

百 科 小 叢 書

科 學 原 理

平 林 初 之 輔 著
周 梵 公 譯
任 鴻 雋 校

王 雲 五 主 編

商 務 印 書 館 發 行

書叢小科百

理 原 學 科

著輔之初林平
譯 公 梵 周
校 雋 鴻 任

編 主 五 雲 王

譯者贅言

「一個失望的詩人，坐在河邊一塊石頭上，滿面寫着幽鬱的神情。他愛人的倩影，在他胸中像河水似的流動，他又不能在失望的渣滓裏榨出些微甘液。他張開兩手，仰着頭，讓大慈大悲的月光，那時正在過路，洗沐他淚腺涇腫的眼眶，他似乎感覺到清心的安慰，立即摸出一管筆，在白衣襟上寫道：

「月光，

你是失望兒的乳娘！」

我很僭妄地，將徐志摩先生印度洋上的秋思詩裏這一節抄錄過來，做我譯書的序言引子。因為他恰巧把我譯這書時候的情感，做微妙的描寫出來了！

試想我們中國的學術界，到現在來，陳陳相因，毫無開發，那一處不充滿了失望的材料！青年求學的人，眼前唯一的途徑，只有另尋工具，劈開這蒼蒼莽莽的荆棘；向那坦坦蕩蕩的軌道上走而已！

那麼這種工具，是甚麼呢？

一言以蔽之：就只有『科學的』研究罷了。

科學的研究，不外是科學方面的研究；每常要想把他做系統的記述起來，但總爲校課阻着了。可是我的腦子裏，時還有她的情影嫻動着。我又時常感觸着哲人們的讚美她，說她是救我們學術界的天使！那哲人們道：

『科學方法的進步，和應用的發展，對於社會上，思想上，人生觀上，都有極大的影響。今把他舉在下面——

一、科學進步發展的影響，不在科學自身分量的增加，在使思想的方法，根本改變。……故可稱之爲思想界的大革命 (intellectual revolution)

二、科學發展進步的影響，還給我們兩種重要的觀念：

(A) 自然法 (law of nature) 的觀念——自然界雖看似如何紛亂，但有着一定的規律，條理，和次序。

(B)能力 (energy) 的觀念——知道萬物除靜的本質以外，還有動的能力。

這些新思想的發展，打破古代信仰成說的一切迷信。——杜威演講集『教育哲學』一七

九——一八〇。

『教育的目的，是要從教授的方法上，養成一定的精神的習慣，和對於宇宙人生的一定的達見。而科學對於這樣目的，却有兩種至大的貢獻：

一、道德的方面——我們依着思想和知識，把眼界闊大，使個人和外界的接觸，複雜豐富起來；由是把一切的我執，偏見都脫却，放開眼孔，到悠久無涯的世界。

二、純知的方面——我們除去了個人的慾望的色眼鏡，使我們努力在客觀的式樣裏，把世界法相，做純粹如實的觀察和想念。換言之，就是使我們燃動純正知的追究心，和對於真理的熱望；把主觀機能的變態擺脫。無論如何，總是就事物的真實相攻究起去。如果體得這種科學的正精神，那麼自然會生出偉大，而且積極的價值的。——羅素『自由教育上科學之位置』

(The Place of Science in a Liberal Education)

孟祿博士來到中國，對於教育，有許多裨益，自不待言。他勸我們以科學的精神，去解決一切事件，更是對於中國將來的文化，有莫大的寄與。他臨去中國的時候，還鄭重地留贈我們一點意見，說：

『科學的教育，可以救中國。』——「孟祿的中國教育討論」

最近德國哲學博士杜里舒來中國講學，他劈頭就說：『要貢獻給中國的，應當是從前中國所無，而又對於中國的思想界有益的。』他舉有兩端如下：

一、歐洲人之論理學與範疇論，每一觀念，應用時，應確知其爲一清楚正常的概念。

二、近世的科學。

上面所說的第一件，導源於亞理士多德；其二則導源於伽利略。中國對於這兩層，須要特殊的注意，然後教育乃能達於完全之境。——「晨報副鐫」

我正聽了這些言語，我不禁奮起來，對於這天使，做熱忱的歡迎，設我的觀照！

在這當中，我却迎着的一線光明，透露到我的視野來，——就是那金子筑水博士監修的『新學藝叢書』裏，平林初之輔氏編的這本科學原理。這本書的內容，本注重在自然科學的方法上；而於

科學的根本性質，也較爲敘得很詳盡。至於用最平易的口語，講述最新近的學說，不惟是編者最初的目的，也同是譯者逐譯的主要動機。

最後要希望讀者的一件，就是要取「爲科學而爲科學」的態度。這事不消我說，我且引一兩則來證實他如何——

吳又陵先生說：「學校利祿之途，使人苟偷，何學術之可望？學屬公家，趣於致用，愚者波蕩，罕尋根柢，校業自畫，上達難知。」

夏丏尊先生在春暉中學講演中國的實用主義說：「中國的實利主的潮流，發源可謂很遠，流域也很廣泛，滔滔然幾於無孔不入。養子是爲防老，娶妻是爲生子，讀書是爲做官，行慈善是爲了名聲……除用「做甚麼是爲甚麼」來做公式外，實在也說不盡！」……又說：「中國人因爲幾千年抱實利實用主義的緣故，一切都不進化。無純粹的歷史，無純粹的宗教，無純粹的藝術，無純粹的文學，並且竟至於弄到可用的物品都沒有了！」

劉薰宇先生在同校演講「用？」說：「怎樣叫做用？依我說：「凡是將事物，依照彼的性質，

放在使那性質可以活動的地方，都叫做用。」又說：「『用』是在知道以後才現出來的，所以對於一件東西底『用』，只有能和不能，或知和不知的問題；沒有『有』或『無』的問題。說到這裏，我們可以得到一個教訓：在我們想要知某件東西底用的時候，只有努力去學。」他又說：「做學問只爲做學問，」爲科學而爲科學；「爲藝術而爲藝術，」是別無目的的；躡進了別的目的，尤其是「用」，終不能得到真正的科學藝術。」——以上都見「晨報副鐫」

讀者如果能於上列幾層意思，留意一下，那對於這本科學原理，已有充分的保證，從此研究下去，萬不會再有迷津；而譯者冗碎拙劣的譯語，想來也更不至於爲讀者的塵障了罷！

民國十二年二月譯者周梵公識於日京

原序

這本小論文的目的，是要最平易的將『科學是甚麼？』的一個問題，說明給一般的讀者。因為這個目的，著者最初很打算檢選一本較好的書來，把他做解說的講述，覺得要安全得多。不料目前沒有這樣適當的書，並且仔細想來，更是一件難事。就中第一件，就是恐怕達不到平易的一個目的。

緣此，著者以為不如就二三種書，能參考的都參考，然後編製起來，或者容易達到當初的用意。原來著者對於科學，既不有專門的知識；自然也就沒有一家獨得的見解。從這個企圖所引起的最大不便，也就表現在全體上為沒有統一的缺憾！因為要挽救這點困難，著者只有從潘家賚（Henri Poincaré）著書年所取的態度為主，來當科學批評的一方面，那自然不能說是徹底的方法啊。

全書排列及順序等處，大體依照田邊元博士的科學原理為最多。但湯姆生（J. A. Thomson）的科學概論（Introduction to Science），也多少參考着一點。至於對於各個問題，除前舉二書外，有

如：潘家賚的科學和假說，科學的價值，科學的方法，最後的思索集等著——（*La science et l'hypothèses; La valeur de la science; La science et la méthode, dernière pensée*）。田邊元氏的最近的自然科學，桑木噫氏的諸著作，石原純氏的諸著述，桑木巖翼氏的哲學著作等，又斯托龍（Strong）氏編輯的科學方法講義（*Lectures on the method of Science*）中諸家的論文，皮耳遜（Karl Pearson）的科學典範（*Grammar of Science*）等，也得不少的參考。再關於最近的問題，那專是參照桑木噫，石原純，田邊元諸博士，以及愛因斯坦氏的著書。

本書主要的目的，還是在想給與不是專門家的一般讀者，以科學上最初步的綜合概念。然限於紙數，不能暢所欲言，真是抱憾！又著者理解有不充分的原故，難保不有錯誤，和隱晦的地方。可惜此時沒有訂正的餘閑！很希望要想做專門研究的人士，最好就田邊元博士著科學原理，詳細的讀一讀。

目次

序說	.....	一
第一章 科學的真理	.....	六
一 科學真理上的獨斷說和懷疑說	.....	六
二 思考的根本法則	.....	七
三 推理和直觀	.....	一二
第二章 經驗	.....	一六
一 實在論 觀念論 批判論	.....	一六
二 時間 空間 因果律	.....	一八
第三章 科學的目的	.....	二二
一 事實的選擇	.....	二二

二 科學和常識……………二五

三 科學的法則……………二七

第四章 科學的分類……………二八

一 科學分類的歷史……………二八

二 最近的科學的分類說……………三五

第五章 科學的方法……………四七

一 類推 歸納 演繹……………四七

二 觀察和實驗……………五〇

三 記述科學和說明科學……………五三

四 科學和想像力……………五七

第六章 數學和自然科學……………六一

一 數學的真理之絕對性……………六一

二	幾何學的基礎	六四
三	物理的連續和數學的連續	六六
四	數學的自然科學	六八
五	特殊科學和理論物理學	七〇
第七章	法則和假說	七三
一	法則的歸納	七三
二	假說的意味	八一
第八章	科學和文明	八九
一	科學和物質文明	八九
二	科學和精神文明	九五
第九章	科學的價值	一〇二
一	爲科學而爲的科學	一〇二

二 科學的限界	一〇八
三 科學之客觀的價值	一一二
第十章 最近科學的概觀	一一八
一 機械的物理學	一一八
二 『以太』的假說	一二一
三 『能力』恆存則	一二四
四 電子論	一二七
五 量子論	一二九
第十一章 相對性原理	一三三
一 絕對運動論	一三三
二 時間及空間的相對性	一三六
三 一般的相對性原理	一四〇

科學原理

序說

科學的目的，原不過是真理的討究。那末科學的真理，畢竟是怎麼樣的呢？這就是本書要想回答的問題。對於科學的真理之確實性，現在還有種種的獨斷說和懷疑說。若要批判他，我們最好從那根本的第一步上檢查去。這就是說：非從科學的真理所由成立的基礎；或是科學的真理所探討的出發點等處，研究起去不可。像如思考的根本法則，就是這第一步功夫了。但在我們的意識裏面，尚存着一種思考以前的狀態，叫做直觀的，也不可把他疏忽了。

一切的經驗科學，成立在經驗上面。那末經驗是甚麼呢？要怎麼樣纔使經驗成立呢？這種考究是必要的。就是——經驗是規定在時間、空間的體系裏構成於因果定律的公則上。經驗雖使科學成立，但經驗自身並不是科學。科學是選擇經驗的事實，作體系的組織，和法則的發見的。科學和常識的區別，也就是在體系的一點關係上。

其次，要理解各種科學知識的本質，去明示他相互的關係，只有將他的分類，（註一）詳詳細細的整理一下。近世科學的發達，完全就在方法的確立。所以要明白科學的認識的特色，也非從研究科學的方法不成功。就令說方法論是近世科學理論的中心問題，也不為過分的話。

數學是一門形式科學。他和一切經驗科學，都有着顯然區別的。那末數學的推理，純是由於形式論理的吗？幾何學的根本原理，也是先天的嗎？這種疑問，我們要最周詳的注意。數學要是不歸着到「同意複詞」（註二）（*tautology*）的說法，那頭一個疑問，不能不用否定答。又非歐几里得幾何（*les géométries non euclidiennes*）要是可能，那第二個疑問，也只好用否定答。既然如此，豈不是又轉到了經驗的知識上嗎？這却也毫無是處。我們此地，且不說他。（註三）我們很知道數學的應用，在近世科學的進步上，算是一種原動力。但數學和科學的關係，不僅只是這一點。自然科學，一定要進。

（註一）分類是科學方法最要緊的關鍵。

（註二）*Tautology* 是同樣意思，用不同的文字反覆着表示，例如數學的公式。

（註三）詳細在第六章裏面說明。

到他究極要素的數量關係規定起來，成爲數學的自然科學，纔能够把握着他絕對終極的確實性。那理論物理學，就是做這層功夫的學問。

科學最後的目的，爲法則的歸納。法則的歸納，怎麼會是可能的呢？歸納得的法則，怎麼會有確實性呢？科學只要得着歸納的法則，就算完了事嗎？假說又是甚麼呢？假說是一種『約束』，這話要怎樣講呢？這些問題，在理論物理學的批判裏邊，算是最有興趣的部分，我們以後逐次研究下去。

復次，科學對於人文的效用；和貢獻文明的影響上，我們不可不具有一種正確的認識力。因爲這件事情，往往使我們陷入那科學離了實用，就沒有意味和價值的皮相觀念。所以我們不得不高張『爲科學而爲的科學』旗幟，使科學獨立的意味，有徹底的解釋。還有一層，我們不宜早計的去追尋那科學萬能的幻夢。科學還是有一定的限界，過了限界，就是科學也全然無力量的。但那決不是科學的罪，也並不是科學的缺點。科學既不標榜他是萬能，那他限界以外一切的非難，自然也沒有甚麼責任可負啊！可是科學本身的限界以內，正自具有幾多成爲懷疑的材料，我們應該給他辨別清楚的。就是科學的真理——事物中間有一定關係存在的真理——他在認識上，是有着積極

的意義的。我們一旦把他忘却，就不啻否定了自己人生一樣。（註一）那末在意識以外，還想尋求甚麼一個『實在』的人，必不會理解科學的精神，是顯而易見的。要知道科學的價值，原是局限在意識裏面的。老實說，意識而外，我們是一無所有的。意識就是我們所有的一切，所有的無限。

再次，我們要理解科學原理的各種問題，最好是在先明瞭近世理論科學的新傾向。甚麼理由呢？因為近世科學的理論方面，即使是單獨的研究一番，也對於窺知我們人類智力上的精華，究竟在甚麼地方，是很有裨益的。況且舊的理論科學，倒塌了淪為廢墟，新的理論科學，代之而起。那種最近物理學界上革命的氣勢，正和政治上的革命氣脈，一樣蓬蓬勃勃的引起我們無窮的興味。像如相對性原理的發見，真算是學界裏放一異彩了！說到相對性原理，現在差不多到處都傳徧他的名色了。但懂得他的內容，煞是不容易的事。本書裏頭，也只得作最簡單輪廓的介紹罷了。

以上所說的話，就是著者對於本書所企圖的概要。現在讀書階級裏面，最缺乏的是科學的知識。但這本一小冊子，原來只能滿足大家要求的一小部分，恐怕還有些不足。不過我們無論在那一

方面活動，總要對於科學有一斑的理解，是常識上不可少的。著者早就知道不能够貢獻讀書界何等積極的新知識，並且也不是著者最初打想草這本書時的用意。著者只希望本書能做那較深的，或多少帶有專門的研究者去參考，好像過渡的一條小橋罷了。

第一章 科學的真理

一 科學真理上的獨斷說和懷疑說

科學的真理，初見似乎具有無容疑的確實性。尤其是他在應用方面，放了燦然的光輝於人文史上，得使科學的基礎，磐石一般的安穩。所以更無從發見他致疑的餘地。

但我們試試回顧到科學發達的歷史，那一種學說纔起，就有別的新學說接着發生，和他交替。大半的學說，從科學的歷史上看來，都不過是這樣輾轉成爲廢物一樣的死骸堆積起來的。那末怎樣堅確不過的真理，我們也只見他是短命無常的嗎？

最近愛因斯坦（Albert Einstein）所提倡的『相對性原理』一起，那向來爲人類最上的知識，爲物理力學最要的基礎的『萬有引力法則』，也不能不把他的缺陷暴露了。科學的真理，果然是有着顛撲不破的確實性嗎？怎麼我們只見他只增加我們的不信用呢？

以上兩種的看法——一對於科學的真理，做絕對的信任；二對他做絕對的不信任。——這樣

懸隔的觀察，究竟是爲甚麼道理呢？要是值得絕對的信任，那科學發達史上，單只有真理的發見，和附加的史實罷了。何以科學發達史裏面，往往還有越是根本的學說，越要改變廢棄呢？要是值不得絕對的信任，科學的真理，是無常靡定的。那已經廢棄了的學說，都應該是虛僞的了。何以也曾經在人文史上，還遺留着光怪陸離的效蹟呢？向來的學說，既是虛僞；那今日的學說，也不免是虛僞。那末科學的歷史，也只是虛僞交替的歷史嗎？

這樣獨斷說和懷疑說，我們可以說他是由於對科學的真理解釋上相差而起的。因爲前者是把應用方面看做科學的真理；後者却又把可以看成科學的真理方面，完全抹殺了。所以我們第一要把甚麼是科學的真理——的問題決定。原來這個問題，在本書裏頭，一面是我們的出發點；一面又是我們要想回答他的任務所在。

二 思考的根本法則

科學的真理不可不是普遍的必然的的認識。那末這種認識，怎樣纔會成立呢？在他的前面，我們是預想着一種條件。就是『一切人們，都有共通的精神組織。』若將這預想除去，那科學的知識

——客觀的認識，是決不會成立的。甲說二二成四是真理，但乙說二二成六是真理也未可知。丙想271，但丁想172也難必定。如果這樣沒有一定的標準在思考上，那科學是決不能成立的。所以我們第一非預想着一種確定的標準，在一切人們的思考上不可。這種預想的標準，我們叫他做思考的根本法則。這種法則不能證明，換句話說，就是想要證明他，除却由他自身而外，沒有別的法子。但他實在是為我們一切思考所不能不遵循的一些規範。

形式論理學裏面關於思考的根本法則上，有下列的四種：

一、同一律 (Law of identity)

二、矛盾律 (Law of contradiction)

三、排中律 (Law of excluded middle)

四、充足理由律 (Law of sufficient reason)

同一律是用『A只是A』的形式來表現他。這就是說思考對象的A，無論在何時何地，都只是A，——的一個原理。譬如我們說『人只是人』，那末他是老人，或是小孩；是白人，或是黑人；是男

的，或是女的，都應當有一定的意味。假使一個人，有時候不成爲人，那思考就不會成立了；從而科學也是不能成立的。

矛盾律是用『A不是非A』的形式來表現他。這是和同一律一樣的事體，從別的方面表示出來的。不過前者是肯定的思考之基礎；後者是否定的思考之基礎罷了。『人只是人』是同一律的表法；『人不是非人』是矛盾律的表法。要是『人只是人』同時『人又不是人』都容許他存在，那思考的作用，一步也不能進行了。不消說，『人只是人』同時又是脊椎動物，是我們常常說的。但那個是就思考的內容或是實質上的判斷。思考的法則，決不許侵入內容，純然是屬於形式問題的。所以在形式上『人是脊椎動物』的斷定，對於同一律和矛盾律，都沒有發見甚麼抵觸的地方。

排中律是用『A是B，或是非B』的形式來表現他。像如：人是白色人種，或是非白色人種，兩者裏頭，任說一種，不能是介在兩者的中間。但這裏也要知道，不是就思考的內容說。不然，白人種，和黑人種的混血兒，既不是白人種，也不是非白人種，說他是中間的，何嘗不可！怎奈就形式上說來，就

不能給他容認了。我們現在給『白人種』下一個定義。假定說：『白人種是從白人種的父母生下來的。』那末混血兒的父母，既有一方不是白人，就不能再說他是白人。又假定說：『具有白人血統的人是白人種。』那混血兒明明可說他是白人。所以避開了內容，就形式上說，這個律，依然是我們思考的根本原則。

充足理由律是來布尼茲 (Gottfried Wilhelm Leibnitz, 1646-1716) 最初唱為思考之根本原則的。他說：『思考一定要有充分的理由。』我們借推理作用，從既知的知識，引出未知的知識來，不可不依據這個原理。思考不單是規定，並且是發展孤立的關係的。他的發展，不可缺少論理的關係。大抵一種思考，不可不是從論理的理由，產出來的論理的歸結。『馬是哺乳動物。』『鯨也是哺乳動物。』這樣兩個判斷並列起來，我們再不會發見甚麼思考之發展的。必定要有『哺乳動物，是胎生，乳子的脊椎動物。』那樣普遍的判斷在先（但這不是動物學上正確的定義），其次，如馬，如鯨，都是能够胎生乳子的，——一種特殊的判斷在後。將這特殊的判斷，結合到普遍的判斷上面，纔得看出思考的發展來。這樣思考的發展，我們叫他做演繹推論。而充足理由律，就是這演繹推論

的基礎。

形式論理學上所說思考之法則，不出以上的四種。然從嚴密的認識論的見地，去批判科學的時候，單靠形式論理學，是不免有許多缺陷的。充足理由律，主要是教我們那普遍的、特殊的理由。可是普遍的判斷，怎麼會是特殊的判斷的理由呢？形式論理學對他沒有甚麼解答，只作一種的預想。我們若是不能夠把他弄明白，科學的認識之真正意味，是永不會理解的。因為這個理由，田邊元在他著科學概論（六九頁）裏，引用柯亨（Hermann Cohen, 1842-1918）所設論理學之基礎的根元律（*prinzip des ursprungs*），來補這一個缺憾。但根元律在實際上，不是於充足理由律以外獨立存在的。不過就理由律上，於形式論理所與的意味之外，還他確固不拔的根據罷了。形式論理學所說的普遍，是從特殊概念裏頭，抽象概括出來的概念。抽象越進，概念的外延越大，因而概念的內包越小，恰成一個反比例。照這樣看來，普遍得成為特殊的理由，由於普遍裏邊，不只含有特殊的一部分，特殊的全體，都應當是包含着的。譬如赤，青等類特殊的色彩，必定有一般的『色』存在着，然後他纔能夠是『青』，也纔能夠是『赤』的。所以普遍不是抽象的，是普遍的，同時即是具體的。

不是特殊的一○部○概○念○，是貫通特殊的全體的。照這樣拿「理由」的意味，作爲「根元」的解釋。是給充足理由律一個很明顯的意味。我們說「根元律」是給充足理由律，把真正的意味闡明了，也不是過言的。

以上所說，不限定在科學的認識。就是在常識的段階裏，都只要是推理作用，就應該預想着的一些根本原則啊！雖是那麼說，前頭不是提過，我們的意識裏邊，在思考以前，還有一種狀態，叫做直觀的嗎？科學的用具，不僅是推理。直觀，也是一種很重要的工具。我們如要論科學的真理上認識論的基礎，不可不把這直觀的性質，也弄個明白。

三 推理和直觀

潘家賚 (Poincaré) 在他著科學的價值 (La valeur de la science) 本文前頭，指摘出數學者間，有兩種相反的傾向。一種是像有名的築城家，武般 (Vauban, 1633-1707) 那種的戰法，腳踏實地的用方法一步一步肉搏到真理。又一種是像大膽的前衛騎兵隊，取「迅雷不及掩耳」的作戰，一氣制勝敵人，那樣的奇襲到真理。前一種是說論理；後一種就指直觀的了。

他說這兩種傾向，不是由於教育的差別，是根據在天性的不同。他主張數學的基礎裏邊，有這樣論理和直觀的兩種要素。我們很可以說這個在一般科學上，也是真的。

前面說明思考的根本法則時候，曾經說過我們認識裏邊，有還不成其為思考的部分——或是有思考以前的狀態存在着。原來思考在我們精神作用裏面，是已經受了許多人為的加工。換句話說，就是成了精製品了。可以做這精製品的原料——在我們意識裏邊有直接寄與的東西，就只有這『直觀』。思考和根據思考的推理，都是這樣受了人為的加工。所以要想拿他來寫『實在的真理』——『絕對』，是決不能勝任的。我們認知實在唯一的方法，只有一門『直觀』的思想。這在柏格森 (Henri Bergson) 的形而上學 (Metaphysics) 裏，也成為根底的主張。

那末直觀的內容，是怎麼樣呢？據柏格森說，我們意識裏面，直接寄與的東西，都只是性質上的相差。例如大小……等量的相差，在直觀的內容裏，也是純然屬於性質的相違。又同樣見了赤色的花，那一貫的說他是同樣的赤，這也是思考的作用。要在直觀上說，那『赤』的內容，是時時刻刻變化着，而且是內面的連續着。柏格森的所謂『綿延』(純粹持續 *durée pure*) 就是指這個意思。

可是這綿延，是不斷的發展，而創造新的東西。柏格森所謂『創造的進化』(Evolution créatrice)就是指這個過程。照這樣思考以前的狀態，我們怎麼會知道呢？柏格森說：要知道他，不能靠普通的心理學。普通的心理，是和自然科學一樣，成立在經驗上的。像如直觀，那是在經驗以前，且爲他的原料的說起來，就是(案一)德奧學派所謂的『體驗』(Erlebnis)，纔和他是一樣。除却就直觀的內面關係上，從具體的逆溯而得着的意識學——(案二)先驗的心理學——去理解他而外，是不能的。

直觀——照潘家賚說：是一種心的傾向。他雖是表現在我們的思考作用裏，但不是直接使科學的認識成立的用具。科學的用具，只是推理作用——或是思考作用。潘家賚所以在數學者間，認定有這兩種的要素——論理和直觀——只是說有這種傾向，並不是說從直觀中能把數學的全體系誘導出來。就常識的用語來說：就是人們——數學者——的心理活動裏面，認有綜合的和分析的兩種傾向罷了。

推理是由概念演成，而支配於思考的根本法則。因此科學所處理的世界，是概念的世界。換言

之。就是經驗的世界。和這個相對的，就是直觀內容的直接經驗。——或是體驗的世界了。至於經驗世界的普遍的認識，不外就是科學的知識，也就是科學的真理。

(案一) 德奧學派又稱西南學派，爲新康德 (Kant) 派的一支，文德爾班 (Windelband) 是他的領袖；別一支叫馬爾堡 (Marburg) 派，柯亨 (Cohen) 爲他的創首。所謂新康德派者，是立腳在康德的批判主義 (Kritizismus) 而爲深淵的批判自然科學的學派。

(案二) 先驗的心理學 (Transzendente Psychologie) 是研究存於直觀——體驗裏的一些「本質」 (Wesen) 應當要怎樣去識別他，和要知道他怎麼會結合起來，成爲意識的呢？——的問題。此處所說的本質，是指直觀——體驗裏必然的一般關係。譬如種種的「色」，他各自具有爲色一般的概念可表的相互關係，並且他含有可以判斷爲具得「空間的廣延」的一種關係。以上這種關係，德奧學派的巨子虎薩爾 (Husserl) 叫他做體驗的本質。以爲他正和經驗的事實，是相對的。

第二章 經驗

一 實在論 觀念論 批判論

科學的真理，說他是經驗世界裏普遍的認識，誠是。但僅只這麼說，他的意味，還不能明白。要明白他，一定要將經驗的世界，畢竟是些甚麼的問題，弄個清楚不可。

經驗的世界，不消說是我們日常見着觸着的感覺裏所表現的世界。這些感覺，本來好像是零零亂亂的孤立着，何以我們經驗着的世界，却是統一了的世界呢？那自然是靠着思考作用，把孤立的感覺統一固定起來的緣故了。經驗離了思考，是不會成立的。

常識上說起來，——我們都是這麼想——以為經驗着的世界，纔算是唯一存在的世界。換句話說，就是從我們感覺和思考獨立了的，纔是客觀的存在。可是進一步想，那事情就大變了。我們閉着眼，甚麼事物的形色，都不見了。我們身上失了觸覺，甚麼硬的柔的平滑的粗雜的，都不覺了。我們閉塞着耳，甚麼樂音噪音，都不聽得了。於是我們就想到那『經驗的世界，不都是從感覺上成立起來

的嗎？』的一個問題了。現在我們把前者叫做『質樸的實在論』(native realism)；把後者叫做『觀念論』(idealism)。

據觀念論說：我們的知識，全然和宇宙的實在，是別個的主觀的東西。（按『實在』有不有，另是一個問題。）這種見解，在今日可以說是沒有人不相信的了。假使，爲科學對象的經驗世界，是離了主觀純是客觀的存在。那末，在我們的意識裏頭，去求科學的真理，不能不說他是無意識的舉動！我們所有的知識，我們周圍的世界，果然要是意識內容以外的東西，那我們萬不會有別的手段，足以知道他的意識以外的東西，要認識他，那是連想都不能作想的。爲甚麼呢？因爲一切的認識，都是成立在我們意識裏面的緣故。

我們的意識內容，全然是主觀的東西。甲的意識內容，和乙的意識內容，究竟相同或是相異，我們終歸沒有法子，可以知道他。然而科學的真理，却又是以普遍的認識爲他的特色。那麼怎樣會使主觀的意識內容，具有這個普遍性呢？從這樣的見地，推究我們知識的普遍性，是如何生成的，就是『批判論』的態度。可惜這一小冊子裏，要想關於知識哲學的部分上也詳細論他一下，是不可能。

的事！我們知道：經驗世界，是我們意識裏所表現的世界。這個世界，究竟如何會有客觀的妥當性，而成為科學的知識呢？以下逐次把這個講明，已經算是達到目的，勉強可以滿足了。

二 時間 空間 因果律

『經驗』是把『直觀』依思考作用，統一構成得來的。同時，直觀構成經驗的那一剎那，必定依照着『時間』和『空間』的形式；以及『因果律』的規定。如離開了這些要素，無論甚麼樣的經驗，都不會成立的。我們經驗着的世界，顯現來是統一着的『自然界』。這不是因為自然界他自身有着統一；純是由於我們的思考作用，有着統一的緣故。雖是那麼說，要認清所指的意思，不是說自然界的統一，是從形式論理演繹得來的。成為『自然』的統一上基礎的論理，決不是這樣的。形式論理，乃是使經驗可能的先驗論理的法則。康德 (Emmanuel Kant, 1724-1804) 的所謂『範疇』(Kategorie)，就是這種法則了。不消說，這不是指範疇去規定個個的『自然法則』。是說使個個的自然法則成立上，一定要經過的形式的基礎罷了。單在這個意味裏，我們從『批判哲學』的立腳點着想，那就可以說思考是自然科學的立法者。

經驗成立的形式上的基礎，普通都舉『時間』『空間』和『因果律』三種。『時間』是以『現在』做中心，無限的擴充到『過去』和『未來』的。但『時間』果是客觀的存在物嗎？要說『時間』是物，那他可不是『直觀』的內容。然而『直觀』是沒有『過去』『現在』『未來』的區別。『直觀』是常爲內面的發展的。現在。直到加上思考的作用，成爲經驗的時候，方纔有『現在』『過去』『未來』等等的境界。也纔會有『時間』的關係生出來。像這樣的『時間』，是把直觀內容拿繼起對象之先後的關係來構成的。思考的一種形式。——直言之就是思考的範疇。這是我們的感覺，構成做經驗的時節，萬不可缺少的一種形式。

『直覺』(Tuition)——不但是發展的『綿延』——(純粹持續)同時發展的一斷面，也是複雜的要素之內面的統一。把這些複雜的要素，在對象的並存關係上，統一起來構成經驗的，是思考的另一形式，叫他做『空間』。照以上所說，『直覺』由『思考』構成做『經驗』的時候，必要遵循着『時間』『空間』的形式。換句話說，就是我們經驗着的自然現象，都是在『時間』『空間』的兩範疇裏邊。

雖是那麽說，一切的事物，僅止是排列在時間和空間的中間，那經驗還不能說是統一的構成。自然現象，是時時變化着的。這個變化，若不是統一在必然的因果關係裏，也不成其爲經驗世界。時時刻刻的變化，若不能納進因果關係的系列裏頭，我們連『變化』這件事情，都不能夠知道的。從而經驗是怎麼個成立，也當然不會明白的。那末因果關係，是甚麼一回事呢？我們可說是根據在思考法則裏充足理由律的要求，把那繼續的生起來一切事物的狀態，做必然的連結着的就是了。

這個因果律，是往後所說『說明科學』成立的根據地方。原來自然科學的理想，是把經驗世界，從必然的因果關係上，給他說明的啊。

以上我們逐次把自然科學，他假定着的研究對象上的經驗世界——「自然」——的意味，大略的講明了。我們又把自然界，是我們的意識以外獨立存在着；我們的主觀，不過好像是鏡一般的模寫着他，——的那種獨斷說的謬妄，也攻破了。可是我們所說的『意識』『主觀』等語，不是指個人的和心理學的。純是指經驗以前的意識狀態的。所以我們不可不銘記着：那自然界決不是我們各個人的意識消滅，他也就消滅的那種呆想。

當研究科學的時候，我們就假定『自然』——經驗世界——是從我們意識獨立起來的，也沒有甚麼不便。實際上許多的科學者，都是那麼假定着從事研究的。

第三章 科學的目的

一 事實的選擇

前章裏頭，我們已經把科學所研究的對象——經驗世界——的意味說明了。現在我們要問：科學是怎樣去處理那經驗世界呢？換句話說，就是：科學的目的，是甚麼呢？

科學的目的，一言以蔽之：就是探究科學的真理。現在我們還沒有把科學的真理的本質弄清白。要想把他弄清白，一定非將科學的目的上再加一層具體的考究不可。能够把這一點理得清楚，那對於自然科學的懷疑和獨斷；乃至從各方面精神文明得來加於科學的批難和不平，都是關於科學目的的誤解上生出來的事實，也可以一一發見他了。

科學研究上第一的目的，就是經驗的觀察。然經驗世界的內容，却是無限的複雜着。若是科學者稟有永遠的壽命，或者能够把他全部觀察過來。可惜科學者沒有這樣長的壽命！那末事實的單純化或是選擇的兩個方法，是必要不可的啊！然而那對於科學的真理，抱有懷疑論或是偶然論

的學者們，他說『事實』是科學者造作出來的。至少科學上的事實，也是科學者所造作的。潘家賚在他著科學的價值裏頭所駁擊的魯婁亞（Le Roy），就是那樣主張的一個人。他（魯婁亞）那種見解，實在是錯的。魯婁亞所說的『粗笨的事實』（Le fait brut）和『科學的事實』（Le fait scientifique）究竟有甚麼境界呢？實在是如潘家賚所指摘的：沒有甚麼境界可指啊！科學和常識本質上原沒有甚麼多大的差別，不過是像赫胥黎（Thomas H. Huxley）說的：『科學是洗鍊過組織過的常識』罷了。常識是關於自然裏存在的事實上的知識；科學是關於人工的事實上的知識。——這樣的看法，是不能成立的。因為他根本就沒有這種顯然的區別！

所以魯婁亞說的『事實的造作』不過是『事實的選擇』罷了。那末事實的選擇，是可能的嗎？是用如何的標準去選擇呢？

潘家賚在他著科學和方法（La science et la methode）第一章『事實的選擇』（Le choix de faits）裏面，大概說明如下：

把『為藝術而為的藝術』否定了的托爾斯泰（Lec. N. Tolstol），自然要說『為科學而為

的科學，也是無稽之談了。事實的數目是無限，我們的能力，又不能盡量的知道他。那末從他對於人生「有用的」見地去選擇他嗎？潘家寶說，是否定了這有用的的意見，以為光只這有用的一項，決不能作選擇的標準。那末事實的選擇，應該從甚麼起和怎樣做纔對呢？潘家寶做三層的答復如次：——

第一大半的事實，是反覆的。要是我們所住的自然界，不為七八十種化學原素成的，乃是六百億萬種元素成的，並且這六百億萬種的元素，一般都是用差不多的成分分布起來。那還有甚麼法子辦呢？就隨便檢一個石子來看，用我們從生所積的知識來解釋他，也是毫無效驗的。一般我們面接着的現象，我們對他都像纔生下地來的嬰孩一樣，渾然無知無識的。幸而我們經驗着的世界，是統一着的世界。於是那事實的選擇，也纔會有可能的機會了。

第二反覆的事實是甚麼呢？不外是些單純的事實罷了。因為複雜的事實，是無數偶然的要素結合起來的。當然不能夠做我們的研究對象。那末——

第三單純的事實，是在甚麼地方呢？普通學者們是求他在無限大和無限小的兩極端裏面。天

文學和物理學就是他顯然的例證。試看星和星的距離，是非常的大。却彼此看來，都覺是一點。甚麼性質的差別也消除了。所以天文學的事實也就簡單了。和這個相反的是物理學。凡是物理的現象，都把他還元到最微小連性質的區別也沒有的單位上，所以物理學的事實，也就單純了。但是生物學的單位是細胞，社會學的單位是個人。照這樣漸次複雜起去，就和科學——自然科學——本來的要求，逐次離開了。一到歷史，就只有限於一回的出現。與那些單純的事實的要求，更是遠不相接了。一般的自然科學和歷史學的區別，就在這一點上。又自然科學，用普遍的認識做目的；歷史學用個別的認識做目的——的緣故，也可以在這一點上明白了。

二 科學和常識

科學和常識的關係，前面稍稍說過一些。現在我們要想理解科學的目的，就不能不再加一點詳細些的說明。科學和常識，一般人們都想像他相反似的，究竟是甚麼意思呢？我們日常生活，不見得不是科學者的就會感着不便。現在如果常識是反於科學的，那人們還可以安然生活，不感不便嗎？常識上說：太陽是從東方出，西方沒的。科學上說：地球因為自轉，所以把太陽看做在地球的周

圍旋轉。一見好像是相反的事實。殊不知這決不是科學表示一種和常識相背的真理。原來是把常識做組織的表現出來罷了。太陽從東邊出，往西邊沒的常識，他自身不是虛偽是真理。不過科學所要求的組織的統一的宇宙說明上，確實是有些不便罷了。潘家賚說：太陽在地球的周圍旋迴；和地球在太陽的周圍旋轉的兩種說法，我們不問他那一種是真理，只消問他那一種是便利就夠了。若太陽在地球的周圍旋轉的學說，能够把一切天體運動做簡單的說明，那科學者自然會立刻採用他。現今相對性原性發見了後，就把那絕對運動的認識是不可能的理由證明。所以地球旋迴在太陽周圍的意味，也受了非常的變化。須知科學的真理，僅止在組織的一點上，和常識是有區別的。常識以外，沒有甚麼科學的體系存着。

那麼『組織的』是甚麼個意味呢？我們可以說他是：甲知識和乙知識中間，沒有甚麼不聯絡或相矛盾的一個體系。換句話說，就是全體都統一着，彼此不相矛盾而互相聯絡着罷了。要是不能夠構成做統一的關係的知識，就不能再叫他做科學。假如有一件全然新的事實發見了，不能編他入於從來科學組織的關係裏頭，就應該從新立一個能夠包容他的新組織。這是科學理論的改變。

有人說他是科學的破產，那是千錯萬錯的。科學破產的意味，我們往後詳細的另做說明。

三 科學的法則

科學的目的，第一是事實的選擇。其次是把常識做組織的構成。我們在上面已經大略說過了。現在要問他的結果，是產出些甚麼呢？自然是科學的法則了。所以科學的目的，我們簡直可以說他是法則的發見。因為科學的真理，是用法則來給他表示的。

法則是甚麼呢？簡單說來，就是科學所要求之普遍的必然的認識的表現。科學的目的，是用彼此互相聯絡的法則網，去包攬一切的自然界。可是現在還沒有到敘說法則意味的段階，並且連敘說怎麼會達到法則的段階也還沒有到。我們看科學裏面，自有種種不同的種類。所以跟着他法則的意味，和研究的方法，都自然生出差別來了。就狹義的科學——自然科學——上，把法則統一起來，表示那究極的骨子的；或是使我們窺知物理世界的全建築的東西，就是那理論物理學。要想論究他的前頭，我們應當有儘先考察一下科學的分類和科學的方法的必要。若不然，我們對於科學的真理上究極的意味，不能得有充分的了解了。

第四章 科學的分類

一 科學分類的歷史

科學要分類的時候，不可不有分類的標準。那末用甚麼做標準，去把科學分類了，纔覺得利便而且正當呢？對於這件事，現在學者的意見，還沒有到完全一致的地步。所以不能武斷着說：『這樣分類是真的。』——那樣簡切的話。我們能夠做到的，只有舉出從古代到今日，有名學者所作的那代表的分類法，從中去批評指摘他的得失長短罷了。

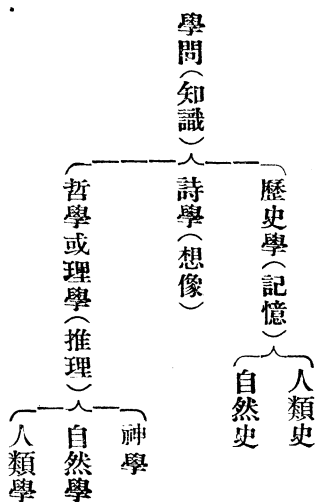
古來從種種的標準上，提出過種種的分類法。柏拉圖 (Plato, 429-347 B. C.) 是用心理學做分類的標準。把人的心理作用，大體區別做理知，感情，意志三種。配上和這些對應着的基本科學，以爲凡是科學，都應該隸屬在他項目底下。亞理士多德 (Aristotle, 384-322 B. C.) 和這個是相反的。他把分類的標準，放在科學的目的如何上面。說只有理論的，實際的，創造的三部門。原來當時的科學，是極其幼稚的，連『科學』的名稱也沒有。光只有像『學問』那樣漠然的一個名稱底下，

把一切的知識包括着罷了。況且當時的哲學者們，大概都是以一個人甚麼學問都要學。所以這樣不完全的分類法，在當時的學者中間，也自然是感覺不到不便了。後來又經過那中世紀很長的知的沈滯時代。科學分類上，越發不會有何等新的學說提唱出來了。

到了學問復興期（*renaissance*），知識解放了。所有的學問——尤其顯著的是自然科學——完成了他急遽的發達。於是柏拉圖亞理士多德的分類法，也就感覺到太不够用了。因為主觀的心理作用和拿學問的目的做標準的那樣分類法，未免過於不自然了。要有一點客觀的要素加味上去，纔能够應一般的要求。而能够把這個要求滿足了的，我們要數培根（*Francis Bacon*, 1561-1625）的分類法。因為這是真的科學——近世科學的分類上，最初提出來的一個顯例。

培根把一切的學問，大別做三部門。就是歷史學（*history*）詩學（*Poesy*）以及哲學或理學（*philosophy or the science*）。他又把史學別爲人類史和自然史兩種；哲學或理學分爲神學自然學人類學三種；其次又從中細別做各種的特殊科學。可是他仍然脫不了柏拉圖的影響。他這種的分類，也是出於心理的根據。當時的心理學，是把人的知識作用，分做記憶（*memory*），想像（*ima*

Enation) 理性 (reason) 三樣。所以他拿歷史學做基於記憶的學問；詩學做基於想像的學問；哲學或理學做基於推理的學問。培根的科學分類表，用圖表之如次：——（括弧內是表對應他的心理作用。）



像這樣把人的知的作用，做記憶想像推理等彼此獨立着的分法，是極其曖昧的。現在且不說這個，單就那科學是和這些心理作用對立或是根據着他成立的說法而論，也已經是屬於重大的謬見了。譬如把想像做詩學成立的根元，是我們到底不能承認的。若是把歷史做純然記憶的學問，

那更不待言，顯然是謬誤的了。

雖是那麼說，他的分類法在當時勃興起來的諸種科學上，給了他一個系統。那種功勞，確是不可湮沒的。他說：『各種科學的系統，不是像許多的線索聚攏來合做一角的；是許多的枝葉發出來長在一幹的。』這話在現在科學分類上，也是一個明燈臺，我們不能不承認的。所以後世法蘭西百科辭書的編纂者達崙貝（D' Alembert, 1717-1783）也大體上襲用培根的分類法。光只是把詩學從科學移到藝術去；把數學遷進自然科學去……等，二三的修正而外，沒有甚麼差別的。

培根的分類法，大概到十九世紀，都還得維持着。就只爲像如前面所述的：這個分類法，也是根本上偏重在主觀的心理學的基礎一邊。所以拿他做科學分類法上的標準，就難免漸次將缺點暴露出來了。一方面實證科學的長足進步，又促成使我們從純然客觀的根據上，拿研究的對象做標準的分類法提唱出來。英吉利的倫理學者邊沁（Bentham, 1748-1832），法蘭西的數學者安培兒（André Marie Ampère, 1775-1866）等，受着瑞典的植物學者林內（Karl von Linné, 1741-1788）植物二分法的暗示，把科學大別做物質科學和精神科學兩系。就這兩大系統底下，把各種科學彙

屬起來。像這樣的分法，我們可以說他是拿研究的對象做標準最初之客觀的分類法。當中於精神科學裏面，列入歷史學，言語學，法律學，經濟學等，做獨立的科學看待一事，應該要算這個分類法的最大功蹟了。這個分類法，到後來給德意志的心理學者馮德（Wilhelm Wundt, 1832-1920）不少的影響，在科學的分類上，俾得完成了他較妥當的分類。但要知道邊沁和安培兒等的分類法，太過於局促在林內的植物分類方法上。因為勉強的把二分法徹底下去至使那未曾存在的科學，也假定起來，附上些名稱，這又未免自繩自縛了！

和邊沁安培兒一樣用研究的對象做標準，來唱道科學分類法的，還有法蘭西的哲學者孔德（Auguste Comte, 1798-1857）。

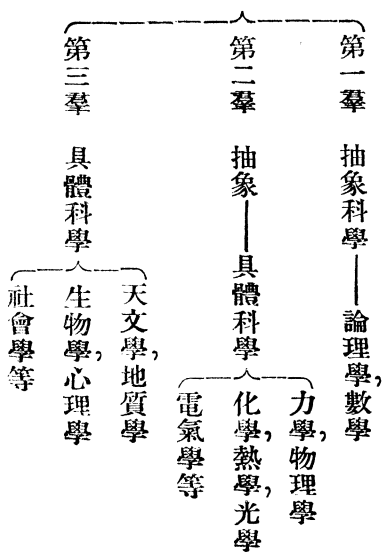
孔德在他一八三〇年出版的實驗哲學講義（Cours de Philosophie Positive）裏面，發表他關於科學分類的意見。他排斥邊沁等的二分法，說：『各種的特殊科學，不是這樣截然分離做兩個系統的；乃是始終一貫的直線的系列。先從一般的單純的起，漸次到特殊的，複雜的，大約認有六個基本的科學，順次記述起來，就是：數學，天文學，物理學，化學，生物學，社會學等是。』這是他那很有

名的『科學之系統』(hiérarchie des science)的主張。此外還認有最高科學的道德學一門。至於這個系統，他說同時又可以表示從單純向複雜去的一種人文進化的階段。他的學說在當時思想界裏，也顯着很廣汎的影響。就中將社會學一門，做獨立的基本科學，算是特有的偉大功蹟。可是他的科學分類法仍還隱藏着許多的難點。譬如把天文學做獨立的基本科學，使他和物理學及化學分離。又如數學那麼樣形式的科學，將來和化學生物學等記述的科學同列。毫不能使我們看出他相互關係裏邊，有何等的必然性來，這是他的缺點。

此外孔德把一般的和抽象的，特殊的和具體的，混同不分，以及把心理學置諸閑散之地，僅只給他做生物學的一部門等處，很是令人批難不滿意！現在我們且說將孔德的分類修正或變改了。的英吉利哲學者斯賓塞 (Herbert Spencer, 1820-1908) 是如何分類呢？

斯賓塞分類法的特色，是在對於孔德從一般進向特殊的系統以外，另把抽象科學和具體科學峻別了的一點。照他的見解：一、抽象科學是處理科學的記述之樣式或方法的科學；二、具體科學是處理那事實做事實處理的科學。三、此外介在兩者中間，簡單說，就是：還有抽象——具體科學一

種，乃是把事實還元要素而施研究的科學。換言之：就是第一是形式的法則；第二是產物的法則；第三是要素的法則。論理學及數學是屬於抽象科學的。天文學，地質學，生物學，心理學，社會學是屬於具體科學的。力學，物理學，化學是屬於抽象具體科學的。照這樣他把科學分做三羣 (group)，圖表如此：



斯賓塞的分類，確是將諸科學的性質，弄明白了許多。不過具體的抽象的等類標準，太嫌漠然

不清。正如湯姆生 (J. A. Thomson) 所指摘的：——爲甚麼把力學物理學等作爲抽象——具體科學呢？又熱學光學等爲甚麼不使他含在物理學裏面，給他同等的排列呢？這等不明白的地方，實在還很不少。

以上大略把到近世的科學分類上，歷史的一般情形說過了。通觀起來，從希臘時代到近世初期，專是主觀的心理作用爲標準，來做科學的分類。一到近世，隨着實證科學的勃興，科學的分派，也越發複雜起來。況且因爲方法論和心理學的發達，知道那根據心理作用的分類法，以及亞理士多德的那種目的論的分類法，終久是維持不住的。所以培根以後的分類，大概是把研究的對象做標準。

以上所述的分類，各在當時的思想界上，都有過顯著的貢獻，就是現今的科學分類法上，也蒙着不少的影響。不過在現在苟安的承繼下去的，是一種也沒有。換句話說，就是光只有歷史上的價值罷了。

二 最近的科學的分類說

那末，在現今採用着是怎麼樣的科學分類法呢？這事在前頭也就說過，還沒有一定的說法出來。原來科學的分類的事實，是屬於哲學的領域。所以彼此見解不同，那分法也自然就變改了。要問今日科學分類是怎樣，就和問今日的哲學學說是怎樣——是一樣漠然不切題的質問。我們還是把那在現今較有勢力的代表說裏，列舉出兩三種來，加上批評和註解而外，實在也沒有別的好法子。

現今科學分類法中，比較有勢力些的，大概有三種可說：第一，是純粹科學者一方面的說法。第二，是奉認識論上心理主義哲學者的說法。第三，是主張論理一派的說法。我們現在對於第一例取皮爾遜（Karl Pearson）的分類法；第二例取馮德的分類法；第三例取李卡特（Heinrich Rickert）的分類法。

皮爾遜在他著科學典範（Grammar of Science）裏頭，曾陳述過他對於科學分類上的意見。他先把一切的科學，分做抽象科學和具體科學兩種。前者是屬以論理學及其他的方法論數學及其他的分科（含統計學在內）。後者是分開來屬以無機物為研究對象的物理科學和有機體

爲研究對象的生物學。他說：『抽象科學是關於知識方法的科學；具體科學是關於知識內容的科學。』

皮爾遜又把具體科學裏面物理科學，分做精密科學（*precise science*）和概要科學（*synoptic science*）兩類。簡單說來，就是：那能够立出精密法則的，是屬於前者；不能够的，是屬於後者。前者例如天文學；後者例如氣象學。雖是那麼說，但科學是一天進步一天，凡有的現象，漸次可以拿法則來說明他。所以精密科學的領域，是漸次擴大，概要科學的領域，是漸次狹小下來的。用圖表示他如下：

一、精密物理科學

- A 『以太』（*ether*）物理學（熱學，光學，電氣學，磁氣學等）
- B 原子物理學（理論化學，光彩（*spectrum*）分析學等）
- C 分子物理學（彈性學，音響學，結晶學，液體力學，氣體運動學等）
- D 團塊物理學（力學，星學等）

二、概要物理科學

化學，礦物學，地質學，地理學，氣象學，地球，及天體進化論

生物學照皮爾遜說：可以分做處理生物空間的分布之生物地理學等和處理生物時間的系列之發育以及變化的研究等兩樣。這裏頭研究只有一回變化的，叫做生物史或進化論；研究反覆變化的，是為狹義的生物學。這狹義的生物學又可分做：——（a）研究形態及構造的形態學，解剖學，組織學等。（b）研究發育生殖的發生學，性的進化學，遺傳學等。（c）研究機能及行動的生理學心理學等。而心理學裏面，研究人間集團的叫做社會學。至於倫理學，政治學，法律學等不過是屬於社會學的一部分罷了。

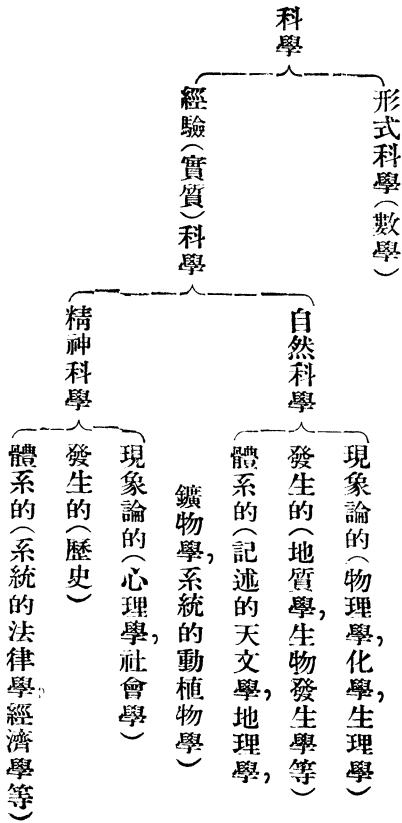
復次，皮爾遜在抽象科學和具體科學中間，設有一門連絡他的應用數學；物理科學和廣義的生物學中間，也設有一門連結他的生物學的物理學（Biophysics），意思要想把全科學統一起來。他說道：『要是這兩種連結科學完成的時候，那赫爾姆霍斯（Von Helmholtz, 1821-1894）的預言，也自然會實現——一切的自然現象，都可以依據運動法則來給他說明了。但現在還不能到那種時代啊！』皮爾遜的分類，他的規模很是雄大，各種科學研究對象的關係，算得是他弄明白了許

多。只有在認識論的基礎上，覺得仍是薄弱——就是各科相互關係的必然性，終久是嫌他缺乏的。如果科學的本質論理上應當是在我們的認識裏面，那末他的分類，自然不能不把基礎立在認識論上。哲學者方面，所以再提出他們關於科學分類的意見，也正是這個緣故。

馮德在他的大著論理學 (Logik) 第二卷裏面，發表他關於科學分類的意見。現在我們看他在科學分類史上的功蹟，第一要算他把數學認定爲一門形式科學，新從經驗的實質科學分析出來的一點。不消說，數學一門用歷史的眼光來看，或者是從經驗得來，也未可知。就是因爲計算的必要，纔有算術；因爲測地的必要，纔有幾何學，也是當然。不過數學的真理，是真正和經驗無關係的。非歐几里得幾何學所處理的空間，不是我們平常經驗的空間。像如虛數那種的數目，在經驗世界的計算裏，是沒有用處的。反是一切經驗的實質科學，都從數學規定起來的。總之，數學是一門先驗的形式科學，把他從實質科學分離出來，實在是馮德的卓見。

馮德把經驗的實質科學，從他的對象上分做自然科學 (Naturwissenschaft) 和精神科學 (Geisteswissenschaft) 兩種。這種分法，在現今算是行用最廣的了。他的意見是——自然科學是把

經驗的內容從認識主觀抽出，別作間接的客觀研究；精神科學是把經驗就認識主觀直接的研究。他又把這科學的兩大種類上，各各加以現象論的發生的體系的區別。現象論的是研究現象（自然或精神的）的作用，而加以說明的體系的。是已經產生了的東西（自然的或人爲的）用體系的排列記述起來的。介在兩者中間，專門研究那自然，或精神產物之發達的，叫他做發生的科學。以上的分類，用圖表如次：



馮德分類的特色，既如上述，是把從來視爲自然科學的數學，做一門形式科學分離出來。但他把論理學，倫理學，美學等，從科學的範圍裏排出去，納入哲學的領土中一件事，也很令我們注意。不過後來最惹人注意的問題，還要算用心理學做精神科學的基礎，把他竟從自然科學裏分離開來的一點呢！

原來馮德的科學分類法，是看着向來的分類法，太流於人爲的毛病，要想求比較再自然一點的分類而做的。所以他心目中，只須將那實際存在的科學，盡行網羅，實際不存在而假想上的科學，就不肯再做那向壁虛造的功夫了。分類的標準，是用諸科學所研究的對象，和他的方法的。他這種分類法，在現下已經算是很完備的了。就中他所主張的精神科學，和自然科學的區別，即在今日，也還是一種很普遍行用的。

雖然，他的分類法上，唯一的論理的缺陷，也就在混用研究的對象和研究的方法兩者，做分類標準的一件事上。所以從這一點來唱反對論的人，原也不是吹毛求疵的事！

反對說裏，自然分爲兩種：一，分類的標準，可以專屬之研究的對象的說法。二，主張把標準專屬

之研究的方法的說法。前者可用李爾 (Richt) 一派代表他；後者可用文德爾班和李卡特一派代表他。

照李爾的意見，他說：『科學的區別，全是在於對象，若方法只有唯一的那種論理罷了。只要將這種方法，像自然科學採用發達着，一樣的也在精神科學裏敷衍適用起來就夠了。精神科學裏，別無所謂特殊的方法在那裏！所以拿方法做標準分類的事，實在是做不到的。』——李爾雖是那末說，但我們看對象做標準的分類法，從來試過幾次的，回回都把缺陷暴露了。若再採用他的說法，那從馮德得來對於科學分類上所寄與的新萌芽，豈不是要盡行被他剷除了嗎？因此和李爾完全取反對方向，把科學分類法，專注重在方法一面的，我們在先曾經說過：是文德爾班和李卡特一派的學者了。

文德爾班他們的意見，要不外否認科學對象的差別，只承認一切的科學，都只是拿着同一的對象，從各不相同的見地來研究的。現在把文德爾班關於科學分類的意見的梗概，大略舉示在下面：

向來科學的分類，大概都從形而上學的見地去做，只在對象上認有差別，研究方法上就沒有甚麼差別可認。所以輕易爲各時代的思潮所左右，甚至採用那當時最占勢力的特殊科學的方法去做。結果就是——有時用幾何學做理想；有時用機械觀做理想；最近又歡迎著進化論的方法了。像這種的分類，實在是受形而上學的餘累，我們非排除這種思想，全然用方法的差別做標準，去分科學的類不可。那末，把經驗科學，分做自然科學，和精神科學兩樣，也自然是錯的了。把『物』分做自然和精神兩樣，完全是跟着那陳舊的形而上學走，實在是曖昧不明了的。像如心理學一門，馮德給他做精神科學的基礎，但從方法上看來，他和法律學，歷史學等是大異其趣的。何以呢？心理學雖是處理精神現象的，但他的研究方法，却以發見普遍的法則爲目的，和自然科學的方法，又有何等的差別呢？可是別的精神科學，雖是同爲一種研究精神現象的東西，但所研究的，僅只是限於生起一次的特殊現象。最顯而易見的例，就是歷史。自然科學的目的，是立定一種法則，歷史的目的，是把特殊的事實，作具體的記述起來。換句話說，就是——前者是立法的 (nomothetisch)；後者是個性記述的 (idiographisch)。以上是文德爾班對於科學分類上意見的一斑，我們再看李卡特的是如

何。

李卡特是繼承文德爾班的見解，不過把他大成了的。他在一八九八年公表的文化科學和自然科學（Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft），以及其他的著書裏，把他對於科學分類的見解發表了。他的見解，差不多和文德爾班的說法是一樣。就只把論理的根據，提供來使兩種經驗科學的特色，明明白白的顯示出來，這要算他的功勞啊。

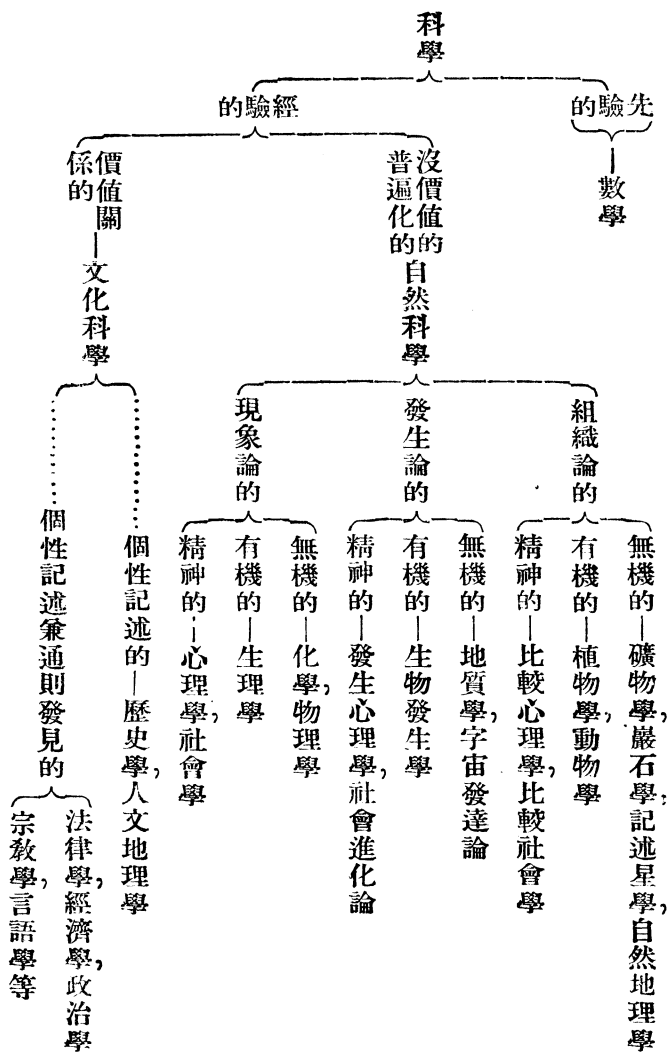
科學的目的，是根據普遍的法則，去說明各個的事實。而他第一個階段，就是事實的選擇。這樣說法，已經在前章裏面敘述過了。照文德爾班說：這種特色，只有自然科學是這樣，歷史的目的，却不是立在普遍的法則上，乃是記述特殊的事體。但我們要知道，即使是歷史，也並不是凡是歷史的事實，就應該記載下來。仍還要那第一段階的功夫呢！關於這一點，那法蘭西的文學者佛朗士（Andre
tole France）就曾經說過：『實際上歷史的事實是無限，所以科學的歷史，是不會成立的。至於歷史事實的選擇，盡都是憑着偶然的罷了。』雖然，李卡特說：『歷史事實的選擇，是取他最能表現特殊的個性的，換句話說，就是可以用價值做標準的。』所以一種歷史，決不會因為編纂者的不同，

記述也就隨着全然更改了。這就是由於價值一層的緣故。既然如此，那末這個價值，不能不說他是已經帶有客觀的性質了。李卡特叫他『文化價值』(Kulturwert)。研究這種科學的，叫做文化科學 (Kulturwissenschaft)。他從這些見地上，和文德爾班一樣的，把心理學做沒價值的。(註)法則的科學，編進自然科學裏。他以為和自然科學對立的，不是精神科學，乃是含有歷史學，法律學，言語學，經濟學等的文化科學。

李卡特的科學分類，用方法做標準，算是最合論理的分類法了，但不能說他是完全無缺的。就使我們承認文化科學和自然科學的區別，那細部的曖昧不明，依然不能盡行除去的。所以科學的分類，在今日還是一種哲學上的懸案。田邊元著科學概論取馮德和李卡特的說法，多少加上些修正，做很涵容的分類，讀者可以取來參看。

案田邊元氏著書中，所作的科學分類系統表，茲摘錄如下：

(註)沒價值的是說不能用價值的關係來做標準的意思。



第五章 科學的方法

一 類推 歸納 演繹

前章裏面，曾經把科學分做自然科學和文化科學兩大類；——但現在關於文化科學的特色，學界的輿論，還未見得一定，我們權且把他放在議論範圍以外，單去考究構成普遍之法則爲目的的自然科學，用他做我們研究的範圍。

却說一切的科學，要想達到這個目的，就不能不從一定的論理，這個叫做「推理。」

推理有三種法子：第一，從特殊進到特殊的，叫做類推（analogical reasoning）。第二，從特殊進到一般的，叫做歸納（inductive reasoning）。第三，從一般進到特殊的，叫做演繹（deductive reasoning）。

『甲的物體，和乙的物體，都有重量。故丙的物體，也有重量。』像這樣的結論，叫做類推。地質學者，研究地球生成的歷史，就從今日的現象，推究到數百萬年前的現象，也不外是這一種的類推。達

爾文 (Charles Darwin, 1809-1882) 把飼鳩的變種觀察後，遠遠的推到種的起源，也只是類推的一例。

類推是科學研究上用得最廣汎的一種推理方法，但單靠着他，也不能得到確實無可疑的真理。何以呢？今日的事情，和太古的事情，究竟同一不同一，是沒有證實他的方法啊！

歸納法，是培根最初唱道做自然研究的方法，給他和亞里多士德的演繹法對立起來，叫他做『新的工具』 (novum organum)。這就是說：『甲的物體，和乙的物體……都有重量。故一切的物體，都皆具有重量。』——像這樣從特殊的事實，推到一般的原理的方法。——換言之：就是以發見普遍的法則做目的的方法。——是自然科學研究上最重要的。近世科學的發達，說他都從這方法得來，也不為過的。伽利略 (Galileo, 1564-1642) 用平滑的盆斜傾着，從上頭轉落一個小球下來，測定他轉落的時間，和轉落的距離。於是發見了『物體落下的距離，等於他所要時間的二乘。』——的原理。譬如：物體一秒間落下十六呎的距離，那二秒間是六十四呎；三秒間是百四十四呎；四秒間是二百五十六呎；可以預算而得。像這樣的結論，是歸納法上最普通的例子。可是從歸納法到

達的原理，他本身上還不能說是確實，只能說是達到蓋然的真理罷了。因為他有時總是免不了誤謬，所以我們要得真理，還非從演繹法，加以檢證不可。

演繹又可叫做三段論法 (syllogism)。那就是說：『凡是物體，都有重量，故甲的物體，也有重量。』(分析來說，就是：——甲是物體，故甲有重量。——)的一個方式。法則到了演繹的法則，纔成爲普遍的，必然的法則；他的真理，也纔會是絕對無條件的。但我們要注意的，是演繹還是出發從經驗上來，所以不可不借用歸納法，得着他的前提。前提要是確實，然後結論也纔確實。經驗科學裏面，最初就設一個超經驗的大前提，那結論當然也不免成爲虛僞的。例如亞里士多德說：『星是永遠的存在，他的運動，不可不是永遠的運動。然唯一的永遠運動，是圓運動。所以星的運動，是圓運動，而迴巡在地球的周圍的。』像這樣的結論，完全是從前提的謬誤，生出來結論的謬誤。和這個相反，要使演繹能夠表示普遍的真理，那前提非從經驗得來不可。海王星的發見，也確是從這樣經驗的前提得來的。彗星的通過，日蝕月蝕的預言，都不外是這種演繹推理的效果。愛因斯坦在先算定從星到地球的光線，當他通過太陽附近的時候，因爲引力上的緣故，屈曲成爲一七五秒的角度。後來在

一九一九年日蝕之際，竟能夠用僅少的實驗誤差，把那真理確確實實的證明了。這算是演繹推理上，模範的例，有人竟宣傳他是思想的勝利。但這個推理的前提——愛因斯坦的法則——原來也不是從超經驗的思考創造出來的。凱司（Thomas Case）說：『一切的推理，從經驗始結果來，却是超越了經驗。』就是潘家賚也說：『一切的科學是從經驗出發的。』總之：歸納法，要靠演繹法，演繹法，也要靠歸納法，纔會兩者都有效的。

二 觀察和實驗

觀察和實驗是通自然科學全體，做他研究的基礎的東西。觀察是用意識的把注意集中在經驗上面。我們不是漫然的就『經驗』，要有一定的目的，而深加以注意的『經驗』。

科學上偉大的發見，盡都是發端在綿密的觀察。牛頓看見林檎無風自落，就懷抱着一種不可思議的感想，推究結果，竟發見了『萬有引力』的法則，就是最明顯的一個例子。邁雅（Robert

Mayer）大成了『能力』說，原因還是他於一八四〇年夏天，在爪哇（Java）當醫生的時候，對於患者的靜脈血，忽然呈現一種鮮紅色，就疑心到熱帶地方的人，比較寒帶地方的人，只消有少許

的酸化，就夠維持體溫，所以靜脈血是澄清的。得着這麼一個結論，發展起來，就成了他『熱的機械說』和一般的『能力說』。

觀察是用一定的目的，把注意力集中在自然現象上。反之實驗是用一定的目的，人爲的生起一種事情來觀察他。兩者的相差，就是在隨着自然的現象行觀察，和人爲的加工，把現象生起了，然後行觀察的上頭。科學者在實驗室裏，做自然現象的研究，就是用這種方法了。

何以有實驗的必要呢？第一，是時間上的經濟。假使隨着自然現象的變化，就要非常長的時間，而我們現在竟能夠在極短時間內，行實驗上的觀察。同時自然現象裏頭，光只在熱帶地方生起的，也能夠在溫帶，或是寒帶實驗，連地位的困難，也排除了。其次，最要緊的一件事，就是事情的單純化。因爲有些自然現象，非在極其複雜的事情下面，不會生起的，要想觀察他，豈不是很困難嗎？但在實驗上，只消把不是本質的事情撥開，簡單明確的觀察他就是了。所以當『假說』或『法則』的檢證時候，是萬不可缺的一種方法。又人體上病菌的研究，或是人類胎兒的研究等等，逢遇着那不能夠就實物研究的時候，也可以拿別的動物代理着他，去行我們所要行的實驗。這豈不是一種很使

利的方法嗎？

現在且舉兩三個例來說——季樸特 (Von Gierort) 信實那寄生在豚牛等內臟的一種寄生蟲，和寄生在人體的蝨蟲，是一樣的東西。大膽的把他吞下肚裏去，後來雖是罹了蝨蟲的病，但是把這個真理却證實明白了。

又哈微 (Harvey, 1578-1638) 在一六二八年，唱『血液循環說』——他道：血液是從心臟流進動脈系，復由靜脈系歸還心臟。這可以在心臟的構造，和機能等上頭證明。論理上，那原沒有甚麼可置疑的餘地，可是當時還未曾有顯微鏡，所以血液怎麼會是從動脈的細管，流向靜脈的細管，這理由一點也檢查不出來。正是因為這個緣故，在他存命期間，他的學說，畢竟沒有達到使學界一般的採用。到了一六六一年，馬披奇 (Malpighi, 1628-1694) 就蛙的肺臟，實驗下來，見動脈的血液，確是從透明的毛細管，流到靜脈去。於是那哈微說的真理，纔得證明確實了。

科學研究的歷程上，觀察和實驗是一切科學裏必要的方法。其他附隨着的事件，如——研究材料的蒐集，以及其他的測定排列，乃至分析等等，都是要緊的。不過都是些自明的道理，所以省略

不多說了。

三 記述科學和說明科學

自然科學從他方法上的段階來說，可以分做記述科學（descriptive science）和說明科學（explanatory science）兩種。前頭曾經說過，科學的知識，是體系的普遍的知識。但其中主要在體系的知識之一段階的，叫做記述科學；進而達到樹立一普遍的，法則的，叫做說明科學。在馮德科學分類裏，所謂現象論的科學，大約和這說明科學相當；體系的科學，也大約和這記述科學相類。用實例來說：動物學，植物學等是記述科學；物理學，化學等是說明科學。

這種區別，原不是本質上的區別，不過是方法上的一段階而已。所以純粹用記述相終始的科學不會有，就是記述科學，也常常是比較高的說明科學的結論，做論理的在先預想着。這裏所謂的「論理的」一句，很要我們的注意。爲甚麼呢？我們不是說：事實上記述科學在先發達，然後漸次達到說明科學；也不是說：先要十分把說明科學修好，纔會理解那記述科學。這些科學實際上是獨立發達起來，只不過就論理的見地着想，那記述科學是要等着說明科學，纔能達到科學本來的目的。

——換言之就是達到所謂絕對無條件的普遍的知識上。

那末，記述是甚麼呢？決不是把自然現象，從一邊胡亂的記述起來，就完事了，況且那也是一件做不到的事。科學的目的，第一要在事實的選擇。不消說，前面已經過說，無庸贅述了。但選擇是一種的分類。分類，是把各個對象，從他的類似點上，或從他共通的屬性上，統一到普遍的類概念，更從類概念的共通屬性，作一層較普遍的類概念。照這樣把對象在特殊和普遍的關係系列上，組織起來的，就叫做分類。譬如我們用『狗』來做研究對象的時候，我們不能就個個的『狗』，行那觀察和實驗的方法。只能就各個『狗』都具有的共通屬性上，統一下來的一般的『狗』上面去研究。原來各個的『狗』，都各有各的身疋，毛色，耳長，足脛……等的不同，觀察起來，可以說是千差萬別了。可是這等個性的差別，不成其為自然科學的對象。僅只那內臟，骨骼，形態，生理等，大體本質的類似點上，統一着的那個東西——一般的『狗』——纔成為科學研究的對象，也纔成為對象的『狗』。

概念有內包 (intension) 和外延 (extension) 的兩方面：內包，是概念所含着的意味，——就是共通的、本質的性質；外延，是概念所包括着的範圍。所以從分類統一得的對象，就前例上說：——

——那各個的『狗』是概念的外延；那共通的屬性——各個『狗』上共通的性質，是形成概念內包的表象。記述就是用這共通的屬性做命題而表示的，也就是把概念的內包明示的一件事體了。然而，像這樣把概念的內包，明瞭正確的規定起來，把概念的意味明示着的，我們叫他做定義（definition）。那末記述的目的，不能不說他畢竟是在定義上了。但此處我們要注意的是——記述爲目的的定義，決不是那唯名論的定義。唯名論的定義，是限於普通辭典上所有的語義。這裏所謂記述，是要期望他的精密，所以不得不進而爲量的或數的關係之測定，有時因爲對象的關係上，數學的公式和圖形，也是很必要的東西啊。

中世紀的名目論（nominalism）說：『概念不過是實在之一種的名目。』潘家寶所曾駁擊過的魯婁亞說：『科學不過是科學者所造的記號之系統。』但我們從認識論出發的心裏面，是沒有殘留得『實在』的一個觀念。就使我們稱說『實在』也不是康德哲學上和經驗世界對立的，那『物如自身』必定是顯現在經驗世界的一種甚麼東西。所以概念在這個意味裏，不是『實在』是無庸贅述的。但是說概念，僅只是一種名目；或是說科學者所選就的事實——概念——是由科

學者任意的創造或選擇的。像這種說法，我們不能不說他是不明白科學的本質。關於這一層，在後方還可以加一些詳細點的說明。

科學裏頭，正有像以上說的：——用記述做職能的如動物學，植物學，礦物學等，我們叫他做記述科學。記述科學，畢竟不外是前頭說的，從方法上把經驗做普遍化罷了。經驗的構成，是由直觀的普遍化；一樣道理，記述科學的記述，也只是把各個的經驗普遍化，和組織化而已。

記述科學，原自有他自身的意義。因為科學是要求樹立絕對無條件普遍的法則，所以更要一層普遍化纔行。就是把一切的現象，還元到純然沒價值的要素，再從因果的關係來說明他。這樣用因果的說明做目的的，我們叫做他說明科學。表示這種因果關係的，就是法則。所以說明科學的目的，是要發見這種法則，由他來把各個事實，做演繹的說明。這樣說來，說明科學所得着的普遍的法則，不僅是能夠說明過去的一切事實，並且能夠預告未來的事實了。彗星的軌道，日蝕月蝕的時限，都可以預測，就是很明顯的例。原來記述科學，和說明科學中間，本沒有甚麼判然的區別。動物學植物學等，也有說明的部分；物理學，化學等，也不是說沒有記述的部分。譬如生物上有無數的變種，是

由進化生出來的，這事在從前已經知道了。然從因果的關係上來說明他，却是未曾有的事。到達爾文纔把他由『自然淘汰，適者生存』的法則上說明了。達爾文的進化論，原不能說是完全無缺的真理。但至少也是從他纔把生物學進一步到說明科學的領域裏，是應當承認的。又如凱浦勒（Kepler）證明火星的軌道，是橢圓形；又進而證明一切遊星的軌道，也盡都是橢圓形。然僅只是這樣，那還不能說是脫了記述的領域。一定要達到牛頓萬有引力的法則，從因果的關係，來把他說明了，然後我們纔可以說他是進了說明科學的範圍。

從以上的例，大約把記述科學，和說明科學的意味，弄明白一點了。本應當對於說明科學，他目的所在的法則上，再加一些說明纔行，不過現在權且把他讓到後一章。先說想像力，在科學研究上，占有何等的位置呢？

四 科學和想像力

科學和想像力，一見好像是比這種不相稱的配合，再也沒有了。因為除了推理以外，不會有甚麼科學研究的方法啊！雖然，我們要是檢點一下那想像力，在科學研究裏面演的是甚麼一樁本事，

就不能不驚嘆他結果的偉大處！我們下面將谷啓 (Gottsch) 教授的科學方法的各方面 (On Some Aspects of the Scientific Method) 一書裏邊，關於論這問題的一節，略摘些來看，也就知道了。谷啓引從來科學上偉大的發見作例，指出那想像力，歷來在科學研究上所有的重大的意義。他說：『我認定牛頓的萬有引力法則——宇宙間的各個物體，對於其他的物體，都有着引力；那引力是和他所作用的物體，兩者中間的距離之二乘，成比例——的法則，是從一種歸納法，想像力上得着的，一種獨創的科學者的思維。』照丁道爾 (Tyndal, 1820-1893) 說：牛頓見林檎落下，就想到天體的運動，可算是想像力的飛躍了。而這個法則，竟能夠適用到全宇宙，豈不是越發令人可驚的嗎？

光『以太』的假說，不消說，也是想像力所造成的概念。這個假說，是一六八二年，纔從英吉利的物理學者侯克 (Hooke, 1635—1703) 得一個暗示，一六九〇年，荷蘭的物理學者解根斯 (Huyghens, 1629-1695) 給他完成了的。照這假說講——宇宙是全用一種媒質滿填充着，這種媒質，只要是物質的東西，都能够浸透到他裏面去。他的性質，與普通粗笨的物體不同，全沒有重量。當物體在他中間通過，也毫不覺着何等的抵抗，不過這種媒質裏邊，時常有不斷的激動起來。就是用

非常的速度，向各方面把『以太』的波動，傳播起去。這種說法，全是想像的產物。但是我們可以由他得着光熱電氣，以及其他現象的因果的關係說明。可以說他有科學的妥當性。又『能力』（energy）恆存則的端緒，是得自邁爾，前頭已經提過了。那個法則，也不外是想像力的產物啊！說起來：『能力』的運動式樣不同，有時成熟；有時成光；有時是電氣；有時是化學現象；有時又成引力；變化是無窮無盡的。我們一見油盞，燈就熄；石落地即止的現象，以為『能力』的運動，是靜止了似的。其實那『能力』不是消滅，單只是式樣變一變罷了。宇宙間的『能力』總量是一定，毫不會增減生滅的。就只為運動式樣的變化，那一切的現象，也就生出來了。

像這樣的思想，一見好像不是科學者所能着想，竟和詩人的冥想一樣。我們讀那詩人華滋渥士（Wordsworth, 1770-1850）漫步於卡雷（Calais）海岸的詩說：

閑靜自由美麗的晚景

神聖的時節，氣息都不敢吐的，只是禮拜，

像那尼僧一般的在寂靜裏。

天日——聲息也不作的低迷下去，

只有幽爛的太空，擁抱着海面。

聽！天地偉大的存在是醒着得。

永遠的運動，

永遠不盡的，雷一般的響着。

詩人的想像，和科學者的想像，不是有着一脈的靈犀通着嗎？近世天文學者所想像的宇宙，簡直超過了詩聖荷馬（Homer）所想像的宇宙的堂奧啊！是物質，非物質，超越了五官，還能夠握住自然現象說明的祕鍵，像『以太』那樣的存在物，和瞬間變成力，變成光，變成熱，變成電，變幻自在像『能力』那樣的怪物，想像起來，又何嘗下於天才詩人的冥想呢？然而說到那些都是在的，確『存在』理由的中間，有堅固不拔的想像的產物的時候，近世科學理論的建築之宏大和精妙，我們只有讚嘆不置啊！

第六章 數學和自然科學

一 數學的真理之絕對性

『科學的分類』一章裏，我們把數學，做形式科學看待，從經驗科學運動出來了。可是數學的真理之絕對確實性，究竟在甚麼地方，我們往往還是誤解着。譬如在歐凡里得空間上所成立的歐凡里得幾何學，我們竟把他想像做唯一可能的先驗的幾何學，就是他的一個例證。

通常數學，可以應用到一切的經驗科學；但經驗，却無能力供給何等的內容到數學。這正是把數學看做純粹形式科學，給他從經驗科學分離出來的主要理由。實際數學的真理，是先乎一切的經驗，所以想用經驗來檢證他的真偽，簡直是無聊的事。那末，數學的真理，只不過是從唯一先驗的根本原理抽出來的論理上的系列嗎？果然若是，那具有明晰的論理的頭腦的人，不盡都成了數學者嗎？（柏克黎 Berkley 近代數學裏的神祕說 Mysticism in Modern Mathematics）又若數學的推理的本質，果然是這樣演繹的東西，那就如潘家賚所指摘的。近世數學，何以在古代的希臘的

哲學者問，不會知道呢？我們在下面對於數學的推理的本質，及數學和自然科學的關係上，引用潘家寶科學和假說（*La science et l'hypothèse*）中最初的兩章，略示些梗概罷了。

數學的可能，一見好像似矛盾難解決的。假如說：數學不是演繹的東西，那數學的絕對嚴密性，又從何處來呢？又如說：數學是演繹的東西，那演繹却又沒有附加着何等根元的新的東西出來。那末，數學畢竟是歸着到同意複詞，換句話說，就是——數學的命題，都一切歸着到『甲是甲』的論理法上嗎？潘家寶儘先着眼在這樣的疑問上，然後來解答他。

他說道：——現在我們要說一個定理，對於一個數目，是個真理。我們要想證明他確是普遍的真理不是，只有明示那個定理，無論是就一，就二……以及其他數目，都應該為真理。簡單說，就是從無數之三段論法的反覆，可以證明的。然而，這樣無數之演繹的反覆，是不可能的事啊。結局下來，無數之反覆既做不到，適用到一切數目的普遍定理，也就不可能。又數學的真理之確實性，已經說過不是從經驗得來的。因為經驗，是你無論如何把他積蓄起來，他只能對於有限的一部分數目，表示或種定理是真的。所以不論是論理，是經驗，都不能夠把數學的真理之絕對確實性證明得了的。

那末說來，數學的真理，真正是康德所謂先驗的（註）綜合判斷之真正的模範嗎？是的。我們由他，纔能够使數學的歸納法成立可能。——潘家賚就這麼說的。那末數學的歸納法，畢竟是件甚麼事呢？那不外根據在——『一種行為，只要有一回可能的時候，同樣的行為，也無限的可以反覆。』——的一種精神能力，而這種能力，我們是直覺着他的。這個和自然科學上的歸納法，是很相似，不過自然科學上的歸納法，是把基礎立在『自然界裏自有法則』的一個信念上，所以常常會有不確實的地方。數學的歸納法却不然，精神他自身的性質，已經是為肯定的，所以給與我們的，也是一個必然的信念。只有他纔具絕對的確實性。數學之可能的基礎，也只在數學的歸納法。——潘家賚的想法，大約是這樣的了。固然對於他，也許有異論的。像如英吉利的數理哲學者羅素（Bertrand Russell）就說數學的命題，是從根本概念的定義演繹下來的，所以是演繹的，解析的。又如田邊元博士

（註）綜合判斷，是元來主辭的概念裏，不曾含着的要素，或性質，從新給他加上，做一個完全有新的屬性之概念。這種的判斷，起初是沒有結合的兩個概念，從新結合，或綜合起來，所以叫做綜合判斷（synthetical judgment）。分析判斷（analytical judgment）是和他對立的。

說：——潘家賚所主張，數學的基礎裏所存着的純粹形式直觀，就和論理的根本原則之基礎裏所存着的直觀是一樣，並不是和論理可以對立的東西。我們關於數學的基礎上，只能知道有這樣不同的見解存着就夠了，現在還達不到進一層的推究。不過我們於這些裏邊，無論取那一種學說，都可以知道數學的真理，是先乎經驗的一事，是沒有甚麼疑問的餘地了。

二 幾何學的基礎

幾何學是成立在若干不能證明的基礎公理上面之一種演繹的科學。那種公理裏頭，有所謂『等於同一量的兩個量，是彼此相等。』——那樣的東西。這不是幾何學上特有的問題，乃是一種先天的（註）分拆判斷。但此外還有幾何學特有的一種公理。譬如：——『通過二點的直線，只有一線。』『直線是二點間最短的距離。』『通過一點，和別的直線平行的，只有一條直線。』這一類的公理就是了。這裏邊第三個公理，因為要想證明他，不知道熬煎了許多學者的心血！到後來，終究是俄羅斯的數學者魯巴期武斯奇（Lobachevsky, 1793-1856）把他不可能的理由證明白了。他

（註）看前註。

假定一個命題說：『通過一點，和別的一條直線不交叉的，有無數線存在。』從這命題，把定理演繹起來，成立了和歐几里得幾何學是一樣在論理上沒有甚麼矛盾的一種幾何學的體系。繼後有李邁（Liemann, 1826-1866）者，更從別的方面創立了一種幾何學的體系，就和魯巴期武斯奇的幾何學，也是各不相同的。這些東西，我們叫他做非歐几里得幾何學。說到這裏，我們就要問：若是照康德所說，幾何學的公理，是先天的綜合判斷。那末非歐几里得幾何學，怎麼會是可能的呢？所以不是先天的綜合判斷，是明顯的了。然則，是經驗的真理嗎？那我們又不能去經驗甚麼理想的幾何學直線，和圓周，那一類的東西。所以歸究下來，幾何學的公理，既不是先天的綜合判斷；也不是經驗的真理。說起來，是一種約束（convention）罷了。有人若問：『歐几里得幾何學和非歐几里得幾何學那一種是真理？』就和問：『權度公制法（mètre methode）和別的度量衡，那一樣是真的？』——一般的是很可笑的問題啊！

以上是把潘家賚所說，簡約覆述的。照他後面所講，是用使不使來代替真和偽的判斷。對於這一見似實用論的見解上，也有人會問：『就是約束，也難道沒有含着先天的意義嗎？』——的。但他

以爲歐几里得幾何學裏邊做對象的空間，是有連續無限三次元，『伊叟持婁普』(isotrope 通過一點的一切直線，都是『等勢』或直譯做『等勢』也可)等等的性質的。和這個相反，表象的空間 (espace représentatif) (知覺的空間之意) 是沒有三次元等質，『伊叟持婁普』等等性質的。他說——假使和我們不同世界的動物們，作了一種幾何學。那他們幾何學的空間，也一定是和我們不同的。所以然的緣故，就是指給我們那歐几里得的空間，並不是先天的空間罷了。

從上面看來，我們對於數學的基礎，大約可以明白了。但我們的目的，只要表明數學的起源和發達，雖是靠着經驗；而他的真理，却是先乎經驗的，——一個道理就够了。幾何學的基礎，是由約束支擎起來的緣故，我們在論『假說』的一章裏，再重新把他的意義，做詳細的說明。

三 物理的連續和數學的連續

數學，是先驗的形式科學，要想明示他，我們就可以就物理學的連續，和數學的連續上去考察。

數學的連續是甚麼？我們取整數，列在他隣接兩數，——例如『1』和『2』的中間，插入一，或二以上的中間數；更從他兩數間，插入中間數；順次反覆，至於無限，可得無限數的項。但這樣的數，

還是限於分數，或是有理數，不算完備；再於這無限數項的中間，插入無理數，這叫做數學的連續。

這個數學的連續的概念，是從經驗抽出來的嗎？果然若是，那麼從經驗得來的感覺，也應該是可以測定的。而且『感覺是比例於刺戟的對數』——像這樣費海年（Fechner, 1801-1887）所發見的法則，明明示肯定了他的。我們似乎可以相信了。但仔細檢查起來，竟達到全然反對的一個結論。譬如：有十公分重的『A』和十一公分重的『B』，給我們同一的感覺。又這個『B』和有十二公分重的『C』，也是給我們同一的感覺。然『A』（十公分）和『C』（十二公分）兩者的重量，却很容易把他區別出來，成爲——

$A=B, B=C, A < C$ 的形式。潘家賚叫他做物理學的連續之公式。這明明是和論理的根本原則矛盾着啊！然而經驗却不能够給他區別出來。即使十公分和十一公分，可以區別？然十公分和十公分百分之一，這重量就不容易區別。不單是重量，就是長度，也是如此。我們對於一分和二分，是容易區別；一分和一分又百分之一，却又不能區別了。借顯微鏡的助力，或者可以知道。然一分和一分又十萬分之一，那就實在沒有法子。任你怎樣精密的顯微鏡，也推到一定的限界以後，

就只有束着手啊！所以經驗的事物之數學的測定，常常是近似值。到底不會達到甚麼絕對確實的地方。這就是說：數學的連續的概念，——數學的量，是精神力所創造出來的東西，絕不是從經驗抽出來的。換句話說，就是：數學是先乎經驗的東西。

雖是那麼說，照潘家賚的說法，是：——我們的精神，具有創造記號的能力，所以把數學的連續構成了。數學的連續，不外是記號中特殊的一種體系罷了。精神的能力，除了應該迴避的一切矛盾以外，不為甚麼東西所限制的。却要知道：——精神不亂用他的能力，一定要等到經驗供給他理由；而這理由，就是從粗率的感覺，所抽出那物理學的連續的概念。我們要從這概念所誘發的矛盾理由脫出，就不能不使我們想像那複雜記號的體系了。一言以蔽之：

數學和物理學，是相互發達起來的。

四 數學的自然科學

自然科學的目的，既是在普遍法則的樹立。那末，把那因個人而異的感覺要素，從法則內容排除出去，却代以對應着感覺的那物理現象上，數理的要素，是不可少的。換句話說，就是——經驗普

遍化的極致，是在經驗的數學化，而數學的自然科學的目的，也就在這個地方。普南克（Paroné）所謂『感覺的排除』就不外是這個意思。一切自然科學，是從經驗出發，把經驗還元，到數學的要素。又從他的函數關係，把他立為普遍的法則。

最初認定這件事體的，要推伽利略。照他講——『自然』是用數學的記號，記述起來的一種書本子。他以為科學的目的，不僅是把經驗概括到抽象的概念，乃是把經驗分析出來，把他還元，到可以拿數學計量，而又沒有性質上區別的，一樣等質的要素上。至於發見這樣的方法，叫做分析的方法。又檢證已經得着的究極要素，他那數學的關係，果然和經驗的事實一致不一致的方法，稱做構成的方法。

由這些方法，把主觀的性質上區別，或變化分析開來，歸到沒性質的要素，和他（要素）的運動上。然後順着這路，把一切物理現象，做究極的說明，這就是他的主張了。自然科學裏，擔當這製品完成職務的，要算理論物理學。所以理論物理學，是科學認識的完成者，論理上也要讓他占自然科學上最高最終的地位了。我們從理論物理學，把種種法則，統一到最終的『假說』裏面，使物理的

世界的建築，就此告一個終局。關於『法則』和『假說』，我們改了章再講。這裏且把理論物理學，和特殊科學，兩者的關係，稍稍說明一下。

五 特殊科學和理論物理學

一切自然科學，從他認識的論理的階段看，大概可以區別做：記述科學，和說明兩種。並且說明科學，是由『法則』和『假說』的立定，形成統一的，物理的世界，而後告一終局。又位於這終局的，是理論物理學等等，在前頭已經說明了。

現在取記述科學的例，動物學來看。動物學，主要的部分，是普通稱為『動物學各論』的那一部，記述的分類學。其次，就形態學及解剖學等，說他的特色，仍還脫不了記述的領域。更進而就組織學——就中尤以細胞學為是。——那普遍化的性質，已經達到非常的高度了；可是終究是徘徊在說明的科學領域之外。只有生理學一門，纔算進到說明的階段了。但生物現象，僅只限於生物一部分，並不是包涵着一切的自然科學。同時生物學，又是預想着物理學，和化學的，而後者尤為顯著。換句話說，就是——生物現象的大部分，歸着到化學的現象上。

那末，轉到化學來看，就覺得面目煥然一變了。化學裏面，除了直接屬於物理學的現象（例如運動等）以外，都是跨在無機物和有機物兩界；把所有的物質，都還元到八十有餘種的元素。甚麼物質現象，盡都可以歸到這些元素的關係上去。人體的構造，可以說是若干元素的結合。凡是生理作用，都不外若干元素的集散離合罷了。就是無機界裏頭，很多的現象，那一樣不是不可以拿化學元素的關係來說明呢？譬如：金剛石原是炭素的結晶體。空氣，可以析為酸素、氮素，及其他元素的複合物。水，可以分做酸素和水素一定比例的化合物。但我們前頭曾經說過：自然界裏化學現象以外，還有電氣、熱、光等等的現象存着。即使就化學現象而論，那八十幾種元素，是各各具有特別性質的。要達到自然科學究極的理想，所謂沒性質的普遍要素，是還在差着一籌呢！

可是到最近的物理學裏，用『電子』來代替『原子』為究極的要素。由這純然沒有性質上差別的要素——電子——就他數量的關係上，把一切自然現象都說明了。於此舊時給自然現象，分爲化學現象和物理現象兩種的看法，到如今是應該廢棄了。化學實在是建立於物理學的基礎上面的。唯是物理學，纔能夠給自然現象的全體，做一個包括的說明。物理學的法則，在先也就說過，

是用『假說』統一起來。然『假說』是超越了經驗的。所以赫爾姆霍斯說的：『自然的數學的說明』普南克說的：『論物理學的世界形象 (physikalisches Weltbild) 的學問，必不是實驗物理學，而是理論物理學。』從這些地方看起來，我們也更可以瞭然那理論物理學，在論理上，也應當是居自然科學的認識上終局的地位啊！

第七章 法則和假說

一 法則的歸納

自然科學裏頭，用記述和分類做主旨的，所謂記述科學也有。但自然科學的認識，論理上終究是以發見法則為始終的說明科學為根本。且說明科學裏，居最高位能夠把一切自然科學作理論的統括起來的，要算理論物理學的理由，在前章裏面，已經再三申明過了。

那末，科學所要發見的法則，究竟是怎麼樣的呢？我們可以說：——法則是表示認識對象上普遍的必然的關係。不僅是就既已經驗着的事實；即使是還沒經驗着的認識，也可以支配他的一種命題。然而，表面看來，這樣法則，就在記述科學裏面，也可以達到似的。譬如：依潘家寶說：燐在溫度四十四度就熔解。——這是一個法則。假使有些東西，發見了在四十四度還不熔解；而其他的屬性，却都和燐是一樣的物質。那也只消單另給他一個名稱就夠了，於那法則的真理上，依然沒有甚麼影響的。又物體自由落下的時候，要通過比例於時間之二乘的距離。——這也是一種法則。若使這

個時候，距離和時間之二乘，不成爲比例；那是落下的不自由，於法則的真理，仍然沒有絲毫的牽動。但像這種的法則，普通只稱他做定義。假使科學而止於此，那畢竟只算是記述科學，說不到甚麼說明科學。隨着『法則』也就會失掉了他預言的效力。因爲這樣的定義，和真正的法則，混淆着不明白；

須知道：說明科學所要求的真正法則，不單是概括的表示那既曾經經驗過的事物裏面有一種甚麼關係是成立着的；乃是表示那未曾經驗過的事物裏邊，只要在一定的條件底下，必定生出一定的結果來的普遍的關係。說起來，就是法則的效力，已經超過了經驗的範圍，而具有絕對的普遍性；也就是具有常常不可不是這樣的一種必然性。照前例講：不說燐是怎樣怎樣，而說有這樣這樣屬性的物體，在四十四度，必定是熔解的。那早已經不是『定義』，是一種『法則』了。在定義上，若遇着四十四度還不熔解的東西，給一種別的名稱就完了。法則却大不然，假使那法則所指定的屬性都有着，而在四十四度不能熔解的物體，一經發見，這法則就不得算是真的了。所以『法則』不單是名稱的定義；乃是普遍的必然的關係的表白。不拿別的說，就前例看，已經很可以知道的了。

從特殊的經驗裏面，抽出像這樣普遍的法則的叫做「歸納」前頭也曾說過了。但是法則的歸納，怎麼會是可能的呢？穆勒（John Stuart Mill, 1806 1873）說：「歸納法的根據，是在「自然」的齊」（uniformity of nature）。——實際「自然」的齊，這件事，是使法則的歸納可能的一個大根據。也就是使科學成立的一種大根據。假使：原子不是八十幾種，是八萬……種，那化學是不可能的呀！又使：天體無一定的引力，——有的是毫沒有引力，有的是二倍三倍……的引力，那物理學也是不可能的啊！歸納法的根據，——更說寬一點，一切普遍化的根據，不可不說是在「自然」的齊。」潘家賚說的：——人們常常希望着「神」由奇蹟把他的存在顯現出來。但奇蹟却未曾一次起過，這倒是一件永久的奇蹟呢。——

最能够表示這「自然」的齊，調和，給我們的，要數天體了。照潘家賚說：教授我們「法則」的存在，第一就是星學。初對於天空，多少加以注意觀察的迦勒底（Chaldeas）人，以為散在天空的星羣，不是無秩序，雜然湊合的集團，是整然訓練過來的軍隊。他們雖不知道這訓練的規則，是甚麼，但星夜裏那調和的眺望，確實是給他們一個很整齊的感想，可以無庸疑的。却說這種規則，逐漸為

希帕爾克 (Hipparchus) 托勒密 (Ptolemaeus) 歌白尼 (Copernicus) 凱普勒 (Kepler) 等所認知，最後成爲牛頓所創發的，那一切自然科學裏，最古遠，最精密，最簡單，而又最普遍的萬有引力法則。是不消在此再曉曉贅述了！

星學，所指示的宇宙調和，最初教給我們的，就是在地球上，一見好是全無秩序的現象裏邊，還是有着調和的一件事。潘家賚說：若使人們是居住在那土星一樣爲密雲所蔽着的天體上，甚麼天空間整然的秩序都不曾見，那末，我們在這轟轟然複雜萬狀的地球現象裏，只能看見一些混沌和偶然罷了！

星學的暗示，只止於此嗎？我們試想那發見了的自然法則，原也像人們所作的法則一樣，帶着一點地方的彩色。譬如甲國的法律，未必在乙國是妥當適用的。那末，我們所知道的法則，僅只在宇宙的一隅，——換句話說，就是在地球上，或太陽系內是真理，而一旦出了他的範圍，難免不是虛僞的。——像這樣的疑團，也是應當抱的啊。且既已因爲空間變化，法則隨着變化。那末時間變化，也當然要受着影響的啊。這兩層疑問，要對他答覆的時候，我們又可以推想到星學的啓示了。我們觀察

雙星 (Scorles doubles), 只見他進行軌道, 是畫着一種圓錐曲線。所以在望遠鏡能達到的限度內說, 那雙星還沒有達到依從牛頓法則的範圍。

此外潘家賚又舉示我們星學의 各種特徵, ——如像 (一) 法則的簡單 (二) 外觀上好似不足信憑 (三) 巨大的數字也不避忌 (四) 『自然』並不是給人們直接的利用而後存在 ; 等著明的事實。但我們此處只須指出星學, 是直接明示我們感着『自然』的齊一就夠了。

前頭我們曾經說過, 因為『自然』是齊一的, 所以『法則』也纔可能。但這件事體的基礎上, 還隔着一層, 就是思考的法則。先要經過他把『自然』做齊一的構成起來纔行。那末, 這樣思考的法則, 他的基礎是怎麼樣呢? 我們從特殊的經驗, 一直就飛躍到法則嗎? 譬如見着林檎無風自落, 就飛想到萬有引力, 這怎麼會是不可能的呢? 我們當着法則所能適用的地方, 不一定都要經驗過來, 然後纔能够把法則歸納得出; 並且那也不算是一個法則。法則不是特殊的集合, 乃是由特殊立刻推移到一般的。這正是理論上, 所以說普遍是先乎特殊的理由。況且在先也就說過, 我們如不預想着具體的普遍, 或是一般者, 那歸納法的可能, 終久不會爲我們所能了悟的。

雖然，這個普遍的一般者，要知道他，却離不了我們特殊的經驗。所以從特殊的經驗歸納下來的『法則』，假使他和以後的經驗矛盾難容，就可以知道那『法則』是虛僞，也就不能不把他拋棄了。這原不是說普遍的一般者，和時間是共變的；又或是說他有幾種的含義。只不過是指明以前的『法則』不是真的『法則』罷了。『法則』是真的，這不外是說，那個法則所表示的普遍關係，可以無論次數，都是隨時覆驗無爽的。而我們要知道他，也只有看他 and 經驗一致不一致罷了。保證『法則』真確的唯一方法，就是檢證。檢證原來不是賦與法則普遍性的，任你再三的檢證，而檢證的次數結果，不會於普遍性有所增損。但論到防止誤謬的方法，我們除了檢證——就是把法則適用到經驗的方法——以外，沒有再好的方法了。

構成這種法則內容的，不可不是原因結果的法則，那末物理學上原因結果的法則，果然是怎麼樣的呢？

我們前頭說過——『法則』可能的根據，是在假定，或要求着『自然』的齊一，而『自然』的齊一，要是從時間的觀察起來，就是說『自然』在同一事情底下，一定可以重現出同一的現象。

來。但只一件：我們不能夠盡都知道那或種現象，所由起的事情。像：天狼星（ *Sirius* ），我們不能斷定他對於物體的落下，全然是無關係的啊。假令我們能夠把那些事情通通知道，但也還不容易使那全然同一的事情，反覆的重現出來。所以精確的說來，『自然的齊一』的意味，就是說：——『自然』在類似的事情底下，一定可以反覆重現出來罷了。雖然，類似是具有何等意味的呢？

比方林檎落到地上，是由於怎樣的一件事情呢？對於這個問題，我們可以答道：因為林檎已經熟了。——這是事實不誤的。又說：風吹所以落了。——也是事實不錯的。又說：沒有東西支持着他，所以落了。——也是事實不差的。獨只有牛頓，他推定他是由於地球的引力，是甚麼緣故呢？那不過科學者任意的規定嗎？要是任意規定的法則，也可以容許；那法則的必然性，又當怎樣的解釋他呢？前面那三種的解答，都不過把兩種現象的繼起記述下來。對於思考的根本法則，——所謂充足理由律，是不能算滿足的答覆。風雖吹着，但林檎只有一個落下來，別的都沒有變化。那末林檎落下來的原因，當然不只是風一樣。又說林檎因為熟了，所以落下來。這也不能算完全的答覆。因為熟了的林檎，不一定全部都落；就是還沒有熟的林檎，也有時會落的。那很可以知道，這兩種說法，都沒有

含得普遍的意味了。其次說，因為沒有支持着的緣故。——這樣好像是很帶有普遍性的了。爲什麼呢？因爲比較空氣重的物體，沒有支持的東西，就不會靜止在空中的緣故。實際上推到這裏來，也算非常的普遍化了。然而這也像前頭所舉過的例一樣，只說生物是進化的，——的一種思想，至於『爲甚麼呢？』——的一種要求上，是還沒有答覆給我們的。換句話說，就是——單只有記載的功夫，不是關係到原因結果的說明。所以最末後把他關係到引力上頭，只要地球有着引力，那一切物體，都不能不從空中落到地上來的說明，纔帶有必然的性質。同時太陽和其他的星宿，所以互相維繫不落的理由，也纔得着完滿的解釋。

然而科學者裏頭，有一派是主張把原因的觀念，從自然科學排除出去的。——就是把經驗一層過重視的科學者一派。——照他們說：『經驗世界現象的繼起，僅只是現象繼起的一件事實；習慣上看見有兩個現象常常繼續起來，就把他看成因果關係，但因果關係 (causality)，決不是可以經驗得來的。』馬哈 (Mach, 1838-1916)，克爾亨霍夫 (Kirchhoff, 1824-1887) 等，就是他的代表者，一般稱他做記述學派。馬哈說：『因果是因爲表示感覺的函數關係上，圖思考的經濟起見，

纔創出來的一種思想的產物。」又克爾喜霍夫的主張說：運動的原因，不是「力」。「力」不是可以經驗的。力學上應當要把「力」的概念除去，只要我們把經驗着的運動，做最完全而且最簡單的記述，就算是完了本分的了。但照他們的所說徹底下去，那末「自然的齊一」也只成爲偶然的，就不管把科學的認識，宣告是不可能的罷了。我們處在這種境地，只有說因果的形式，是在經驗構成的時候，由「充足理由的原理」先驗的給與我們。我們把預想着的「自然的齊一」適用到自然現象上，就叫做科學的法則。

二 假說的意味

由假說把法則統一起來，然後將物理的世界，組織做完全的一個建築物，這是科學上最後的目的，曾經略略的說過了。現在我們要進而問那「假說」是怎麼樣一個問題呢？

法則，原是從經驗歸納得來的，所以把他還元到經驗。換句話說，就是把他適用到經驗的事實上，是做得到的。假說，就和這個不同了。他不是從經驗歸納下來的。所以由經驗去檢查他的真偽，正是「牛頭不對馬嘴！」假說和法則，他根本的區別，就在這一點。

一切的科學，都從經驗出發。所以我們總想着：那不能還元到經驗的要素，就會阻礙科學的發達；或是把科學真理的體系紊亂了。又想着：像『假說』一類東西的存在，是不免把科學的基礎動搖了。又想着：科學要是純只由經驗的事實構成起來，那科學的立言，必定還有積極的意義存在。不見牛頓說的：『我不造作假說』(hypotheses non fingo)嗎？把立無用的『假說』功夫捐棄了，專注重在經驗的事實上，就是他偉大的主張啊！

然而科學却含有『假說』，是甚麼緣故呢？那爲的是：要把種種的法則統一起來，做概括的使他互相關聯着。爲甚麼又有這種的必要呢？那原是：我們具得有一種徹底的要求，想把因果關係，做到究極的地步。所以只要把物理學的命題，深深的研究下去，結果呢，一定要發見那不得不爲『假說』所支持的部分。也更可以看得出那從此以上，就不能夠再用因果的連鎖去推尋的終結點。譬如：『以太』(ether)，『能力』(energy)，『電子』(electron)等就是了。我們無論用怎樣精密的顯微鏡，也不能把『以太』、『能力』、『電子』等看得出來。這就是因爲這些不是經驗的事實，是科學者所假定的東西。

雖然，這些假定，不是偶然做得出來的。科學者，不能隨自己的意見，任便採些『假說』來用。一種『假說』，自有一定的必要，須他去滿足。換句話說，就是要他給種種的法則，彼此不相矛盾，不相抵觸的一個關係。譬如物理的作用，不能在無何等媒質的虛空中間傳播。那末從很遠的星宿，經過數百年的歲月，纔把光射到地球上來，是甚麼緣故呢？光從光源出發，一直達到接觸地球的時候，在這當中的時間，非有東西支持着在空間的任何一處旅行不可。因為要滿足這種要求，所以有宇宙是處處用『以太』填充着的一種『假說』。但是要說『以太』是我們可以經驗的，如空氣一類。那又和物理學上別的要求矛盾了。所以對於『以太』特別附與他非物質的種種性質，使他避免和物理學上的定律發生衝突。

『假說』上模範的示例，我們可以從幾何學裏邊看出。幾何學的第一原理，是從甚麼地方來的呢？他不是從論理得來的事實，我們只消看歐几里得幾何學之外，還有非歐几里得幾何學成立，也就可以證明他了。至於不是從經驗得來的事實，更容易了解。因為我們所經驗着的空間，和幾何學上的空間，是完全不相同的。這樣說來，我們不可不叫他做『假說』啊。潘家賚叫他做『約束』。

也只是一樣的意思。經驗科學裏頭，像這種的『約束』也不少。例如說：『地球回旋在太陽的周圍』。不能用經驗來把他認識，所以說他是一種『約束』。可是統一經驗的法則，不限定是一種『假說』，很可以有幾種。不過一種『假說』既經採用，別的『假說』就因此廢棄了。這理由存着在那裏呢？潘家賚答復這問題，舉有『簡單』和『便利』的兩個條件。

絕對空間的認識，既然是不可能的。那末托勒密的天動說和歌伯尼的地動說就是真理誰也不能判斷。說地球是靜止着，來把力學成立起也可以；說地球是運動着，去把力學構成，也無乎不可以。然終久是後說勝於前說，這不外是他『簡單』的緣故罷了。因為他把經驗的法則，能够做簡單的統一起來，完成了假說最後任務的緣故。又如說：歐几里得幾何學，和非歐几里得幾何學，那一樣是真的？我們也不能瞎定奪。不過前者，在學術界所以為一般所採用，是因為他適合在我們經驗着的固體性質上，簡言之就因為他『便利』的緣故。

這樣採用一種『假說』並不為他是真理，為他是便利。換言之，就是不為他和經驗要一致，是為他能够把法則簡單的統一起來。但此處要注意的，所謂便利和簡單，也非要在與法則不相矛盾

的條件以內不可。假使一旦和法則矛盾，那假說立刻失了他存立的意味。從此新的假說，就不得不而出而替代他。對於科學抱有懷疑論的，大多數是把這個假說，過於重視，以為科學的基礎，是在假說。假說一旦倒壞，就猜疑到科學也是破產了。又對於科學抱有獨斷論的，他重視假說，也和前者是一樣。不過後者把假說是一種約束的事實忘却，以為他就是表示實在的了。其實都是輕信之故，都沒有搔着癢處。像歐斯汪德 (Oswald) 說：感覺是從我們感官，和外界的中間那種『能力』的移動上生出來的，所以『能力』正是經驗的實在。他雖是這樣立了『能力』一元論的形而上學，但細想因為『能力』的移動而發生感覺的一件事，實在是由於科學的推理，所尋得的假定。我們對於『能力』的移動如何，終久不能經驗得出來的。那末連經驗的事實都不是，還有甚麼是實體的呢？

雖然，即使我們說假說是由於便利，和簡單的標準選出來的約束，但也不可過甚的把他人為性誇張了。原來從一方面說，那一切的普遍化，都似乎是假說。何以故？因為他是離了經驗的緣故。而科學上供給他自己材料的，却是經驗。經驗是一切科學的基礎，那豈不是和假說無緣了嗎？不然，若借潘家賚的巧妙比喻來說：那造家屋的是磚頭，但光只是些磚頭的堆積，未必可以成個家屋。科學

若是離不了普遍化，那我們從科學把假說除開，是不行的。正和磚頭不能用自己造起家屋來一樣。至於假說的交代蛻變，原是難免的事，但決不是彼此征服了的。

假說上無真偽的區別，那末假說的交代，是甚麼個意味呢？何以到昨日還有生命的假說突如在今日，就會廢棄了呢？這種事情，細思起來，就可以看出那簡單和便利的標準，決不是任意妄造的。何以故？因為假說，是不許有二個以上可以同時並存的。科學的世界裏面，原不許有羣雄割據的『安那其』（anarchy 無政府狀態）存在啊。一定要有賢明的元首，給他把萬機總攬起來的一個世界國家，然後纔足以表示科學的模範世界。至於假說上，本無真偽的區別，只有新陳代謝。而這種代謝，又不是如我們把家屋拆壞了，重新再造一所起來。實在是如那有機體，時時不斷的發育着。廢棄了的假說，不一定是立刻失去他的生命；乃是包含在新的假說中間。福來年（Fresnel, 1788-1827）把『光』的現象，歸到『以太』的運動；後來馬克斯衛（Maxwell, 1831-1879）從電磁作用的研究上，說『光』是流動的。做一層較廣汎些把電磁作用，也含在裏面的『光』的說明。但這不是說福來年的理論，完全失了效力。福來年的理論，仍還含着在馬克斯衛的理論裏邊，一點也

沒有把效力失掉。又由最近愛因斯坦的相對性原理上看，牛頓的萬有引力理論，不免要遭廢棄了。但實際上是不過把牛頓的理論，包含在一層較廣汎一點的理論裏頭。並不是說愛因斯坦的說一出現，牛頓的說，就爲他頃刻把效力失得一毫也不存！

真的假說，和僞的假說，固然是沒有這樣說法的區別，但也有好的假說，和壞的假說的區別。好的假說，是能够把既知的法則，處處包括得圓滿無遺漏。所以一有假說，不能把某種事實包括得來的時候，那個假說，就不能不說他遲早要爲別的假說所更動。且即使那些既知的事實，一一都能够給他說明了，而未知的事實，一旦發見後，也有些使假說不能不改變他的面目。那『銑』(radium)的發見，就是給機械的力學下一個最後的宣告！

一般的說：科學在一方面是從新事實，新現象，新法則的發見，把他的內容，複雜起來，豐富起來；同時又是不絕的，把他概括起來，統一起來。前者是實驗科學；後者就是理論科學。我們這裏借潘家寶的妙喻，很可以明示這其中的道理。

請諸君許我把科學和不絕發展的圖書館來比較着看：——館主所有的圖書購入費，是不充

分的。所以館主須要節約經費，最戒濫用。購入品的負擔者，是實驗物理學。所以使圖書館內容豐富的，也只是實驗物理學。至於數學的物理學（理論物理學）的任務，乃是目錄（catalogue）的整理。任你比目錄整理得如何的好，對於圖書館的內容，不會因此上豐富起來的。但是由他，然後使我們閱覽的人，得利用他的內容，是便利不過的啊！

我們從這個比譬看來：——理論物理學，雖是在論理上應當占科學最高的地位。可是科學內容的發展，却要依着實驗科學的發達。我們切不可把本末倒置了。

第八章 科學和文明

一 科學和物質文明

文明。是。人。間。文。化。的。活。動。和。他。所。產。結。果。的。總。稱。人。間。的。活。動。裏。面。有。精。神。的。活。動。和。物。質。的。活。動。兩。樣。所。以。就。常。識。的。見。解。而。論。文。明。可。以。分。做。精。神。文。明。和。物。質。文。明。兩。種。哲。學。藝。術。宗。教。政。治。等。是。屬。於。前。者；實。業。交。通。等。是。屬。於。後。者。就。中。和。科。學。最。有。密。切。關。係。的。要。算。後。者。爲。最。顯。著。

近。世。人。文。史。上。最。足。以。驚。心。動。魄。的。偉。蹟。就。是。物。質。文。明。的。進。步。而。物。質。文。明。的。進。步。常。常。又。和。科。學。的。進。步。是。平。行。着。的。近。代。文。明。就。實。際。說。他。是。科。學。的。文。明。也。不。爲。過。言。的。啊。那。末。科。學。何。以。能。促。進。物。質。的。文。明。呢？這。不。外。科。學。實。地。應。用。的。結。果。罷。了。我。們。在。今。日。日。常。上。使。用。着。的。東。西。外。面。看。來。雖。是。最。零。星。最。瑣。碎。的。了。但。他。那。背。後。還。是。有。很。深。遠。的。科。學。理。論。含。藏。着。近。世。國。家。裏。面。最。可。驚。訝。的。就。是。富。的。增。加。和。生。產。律。的。增。大。而。這。些。都。算。是。科。學。的。賜。物。啊。星。學。和。蒸。汽。機。關。的。發。明。就。使。航。海。業。的。發。達。促。進。許。多；而。商。業。革。命。也。自。然。就。發。生。了。又。因。爲。蒸。汽。機。關。的。利。用。使。機。械。工。業。成。顯。

著的發達；而實業革命，也不得不引起了。近世市民社會的發達，是由資本家的生產制度；而資本家生產制度的確立，卻完全是依着科學的發明。換言之，就是隨着科學進步的階級，由家內工業，手工業等，一變而為製造業，再變而為大實業的勃興。於是乎大多數的資本，都集中到少數者的手裏。社會也就變成了那巨萬富豪和無產賣工的勞動者兩階級，時時刻刻，在分爭不寧的現代的資本社會。

隨着科學的進步，那「富」的增加力，是怎樣的膨大起來呢？這個我們舉一例來看，就可以明白了。無政府主義學者克魯泡金（Kropotkin）在他著麵包的掠取（*Conquest of Bread*）一書裏頭，說道：『像在亞美利加那樣廣大的平原，只要有一百個人，偕着強大的機械幫助，不消幾個月，就可以生產出充分的小麥，足以供應一萬個人在一年以內生活的用。……在實業上的奇蹟，此外更有顯著的東西，就是一百個人的織工，借着近世機械的協力，可以做出供應一萬人在兩個年間穿着的被服來。管理要是完備一點的炭坑，只要百十人的坑夫，就足以採取供給那嚴寒地方一年間，萬家以上所需要的燃料。我們最近不是目擊了兩次，對於法蘭西國民的日常生活上一點不發

生障礙。在幾個月裏頭，就在巴黎裏面湧現出最可驚賞的都市光景嗎？（指一八八九年和一九〇〇年的巴黎萬國博覽會。）克魯泡金作這篇文章的時候，已經過去了二十個年頭。要在今日，那比較數目，更是達到數倍以上，可不難想像而得了。我們不是在眼前，就經驗了那東京市內，幾個月的光景，就出現了一個小都會，綿互在山野山麓，直到不忍池畔的一帶地方嗎？（指平和博覽會。）

這樣寄與實業方面——儘可以說是近代生活的中心問題——的科學影響，算是很大很多的了。但此外科學還貢獻給我們實際生活的效用，也是不遑枚舉的啊。舉些例說：星學是對於航海業，給以便益之外，還可以作測量家，地圖作製家的指針。又暗示我們地球表面上，各地方的正確時間。釀造，染色，胰皂的製造等等，原是在化學理論先前就有的。但一到化學理論的完成，就實現了很可驚的，化學工業上的進步。空中氮素，對於釀造業的效用，和『藍』的生產等，就是他最明顯的例子。物理學方面，不消多說，只看那電報，電話，無線電報，飛機，和電車等的發明，對於人文有何等的效用，也就夠了。生物學的效用，也只消舉細菌學，生理學的對於醫學，衛生學，藥物學等，有何等的影響就夠了。

華勒斯 (Alfred Russel Wallace) 在他著書可驚的世紀 (Wonderful Century) 裏面，把十九世紀和十八世紀以前，所有科學上的發明，比較着看十九世紀裏頭，第一流有用的發明品，有過十三種之多；而十八世紀以前的，頂多不過五種。他舉十九世紀的主要發明品，如下：——鐵路，汽船，電報，電話，火柴，煤氣燈，電氣燈，照像，留聲機，鑾琴 (Röntgen) 光線 (一名「愛克斯」光線 X-ray)，『司配克士』 (spectrum 光彩) 分析，痲醉劑，防腐劑等。十八世紀以前的發明品，爲：——望遠鏡，印刷機，航船用羅針盤，阿刺伯 (Arabia) 數字，羅馬文字 (alphabet) 等五樣，就附加上蒸汽機關，和寒暖計，也總計纔不過七樣而已。這種比較，本如湯姆生 (Thomson) 所指摘的，多少對於十九世紀過於寬大一點。但科學上加速度的進步，和他影響到人文的效用，只消就這個例來看，也是很明顯的了。若更用他來和二十世紀最初二十年間的比較一下，那這二十年裏頭，科學的進步成績，實在可以匹敵十九世紀以前，全歷史期間所發明過的。現在舉那發明品的一端來說，像如：無線電報，無線電話，飛機，飛艇，銑，活動電影等，是以和向來所有的大發明，互相匹敵的，實在是指不勝屈。只可惜的這等發明品裏頭，多半不用爲增進人類一般的福祉。有的使用在戰爭，做殺人的武器；有

的爲資本家所壟斷，供榨取的工具，這也是無庸諱言的事實。雖然，這不是科學自身的罪累，是由於社會組織的缺陷。我們切不可使李代桃僵啊！

由上看來，科學的目的，一見好像是在實際的效用，可以無庸多說。同時，就從他發達的根源說，也可以發見他一樣是爲着實際上必要的刺戟所引動出來的。實際，大概都是在理論之先，就存在的。照凱斯（Thomas Case）說，他以為就是最抽象的數學，也是從具體的經驗得來的。他說：「人們從數手足指頭的經驗上，纔有算術，從計手足大小的經驗上，纔有幾何學。他們接着就用這些具體的物件做標準來測度別的物件。幾何學就只是土地測定的意味罷了。埃及（Egypt）最古的數學書——紀元前一七〇〇年頃，所記錄的阿梅詩（Ames）在「紙葦」（papyrus）紙上記的書本——裏頭，關於三角塔（pyramid），方尖塔（obelisk）等，都測量得有。但在行抽象的「表面積測定之先，總是就具體計算。要而言之：若把數學就歷史的關係上看，那是從經驗達得到的具體的物體上起首，漸次由具體推到抽象。所謂抽象的算術上的單位，抽象的幾何學上的點，都是逐漸推進後得來的。這樣成就了從具體，推移到抽象的分析，和把數學從分析，變化到綜合的歷程，要算是

古代希臘哲人的功績。』這樣把數學從歷史的發生的考究起來，我們不能不承認凱斯所說的是真理。又博蘭孚（Brantford）對於科學和職業，做了一種很有興味的觀察，我們此地把他摘錄一些，如下：

一切的理論，一切的知識，一切的科學，都原是從職業上的學問，發生出來的。打鐵的，是物理學者。農民和牧畜的，是植物學者。獵戶是動物學者。水夫是地理學者。科學不是虛浮在空中的，也不是離開了繁雜的日常業務，去獨自成就了甚麼神祕的發達。科學不論他是古和今，都從我們人類對於自己的事務，要想做最簡捷便利的整理起來，那種人間的慾望和努力上生出來的。人們進步的一大條件，就在這科學和職業兩者相互關係的上頭。舉個例來說：『有一個孟舉（Monge）的人，在一七五〇年頃，生於法蘭西的很貧窮的行商人家。他少年時做了一個建築案，在故鄉的街市上，被一位機關大佐看見了，很賞識他。往後送他進了士官學校，在那裏學了一些製圖和測量等技術。後來他看見那種築城計畫，都是用些煩雜的算術計算來編製，未免累贅，就想出一種幾何學的方法代替他。起初還不得上官的書眼，給他看也不看一下，臨了最後試驗下來，方纔承認他的方法，確

是比從前的優勝。這不是別的，就是後來奏了多大效用的幾何學裏的一個分科，叫做應用立體幾何學了。往後孟學加上一層研究，不僅給實用方面許多便利，同時對於數學本身，也有了不少的貢獻。』以上博蘭孚的說法，要是把科學從發生的，歷史的方面觀察上去，也不失為一種真理。

物質文明，和科學的關係，就上面所舉的例看，已經是很可以明白了。但這種科學實用上的效果，我們不可被他瞞過。不然，倒為他把科學上理論的意味誤解了。我們在次一章，應當就要對這個問題，有一點論述，不過現在且轉一轉方面，就科學和精神文明的關係上，給他一瞥纔好。

二 科學和精神文明

科學對於物質文明上，貢獻他那燦然的光輝，已經使我們嘆觀止了。然轉過眼來，看他對於精神文明所貢獻的影響，是怎麼樣呢？在這裏我們也可以發見同樣的奇蹟。不論精神文明的那一方面，都有『科學的』一語，將着絕大的權威，浸淫在我們的腦筋裏。甚麼科學的教育，科學的宗教，科學的記憶法，科學的經營法，科學的社會主義，科學的演出法，科學的描寫，……說起來科學實在有所向無敵之概！自從學藝復興期以至今日，他大逞猛威，對於一切精神文明的王國，都挑了戰，並且

使他雖伏屏息下去。科學的歷史，正和長勝將軍，大拿破崙的歷史相髣髴啊！

科學最先征服的，就是宗教。學藝復興，已經把神學從精神界帝王的地位扯下來，另把『理性』扶正了。於是，教會也不是真理最高的審判所了。於是，宗教自身，也不得不自己促成那革新的氣運了。甚麼宗教改革，新教的勃興等等，都是宗教對於理性的讓步啊。科學的精神，是如培根所說的，不外是『偶像的破壞』。然宗教家偏要在偶像底下，使人們知的活動，隸屬於他。那末就此起了爭端，也是不得已的。不過我們看教會對於科學家，只能夠處他的刑，燒他的書，緘他的口，此外要想把真理隱蔽起來，是萬萬不能夠的，科學的強處，正是在這裏。後來教權和科學的爭鬪，終究歸科學的勝利，那也是當然的事！又凡是在科學以前，人們的宗教心上所關涉着的迷信，往往支配了人們活動的不少部分。然把他打破征服了的，還是科學的力量。照東洋古代的傳說講：地震是因爲地下的大鯨魚翻身起的雷響；是天上的鬼，打着大鼓跑，像那樣的解釋下來，也公然信了！但一到科學——地質學，氣象學，電氣學等起來，那些謬說，就一齊洗刷清楚了。星占也爲星學換過來了。雖然那麼說，我們確實還有一個問題，就是可以拿理性說明的限界裏，常常又有反理性的假定在着。像如『以太』

那樣假說，我們怎能斷定他不會有一日用來做證明人知的幼稚呢？安知道這種『以太』的假定，不是等於迷信的呢？須知道：我們很能夠把合理的知識的界限儘量的擴張去。但終究不會把迷信的根底都拔除了。迷信和科學的境界看起來，正不過是表示那知識擴張史上一定的階段罷了。那末宗教和科學，本質上就應該相矛盾嗎？宗教和科學，就應該永久的繼續着互相爭持的嗎？倘其若是，那人們有着宗教的信仰，和科學的究理，這麼兩種精神上的作用，他本身已經是不不得不自相矛盾了。宗教把科學打消去；科學又把宗教否定了。那末人們的活動，還有甚麼積極的意味呢？對於這種懷疑的不當維持，我們是早就有着那科學的真理，他用疑無可疑的確實性來證明給我們看的事實在。宗教要是把他否定了，那只能算是宗教的獨斷。五圓的兩張紙票，那個說不可以當十圓的紙票通用？這個數學的真理，宗教如果把他否定了，那還有甚麼說？不過這是很容易分辨的事，不須多講。轉過來，我們從宗教的立脚地着想，人們要是對於有超自然的信仰上，用科學來和他挑戰，又怎麼樣呢？科學在經驗世界，誠然是最賢明的獨裁君主了，但一到了超經驗的世界，他的力量，卻和嬰兒一樣薄弱的。這麼說，我們好像得了一個真理了。那個真理呢？就是——科學和宗

教，並不是天上地下，亂入亂出，互相爭持的。各有各的界限，越了雷池一步，就不行的。詹姆士（William James, 1842-1910）說：『宗教在人們的歷史上，自有許多的意味。……所謂自然的秩序，固是構成經驗世界的，但只能算是全宇宙的一部分。這可見的世界外，還有不可見的世界存着。我們對於他，現在本沒有甚麼積極的知識。不過我們現世生活的真正意味，總是在這可見的世界，和不可見的世界兩者的關係上。人們宗教信仰的本質，在我個人的意見，好像似就指那自然界上所不可見的謎子，都可以在那裏發見他的說明，這樣一個不可見的世界，是確實存着的一種信仰。』（*He will to believe*）。

其次，科學及於哲學和藝術的影響，也給省察一下——這裏也使我们不能不拋棄那哲學、藝術和科學，是在同一領土裏面，亂入爭持的那種模稜觀念。他的意味，我們在後面『科學的限界』裏邊，還要詳細的說明。現在只要把那先入之見剷除，知道科學、哲學、藝術，都各有各的限界就夠了。從古代以至現代，哲學上的問題，雖是經過種種的變遷，但大體上說起來，可以說是在乎實體論、學藝復興中間，受着尊重理性的風潮，產生了理性哲學。及後隨着實證科學的發達，哲學又受

了他的影響，英吉利的經驗哲學，就是這一類了。和牛頓的大發見，互相呼應；哲學界裏，也發生了康德的批判哲學。由康德纔把實體論，從哲學的領土驅逐出來，使知識的批判，變做了哲學的中心問題。而供給他內容的，卻常常是自然科學。他舉物理學，和幾何學的根本原理，做先天的綜合判斷之模範。但後來科學進步，又把他的不然之處證明了。達爾文的進化論，也是不能不與哲學以深切的影響，像尼采（Friedrich Nietzsche, 1844-1900）和斯賓塞的哲學學說就是了。赫克爾（Haeckel）也是受達爾文進化論的影響，把動物和植物，歸到所謂『畝涅拉』（monera）——生物的原體——的一元上，又把生物，和無生物歸到所謂『蘇普斯湯疵』（supratanz）——本質——的一元上，建設了他那有名的一元哲學。和這個一樣受了『能力』（energy）學說的影響之歐斯汪德（Ostwald）他以為『能力』纔真是『自然』終局的經驗要素。就是精神現象，也不過是『能力』的一種形態而已。——他又唱導着這麼一種『能力』一元論。照以上所說，凡是科學上有的大變，更，往往波及到哲學學說上的革命。這原來是哲學和科學的界限不明，所以牽引出意外的結果來。然科學把哲學從獨斷的導入批判的歷程，是不可掩的事實啊。現在相對性原理也對於時間，空間

運動等考察上，與哲學者以不少的新刺激。將來哲學上受他的影響，是一定無疑的。

藝術和科學，一見好像是正相對的。但仔細看來，藝術，也不能超然於科學的影響之外。近代文藝發端的寫實主義，和自然主義，都是採用着自然科學方法，做描寫法的。只要有常識的人，無有不了然這個關係的。像泰納（Hippolyte Taine, 1828-1893）把他採用到英吉利文學史上。蒲柳提爾（Ferdinand Brunetiere, 1849-1906）是從進化論的見地，去解釋文學史。左拉（Zola）是取用科學的方法，做小說的描寫，而描寫的革命，同時又引起了題材的革命。無論詩，繪畫，彫刻，音樂，從前的題材，大抵都是荒唐無稽一類。但現在卻漸次求之於事實了。從神仙到王公，從王公到貴族，又從貴族到平民，藝術的題材，顯然是這樣的擴大起來的。就現在說，工場裏邊，貧民窟裏，無一處不是藝術家發見美的地方。

其他，道德，也是受着科學影響的，無庸多說。就是政治，法律，戰爭，那一件不受着科學的影響呢？科學，跨在物質文明和精神文明的兩界上面，處處都惹動了空前的革命氣勢。科學對於人們生活，奏了這麼樣莫大的效用，於是科學的目的，只在實用的思想，也發生了。實用以外，沒有甚麼意味的

淺見，也萌動了。數學，只對於計算測量有用，別的沒有意思；電氣學只供電車，電信等有用，別的沒有意味，這種近視的思想，也傳遍了。我們往後對於這些思想的正否，不可不加以嚴正的檢覈啊。

第九章 科學的價值

一 爲科學而爲的科學

科學是不是對於人們生活有用，纔有意味嗎？離開有用，就無從說科學有價值嗎？這個問題，實在是很有興味的。我們這裏，且先看看潘家賚，是怎麼個說法。潘家賚在他所著科學的價值內天文學的一章底下，陳述如次：——

『政府和議會，想天文學是最耗費用的科學，可無庸說。爲甚麼呢？即以最小的機械而論，也要值數十萬法郎。一到有日蝕，月蝕的時候，還要臨時支出。而所爲的是一件甚麼事呢？不是爲的是距離很遠的一座星宿上嗎？不是爲的對於選舉運動，全然無干係，就是對於將來，也不見得有甚麼關係似的，那些星宿上嗎？政治家所以依然把費用支出的緣故，想來也不過他們還保有一片理想主義的遺物，對於偉大的宇宙，維持着一種漠然的本能罷了。我確實相信，他們在實際上，還受着許多人的指摘呢！所以在這些地方，一定要勉勵他們，使他們知道他們的本能，未嘗欺哄了他們。就是那

種理想主義，也未嘗蒙混了他們。這也不算是我們學者徒費的功夫啊！』

潘家賚在天文學一章裏，這樣起筆以後，就把天文學的有用，並不是尋常事的道理，再三說明了。雖然，所謂『有用』者，也並不是平素說的，他對於海軍上，航海上，有用的意思，借潘氏的話來說，就是——『使我們能夠把我們自身超越了，所以有用；偉大而且美觀，所以有用。』尤其是『天文學他能夠使我們理解「自然」能夠使其他直接有用的各種科學，得不少研究上的便宜，所以是有用的。』一般人們，多只看眼目前有用的，——就算他是已經把科學的目的達到了。又相信那日常生活上，可以應用得來的，就是科學的價值所在。於是直接對於人體病患，沒有甚麼關係似的，所謂細菌學的研究；或是隔着甚麼幾百千『光年』的，星辰的研究等等上面，假使有些學者，去埋頭伏案，苦身焦思的工作，就有許多俗人，笑他迂闊無用了。原子的構造，是怎麼樣？『赤』的色，在一秒間的振動回數，是百萬的四億倍。幾億萬年前的地球，是怎麼樣？這等研究，實在對於我們日常生活，好像沒有甚麼交涉似的。尤其是非歐几里得幾何學虛數等，在數學裏邊，既不是用做地面的測量，也不是用做金銀的計算，更覺一毫沒有關係的了。然而世上的大學者，卻要煎心血，熬精神的去研

究他是甚麼道理呢？原來所謂學者，就是專心探究真理的偉人。在他們的心裏，簡直沒有閒功夫去問他所研究的，直接對於人們有用沒有用啊。把那些收獲——真理——應用到人們生活上，當然又是別種的事業了。像「應用科學」那樣的名稱，大半爲學者所嫌忌，就是因爲「淺嘗」的緣故！科學和科學應用，不可不做兩樣事業考察呀。

托爾斯泰責難科學者，說他們不鑑於實地的應用，去選擇科學的對象，竟是偶然的去隨意選擇。照他講，定要爲人生而爲的科學；纔有價值；和人生獨立的，換句話說，——爲科學而爲的科學，就沒有甚麼價值的。但我們對這問題，不可不加以一層較深的考察。所謂鑑於實地的應用，而選擇那科學研究的對像，是怎麼個意味呢？譬如這裏因爲人口過剩的結果，一般的糧食，都感着不足。那末只要從大地，或是空氣，把食糧生產出來，豈不是非常的有益。現在就使學者們，把研究對象，選擇在大地和空氣上頭。然而一樣準備也沒有，把大地踐來踏去，究竟會有甚麼得到手。研究都不是，還說甚麼科學呢？科學的研究，他和實地應用，是無甚關係的；他有他自身的，理論上的體系，別無所謂能夠左右他的東西。

從歷史上看，一切的科學，都是循着實用上的目的發達。然他一面發達；一面卻把自身的理論的體系，也完成了。而那個體系，和實地的應用，是全然無何等直接關係的。要是以實地應用，做科學的研究上標準的時候，為科學而為的科學，就失了他存在的意味。連科學自身，也怕有些不能成立了。科學者發見一種原理，不是把特殊的實地應用來做目的。一種原理發見了，把他應用到增加生產，或減輕勞力，固然是好；就把他惡用做殺人的武器，也無乎不可；在科學者自身，原是管不了這麼多！可是我們看實際上，科學原理的大部分，總是對於人身有實用的貢獻。且目前雖沒見有甚麼實用價值的原理，到了他日，也很容易期望他獲得實用上的價值。牛頓見林檎落下，想到地球的引力。當那個時候，他未必就能夠預想到今日，像在物理學裏面，那樣頻繁的應用罷！科學者埋頭在原理的發見上，自然顧不到別的方面；實行家乃從原理裏面，發明出有用的機械來。假使有一個學者，對於兩方，都能兼而有之，那是再好沒有了。但兩者的目的，却要認清楚，是全然屬於別種，不能相混淆的。

從常識上看來，把似乎那很荒唐無稽的相對性原理之發見者愛因斯坦拿來和發明界的偉

人愛迪生 (Edison) 比擬一下照實用的方面去批評他，豈不是愛因斯坦連腳根都跟不上愛迪生嗎？但就科學者的方面而論，想來一定會有人說愛因斯坦高出愛迪生數等的。在這意味上說，科學實在是為科學而為的科學，不是為人生而為的科學，可以恍然明悟其中的消息了。況且『實用』一語，要是從最廣義的來解釋他，那正惟為科學而為的科學，纔同時又能夠表示為人生而為的科學的偉大處。

皮耳遜從他自己所得的經驗上，舉有以下很有興味的事實，說道：『我從事技師的養成，已經十六個年頭了。而在今日，覺對於斯界處優秀地位的，卻發見一種出於意想外的事實——就是在當時只要對於自己職業有些益處的事實和方式，都忙着記憶起來的一類人，到底失敗了。反是注意在方法上；或是避開方式，費些思量在證明上；又或是不亂着去收集一些像有益的事實，對於那煩難的專門研究上有興趣的，終究成功了……職業教育，是要在教人觀察和思考。』云云。照這樣看來，可以說真正對於人生有用的東西，不是實用的知識，倒是原理一類的東西呢！又斯蒂芬孫 (J. J. Stephenson) 在他論文寄與純粹科學世界的一些貢獻上，就責難世人，徒在科學的實用

方面，爲他所幻惑；至於理論的價值方面，卻太把他付諸等閑了！他說：『實業進步的根基，大部分是爲那些把實用攔開，幾乎和他不生甚麼關係的，純粹科學者所敷設就的。』踏出第一步的是研究家；繼後發明的纔是發明家。』云云。

這種事情，只消看歷史的事實，就明顯了。法拉台（M. Faraday, 1791-1867）於一八二五年把石油精（Benzin）發見了。九年後米捷里（Mitschlich）又發見他從『朋純』酸裏邊把他取出來。像這兩位化學者，當他們發見的初頭，萬不會想到這透明可燃性的液體，他日會示人以可驚的實用價值啊。我們試看那種合成物，實地應用起來，範圍之廣，規模之大，在前世紀末的時候，單數德意志一國，他『朋純』工場裏面勞動着的職工，已經是達到五萬人了。其他蒸氣機關，電信，電話，發電機等，在當初那一樣不是從理論科學生出來的，現在還要待人去說嗎？一八五三年，威廉湯姆遜（William Thomson）在哲學雜誌（Philosophical Magazine）裏，發表了一篇論文，算是開了電波振動理論的端緒，然他裏面，就已含着無線電信的基礎，是沒有一人在當時就會預想得到的。

科學者，原是真理探究的人，所以無論怎麼樣的真理，都相信他可以供給一種應用，是無疑的。不過實地應用，不能當科學的目的，我們從以上的說明看，想來很可以相信的了。然科學者的活動，真理的探究，也不能盡說他和社會，是完全沒交涉的。孔德說的：『知識是預見；預見就是力量。』在這個意味上，我們可以說：『爲科學而爲的科學，同時又是爲人生而爲的科學。』科學的原理，不管他是應用到甚麼有害的地方，決不是科學本身的罪惡。所謂毒瓦斯，潛水艇，藉着科學的威力，頃刻間奪了幾百萬人類的生命；但我們不能因此就相信化學，物理學是對於人生有害無益的。我們應當知道：另有一些負責的人們在呢。

二 科學的限界

自然科學，跨着物質文明，和精神文明的兩分野，像一個暴君，行使他的權威，當之者是莫不被靡，退避三舍的。因此由這情況生出來的一切迷妄，也就在不知不識之間，潛移默運到近代人的精神裏面，這也是怪不得的！他們說：『科學是解決一切的東西。』他們相信：哲學，藝術，宗教，都失了存在的餘地了。這種議論，我們稱他做『科學萬能論。』

這種議論的值得支持，只稍稍微把批判的眼孔打開，就知道了。沙士比亞 (Shakespeare) 在哈孟雷特 (Hamlet) 劇中，使他說道：『候來旭 (Horatio) 君對於天和地。是比你那哲學所夢想的，還有許多存在着呢！』歌德 (Goethe) 在浮斯德 (Faust) 劇中，借他口中嘆道：『我是哲學也好；法律也好；醫學也好；甚麼都好。就是神學，也從頭到尾，拼命的學過來了。到如今，把學問裝腐在肚子裏的我，照樣還是一個蠢人，一點也沒有聰明起來！』科學，不是人生問題全部的解決者，從這些偉大詩人的片言隻句中，也就很表現出來了。我們的知識——無論是空間的或是時間的——所能達到的範圍，萬不會及那無限的宇宙。星學，雖是指示我們那隔着在非常遠距離的星宿的存在，和他的運動。但進一層問，那距地球最近的火星，以及月球等，他表面的現象是怎麼樣，卻不能知道了。望遠鏡雖是能夠縮短些距離，但比着無限的距離來，那比肉眼和望遠鏡的差，就只是以五十步笑百步罷了！我們科學上的知識，不論時間的，和空間的，都是這樣有着限界的啊！

我們不必去探科學的限界，到無限時間，和無限空間的那一邊。就在眼面前，已經可以看得出，科學和拿上陸來的魚一般，有一毫動彈不得的時候！精神方面，不就是這種的明證嗎？列門 (Du

Bois Reymond, 1818-1896) 把物質的起源，運動的起源，生命的起源等，列爲世界的七不思議，並且把他做科學知識的限界。然我們更不必遠溯到起源去，就精神現象自身看，已是科學的說明，所不能爲力的了。不消說，生物學，生理學，心理學等，是合起力來，要想在這一方面，把科學的限界突破。但其實造一隻超弩級艦是容易的，使科學做出一匹活的風子來，卻是萬難的！從這裏看來，要想把限界拆去，真正還是一件前途遼遠的事體呢！拉門特里 (La Mettrie, 1709-1751) 曾說過：『人是一付機械而已。』赫克爾又圖把物質，和精神做一元的說明，像前頭說過的那『一元論』論法。就是在今日，也因為要想把生命，和精神現象，做機械的看待，用自然科學方法來說明他；不知費了多少的心力和努力，這也原不是徒勞的事情，或者有良好的希望也未可知。關於這點上，我們在本講義別冊『生物的根本問題』裏面，詳細的，又再說明。總之：科學的研究，到底不出因果的關係以外；要想超過了他的範圍，那就不是科學的領域以內事體了。

這樣科學的認識，可見他的有效範圍，不是無限的，是限定在一個範圍以內的。而且人們的精神活動，不僅是限於成爲科學基礎的知識作用，此外還有感情和意志的兩種作用啊。他那裏確是

和科學，是別有天地的。藝術，宗教，道德等諸世界，就是在那裏展開着的。前章裏頭已經說過，科學對於這些世界，果然是與以不少的影響；但在藝術，或道德的本質上，卻一點也沒有關係。美學，是立美的定義；倫理學，是做善的分析。然美學，不就是創造藝術；倫理學，不就是發生行爲。在這些地方，也很可以看得出科學的限界來。佛朗士曾說過：『科學教我們地球的周圍有若干；太陽的大處，有多少。但這種事實，對於倫常的愛；一點也黏染不上。地球對於人們的苦和愛，是還隔着幾層的呢？』這樣說法，當着抱持科學萬能主義的人們，真算是頂門一針了。科學不是萬能，我們還有科學以外的新天地。在那裏是因果的法則，失卻了效用；『能力』的恆存則，喪失了意義的！

最後還有一件，在科學的限界上，很爲重要的事情，我們不可把他忘卻了。因爲以上所舉的限界，都還是構成科學外廓的限界；此後要舉的，是科學自身——換句話說，就是造成科學根底的限界；也就是指科學知識的確實性的限界。這不是說科學的認識有效到甚麼田地的限界；是說科學的認識他自身堅實到何等程度的限界。對於這一點，就科學的根底上，加以深銳的批評，要數『實用主義』（Pragmatism）實用主義的主張，可以把他要約在『科學的真理，是有着實用的結果』

的。』一語裏邊。換句話說，就是把絕對真理的觀念排擠出去，把真理的相對性強調起來。雖然，要想把這一層徹底下去，那麼真理，就不得不成爲個人的東西。而實用論者本身，卻又要極力的避開真理是個人的東西的說法。所以屬於實用主義的人，有些（像如席勒 F. O. S. Schiller）就唱導：『真理是社會上多數人所公認，所以爲真理』的學說出來。但多數不是產生普遍的真理。不是因爲多數公認他，所以爲真理；正以他是真理，所以多數纔公認他，這是絕對論者所要說的前面屢次徵引過的潘家賚，也是具有實用主義的傾向之一人，因此他受着絕對論者的批難也不少。我們對於這個問題上，也最好是聽聽他一家的說法如何罷。

三 科學之客觀的價值

實用主義的承認，明明是否認了科學的客觀性；而容許他的相對性和偶然性了。然而把科學上的假說，做爲人爲的，並且說在那裏是無所謂真不真，只有便利與否的一途罷了。這樣的說法，見好似素來主張相對論的潘家賚，御轉過來辯護着科學之客觀的價值。使實用主義者詹姆士來說，就要嘆息那——『偉大的潘家賚，也在這間不容髮的地方，把實用主義逸去了。』雖然，潘家賚

他把實用主義逸去，究竟是他偉大上的微瑕嗎？又或是轉足以增進他的偉大呢？我們還不能輕易的給他斷定。以下將他所說的摘錄下來，任讀書諸君批判罷！

據潘家賚說：在我們所棲息的這個世界裏面，保證給我們客觀性的，就只有我們，和我們以外的思考者中間，『這個世界是彼此通共的』一件事體。所以客觀性的第一條件，就是客觀的東西，要在多數人們的精神裏，是共通着的，所以不可不有一種從個人起，能夠傳達到他人的性質。不可但他人的感覺界，對於我們自身，卻是一個永遠閉鎖着的世界。自家看了說赤的感覺，究竟等於別人看了說赤的感覺沒有？我們難得一種檢證他的手段。櫻實和芥花，自己覺着是『A』色，別人却感爲『B』色；同時植物的葉，這已覺着是『B』色，別人又覺着是『A』色，這樣假定起來以後，即使這些假定是真的，我們也沒有甚麼證實他的方法。何以呢？自家說『A』是赤的，別人說他是綠；自家說『B』是綠的，別人說他是赤，又有甚麼準則呢？然而也不管他內容的性質如何；櫻實和芥花，確是與我們——不論自家或別人——一種共通的感覺，都給他叫做赤，是確確實實的。這樣感覺或感覺的性質，我們不能夠把他彼此互相傳達，但一到感覺間的關係就不然了。所以可說：只

這『關係』就是具有『客觀性』的。這樣看來，客觀的東西，是沒有性質；只有純粹的關係。換句話說，就是由談話上可以傳達給別人的；或是給別人能夠理解的，纔有客觀的價值啊。

既是這樣，那麼科學是甚麼呢？科學不外是『關係』的『體系』啊。我們把外界的事物，叫做『對象』。這種對象，不單是感覺的集合，也不是一時的假象；是恆久集合起來的結合，所以纔成爲對象。惟有這個結合，對於那些事物，是給他成爲客觀的東西，而這種結合，其實又不外是關係罷了。所以我們若有科學客觀上價值如何的問題，那他的意味應該是——科學教導我們事物間真的關係沒有？至於事實的本性，很可以無庸顧慮的。科學的理論，要是標榜着教導我們以熱、電、生命等的本質是甚麼，那一定要招失敗的。緊要的問題，還是在第二個方面——科學究竟教導我們真的關係沒有？

這個問題，我們可以把他要約到：科學所敘事物間的關係，果是恆久的東西嗎？可以維持到後代子孫的中間嗎？一個簡單的問題裏頭。我們往往看見科學理論的存續期間，只爭一日之長，日日的變成廢墟累積了。今日發生，明日流行了！再日則萎靡，又再日則腐朽了！又其次則竟忘卻，脫離

我們的記憶了！我們不會有這樣的感想嗎？但仔細檢點起來，像這種生滅無常的，確只是科學中的一部分。而這一部分，又正是平常教導我們事物的本性是甚麼甚麼的那一部分罷了。其他的一部分——指示我們那真正關係的那一部分，倒是前後一貫的存續着，只改變了一些形式，重新表現在新的理論裏頭。譬如福來年說光是一種運動；馬克斯衛又唱光是一種波流。然馬克斯衛說的波流裏面，也正含着同一的關係，像福來年所說的，存在着在運動的中間。因為這個關係，科學的客觀性，也纔可以存在。

不消說：我們曾經認為確實的結合，表現出來有些時候卻是不如此的。在這時候，我們明明是陷於誤謬的了。但是大多數的結合，現在存續着，將來也可以想到還是存續着的。他的客觀性，和外界對象的客觀性，是一樣的。我們不信明天太陽會從西方上來。我們於不信現在綠色的木葉，瞬間後就變成了赤色。我們更不信今日從樓上落到地上的物體，明日又會懸在空中不落下來了。像這樣的結合是關係的客觀性，同時又是科學理論的客觀性。怎麼說呢？因為他也不是指示我們一層微細精緻的關係罷了。從這個意味說來，可以說唯一的實在，就只是事物間的關係。一言以蔽之：

唯一客觀的實在，就只是事物間的關係。世界的調和，也是從這裏生出來的。這個關係，這個調和，原來離開了思考他，感知他的精神，是不能理解的。但因為他無論現在和將來，只要是能思考的人，對於他都是共通着，所以爲客觀的。

我們既經知道意識以外，沒有實在的世界。那末潘家賚科學的價值之最末的一節，同時又不可不是這章之最後的一節。『思考以外的東西，都是純粹的虛無。何以呢？我們除思考外，不能再作思考。我們對於事物上所用的言語，也是除思考外，不能更求甚麼說明的。所以主張思考以外，還有別的存在，簡直是無意味的主張。』

『雖然——在相信『時間』的人，或者是不可思議的矛盾——地質學史不是指示我們，那人生不過是一節插話，橫着在死沈沈的，兩極前後無盡的永劫中間嗎？又不見在這個插話裏頭，所謂意識的思考，不管是過去是將來，除了一瞬間以外，就不會繼續着的嗎？思考是漫漫長夜裏的一閃光！』

『但要知道：這個閃光，也就是切啊。』

我們不必遺憾，我們的一切活動，不能越出意識以外半步爲窮屈。意識以外，還想有甚麼東西存在的，倒是迷妄啊。

意。識。就。是。一。切！

第十章 最近科學的概觀

一 機械的物理學

說到前章，我們對於科學上一般的問題，——科學概論上應該處理的問題——大體已經道盡了。本章裏頭，我們想舉兩三個例證，關於最近自然科學理論的發達上，最為顯著的東西。不消說，就道是自然科學，也並不是對於各種特殊科學，把最新的學說一一舉出來。況且那也不是科學原理裏應有的一章。所以此後我們想說的，是論理上居自然科學頂點地位的，理論物理學裏頭的理論一方面，是可以無庸贅說的。雖然，就是要理解這麼一點，極其表面的關於最近理論物理學的知識，也不可不大略的知道一下，從伽利略創首，由牛頓集成的機械物理學，是一件怎麼樣的事體？

伽利略是自然科學研究法的創始者，既經說過了。照他的研究法來說：他以為物質世界的究極要素，是沒有性質上的差別；只有幾何上的形狀，或是大小等量上的差別的一些原子。而經驗世界的現象，就不外是這種原子的運動。宇宙間真正存在的東西，究竟只有這種原子和他的運動而

已。原來自然界裏面，有着種種性質上的差別，但都不過是感覺上差別罷了。感覺的差別，是主觀的差別。所以真正客觀的存在，只除了由數學的關係結合起來的原子以外，再沒有甚麼別的東西了。

這種原子，決不是自由增減生滅的；乃是永久存在的。自然界裏所起的諸種現象，都不過是這種原子運動的複合罷了。但即使運動，也在別的運動不影響着他的時候，萬不會自身生起變化來的。運動或靜止的狀態，是永久不變的。一種運動狀態的變化，必定是由於別的運動狀態的變化而起的。這個就是那有名的伽利略惰性律 (law of inertia) 了。普通把這個原理，用『不受外力影響的物體，是永久靜止，或持續着等速直線運動』的形式來表示他。據這個原理，那麼運動的變化，是由於別的運動變化而起的；且兩者間函數的關係，也即是因果律了。自然科學是甚麼，就是要明示這種函數的關係。換句話說，就是要明示這因果關係的。然而宇宙間究極的原子，本是我們做概念假定的東西，不是經驗的存在物。所以科學的目的，不是原子實體的認識；乃是他的關係的認識。直言之，就是因果法則的發見而已。以上是伽利略機械自然觀的一斑。他的說法，對於現代物理學者的理論，是怎樣的吻合，只要和前章裏潘家寶所說的比較一看就明白了。那末後人把他尊崇做

近世自然科學的鼻祖，也誠然是不爲無故啊！

體會着發於伽利略之近世自然科學的精神，依他方法實行起去，真正完成了近世物理學的基礎的人，我們不能不推尊牛頓了。他對伽利略的思想繼承下來，把科學裏邊，關於形而上學的假定排去。專根據在經驗上，把自己的物理學確立起來。他說的：『我不造作假說』一句話裏，已經很明顯地把他的科學研究態度表示完了。不消說：這裏所講的假說，是指那些對於科學研究上，成爲障礙的形而上學的假說啊。這樣根據在嚴正科學的精神上的牛頓，將凱普勒所發見的，遊星的軌道是橢圓形，太陽位置是當他中點之一的法則；和伽利略所創獲的，物體不受外力的影響時候，一定是靜止，或持續着等速直線運動的惰性律，兩者中間存在的關係，仔細考究起來，又把遊星在太陽的周圍，作曲線運動；衛星又在遊星的周圍，作曲線運動的時候，就生了一個疑問。這些運動，應當要受着一種甚麼加速度纔行呢？這個加速度，不是也同伽利略所發見，物體自由落下的法則一樣嗎？推究結果，就發見了兩個物體間，是用和質量的相乘積爲正比例；距離的二乘成反比例的力，來互相牽引着的，所謂萬有引力的法則。這個法則，在現今是連小學生，也把他做常識的，一種說明太

陽系的運動；人文發達史上劃一新紀元的定律了。此外物理學上，成爲根柢的『力之平行四邊形』、『作用及作用相等』等法則，也是他所發見的。直到最近成爲物理學基礎的伽利略牛頓力學，就是由他一手完成的。

二 『以太』的假說

『以太』(ether)是甚麼樣的東西？莫不是存在着的東西嗎？這種疑問的無意識，想讀者早已明白了。我們要立腳在潘家賚的地位——只有『關係』是實在的時候，然後纔能够去說那『以太』的實在性。除此以外，在別の意味裏，想插嘴到充滿宇宙間，連物體的內部，也無處不透入的『以太』的實在性上，那簡直是徒勞罷了！

那末『以太』的觀念，怎麼會導入到物理學裏面去呢？牛頓當他唱萬有引力法則的時候，也就疑心到引力，要是沒有甚麼媒介在中間，那空虛的空間，怎麼會有傳達的作用呢？於此纔想出物體和物體的中間，必定有一種媒質。並且因爲他的微粒子，彼此衝突接觸着，所以纔把引力傳開來的。牛頓以後的學者，也對於引力在虛無的空間傳達，實在有些可疑。都想空間一定還有感覺所不

能感知的物質存在。對於『光』也信有同樣的學說存在。就是『光』從發光體，發出一種所謂光素 (light corpuscle) 的微粒；這粒子射入眼中，刺戟了視神經，然後我們纔能感知是『光』。就如同頓，也是這樣信過來的。到後來解根斯主張：『光』是有彈性的媒質中所起的波動。這就是『以太』說的萌芽了。

解根斯的說法，在當時沒有個人給他一顧的。後來到了楊格 (Thomas Young, 1773-1829) 纔把他的學說採用了。因為光既是波動，就不能不有波動的媒質。而空氣又不能當其選，何以故呢？空氣在地球的周圍，僅只在距離近的地方瀰漫着。又如玻璃一類的透明體，光線仍還容易通過。那末非在固體中間，也可以自由滲透的東西不可。因此，楊格以爲他必定是比較空氣還要更精緻；固體的內部，也可以透過，充滿在全空間的東西。並且取名叫做光『以太』。

解根斯想光的波動，就如像一般的氣體，或是液體的波動一樣，都是向着分子振動的方面進行的。直言之，就是所謂縱波了。但楊格卻說他是橫波。且由福來年的偏光實驗，把橫波說確定了。雖然，生起橫波的東西，只有固體。所以又不能不把『以太』假定做有彈性的固體。又天體——星球

——在他裏面，不受一點抵抗的運動着。那麼『以太』又不可不是沒有摩擦，無抵抗的固體不可。『以太』上糾纏着的困難問題，不僅只是這些。把固體的彈性論，應用到『以太』，就不能不承認縱波的存在。然這種縱波，無論如何，總不能夠見諸實驗。若勉強要把這種困難解除，就不能不說『以太』的壓縮性，是無限小，或無限大不可。像這樣單只在思想上能夠作想的性質，附合在『以太』上，然後纔可以把『光』的『以太』波動說支持起來。

然就是這樣，也只能把『光』的現象說明。此外別的困難，又從他方面乘隙發生了。不是別的，那電磁的現象就是。電磁的現象，我們知道，到底不能用光『以太』一類性質的媒質，來給他說明。不過由費拉德（Faraday）等的研究上，得着電和磁是相互誘導的東西。又『光』和化學的『親和力』，也同是一種的原力。所以說明電磁作用的媒質『以太』，同時又成了說明光現象的『以太』，是顯而易見的。把這個學說，完成做確固不拔的理論的，要算馬克斯衛的『光之電磁說或流動說』了。然此處成爲問題的，就是把這光，和電磁做共通說明的『以太』，究竟是什麼樣的東西呢？對於這問題上，不幸學者所費的努力，都歸於水泡！結果使我們不得不斷念了自然現象的機械

的說明。

其後，『電子論』確立起來，電力學代替了機械力學。於是對於『以太』的概念，也蒙着很顯明的變革。在舊力學裏面，『以太』和物質是對立着的。到新力學，『以太』就不是和電子是獨立了。『以太』不過是電氣使用的環場；換句話說，就是物理作用的場所罷了。一般的，只能把他看做因為『能力』存在的場所，簡言之，就只是物理的空間罷了。然據最近唱道的相對性原理說，那『以太』的觀念，也就可以完全撒廢了的。

三 『能力』恆存則

『能力』恆存則，在自然科學的歷史裏頭，算是最大的概括，最大的革命了。對於這一大原則發見的貢獻者，要首數英吉利的鳩耳（Joule, 18-8-1889）和德意志的邁雅。但給他大成了的，要算德意志的碩學赫爾姆霍斯·鳩耳由實驗上，證明熱和工程間，有一定的數量關係存在着。邁雅是在前面，也就說過，他在南洋滯留時候，見患者的靜脈血，富於赤色。他就從這事實上，研究起去，把熱和工程中間，有一定的數量關係；以及熱變為工程，工程變做熱，都是同樣的力，取不同的形態，表現

出來的理由；甚而至於他那力的總和，是沒有增減生滅的情形，一一宣明出來了。可惜一種新學說發見，多半不能得同時代學者們的注意，而邁雅的热力學，也竟不免受此厄運！

赫爾姆霍斯在那個時候，就已經獨立的，埋頭在這大問題的研究上了。後來到一八四七年七月二十一日，得列門的介紹，在柏林物理學會，講演他有名的『關於「力」之保存』（Über die Erhaltung der Kraft）的一篇意見。那時他纔不過是軍醫出身的一個二十五歲青年罷了！他在先就立定一個物理學研究的大方針，說道：『物理學的問題，是要儘先探究那自然界上所起的各種作用，使他都能夠循着普遍的規則行的那樣一種法則。到得着了，然後再依據他去決定那自然的現象……探究這種規則的，是實驗物理學的職分。理論物理學的職分，卻是從自然現象上見得着的作用，去發見未曾知的原因；換言之，就是照因果律去探求真的原因。不過要做這層功夫的時候，必要不可缺的，而且是特許給我們用的原則，是甚麼呢？那就是自然界上所起的變化裏頭，不可不存着一種充分的原因的「一個原理」……理論科學的最終目的，就只是在發見自然界裏邊諸現象不變的原因。』像這樣把所以給理論科學，歸做力學裏一種問題的緣故說明；又不問他

是熱，是電氣，是磁氣，凡是在化學，生理學上的諸種現象，都可以由力學上早就發見的『能力』原則，把他概括起來的所以然，也做明快的說明；又揭穿當時多數學者，爲他所苦的永久運動，實在是不可能的理論。在當時學界裏邊，做爲難題，不能解決，遺留下來的許多問題，到他手裏，都像快刀斬亂麻一般，各各給了他明爽的斷案，以一介乳臭書生，就能夠把當時的學界震撼了，他的膽識，能令人欽仰嗎？他所說的『力』(Kraft) 就在說來，就是物理學上所謂『能力』(Energy) 的意思。『能力』恆存則的要點，是『熱電磁等現象裏邊，存着有當量的關係。自然界裏面的『力』——『能力』的總量，是不生不滅，不變的。』

『能力』恆存則一旦唱道起來，爲學界承認了之後，竟至奠定了物理學的基礎。學界的人，都糾合到這大法則的旃幟底下，去一心一意的研究，工作那特殊的問題。到後來得赫爾疵 (Helmholtz, 1857-1894) 纔把赫爾姆霍斯所認定各種『能力』的區別撤去。給他統同歸着到唯一的運動『能力』上。建立了『自然界的現象，都不外是有惰性物質的運動』的那整然統一了的新力學。雖然，在這地方，也正和光的電磁說，把『以太』的概念併合一樣；『能力』的概念，也不能單拿物質的

運動來解釋他，一定要給他一個更普遍的電磁『能力』說，纔能理解的。力學到這裏，就自然而然，換了一副新面目了。

四 電子論

物質，由一樣等質的原子構成的意思，從伽利略就唱道起了。但原子是甚麼樣的東西呢？最初用科學說明的，要算英吉利的化學者達爾頓（Dalton, 1766-1844）。照他說：原子在形狀上是同一的；所差的就只有重量而已。這種原子的重量，叫做原子量。他又把含有最小原子量的水素做單位，就各種物質的原子量上，發見他彼此中間有極其單純的數學關係。而這些原子，都是和牛頓的力學上引力相像的『化學親和力』所結合而成的……一切物質，都從這樣的原子成立，所以他想：只有這原子，纔真是有重量無性別，而不可分的，究極要素。他這種想法，到阿武嘉德羅（Avogadro, 1776-1856）的分子說出，更覺確實了。因為分子是在變化不到性質上差別的範圍以內的物體的終極要素，他是由若干的原子結合而成的。到現在都相信：以分子做單位，直言之，就是和物質的性質無關係——的變化，是物理的現象；以八十多種原子，做終極要素的分子上變化，是化學的變化。

如果依照他所講，那麼物理的變化，可以由物質質點的質量和他的運動上，做機械的說明。而對於伽利略，牛頓力學，也自然得着一個確固不移的基礎。但像如：『化學的親和力』那種現象，到底不能用前說來理解他。所以物理學，還不能達到將化學的限界突破的境地。而所謂物理現象，和化學現象，他兩者中間的連絡，也自不得不隔絕了交通。

把這個難問解決了的，就是電子論（Electron theory）。可是電子論到他發見的一切經過，頗為複雜，我們此地來不及給他詳敘了。單只舉那真空放電的實驗，和『銑』放射能的研究等，為引導這個大發見的一座橋梁就够了。電子論的根本思想，是說從來以為物質終極要素的原子，是不可分的。此外更有所謂『電子』的微粒，由他縱構成起來的。至於這個思想之起，是由『銑』素變脫的結果，次第把所有原子量減少的事實上，得着確確實實的證據。所謂放射能，就是原子的一部分，不絕的崩壞了，放出『能力』的現象罷了。而那種像『銑』一類放射性物質，就不外是這種原子不安定的物質。那末『電子』是甚麼？就是原子崩解的極限啊。

電子的電量，是一定不易的。是極小的，從此以上，再也不能更為分割的了。所以無論如何的電

量，都可以用一個電子的電量之整數倍來表示他。凡屬宇宙間的一切物質，統同是從這電子微粒子的配置構成起來的。物質既是由電的原素構成起來，那麼物質的磁性，也很容易得着說明了。何以呢？因為物質的磁性，是由於構成物質的電子的運動。電和磁不是別種的東西；甚麼熱光電磁等等現象，都可以很簡單的把他說明。

向來的物理學，是用由『力』作用在物質質點上所起的運動做根據，想來把一切的自然現象說明。但照電子論說，物質的終極要素，不是運動主體的質點，乃是『電子』。物理現象，不是動質的運動，乃是電的作用。於是向來用機械的運動所不能說明的電磁光等現象，都藉着『電子』做終局要素的電磁力學來理解他了。力學一到把這個危機通過，就煥然改易了一副新面目。而伽利略、牛頓力學的根柢上，所橫梗着的質量不變的假定，也因為電磁的質量的導入失了根柢。牛頓力學上理論的根據，也從此生了破綻。

五 量子論

物質主張由不可分之究極要素成立的思想，在前有原子論；最近有電子論。和這個同樣主張

那作用——『能力』也不是連續的東西，是由不可分的單位；直言之，就是從『量子』(quanta)構成的，一般叫他做量子論 (hypothesis of quanta)。這個學說，是最近普南克所唱道的。潘家賚在他『最後之思索集』(dernière pensée)裏面，有一章批判普南克的學說，他首舉舊力學已經瀕於顛覆危期的事實道：『作這樣大膽企圖的，是羅倫子 (H. A. Lorentz) 的相對性原理；第二，就是這量子論。他在集中，說道：『我們早已離開了力學的「微分方程式」是不得不修正的嗎——的疑問範圍；而經達到要問「運動的法則」可以拿「微分方程式」來說明的嗎——的疑問地步了。』這種事情，算是牛頓以來，自然科學界裏，最大的革命啊！牛頓的天才，洞察了或種運動系統的狀態，——一般的說，就是宇宙的狀態，是只能依據在他儘前方的狀態上。原來這種想法，不是牛頓一個人的創意，在古代人以及經院學派的思想裏頭，也可以看得出來的。他們不是說：『自然』不是飛躍的 (nature non facit saltus) 的嗎？……可是到現在來，這個根本觀念，已經成爲疑問。換句話說，就是：自然法則上，不能不導入那非外表的本質的不連續的觀念嗎？是一個緊要疑問了。從潘氏的這些話上看來，也可以略尋學說進展的一斑了。

這種可以說他是『能力』原子論的作用不連續觀，是發端在『光』和其他一般幅射『能力』的研究上。因為在一般高溫度的固體，他內部的分子，常起活潑不規則的運動。同時分子內的『電子』也起了活潑不規則的運動。所以電波，要是爲『以太』所起的波動，那麼他應當也是不規則的了。然他卻是有着一定的波長，和振動數的規則很嚴整的運動。爲甚麼是這樣的呢？普南克以爲：高。溫。度。的。物。體。裏。面，有。具。得。種。種。週。期。的。無。數。小。協。振。器（resonatom）這種協振器，只知自己週期一致的分。子。運。動。是。協。振。的；並。且。幅。射。出。和。他。相。應。的。電。波。換。句。話。說，就。是：物。體。的。溫。度。增。高。時。候，這。個。協。振。器，就。獲。得『能。力』而。開。始。振。動，和。幅。射。出。電。波。的。了。至。於。這。個。協。振。器，不。是。連。續。的，是。由。迅。速。的。飛。躍（Parsant, Irusques），把『能。力』做。不。連。續。的。獲。得。或。消。失。而。且。他。所。有。的。『能。力』，也。不。可。不。是。常。常。一。定。量。的。倍。數。我。們。現。在。把。這。協。振。器，當『電。子』看，『電。子』是。各。有。一。定。的。週。期，或。振。動。的；要。得。到。和。他。的。週。期，可。以。做。一。致。運。動。的『能。力』後，纔。幅。射。出。電。波。到『以。太』上，——這。樣。作。想，那。麼。前。頭。所。說。的，也。就。很。容。易。的。理。解。了。像。這。樣『電。子』所。放。散。的『能。力』的。分。量，不。是。連。續。的，乃。是。一。定。量。的。整。數。倍。而。且。這。個。一。定。量，又。不。能。再。往。上。給。他。分。割。了。的；我。們。叫。他。做。

『能力』量子。『光』也和電波一樣，是『能力』的輻射波動。所以物體，到了高溫，『電子』得着一定的『能力』，就振動起來，結果是發生『光』。愛因斯坦的『光子說』，正就是唱着這件事體了。這樣，如何使『能力』——作用，——的不連續說，在自然界現象全體上，都可以行得去，那歷來根據在連續觀的力學，從此就生了破綻。一定要如潘家賚所指摘的：——已後的力學，不能再適用那『微分方程式』了。

以上把近世自然科學，發展從伽利略，牛頓的力學起，到現在竟遭着各方面種種迫近的危機，把根本都搖動了的理論上最重要的變遷，大致敘述過了。原來借這一小冊子裏的一章，妄想把牠敘得清楚，是萬萬做不到的。在日本文的著書裏頭，關於這個問題，介紹得較為詳細一點的，希望讀者拿田邊元氏著最近的自然科學一冊參考參考，當能更有所得些。

第十一章 相對性原理

一 絕對運動論

物理學的理論，最近算是非常的進步了。但他根本的牛頓力學，一向還是維持着他的生命不變。不消說，從電磁現象研究所得來的電子論裏，是說質量，可以由速度上生起變化，把從來質量不變的原則打破了。此外各種的發見，都和這個一樣，有漸次把牛頓力學的根柢倒壞之勢。潘家賚和其他的科學者，都因為這些徵候，屢屢唱道着物理界的新革命。但終究不見有一個發見可以代替牛頓物理學，做包括的原則的。可是到了最近，一方面能夠把牛頓力學的缺陷補救起來；他方面可以把以上的新現象，做包括的說明，——較普遍的，——的原理，也發見了。這不是別的，那愛因斯坦所唱的：『相對性原理』就是了。不消說，『相對性原理』是經過非常複雜的數學過程，然後纔得到的，深遠的學說。所以恐怕一時不是我們初學者能够理會的。不過在現今，不僅是物理學界，通學界都耳其名色的愛因斯坦；我們對於他的學說，就只能知道他的外廓，不能深入，也總比置而不顧，

是要好的多了。

最近和電子論所唱的電車物質觀相前後，把牛頓力學的根柢搖動了的，就是『以太』和物體兩者，是相對運動的問題。『以太』是充滿在宇宙間的一種媒質，前頭曾經說過了。這個假定，要是在物體靜止的時候，就沒有別的話說；而在運動着的物體，那就要問：物體內的『以太』，他和物體是一起運動的嗎？或是『以太』靜止着，僅只有物體運動嗎？又或是物體運動着的時候，他周圍的『以太』要起若何的擾亂呢？……這等問題，自然會生出來的啊。物體內的『以太』要是和物體一起運動，那麼種種的困難，多少還可以減少一點。可是這事，已經由菲壽（Fizeau）的實驗，給他否定了。地球周圍的『以太』和地球是一起運動的說法，因為他抵觸着光的『光行差』等等事實上的問題，不能夠再把他支持起來了。『光行差』是甚麼呢？那是光線從恆星達到地球上觀察者的眼內時候，光線和地球的運動做反對方向，所生起的傾斜度。這種現象，假使不拿『以太』做靜止看待，萬不會能够理解他的。

因此上羅倫子認『以太』是全然靜止的。地球以及其他的天體，——物體——就是在這靜

止的『以太』當中運動。這種說法，也很可以解決一些疑難問題。但果如所說，那麼物體對於『以太』之絕對運動的速度，也應該在光學的實驗上，得着確鑿的證據纔行。換句話說，就是光線順着地球運動的方向往返一次的時候，往時所要的時間，和返時所需的時間，不能不有些相差。知道這差，然後纔能夠算定地球對於『以太』的絕對速度。但這件事情，經亞美利加的物理學者邁凱爾遜（Michelson）和孟萊（Morey）兩人，施以充分的設備，作大規模的實驗下來，終歸失敗了。所得的結論是——地球對於『以太』沒有速度；對於『以太』要想知道地球的絕對運動，是到底不可能的妄想。

於此，光之『光行差』等等的事實，是把『以太』和地球一起運動的說法打消了。邁凱爾遜和孟萊的實驗，又把地球在靜止的『以太』當中運動的說法，也否定了。這個問題，在這時候，竟至成了墮入迷宮的樣子！英吉利的碩學，客爾文（Lord Kelvin, 1824-1904）至把他稱為十九世紀物理學理論上的一朵暗雲。因為要想解決這個困難，羅倫子竟敢大膽的立了一個假說，道：『物體，以及構成他的分子，和『電子』等，在對於『以太』做絕對運動的方向上，用和他運動速度，成一定

比例的收縮起來。』譬如，靜止的球狀物體，一到運動的時候，就在運動的方向上，成爲扁平的橢圓形。速度若和『光』的速度一樣，那末厚處就成了零；完全變成沒有厚的板塊。這原是羅倫子將他探來做窮餘的假說，勉強去應酬解決這個難問的要求罷了！這種假定，在就先就預想着絕對運動的存在，所以理論上不能不說他是不徹底的。現在對於這個難問，作爽快解答的，就是愛因斯坦在一九〇五年，用『時間』和『空間』的相對性，來代替羅倫子的『動體收縮說』。於是，把羅氏的所說。從理論方面給他確定了。這就是他初次發表的『特殊相對性原理』。

二 時間及空間的相對性

愛因斯坦所唱道的『特殊相對性原理』，究竟是怎麼樣的呢？那是用兩件假定做基礎的：——（一）靜止的體系裏，支配物理現象的法則，可以適用到和本體系，成等速直線運動的運動體系上。（二）『光』的速度，不關於光源，和觀測者的運動，常常是一定不變的。

『光』的速度，三十萬公里，是一定不變的常數。無論甚麼物體的速度，都不能超過這個限界。關於這件事體，在潘家賚著科學的價值裏，曾記述着一段很有趣味的魯門（Lumen）實驗，現在

轉錄如次：

魯門原是『光』的意味，——現在把他想像，做一秒間有四十萬公里之速力的旅行者。假使魯門於一八七〇年九月一日午後七時就看見了師丹（Serban）戰事的結局，拿破崙三世的降伏等狀況後，即刻從地球出發，用一秒四十萬公里的速力，飛翔在天空的時候，魯門他在途中，漸次把從地球反射來的光線追過了。到一時間以後，就可以看得見二十分以前的現象。由是只見死的，立起往後退；彈丸從死傷兵的傷口飛出，射回到鎗口裏；一切的現象，都倒行逆施起來。又若魯門只有與『光』相等的速度三十萬公里，那一切的現象，都只是靜止着不動，而測定上的時間，也就會消滅無存。魯門的速力，要是只有二十九萬九千公里，比着『光』的速率還少一點的時候，那一天的現象，好像是綿延成數年的光景。……想來魯門一定是這樣經驗着，不會有差錯的罷！

這樣看來，物理學上時間的測定，和空間裏現象的測定，都不能不用『光』做標準。而『光』的速度，也不能不是絕對最大的。所以最初的速度越大，那加速度也就跟着越小，無論如何大的力量在作用着，也不能超過『光』之速度的限界。因此上，時間的測定，一定要關聯着所要測定之對

象的運動狀態上，纔有意味。可尋。換言之，就是：時間和空間，是密接不離的東西。這事用愛因斯坦自己的例來說，就是：『若我們假定通過甲乙兩地點的鐵路上，有一列很長的火車停着，今從甲往乙的方向，用一定的速度，作直線進行的時候，我們倘從線路邊看，那麼甲和乙兩處，是同時起的現象：——假如我們發放起電光，作信號時，——可是在火車裏面看時，就覺得乙處，比甲處現象起得早些。這就是因為靜止的體系，對於自己成等速直線運動的各體系，在時間上都是成爲相對的關係的緣故。又若從空間的方面着想的時候，那前例裏頭，線路上甲乙兩點的距離，和火車內看見『 t 』時，間通過那處的甲乙之距離，普通都把他想爲一樣的長，但『 t 』時間既已只有相對的意味，那甲乙和甲乙也難於斷定他是同等的啊。照這樣時間和空間，都失了他絕對的意味；運動體系只有相對的纔能够把他決定了。從此，那舊力學裏所假定着的兩個原則：——（一）兩件事體中間的時間，與物體（體系）的運動狀態無關係；（二）剛體二點間的距離，和體系的運動狀態無關係，——的兩種假定，都應該廢棄了。而時間和空間，確只有相對的意味。其次，愛因斯坦的『特殊相對性原理』，還有一個特色，就是把『以太』的假定，撤廢成爲無用。他以爲，運動體系，對於『以太』

的速度是零，凡通於一切體系的『光』，是自立的傳播。又在舊力學裏頭，都用信隔着距離，就沒有東西是作用在同時的；但一到『相對性原理』，『光』的速度，是絕對的，所以和『光』有相等速度的作用，就都成了同時。

『特殊相對性原理』大體是如以上所述的了。依據着他，那馬克斯衛羅倫子的電力學，也得有確固的基礎，並且很可以由此單純化了。從來學界裏，做爲疑問的，——像：對於『以太』上，地球的絕對運動如何？『光行差』的現象如何？……等問題，也可以明快的說明了。電力學上，從來由特殊的假說，纔得說明的『陰極線』以及『 β 線』也重新由『相對性原理』作包括的說明。至於伽利略，牛頓的力學，却因此不能不給他修正了。不消說，這個修正，實際上除了比『光』速度小得有限的，高速度運動的法則以外，很沒有影響着。因爲有這種高速度的，只有『電子』和『伊翁』(ion)兩種。別的變化大概都是很微的，所以實地觀測，頗不容易。正是這緣故，那牛頓力學到現在，大部分還是維持着他的生命呢。往後有數學家，閔柯斯基 (Minkowsky, 1864-1909) 者，從上面所說的時間，和空間，有密接的關係上，想出空間的三次元 X, Y, Z ，和加上『 t 』時間的，四次元世界。

(Walt)。他以為，自然現象，不外是這個時間，空間，所結合而成的世界現象。他說：『今後我們再也不能夠拿時間，和空間，各做各的想了罷！』這話確是很能傳達此中消息的啊！

三 一般的相對性原理

愛因斯坦在一九〇五年發表了『特殊相對性原理』，原不過是限於伽利略體系——等速直線運動的運動體系裏，主張運動的相對性罷了。後來潛心研究，把他推到一切加速度運動上。於一九一六年，把他發表出來，叫做『一般的相對性原理』。

舊力學是從牛頓運動三法則之一的，伽利略惰性率出發的。所以惰性率，僅只在彼此成等速直線運動的伽利略運動體系裏，是妥當的，要換了其他的體系，就合不上了。因此，在舊力學，或『特殊相對性原理』裏頭，無論在那一方面，都可以分出自然法則的能夠合用的運動狀態；和不能夠適用的運動狀態，兩樣區別來。可見具有論理的頭腦的人，對於這種不徹底的事理，決不會滿足的。一定要問：何以一種運動狀態是當選；別的運動狀態又捨棄呢？馬哈，和潘家賚等，早就抱有這種疑問，力唱力學非從新的基礎上出發不可。然而他們所預想着可能的新力學，把他完成為數學的物

理學理論的，却是愛因斯坦的『一般相對性原理』。愛因斯坦達到這個原理的經過，非常的複雜，我們此地，只能單舉他的結果罷了。就是無論在進行如何加速度運動的體系裏頭，光只觀察他所起的自然現象，是決不會認知他那體系的運動的。換句話說，就是不論如何體系的運動，都是相對的罷了。

那末『一般的相對性原理』對於從來的力學上，給他受了何等的變化呢？這個我們只消看牛頓以來，成爲物理學根柢的萬有引力法則，受了何等的變化，就知道了。磁石，吸引鐵屑，是因爲他周圍有着磁力之場；和這個一樣道理，把石頭拋出去，他自然落到地上來，也是因爲地球的周圍，有着引力之場。這個引力之場，他有很顯著的特色，就是：單只受引力作用的物體，不關他性質如何，都蒙着一定量的加速度。所以對於等速直線運動的伽利略體系成等速直線運動的物體，要是在引力之場裏邊，就會成曲線運動，是很平凡易了的事實。但舊力學上獨把『光』一樣沒有算進在裏頭。殊不知『光』是『能力』。『能力』是『質量』，是『有質量』，也就有重量。不過『光』的速度，非常的大；『光』即使因爲引力上屈曲起來，也非很強大的引力，不能夠達到可以觀察的

屈曲程度。於是，愛因斯坦以為要是從星射來的光線，通過太陽附近的時候，就可觀察，並且把屈曲率，算定做一七秒。他預言要觀測他，一定要在日蝕皆既的時候；不料一九一九年五月十九日日蝕之際，在亞美利加，以及南部亞美利加，赤道附近地方，所觀測下來的結果，僅只在實驗誤差百分之六以內，把愛因斯坦的預言確實證明了。這個在當時，誠然是科學界裏的一大革命，到處傳遍的重要事實啊！

此外，又由「一般的相對性原理」把舊力學裏，成爲千古疑問，不能解決的水星近日點移動現象，也說明了。水星的近日點，於一世紀間，約有四十三秒的移動。這個事實，在牛頓引力說裏頭，因爲要想說明他，單獨的立了一個不合理的假說；但到「相對性原理」來，就知道那是一般遊星軌道上共通的現象。不過別的遊星，因爲他移動極其微細，所以不能觀察出來罷了。

愛因斯坦又唱：宇宙是有限無涯（finite and unbounded）的，像李邁的三次元球狀的宇宙。換句話說，就是空間和物質，有很密接的關係。在有物質的空間——就是在引力之場的時候，空間是傾斜成爲球狀的。且這樣的空間是有限的，他的曲率半徑，是比例於宇宙間物質的總量上。又因

爲物質的分布不一樣，所以各部分成爲不整的球狀。又如沒有物質存在，那半徑就等於零等等，都是他的主張。

總而言之：「一般相對性原理」所唱的是：絕對運動的認識，是絕對的，不可能，運動只能在相對的關係上可以認識。又物體，不論他是如何的運動着，假使從他上面觀察時，不單是他運動方向和速度，不能知道；連他是動着和沒有動着，都不能夠認識他的。在伽利略和牛頓的舊力學裏，可以由遠心力上，知道地球的自轉；但在「相對性原理」裏面，那地球的自轉和公轉，都沒有法子確實可以知道他的。從而時間和空間，也就是成爲相對的東西。只要運動體系不相同，那尺度和時間，都自然會相差了。

中華民國十二年十二月初版
 中華民國二十三年十二月十二日第二版

(52778)

百叢書科學原理一冊

每冊定價大洋伍角

外埠酌加運費匯費

 * 版權翻 *
 * 所有印 *
 * 必究 *

原 著 者	平 林 初 之 輔
譯 述 者	周 梵 公
校 訂 者	任 鴻 雋
主 編 者	王 雲 五
發 行 者 兼 印 刷 者	上海河南路 商務印書館
發 行 所	上海及各埠 商務印書館

(本書校對者 吳葆文 楊瑞文)

