩下來不被吸收的氣體，有特別的光帶，就是新發見的原素，而命名為氫的。

空氣中幾個新原素的發見，在十九世紀的末年，頗轟動一時的科學界，但是此種的動機，乃是由雷累及任默塞察微的精神所造成的！

四
慎
論

(四)慎斷 科學精神的第四個特徵，是不輕於下人但曉得科學上的論斷都是有根據的，所以也是

準確的；卻不曉得科學上論斷的準確，都是從不輕於下論斷得來。科學家的態度，是事實不完備，決不輕下斷語；迅率得到結論，無論他是如何妥協可愛，決不輕易信奉。英國博魯克(W. K. Brooks)有言：“能懸而不斷，乃智慧訓練的最大勝利。”湯姆生也說：“活動的懷疑(active scepticism)與準確的性質一樣難得。”(註十五) 因為科學的唯一目的，是求真理；一旦下了論斷，或承受他人的論斷，便有蒙蔽自己的眼睛，看不見真理的危險。關於這一類的例，舉起來也是很多的，我們現在略引兩個重要科學家的言論於下，以見一斑。

地質學家賴耶爾(註十六)(Charles Lyell, 1797-1875)在他的地質學原理(The Principles of Geology)上，把地質學發達的經過加以敘述之後，說到自己所在的時候，他鄭重的說道：

最後一個新學派出來了，他們宣告絕對中立；他們對於韋爾納(Werner)和虎頓(Hutton)(註十七)的學說都完全不管，但專心勤勉的去做他們的觀察。兩派相爭，各趨過度的反動，起了一個極端小心的傾向。憑虛結構的意見，既爲人所輕視了，有些地質學家竟因恐怕人家誤會他對於某派的成見有所偏蔽，故意的對於現象的原因上絕對不存意見，甚至對於有觀察的事實爲根據，無可致疑的結論，也要加以懷疑了。……但是怠於理論的傾向，雖然太過一點，然而在這一

個時候，沒有比把成立“地球的理論”的努力暫為擱置再好的辦法了。此時所要的，是無數的新事實，而1807年成立的倫敦地質學會(The Geological Society of London)對於這個想望的目的，頗能幫助達到。他們的目的，只要增加和記錄觀察，忍耐地等着將來的結果；他們的常用格言，是說地質學普通統系的成立時期尚未達到，大家只能忍耐過幾多年，專門搜集材料，以待將來的結論。他們照此原則行動，不變不亂，數年之後，遂令所有的成見都退歸無權，而地質的一門科學，也就由號為危險或幻想的不名譽中而得救了。(註十八)

觀上面所引賴耶爾的說話，這慎斷的精神，和地質學的進步大有關係，不言可喻了。其次，我們要引的，是赫胥黎的說話。大家曉得赫胥黎是宣傳達爾文學說最有力的一個人。但他在達爾文的物種由來未出版以前，曾經懷疑過天演說。他同斯賓塞爾通過許多信，討論此事，但是他說：“就是我的朋友的希有的善誘和他的衆多的巧譽，也不能驅我於懷疑地位之外。我的論據有兩個要點：第一，到那時為止，關於種變的證據尚完全不充分；第二，凡曾經提出或行用的關於種變原因的說明，沒有一個能夠正確的解釋這些現象。由現在迴顧那時的智識的情形，我實在覺得沒有一個別的結論是可以的。”後來物種由來出世了，於是他說，“由來”一書，給與我們一個正在尋覓的工

作假設(working hypothesis)。……在以得到真理為唯一目的的人們，他們唯一的合理的路徑，是承認“達爾文主義”做一個工作的假設，看他能够生出甚麼效果。他或者可以證明他有解釋生命事實的能力，或者因為擔當不起這個重擔子而歸於摧折了。(註十九)

赫胥黎這種不肯輕信的態度，和上面賴耶爾的說話正是互相發明，一樣的可以代表科學家的慎斷精神。

五疑 (五) 存疑 慎斷的消極方面——或者可以說
積極 方面，——就是存疑。慎斷是把最後的判斷暫時留着，以待證據的充足，存疑是把所有不可解決的問題，擱置起來，不去曲為解說，或妄費研究。譬如物質的研究，由原子而電子，可謂精深極了，但是物質的起源是甚麼，卻是一個不能解決的問題。他如生命起源問題，靈魂存在問題，都屬於這一類。在哲學上斯賓塞爾把世間的事物分為“可知的”(knowable)與“不可知的”(unknowable)兩類。科學的職任，在把“不可知的”範圍漸漸縮小，“可知的”漸漸擴大，但是要把“不可知的”完全消滅，恐怕智識進化到億萬年後，也未必有這樣一天罷！所以謹嚴的科學精神，決不肯說無所不知，無所不能，而必對於不可知的問題，抱一個存疑的態度。赫胥黎當他的兒子死後回答他的朋友金司勒(Kingsley)的一封信，頗足以代表這種態度，他說：

靈魂不朽之說，我並不否認，也不承認。我拿不

出甚麼理由來信仰他，但是我也沒有法子可以否認他。……我相信別的東西時，總要有證據；他若能給我同等的證據，我也可以相信靈魂不朽了。我又何以不相信呢？比起物理學上質力不滅的原則來，靈魂不滅算得甚麼希奇事。我們既知道一塊石頭落地含有多少奇妙的道理，決不會因一個學說有點奇異，就不相信他。但是我年紀越大，越分明認得人生最神聖的舉動，是口裏說出和心裏覺得“我相信某事某物是真的。”……(註二十)

達爾文晚年也自稱存疑論者，他說：

科學與基督無關，不過科學研究的習慣，使人對於承認證據的一層格外慎重罷了。我自己不信有甚麼“默示”。至於死後靈魂是否存在，只好各人自己從那矛盾而且空泛的種種猜想裏去下一個判斷了。

他又說：

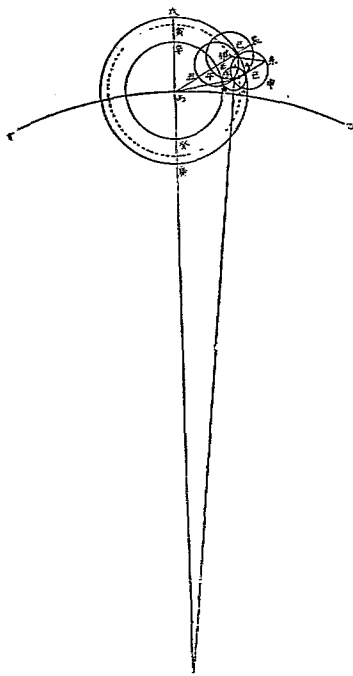
我不能在這些深奧的問題上面貢獻一點光明。萬物源起的奇秘，是我們不能解決的。我個人只好自居於存疑論者了。(註二十一)

以上所述的五種科學精神——崇實，貴確，察微，慎斷，存疑，——雖不是科學家所獨有，但缺少這五種精神，決不能成科學家。我們要說的完備一點，還可以把不為難阻，不為利誘等等美德，也加入科學精神的條目裏去，但是一

則本章所講的話已經太長，二則這些美德越是近於常識，似乎凡投身學問事業的人，都是應該有的，沒有特別申述的必要。

(註一) 紀元前一世紀希臘數學家希爾(Heron)即知此事，見Cooley: Principles of Science 所引。

(註二) 托利且理，意大利物理學家，即發明托利且理水銀真空管的人。



第三圖

哥白尼雖發明地動學說，仍守舊來行星的軌道都是正圓的話，所以免不了

(註三) 清代康熙御製曆象考成一書，關於五星日月的運行，有所謂本天，本輪，均輪，次輪，次均輪等名稱，實際上即圓軌上假設的各種小圓。讀者可參觀曆象考成上編本天高卑為盈縮之原，最高行及本輪均輪半徑，太陰四輪總論五星本天皆以地為中心等篇。茲并將太陰四輪的圖轉載一個如左，以見一斑。

如圖，“甲為地心，乙丙丁為本天之一派，丙為本輪心，戊己庚為舊本輪，辛壬癸為新本輪，己子丑為原均輪，寅卯為新增預均輪之圓，……辰巳午為均輪，……未申子為次輪，……酉戌亥為次均輪”（圖解皆見原書）。其運用方法，可觀原書。

(註四) 見 Sedgwick and Tyler: A Short History of Science, p. 199。又按

環心圓的解釋。行星的橢圓軌道，乃是後來開普來(Kepler)所發明的。

(註五)參觀張子高講演的科學發達略史第六章。

(註六)赫胥黎為十九世紀的英國生物學家，主張進化論及科學教育最力。吾國嚴復譯的赫胥黎天演論，乃其論文之一。

(註七)見洪應劭著風俗通義。

(註八)瓦勒斯為英國的生物學家，與達爾文同發明天擇物競的天演學說的。他的“World of Life”一書，吾國已有譯本，即名生物的世界。

(註九)此處所引，見斯賓塞爾的論文 On the Genesis of Science，係就大意概括引之。

(註十)見湯姆生 Introduction to Science 第一章所引。

(註十一)參觀科學名人傳中的兌維傳，中國科學社出版。

(註十二)蓋理略為意大利的天文物理學家，於物理及天文學上重要發明極多，令人多稱為物理學的始祖。參觀科學名人傳本傳。

(註十三)任默塞為近代英國的化學家，以發見空氣中的稀有原素著名。參觀科學名人傳本傳。

(註十四)以上三人的小傳，俱見科學名人傳。

(註十五)此處兩個引語，俱見湯姆生的 Introduction to Science, p. 22.

(註十六)賴耶爾為十九世紀英國的大地質學家。他的地質學原理一書，於1830年出版，為十九世紀有大影響於思想界的科學名著之一。

(註十七)韋爾納(Abraham Gottlob Werner, 1750-1817)，薩克遜勒(Saxony)人。虎頓(James Hutton, 1726-1797)，蘇格蘭人。兩人皆於地質學的成立有大貢獻。虎頓的地球的理論(Theory of the Earth)，尤為地質學家所祖。

(註十八)見賴耶爾地質學原理第四章。

(註十九)見 Huxley's Life and Letters, Vol. I, p. 168.

(註二十)同書, p. 233. 譯文見胡適著五十年之世界哲學。

(註二十一)見 Life and Letters of Darwin, Vol. I, pp. 277, 282. 譯文見胡適五十年之世界哲學。

第五章 科學的目的

上章曾經說過，科學的目的在求真理，這句話是我們常常聽見的，而且在平常一般的時候，已覺這句話很可以作本章問題的一個滿足答案。但是再回頭一想真理是甚麼，這個答案就立刻發生困難。我們曉得真理是甚麼的一個問題，在哲學界中討論了幾千年，至今還不會解決。既然如此，我們現在說科學的目的在求真理，豈不等於說科學的目的在那渺渺茫茫不可知之中嗎？所以我們必須明白真理的解說，這個科學的目的在求真理的話纔有意思。

從前哲學家對於真理的觀念，有種種的不同。
哲學的意義 有的以爲一切現象的背後都有一個實質的存在，我們的智識若是成了這實質的完全寫照，那便是真理了（此即所謂實在論）。（註一） 有的以爲一切事物的實體，是不能知道的；我們所能得到的，是對於一切現象的觀念。這些觀念和實體是否一致，我們不得而知，但是在這些觀念中，卻可以發明出一個調和的統系來，便是所要求的真理（此即所謂觀念論）。（註二） 這種說法，都是把真理看成一個絕對存在的全體，如像中世紀化學家所求的點金石一般，得了之後，一切問題完全解決；不得之時，所有的努力全無是處；無怪乎古來的哲學家，人人以爲“智珠在握”，而

實際上真理是甚麼的一個問題，卻總無法解決。

科學的意義 科學上真理的觀念自然和哲學上的不同，其最重要的兩點：(一)真理不是絕對的，(二)真理是無所不在的。換一句話說，科學上的真理，不是說實際是這樣，而是說大家見得這樣。讀者至此，必要疑問，科學真理不是共和政體，爲甚麼以大家見得是這樣作準呢？這個和科學的根本性質有關係，須得詳細的檢查一下。

第一我們要曉得的，科學是客觀的學問，所以我們先要問科學的客觀價值 (objective value) 是如何決定的？

凡事在我們個人心中，無論感覺到如何親切，不能算是客觀。拿潘嘉理 (H. Poincaré) 的話來說：“這個世界所以能保證於我們有客觀的存在，是因爲這個世界是我們和其他用思想的人所共有的。我們和別人有了交通，從他們得到許多現成的推理，我們曉得這些推理不是從我們自己發生，而且承認他們可以有推理的工作和我們一樣。因爲這些推理，和我們的官覺世界沒有甚麼不合式的地方，於是我們可以推論這些有理性的人所看見的東西，和我們看見的一樣，因此，我們曉得我們並沒有做夢”。

“所以客觀性的第一條件是：凡物之爲客觀的，必定在許多心中爲共同的，而且是能彼此移與的。又因這個移與必待交通而後成功，……我們可以得一個結論：沒有交通，沒有客觀性”。(註三)

照上面潘嘉理的話說來，科學的客觀性，原是由用思想有理性的人們彼此交通移與而成立的，所以我們說科學的真理是大家見得是這樣，乃是由科學性質上得來的結論，并沒甚麼可怪。

其次要問科學的真理是甚麼？再拿潘嘉理的話來說：“他人的官覺 (sensation)，在我們完全是一個閉絕的世界。我們沒有法子能夠證明我所認為紅的官覺和我的鄰人所認為紅的官覺是一樣”。

“譬如有一顆櫻桃和一朶玫瑰花，在我的官覺為 A，而在他的官覺為 B；反之，一張葉子，在我的官覺為 B，而在他的官覺為 A。我們對於官覺的本體，是絕對不會知道的，因為我叫 A 為紅，B 為綠，而他叫前者為綠，後者為紅。但是有一件我們覺得滿足的，就是櫻桃與玫瑰花對他和對我所發生的官覺是一樣的，因為他給一個同樣名字與他的兩個官覺，我也做這一樣的事體”。

“所以官覺是不能移與的，或者再進一步說，凡官覺中的純質 (pure quality) 都是不能移與的，而且是永久不能鑽研到的。但是在官覺的關係 (relation) 上，就不是這樣”。

潘嘉理再加以推論說：“凡不能移與的，都沒有客觀性，所以只官覺間的關係，能有客觀的價值”。他於是再進一步說：“科學是各關係的一個統系” (Science is a system of relations)。(註四)

如果科學是各關係的一個統系，那末，這個統系就是科學的真理嗎？若果如此，那真理還有甚麼標準，也值得拿來做目的嗎？

我們對於這個疑問的答案，是說：科學用不着問絕對真理是甚麼，自己一樣的可以前進去做他的工夫，而且一點也不覺得有甚麼不方便。一件事體能夠求出他的真關係，就是一件事的真理；今天的真理，能夠經得起各種試驗，就有今天存在的資格。若是明天有一個較大的真理發見了，使我們今天的真理覺得有些不滿足，那末，明天較大的真理，自然會滿足明天的需要，我何必為今天的抱杞憂呢？

綜上面的說話，我們要說明的只是兩點：（一）科學的真理不是絕對的，（二）科學的真理是無所不在的。經過發物的法則，這個說明之後，我們覺得真理這個名詞簡直可以不用，老老實實的說，科學的目的，在發見事物關係的法則。

我們曉得在科學裏面有許多單簡而且重要的說話 (statement)，他們表出的形式極其單簡，但是他們包含的意思和適用的範圍，卻極其深遠廣大。譬如化學上物質不滅之定律，物理學上能力不滅之定律，牛頓 (Isaac Newton, 1642-1727) (註五) 的引力定律，都是這一類最好的例。我們單拿引力定律來說，他的說法是：“凡兩物互相吸引的力、

量與物體質量的相乘爲正比例，與兩物體間的距離爲反比例”。再拿公式來表明他，就是

$$f = G \frac{m \times m'}{d^2}。$$

這個公式可謂簡單極了，但是他所包含的事實，卻極其繁複；從地球上物體的下墜，地面上潮汐的發生，以至天空中星球的運行，無不可據以說明。科學上的定律，雖然範圍性質各有不同，大概都是這一類。這種定律在許多科學書中，又稱之爲“自然律”(The Law of Nature)。科學目的所要發見的，就是這個東西。

照上面的例說來，所謂科學的定律或自然律，並非自然界如人爲的國家一樣，製造了許多法律來管理一切事物現象。所謂“自然律”，不過把事物的關係，單簡的，完全的，無矛盾的敘述出來的就是。於是我們可再進一步，說科學的目的，在把事物的關係做一個單簡的完全的無矛盾的敘述。

讀者要問：我們討論科學的目的，由求真理而發見事物的法則，由發見事物的法則而事物關係的敘述這樣每下愈況，卑無高論，果然於科學目的沒有小識或誤解之嫌麼？對於這個疑問，我們要說明的，是：(一)我們上面遞次推論下來，由真理而法則，由法則而敘述，其實是一物而數名，並無甚麼高卑的分別。(二)我們因爲不願用真理這個摺統的名詞，所以用“法則”“敘述”等字來代替說明。

科學真理 倘若大家要把這個敘述或法則稱為真理，亦無不可，不過要認明這是科學的真理就好了。明白了這一層之後，我們可以說關於事物的簡單的，完全的敘述所以為科學目的的理由。

第一，我們曉得科學的職任，在說明事物的“何以”，(註六)而簡單地完全地敘述，就是“何以”的無上要求。

完全敘述的不易 第二，單簡完全的敘述，是科學上最大最難的事業。湯姆生說：“單簡完全的敘述，必須於事體一件不遺，必須於本身，於其他有關係的科學，於一切科學，乃至於一切經驗的普通情形，不發生矛盾。(註七) 皮耳生說，科學家先有概念，然後能把現象分類比較。“分類之後，他就可得到敘述關係及結果的公式或科學律了”。這個公式或科學律所包的現象愈衆，他的說法愈單簡，我們愈覺得他愈近於自然的根本定律。(註八)

行星統系的發明 這種單簡而完全的敘述，我們不舉一個例，不能表示他進行的困難。現在再拿行星統系的發明作一個例，我們可以說，至少要經過了下面所舉的十個階級。

(1) 最初人類對於星體運動的觀察，是太陽東出西沒；他的敘述，是說太陽由西邊“落山”，為地面的山所遮蔽，經過一夜之後，復由東邊出來。這種敘述法，自然是不完備極了，但總可算是最早的單簡敘述的企圖。

(2) 改良(1)的說話,說太陽由西方落下,經過地體之後,次日仍由東方出來。

(3) 由觀察太陽和其他星體,都有變更位置的關係,於是說地在中央不動,太陽與其他各星,都繞着地球運行。此說所包括的現象,較(2)要多一些了,但是不完全之處仍極明顯。

(4) 由觀察的事實漸漸積多的結果,於是早先的天文家得到一種結論,說太陽的軌道爲一圓圈,一年一週,此軌道自己又跟着其他天體轉動,一日一週。這個公式,比較第(3)的包括又更多了,而且他所敘述的現象,在當時也可算得精確。

(5) 喜帕卡斯 (Hipparchus) (註九)的說話,說地球并不占據太陽軌道的中心(側心圓說)。這種說法,可把太陽運動的不規則地方更爲精確的說明。

(6) 約三百年後,托勒密 (註十)說地球居中不動,太陽與月循圓形軌道每年繞地一週。其他行星的軌道也是圓的,其圓的中心又繞着地球成一圓形(環心圓說)。這個統系的全體,又同其他星體每日繞地一週。此卽有名的托勒密統系,爲學界所遵用垂千餘年,直到中世紀之末,哥白尼 (註十一)之說出現,方纔被廢。我們不能說托勒密的說法是錯誤的解釋,我們只可說他想用單簡的話來精確的敘述有限的現象,而未曾做到。

(7) 哥白尼的說法，以爲地球循軸自轉，又繞日運行，於是居外環圓（如非側心圓）的中心的，乃不是地球，而是太陽。這樣一來，把許多的圓圈帶着固定的星體都拋棄了，所以結果是敘述的單簡和精確的增進。但是還有許多事實未能包括全盡。

(8) 又約百年後，開普來（Kepler, 1571-1620）依據了他的老師第谷布納厄（Tycho Brahe, 1546-1601）的觀察，纔發見了行星的軌道是橢圓形，太陽所占的位置，乃是橢圓的焦點。開普來的有名的行星三律，不但說明行星的軌道，並且說明軌道的性質。（註十二）他這個敘述比以前的任何說法，都單簡而精密了，但是只限於行星統系的敘述，所以還不算完全。再進一步，就是

(9) 牛頓的萬有引力說。牛頓的萬有引力說，可以應用於宇宙間一切物體。他和開普來的定律一樣，是現象的敘述，但他越是單簡，越是精確，而且包括的事件越是衆多罷了。二百餘年以來，牛頓的萬有引力說，已爲學者認爲“人智能及之最大限度”，（註十三）不意二十世紀以來，又有安斯坦（Einstein）的引力新說發明，比較牛頓的引力說更爲普遍而精確。所以我們若是要把行星統系的發明做一個“完全的敘述”，應該以

(10) 安斯坦的引力新說爲止。現在我們的敘述，既然無過於舉例，安斯坦的學說，要待下章再講了。

我們看了上面的例，可以見得一個科學律的成立，不過是人類理性對於某種現象不斷的尋求一個普遍而精確的公式的表現。而且一個公式成立以後，常有被更普遍更精確的公式替換的可能。至於一種科學的真確與否的試驗，除了拿公式所得的結果與實際的事實比較，更無別法。赫塞爾(John Herschel)說得好：“真理的偉大和唯一的特性，是他有經得起普通經驗之試驗的本領，在任何形式的公平討論之後，仍然無變”。(註十四)

照上面所說，我們對於科學真理即是事實的完全敘述的意義，大約可以明白了。但是有人要問：如此則科學僅能敘述自然，於解釋天地自然之謎，竟無所用，豈不令人失望？對於這一層，我們的回答是：就究極而言，科學原來不能解釋甚麼東西。如上面所說的萬有引力說，可謂精密了，但是引力是甚麼東西的一個問題，卻無人能夠回答。(註十五) 科學對於生理現象，也有極精微的發明了，但生命的來源是甚麼，也無人能知道。所以湯姆生說：“說科學解釋了甚麼，不如說科學不曾解釋甚麼，還較為確切些”。(註十六) 但在有限範圍以內，科學的確能夠給我們許多解釋，這是因為(一)科學能把複雜的現象，歸納到單純的觀念；(二)科學能給我們因果的關係。這兩層有略加說明的必要。

(一)由複雜而變為單純，有許多時候可以看作一種

一變複雜
為單純

說明。例如宇宙間的物質非常衆多，但化學把他歸納到八十餘種原子的化合，就非常單簡了。又如有機界的物體，我們看去，更覺樊然無數，現在知道他們不過是炭，氫，氧，氮，幾種重要元素的組合，就覺得單簡了。再說物理學中許多聲光熱電的現象，也極其奧衍繁雜，我們把他還元到波動和能力的變遷上去，就覺得單簡了。大凡一切現象的單簡化，須先發見他的出現情形和歷史，而結果使他歸到一個已知的根本的觀念上去，或至少可以他和一個已知的事物相比擬，所以能有說明的效用。但其實還是事實的敘述。

二果關係
指出因

(二) 平常所謂說明，又大半指曉得一件事情的原因結果，而科學所敘述的關係，也正是指出他因果的關係，所以可以說科學說明了某種物事。例如一個彈丸何以能飛射傷人，因為有火藥在後面驅使，火藥何以能爆發，因為有機械的裝置引起其中的化學變化。又如土中何以忽然生樹，因為其中先有種子，繭中何以忽然出蛾，因為其中先有蛹；這些原因結果的關係是很明白的。不過我們現在要注意的，是科學上所謂原因結果，僅專就事情的先後次序而言，并不能說出甚麼“最初之因” (ultimate cause)。譬如彈丸的飛射，是因火藥的爆發力，是我們所知道的；火藥的爆發，是因化學的作用，也是我們知道的；但是硝石，炭，硫——或者說硝基甘油——何以有相當的配

合,加以熱或壓力,就能爆發(即所謂化合力),這是我們所不能知道的。所以科學上的所謂“因”,只是“有因之因”(caused cause),或又謂之“第二因”(secondary cause);那“第一因”(first cause)或“最初之因”,是科學所不能問及,而且也不必問及的。

因果關係,是科學上一個極重要的觀念,我們覺得有略加說明的必要。上面曾說科學上所謂因果,係專指事情的先後次序而言,那就是說,有某一種情形在前,即可發生某一種事形境狀,而現在的事情境狀,又是為在前的情形所支配的。科學上假定這種關係,是無論何時都存在的,就是所謂因果律。因果律的意思,本來容易明白,但在平常卻不免誤會。現在要說明的約有兩點。

因果律 (一) 因果律中,不含有人的意志。平常人每每把**在內**自己的意志看做一切事情的原因。他舉起槍來**因果律不**射落了一隻鳥,他就要說,他射鳥的意志是因,而鳥的落下是果。但是科學的看法是不如此的。科學看見他舉槍,扳機,火藥爆發,彈丸飛射,鳥身受傷,飛行停止,垂翼下墜……一言以蔽之,看見許多動作的階段。我們可以說上一段是下一段的原因,但是不曉得為甚麼要這樣。意志的說法大約是要補入一個“為甚麼”——就是“最初之因”,那是不在科學敘述範圍以內了。英哲學家約翰米而(John Stuart Mill)說:“科學上的因,在本身亦為一現象,與

任何物的最初之因不相關涉”。米而所謂“最初之因”，當然不是專指意志，然而意志也是一個。

(二) 是剛同上面相反，說世間一切事情既都為因果律所支配，那末，世界豈不成了一個冷硬的機械，還有甚麼活動的餘地呢？關於這一層，我們要解答的，是因果律既然不過是先後一致的前例，當然不含有“強迫”的意思，既然不含有“強迫”的意思，有甚麼“前定”“機械”的可說呢？復次，因果律既然不包括意志在內，正是與意志一個自由活動的地位。那就是說，你若是改變結果，須先從改變原因入手。至於意志究竟是否自由，那是另外一個問題，此處不必討論，不過我們以為改變原因的原因，也不妨同在因果律之內，這是與意志的自由不相衝突的。

上面的話，說的抽象一點，恐怕讀者不易了解，我們可任舉一個例來說明。譬如中國三綱五倫之說，大家信奉了幾千年，現在忽然發生了問題。這問題發生以後，當然有贊成的，有反對的。我們曉得那贊成的必定是受了舊傳統說的薰染，他的原因很容易找出；就是那反對的，也必定是得了甚麼“新文化”，“新學說”的指示，決不是偶然腦經中碰出的見解。但在這兩個不同的主張中，我們未嘗不可以理性的研究，做一番選擇的工夫，這就是我們所謂意志的自由。我所謂意志的自由，與因果

因果律不
含有強迫
前定在內
思在內

意志自由
因果律

律不相衝突，也於此可見了。你若說這個意志不算真正自由，那末，我要請問真正的自由意志是甚麼樣子，恐怕結果世間上找不出這個東西罷！但即使世間沒有真正自由的意志，而未嘗不可有不同的主張，那末，所謂人的活動，也就未必因為因果律的關係而成了冷硬的機械。以上所說，本來與科學無關，因要解釋誤會，遂不覺多說幾句。再說下去，就非本書的範圍了，現在就此為止罷。

(註一)(註二)見第二章註一。

(註三)見 H. Poincaré: *The Foundation of Science*, pp. 347-348.

(註四)見同書 348-349。

(註五)牛頓，英國人，世界最大的物理學家。他的力學三定律和引力定律，為近世物理學天文學的基礎。

(註六)參觀本書第一章。

(註七) Thomson: *Introduction to Science*, p. 40.

(註八) Pearson: *Grammar of Science*, p. 96.

(註九)喜帕卡斯為紀元前二世紀的希臘天文學家，即發明三角學的人。

(註十)(註十一)俱見前章。

(註十二)開普勒的行星三律，看見的命少，茲譯錄如下：

- 一。行星的軌道為橢圓形，太陽居其焦點之一。
- 二。以一直線連結行星與日，則在相等時間之內經過相等的面積。
- 三。任何兩行星（地球在內）繞地運行的時間的平方與他們距日的平均距離的立方成比例。

(註十三)見 Pearson: *Grammar of Science*, p. 99 所引 Paul du Bois-Reymond

的話。

(註十四) 見同書 p. 100 所引。

(註十五) 照安斯坦的說法,並不承認有引力這件東西。引力的現象只是空間的一種性質。詳見下章。

(註十六) Thomson: Introduction to Science, p. 41.

第六章 科學方法 I. 理論方面

上章所說的科學目的，是各種科學所希望得到的一個最後結果，——他可以說是各事物關係的完全敘述，或自然界的法則，或科學的真理。但是這些結果，如何纔能得到呢？這顯然在研究上應有一種特別方法。這種特別研究的方法，用來發現科學真理的，我們叫做科學方法。

科學是人類智慧的結晶，科學方法也就是支配人類思想的方法。所以科學方法，實際上應該是論理學 (logic) 的一部分，不過為人類思想發達和智識進化的程序所限，直到近代的論理學上，纔發見科學方法的位置罷了。現在為易於了解起見，我們擬從兩方面加以說明：(一) 是理論方面，(二) 是實施方面。本章專講理論方面，實施方面，當俟下章論之。而理論方面，因為要給他一個邏輯的根據，我們可從思想原則講起。

思想的原則
(一) 普通性

人類思想所以能進行並且能互相了解，因為他有兩個根本原則。(一) 是思想的普通性 (universal)，就是說，一個道理，對於我是真的，對於其他的普通人類，也必得是真的。譬如說，“二加二等於四，”“鐵有磁性，”這個說法，不但我個人心中見得如是，在一切普通人的心中也見得如是。設使我說二加二等於四，他說二加二等於五，再有第三個人說等於六，或等於任何數

目，那末，我們還有甚麼方法可以辨證是非呢？所以思想的普遍性，和真理的客觀性有同一的意義。雖然各人用自己的思想得到真理，而真理是有客觀性的，是出乎各人主觀思想之外，而為一切具理性的人所認為同然的。

必然性 第二個思想的原則，是他的必然性 (necessity)。這個原則，是說一個人用了思想有所判斷的時候，不能得到任意要得的結論，而必須為他的一定途程所限制。這個必然性，是從其他已知為真的事實關係中得來的。譬如我們說“有生則有死，”不能任意說火星行近地球，人就可以不死。又如說“飢則思食，”不能任意的說過了明年甲子，人就可以不飲食。在論理學上，我們說凡一個結論必須有他的理由或前提。未經教育的人，對於他所主張的言論，是舉不出理由的；但是他仍覺得有他的必然性，而且把他自身和言論，認為一體，於是你若加以駁詰，他便發怒了。在這種錯誤的思想中間，也還有必然性的感到，可見我們思想的路徑，不是絕對沒有限制了。

上面兩個原則，是很普通的說法，不但在科學方法上應當承認，就是在一切思想的方法上，也是應該承認的。我們現在先看舊式論理學的應用。

舊式論理三段論法 舊式論理學的重要部分，就是所謂三段論法 (syllogism)，這是從亞里士多德 (Aristotle, 387-322 B. C.) 以來，直到中世紀之末，所認為思想的唯一方法

的。他的形式，平常分爲三段：(一)是概斷(又謂之大前提)，(二)是特因(又謂之小前提)，(三)是結論。舉一個最常用的例，譬如說：

人是要死的； (1)

孔子是人， (2)

故孔子也是要死的。 (3)

在這個形式中間，(1)是普通的原理，是包括一切人的；(2)是人中的一個特例，而人是共有的，故又叫做“中詞”(middle term)；(3)是結論。大凡所有的推理，只要是根據理由以得結論的，都可以歸納到這個形式上去，而且用這個形式來表出的結論，都是人所不容易反駁的。關於這一層，我們要注意的，這種根據理由的推論，固然比絕無理由的主張或意見好，但我們再看下面的一個形式：

凡當先生的是學者；

某君是先生，

故某君是學者。

他的形式雖然不錯，他的推論，是否合於事實，就有問題了。再拿自然界的現象來說，就更爲明顯。譬如說：

行星的軌道必定是最完美的形式；

圓爲最完美的形式，

故行星的軌道是圓的。

這可以看見前提若錯，推論的形式雖然不錯，他的結論也

沒有不錯的了。我們現在可以見得舊式論理的用處和限度，有下列幾件：

(一) 他的用處，要提出一個主張或結果，必須同時提出所根據的理由，於辨論上易於得人的信服。

(二) 他的限度，僅能將已知的事實或真理排成相當的順序，以為辯論或推理之助，不能發見未知的事實或真理。

(三) 即已知的事實或真理，靠了這個方法，也不能斷定其真確或錯誤。

總而言之，這種論理方法所注意的，只是一個形式，形式對了，我們就得承認他推論的結果，至於他的實質如何，是不暇問的。這種偏重形式的舊論理，我們叫他做形式論理 (formal logic)。形式論理只能證明已知事物的合理，所以又可以叫做證明的論理 (logic of proof)。但是我們人類智識的進步，不但以證明已知的事物為滿足，並且要發明未知的事實及真理。要發明未知的事實及真理，當然不能專靠形式，而必須在實質上用功夫。這種論理，和形式論理恰相反對，故我們可以叫他做實質論理 (material logic)，或發見論理 (logic of discovery)。(註一) 這個實質論理或發見論理，就是科學方法的起點。

我們在第二章裏曾經說過，歐洲文藝復興以後，一般人心對於舊智識覺得不滿足，而有要求新智識的傾向。

在方法上說來，他們已經覺得舊論理不能適用，而有建設新論理的絕對需要。十六世紀的培根，就是主張最力，而且能實際建設這樣一個論理的人。他的方法，大概培主張的說來甚為單簡。他說：“我們若要於自然及自然律上得一點新智識，唯一的方法是跑到自然那裏去觀察他的自然動作情形。關於自然的事實，不能由論理命題或三段論法得來，我們若要曉得任何現象的定律，我們必須精密的有系統的觀察特殊的事實。有時我們並且要用了試驗，逼着自然不能不給我們以我們所要的知識。照這樣看來，智識起始於特殊事實的觀察，亦唯我們施行了多數特殊觀察，並加以精細的分類與排比，且注意反對的事例之後，我們纔能發見他們的通律。在我們未由排比特殊現象以發見他們所共有的‘形式’或原則以前，不可妄有假設或猜度。”（註二）

培根這個求智的方法，在他的論理學名“新工具”（*Novum Organum*）（註三）的書中曾詳細討論過。他這本書名 *Novum Organum*，以別於亞里士多德的論理學 *Organum*。他這本書又名“解釋自然的真法”（*True Suggestions for the Interpretation of Nature*）。他說“智識與人類的權力，是同義的字，因為不明其原因，可以使我不能利用其結果。”因為這種智識的重要，所以不願把發見的事體付之於機遇，而要創出一個方法來尋求。這種方法，就是我們現在所叫

歸納法與演繹法的歸納法(inductive method), 而和這個反對的, 我們叫他演繹法(deductive method)。現在我們可把這兩種方法分別加以說明。

(一) 演繹法 此種推理的方法, 係由通則以到特例, 那就是說, 我們先有了已知或假定為真的事實或原則, 再由這個事實或原則求出他當然的結果。上面的三段論法, 是演繹法的一個例, 而算術與幾何學上推理, 尤處處可以表示演繹法的運用。幼克里得的一部幾何原本建築在幾十個界說(definition)和公理(axiom)上。我們只要承認了這些界說, 公理, 於是以下的定理問題, 都可迎刃而解。我們的思想, 就像那計算的機器一樣, 只要我們把特殊的事件, 歸到相當原則之下, 他自然一步一步的生出所要的結果來。這種推理方法, 自然也很便當, 而且重要, 不過用於推理的學問, 如算術, 幾何等等上, 當然沒有甚麼毛病, 若應用在經驗世界以內, 那據以為推理的原則, 是否真確, 就另外是一個問題了。

(二) 歸納法 這種推理方法, 恰與演繹法相反, 是先有了特例, 然後由特例尋出通則。因為培根是歸納法的創始人, 我們就舉他的熱的研究作一個說明歸納法的例。培根研究熱的方法, 第一先把熱的出現地方(特例)都舉出來, 即火焰, 電光, 日光, 石灰加水, 濕草, 動物熱, 熱湯摩擦的物體等等。次把熱所不在的特例, 也舉了出

來,如月光,山上的日光,極圈內的斜光等等。再拿聚光鏡把月光收斂起來,看有熱沒有;再用聚光鏡試熱鐵,火焰,沸水等等。再次用散光鏡在日光下看能減少其熱與否。再次把所有熱的個別特例都記錄下來,如鐵砧因錘擊而發熱,一個很薄的金屬,若是繼續打擊不已,竟可發生赤熱等等。

這些特例都舉到了,於是我們須找出在正例裏有些甚麼要因;在負例裏缺少了甚麼要因;在變動的例裏,有甚麼變動的要因。據培根說,真正的歸納法是建築在除去的方法上的。例如我們看見沸水有熱,月光無熱,我們可以說,熱的重要性質是和光耀無關的。

但是在積極的通則未發明以前,歸納法不算成功。我們看了上面所列舉的各個特例之後,可以說熱的性質就是動,這是由火焰沸水的形狀,動的生熱,以及火被壓抑即熄滅等等情形生出來的假說。這個說法,自然還有許多應加修正的地方。但在這一層做到之後,培根竟可以為熱下一定義說:“熱是擴充或收縮的運動,作用於物體質點上的效果。”(註四)

培根這個例,大約可以代表他首創歸納法的時候是甚麼用意。他這種列舉式的辦法,不但繁難,並且有時行不通,所以他雖然創了歸納法,自己在科學上並沒有甚麼貢獻。現在我們要討論的,歸納法是不是就在舉例之中,

而別無其他作用。

有些討論科學方法的論理學家(如揭芳斯 W. S. Jevons, 1835-1882)主張歸納法要把所有的例都檢查過;能把所有的例都舉到的,叫做“完全歸納”(perfect induction),不能全舉的,叫做“不完全歸納”(imperfect induction)。

完全歸納與**不完全歸納** (註五) 這種說法,是近來一般論理學家所不能同意的。這有兩個理由:(1)有許多事情完全舉例是不可能的事體。譬如說鴉是黑的。我們可以舉十個,百個,千個,萬個,乃至十萬個,百萬個黑鴉爲例,但是我們保不住不看見一個旁的顏色的鴉。倘若看見一個旁的顏色的鴉,我們的歸納法就立刻坍塌了。(2)有的事情,完全舉例是可能的,但舉例的結果,只能得到他的總結,而不能得到通則。比如我們把全校學生的年紀都已調查過了,於是總結起來說,全校學生的年紀沒有在十六歲以下的。這個說法,可以說是根據所有的特例,而且沒有一個例外,但仍只可說是結果的表示,而不是歸納。

照上面的例說來,我們可以說“單簡舉數”(simple enumeration) (如上例2) 和完全舉例(perfect induction) (如上例1) 都不能算是正當的歸納法。他的缺點,正是因爲他不曾發見一個因果的原則,不能據已往以測將來。我們何以看見了成千累萬的烏鴉,不能得到“鴉是黑的”一個歸納,因爲我們不能發見黑色與鴉有甚麼特別的關係。

歸納的定義

現在我們若是要替歸納法下一個詳細的定義，我們可以說歸納法是由推度作用發見關係的通則；我們見了許多事例，在某種情形之下是這樣的，因以推知一切事例在同樣情形之下，也是這樣的；或者說，在某種情形之下，某時所見為如此的，在同樣情形之下，無論何時，都應該見為如此的。一言以蔽之，凡不用推度，不能發見通則，由已知以推到未知的，不算歸納法。(註六)

要了解這個定義的意思，我們可以用極常見的銀幣和鳥羽的試驗來作一個例。試行這個試驗，可拿一個小銀幣和一片鳥羽放在玻璃筒中，把空氣抽盡，然後急速的倒轉過來，讓銀幣和鳥羽同時下墜。此時銀幣和鳥羽必定同時落到筒底，即他們落下的速度相等。從這一個事實，我們可以推度，若再用這兩件東西或任意的兩件東西，重做這個試驗，他們的結果必定相同；我們還可以進一步說，除去了空氣的抵抗，和其他阻礙情形之外，凡物體下墜，無論他的重量如何，他的速度總是相等。



這個歸納根據的只是一個試驗，可謂單簡極了，但是我們物體下墜速度相等的定律，卻是第四圖由這種試驗發明的。蓋理略的有名批薩斜塔的試驗，也與上舉試驗同一性質，但還遜其精密。(註七) 要

歸納理由法：是一方面的論理學家主張“完全歸納，”我們要問：根據甚麼理由，我們可以從事這種單簡的歸納？

第一，我們假定所有的結果都是由相當的原因發生的。換一句話說，我們假定無無因之果，這就是科學上的因果律。

第二，我們說再行試驗的時候，這兩個物體或任意的二物體仍當表示同樣的性質，這是根據科學上的“自然一致律” (law of the uniformity of nature)。這個定律的意思是說：一個原因或幾個聯合的原因，若是不為其他的原因或幾個聯合的原因所妨礙，常常生出同樣的結果，或同樣聯合的結果。

第三，我們很明白的，是做這個試驗的時候，我們先有一個目的在心中。我們心中先有的疑問：物體若單受引力的作用他們落下的速度是不是相等？我們把玻璃筒中的空氣排去了，除了引力之外，其餘有影響於物體的東西，都屏除淨盡——現象的離立，——然後去看那唯一的原因——引力的作用。這種有計畫，經過選擇的事實，實際上就是經過分析的事實，由分析到歸納，乃是當然的順序。

第四，我們還可以明白的，是科學的方法雖然大體是歸納的，卻不能把演繹的方法完全屏棄不用。實際上演繹與歸納，正如車的雙輪，鳥的雙翼，同時并用，科學纔能迅速進步。如第一所說的，先有疑問，然後設計試驗，求得新

事實來做歸納的根據。這個新事實，一面是“發見，”一面是“證明，”在方法上面已經帶了幾分演繹的性質了。

歸納與演繹的并用 總括起來，我們可以說，若把歸納法看做科學方法的一部分，我們固當有上面的種種分別；但是若把科學方法的全部，都認為歸納法，那末，我們所爭執的，只在一切研究都從事實着手的一點，至於研究中的方法，是歸納與演繹不能偏廢的。

關於方法上的術語，每每因意義的不明瞭，以致誤會誤用，現舉兩個重要的加以說明。

推度 (一) 推度 (Inference) 我們上面曾經說過，無論歸納演繹皆須用推度，推度也是由已知到未知的一種思想方法。現在我們要注意的，推度同證明，雖然都要理由以為根據，但是推度不是證明。這是因為推度的理由就在結論之內，而證明的理由尚須有其他的保證或根據。換言之，推度是前進的思考 (forward thinking)，證明是回顧的思考 (reflective thinking)，譬如大動物學家居維愛 (Cuvier, 1769-1832)，有人給他一顆古獸的牙齒，他就可以告訴你生這牙齒的獸是甚麼樣的動物。這是因為牙齒和生牙齒的獸，原為一物，只要我們有了對於這個動物的智識，這個推度是沒有甚麼不可以的。但如達爾文說，有了貓纔有苜蓿，那就非經他調查之後，曉得怎麼樣貓可以驅除田鼠，怎麼樣田鼠可以毀壞蜂房，怎麼樣蜂可以媒介花

蕊，使首蓓繁盛，這個推論是不能成立的。總而言之，我們的推度，要以已經證明的事實為出發點，而不能自為證明，這是應該注意的。

類推 (二)類推 (Analogy) 類推是由特例推到特例，也是推理的一種。他的重要原則，是兩件事體的相似，但是類推和譬喻不同。我們看見某種事體有些甚麼關係和性質，因而推到與他同類的事體也有這些關係和性質。這種推度的方法，極其單簡，所以人們常常喜歡用他。但欲免於錯誤，有幾點應該注意。第一，我們要看據以類推的類例是不是事實。例如抱朴子論仙篇以“雉之為蜃，雀之為蛤，……田鼠為鴛，腐草為螢，翬之為虎，蛇之為龍，”為人可成仙的類推，不知雉之為蜃等等，是否事實，尚待證明。第二，我們要看據以類推的類例，是不是有同樣的關係。如荀子勸學篇說：“冰取之於水而寒於水，青出於藍而勝於藍，”拿來解釋“學之不可已，”是可以的。但是因冰寒於水，青勝於藍，就推到學生過於先生，那就必定要發見冰與水，青與藍，先生和學生有同樣的關係而後可，實際上我們曉得這種關係是不能成立的。第三，我們要看兩個事例中的重要情形是不是相同。譬如我們看見月球上的情形，大概和地球相似：他也是天空的一星體，也受着太陽的光，也有山，有地，因此我們推想月球也有人類。但是我們也曉得月球上是沒有空氣的(就是有，也極

稀薄)；因為這個重要情形不同，雖然有其他相同的地方，月球中有人類的類推還是不能成立。

總而言之，類推的用處，在科學方法上僅可限於幫助解釋及誘起假設等等；若靠了他來做推度的唯一理由，因為他根據的薄弱，就常常有陷於謬誤的危險。這一層不但科學家應該注意，凡使用類推的人，都是應該注意的。至於施用推理，還有各種細則，如牛頓的三規，(註八)米而的五律，(註九)都可以備實際的參考。

(註一) 參觀 F. W. Westaway: Scientific Method, Chap. XIII, p. 172, 又 J. E. Creighton: Introductory Logic, Chap. II, p. 25.

(註二) 見同書 pp. 28-30.

(註三) Novum Organum 係亞丁文，培根此書於一六二〇年出版，為近世講歸納論理的始祖。

(註四) 見 Walter Libby: An Introduction to the History of Science, Chap. VI.

(註五) 參觀 Jevons: Principles of Science, Chap. VII.

(註六) 參觀 Mill: System of Logic.

(註七) 蓋理略見本書第四章(註十一)。因為要證明物體的下墜，并非重的速度大，而輕的速度小，蓋理略於1591年拿了兩個鐵球，一個重一磅，一個重一百磅，在比薩城的斜塔頂上令其同時下墜。這兩個球竟同時到地，於是兩千年爭執不決的問題，方告解決。

(註八) 牛頓的三規如下：(1)唯真實的原因(即實際存在的原因)可用以解釋現象；(2)解釋現象時，於已有充足之原因外，不必再求其他的原因；

(5)在可能的範圍以內,同樣自然之結果,必歸之於同樣之原因。如人類與禽獸的呼吸歐洲與美國的墜石,其原因總是一樣的。

(註九) 米而的五律 (Mill's Canons), 見他著的 System of Logic 書中,茲略引如下:

(1) 求同 (Method of Agreement) —— 是說設如在研究下的兩個或兩個以上的現象,只有一個情境是共同的,這個情境可以認為這些現象或然原因(或結果)。例如我吃了某樣東西,無論我別的飲食如何,生活情形如何,天時如何,環境如何,總覺得不好。於是我可以認某樣東西為我患病的原因,我就得避開他。

(2) 求異 (Method of Difference) —— 是說設如在一個事例中發見研究的現象,在他一個事例中不曾發見研究的現象,這兩個事例的情境,除了一個之外,完全相同;這一個不同的情境,可以說就是他的結果,或原因,或不能少的原因的一部分。例如 亞拉果 (Arago) 研究磁針的運動,看見有一塊銅板在磁針底下,磁針運動比沒有銅板容易靜止得多。他於是可以推度銅板是磁針靜止的一個原因。

(3) 同異共見 (Joint Method) —— 是說設在兩個或兩個以上的事例發見這個現象,其中只有一個情境是共同的;同時兩個或兩個以上的事例中,不曾發見這個現象,而除了沒有前次相同的情境之外,其他的情境無一相同;我們可以說那個情境就是現象的結果,或原因,或不能少的原因的一部分。例如我吃了某樣東西,就患病,不吃某樣東西,就不患病,那末,我疑心某樣東西為病的原因就確定了。

(4) 求餘 (Method of Residue) —— 是說從某現象中減去其已知為某前引的結果的部分,剩餘的現象必為其餘的前引的結果。例如海王星的發現,是因為天王星的軌道,在所有已知行星影響之外,還有其他的擾動。天文家於是疑心於已知行星之外,還有未發見的行星。他們照着這個理論

去尋覓,居然找着了這個未知的星體,就是海王星。

(5) 共變 (Method of Concomitant Variations)——是說無論何時,若某現象發生特別變動,其他一現象也發生相當的變動,則某現象必爲此現象的原因或結果,或彼此有因果的關係。例如置水銀於極細管中,若四圍空氣溫度略增,管中水銀也就增加容積;反之,若空氣溫度降低,水銀的容積也就減小。於是我們可說溫度增加爲水銀伸漲的原因。此處須注意的,共變法實在和求異法是一個性質,不過我們在此處不能用求異法,因爲此處的現象,只能使他增減,不能使他消滅。

第七章 科學方法 II. 實施方面

上章所說明的,是科學方法的理論,本章要說明科學方法的實施。科學方法的實施,即是一種科學成立時所經過的步驟。這個步驟,當然不是千篇一律,或一定不易的。不過在科學研究中間,我們可以看出幾個重要的工作,是任何科學研究所不可少的,我們不妨拿來說說。

研究科學的工作,我們可以分為八種,而各種各有他的作用。現在先為列表如下。

- | | | |
|-------------------------|---|----------|
| (一) 觀察 (Observation) | } | ……求事實的作用 |
| (二) 試驗 (Experiment) | | |
| (三) 比較 (Comparison) | } | ……分析作用 |
| (四) 分類 (Classification) | | |
| (五) 概推 (Generalization) | } | ……綜合作用 |
| (六) 假設 (Hypothesis) | | |
| (七) 證驗 (Verification) | | |
| (八) 成律 (Formulation) | | |

此下更分別說明之。

一 觀察 (一) 觀察(註一) 科學的事實,都是由官覺印象 (sense impression) 得來的,所以觀察是科學研究的第一步。觀察一有錯誤,那做科學基礎的事實就不可靠,以

後的種種工作,就好像建大廈於流沙之上了。觀察雖是最初淺的一步工作,但要得正確的觀察,卻不是容易的事。除了故意作偽和甘心受欺之外,我們應該注意下列幾種錯誤的來源。

觀察
錯誤
的
來源

(a) 生理上的來源 我們官覺的力量不但有限,而且常常會發生錯誤。譬如紫外線 (ultra-violet) 和紅內線 (infra-red) 的光是我們所看不見的;每秒鐘顫動三萬八千次以上,三十二次以下的聲音,是我門所聽不着的,這是生理上自然的限度。還有因生理上通有的錯誤,如像電影中的風景人物,繼續活動,其實不過是一張一張的影片,上章已經說過了。又如管口噴水,看似一條直線,其實是許多水珠的連續;暗室中以火炷旋轉,看似一個火圈,其實是一個火星的接聯,都是這一類的現象。

(b) 習慣上的來源 由習慣而來的錯誤,也可以叫做個人的錯誤,這種錯誤是比較的容易發見的。如有人作算學時,總會把 9 看做 6,讀英文時,總會把 kitten 念做 kitchen,看顏色時,以紫當作藍,都是此類。

(c) 心理上的來源 由心理上來的錯誤,又可叫做主觀的錯誤,如忙時覺日短,閒時覺日長,重物下墜覺速於輕物,皆是此類。還有一種心理上的錯誤,就是培根所說的“人每記其所得而不記其所失”(Men mark when they hit, and never mark when they miss)。培根還引了一個故事,說

明這種情形。他說在某處有一個禮拜堂，堂中都畫滿了因許願而在破船中得救的像。有一個不信教的人來到堂中，就有人指着畫問他，可不承認神的力量嗎。他的答語是：“但是那些許了願而淹死的畫像在甚麼地方呢？”

免
除
錯
誤
的
方
法

要免除這些錯誤，第一，須有相當的訓練。有了訓練，所有的生理上，習慣上，心理上的錯誤，均不能陷害我們了。第二，須用儀器的幫助。有了儀器，我們觀察不到的東西，也可以觀察了。例如有了望遠鏡，天空中光度在六度以下的星體都可以看見；有了顯微鏡，有許多微生物也可以察見；這是補助官覺的不及的。至於糾正官覺的錯誤，譬如靠了照像快鏡，可以把管口射水分成水珠，即是一例。第三，須靠多數人的共證。培根說：“人心就同不平的鏡子一樣，他所攝的影像，不能和天然完全相同。”然而鏡子的不同，不必一律，有的甲處稍凸，乙處稍凹，有的乙處稍凸，甲處稍凹，所以觀察結果以多數觀察為準，不但能表示客觀的真實，且可以容納錯誤相消的機會。

二
試
驗

(二) 試驗 博桑貴 (Bosanquet) 說：“試驗是人力管理下的觀察，”這是說，試驗的目的，正是要觀察所表現的結果，不過在人力管理之下，我們能把產生結果的各種情形為之增加，減少，或廢除，以便於觀察罷了。譬如我們要研究放電的現象，若要等到空中放電去研究，不

但不方便,而且很危險,但在實驗室中用發電機或蓄電瓶來研究,就容易了。又如要研究生物的變遷,若專靠天然界的觀察,不容易得到所要的情形,而且所須時間也很長,若用家畜或種植來試驗,就可以隨意布置,在短時間中得到結果了。所以試驗實為觀察的一部分,而可以補天然的不及。明白這個意思,我們在觀察上所說的種種注意,在試驗上仍然適用,是不待言的了。

試驗與觀察之區別

有人拿用儀器和不用儀器來做試驗與觀察的區別,這也有些不然。譬如天文家觀測日星的行動,須用望遠鏡,但實際上還是觀察。又如氣象學家用雨量計風向表來測量風雨,但實際上還是觀察。但天文家選擇一定的空間時間以觀察星的變位,氣象學家登高山乘氣球以觀察氣壓的變遷,也可以說是試驗。(註二) 這可以見得試驗和觀察的區別,不在儀器的用不用,而在用不用人力以改變觀察的情境。

試驗的情境的

試驗既然是人造情境底下的觀察,那末,試驗的時候,選擇適當的情境最為緊要,因為與一個試驗有關的周圍情形,是無限的。拿兩木磨擦生熱來說,和這個單簡試驗有關的情境有多少呢? 木的形狀,硬度,組織,及其化學性質;磨擦的壓力及速度;周圍空氣的溫度,壓力,及其化學性質;地球的吸力與電力;磨擦者的溫度與其他性質;太陽及天空的輻射;雲中的電象以及天空星體的位置,

都不能不計及，而且先天的也不能斷定某事和摩擦的試驗絕對沒有關係。我們施行這個試驗，要把上面的情境，一一都實驗過嗎？當然不能。我們只有從經驗上把無關緊要的情境一一除去，然後可得最後的結果。

再拿摩擦的試驗來說，在平常的時候，我們可以說，天空的現象是沒有甚麼可覺察的影響的。我們可以疑心空氣和摩擦有關，於是我們就在真空中試驗，若是仍能生熱，那末，我們可以說空氣沒有關係了。我們又可以疑心熱的來源，由於周圍物體的傳導，於是我們可以設法使周圍的熱不能傳到摩擦體上，如兌維用冰來摩擦，即是一例。照這樣逐一的把似乎有關的情境都除去了，纔能得到真正的結果，說熱是摩擦能力所發生的。

注意
選擇
試驗
時
的情
境

照上面的說法，試驗的重要條件，在使其單簡明瞭，而除去無關係的情境，即是達到這個目的的唯一方法。我們現在且把關於試驗上應該注意的幾條規則列舉於下。

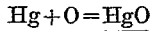
(a) 普通的無關情境之免除 有些無關的情境，是常常存在的，試驗時不可不留意除去。如引力是無所不在的，因為地心引力特別的大，所以地球上物體相互間的引力每每可以置之不問。但是勃拉陀(Plateau)把一個物質放在比重相等的液體中，免除了地心的引力，表示他自己相互間的引力作用。又如法勒第(Michael Faraday, 1791-

1867) (註三) 試驗植物胚子在顫動板上的情形,他看見這些輕微物質多聚於顫動最多的部分,而沙石之類則聚於顫動最少部分。後來他把玻璃罩中空氣抽去,再行試驗,纔曉得這些輕微物質聚在顫動最多的部分,是因空氣的顫動把他們帶去了,於物質的本體是無關的。

(b) 特別的無關情境之免除 有些情境在某種試驗,常為人認為重要,而實際是無關的,不可不加以注意。如珍珠的光澤,昔人以為由於他的化學成分,於是研究的人都在發珠光的物質上去做工夫;但是柏魯斯台 (Brewster) 偶然用膠粉取珍珠的模型,發見模型的面上,也一樣的有珠光,纔曉得珍珠的光澤是由於他的表面組織,和他的本質是沒有關係的。又如音的高度,完全由於每秒鐘顫動的多少,和製造樂器的材料是沒有關係的。

(c) 免除或改變情境每次只限於一個 這個規則的理由很單簡:因為兩個情境同時改變,若得了結果,我們不曉得他是某一個情境或兩個情境共同發生的;若不得結果,我們也不曉得是因某一個情境,或兩個情境自己相消了的。譬如我們要試驗氧氣是不是生活的必要,我們燃燭在密閉的玻璃鐘內,將空氣中的氧氣除去了,然後放一個生物在鐘內。這個方法是不對的。因為鐘內的空氣,雖然少了氧氣,卻加了二氧化碳($C+2O \rightarrow CO_2$),即使生物死了,我們不曉得是由缺少氧氣,或由於二氧化碳的存在。

我們在這個試驗中，若不用燭而用水銀，由燃燒而得氧化汞，是一種固體，就不至於與氣體相混了。



在我們離開試驗的討論以前，有一二點應加注意的，

試驗不必
定繁重要
儀器

(一) 試驗並不一定要繁重的儀器，常有極重要的試驗，可以極單簡的方法施行的。弗蘭克林 (Benjamin Franklin, 1706-1790) (註四) 的風箏通電的試驗，是人人所曉得的了。他的各種顏色吸熱力量的試驗，尤為單簡，而結果亦極重要。用他自己的話來敘述，他說：“我把裁縫店做樣本的布方取了幾塊，他們的顏色，有黑的，深藍淺藍，綠，紫，紅，黃，白等等。我在一個晴天早上，把他們鋪在雪上。幾點鐘之後，黑的被太陽曬熱，沉陷雪中，至太陽照不着的深；深藍的也差不多沉到一樣深度；淺藍的不到那樣深，別的顏色越淺，他沉下的深度越少。只有白的留在雪面，一點也沒有下降。”他這個試驗，何其單簡明瞭，而且容易施行。雖然後來據李時列 (Leslie) 的研究，熱的吸收，與物質的表面組織大有關係，不專靠他的顏色，但是弗蘭克林試驗的價值並不因此而減少。(二) 試驗上負的結果，我們不應當忽略，但亦不可過於倚恃。我們都曉得物質的現象為我們官覺和儀器所不能覺察的，尚有很多，我們不能以試驗所不見，即為其事的未嘗存在。如法勒第試驗感應電流，因有銅板的隔離，不見

負結果

感應的結果，後來竟因此發明了銅和感應電的關係。但是由負的證據求結論，是最危險的事。達爾文自己曾經由負的證據得過一個結論，說某種蘭花不分泌花蜜。但他有了這個結論之後，曾經繼續的費了二十三天，去察驗此花在各種天氣，各個時間，各個地方的情形；並且把各年歲不同的花，加以各種激刺花蜜的試驗。直到這些試驗一律的給他負的結果，他的結論才算成立了。

三比較 (三) 比較 經過觀察和試驗之後，我們可以假定有了科學的事實了。我們對於這些科學事實，必須加一番分析的工夫，而後始有概納的可能。比較的作用，在分析上最為常用，有時且用之而不自知；因為單獨獨立的事實，在科學上是無意義的，而要發見事實與事實的關係，必自比較他種種性質的同異始。譬如我們忽然發見了一條鯨魚，在稍知動物學的人，拿他來和獸類的性質相比較；說他是哺乳的獸；在未受教育的人，拿他來和魚類的性質相比較，說他是魚。他們的結論雖然不同，但是總離不了一個比較的作用，而且他們智識程度的高低，就以他們比較作用的精密粗疏而分。這可以見得比較的重要了。

關於比較作用，我們應該注意的，是求事實的同異，不當計算同異點的多少，而須稱量同異點的重輕。譬如鯨魚與魚比較，他相同的點，恐怕比獸還要多，但是他最重要

的，是胎生而且哺乳；只這一點，就把他的確的歸入獸類了。

四分類

(四) 分類 由比較而分類，本來是一貫的事體，因為我們在比較的時候，已經先有歸類的觀念了。不過比較僅是分類的豫備工作，分類又為科學研究較高的程序。博文教授 (Francis Bowen) 說：

我們的心理組織所要求我們的第一個條件，就是把自然界無限無邊的富有，照着他們的類似與親近點，分畫為許多類或品級，使我們心能的理會力愈是擴大，就是犧牲一點精細的知識，亦所不計，這些精細的知識，只有研究事物的精蘊，方可得到的。所以尋求智識的第一努力，必須向分類方面進行。分類不但是人類智識的起始，而且是人類智識的最終和總結。(註五)

再看赫胥黎下分類的定義說：“凡某項事物的分類，是說實際上或理想上把相同的排列在一起，而將不同的分開；他的目的，是要使對於記憶及認識這些事物的心理作用更為便利。”(註六) 分類的重要和職任，在這兩個人的話中可以明白了。

我們現在要討論的，不是論理學上分類的法式，而是科學上分類的應用。科學上分類的方法，當然很多，如植物一門，有的依果子分類，有的依花萼分類，有的依花房分類，更有的依葉子分類。化學上原素的分類，可以照他的

原子量;或照他的是金屬或非金屬;或照他的易見或難見,或照他的有用或無用。不過科學上的分類有一個原則:就是分類的結果,不但要表示各個物體某種性質的相似,而且要表示各種性質和彼此個體間的關係。前者是以一種性質為標準,有時又叫做人為分類法(*artificial classification*);後者是以性質的全體為標準,而同時發見彼此的關係,有時又叫做天然分類法(*natural classification*)。天然分類法,雖然是科學分類的目的所在,但有時卻不容易做到。例如林里亞(Karl Linnaeus, 1707-1778)(註七)的植物分類法,以植物的性官形狀為根據,雖於植物的分類上有許多便利,但因他根據的只是一種性質,終不免為人工分類。又如化學上的週律(*Periodic Law*),雖然是把所有的元素照原子量的次序排列,而每一類中,各種性質都有相互的關係。這種分類,可以說是近於自然。拿鹼金屬(*alkaline metals*)的一類來說,其中的鉀(K)鈉(Na)鎳(Rb)銻(Cs)鋰(Li)五個元素,都同氧素容易化合,都能把水分解,而發生溶解於水的強鹽基性氧化物,此物又與水結合而成鹼,但加熱則失其水,而仍為氧化物;其碳酸鹽皆能溶解於水,每一元素與綠僅能成一種化合物。這樣的一個分類,對於我們將來的推度,有許多用處。譬如我們發見一種金屬,他的性質有一兩種與上面所說的極相近似,我們可以推度,其他的性質也大約相似。實際上化學家根據了週期定律

而發見未知的元素，正是應用這個道理。

**五
概
推**

(五) 概推(註八) 科學的事實，經過比較與分類之後，我們須加以綜合的推理，以期發明事物的通則。綜合作用的第一步，就是所謂概推。概推是有兩個意思：一是發見事物的相似點；因為由一個事例推到另一個事例，至少總要兩個事例有些相似的地方。二是由有限已經考察過的事例推到較多未經考察而在同樣情境下的事例。在考察各個已知事例的時候，我們不但認識他們的相似點，而且覺得我們能覺察同這些事例常常有關並決定這些事例的情境。這樣的概推，我們可以說實在是預測的一種，不過這種預測，根據確固，他的實現的機會也極大罷了。譬如我們看見水銀與水有氣液固三種狀態，而且就我們的經驗上曉得我們加熱或冷卻物體的方法愈進步，物體的氣化或冰結的事例也愈多，我們雖然不能把物質一一試驗過，但可以很自信的做一個概推，說凡物質都有三個狀態的可能。

這種概推的結果，自然是發見科學的定律，但是在研究還在幼稚的時代，我們的概推，不過是把已有的經驗，做一個暫時的單簡概括。這種概推的結果，我們叫他做實驗律 (empirical law)。譬如我們常常說的“月暈而風，礎潤而雨，”山高則有雪，呼吸空氣的動物都有熱血，都是實驗律的一例。科學上這種實驗律的例，也非常之

**實
驗
律**

多，如化學上原子說未發明以前，那定比例的定律，也不過是一個實驗律。又如物理學上凡兩種金屬所成的合金，其溶點皆較任何原金屬為低，其硬度皆較任何原金屬為高，也是一個實驗律。

實驗律與自然律的分別

實驗律和自然律的分別，是實驗律專表示實驗的結果，而自然律兼說明現象的原因。(註九) 換一句話說，實驗律可以說是自然律的一部分，他有了片段的真實，但還未達到完全的統系。我們對於事實，必須先有相當的校正分類，使他成為最精確而有秩序的事實。在發見事實的原因之先，我們必須使這些事實清清楚楚呈現於我們面前，所以實驗的概推，必須在自然律發見之前，是一定不易的。換一句話說，我們的概推，有先後精粗的不同；我們的智識愈增進，那概推的廣大與精確也愈增加。上面所說的山高則有雪，是一個實驗的概推，是粗淺的；但是我們曉得空氣蓄熱的定理和山高氣薄的關係，所得的概推，便較為廣大精確，便近於自然律了。

六假設

(六) 假設 照上面的說話，當我們進行概推的時候，我們的結論，常由狹淺的實驗律，而進於廣博的自然律。在實驗律的階級，我們的智識是“知其然而不知其所以然”的；這個“所以然，”應該在更大更廣的自然律上去尋求。但是倘若當時並沒有已經發見的自然律，可以滿足我們這個要求，我們不妨想像一個定律，可以給

我們的事實以合理的解釋。這個想像的定律，就是假設。一般的，我們可以取米而的話說：“假設是任何設說(或沒有實際的證據，或有證據而不够)，我們用來引出和事實相符合的結論的。我們設說的時候，有一個定規，說若由這個假設引到的結論是已知的真實，那末，這個假設，自己也可以說是真實。”(註十)

假設的最好而最普通的例，是化學上多爾頓(John Dalton, 1766-1844)(註十一)的原子說(Atomic Hypothesis)。多爾頓因為要解釋化學上的定比例和倍比例兩個實驗律，因設想物質的最小限度為原子；他的重量有一定；同物質的原子皆相同，但與其他物質的原子皆相異；兩物質相化合時，由原子的相互間起作用。照這個假設的說法，不但定比例，倍比例的定律明白易解，而且所有的化學作用，都可加以解釋，所以後來的化學家便承認原承認原子說是真的了。(註十二)

假設既不過是一種方便的設想，那末，他的數目是無限的，是可以隨時變換的。我們可根據下列的三個條件來判斷假設的好壞。

好幾個條件 (a) 好假設必須能發生演繹的推理。這個條件的理由很簡單，因為假設的用處，是要“引出和事實相符合的結論的。”設如假設不能發生演繹的推論，那末，事實的徵驗就成為不可能，假設的價值也就沒有了。拿物理

學上氣體運動說(Kinetic Theory of Gases)來作一個例,這個假設說氣體是由極小的分子組成的,而且這些分子自由運動,沒有片刻的休息。這個說法,本來是關於氣體壓力的一種假設的解釋。但是我們承認這個假設,就可以由演繹上得到鄒依耳的定律(Boyle's Law),和蓋律薩克的定律(Gay-Lussac's Law),(註十三)并且得到熱是分子運動的推度;由熱是分子運動的推度,我們得到在絕對零度(-273°)下,氣體的分子運動即完全停止的結論。實際上,許多氣體不到絕對零度時早已液化了。可見氣體運動說的假說,和我們的第一個條件完全相合。

(b) 好假設須不與我們已認為真的自然律相抵觸。這個說話自然要有相當的限度,就是說,我們已發明的自然律,能限制我們的想像力到如何程度。但假設既不過是一種猜度,講到他的價值,自然不能比已經證確的自然律,所以我們只可拿已知的自然律來作我們的嚮導,卻不可犧牲已知的自然律來就我們的範圍。如氣體運動說,他所假定的原則,如氣體的分子組織,彈力性質,自由運動等等,都與其他物理學化學的定律不相抵觸。反之,如現在的靈學研究和鬼照像等,顯然與物理學光學的原理相違背,姑無論事實的正確與否,即就假設而言,也是絕對不能成立的。

(c) 好假設必須所推得的結果與觀察的事實相符

合。譬如由氣體運動說推出的結果，就有分散 (diffusion)，吸收 (absorption) 等現象，這是和觀察的事實相合的。假設的能否成立，全視其與事實合不合，所以這條最為重要。

牛頓的引力定律，在假說的時代，因為和計算的結果不合，十二年不曾發表。(註十四) 法勒第說：“世人不曉得研究家心中的假設，因與事實不合，而摧拉毀棄的共有若干；就是最成功的，他所實現的希望暗示，也不及十分之一。”

這可以見科學家對於假說的態度了。

七 證 驗

(七) 證驗 證驗是科學的最後判斷。我們要判定某現象是事實非事實，靠的是甚麼？——證驗。

我們要判定某假設的對不對，靠的是甚麼？——仍是證驗。所以證驗在科學方法中，可以說是最為重要，一步不可離

證是事實
能覆按
驗能共見
必須見的

的。現在我們要注意的，證驗的憑據，必須是能共見能覆按的事實，而非偶然的或轉述的言辭。

這樣一來，前面所說的觀察試驗種種搜集事實的方法，此處又用得着了。例如抱朴子引陳思王釋疑論云：“……令甘始以藥合生魚，而煮之於沸脂中，其無藥者熟而可食，其含藥者終日如在水中也。”(註十五) 這個事情，據陳思王說，是自己看見魏武帝令人做的。但是他太反乎常理，除非我們能人人施行這個實驗，是不能相信的。又如我們看見近人太虛和尚所著的訂天演宗論文小註中有一段說：

按章太炎作原變曰：“亞洲之域，中國，日本，衛藏，印度有蠖蝓，其他不產。澳洲無猿，亦無反嚙之獸。其無者，化爲野人矣，有者，庸知非放流之族，樁杙窮奇之餘裔，宅岫窟以禦離彪者從而變形也。”余讀天竺古志，述人羣退化之事相甚詳。謂生民之初，皆受天然之樂，壽長八萬歲。每百年遞減一歲。減極爲十歲之時，性最凶惡，人與人相殺食。弱者逃入荒岫沓壑，食草而僅免。其時人形長不過二尺，土地礪确，穀麥麻桑皆不生，禦寒以毛髮，禦飢以血肉云云。試默想其狀，非卽與猿類同乎？以證章君之說，蓋亦相通。這樣以言證言的辦法，在科學方法上是沒有他的地

科學證例

位的。科學上的證驗，其例甚多，我們隨意引赫胥黎“天演的實驗證據”講義 (Lecture on the Demonstrative Evidence of Evolution) 數段於下，以見一斑。他說：

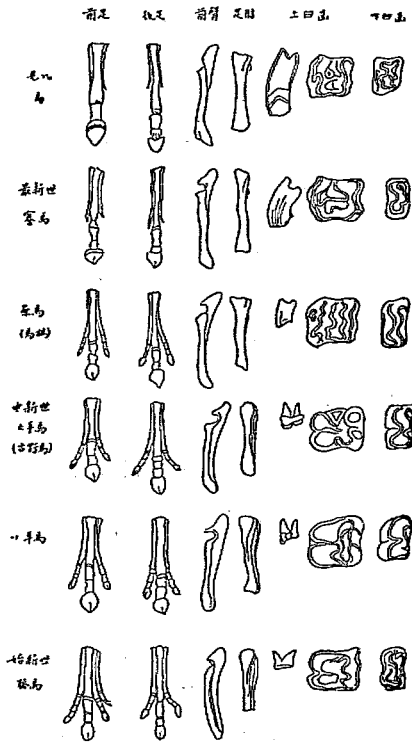
歷史事實的出現，在我們證明他出現的證據，有很頑固的性質，使不能不承認其出現的時候，可說是實際證明了。現在我要討論的問題，就是由化石遺骸所示生活形狀的變遷的記錄中所得對於這樣同類動物的天演的證據，是同意還是反對。……緊天演說的原理所得的結論，是馬類由具有五趾而且前臂及脛骨俱完全分立的四足獸演進而來；又此獸有四十四齒，其前齒與血齒的齒蓋構造單簡後者逐

漸增大,由前至後,而其齒蓋則甚短。

設馬類由此演進而來,其每一時代的遺骸又經保存,則我們必可看見一組的形體,其中趾數依次減少,而前臂及脛骨,也漸漸成了馬骨的形狀;又牙齒的形狀和排列法,也漸漸的和現代的馬齒相近起來。

赫胥黎於是歷述在歐洲美洲地層中第三紀第四紀的最新世(Plis-cene)中新世(Miocene)始新世(Eocene)中所發見的馬祖的化石遺骸,又把美洲所發見的列為一圖,表明馬類演進的痕迹。我們把這個圖表轉載如下:(據赫胥黎言,圖中代表的各標本,現陳列在美國耶律大學博物院中。)赫胥黎繼續的說明道:

這些各種形體的



第五圖

繼續，使我們從第四紀的頂一直到底。最初是真馬，其次是美洲的“蹇馬”(Plihippus)，他的肢體比平常的馬略有不同，臼齒蓋也略為短些。其次則為“原馬”(Protohippus)，他為歐洲馬祖(European Hipparion)的一種，每足有一大趾，兩小趾，其臂與脛如上述。他比歐洲馬祖更有價值，因為他沒有歐洲馬祖那些異點，大概歐洲馬祖另是一支，並非此支的正宗罷。其次則為時間上落後的“大羊馬”(Mishippus)，他和歐洲的“古野馬”(Anchitherium)相近。他代表三個完全足趾——一個大的中趾，兩個小的側趾，還有一個同人的小指相當的遺跡。

歐洲記錄的馬類統系，即止於此。但在美洲第三紀中，馬類祖宗的統系，一直繼續到始新層去。在較古的“大羊馬”形中，有叫做“小羊馬”(Meshippus)的，有三個前趾，一個似碎片的遺跡代表小指，并三個後趾。他的橈骨尺骨脛骨腓骨都極清楚，短蓋的臼齒，則為“古野馬”形式。

但最重要的發見，則為“狐馬”(Orohippus)，此物發見於始新世層中，為我們所知馬類最古的族祖。他的前肢有四個清晰的足趾，後肢有三趾，尺骨腓骨都很發達，而短蓋的臼齒則為單簡形式。

是故以此等重要研究之賜，吾人目前的智識，可以說：

馬類演進的歷史，正與天演說的原理所可預示的情形相合。而且我們所有的智識，可以使我們豫料若在再下的始新層或白堊紀 (Cretaceous epoch) 中發見馬祖的遺骸時，必定具有四個完全足趾，一個最內的小指遺跡在前，在後足上或者還有一個第五小指的遺跡。(原註，與此相類的遺骸，隨後已經發見了。)

若再古一點，足指的形式必定越加完全，最後我們可以得到一種五指的獸，爲一切馬類的鼻祖；若天演說具有強固的根據，這種發見是無可致疑的。

這就是我所謂天演說的實驗證據。凡所有的事實與歸納的假設完全相合的時候，這個假設可以說是實際證明了。如無科學的證明，沒有歸納的結論可以說是曾經證明過的。目下天演的學說建設在可靠的根基上，與哥白尼的天體運動說在他發表的時候一樣。他的論理根據，性質恰恰相同——就是觀察所得的事實，與理論上的要求相印合。

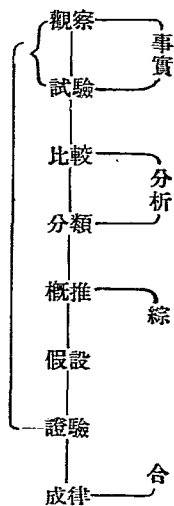
讀者試把赫胥黎的話和太虛的話比較一看，就可以見得科學的證驗，和平常所謂證驗性質的不同了。尤其有趣味的，是赫胥黎及太虛所討論的，都是天演的問題；但一個所用的是科學方法，一個所用的是非科學方法，所以他們的題目雖同，他們在科學上的距離，不知其有幾千萬里。

八成律 (八) 成律 科學方法的最後一步,就是把已經證明的事實關係綜合起來,以最單簡精確的文字或公式表出之。牛頓的引力定律是一例,達爾文的“適者生存”(註十六) (Survival of the fittest) 又是一例。這個新成立的定律,必須與事實相合;必須為完全無矛盾的敘述;其中包含的各因子,必須能受直接或間接的試驗;最後,如皮耳生所說:“他的表現,是一切普通人心所認為同然的。”

這最後一步雖十分重要,然綜合上面七步看來,意思已極明白,似乎沒有再加說明的必要。現在我們且借這個機會,一說明自然律與人為律的分別。原來用法律的律字來代表科學界所發明的天然規則或條理,是一件極不幸的事體。社會或國家的法律,有強迫執行的性質。我們在社會國家中,若不遵守法律,就有刑罰以隨其後。自然界的規則,如飢則須食,倦則須息,過食則病,不潔則致疾等,與人為的法律有些類似的性質,所以我們就把法律的一個字混用起來了。其實自然律和人為律大大不同的地方,一個是天然界本有的條理,一個是社會上裁制的器具。若說兩個是同類的東西,那就等於說我們能製造出一些法則來管理自然界的現象了,天下有這個道理嗎?換一句話說,人為律是製造出來的,自然律是發明出來的。我們製造法律,其目的在約束社會的分子,所以法律定後,社會分子就有服從的義務(維

然法律不勝其弊時，也有修改的必要)；我們發明自然律，其目的在解釋天然的現象，若天然現象與我們的自然律有違反時，我們不能拿已有的自然律去繩他，只有在發明一方面再去做工夫，這就是科學研究所以日進無已，不能畫地自封的原故了。

以上把科學方法的實施大概說明了一下。我們現在再做一表，以表示科學方法中各個的應用和關係。



科學方法
實施的具
體成例

我們現在不能不引一個科學方法實施的具體成例以作本章的結束。

達爾文的天演學說，是科學史上一個永久的

紀念坊。他的不朽著作物種由來是一八五九年出版的，但他的工作，卻在一八三一年比格航行時已經開始。他在此次航行的時候，看見沿海各島及大陸上所有動物，都有一種關係，他們有些相似，但又不是完全相同。在現存的物種和已經漸滅及化石中所發見的，也有這樣的關係。這是他用觀察的起始，而物種可變的觀念，已經在他的胸中了。他回到英國，就立意照培根的方法去搜集事實。他的自傳說：“我照着真正的培根方法去工作，我不設一個假說，但大規模的搜集事實，對於家畜的結果特別注意。我發布印成的詢問，與有名的畜牧家園藝家細談，也盡力的博考書籍。”他在這個時代，如何的靠着試驗來搜集事實，又可以想見了。既有了事實之後，當然須加以比較與分類，而達爾文工作的精密與有統系，是人人所知道的。在這個時候，當加以概推的作用了。達爾文自己說：“我不久就覺得選擇是人工產出有用動植物的囊鑰；但是這選擇的方法，何以能應用於自然界的生物，我經過了好多時候，還不能明白這個奧秘。”千八百三十八年的冬天，達爾文偶然讀到馬爾薩斯(Malthus)的人口論(On Population)，(註十七)從前對於動植物長久的觀察，又使他覺得生存競爭的劇烈，他於是得了一個見解，說在這樣情形之下，物變之適宜的將趨於保存，而不適宜的必底於滅亡。結果就是新種的出現。這就是達爾文解釋天演作用的物競天

擇的假設。達爾文自己說：“於是我終於得着一個工作的假設了。但是我很怕有成見驕入，所以我決定多少時候一個極短的節略也不要寫。”(註十八)

此後達爾文的工作，可以說完全在證明這個假設的無誤。他的第一篇筆記，在一八三七年七月開始，他的物種由來二十年後(1859)方始出版，——要是沒有瓦勒斯同時發見天演說的事，恐怕他的出版還要遲些。(註十九) 有人說，物種由來一書，所以能為天演學說開一個新紀元，不是因為天擇物競說的創見，乃是因為他例證的繁富而精當，可以使天演問題一決之後無從反駁，這個話是不錯的呵！

(註一) 關於觀察及試驗的討論，讀者可參閱 Jevons: Principles of Science, Chaps. XVIII, XIX。又王星拱編的科學方法論也可參看。

(註二) Jevons: Principles of Science, pp. 400-401.

(註三) 法勒第係英國大物理學家，化學家，發明電磁感應及電解原理，最為有名。

(註四) 弗蘭克林，美國人，政治家而兼科學家。美國獨立後，從事政治，但頗有科學上的重要發明。

(註五) Francis Bowen: A Treatise on Logic, or, The Law of Pure Thought p. 315, 見 Jevons: Principles of Science, pp. 674-675 所引。

(註六) Huxley: Lectures on the Elements of Comparative Anatomy, 見 Jevon. 同書 p. 676 所引。

(註七) 林里亞，瑞典植物學家，其植物分類法，至今仍為人遵用。

(註八) Generalisation 一字, 王星拱的科學方法論中譯作綜合。我以為綜合這兩個字,太嫌寬泛,於原字的用意不甚確切,故改譯“概推。”概推的意思,看本文自明。

(註九) 此處所謂原因,當然指有關係的先例,參觀第五章中之因果律。

(註十) 參看 Mill: System of Logic, Book III, Chapter XIV.

(註十一) 多爾頓,英國的化學家,其原子說於化學發達關係極大。參觀科學名人傳著多爾頓傳。

(註十二) 科學上假設 (hypothesis) 與理論 (theory) 大有分別。大約假設而經過證驗,認為真確的,叫做理論或學說。哈佛大學化學教授李嘉慈 (Richards) 常說:“如假設是一種猜度,理論就是一個最好的猜度。”化學上因為原子假設證驗已多,所以不稱之為原子假設,而稱之為原子說了。

(註十三) 鄒依耳的定律說:在溫度不變的時候,氣體的容積與他的壓力成反比例。用公式表之,即

$$pV = p_1V_1 = \text{常數}.$$

蓋律薩克的定律說:在壓力不變的時候,氣體的容積與溫度成正比例。用公式表之,即

$$v : v_1 = t : t_1 = T : T_1 \quad (T = \text{絕對溫度}).$$

聯合這兩個公式,我們得

$$p_1v_1 = p_0v_0 \frac{T_1}{T_0}.$$

令 T_0 = 絕對零度, p_0 = 標準氣壓, v_0 也成了 一定常數,於是我們得氣體公式:

$$pV = RT_0.$$

R 是氣體的常數,我們可以說氣體的壓力與容積的相乘積與絕對溫度成比例。絕對溫度等於零時,氣壓或容積必等於零。

這個公式的導出法,是無論那本化學書都有的,讀者可以參觀。關於由氣體運動說的公式導出蓋兩氏的定律,讀者可參觀 Bigelow: Theoretic-

cal and Physical Chemistry, Chapter XI, p. 140.

(註十四) 參觀科學名人傳牛頓傳。

(註十五) 見抱朴子論仙篇。

(註十六) 按“適者生存”乃斯賓塞爾的話，但他實能包括天擇物競的精義，而且容易了解，故此處用之。

(註十七) 馬爾薩斯人口論為經濟學名著，於一八一六年出版。書中大意言食物增加以算術級數，而人口增加以幾何級數，所以生存競爭為人類不可免的現象。達爾文把他這個原理應用於一切生物。

(註十八) 見達爾文自傳。此處達爾文用 theory 一字，來代替他的假設。我們為清楚起見，仍譯為假設。前註已經說過，理論與假設，原來是二而一的，不過有程度之差罷了。

(註十九) 瓦勒斯 (A. R. Wallace) 與達爾文同時獨立的發明天擇物競說。一八五八年，瓦勒斯以所作論文寄達爾文，囑為轉達賴耶爾 (Lyell) 發表。達爾文讀之，乃與已作完全相同，因得賴耶爾的勸告，將已作的節略與瓦勒斯論文同時發表。

第八章 或然與切近——科學方法的限度

或然的英文名詞是 probability, (註一) 切近的英文名詞是 approximation。這兩個字都是算術上的名詞,但是他們於科學的性質都有密切的關係,所以我們於講過科學方法之後,要提出來說說。

照上章所言,科學方法的特性,在根據事實,推求公式,所以科學的智識,必是確實精密的智識。但是讀者要問,科學方法——即歸納法——既不能做到所謂“完全歸納,”我們有甚麼理由說今天的太陽由東方起來了,明天仍舊會由東方起來,而且明天的太陽,和今天的是同一無二的。我們在第六章中已經舉出自然的一致律和因果律,作本問題的答解。同時我們也承認科學方法的限度,而在算術上面有相當的研究。研究明天的太陽是否仍舊會由東方出來一類的問題的,就是或然的理論,研究明天的太陽是否即是今天的太陽一類的問題的,就是切近的理論。現在當依次加以說明。

或
意
然
的

或然的意思是甚麼? 當我們聽見一種說話的時候,我們說這個話或許是真實;或想到一件事的時候,我們說這件事或許實有。當我們說這個話的時候,我們的意思覺得對於某事某話的真實不能確定,但是我們心中有一種信念,覺得我們有承認他的可能。我們沒有

絕對的理由說某事的不可能，卻也沒有完全的根據說他一定可能；我們所有的，只是覺得承認的理由，比否認的理由多一些，強一些；反過來說，也是一樣。因此，有些論理學家，如狄莫根(De Morgan)，所下或然的定義說：“或然數的意思就是信心 (belief) 的度數；”又如董鏗(Donkin)也說“或然是信心的數量。”但是科學方法論家的揭芳斯(Jevons)不贊成這種說法，他說“信心這個字的性質，在我的心中，并不比他要解釋的東西清楚。”所以他把“智識”來代替“信心，”說“或然的計算，是由我們智識的不充分而起始的。”(註二)

任舉一事為例。譬如一隻汽船，在海中失蹤了。
 實然推測的或於是關於這汽船的結果，就有許多可能的推測。有的說他碰着海礁沈沒了；有的說他失火燒毀了；有的說他遇風飄到無人的海島去了；有的說他被海盜捕捉去了；再還有的說他碰着水雷炸沈了。這些推測，那一個的或然數最大呢？很明白的，我們關於海路的情形和船的性質，所知的愈多，則斷定此船失蹤的或然數愈大。譬如我們曉得此船所行海道，沒有礁石，沒有海盜，沒有水雷，那末，這幾種原因都可以不算。又如船行的時候，並非有風的季節，那末，風的原因也可以除去。最後設如我們曉得此船是運油或火藥等物的，那末，我們曉得失火的推度可能性較大；若再有人在海中發見燒餘的燼片，那末，失火的或然數就更大了。照上例看來，我們可以明白兩個意思：

(一) 是或然的計算，實際是我們的智識和愚昧的比較多少的測量；我們的智識愈多，則知某事的或然性愈大。(二) 或然性是屬於心理的，并非屬於事物的。如上面所舉的汽船的例，我們儘管有許多推測，但汽船的失事，乃是一成不變的事體，原無所謂或然之數呵！

或的
然計
數算

關於數量方面的或然數，其性質又略為不同，蓋此時我們不問一特殊事例的如何，而可統計其發見次數的多寡，以為其或然數。例如一個情境 A 曾經觀察過一千次，而在七百次中都有 B 的現象隨而發見，我們於是有一個極強的根據，說此後 B 仍將隨 A 而發見。在上面的事例中，我們說 B 隨 A 而發見的或然數為 $\frac{7}{10}$ ，——就是說在每十次中 B 可以發見七次。此處要注意的，我們不曉得直接下次的結果是怎樣。我們沒有理由決定下次的 B 出現與否。我們所曉得的，只是把長久多數的事例統計起來，他的比例是 7 與 10，而且次數愈多，這個比例的實現愈加切近。

再拿拋一枚銅幣為例，我們可以立刻說，幣面出現的或然數為 $\frac{1}{2}$ 。此處的可能性有底面的兩個，而且也只有兩個；若是這個銅幣的鑄造是妥當的，我們沒有理由盼望一面的出現比他一面多。自然，實際上銅幣底面的出現絕對不能相等；因為銅幣的形式兩面輕重不一，或者拋上的力量略有不等，都可以使某一面的出現較多於他一面。

不過我們對於這些不一不等的地方，事前是沒有覺察的，所以也沒理由盼望某一面多於某一面。“我們對於同等的事物要加以同等的待遇，”（註三）是或然數的一個原則。

再拿擲骰為例，每一面出現的或然數是 $\frac{1}{6}$ 。此時可能的機遇，共有六個，而且每個都是相等的。統計多次的結果，我們可以說每一面的出現，和其他任何一面有同樣的次數，即是全數的六分之一。再如一個口袋，裝球二十個，三個白的，其餘都是黑的，我們向袋拿到白球的或然數是 $\frac{3}{20}$ 。在這個時候，可能的機遇共為二十，其中的三個是特別有望的。一般的，某一事物的或然數，可以其全可能 p 為分母，以特別有望的可能數 n 為分子，以分數式 $\frac{n}{p}$ 表出之。設如其全可能數都是特別有望的，即 $p=n$ ，而 $\frac{n}{p}=1$ ，即或然數的最高限度等於確數。如在全可能數中無一特別有望的，即 $n=0$ ，而 $\frac{n}{p}$ 亦等於零，即是完全不可能，為或然數的最低限度。所以或然數的運用，就在 1 與 0 之間。

關於幾個不相倚賴的（註四）事物相連合的或然數，我們可以各事物的或然數相乘而得。例如我們拋銅幣兩次（或以兩銅幣一次拋之，也是一樣），而求其兩個面子同時出現的或然數。我們曉得每一次面的或然數為 $\frac{1}{2}$ ，故兩面同時出現的或然數為 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 。其實際情形，可以圖表明之如下：

面 面 面 底 底 面 底 底

同樣拋銅幣三次(或以三幣同拋),則三面同出的或然數為 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$,四次則四面同出的或然數為 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$,以上類推。

以代數式來表示,設如一個事物,有 a 的次數可望出現, b 的次數不能出現,且 a 與 b 都有同樣的機會,則出現的或然數為 $\frac{a}{a+b}$,而不現的或然數為 $\frac{b}{a+b}$ 。在算術上, $\frac{a}{a+b} + \frac{b}{a+b} = 1$,而 $1 - \frac{a}{a+b} = \frac{b}{a+b}$ 。故若某事物出現的或然數為 p,則其不現的或然數為 1-p。若 a 大於 b 時,我們說某件事物以 a 與 b 之比有望;如 b 大於 a 時,我們說以 b 與 a 之比無利。這種算法,就是保險公司成立的原則。

實然切
驗理論
與或

以上所討論,皆就理論而言。實際上試驗的結果,也和理論極相密合,這是很可注意的。我們下面引揭芳斯和衛斯特章(F. W. Westaway)兩人試驗的結果為例。揭芳斯取十個銅幣,作兩組拋擲,每組拋 1,024 次,合計之為 2,048 次。此時可得 10, 9, 8, 7, 6, ……等幣面的或然數,當然與十件事物 10, 9, 8, 7, 6, ……等組合(combination)之數成比例。故其結果可以表列之如下:(註五)

拋擲的性質	理論上的 或然數	第一組	第二組	平均	差異
10 面 0 底	${}^{10}C_0 = 1$	3	1	2	+1
9 ,, 1 ,,	${}^{10}C_1 = 10$	12	23	$17\frac{1}{2}$	$+7\frac{1}{2}$
8 ,, 2 ,,	${}^{10}C_2 = 45$	57	73	65	+20

7 面 3 底	$^{10}C_3 = 120$	129	123	126	+6
6 „ 4 „	$^{10}C_4 = 210$	181	190	$185\frac{1}{2}$	$-24\frac{1}{2}$
5 „ 5 „	$^{10}C_5 = 252$	257	232	$244\frac{1}{2}$	$-7\frac{1}{2}$
4 „ 6 „	$^{10}C_6 = 210$	201	197	199	-11
3 „ 7 „	$^{10}C_7 = 120$	111	119	115	-5
2 „ 8 „	$^{10}C_8 = 45$	52	50	51	+6
1 „ 9 „	$^{10}C_9 = 10$	21	15	18	+8
0 „ 10 „	$^{10}C_{10} = 1$	0	1	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

衛斯特章的結果如下表:(註六)

拋擲的性質	理論上的 或 然 數	第一組	第二組	平均	差異
10 面 0 底	$^{10}C_0 = 1$	4	0	2	+1
9 „ 1 „	$^{10}C_1 = 10$	20	6	13	+3
8 „ 2 „	$^{10}C_2 = 45$	40	40	40	-5
7 „ 3 „	$^{10}C_3 = 120$	83	150	$116\frac{1}{2}$	$-3\frac{1}{2}$
6 „ 4 „	$^{10}C_4 = 210$	224	222	223	+13
5 „ 5 „	$^{10}C_5 = 252$	250	209	$229\frac{1}{2}$	$-22\frac{1}{2}$
4 „ 6 „	$^{10}C_6 = 210$	242	222	232	+22
3 „ 7 „	$^{10}C_7 = 120$	115	107	111	-9
2 „ 8 „	$^{10}C_8 = 45$	28	60	44	-1
1 „ 9 „	$^{10}C_9 = 10$	14	6	10	0
0 „ 10 „	$^{10}C_{10} = 1$	4	2	3	+2

在這兩個試驗之中，每一試驗，銅幣單次拋擲的全數為 $2,048 \times 10 = 20,480$ ，理論上其半數 10,240 應為幣面。實際上揭芳斯所得的為 10,352 (第一組中 5,130, 第二組中 5,222)；衛斯特韋所得的為 10,234 (第一組 5,098, 第二組 5,136)。可見每一試驗實際的結果，都與理論極為切合。

或然數在科學上的應用 上面的引證，可以表示或然數的理論和實驗的切合，我們對於或然數理論的應用，當無所用其疑慮了。但或然數在科學上的應用，其性質又微有不同。科學上的問題，大概是有如下例：設如有一事件，在某種情境或一組的情境存在的時候，常常發見，那末，下一次這種情境或這一組情境再行存在的時候，某事件發見的或然數如何？這種問題，以算式表之，其結果如下。

令這個事件已經發見的次數為 m ，則下一次發見時的次數為 $m+1$ ，而下一次發見時的可能數為 $m+2$ (因此事件或發見或不發見)。照上面所說或然數的原理，此次的或然數即為 $\frac{m+1}{m+2}$ 。這個公式的應用甚為明顯。譬如太陽的東出西沒，已經過了百萬日，是沒有改變的，那末，明天太陽仍舊東出西沒的或然數為 $\frac{1,000,000+1}{1,000,000+2}$ ，差不多等於 1，這個或然數是極高的。但是我們若要推求以後百萬日太陽的東出西沒仍舊不改變，他的或然數就成了 $\frac{1,000,000+1}{2,000,000+1}$ ，差不多等於 $\frac{1}{2}$ ，這個或然數的等級就很低了。這是甚麼意思呢？這可以說，我們智識的根基是以經驗

爲本的，凡未經經驗的推測，都帶有幾分或然的性質；但或然的度數，自1至0，高低不同，或爲0,00……01，或爲0,99……。在功用方面說來，等級低的或然數等於不能，等級高的或然數等於必然，實際上還要以智識和經驗爲斷。若使我們有完全的智識，那末，世間上的一切，都可以說是必然，而無所謂或然。拉勃拉斯(P. S. Laplace, 1749-1827)說得好：“機遇(按卽或然數)爲不知原因的表示”(Chance is merely an expression for our ignorance of the causes in action)；但在他處拉勃拉斯又說“或然數是把我們的有用常識拿計算表示出來的”(Probability is good sense reduced to calculation)。我們根據了或然數的理論，使我們對於將來的事情有一個合理的希望，同時又可以引導我們的行爲，使最後的結果，不至發生過多的失望。或然數在科學上的應用如是，在一切人生問題的應用亦如是。

以上說或然理論的大概，以下說切近的理論。

切近的意思 照或然數的理論，科學方法的成立，本來就含有“切近”的意思。但是由科學方法所得的結果，就可算完全真實的嗎？我們的答案是：“不然。”完全真實不過是理想上的事體，事實上我們所能得到的，不過是切近的結果。我們在第五章中已經說過，絕對真理非科學的目的所在。此處所說的完全真實，雖然和絕對真理不同，但以爲科學的智識就是完全真實，卻不免與希望絕對真

理陷於同樣的錯誤。我們對於實驗智識的種類、程度、價值，要有確實的了解，必須明白他的切近的性質。切近的理论，正是要承認這個性質，而同時對於真確的程度加以討論。

能達到完全
實驗智識不
真實的原因

現象的複雜
為天然原因

我們實驗的智識不能達到完全真實的地位，有三個原因：（一）是天然界的現象，原因極其複雜，我們不能把無小無大的原因一齊收羅完全，方做一個研究。上章所說的摩擦試驗是一個例，天文學上星體引力的計算又是一例。牛頓的引力定律說，宇宙間的每一物質，都有互相吸引的作用，其力量與物質的質量和距離為比例。照理論上說來，天空中無數的太陽系和我們的太陽系不能不有引力的存在。但是我們的天文學家定了一個悍然不顧的假設，說天空中萬千的太陽系都與我們的太陽系無干，就是說至少不能發生可見的影響。即在本太陽系以內，引力的計算，也免不了切近的性質。我們假定行星都是完全橢圓的球體，而且面部是平順的，內部是一律的。實際上，我們的地球是不是完全橢圓球體，還是一個問題，而且他的面部有喜馬拉亞的（註七）高山，有石尾兒（Swire）的深淵，（註八）他的內部有各種不同岩層組織。要是我們所住的地球還不能十分知曉的清楚，那末，我們何以曉得日球、月球和其他的行星都能如我們所假定呢？不但如是，即使我們的行

星都是如理想中的橢圓球體，天文學家也不能的確算出他們的綜合運動。平常三個物體同時作用，所生的結果，已經極其複雜，只有切近的計算可能。天文學家計算許多物體作用的方法，就是把他們每三個物體分爲一組，而作爲許多問題研究。天算上的原理，是略去不重要，於觀察上不生影響的數量，而留下其大而可見的；我們可以說，略去的比留下的複雜，而且衆多。近代的天文學算是我們最精確的學問，但因爲天然界關係的複雜，他的結果只能算是切近的，由上面的討論可以明白了。

二的**限制**
的
方法

(二)是我們方法上的限制。有許多幾何上算術上的形體與作法，只能存於理想中，而實際斷難實現。如幾何上的點，有位置而無大小，線有長而無闊，面有長闊而無厚，實際上都是沒有的。又有幾何學上內接或外切多邊形的邊數到了無窮大時，其面積即等於圓；這個切近的性質是極明顯的，但是我們圓面積的求得，是用這個方法。又如微積分的計算，把任何曲線分爲極小的部分，而後可用微分的公式去駕馭，這種計算所得的是切近數值，又不待言了。推之如物理學上種種理想的物體，如所謂“剛體，”“不能彎曲的桿，”“一致均勻的物質，”“完全的氣體液體”等等，都是實際上找不出來的東西，然則我們實際所研究的，都不過是切近的性質罷了。

(三)是我們所用儀器的限度。我們研究所用的儀

三為儀器的限度器，縱如何精密，但事實上總有他的缺點。譬如我們的垂直線是拿鉛錘的垂線來定的；但因為地面的形勢和各種物體的引力作用，我們不能說鉛的垂線就是完全垂直。我們的水平面是拿水銀面作準的；但是我們曉得因為表面張力 (surface tension) 的作用，即在五寸寬的水平面中，他和真正平面的差為千萬分之一英寸。^(註九)為時間標準的鐘擺，只在極小振幅以內，他的時間方纔相等；而應用扭力的天秤 (torsion balance)，也要扭轉的角度極小時，扭力纔與角度成正比例。依此說來，我們在研究物理化學的時候，常說某量與某量相等，某量為某量的幾倍云云，其實都不見得是完全如此的，都不過是切近的。

於切近處置科學家對

以上三層，為實驗智識不能完全真實的重要原因，現在我們要看科學家對之作何處置。

第一，我們曉得科學的試驗，情境愈單簡，成功的希望愈大（見前章），所以科學家不妨定一單簡的假設，進行研究，而把精細的修正付之將來。揭芳斯說：“我們試一看科學研究史，就可見一個人或一個世代僅能做一步的工夫。一個問題，先以大膽假定的單簡法試為解釋。後來的研究家，更以設定的修改，使他愈近於真實。前人的錯誤，繼續的加以發見修正，以至最後無可再議。但是我們若下細的檢察，總覺得有些微小的疏略應加修正，不過要看我們推理的力量是否够大，并其目的

是否有此重要罷了。”(註十)

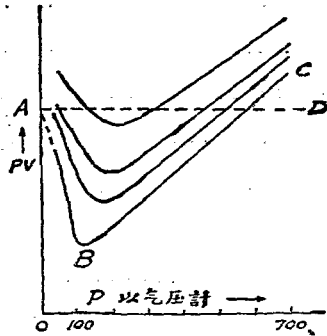
關於這一層,我們可舉氣體的定律為例。鄒依耳的氣體定律說,在溫度不變的時候,氣體的容積與壓力成反比例。換一句話說,容積與壓力的相乘積是一個常數,以公式表之,即 $p v = c$ 。但是後來的物理學家尋出大多數的氣體都不依照這個定律,特別的愈近氣體液化溫度,和這個定律的相差愈遠。後來方德華(Van der Waals)把氣體分子所占的容積和分子間的吸力加入計算之中,把這個公式加以修正,就成了所謂方德華方程式:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT.$$

這個方程式應用起來,比鄒依耳公式與實驗的結果相合的多了。

在這個方程式中, b 是氣體分子所占的容積,不受壓力的影響的,故須從容積 v 裏面減去; a 是分子間吸力,方德華算出他與容積的平方成反比例,其作用與壓力相同,故須加入壓力的數量中,其結果即得上式。若容積不加修正, $p v$ 的乘積必太大;若壓力不加修正, $p v$ 的乘積必太小。若容積大壓力小的時候, b 與數值比較的很小,又 v^2 很大,故 $\frac{a}{v^2}$ 亦很小。這兩個數值都可不計算,就是平常的氣體定律(如第五圖中的AD線)。但如壓力增大,氣體將近液化,分子間的吸力也就增大,於是氣體將見為太易壓

縮，即觀察的壓力反而較應得的小了（圖中AB線）。設如容積更小，b比較的成了大的數量，於是將見為不易壓縮，而壓力必須增大（圖中BC線）。在B點的地方，壓力增大或減小的傾向正相等，此時的氣體，恰好遵從平常的氣體定律；但是我們可以看見，這不過是一個例外罷了。



第五圖

照上面的例看來，可見複雜的研究，常常可以假定的單簡作一個起始，而隨後加以各種訂正。訂正之中，又以各種情境的不同，發生數量的關係。現在我們再從算理上考慮切近的原理。

二、算理上 第二，算理上的考慮。無論何種科學，論到數量上，都是講究此一數量與其他數量的關係。換言之，就是此一數量為其他數量的函數 (function)。在算術上，凡一函數可以許多數量的總和表出之，而其數值，又以其可變數的繼續方次而定。設如 y 是 x 的函數，我們可以說：

$$y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + \dots$$

在這個方程式中，A, B, C, D 等都是定有的數值，但在各各

情形之下，各各不同，他們可爲零或負數，但必是有定的。式中項數，可至無窮，或經過若干項之後，即不復有數值。

X 是可變數，故可任爲何數。假定 x, y 都是長度，而我們能够測量的長度爲 $\frac{1}{10,000}$ 寸。如 $x = \frac{1}{100}$ 寸時， $x^2 = \frac{1}{10,000}$ 寸，又使 C 小於整數，則 Cx^2 已在我們所能觀測之外，而 C 以下的各項，更將不能觀測（除 DE 等爲極大數），自不待言了。於是這個方程式，就成

$$y = A + Bx.$$

這個方程式是很單簡的。設如 x 比 $\frac{1}{10,000}$ 寸還小，——設如他爲 $\frac{1}{1,000,000}$ 寸，而 B 又非甚大，則 Bx 項亦可不要，於是 $Y = A$ ，並不依 x 而變了。反之，設如 x 比 $\frac{1}{100}$ 寸大——設如他爲 $\frac{1}{10}$ 寸，而 C 不甚小，則 Cx^2 項亦當加入考量，這個定律就够繁複了。由此可見定律的繁簡，儘可由我們所擇定的情形而定；而且我們的觀察力愈增進，則定律愈趨繁複，而結果亦愈近於真實，這是一定不易的。

三精增
儀器度的
進的

第三，儀器精度的增進。照上面的說法，我們的觀察力愈進，則所得的結果愈切近於真實，所以儀器精度的增加，也是求切近的一個方法。我們上面雖然說了許多儀器本來的缺點，但我們能够達到的精確程度，也實在可驚。譬如我們平常所用的化學天秤，能秤到全量（100 克）一百萬分之一。惠特渥斯（Whitworth）曾經量過百萬分之一英寸。嘉爾（Joule）能觀察溫度的上升

(註一) Probability 又有譯爲蓋然的; approximation 又有譯爲逼近的。此處用“或然”“切近”兩詞,取其較爲明白易曉。

(註二) Jevons: Principles of Science, pp. 199-200.

(註三) 見同書同頁。

(註四) 所謂不相倚賴的事物,是說某一事物的出現與否,與他一事物的出現與否沒有連帶關係的。譬如地球上一個人的死活,與火星的近地球與否是不生關係的。但如我扳動槍機,發出彈丸,打死一人,這扳機的事和人死是有關係的。

(註五) 見 Jevons: Principles of Science, p. 203, 和 F. W. Westaway: Scientific Method, p. 264.

(註六) ${}^{10}C_0$ 以下各項,爲代數組合式的寫法,其公式爲:

$$C_r = \frac{n(n-1)\cdots(n-r+1)}{r!}$$

$$\text{例如 } {}^{10}C_2 = \frac{10 \times 9}{1 \cdot 2} = 45, \quad {}^{10}C_3 = \frac{10 \times 9 \times 8}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 120.$$

(註七) 喜馬拉亞的最高峯高二萬九千零二英尺。海洋學家說,印度洋面的水,近陸的高於海中,即爲喜馬拉亞山吸引所致。

(註八) 石尾兒深淵,在太平洋西北部海底,深三萬二千零八十八尺。

(註九) 見 Jevons: Principles of Science, p. 461.

(註十) 見同上 465 頁。

(註十一) μ 爲希臘字母,讀如繆音。光學上以 μ 代表千分之一毫米, $\mu\mu$ 代表 $1,000 \times 1,000$ 分之一,即百萬分之一毫米。

商務印書館出版

自然科學用書

漢譯科學大綱 王雲五等譯 四冊 二十元

- 西洋科學史…………… 尤佳章譯 一冊 一元八角
- 科學概論…………… 任鴻雋著 上篇 六角
- 最近自然科學概論…………… 劉文藝譯 一冊 一元三角
- 最近自然科學…………… 周昌壽譯 一冊 五角
- 自然科學之革命思想…………… 文元模等譯 一冊 五角
- 科學原理…………… 周楚公譯 一冊 五角
- 科學之價值…………… 文元模譯 一冊 七角
- 科學與世界改造…………… 徐養秋等譯 一冊 八角五分
- 科學與人生…………… 尤佳章等譯 一冊 二元五角
- 科學叢談…………… 尤佳章譯 一冊 八角
- 蘭氏科學常談…………… 征庸甫譯 續初篇 五角五分
- 自然科學及其教學法…………… 周昌壽譯 一冊 二元二角

其他科學書請見圖書彙報

中國科學叢書

商務印書館出版

科學概論 任鴻

本書撰述之目的，在使讀者了解科學的書中大體，以科學發達的歷史為經，以科學全書三篇上篇敘述科學的基本性質，下篇陳述科學與近世生活的關係。本篇的，與科學精神、科學方法關於科學方法的

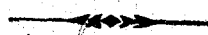
植棉學 章之

章君研究植棉學有年，近任南京金陵大成此書分為五編三十五章，於選擇首種，別論列，極為詳盡，所附圖表甚多，類為最者及學校農科之用。

地質學 謝家

本書理論與方法兼備，概以本國情形為例證，適合本國學者之用，全書既編本編論地質學之原理與方法，下編專論地史。

東方圖書館重慶分館



一角二

叢書一乙—198

分類號數 522
2232
登錄號數 70567

中國科學社叢書
科學概論
上篇

此書有著作權翻印必究

中華民國十五年十二月四日版

每冊定價大洋陸角

外埠酌加運費匯費

著者 任鴻雋

發行兼印刷者 上海復山路
商務印書館

發行所 上海及各埠
商務印書館

The Science Society of China Series
SCIENCE AND SCIENTIFIC
METHODS

Volume I

By

H. C. ZEN, M. S.

1st ed., Nov., 1926 4th ed., Nov., 1929

Price: \$0.60, postage extra

THE COMMERCIAL PRESS, LTD., SHANGHAI
ALL RIGHTS RESERVED

