

300

Aus Wissen und Wissenschaft

— 14 —

REVOLUTIONÄRE GEDANKENSTRÖMUNGEN
IN DER NATURWISSENSCHAFT

學藝彙刊 (14)

自然科學之革命思潮

中華學藝社編輯



中華學藝社出版

商務印書館發行

上海图书馆藏书



A541 212 0012 8450B

REVOLUTIONÄRE GEDANKENSTRÖMUNGEN
IN DER NATURWISSENSCHAFT

自然科學之革命思潮

中華學藝社編輯

中華學藝社清點組

清點證

圖字第 023241 號

類別

1954年 月



中華學藝社出版

商務印書館發行

~~1504835~~

目 次

自然科學的真理是客觀的真理嗎？……………	文元模
現代自然科學之革命思潮……………	文元模
論現代科學革命者愛因斯坦的新宇宙觀…	文元模
相對性理論與哲學之交涉……………	張心沛
愛因斯坦底宇宙論和思惟底究極……………	周昌壽
物理的認識與原子力學……………	周昌壽
最近自然觀之批判……………	鄭貞文
科學之體系……………	鄭貞文

自然科學的真理是 客觀的真理嗎？

文 元 模

自然科學雖不是無所不能，但是現代我們的思想與生活都大受他的影響，恐怕就是鄙棄物質的人，也不得不承認的了。那麼，自然科學是什麼呢？

科學的基礎是假說，假說是不能久存的，既是這樣，科學的真理可以說是真理嗎？科學的筌蹄是感覺，感覺是不可恃的，既是這樣，科學的真理可以說是客觀的真理嗎？這種疑問，不但門外漢有，道中人也有。輒近數十年來，科學的進步一日千里；發達愈急，疑惑愈深，就是向來眼光只看前途不看後路的科學家，也不得不時時反顧了。

但是一般的科學家實驗演算還忙不了，那有工夫來研究這個問題；況且這個問題，已經許多哲學家討論過，大概是‘衆生各得其解，’科學家更不願沾惹了。若是你一定要問他，他便答你說：“我身以外的事物，是不因我的感覺而存在，也不因我的感覺而消滅的。縱令人類盡絕，自然界的現象依然不變；蘋果落下的距離還是和時間的自乘爲正比例；擺的往復運動還是具有等時性的。科學的法則所表的，是外界的因果，而外界的因果是獨立於吾身以外。那麼，科學的真理，怎麼不是客觀的真理呢？”這個回答，驟聽去很簡單明瞭，似乎沒有可疑之處了，若是過細研究起來，這個回答中要暗含了一個假定，對於我們的疑問，還是沒有解決。

所謂假定，即是這回答中所說的外界的實在。外界的實在果然是和我們的經驗兩相對立，猶如物體和鏡子的關係麼！無論外界的實在有與沒有，縱令是有，也決不是我們能認識的。但是科學家設這個假定，我們也不能就斷定他是錯。因爲一切科學，都不能無所假定。外界的實在即是種種假定中的第一個。若是沒有這個假定，自然科學直是不能開口不能舉步了。

我們要批評科學的真理，固然不能依科學家的獨斷，也不能學空想家的懷疑。盡信與盡疑，都是杜絕他人論辨，封鎖自己思想的方便法門。只有一一考察科學的研究方法，纔是解決這個問題的正當方法。

科學的方法是甚麼呢？這個問題，要詳細說，連篇累葉還說不盡；要簡單說，幾句話也可以了然。本篇不是科學方法論，只好說個大概罷了。自然科學的第一步，假定外界的事物是獨立存在的，上文已經說過。既已先假定了外界的實在，然後憑着官能去觀察，便得種種知覺，再憑着記憶去聯絡，便得種種經驗。這些經驗反覆出現幾次，便生出一種朦朧的知識。這種知識又受經驗的淘汰，漸漸進化，由個人的而普遍的，由暫時的而長久的，纔成科學的事實。最後再把所得的科學的事實全體貫通起來，便得統一的觀念。法則即是表明科學的事實的言語，假說即是統一科學的事實的形式。有了假說和法則，科學便可以從此建設起來了。

所以本篇開首就說，假說是科學的基礎，感覺是科學的筌蹄。若是除去感覺，就是無異除去科學的材料。譬如生來目盲的人，決不能從物體的性質中抽出

「色」的概念來。托爾斯泰 (Tolstoi) 的瑣話中有一段故事說：有一個生來目盲的人，聽人說牛奶是白的，不解是甚麼意義。有人教他說和雪一樣，他便以為是很冷。有人教他說和白兔一樣，他便以為是毛氈氈的了。這雖是個寓言，卻是情理中應有的事。

生來目盲已是如此。若是生來目盲而又耳聾，這人的世界，不但沒有色且沒有聲。只憑着香，味，觸三種感覺經驗出來的時間，空間，物質等等概念。還能和我們想的一樣麼？若是人類生來都是這樣，他們的經驗漸漸發達起來，有了論理的系統，或許也可以成就一種自然科學，但是這種自然科學的內容，就不是我們所想得到的了。先就時間說，我們的時間觀念，大抵由視覺得來。若是我們生來目盲，日月的運行，晝夜的循環都無從知道。我們要覺得靜默的時間平流過去，只好借其他的材料了。或許我們能由寒暑的往來，推出時令的變化，也未可知。又或許我們能憑着筋肉的感覺，摸索擺 (pendulum) 的運動，一面數着自己的脈，兩相比較，由此發見他的等時性 (isochronism)，然後再利用這個性質，造出一種測時器來，也不是做不到的事。但是若要拿着自己的測時器，去考察手足所不能

達的空間內所起的現象，恐怕就很難了。簡單一句話說，若是我們沒有視覺和聽覺，我們的時間和空間都是附隨在一身上，不能出手足所能達的範圍之外。這雖是個假想的例，由此已可明白科學的認識，是不能脫離感覺的了。

馬赫 (Mach) 依據這個理由，便創設出了思惟經濟的原理 (Prinzip der Denkökonomie)。照這原理的主張，世無所謂外界的實在，感覺即是實在。自然科學的本體不過是一本抄寫感覺所得的記錄。只是記錄要簡單明瞭，而且有統系，纔能節省有限的心思，應付無窮的現象。科學的理論即是為節省思惟而設的規約。只要能達到事半功倍的目的，規約是無所不可的。所以規約可以隨意制定，也可以隨意變更。制定的標準和變更的理由，無非為便利罷了。

馬赫的主張雖是也有一面之理，但是把感覺看得過重，反墮入托勒密 (Ptolemy) 的地球中心主義的舊套中，湮沒了噶利賴 (Galilei) 以來科學研究的精神，不能不說是他的偏見了。

若是如他所說，感覺是惟一的實在，科學不過是感覺的記錄，那麼，科學的論斷，必因人而異，怎能算是

普遍的真理呢？人的官能有鈍有銳，即同是一人的官能也不是確實不變，靈敏無極的。我們肉眼所能判別的微小物，不能過百分之一公釐（millimetre）以下。而且照這物體的光的波長，至短不能過四千分之一公釐，至長不能過八千分之一公釐；若是出了這個範圍外，已不能在我們的網膜上生出光的感覺來。此外還有這光所運的能（energy），也要受一定的限制。假定這種條件都齊備了，還有時因周圍的狀況生出錯覺，把直線認成曲線，赤色認成黃色的事還不少。再進一步說，同是一色，甲所感的和乙所感的，究竟相合到甚麼程度，直是無從決定的。

再就聽覺說，我們所能感的音，每秒振動的回數須在三十以上，二萬以下，而且振幅還不能出一定的範圍。若是有二音同時並起，又要振動數的差很顯著，纔能令我們生不同的聽感，若振動數相差甚小，無論如何聰敏的耳，也分不出他們的高低來。

至於憑着觸覺判斷溫度和重量，更茫昧了。冷熱的感覺和實驗者的身體狀況有關係，自不待言；又和物體的傳導率也有關係的。若是只憑觸覺判斷，不但甲所判斷的和乙所判斷的不能相符，就是甲或乙自

己的判斷，也時時自相矛盾。以觸覺判斷溫度是這樣，以觸覺判斷重量也是這樣。無論怎樣熟練的人，能憑手判別八釐重的物體和九釐重的物體麼？

由此看來，感覺是最不可靠的了。若是專借感覺做觀察的手段，我們必定得出種種各持其是，互不相容的論斷來。縱是爭辨到天荒地老，也不會有水落石出的一天。那麼，衆人公認的普遍的知識，從何處可以發見呢？

所以我們若要得普遍的知識，須以物測物，不能以身測物，直接的感覺欺罔我們不止一次了。我們因受了他的欺，往往走進濃霧裏去，辨不出共由的大路來。我們在暗中摸索了不知多少年代，漸漸纔知道我們要尋的自然，是被感覺束縛住的。那麼，我們要舉足前進，不待說，第一步是要求解放自然了。

因此感覺的效用，在自然科學萌芽之初，雖是極盛，到了自然科學進步以後，就一天比一天衰下去了。即如音的現象，最初是由人的聽覺立論，現在是由物的振動立論。光的現象，從前是由人的視覺立論，現在是由電磁的振動立論。現在音學光學之名雖是仍舊，但是音學的內容盡是彈性體的振動問題和氣體的

波動問題；光學的內容不但論光，還兼論熱的輻射和電磁波的傳播。若是專憑感覺，能把這三種不同的現象聯成一貫麼？現在物理學中所謂不可見的光（invisible light），直是一個不通的名詞了。像這樣的例，若要列舉起來，還不知有多少，但是即此一端，已可以窺見自然科學發達的歷程和他趨嚮的方向了。

要之，馬赫的思惟經濟說，只能說明萌芽以前的科學，不能說明發葉以後的科學。思惟經濟是理論的結果，不是理論的豫期。科學的理論不是因為能節省思惟，所以是真；是因為是真，所以能節省思惟。若如馬赫所說，不是把本末顛倒了嗎！至於說科學的理論都是人爲的規約，不是客觀的真理，這種見解不惟偏激，直是皮相了。

科學的理論往往因時變遷，固然是我們不能不承認的。世人對於科學疑惑，驚怖，非笑的主因，也是在此。但是甚麼是真理？甚麼是實在？靜而不動是實在，定而不變是真理嗎？這是把真理和實在的意義誤解了。實在是流動不居的，發展無極的。實在自由發展，湧現出一面來，即是科學的認識。湧現愈明，認識愈真。所以真理是實在現出來的本身，不是照出來的虛影。實在

既是流動不居，真理也不能固定不變，然由真理對實在的關係看，真理雖是變化，卻不是人力所能左右的。只要細心審察，就可以知道科學的原理雖是時時新陳代謝，但是決不像改良都市，把舊的房屋盡破壞了，另建新的房屋。舊的原理依然隱隱存在新的原理之中，猶如進化的動物還有和千百年前的祖宗的面目相彷彿處。那麼，舊的原理就不能說是徒勞了。

馬赫派的人把感覺太看重了，失了科學的精神；又把規約的意義太解況了，忘了科學的根據。科學的法則決不是學者臆造的規約。我們雖不能證明他不是偶然，但是我們又有何法能證明他是偶然呢？

近來實用主義（pragmatism）的哲學盛行，批評科學的意義和價值的人，多不承認真理的絕對性。依他們的主張，科學自己沒有價值，因指導人類的生活行動，所以纔有價值。科學的真理也不是有甚麼實在做根據，不過是便於生活的規則罷了。要之，真理是人造的，只要能實用即是真理。這種見解和馬赫的思惟經濟說，雖是又有不同，但是根本的錯處卻是一樣的。他的根本的錯處，就是把科學的起原和科學的本體混為一談了。

我們的科學的認識之所以發達，固然是因實際的行動而起，但是科學生長的原因是一件事，科學成立的根據又是一件事。無論何種科學，不問他生長的原因怎樣，總要脫離實用的羈絆，自由自在的呼吸，纔能成人。這不獨科學是這樣，就是道德，藝術，宗教，一切文明的產物，若是追考他們發生的原因，都是應生活的要求，但是發生以後，又要脫離生活的要求，爲他們研究他們，纔能發達。所以潘加勒說：

“Une science uniquement fait en vue des applications est impossible; les vérités ne sont fécondes que si elles sont enchainées les une aux autres.”

再舉實例來說，四元法在現代物理學上成爲不可缺少的器具了。但是數學家發明四元法的當時，並不會想到後來有物理學家替他應用，更不會夢到電氣工程師也會借他去賺錢。在當時的實用主義的人看去，這種東西直是無聊的空想，不是傻子不肯做的，但是數學家還是不顧，只是爲數學研究數學，終久生出效用來。若是現在資本家出重金請我們替他發明一種生財的數學，我們能抱着這個目的去做出來麼？

前年英國學者勞師動衆去觀測南美的日食，只

不過爲考驗恆星光線受太陽引力而彎曲的程度，是否與愛因斯坦的萬有引力新論所說相符。難道恆星的光線多彎一秒，歐洲戰場上英國的兵便少死幾人麼？

近代工業的發達誠然是受科學的恩惠，但是這是科學研究的結果，不是科學研究的目的。我們若是借工業來辯護科學，誇張科學，直是有意辱科學了。工業對於科學的功勞，是在能堅科學家的信，爲科學家開闢一個宏大的經驗範圍。若是沒有這個堅固的地盤來支持他，科學家失了駕馭自然的六轡，恐怕也沒有今日的進步了。

要之，生活是引起科學發生的原因，不能因此就說科學的目的全是爲生活，科學的法則也不是爲指導行動而造的。便說，是認識實在而得的真理。若是科學的法則只不過是行動的標準，那麼，同一法則反正都無所不可了。

譬如我們轉錢作賭，可以定表面出現時輸，裏面出現時贏，也可以定表面出現時贏，裏面出現時輸。這兩種規則，只要在事前說妥，都是一樣有效。科學的法則能像這樣麼？

地球表面上的一切物體都向下墜，是一個規則。一切物體都向上昇，也是一個規則。但是前者有效，後者無效。科學的斷案縱令是指導行動的規則，總要有效應纔有價值，何待多說。若是無效應，我們縱愛他信他，有甚麼用處呢？

科學的法則所以有效，就是在能豫言。所以能指導我們的行動，也是在此。那麼，我們也就不能說科學的法則，全是我們隨意規定的了。

說來說去，科學到底是什麼呢？他標榜的真理是不是客觀的真理呢？真理的意義我們已說過了；如今再說客觀性的意義。

客觀性的第一條件要能和人的精神相通，要能從一人傳到他人。所以凡是客觀的東西，沒有性質，只有關係。有人說客觀的性全是數量的，世界不過是微分方程式，雖是說得太過，反把關係的本性縮小了；但是直接的事物決不能為客觀的，卻是可以斷言。

客觀的事物既是能從一人傳到他人，那麼，只有可以用言語表出的，可以理解的東西纔有客觀性。但是還不止此，毫無秩序的集合，不能理解，固然是沒有客觀的價值，就是有秩序的集合，若是不能和實際所

經驗的感覺相應，也是沒有客觀的價值。所以客觀的事物，第一要能和人的理性相通，第二要能和人的感覺相應。有了第一個條件，這事物即是現實的，不是夢幻的了；有了第二個條件，這事物即是現實的，不是小說的了。

科學所以有客觀性，即是因為他有關係的統系，聯貫了許多貌離神合的事實。

科學的客觀的價值，不在發明物的本性，在發明物的關係。物的本性不是科學能教我們的。恐怕科學以外，也沒有甚麼學能把物的本性教給我們。若是說「天知道」，也不過是「不知道」的又一種說法罷了。

那麼，科學真能得物的關係麼？科學所結合的永不分離麼？換句話說，科學所得的關係是和人的精神相通的麼？是我們的子子孫孫都能承認的麼？這個問題是事實上的問題，不是辯論上的問題。科學存在一天，即是證明自己一天。我們只看他過去的歷史，就知道科學的組織，是受得下時間的試驗的了。

若是只從皮相觀察，科學的理論好像都是不長命似的；纔見他生，便見他壯，纔見他壯，便見他老，纔見他老，便見他死，再過幾天已沒有人記得他了。但是理

論的變遷是強健不是衰頹是推廣不是滅亡,上文已
詳細說過,縱令是衰頹是滅亡,若是精細考察起來,這
衰頹了滅亡了的也不過是一部分,這部分是自己標
榜能將物的本性教給我們的.至於表明物的關係的
部分,還是一點不變,依然又出現在改了新裝的理論
中.可見物的本性是不可知,物的關係是不能變的了.
物的關係不能變,所以科學纔能永存,物的本性不可
知,所以科學纔有進步.

即如牛頓的時間和空間是獨立的,愛因斯坦的時間和空間是一體的,牛頓的時間和空間是絕對的,愛因斯坦的時間和空間是相對的,兩說是不相容的了.但是牛頓的萬有引力定律,還是沒有廢棄,依然留在愛因斯坦的萬有引力定律裏頭.

又如能質說 (ether theory) 主張光是能質的波動,電磁說 (electromagnetic theory) 主張光是電磁的流.我們也不必替佛勒涅爾 (Frenel) 和馬克思威爾 (Maxwell) 兩人調和,說光是流,流是運動,就算能質說廢了,總還有不能廢的要素遺留下來.不然,現在的物理學者也不能把佛勒涅爾用的話,輕輕巧巧改成馬克思威爾的話了.

科學家所以確信外界的對象是實在，即是因為外界對象使我們經驗的感覺，似乎有一種牢不可破的媒介物結合起來的。科學教給我們的結合關係又更精微而強固了。所以我們可以說科學的結合，比較常識的結合，更富於實在性。

要而言之：物與物的中間，怎樣有這條細線牽連住，我們雖是不能徹底明白，我們發見了這條線即是發見了客觀的真實在了。

惟一的真實在，就是物與物間的親密關係。因為物與物間有了這種種的親密關係，纔生出世界內的調和來。科學的法則即是這調和的別名。我們過了幾千年的黑暗，費了無數人的心血，纔把這法則尋出來，試問世間還有何物比他更貴重的？我們還能說科學的法則是馬赫所謂的規約，魯羅阿 (Le Roy) 所謂的名目麼？

由上所說，“科學的真理是不是客觀的真理？”這個問題已可以得一個明白的解答了。這解答就是說，科學不是我一個人主張如是，是人人都主張如是，所以是客觀的真；不止便於我們自己，還便於我們的子孫，所以是客觀的真；是必然不是偶然，所以是客觀

的真。

德國碩學蒲朗克 (Planck) 說物理學的本領在捨去感覺,解放自然,由此達到統一的世界相 (Physikalisches Weltbild); 雖是未免主張過早,但是科學的步驟,總是向着這個目的進行的。不過這個目的終不能到,所以科學的進步也永久沒有停止罷了。

認真說起來,我們憑自己的智慧,發見了宇宙的調和,成爲現代的自然科學,這宇宙的調和自然是成立在我們的智慧之中,不能超越在我們的智慧之外。完全和悟,視,感沒有關係的實在決不能有。縱令有這樣外界,也決不是我們能認識的。但是客觀的實在若是人人同感的東西,我們所發見的調和就是其物了。

自然啊!你怎麼這樣整齊?你怎麼這樣調和?我們天天生活在你的覆載之中,現在纔見着你的無色的相了。纔聽着你的無音之樂了。我們怎能不驚異你,贊嘆你,研究你呢?

我關於這個問題的思想,根本的主張是贊成法國潘加勒所說,所以這篇論文的骨子都是從他的著書來的。我做這篇文章只當是用我自己的議論來紹介他的學說罷了。我今再直引他的幾句話作我的收

筆。

潘加勒說：—

“C'est cette harmonie qui est la seule réalité objective, la seule vérité que nous puissions atteindre; et si j'ajoute que l'harmonie universelle du monde est la source de toute beauté, on comprendra quel prix nous devons attacher aux lents et pénibles progrès qui nous la font peu à peu mieux connaître.”

“只有這調和是惟一的客觀的實在，是我們所能達到的惟一的真理。若是更進一層說，宇宙的普遍調和是一切美的本源。那麼，使我們漸漸認識這調和的，悠長的，艱難的進步，應當有何等價值，我們也可以明白了。”

此
页
空
白

現代自然科學之革命思潮

文 元 模

席勒爾 (Schiller) 之詩曰：

“Das Alte stürzt, es ändert sich die Zeit,
Und neues Leben blüht aus den Ruinen.”

時移世易。 凡舊皆滅。
自其陳跡。 新生更發。

此語驟觀之似覺平淡無奇。試一仰觀俯察，瞑目以思。然後知此平淡無奇之語，實非詩人之錦心繡口不能道也。假令舊者常存，新者不立。則人類生涯，直同機械。前人糟粕，後人食之。前人蹊徑，後人蹈之。今日如是，明日復然。僅有止境，永無進境。蕭索無聊，於此極矣，尙何意義之足云。故以抱殘守缺爲至善，以改絃更張爲非聖者，妄也。然舊者皆可棄之如土，新者皆宜奉之如珍乎。是又不然。過去之歷史者，未來之指針也。不有

舊土。何來新珍。由斯義以言之，舊者雖不免淪胥。然其啓迪新者之功，仍不能泯。彼抱殘守缺，不知進化者，固不足道。然其所抱所守之殘者缺者，依然自有其價值。故徒侈談革新，而不以已往之陳跡爲根本者，亦妄也。姑不必泛論人生。廣徵史乘。卽就自然科學思想變遷之程序以察之，此理亦不難明矣。當十九世紀之末葉，物理學之所發明，幾於不勝屈指。（註一）不惟局外之人，驚心駭目，嘖嘖稱頌。相謂自然之大，亦終爲人類所征服。卽身治科學者亦莫不自慶自雄。以爲宇宙祕局，無不盡闢，後之學者，但能繼守先人遺業，加以塗飾之功。使精者愈精，美者愈美。其進步已不可名言。若夫發見新物，創造原理。前人已不留餘蘊，更不煩後人之勞心竭力矣。豈知曾幾何時，而昔之樂觀，終成幻想。昔之豪語，無非妄言。輒近三十餘年來，所新發見之實驗的事實，與新建立之理論的基礎，其規模之大，體用之全，有非前人夢想所能及者。自實驗之成績言之。則放射能 (radioactivity) 也，陰極線 (cathode ray) 也，運河線 (canal ray) 也，羅琴線 (Röntgen ray or X-ray) 也，電子與物質之分離 (the isolation of electron) 也，真空中之能之配布 (distribution of energy in the hohlraum)

也，磁場中之斯拍克特覽線之分割 (Zeeman effect of spectrum-line) 也，能質中之地球運動之無影響 (negative effect of the earth's motion through the ether) 也，(註二) 凡此種種，更僕難數，而其力皆足以推倒過去思想之舊基，啓發未來研究之新徑。故羅倫徹 (H. A. Lorentz) 等據之而創電子論 (theory of electron)。愛因斯坦 (A. Einstein) 據之而創相對律 (principle of relativity)。蒲朗克 (Max Planck) 據之而創量子說 (quantum theory)。於是實驗的事實，皆相聯絡，不至如市上珍奇，徒供把玩。理論的推考，咸得根據，不至如空中樓閣，無所憑依。人智之發揚，於此嘆觀止矣。更就其理論之結果而言之，則電子論出，而原子不分，電非物質之說，翻然一變。相對律出，而二百餘年來學者奉爲天經地義，莫敢竊疑之牛頓力學 (Newtonian mechanics)，遂失其普遍性。時間與空間，遂失其獨立性。量子說出，而輻射能 (radiant energy) 之發射與吸收，皆有一定極限。於是“自然連續不斷” (natura non facit saltus) 之公理，竟成一科學史上之古物。不復有疇昔之價值。約而言之，吾人之宇宙觀，由機械的而電磁的，由絕對的而相對的，由連續的而非連續的，其蛻變之

期，不過三十餘年而已。所經之時，如此其暫。所成之業，如此其偉。恐自有科學史來，未之前聞也。“彼非宥克立幾何學 (non-Euclidean geometry) 若與此較，直兒戲耳。”(註三) 然此猶但自科學的見地而言，若更自哲學的見地論之，又何如乎。當自然科學胚胎之初，人類之認識自然，莫不以感覺爲惟一無二之筌蹄。光學之起，由視覺也。音學之起，由聽覺也。熱學萌芽於皮膚。力學發源於筋骨。一言以蔽之，人類有一官能，物理學即增一部類。物理學之基礎，不在物而在人。不在外而在內。假令人生而盲，則宇宙可以無光。人生而聾，宇宙可以無音。人生而皮膚無靈，宇宙可以無熱。人生而筋骨失感，宇宙直可以無物。故自然科學之研究，惟在節省思惟，以適應官能。利用現象，以扶助生存而已。此說濫觴前古，復大盛於近代。其所持論，純主於實。既無假說。復無玄理。矛盾不生。庸俗皆解。以云簡明。誠簡明矣。然今日之科學，不如是也。自其彰明淺近者而言之，則一切光色，定自波長。一切音調，定自振數。溫度之高低，則以物質之膨脹定之。力之大小，則以動量 (momentum) 之變化定之。此皆小學兒童所熟知，無待縷縷詳述者。然即此數例，已足以知今日物理學中，感覺之用，

迥非前比。更進而察其體系，則昔之依人類官能而分類者，今則合而爲物質物理學 (physics of matter) 與能質物理學 (physics of ether)。於是恆河沙數之自然現象，遂由分立而一統。由主觀而客觀。由依附感覺而脫離感覺。人類之個性漸除，物象之本體愈顯。而自然之法則，亦遂不僅爲行爲之規約而已矣。不然，何以同一法則，放之歐美洲而皆準，放之亞非澳洲亦皆準耶。由是推之，假令火星 (mars) 中有住民，而其文化程度又不讓於吾人，則其視功能不滅 (conservation of work and energy)，熱率常增 (entropy tends to maxim)，宇宙互引，時空相對之理，亦必不異於吾人，可斷言也。

(註四) 故今後之自然科學，不圖大進則已，苟圖大進，則其所由之路無他，惟有改造舊基，別建新址，解放自然，捨去人感 (anthropomorphic ideas) 而已。此言之義，由上已明。讀者如猶以爲怪誕不經，河漢無極，則試一思及哥伯尼之地動說 (Copernican cosmical system)，當可恍然大悟。夫哥伯尼之說，非學藝復興期之一革命思想，自然科學史之一紀元原理乎。然其與托勒密之天動說 (Ptolemaic cosmical system) 相異處，亦不過是捨去人類棲息之地球，而移標軸 (axes of reference)

之中心於太陽耳。是知人本主義 (anthropomorphism) 捨去一分，自然科學即進一分。自然解放一步，自然科學亦進一步明矣。綜上所述，現代自然科學之革命思潮，已可略見一斑。惟吾人當此過渡之期，有最不可忘者二事焉。非常之原，黎民所懼。歷史每當改造之際，必有不可計量之犧牲以隨之。今日之電子論，相對律，量子說之思想，雖已風靡全科學界。然原子之組織尚未明。電子之本體未暇論。茫茫前路，未可樂觀。聰明俊傑之士，尚須努力奮鬪。一也。事功之成，從無偶然。今日之科學思想，莫不由昔日之科學思想遞演而來。若無熱力學與氣體論 (kinetic theory of gas)，則量子說莫由生。無法拉第 (Faraday) 與馬克思威爾 (Maxwell) 之電磁學說，則電子論無所據。無牛頓力學則相對律亦將失其母。故舊者雖可棄可改，而不可輕。二也。且退而思之。後之視今，亦猶今之視昔。昔之奉為真理者，降及今日，都成廢說。則今之視為真理者，至於後日，亦必為廢說明矣。是則人力不足恃。真理不可期。吾人亦何苦以有涯之生，隨無涯之知乎。然科學之枝葉雖常更，科學之根幹固無恙也。且枝葉逐年更新，根幹亦逐年增大。今日之學說早廢一日，科學之行程，亦早進一日。吾

人不傷其將廢，正憂其不速廢耳。善乎潘加勒(H. Poincaré)之言曰：

“La pensée n'est qu'un éclair au milieu d'une longue nuit. Mais c'est cet éclair qu' est tout.”

思想者，悠悠長夜中之一閃光而已。然此一閃即是一切。

吾輩生涯，如是已足多矣。尙何他求哉。

註一 本篇題曰現代自然科學之革命思潮，而所論不出物理學者，非以自然科學即物理學，亦非以自然科學中惟物理學為有價值。蓋就科學的研究而言，物理學不過自然科學之一支。而就科學的認識而言，物理學則為自然科學之代表故也。此非不佞一人之私言。試觀歐洲學者著書之例。即足以知之。姑舉一二。則如 Dannemann, Die Naturwissenschaften in ihrer
Entwicklung u. ihrem Zusammenhange.

Poincaré, Science et hypothèse.

Poincaré, La valeur de la science.

Poincaré, Science et méthode.

Russel, Scientific method in philosophy.

註二 “spectrum” 嚴幾道譯作璇璣陸離圖（見羣學肄言），名雖雅而意則晦，不適用於科學之用。近有譯作光帶者，有譯作析光帶者，皆未妥也。如用是譯，則 band-spectrum, line-spectrum, spectrum analysis, spectral series 等詞，皆不可通。余久思不得其當，不得已暫用音譯。“ether”舊譯“以太，”音譯也。余友鄭貞文君譯作“彌子”（見學藝雜誌第一卷第三號），意譯也。然試考 ether-theory 之歷史，此語所代表之概念，不知經幾許變遷。有以之為流體者，有以之為固體者，有以之為連續者，有以之為不連續者。不惟今日尚未一定，恐即在將來亦永不能定。彌之義雖足以盡之，而子之義似猶有所未盡。故余復以“能質”易之。蓋以 ether 所表之概念雖多，要不外一種假想之物，用以媒介電磁振動之能而已。且今物理現象，漸歸統一。物理分類，亦僅有二。若用此譯，則 “physics of ether” 即可譯作“能質物理學，”而 “physics of matter” 譯作“物質物理學，”兩相對待，尤為便也。然三者之中，以孰為當，尚待討論。

註三 此係1909年蒲朗克在哥倫比亞大學演說之辭，見 Max Planck, Acht Vorlesungen über die theoretischen Physik. 此書至簡而括，現代物理學及蒲朗克之思想，由此可見一斑。凡欲窺現代物理學之門牆者，皆不可不讀也。故特紹介於此，以便初學之讀者。

註四 “entropy” 原義為 “transformation.” 余友鄭貞文君譯作熱率，取其定義也。今沿用之。

此
页
空
白

論現代科學革命者愛 因斯坦的新宇宙觀

文 元 模

本篇的要領

推倒牛頓動律的相對性原理——相對性原理的時
間與空間——相對性原理的二大公準——牛頓動
律所以不能與相對性原理兩立的緣故——相對性
原理的根據——相對性原理的第二步發展——愛
因斯坦的引力新論——愛因斯坦三大豫言的實證
——去年五月的大發見——人類思想的凱歌——
愛因斯坦的思想由來——自然科學與文化的關係
自牛頓 (Newton) 的格物宗論 (principia) 行世，
至一九〇五年，二百餘年間，學者所發明的力學原理，
如達蘭伯爾 (D'Alembert) 的原理，摩拍爾梯 (Maupertuis)
的原理，哈密爾頓 (Hamilton) 的原理，高斯 (Gauss) 的

原理等，雖是不少，但若追本窮源，都無一不可由牛頓的三大定律演繹出來。因此治科學者，愈驚其體大思精，不但不敢懷疑，且推而廣之，舉宇宙間一切現象，盡歸於物質的運動，其運動的情況，則用牛頓動律以馭之。於是牛頓三律，不但成了力學的基礎，且成了全體物理學的基礎。此種自然的機械觀（die mechanistische Anschauung der Natur），雖是萌芽已久，然牛頓動律行世後，纔得了根據，成了系統。及一八四七年德國赫爾姆霍兒赤（Helmholtz）公布其“論力常住（über die Erhaltung der Kraft）”一文以來，越更花葉並茂。十九世紀的科學，所以遠超前古，雖由於英俊輩出，發見日多，但飲水思源，開路先鋒自當推牛頓為第一了。誰料此曠代哲人手建的莊嚴國土，能樂享承平，也不過二百餘年呢？到一九〇五年，忽有一位德國的青年學者愛因斯坦（A. Einstein）發表一篇奇文名曰“相對性原理（das Relativitätsprinzip），”力說牛頓力學的絕對時間與絕對空間之謬（註一），於是此「不廢江河萬古流」的牛頓動律，便一落千丈了。

愛因斯坦的相對性原理，既能推倒二百餘年聖者不敢竊疑的牛頓動律，又能要當代碩學名家的信，

自必取精用宏，不待多言。今欲將此革命思想，數頁說盡，又要平易通俗，恐就是愛因斯坦親自動筆，也不知從何說起。何以呢？精嚴科學（die exakte Wissenschaft）的思想，只有數學的言語（die mathematische Sprache）纔可以表出來。若是尋常所用一字多義的言語，不但傳不出他的精神，反要引人入迷了。故此篇所述，只能說過去的歷史，現在的要求，未來的希望，及其推論的梗概，以喚起我國青年的觀感而止。至於相對性原理的真實內容，請俟異日。

古語有云，“非常之原，黎民所懼。”大凡革命思想，雖是應運而生，然因帶了破壞的性質，與人類苟安的常情相反，且又推翻前古，超越現代，為同時輩流所不能了解，所以真理反受壓迫，恩人反被虐待。即如噶利略（Galileo）與布盧諾（Bruno）擁護地動說，一個不免於縲紲，一個甚至被焚骨揚灰，此便是著名的例。今世雖文明大進，不比文藝復興初期的黑暗，但是世人對於革命思想家的嬉笑怒罵，究竟不能少的。所以愛因斯坦的奇文一出，守舊者都詆之為妄言，求新者也疑信參半，以為其說縱有可取，也不過是解釋物理現象的一種巧器，與牛頓建設的基礎無關，這就是因為

他的體系過大，思想過玄，推論又過奇的緣故。今試將他的推論略舉數端，即如同一時間，而靜者測之，較動者測之爲長，此一不可解；同一空間，而靜者測之，較動者測之爲小，此二不可解；一切物體的速率，不能逾於光的速率，若逾此極限值 (der Grenzwert)，因果關係，便成倒置，將見人先亡而後老，老而後壯，壯而後幼，幼而後生，此三不可解；一切物體的質量，是常變不是常住，質量的大小，與速率的大小相關係，速率愈大，質量也愈大，速率到了與光相等時，質量便成無限大，此四不可解。即此數端，就是相對性原理已經全球學者公認的今日，恐初聞的人，也要說他妄誕不經，掩耳卻走，何況此奇文發表的當時呢？

然自然科學的特色，第一就是不尙空論。若是一味新奇，便算真理，驚世駭俗的話，誰不會說，又何必讓愛因斯坦獨步一時呢？故以上所舉數端，若僅如是而止，尙何價值之可言。然相對性原理，決不如是，實具有確乎不拔的根據，與井然不紊的組織在。上所列舉的，不過其推論不得不然的結果罷了。要問這推論的起點，請看下列的二公準 (Das Weltpostulat)：

第一公準 空間中的絕對等速運動，是不能測。

無從知的。 能質(der Äther)中的等速運動亦然
第二公準 自由空間中的等速率,無論何人看
去,都是一樣,與觀測者及光源的相對運動無關
係。

這第一公準,是不承認有絕對空間,第二公準是不承認有能質,至於羅倫徹 (Lorentz) 主張的常靜能質,更不待言。相對性原理的一切推論,都從這二公準出。猶如宥克立幾何學 (die Euklidische Geometrie) 與非宥克立幾何學 (die Nicht-Euklidische Geometrie) 一切定理,都是從二三公理演繹而出相彷彿。但是物理學的原理與幾何學的原理,根本上卻大有不相同處。幾何學的原理,是從心造,物理學的原理是受物治。幾何學是先有假說,後有定理,物理學是先有定律,後有假說。幾何學的體系,可以有二有三,物理學的體系,只是一無二。所以三角形內角的和,宥克立 (Euklid) 說是等於二直角,李門德 (Riemann) 說是大於二直角,羅巴捷扶斯基 (Lobatchewski) 說是小於二直角。由一點引出與所設直線永不相交的直線,宥克立說是一,李門德說是零,羅巴捷扶斯基說是無數。彼此雖互不相容,依然不妨並立,而牛頓動律與愛因斯坦的相對性原

理一有矛盾，便不能享這共存的福了。這就是因為牛頓動律是由經驗得來，愛因斯坦的相對性原理也是由經驗得來的緣故。

既是二者都從經驗得來，何以能這樣矛盾呢？答道，經驗的範圍，有廣狹不同。牛頓的經驗，是牛頓以前的，愛因斯坦的經驗，是愛因斯坦以前的。牛頓的動律，只歸納了尋常現象，愛因斯坦的相對性原理並歸納了異常現象。這樣說來，我們便可想到牛頓力學，雖然不是「即真理」也是「近真理」，若是論到尋常現象時，愛因斯坦便和他一樣。所以牛頓力學，雖是失了天經地義的尊號，但是他在科學上的勢力依然不可侮。這個緣故，第一是因為愛因斯坦的思想過深，領會不易。第二是因為異常現象，除了科學家在實驗室中觀象臺上可以遇着，普通人士都不能逢的。所以簡單明白的牛頓動律，也就足以供普通人的用了。但是這話不過就實用上說不是就真理上說。人生的目的，難道是專為衣食嗎？

相對性原理的源流，由上所述，已可略見一斑。但是所謂異常現象，是些甚麼呢？若提起來，話卻甚長。今姑列舉其名，則如：

阿拉果的實驗 (Aragoscher Versuch),
列斯皮基的實驗 (Respighischer Versuch),
赫克的實驗 (Hoekscher Versuch),
克特勒與馬斯加的實驗 (der Versuch von Ketteler und Mascart),
諾爾得邁牙的實驗 (Nordmeyerscher Versuch),
威爾森的實驗 (Wilsonscher Versuch),
羅蘭德的實驗 (Rowlandscher Versuch),
費左的實驗 (Fizauscher Versuch),
鑾琴的實驗 (Röntgenscher Versuch),
愛亨瓦兒德的實驗 (Eichenwaldscher Versuch),
邁克爾森與摩黎的實驗 (der Versuch von Michelson und Morley),
特廬頓與諾伯爾的實驗 (der Versuch von Trouton und Noble),

等等,都是相對性原理的根據。此等實驗所得的結果,牛頓的動律,都難說明。愛因斯坦纔根本的研究起來,悟到牛頓動律的基礎不堅,便決然捨去絕對時間,絕對空間,與媒介能質的舊說,另尋新地,建設徹底的物理學。所以他的第一篇論文出來,已是旗鼓堂皇,及第

二篇論文出來，更是規模大備。當時許多學者，雖是未能了解，不表贊成，但是攻他不動，無可如何。到一九〇九年青年數學者閔可夫斯奇(H. Minkowski)創四元解析法，把時間與空間融為一體，於普通所用的三直交軸上，更加一軸，以表時間與光之速率的相乘積。合此四軸，名曰“宇宙 (die Welt)”。自然界的一切現象，都可以這四元宇宙內的點或線表象之。於是相對性原理，越更體用俱全。就是守舊者也不得不從他了。以上所述，便是相對性原理的第一段。

我想初學的讀者，看到此處，必然有許多不滿意的地方。一。上文所說不可解的幾項推論，如何能從那二公準演繹出來呢？二。上列的那許多實驗，究竟是甚麼內容，愛因斯坦的二公準，怎樣的由他歸納而成，牛頓動律，又何以不能說明他呢？三。閔可夫斯奇的四元宇宙，講的是甚麼，時間與空間，何以能融為一體呢？要答這幾件疑問，卻有兩層難處，一是限於篇幅，二是限於言語——因為精嚴科學，非數學的言語不能表——所以只得暫時保留，他日再說。一面且把倫敦泰晤士報特請愛因斯坦講述的一篇淺說，摘譯一二節出來，暫充初學者的饑欲。然後再說相對性原理的第二步

大發展，及二十世紀科學史上的第一次大發見。

愛因斯坦先生說：——

“物理學的理論有二，一是立說的理論，一是原理的理論。例如氣體論假設分子的運動，說明氣體的種種性質，這便是立說的理論。又例如熱力學以「永久運動決不可得」的經驗做基礎，然後依解析的程序，演繹出統御各種物象的法則，這便是原理的理論。故立說的理論，是用假設。原理的理論，是本實驗。前者是用解析的方法，其要素須易於解釋，便於應用。後者是用歸納的方法，其特性在推論完全，基礎安固。相對性原理即是屬於後者。要明白他的理論，須先明白他的原理。我今當敘述這些原理之前，第一不得不指出相對性理論有兩層樓。一層是特別相對性理論。一層是一般相對性理論。

“自希臘古代起，凡敘述一物體的運動，必敘述這物體與他物體的關係，這是人所共知的。例如我們說汽車的運動，是關於地面而言。說惑星的運動，是關於恆星全體的集合而言。至於物理學察物體的運動，則是關於座標軸而言。牛頓力學的法則，即可借一座標系的幫助，用方程式表出之。

“一座標系的運動情況，不能隨意選擇。迴轉與加速率，都是不可有的。力學所用的座標系，名叫惰性系。惰性系的運動情況，雖是不能隨意選擇，然也不止一種。凡對於一惰性系以等速運動的座標系，都是惰性系。所以特別相對性原理，就是一個命題的應用。一切自然程序都包含在這命題中。甚麼命題呢？就是說若是甲乙二系相對平等運動時，關於甲系沒有矛盾的敘述，關於乙系也沒有矛盾。

“相對性理論的第二原理，就是無論光源的速率爲何，真空中的光的速率都是一定。這個命題是由馬克思威爾與羅倫徹的電力學可以證明的。

“但是這兩個原理，雖得了實驗的證明，論理上卻不能一致。若要得論理的調和，除了變更運動學而外，沒有別法。相對性原理，即是調和這兩種經驗的功人。換言之，相對性原理，是把時間與空間的舊觀念改革了。由相對性原理，我們即可明白「兩事同時並起」這句話，除了言明座標系的連結，是沒有意義的。並可明白物體的質量與時鐘的速率，都是要與對於座標的運動相關而言。

“我的特別相對性原理，破壞了牛頓的動律，修改

了舊式物理學，一面又指示了自然法則都能滿足的數學的條件，調和了上述兩種不能一致的經驗的事實。這還是概括的說。又講到他的特別成績，一就是闡明了關於疾動質點_【的定律，已經 X 線管中飛出的電子，及鐳 (radium) 中發出的放射線，完全證明。二就是革新了質量的觀念，把物質系的惰性的質量與潛伏的能，合而為一，因此「物質不滅」的教義，都包含在「能不滅」的教義中，不復分立了。”

以上所說，即是愛因斯坦所謂特別相對性原理的概念。一九〇五年及一九〇七年他所發表的論文，就是關於這特別相對性原理立言。到了後來他的思想，逐年燦發，更把這特別相對性原理推廣起來，討論宇宙引力 (die allgemeine Gravitation) 的原因。於是又生出他所謂的一般相對性原理。但是這一般相對性原理，比那特別相對性原理，推論愈奇。不但英法意美各國的學者都異口同音，大反對他，就是德國學者中最擁護他的，也皆譁然說是愛因斯坦自取滅亡之日到了。不料他卻獨立特行，毫不介意，反把他的思想，條分縷析，組織起來，成了一種宇宙引力的新論。主張宇宙引力的原因，是由於空間的形狀，起了變異。例如圓

周與直徑之比本是等於 π ，若是中心上有了物質存在，便不等於 π 了。這個議論，已是不可思議，好像談鬼說怪一般。然尚不止此，他還說引力傳達於四方的速率，是有限不是無限，這引力的速率，便與光的速率相等。且由此算出三件異事，斷定他必然實現。

- 一. 惑星繞日的軌道，當有差異。
- 二. 光線過引力場，當少彎曲。
- 三. 自恆星達於地球的色景 (das Spektrum) 當向赤部移動。

這不是河漢無極的話嗎？但是上文已曾說過，精嚴科學，不尚空論，愛因斯坦的這些話，驟聽去雖似奇妄，然都是一般相對性原理當然的結果，不是卜筮星相的無稽之說。我們要承認他的原理，就不能不承認他的推論，要不承認他的推論，也即不能承認他的原理。取一半捨一半的調停辦法，不是科學所能容的。無奈他的原理，已是確不可移，所以當時學者對於他的推論，雖是大惑不解，也只好忍心耐性，等時間來解決罷了。不但當時學者存着這個希望，愛因斯坦自己也是存着這個希望。恰好有一個天文學上久不能明的懸題，正是考驗他第一豫言的試金石，於是一般相對性原

理，就不得不受這第一次試驗了。

這懸題是甚麼呢？就是水星的運動問題。凡惑星繞日的軌道，本是橢圓，因受了旁的惑星的影響，軌道就微漸移動。這是叫做近日點(das Perihel)的移動。這移動的分量，可以由牛頓的定律計算出來。如金星與地球的軌道，都是與圓相近，所以這移動尚不明顯。至於水星，已由歷年觀測，知道是一百年移動五百七十四秒。然而由牛頓的定律計算，只得五百三十二秒。是觀測與理論差了四十二秒。這差的本源在何處呢？歷來天文學者，已不知費了許多苦心，終是莫明其所以然。於是愛因斯坦便把他的原理應用起來，這個不能釋然的懸題，立即迎刃而解。這就是一般相對性原理的第一次成功。

愛因斯坦的第一豫言中了，當代的學者，都喫了一驚。大家便爭先恐後，想法考驗他的第二豫言。但是要解決這個問題，非有絕大的引力場不可。而這絕大的引力場，除了天造地設，不是人力能造的。大家又只得靜待天時了。好在這個天時，不像河清難待。去年南美洲及非洲赤道附近的日食，就是一個難得的機會。英國學者知道此機一失，又非再等十九年不可，便於

歐戰正烈的前年，極力準備。去年便派了許多名家老手，出去觀測，自五月直至十月，自美洲直至非洲，半年辛苦，萬里跋涉，纔算大功告成。這遠征團歸來的報告，又經倫敦皇家學院天文學會的全體碩儒，詳細審查，卒認定愛因斯坦的第二豫言不誤，星光過太陽引力場時，彎曲的角度，確係 1.75 秒，與愛因斯坦由一般相對性原理算出的結果，不爽毫釐。於是歐美喧傳，歎為自發見海王星以來，科學史上未曾有的盛事。英國泰晤士報更特派記者往伯林，訪這豫言之主，表示英國國民崇尚真理，敬慕名賢的意思，并請他做幾句淺說，為英國一般人士，講述相對性原理的大旨。去年十一月二十八日泰晤士報上“科學的革命——宇宙引力的新理論”的題下所載的，即是這大發見的記事。本篇中前節所引譯的，即是愛因斯坦通信的一節。

先生的第一豫言中了，第二豫言又中了，今所餘的只有第三豫言，現尚在考驗中。據近日格列伯 (Grebe) 與巴襲姆 (Bachem) 的報告，似乎已有端倪。不過其結果與聖約翰 (St. John) 所得的尚不一致，所以還未能得各國學者公認。但是愛因斯坦的名譽，與相對性原理的價值，即此已足以永傳不朽了。英國現代名儒

湯姆孫 (J. J. Thomson) 說他是“人類思想的一大凱歌” (One of the great triumphs of human thought), (註二) 真不是過譽之言。

相對性原理的第一段歷史,第二段發展,與他的思想概略,推論結果,大抵已如上所述。我想不知道的讀者諸君,還是莫明其妙。今更將泰晤士報記者與愛因斯坦先生的會話,附在下面,或可少助諸君的思索。

泰晤士報記者問先生宇宙引力論的思想從何處來。先生答道:“我有日在街上走,見一修屋的工人,從屋頂跌下來,幸不會受重傷。我便問他落下來的時候是甚麼感覺。他回答說是也沒有別的,只覺得全身的重量都消滅了。這便是我以相對性原理做基礎,討論引力原因的由來。你若不明白,我更說淺些。設想把一個人,封在箱裏,高懸起來,然後把這箱向下衝去,箱中人便立時失了引力的作用。所以說物體受引力,不過是空間起了歪。這樣解釋,你該明白了啊。”

先生這幾句話,我卻是不明白,不知讀者明白不?

我的本題說完了,最後還有幾句話,就是東方人對於科學的見解。我常聽許多人說,西方文明,都是物質的,非精神的。自然科學,只是專門考究物質,與精神

的文化無關。這真是門外漢空洞的妄談，不值識者一笑。須知自然科學雖只是以物質為對象，但是他的目的，卻是在闡明自然，不是在滿足貪慾。他的方法，是以認識為基礎，作系統的研究。物質文明，不過是他的副產物罷了。所以自然科學進一步，哲學也進一步。克卜勒 (Kepler)，噶利畧 (Galileo) 與牛頓等的研究，無一不是近世哲學發展的歷程。政治經濟社會等可以稱為科學的，無一不用他的塗術。到了今日，雖然不能說哲學家都投降到科學旗下，但是哲學離了科學，便成憑虛御空，不自知其所止了。我們中國人，歷來沒有科學，所以也沒有抵抗天行的精神，沒有解析事理的頭腦，沒有規律的生活，沒有條貫的思想。要醫治這些積病，除了下科學的對症藥外，無論怎樣向空祈禱，恐也無效。所以我想今日的文化運動，第一着手須想法普及一般的科學教育，培養特異的科學人才。然後現在纔有根基，將來纔能發展。不然，終久只有運動，不會看見文化的。諸君！西方所以蒸蒸日上，實有他深遠的淵源。只看英國人把那南美洲與非洲的日食，看得和歐洲的大戰一般重，不惜金錢，不辭辛苦，去考驗一個敵國學者的學說。還有美國人投了一百多萬的巨資，特

造不用鐵釘的木船，去測那大海中的地球磁力。前幾年更有一個在英國身負盛名的司各脫大佐(Captain Scott)，和許多英俊學者，棄了安樂生活，去探那雪地冰天的北極地理，究竟凍餓而死，不得還鄉。這些舉動，在我們中國人眼裏看去，不是像發了狂嗎？試問那光線過引力場怎樣彎曲，磁針在海洋中怎樣擺動，寒暑表到了北極，降到甚麼度數，與人生有，何關係呢？殊不知這些看去似不相干的事，對於人生的影響，纔是不小咧。我們中國今日的程度，還不及歐洲二百年前，自然說不到這高級文化來。但是要望將來不落人後，今日還要加倍努力，實事求是，不是換件衣裳，掛個招牌，便算是文明了啊。

註一 愛因斯坦一九〇五年發表的論文，本是叫做“Zur Elektrodynamik bewegter Körper，”一九〇七年發表的論文纔叫做“Das Relativitätsprinzip，”但相對性原理的思想已載在第一論文中。所以相對性原理的紀元也當從一九〇五年起。

註二 此係湯姆孫去年十二月在英國皇家學院演說的話，見“Proceedings of Royal Society，” Vol. 96. No. 678.

此
页
空
白

相對性理論與哲學之交涉

張 心 沛

本篇是 Ernst Cassirer: Philosophische Problem der Relativitätstheorie (Die neue Rundschau XXXI, 12) 底大意。Cassirer 曾著 Zur Einsteinschen Relativitätstheorie. Erkenntnistheoretische Betrachtungen (Berlin, 1921) 一書，論相對性理論與哲學的認識論底交涉至爲詳盡。Natorp 在其名著 Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften 第二版序言中嘗稱許之。Cassirer 是新康德派中最有勢力的一派——Marburg 學派的中堅，在 Cohen 已逝，Natorp 已老之今日，Cassirer 當可稱爲該學派底代表人物。故其對於相對性理論底批判，是極可傾聽的。本篇乃著者爲便於一般讀者起見，就前書中所說，略去數學的物理學的方面，務就其純粹關於哲學底部分，簡單敘述出來的。但是相對性理論原屬難解，而哲學又非盡人皆通，故此篇雖較前書淺明，恐亦只限於對於相對性理論有相當理解，而且有哲學的素養底少數諸君，方能徹底了解。若更欲

悉其詳細，宜讀前書，唯因該書底內容較豐，未能譯出以饜閱者，深以為憾。今姑記其目次如下。

1. 計量概念及事物概念 (Massbegriffe und Dingbegriffe)。
2. 相對性理論底經驗的及概念的基礎 (Die empirischen und begrifflichen Grundlagen der Relativitätstheorie)。
3. 哲學的真理概念與相對性理論 (Der philosophische Wahrheitsbegriff und die Relativitätstheorie)。
4. 物質，能，空，空間 (Materie, Aether, Raum)。
5. 批判的觀念論底空間及時間概念與相對性理論 (Der Raum und Zeitbegriff der kritischen Idealismus und die Relativitätstheorie)。
6. 宥克立幾何學及非宥克立幾何學 (Euklidische und Nicht-Euklidische Geometrie)。
7. 相對性理論與相對性底問題 (Die Relativitätstheorie und das Problem der Relativität)。

對於一種物理學說加以哲學的考察之時，有件應當留意底事項。就是對於某種物理學說內容底解釋，決不可以哲學本身固有底批判為準繩。因為物理學說底內容，是用純粹由物理學底方法演繹出來底唯一的法則始能闡明的。除了這種物理學底規範 (norm) 而外，再無別種全然“思索”的考察方法存立

之餘地。大凡一種數學上或物理學上底理論，必須先將其成立底根據，及付與深邃的意義和尊貴的生命底基礎全體把住之後，然後這理論底命意所在，爲用若何，始得明白。故相對性理論亦不能與其萌芽發生底土壤——實驗和數理論的根底——相離。若相對性理論踰越其本來之分野，輕率擴張範圍，參以一種思辯的形而上學的解釋之時，雖一見似足以引人興趣，其實已不啻將其固有獨特底意義喪失。欲真了解相對性理論，應以其獨自之方法及理路爲之引導。這理解底徑途不容縮短，其難解底程度亦無法減輕的。

但是對於數學的及物理的認識，還有一種別的考察方法。此並非將數學物理的認識固有底特種形式（指規範言）付諸不問，卻是將此形式闡明，使其徹底了解底考察方法。施以此種方法之時，關於知識底內容既不增加，亦不減少。只是對於此種知識是否有客觀的對象的意義底問題加以探究，加以評價而已。然而這種考察不但對象性底問題上可以施用，關於知識體系底全體，科學底假定，以及知識構成底原理，亦均可以施行。而當着一種新學說發生，在從來的世界觀中引起革命，或將自然和自然認識底概念根本

推翻之時，這種考察尤為重要。哲學對於相對性理論底根本思想，抱有深長的興味亦即在此。若哲學的考察只限於相對性理論底種種稀罕新奇的要請 (Postulat) 和推論——譬如同時性之相對性，空間曲率，以及世界之有限性等理說——之時，哲學至多不過能捕捉其眩目的外觀而已。更真摯，更謙遜，更難解，更深邃的哲學底事業當然是別有所在的。因此有個疑問發生，就是：由相對性理論惹起的對象概念底變更是否即是一種物理的認識概念底變更？不但世界認識底意義，並且從來對於認識的規範和規約底解釋也是應當變更的麼？或是換句話說，康德 (Kant) 關於他的理論的理性批判，探求確實的基礎之時，他在物理學上，從刻卜勒 (Kepler) 噶利賴 (Galilei) 到牛頓 (Newton) 物理的發展之中，發見了一個學問上不變的進行脈絡，這個不變的進行脈絡是被相對性理論斷絕了麼？或者反而是由這可驚可異的新方法證明確實了麼？這便是認識論上問題底核心。物理學從力學的自然直觀的世界觀發展到電力學和一般相對性理論的世界觀以來，對於自然底解釋明明白白是經過一番改革，這是不可爭的事實。但是關於這種改革，物理學

底論理的構造是仍然確實保住的麼？確實保持底程度是如何呢？若是相對性理論對於這論理的構造有所關聯，並且依着論理的構造本身底定義和制約，比以前尤其銳利的將這種論理的構造把住之時，那相對性理論底哲學的貢獻，除了普通所見者而外，當在別個方面顯現出來。這個理論底本質的內容並非否定的批判的破壞，卻是在破壞之後帶着物理的認識概念底積極的意義的。

照普通常識所信的素樸實在論說起來，世界，自然或現存的個物都是具足的所與，所謂完全科學，只求其能將此種實在周密模寫出來，便爲事已足。然假令此種實在論者對於自然科學所用方法詳加檢覈，或將科學最初歷史的原理底起源一加考究，當立知此等實在論之自相矛盾。因爲自然科學出發最初底概念，既不是我們周圍底實在物底再現，也不是模寫。從直接知覺底世界——色，音，香，味，觸覺，溫覺等感覺選擇的世界——闖入物理學者底世界中來的實非常僅少，這恰如與知覺聯結着的快不快底主觀的感情闖入物理學者底世界中者極少是一般的。離卻感覺的世界，構成物理學研究唯一對象的就是那形和

數和運動底純粹數學的世界。無色無音，唯有感官知覺所不能把捉的境地——原子和力底境地，可以推定而已。所說的是一個新存在和新秩序，而這個新存在可以要求一切科學的真理，並且還可以與感覺的事物底世界以存立底基礎。世界必須如此而後得為悟性(Verstand)所把持說明。

在這種要求之中固然是藏着種種難點和認識論的問題，然而將所有的“質”改為純粹的“量”，將主觀知覺底種種內容改為客觀的計量，將所有單屬於感覺的特種存在改為可以精密計量的存在，這種目的是業已確立無疑的。這種科學的方法底可能及必然，是我們非明白認知不可的。這種科學的自然觀察底終局收獲，大家都相信就是那重學的世界觀了。然而我們不能不起一種懷疑。嚴守科學的方法之時，這種重學的世界觀是否能成為終局的生產物呢？果然，重學者世界觀在純粹物理的領域之中已遇着最初的變動。就是自從法拉第(Faraday) 馬克思威爾(Maxwell) 以來漸次成為觀察中心的，電氣力學的，光學的現象上所假設的保持者，媒介物——Weltäther，——在重學的說明和構成上，是毫無關聯的。除了這方面而

外，物理學底進步依然在漸次推移。物理學迫於其本身底必要，不但對於說明對象的自然加以疑問，即對於說明原理的重學理論亦漸漸懷疑。關於這種物理學說底漸進推移，可以舉赫爾姆霍兒赤 (Helmholz) 和牛頓 爲例證。赫爾姆霍兒赤 在他的 “Über die Gestaltung der Kraft” 底論文中，很有自信的論及這種問題，他的歸着點是自然底可把握性的假定。然而這“自然底可把握性底假定”豈不是有一種不能理解的要素存在麼？再就牛頓 來說，他所立的重學體系是已成一切數學的自然哲學底基礎的了，但是那基礎本身是完全堅固的麼？這個疑問只要對於牛頓 建立他那體系之時所用的各個概念一加檢覈，便會發生的。由其本身底性質，恆常的，而且與外面的對象毫無關係的，奔流而去的絕對時間，和與外面的對象無關，始終同樣在一種不動狀態的絕對空間是牛頓 所承認的。然試問這種絕對時間和絕對空間底確實性是支持在何處呢？一加探索，可知這確實性底根柢就是在不必說明解釋，能包容一切的無限唯一的空間，和那使一切事象一切特種內容底變化在其本身之中生滅的，恆常同等的時間上了。然而這種意義的時間和

空間可以承認是物理學底概念麼？試靜察科學最初底歷史的和原理的起源之時，這種空間時間的設定，嚴密說起來，簡直是不解科學底任務者之所爲。物理學對於其本身底方法確是未能忠實。物理學不當拘限於由感官知覺所受的直接形象和直接確證，是應當馴致一種物理學本身底概念整齊的。（註一）物理學是不能在彷彿引起空間直觀和時間直觀的心理學的證明之中安住的。何況那唯一的絕對世界空間和唯一的絕對時間底物理的存在底推定，是更不能容認的。若欲將絕對時空間底概念引入物理學體系之中，非先證明此種概念爲物理學樹立原理上底必然要素不可。對於物理學者，自然底所與不是知覺或直觀的直接對象，只是計量的對象和計量的問題。所謂計量不外乎對於某種特別選定的單位底關係，或者說，不外乎對於根本規準底比較。計量底意義就是在所與量和根本規準間所定的關係中成立的。所以絕對時間和絕對空間只不過是心理的所與，姑不論其在形而上學的意義上是否存在，是決不能成爲物理的計量底假定或成果的。因此使用在物理學上時，是毫無意義的。

在物理學上，對於牛頓這種見解，非難之聲發生較遲。而在哲學上，這種時空說底批判，決不會付諸不問的。來布尼茲 (Leibniz) 和牛頓之間，關於絕對時間絕對空間底概念，有極可注意的真有世界歷史的意義底論爭。今日試一披讀，當知物理學的進步(并非就各個成果說，只是就其定義和根本概念底批判的限定說)足證明哲學者來布尼茲比物理學者牛頓底學說尤為正當。關於其所論爭的遠隔力之否定，勢能恆存則之解釋和時空間相對性之理解，來布尼茲與近代物理學底根本思想如出一轍。然而比來布尼茲更進一層，真使時空間底意義明瞭的就是康德。依康德說來，時間和空間是作為排整經驗的形式然後纔有意義能存在的。容攝萬有的唯一空間和無限的持續——時間，一經“批判的”檢覈之下，已成為暴露出內面矛盾的怪物了。時間和空間並非事物，只是形式，是結合排整現象的手段。所以只是直觀的純粹形式，並不是自立的客觀體，亦不是可與經驗的知覺併列的。

(註二)

若像牛頓以為空時間是絕對唯一的，則其學說亦無由成立。牛頓重學底第一原理即是惰性律，其定

義爲：“物體各保持其運動狀態，若無外力作用，則其運動之速力方向均當不變”。這個命題不明之處甚多。所謂一物體以一定的速力向着一定的方向進行，或者所謂一個獨立體系在靜止狀態，或恆常永久的依着同一的狀況運動云云，若是這運動所依以確立定量的關係體系不先存在，這原理可謂毫無意義。試問（照慣性律所說的）從經驗上將慣性律所說的事實檢覈證明的關係體系，是果然存在麼？地球上所有的物質體系，不消說是不能做標準的。因爲地球上所有的體系都是受着地球底二重運動的。縱然將座標系底中心從地球移到太陽，或更從太陽移到別個恆星，這個問題依然是不能解決的。必得有一個在空間靜止的體系，然後慣性律及其他重學原則始有根據。而在可以證實的經驗對象之中是決無這種體系的，然則所謂在空間靜止云云者，還能保持着何等意義麼？重學的事實和法則決不能選定一種在自然中存在的關係體系，亦不能提供一個定立這種體系的完全標準，這是很明白的。但是這裏還有一線的希望。就是在重學的方法上所不能發見的，何妨依電氣力學的方法試去探求呢。若是與光學的電磁的現象底理論

相關聯的，絕對靜止的世界以太 (Weltäther) 是正當的，那麼這世界以太就是所探求的標準的關係體系了。然而在實際上，關於這物理學上不合理的絕對空間概念和以太底表象，欲付以一種確實性和一定具體的意義，是已歸失敗的了。代絕對空間而起的以太在方法上是陷於同一運命的，並且依種種方法利用光速度考察地球運動對於靜止以太的影響的邁克爾森 (Michelson) 底實驗全然未得成功。因此物理學上一般得着一種確信，就是：無論重學的或光學的電磁的現象，其生起變化，足證明地球底運行不必依據絕對靜止的以太，仍然可以存在的。

關於這點是愛因斯坦 (Einstein) 底功績。依愛因斯坦之說，所有一切現象底記述應當是：物體之運動並非對於絕對空間想定的，是只要由物體之相對的運動記述的。相對性原理所主張的是：物理的事象發生之時，對於二個相對的，直動的，一樣運動着的坐標系，不論依其中之某一個為標準，那支配這物理的事象底法則是不受變動的。這個原理和那光速度不變底原理相結合，於是乎生出定理底系列來。驟見似覺悖妄驚駭，然都含在那原理之中，純粹由數學的方法

引導出來的。事件底同時性，或空間距離時間距離底記述，都是對於一定的坐標系而言之時，纔有確實的物理的意義。從一個坐標系移到別一個坐標系時，其評價又自不同，是無疑的。雖然如此，物理的空間時間底計量理論，已重新立在確實基礎之上了。所謂空間和時間已經是不帶着廣延性的了。關於這點，認識批判和物理學實已結而爲一。因爲此處所謂時間空間，只不過二個形式概念，秩序概念，與事物或物質底性質全不相類的。並非可以計量的生產物，不過是種假定制約而已。既不是存在，又不是一般可得計量的，只是依此而後可以排整感覺的經驗，依數學的法則使其結合定立的一種形式而已。（註三）依相對性理論，妥適於種種體系的無限多樣的空時間限定，是在一個假定之下而後可以確立的。那假定就是：觀察者能區別共在一般和繼起一般，並且有使一切感覺的印象配列從屬於此二種形式的的能力。

然而更進一層，將認識的空時間和物理的空時間對照起來，各帶着特殊的色彩。至少也可以說，物理學者用來表現空時間的言辭和認識論者所用的不同。但是比起牛頓時代來，真是不可同日而語。愛因斯

坦說，從時間和空間之中，將自來存在其中的物質的對象性底殘渣剷除，這是一般相對性理論底結果。然而這種對象性正是觀念論哲學底空時間論所排棄的。所以可以說由於一般相對性理論，物理學和哲學得着一條調和底徑路。彷彿像廣大無邊的容器一般，能包含一切實在一切事件的空時間概念不論在物理學上或哲學上都已失其妥當性了。

此外關於空時間底意義，認識論和物理學似乎還有稍稍不同的地方。在康德哲學上空時間論是由統一底思想成立的，就是所謂現象底綜合的統一。然而關於物理學上的空時間論，似乎還有下面所舉的兩個疑問。若是時間空間這兩個形式，對於各觀察者只能作為他個人底時空評價，對於別個觀察者是否能得着同一的時空價值並不預想或要求之時，這個理論豈不是等於一片空談麼？因此所謂世界，所謂自然底秩序，豈不都是些全然孤立的臆測麼？然而這種杞憂，若能把握住相對性理論底真髓，不為其成果底外觀所蒙蔽時，當可一掃而去。因為這正是相對性理論將世界底直接感覺的統一破壞的地方。而其實這種破壞正是為完全在概念上建設起那統一來的一種

手段。照此說來，各個價值系並不能絕對的妥當 (gilt-en)，只不過相對的妥當而已。然而這並非謂因此便不能成爲真理，不過說必須使其關聯着別個體系，就是關聯的可能的體系底全體，然後始能成爲真理而已。以一定速力相對的運動着的二個關係體系之間，從一個關係體系移到別一個時，有一個規定其間時空價值變化的坐標變化方程式存在，而真理常依此確立。關於實在問題，依一般相對性理論說來，並無何等有限硬化的關係體系存在，只有無限多樣，複雜綜錯的關係而已。(unendlich vielfaetige "Bezugsmollusken") 然而相對性理論卻有將此無限的多樣性從思想上統一起來的能力。因爲這理論有一定不變的規定，指出一定的不變數 (invarianten) 來，這是對於所有一切關係體系都妥當的。關於普遍的自然法則底定立，無論是何種關係體系決不比別個體系優越，而法則底此種形式是不依特種關係底選擇變易的。這正是一般相對性“原理”所主張唱道的地方。向來以爲喪失了的統一可在這形式中恢復。關於多樣的關係體系上空間時間底大小的種種經驗，固然就是種種的知覺，而這些都是結合在同一普遍的經驗就是包括的

不變的自然秩序底同一概念上的。所有時空間限定底相對性，不是顛覆自然秩序底統一的，卻是在思想上真正建設確立這統一的唯一途徑。

哥德 (Goethe) 曾說，關於自然的一切問題，只不過是直觀和思考力間的爭鬪而已。所有特種的問題從論理上解釋起來，最後都歸於一個根本爭鬪。所謂根本爭鬪者，關於自然事象的理論，最初只求之於直觀，而同時非從直觀解放不可。直觀的世界所以能成爲自立的合理的秩序者，必須導入一種似乎缺少直觀敘述底可能性的要素。從這點看起來，相對性理論比以前的重學體系進步甚多。在嚴密理論的物理的概念上所把住的，決不能和現於直接經驗者相同。獨立事物底性質已歸消滅，只有思想的範式 (Schema) 而已。由於這種範式，可表明現象是法則的構成。如此竟由直接直觀底世界建設起純粹數理底世界來，和數底根本性目的關聯起來，空間和時間在新方法上合而爲一。而直觀上的共在和繼起底實在形式——空時間——亦被廢黜。所成立的只有唯一的四次元連續而已。所以實在底自然科學的認識，在這連續之中，對於種種現象各與以確實的位置。此處若就體驗說

起來，數學的物理學所指示者不免只屬於片面的，然而這所謂片面的者並不足咎。因為這只是嚴格的方法上的解釋，不能在形而上學的意義上解釋的。藝術上的作品是透着一種氣質所見的自然底一斑，這是人所常道的。這種見解在理論的認識上也可以說的。只是並非由於研究者各人底氣質，是由於該研究本身底客觀的性質，觀察自然解釋疑問底着目點，以及那問題底設置和解法底融合數者所規定的。認識論底任務不在乎探求各個特種的着目點，——雖有時這着目點似乎可以收很好的成果，——只在察其普遍性，考究思想底必然性在各學問中如何顯現而已。

若不欲再陷於素樸的絕對的思考方法，決不可使由思惟探究所得的原理與獨斷的形而上學的思辯底成果相混同。在自然科學底理論上有意義有權能的，決不可便認為能包攝一切妥適一切的“世界觀”和“宇宙之謎”底解釋。從來數學的物理學的體系均未能免此危險。原子，質量和力底思想都被認為解盡宇宙的唯一方法。從哲學史上看起來，在機械的自然認識底純粹理想之中，隨伴着唯物論獨斷底暗影。勢能恆存底原理變成了勢能一元論底獨斷。即今而

言,相對性理論底世界觀是否能預防着,不使物理的內容變爲形而上學的,還未敢斷言.對於這種妄試應當聯想起康德底言語來:“若使學問底界限混淆,不但不能使學問發達,轉將使其陷於不具”.相對性理論底建設者和有權威的代表者離着現今到處流行的通俗敘述上所有的界限混淆底危險是很遠的.

註一 請參照 Planck, Die Einheit des physikalischen Weltbildes.

註二 請參照 Kant, Kritik der reinen Vernunft. Reclam Aufl. S. 50 以下.

註三 請參照 Natorp, Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften. S. 281 以下.

此
页
空
白

愛因斯坦底宇宙論 和思惟底究極

日本石原純著

周昌壽譯

—

我們生在這個現實底裏面，將他自然而然的形狀，詳加考察，就可以知道不能發見一切完全無缺的東西，於是就起了悲哀之感。在那種思想較深的人，尤其是一種不能堪的苦惱。達到永遠的東西去的念頭，和達到究極去處去的理想，真不能不說是我們生命底救星啊。

我們何以在這個現實裏面不能發見完全無缺的東西出來，這一層很有研究的必要。恐怕這都是因

爲在現實裏面作用的人們底個性自身,和接受於對象的感性自身,都不免有缺點的緣故.我們在自己的貧乏生命裏面去求完全無缺的東西,想像一種普遍的神性,來作他底究極,用敬虔的祈禱來思慕他讚誦他,要想循着這個途徑,以達於汗漫無邊的理想.又想由我們各人彼此不相同的感受性裏面抽出那永久的不變的東西出來,以求將一切自然的相確確實實的認識出來.自科學在他那絕對的普遍的意義上說起來,就是這種認識的成果,即是屬於我們底理想的神性的知識.這樣看來,科學上的那種崇高嚴肅的感想,和宗教上的這種感想,是彼此相通的.我們自己底思惟所向着的究極,果在什麼地方,由此也就可以仰望得到的了.

二

當我們去求究極的東西的時候,先就不能不感覺我的生存着的現實的宇宙底廣大,深遠,和他底內容的細密.包含着那許多燦爛的星辰的天空,究竟廣大到什麼地方在顯微鏡下的那種種錯雜的物質組織,究竟細密到什麼程度?再一觀察現象底各色各相,其一切變化現露出來的時相,究竟由怎樣久遠的時

候爲始，又將繼續到什麼時候纔終呢？這樣追窮下去，就不能不入於神祕世界裏面去了。

然而神並不是離卻現實，孤立的存在天上的東西。因爲不能由我們任意的想像，就能夠將真正的神產生得出來。要我們底普遍的思惟底究極，纔能和神底知識一致。我們只管向着這條路努力走去，那些前此祕藏在神祕身體裏面的東西，也就漸漸的在我們底現實前面啓發出來。前此那種朦朧不明的想像幻影，現在也就漸漸作成明明白白的實在現露出來了。將思惟底究極作成必然的東西，拿給我們的時候，就是我們自己，也不能不感嘆科學底驚異了。

三

『現在的幾何學者關於那些無限距離裏實際存在的空間底性質，一點也未曾知道。他們對於現在的空間，當在那永劫的過去和未來的時候，究竟有些什麼性質，也不知道。……他們所能知道的，只限於「這裏」和「現在」的東西。在他們底範圍底外面，有一個「那裏」和「那時」存在，不過不能說出是在什麼地方罷了。但是知道他的時期，不久一定就會來的了。』

這是五十年前，基理阜對於當時的新幾何學說

的話。比他同時代的人，已經知道有一般的空間存在，和宥克立幾何學能夠成立的空間，性質大不相同。不過那樣的空間和我們經驗的實在空間，有什麼關係，當時還沒有知道罷了。

至於細微的物質底究極，知道有分子原子電子等，無論用怎樣好的顯微鏡去觀察，也不能將他們發見出來，又不能將他們一個一個的拿在手裏，只不過由種種的現象推察起來，這種東西底存在，實在沒有可疑的餘地。數十年前的假說，現在已經成了事實。關於電子的研究，一天比一天精進起來。雖然不能夠用尺度去直接測量，但是我們已經知道電子球底直徑，大約是0.000 000 000 000 37 厘；不必將一個電子拿到天秤上面去稱，也可以測定他底質量，大約是 0.000 000 000 000 000 000 000 000 9 克。照着這樣看來，那細微的究極，已經很和我們接近了。

反之，關於那無限大的宇宙底空間，我們底知識，卻不能不有過於淺陋之感。無論用怎樣優良的望遠鏡，那些比某種星發的光更覺幽微一點的星，已經不能覺察出來。並且那些星體，除卻光現象而外，什麼種類的物理的作用，都不能傳達給我們。那麼，比這些星

體更爲遙遠的宇宙限界又怎樣能夠知道呢？我們所能觀測的星體中，以螺狀星雲爲最遠，其距離約爲百萬光年（一光年爲光線於一年間所經過的距離）。這個距離固然不能說不是很遠的了，但是決不能說更在這個螺狀星雲以外，就連一個星體也沒有的話。那麼，星體底散布，究竟達到什麼去處呢？就令星體的散布只限於在一個一定的距離以內，那麼，超過這個距離以外，那些空虛的空間，是不是無限的繼續着去呢？

再由空間移到時間上去，我們用來求直接知識的手段，尤其有限得很。既不能走入過去一步，又不能走入未來一步。只有由記錄纔能知道過去曾經發生過什麼事件。若是能夠由地質學上或天文學上遺留下來的現在狀態底裏面，得讀這種記錄或許稍微可以逆溯上去一點，也未可知。除此以外，無論什麼手段都不能得到的了。至於未來底一方面，就是那最近的明日，我們已經絕對不能經驗。那麼，又怎樣能求宇宙底始終呢？

到了這裏，有一件重要的事，不可不注意。若果認爲自然定律，僅僅是將經驗的事實，統一出來的關係，那麼，要越出我們經驗的範圍以外，去誘致一種結論，

不得不說是完全無意識的舉動。要使在經驗所不能達的地方，自然定律仍舊還有意義，就非得有相當的理由不可。即是自然定律除開和經驗的事實合致而外，還有使思惟上某種要求能够因之滿足的必要。要有這一層，我們纔能將超經驗的事實，作成思惟底究極，預行推察出來。

四

自然定律應當使思惟底要求得滿足的意思，我以爲須解作不外是將絕對，普遍，實在，必然等各種性質賦與自然罷了。這些東西，也可以看是同一的性質，由種種方面表現出來的。總之若要將自然直接屬之於神，這些就是最適切的表徵。我已經說過相對性原理，是自然定律底絕對性所由來的東西。所以從這層說來，將相對性原理拿來作成自然律體系底基礎，纔算正當。

在有限的空間和時間裏，發現出來和我們底經驗的事實能够一致的自然定理，擴張到無限廣汎的範圍去，究竟能不能發生錯誤，不可不特別加以注意。在地平面上，畫一個小三角形，要就宥克立幾何學說起來，他的內角之和，應該等於二直角，但是若果將地

平面無限的擴張起來看，已經不成其爲宥克立平面，乃是一種球面。假定有一個觀測者，除開地平面上極狹的一部分外，就不能得經驗，在他看去，要將地面，認爲球面，恐怕還得要有許多關於地球構造上必然的某種指導原理，纔辦得到。我們對於宇宙，也和這個例一樣。遇着理論有種種的可能性的時候，不由經驗要想去判斷某種最爲適切是一個極難的問題。我們對於宇宙論，像這樣難的問題，不知道還要遇着若干呢？

五

我在敘述愛因斯坦底宇宙論之前，先要將博爾赤曼底宇宙論，簡單說明一下。

博爾赤曼生於奧國，是十九世紀後半期的理論物理學者之一。他由熱力學的原理，去研究氣體論，遂成統計力學，將自然現象底非可逆性說明了出來。

熱力學第二定律指示出來說：自然現象是非可逆的。自然裏面一切的能，都因爲摩擦或抵抗，變成熱能。通常熱是由溫度高的地方，移向低處，以作平衡狀態。到處的熱都平均了過後，已經不能起能的移動了。能雖然沒有失掉，自然卻不能不這樣就達於死滅的地步，照着這樣，自然死滅說是由熱力學底經驗論結

出來的,但只不過是說他的死滅罷了,關於自然創生出來的原因,卻一點也未曾說到.究竟是依着一種什麼樣的原理,纔將自然誘導成現在的狀態呢?這個原理,縱令可以求得出來,但是能不能夠保證他和熱力學底定律,不起衝突呢?恐怕要算得在物理學底歷史裏面的一個最困難的問題了.

博爾赤曼要想由偶然底定律,即是信率去說明自然底非可逆性.一切的物質,都是由多數的分子構成.假定那些分子,因相互作用,能夠自由運動,他們所取的位置,以及運動底狀態,就全體看起來,是受偶然底定律支配着的.若果最初的狀態偏向一方,也會漸漸的平均起來,達於一樣的狀態.即所謂熱平衡.由這個見解說起來,熱力學底定律不外是說自然當依偶然底定律,誘導成最容易發生狀態.自然現象有這樣一定的方向,即是在各種可能的變化裏面,有最容易實現的一種信率.這種信率實現的程度,和構成現象各個分子的數目,同時增大.實際上若果假定分子量為 α ,則 α 克中所有的分子數,當為 100,000,000,000,000,000,000 個.所以前面所述的偶然的程度,也當增得很高,差不多可以說是必然的實現了.熱力學底第

二定律，是這樣的意義，確是一件很解著的事情，各個分子間的現象，雖然都是可逆的，然而他們多數集合成的體系上，所現出來的非可逆性，很自然的可以解釋出來。

但是熱力學定律既然為一種信率定律，無論他實現的狀況，怎樣正確，本質上還是和別的物理學定律不同，不能成為絕對必然的東西。即是說不能不承認他在一特種情況之下，可以實現一種完全相反的現象出來。這是偶然定律產生出來的自然結果。試引一個很淺近的例來說。譬如在我們所生存着的這個社會集團裏面，用信率的方法，將各個人所保有的壽命，計算出來，就可以安安全全的造成一個人壽保險的預算。人數愈多，安全的程度，也隨着增高。不過無論程度增高到什麼地步總脫不了信率定律的羈絆，總不能說絕沒有一個人活不到預算以上的壽命去的。如像博爾赤曼指示出來的一般，地上所有的人們在同一時刻內，一齊自殺的信率，也不能說是絕對沒有的。無論是怎樣稀有的事，總有他應發生的信率存在着。若果最初計算人們平均壽命的時候，所取的人數不多，那麼將得出來的結果，拿去和各個人底壽命比

較,就知道是明明白白不能適用的了。物理學現象,也是一樣。若果所觀察的分子數目太少,那麼,出乎熱平衡狀態以外的事實,很不難目觀。譬如器內盛水,那麼,器裏面的平衡狀態,是各處的密度溫度,都非相等不可,但是要使所觀察的,止限於很小的一部分,那麼,這一小部分中,就難保沒有超出平均值以上的溫度和密度的了。布朗運動以及蛋白光等項現象,就是上面所說的明證。

放眼去看這廣大無邊的宇宙,其各部分雖然龐大無比,但是他底全體,仍然是受偶然的定律底支配,的確是向着一定的熱平衡狀態。不過若果只將其中的一部分,單獨取出來看,就不能說這一部分決不會超過平均的範圍以外的了。即是無論怎樣稀有的東西,總會有實現的時候。博爾赤曼就在這一點去求世界創生的由來。在這個廣大無邊的宇宙裏任何一處,若有不成平衡的狀態發現出來,即是在那裏發生了一個自然現象底世界。在那個世界裏面生存着的知識生物,觀測那裏面的現象,一定以為現象漸次接近平衡狀態時,那時間底方向,是當從過去向着未來的,照着這個樣子,各個可能世界裏面,自然現象都是向

着一定的平衡狀態進行着的。熱力學底定律，就是在這上面成立成的。

博爾赤曼底大宇宙觀超越了時間底終始，在那裏面自然底創生和死滅，都是依着偶然定律發生出來的。分子論能夠產生這樣偉大的議論出來；真令人出乎意外。莊嚴燦爛的科學中，思惟底究極，能夠到達什麼地步，由此也就可以想像得到，更令人不勝感慨無量的了。

六

我前面曾再三說過，愛因斯坦底宇宙論，是他底相對性萬有引力論誘導出來的。這裏面的關係，我們夢想也未會知道。至於宇宙空間自身，和彌漫宇宙內諸物質全體兩者間的結合，也可以誘導出來，尤其令人不得不生驚奇之感。

牛頓底萬有引力論，要求宇宙中諸天體，要在一個中心點造成一個集團。就不能不假定距中心愈遠，天體密度愈減。因而在無限遠的萬有引力，就成了無窮大。其結果遂令某處地方底萬有引力成爲不定。要想避去這一層，又要用集團的假定，那麼，對於宇宙在無限的空間裏，何以能夠獨立的問題，直無從答辯。何

以故呢？因爲若將這個集團解釋作博爾赤曼大宇宙裏面的一個世界，那麼，這一個集體，決不能成爲宇宙底全物體，像這樣的集團，還不知有許多。將這多的集團全體，考慮起來，還是和先前遇着的困難完全是一樣。若果全宇宙之內，只有我們這個天體的集團，單獨存在，那就不能永久保持下去。在集團外方的那些天體，因爲他自己底運動，有時或許竟自脫離了集團範圍，逸向遠方去了的一定不少，所以到了終局，天體在宇宙內，除了一樣均勻的分布而外，別無他法。這即是博爾赤曼理論上的平衡狀態。簡短說起來，即是要依牛頓底萬有引力論天體在無限宇宙內的平均密度，不能不成爲烏有。

但是依愛因斯坦底宇宙論，天體底平均密度卻不成其爲零，乃是一個有限的數值。雖然這樣，萬有引力底值卻無論在什麼地方，總不會成無限大。這個結論，是因爲凡有物質存在的空間皆起一種彎曲，宇宙的全空間，應當和物質底平均密度相應，具有一定不移的曲率，好像二次元中的球面一樣，所以宇宙在平均上，不能不成爲三次元的球面空間。所以宇宙底體積是有限的；由宇宙內一點引一條直線（最短距離

線), 延長出去, 必定以有限的長, 回轉到出發點來。又由他底這個理論計算起來, 可以知道球空間底曲率半徑和宇宙內全物質的總量成比例, 所以要是完全沒有物質存在的地方, 球空間就凝縮成了一點, 物質越多, 那容納他們的空間也就跟着不能不大。

這個關係, 可以引起許多很有興趣的思考。無論什麼人, 也不能不承認, 宇宙空間和內容物質間的相互關聯, 是無意識的。但是我們如果仔細追窮起來, 免不了又發生一些疑問。從種種方面推算起來, 知道宇宙空間底曲率半徑, 約略等於地球和太陽的距離底 10,000,000,000,000 倍左右。這樣大的空間裏面, 當然存在不少的物質。然而我們所能觀測的各種天體, 無論估計得怎樣寬鬆, 他們底總質量決不能有如是之大。所以我們若要承認愛因斯坦底理論就非假定在我們所能觀測的天體以外, 宇宙內還另有異常龐大的物質存在不可。這是第一個疑問。又由一個星體發出的光線, 在球空間周圍繞行一週之後, 恰在正反對的極, 又造成一個焦點, 所以對於一個星體, 還要成立一個像。一方面光線環繞球空間一週, 約需 1,000,000,000 光年。這個像, 並不與星體現在的位置相當, 是應該和

這個星在1,000,000,000年前的位置相當，所以由這個像底位置，和星現在的位置，兩者間的差異，可以將在這個期內星體底絕對運動，推測出來。這樣一來，豈不和相對性原理，互相矛盾嗎？這是第二個疑問。實際上因為光線在途中，受種種彎曲散亂，不能造出正確的像，也未可知，不過理論上，卻免不了這個矛盾。

第一個疑問，單是關於觀測的事實上的問題，第二個問題，若將能否實現的事實問題，暫置不論，實在是理論上不能避免的矛盾。這個矛盾的原因，究竟在什麼地方呢？我以為愛因斯坦假定了一種座標系（觀測者）對於宇宙全物質，都是相對的靜止，所以纔有這樣矛盾發生出來。有了這種座標系，就不能不說他對於別種座標系；有一種特權，即是表徵絕對運動的一個前提。這是和相對性原理自身，就不能相容的。因為要取去這個假定，我們就不能不承認愛因斯坦底宇宙論，還有修改的必要。

七

愛因斯坦底宇宙論雖然將空間誘導成爲球狀的性質，但是對於時間卻假定其爲無限延長的直線的性質。凡是關於自然定律的一切相對性原理，都指

示着空間和時間，完全立於對稱的地位。空間底三次元和時間底一次元組合成的閔可夫斯奇物理學的宇宙裏面，無論任何方向，皆有相等的性質，這是物理學的宇宙底特徵，是人人承認的，但是關於愛因斯坦底宇宙論，這個四次元宇宙底特徵，就不能不說是完全失掉了。換句話說，這個四次元空間只有在時間底那個方向，有無限的延擴，其餘在空間底那三個方向，卻因為要造成球形，所以是有限的。在這種球柱狀的世界裏面，我們應該可以絕對的決定時間底方向了。從這個意思說來，仍然失卻相對性底色彩，認容有絕對時間存在了。這是相對性原理本質上的問題，對於愛因斯坦底宇宙論令人懷疑的地方，也就在此。

時間和空間底完全相對性，可以將閔可夫斯奇底四次元宇宙全體，加以球狀的性質，就容易令其實現的了。杜季達由這個假定，另外想像了一個宇宙論，在這個宇宙裏面，時間底長和空間底直線，同為有限。若果循着時間的經過路程，一往直前的去思察，那未來底極致，不知在什麼時候，已經和過去底極致，連成一片了。這種見解，決不能以為是無稽妄談，就加以排斥。平常說歷史決不重演的話，只能適用於極小的範

圍。誰能够由經驗將宇宙底全壽命斷言得出來呢？博爾赤曼底宇宙論，已經將時間底過去未來底方向，並非絕對的東西，指明出來。和杜季達底時間有限論，彼此恰能相容。

照杜季達說起來，由某一個觀測者看來，各處時計底進行遲速，不必相等。越到遠處，那裏的時計，在他看去，越覺遲緩。那球空間上恰成反對極的地方，在他看去，那裏的時計進行，完全相等於零。即是由他看去，那裏的時間，一點也沒有經過。一切現象，無論等許久，也不會進行，就是光速度，到了那裏，也一樣變成零。所以由一點發出來的光，不能超過球空間底反對極，以達於觀測者。所以和愛因斯坦底宇宙論不同，星體底像不能在球空間裏面，再現出來。

由這一點看來，杜季達底理論，好像比愛因斯坦的，要合理些。但是若要依杜季達底理論，宇宙內全物質底密度，不得等於零。所以宇宙空間有一定曲率的原因，不能說是因為有物質存在，只能歸之於宇宙空間自身具有的性質。在愛因斯坦底宇宙論裏面現出來的那種空間與物質間的微妙關係，因此又不得不消歸烏有了。

單就這一點論起來，固然不能說杜季達底宇宙論裏面，包含着什麼不合理的要素，不過那些深信馬赫哲學的人，主張『物質不存在的空間，不能思惟出來』，對於空間和物質，都是偶然存在的這種說法，決不能夠滿足。他們還是要想保持愛因斯坦底宇宙論，說明兩者間的相互關係。縱令有和相對性原理相矛盾的地方，也情願將他犧牲了去，即是相對性原理，並不必對於全宇宙，只限於一定的範圍內能夠成立就可以維持空間和物質的關係了。只要將愛因斯坦宇宙論，對於觀測的事實的疑問一層，暫置不問，那麼，對於杜季達和愛因斯坦兩人底宇宙論，應當孰取孰捨，完全要依着各人哲學的論據究竟傾向什麼地方纔能決定。

八

既已將愛因斯坦和杜季達底宇宙論，敘述完了，我還想將我底一個私見，也加於後面。

我的意見是想將相對性原理，令其能夠徹底的成立，這一點卻和杜季達底學說相同。不過同時又將馬赫底主張照着下面所述的意思擴張起來；互相參酌。即是主張說：『沒有什麼物理的對象，就決不能夠

思惟空間』。所謂物理的對象，除開通常的物質而外，還須將輻射能也包含進內去，方為至當。輻射能中有光，熱，電磁波，及萬有引力底波動等項，和物質一樣，都是具有質量的東西。要是真正的物質，在一種座標系裏，他底運動速度和惰性的質量，和在別一種座標系不同；輻射能卻不然，無論在何種座標系裏面，都有給以一定極限的量值的特性。若果宇宙空間裏面，有說兩種物理的對象存在，試想他底平均狀態應該怎樣。對於偶然選擇來的一種座標系，一切物質底平均運動速度，假定有一定的價，那麼對於他種的座標系，速度底值，當然不能相同。在這種種不同的當中，我們可以選擇出一種特別的座標系來，使在這個體系裏面，速度底值恰等於零。這就明明白白和座標系底相對性矛盾。要避去這種矛盾，必得要假定物質底平均密度為零。反之，若就輻射能，也行同樣的考察，他那質量底平均密度，就是有限值，也和相對性能够相容的。

若由這個假定，將四次元宇宙空間，看成球狀，那麼，球底曲率半徑，應當和輻射能底總質量成比例。物質底總量比較起來，為數甚小，就不去管他，也不要緊，和宇宙空間底延長，雖然不必有什麼關聯着的地方，

但是輻射熱底總量，卻和宇宙空間底延長，有密接的關係。這個結論若果再將後面的事實合併起來考察，尤其覺得妥當。

物質所有底熱能和輻射能，互相交換起來，成爲熱平衡狀態。物質底總量，只限於最初所設的分量，不能增減，但是輻射能卻不然，隨着溫度同時可以加大。宇宙空間底廣延，決定輻射能底總量，同時又可決定宇宙底平均溫度。若果假定宇宙空間底廣延爲無限大，那個時候的絕對溫度，必成爲零。什麼變化也不會發生的了。宇宙底廣延，要爲有限，纔能够保持一個平均溫度。馬赫和愛因斯坦是就物質設想的，這裏只不過是拿能來代替物質罷了。再一想到這個事實和博爾赤曼底宇宙論，能够彼此相應，尤其覺得含有很重大的意義。

九

以上所敘述的，是我們思想底究極所能達到的宇宙論底梗概。因爲還有幾個議論，不能解決，所以還不能誘導成唯一的見解，不過這裏面包含着可驚可異的東西，業已不少的了。將自然現象中普遍的經驗的事實，裝進嚴肅的哲學的論理框架裏去，以造成

自然定律底體系，這裏面已經含有超越經驗的思惟作用了。在很狹小的範圍內，經驗是只限於近似的。我們要想將他補足成理想上完全的東西，所以用純粹的抽象方法，造這自然科學。科學底普遍性和絕對性，就由這裏生出來。我們就是這個樣子，由現實的世界，漸次和神底世界相接近。瞻仰着思惟究極的彼岸的時候，就可以發見我們自己底內面，也有神性存在。神並不是離開現實獨立存在的東西。實際上的天國，就在我們底內面，並不是在妄想裏能夠生存的。只要用敬虔的現實步趨繼續前進，就是接近天國的唯一方法。

當說明宇宙論的時候，所發生的感想，大約如此，一并記錄出來。

物理的認識與原子力學

周 昌 壽

§ 1. 物理的認識

物理學之基礎方法，認識論中論之久矣。倘恍迷離，莫衷一是。降及十九世紀後期，並此不可捉摸之議論，亦寂無所聞。使非自然科學，日逐發達，恐舉世之人，將無復有過問者矣。由來人類習慣，每好逸而惡勞，一思想，一舉動，最易陷入前人窠臼。事之不減，職是故耳。本編所論，即在超脫一切舊思想舊習慣，別創一系統，既便於人類之思想，又適於物理之現象，而尤以注重實驗，為其要旨。閱者於此，亦足以察夫物理學者，對於認識論原則，究具何種見解，以造成今日之進步歟。

物理的認識之由來，厥為經驗。如觀察事物之變遷，誘致現象之復發，定其性質，量其多寡，皆物理的認識也。其研究之問題，在就事論事，而不涉及研究者之

一身。其所用之手段，則爲思想力與觀察力。故其內容，雖屬客觀，而其形式則不得不爲主觀也。並此形式上之主觀，亦欲超脫，實非易事，況亦不必。吾輩之認識，只須純由對象取之可耳，至於由思想力構成之觀念，參入其間，固所不免，第不可不自知耳。

思想觀察之要素，爲人類之感官。適於對象之思想觀察，未必即適於感官。兩者相合，始成物理的認識。故物理的認識之範圍，須視其如何思想，如何觀察，而後可定也。更進而論之，舉凡一切理化現象，均由一種“個體”(Individuum)如分子原子等，傳達而成。人類用以觀察之器具，如感官，如機械，莫不由多數之個體，集合而成。其體積與單一之個體相較，龐然不可以道里計。施之於“個體羣”(Aggregat von Individuen)固可，施之於個體則不宜。故吾人之物理的認識，最初僅限於個體羣，至於個體之認識，則不知曾經幾許艱難險阻，始能間接得而懸揣之也。使吾人僅由少數之原子或分子組成，則豈徒原子，恐即電子，亦不難目睹，物理一科，亦將捨其個體羣，而從事於個體，由個體之觀念以進於媒質之觀念，其爲事也順而易，不復如現在之逆而難矣。

思想觀察而外，尚有天賦之智力與既得之經驗，對於認識範圍影響匪淺。前者不過偶覺受其壓迫，後者並壓迫之感，亦不能發生。猶幸人類思想中，素具一元論之傾向，足以匡此不逮。否則不知其範圍將縮小至於若何之地位也。綜覽各科，每將所治各事，括為一統。以唯一之觀念，作其基礎。一切形形色色，莫不由此觀念演繹而出。既便於思考，又覺其美觀。此一元論傾向之所以遍於各科也。物理學亦然。就其性質，定為門類，條分縷晰，秩序井然。經驗不敷，固可按圖索驥；智力不及，亦可觸類旁通。為事之便，莫甚於此矣。第不可不注意者：所立之系統，與吾人已有之經驗不能相去太遠。否則即令有成，亦不過等諸幻想，於實際殊無所補。此實驗之所由重也。

§2. 原子及媒質之觀念

凡物體受外力之作用，即發生一種反作用以對抗之。物質不同，反作用亦因以異。今如將一物體，截去其一部分而試之。如其反作用，因失去此一部分而生變異，此種物體，名曰“個體”或曰“原子”(Atom)。按原子一語，初僅用於化學。然荷電之“量元”(Elementarquantum)亦名電原子，不寧惟是，吾人所謂“原子論”(Atom-

stik) 一語,所包甚廣,初不僅限於化學.故本篇用原子以代個體,其意亦甚廣.至於化學上之原子,則以“化學”字樣冠之,以示區別.目前物理化學之對象,如電子(Electron),如量子(Quantum),如化學原子(chemisches Atom),如化學分子(chemisches Molekül),皆吾人所謂之原子也.

準前所述,則一原子也,必有體積,有形狀可言.形狀云者,謂其各部分之位置及其間隔也.位置間隔,又須視其各部分間之相對運動,而後可定.運動狀況,概屬振動.經過一定時期,各部分間之相對狀況,又復如初.換言之,此種部分間之相對運動,具有一種“固有週期”(Eigenperiode),原子不同,週期亦異.故週期者,亦區別原子之一要具也.

原子相接,則其體積形狀週期,皆起變動.蓋因相接,彼此所有之“能”(Energie),互有增減,發之於外,遂成變形,故變形之大小,不得不隨增減之程度,以爲轉移.程度過高,則原子之一部分脫離其原屬之原子以去者有之,或由他原子奪取其一部分而來者亦有之.程度即低,苟有一部分之能,略受損益,其影響亦必波及全原子也.

凡在同一環境，對於他之原子，常起同一之變化者，曰“同類原子”(gleichartiges Atom)，由多數原子集成之團體，曰“原子羣”(Aggregat von Atomen)。同類原子之原子羣，其一切作用，只須知其原子之總數，及其一個原子之作用，即可推得。

任何作用，進行於一空間中，經過其各部分，皆呈一種連續之性質，如是之空間，稱之曰“媒質”(Medium)。媒質之各體元(Volumen Element)性質均同，可以互相交換。體元間本無界限可言。不過僅就便宜上，任意設想之可耳。本此觀念，祇須着眼大處，則吾人所謂之原子羣，亦即一種媒質。其一體元中，尚含有多數之原子也。

§3. 媒質力學

媒質之性質，如“時”“長”“力”等，均可以相等之數字表之。此等數字，較之原子者，為值絕大。表媒質者，稱之曰“有限值”(endlicher Wert)，表原子者稱之曰“個值”(individueller Wert)，或曰“元值”(elementarer Wert)。凡測一物理量也，有就其一有限體積而言者，有就其有限面積而言者，有就其有限羣而言者，種種不一。由是而得之數量，稱之曰“比值”(spezifischer Wert)，如比重

(spezifisches Gewicht), 壓力 (Druck), 彈性常數 (elastische Konstante), 電化常數 (Elektrisierungskonstante), 磁化常數 (Magnetisierungszahl), 電場強度 (elektrische Feldstärke), 磁場強度 (magnetische Feldstärke), 比傳導率 (spezifische Leitfähigkeit), 光度 (Lichtintensität) 等, 皆此類之量也,

自英人法拉第 (Faraday) 創用向量 (Vektor) 之空間配佈狀況 (Verteilung), 及媒質之極化 (Polarisation) 兩種觀念以來, 媒質力學 (Mediumdynamik) 大昌. 以此種觀念, 解決媒質力學問題, 有若批郤導窾目無全牛之感. 其大要以各種向量, 配佈於媒質之各點, 而求其間之關係焉. 其後馬克斯威爾 (Maxwell) 更加入變位電流 (Verschiebungsstrom) 之一觀念, 遂將電磁媒質之問題, 完全解決. 由此而得之各種電磁媒質常數如透磁率 (Permeabilität), 電媒常數 (Dielektrizitätskonstante), 傳導率 (Leitfähigkeit) 等與時間空間對於各種電磁向量之關係, 與實驗之結果, 不爽毫髮, 兩氏之功亦云偉矣.

舉凡向量間之關係, 可就單位時間空間, 用微分法以求之. 發見此種關係, 專賴實驗; 追窮推敲, 則在理論. 即就電磁媒質而言: 其定律由經驗得來已久, 但未

經數學論究，不知其爲波動。不明波動，又安能引出反射 (Reflexion)，屈折 (Brechung)，干涉 (Interferenz)，繞折 (Beugung) 等之諸現象耶？

電磁媒質力學之結果既多，一般學者莫不蒙其影響。媒質之觀念，遂浸潤及於全思想界中矣。即在今日，尚有離卻媒質，不能作振動之想像者。如遇電磁波之類，即在虛無物質之空間中，亦能傳播之現象，則設一“能媒” (Weltäther) 以說明之。此種情況，初不限於此一端。人類習慣每遇一種新思想新觀念，稍得勢力，則其創造之者，必進而擴充之。即超出其最初之假說範圍以外，亦所不惜。故媒質力學發達後，竟有謂其不僅限於原子羣，即原子亦可以用之。準其所說，是將媒質力學之假設，視若無睹，而欲以媒質體元之定則，強施之於原子之體元；原子羣之關係，強加之於原子也。此種辦法，不啻於假設之上，更建一假設，其對於原子力學 (Atomdynamik) 之見解，謂爲投機也可，謂爲幻想也可。

夫原子之觀念，由來已久。百年前已散見於化學之篇帙中。即廣義之原子，亦復如然。祇以缺少經驗，遂亦任其自然。苒苒百年，毫無進境。其後荷電之量元及

電子等，相繼發現以來，始引起一般注意。原有之力學，既不適用，不得不另闢新徑以研究之。所云另闢新徑者，不過於原有之媒質力學之外，再尋一種，以解決其所不能解決者而已。兩者並行，交相爲用，決非棄其舊而取其新也。

介於媒質力學與原子力學之間，別有一種研究方法，名曰統計力學 (statistische Dynamik)。以能之配佈狀況，論物質之“熱態”(thermischer Zustand) 如氣體之熱態，即歸之於其分子之動能。分子各有其速度。此往彼來，擾攘不已。一時之內，必生幾許衝突。一度衝突，必有速度變化隨之。速度變，動能亦不得不變。是則動能之變化，既無秩序又極頻繁可知矣。此種問題，媒質力學與原子力學，均束手無策。故不得不求之統計也。其法於較長時間內，觀測大多數之分子，取其平均值而用之。如此，則各分子之量如體積壓力等，雖瞬息萬變，而其全體者，固有一定不移之時。此時之熱態，謂之爲“定”(stationär)。熱態定，則其分子之各變量，亦從而爲常數。故動能之配佈狀態，可得而論之也。

統計力學發達之極端，遂有“馬克思威爾及波耳茲曼之定律”(Maxwell-Boltzmannsches Gesetz) 及“蒲

朗克之定律”(Plancksches Gesetz)出焉。前者爲獨立運動質點間動能之配佈法。後者爲作用量子(Wirkungsquantum)間輻射能(Strahlungsenergie)之配佈法。兩者之着眼於原子羣也，無殊於媒質力學。而其着眼於配佈能量於分子也，大有原子力學之基礎存焉。

總之。媒質力學也，統計力學也，原子力學也，其思想方法，雖各有不同，而其結果則絕無矛盾。三者之中，以原子力學，最不適於人類之觀察思想，故其發達也亦最遲。

§ 4. 原子力學之問題及其方法

原子力學之重要，既如前所述，請更就其研究之問題及其所用方法，撮要錄之。

原子力學之問題，可以分爲三種如下。

(1) 求原子之元值。原子之種類，依其元值而定。故求元值當爲最要之問題。如求“電量子”(elektrisches Quantum)之荷電，或作用元之量子等是也。又原子羣對於原子，所生之作用如電磁界作用於電子上之力，亦包含於此問題中。

(2) 求原子之形狀，位置，運動，及互相作用之力。此問題只須求得一原子對於第二原子所生之關係，

即可解決。如，電子量子等之構造，化學原子間之作用等，皆屬於此。

(3) 求媒質之構造，及用原子以說明媒質之各種性質。如求電磁界之構造，結晶體之構造，振動羣之輻射等是也。

原子力學之研究法，要在實驗。準前之界說，同類原子均呈同一之反作用。故若一個原子之反作用為 k ，則吾人觀測所得之值，不為 k ，亦當為 zk 。 z 者原子之數也。直接觀測之法率本於此。夫以組織複雜之人類，用複雜之器械，而欲直接求其關係。能與不能，誠屬疑問。然徵之於所謂“放射程序”(radioaktiver Prozess)，原子之變遷，已歷歷可觀。實現之期會當不遠矣。

直接實驗之方法，既不可多得。只索退而求之於間接。間接之要，在立假設。謂媒質之性質，概都由原子之性質誘導而成。先假定原子是有何種性質，而後徵之於媒質。如不相合，固無論矣。如其符合則此假定即可存立。符合愈多，假定之價值，亦隨以增高。第不可不留意者，假定不能去經驗過遠，並須隨時求實驗方法，以匡其不逮。當茲發軔之初，百端未備，辛苦困窮，在所不免。苟有不能以實驗證明之時，無妨自認缺乏經驗。萬勿僅以理論自甘。理論者，擁數學之美名，眩人耳目，致令無數背理之假說，亦匿而不見，故不可不慎之也。

最近自然觀之批判

鄭 貞 文

昔人有譏科學家者，曰：「只見樹木不見森林。」又譏哲學家曰：「見森林之繪畫便自滿足，不欲一見其樹木。」此言雖刻，實可深味。自然萬能主義，不足以論今日之科學；猶理想萬能主義，不足以論今日之哲學也。不由科學者供給確實之事實，則無以建哲學之基礎；不由哲學者闡明正當之根據，則無以定科學之價值。故科學與哲學，實並行而不悖，相需而為用者也。自晚近新康德學派勃興，這科學批判(Wissenschaftskritik)遂復為哲學上一大職志。科學批判云者，非立於科學之上，而判定其理論之正否也。科學理論之正否，唯科學自身之研究進步，為能判之。科學之自由發展，哲學決不干涉。哲學不過將科學研究之成果，認為事實而明其根據而已。質言之，即闡明科學之假定及其方法

是也。

人類求知之慾望，恆以能得普遍統一之真理而後滿足。故學者每得一新理，輒欲擴充其用於未知之範圍；循至以之建立一般之自然觀，使所設之假定，及所用之方法，無所制限，則擴充之結果，終不免陷於謬誤。此弊不特偏重理想之哲學者易蹈其轍，即以實驗為基礎之科學者，亦時墮入其中而不覺；此吾人所當注意者也。

十九世紀之自然科學界中，最有普遍性之理論，當推支配生物界之進化論，與支配自然界全體之保能定則，大生物學者赫克爾 (Haeckel) 與物理化學之創設者阿斯特瓦德 (Ostwald)，即各建哲學基礎於其上者也。赫克爾以為生物原體之特性，在於代謝作用；而代謝作用，不過某種元素於適宜濕度熱度之下，由化學作用而合成之單純物質而已。故主生命自生之說 (Hypothesis der Autogenese)，並謂精神現象，決不能離物質而存在；特如化學親和力，為非常複雜之物質屬性。(註一)阿斯特瓦德以能 (Energie) 為自然界之終極要素，遂謂精神現象，亦不外能之一種形態；建立唯能一元論 (Energie-monismus) 之世界觀，更由此見解，進而

論人生之理想，價值之問題。(註二)二氏在自然科學界之建樹，皆足千古。然以支配自然界之理論，而推用於精神界上，則不免有過當之處。故心理學者馮特(Wundt)評赫克爾之說，以爲「從空想論自然現象之點，與古代希臘之半神話及詩的之哲學思想相近。」又評阿斯特瓦德之哲學；以爲乃「由能之概念所構成之思辯的形而上學。」非過言也。二氏之哲學貢獻，不能與其科學上之功績媲美者，蓋缺乏嚴格之科學批判有以致之。

近世自然科學者之中，注重科學批判者，亦不乏其人。代表之人物，當推法之潘加勒(Poincaré)(註三)德之馬赫(Mach)(註四)英之羅素(註五)。潘加勒爲世界屈指之數學者物理學者。然於所攻之科學，深加省察，對於此等科學，有如何之根據？所謂真理，具如何之意義？認識至如何之範圍？何者爲必然之真理？何者僅止於假說？等等；皆闡明詳盡。因而批判科學之價值；於哲學上貢獻不鮮。至於馬赫由研究物理學；羅素由研究數學，各進而研究科學批判。與其稱爲自然科等者，無甯稱爲哲學者矣。由科學研究，而喚起科學批判之哲學，誠爲近代科學界上一大特徵。

自理論物理學，呈長足之進步，舊來之自然觀，根本爲所推翻。右新說者，奉之爲金科玉律；守舊說者，斥之爲異端外道。汪洋學海，頓起洪濤。吾人處此傳統的知識之漏舟中，果何所依據以守其舵而定其向？况輓近自然觀之基礎，多建立於假定之上，其危險性尤大。則科學批判，非今日學術界之羅盤針耶？

今日自然觀之變革，於哲學上最有重要之意義者，果何在乎？曰時間空間之相對觀也；能之實體觀也；非連續的之素量觀也；非機械的之電磁觀也。請略述之。

1. 時間空間之相對觀

時間，空間，運動，三者，爲相對抑爲絕對之問題，自十七世紀以來，已成學者間議論之焦點。雖大哲牛頓從抽象的力學之見解，以時，空，運動，爲絕對的。然吾人自經驗上認識視之，終不能是認。愛因斯坦 (Einstein) 相對性原理，以下列之，假定爲前提：

1. 凡支配靜系上物理的現象之法則，皆適用於互作直線等速運動之各種動系(相對性之假定)。
2. 光之速度，有一定不變之值，與光源及觀測者

之運動，全無關係（光速度不變之假定）。

愛因斯坦氏依此假定下長與時間之相對的定義；其推論謂同一時間，靜者測之，較動者所測為長；同一空間，靜者測之，較動者所測為小；而光之速率，實為宇宙間最大之速率。此論初出，世俗震駭，至閔可夫斯奇 (Minkowski) 創四元解析法，將時間，空間，融成一體，以表宇宙。於是時間不能離空間而獨立，空間不能離時間而自存；而相對性原理益得數理上之重要根據（註六）。

時空相對之說，由來已久。然舊說雖認空為相對，未知空之一因子為時；雖認時為相對，未知時之一分子為空。而相對性原理，則融合時空，各以系之運動狀態，與光速為共同之函數；此愛氏相對論之特色也。

使以自然界為可超越經驗，雖主觀之構成，而能成立，測光之速率為絕對常數，一切速率，無出其右之思想，當然不能承認。然就批判哲學之見地言；自然界者，吾人經驗之概念的構成之產物也。現在之體制，既認視覺為客觀的經驗構成之要素。而吾人之經驗的測定，舍光末由，則光對於自然界之構成，具有一種獨特之絕對意義；而時空之決定，不能脫光速之制限，又

何足疑？即光速最大之理，亦不難了解。何者？使有與光速相等，或更大之速率，證諸佛蘭馬理翁 (Flammarion) 所假想之盧猛 (Lumen) 實驗，將見凡百現象，皆靜止而固定；(與光速相等時) 或將見野死之兵士，奮起而戰鬪；着的之彈丸，退射而入破身之中；有如反演影戲然者；(大於光速時) 其結果使自然科學上為認識基礎之因果關係，失其意義，不更駭人聽聞耶 (註七)？

故吾人既以光為經驗之終極媒介者，欲使經驗有一定之普遍的意義，則不能不以光之速率，為最大之速率。即退一步，假定宇宙上有更大之速率，並可用此媒質，以測時間；則現在光速之制限，自當廢棄 (潘加勸 曾注意及之)。然時之測定，終不能不依經驗的方法求之，換言之，仍須由若干速度之信號着手，究難脫離他形相對性之制限。(本 Natorp 氏之說) 此相對性原理，在經驗的時空之批判下，所以有永久之意義也。

2. 能之實體觀

分析千差萬別之現象，使歸於普遍要素，求其恆常必然之關係，而立律則，以達普遍的認識者；自然科學之特色也。分析結果，最後達於終極要素，不生不滅，不受變化，僅因形態配分之關係，而呈種種差別之現

象。此種要素，哲學上稱曰實體(substance)，從前之自然觀，謂物質不生不滅，恆常不變，遂認為自然現象之實體。然輒近物理學研究進步，知物質之量可變，不得稱為終極之要素。而宇宙間恆存之能，遂占實體之位置而代興焉。

自朱爾(Joule) 邁爾(R. Mayer)測定熱與功之當量關係，已開保能定則之端倪。及赫爾姆霍兒赤(Helmholz)著力之保存一文，先定動能與勢能之當量關係，次就熱，電，磁，之現象，闡明功當量之理論。以為作用於自然界之力，總量不變。宇宙萬象，皆由諸種形態之力而起。力之形態，雖有不同，然決無生滅之事。當日之所謂力，即今日之所謂能也。(註八)保能之則，至是遂樹確不可拔之基。

自然科學之認識，不由思辨；當以經驗為唯一之根據，使之構成概念的普遍認識。故能與物質，何者可採為實體之問題，應由經驗所歸納之法則，及統一此法則之假說而定。故最後之根據，仍在經驗。自放射能之研究發達以來，由實驗的事實，知元素日趨於崩壞。而質量不變之理論，亦根本動搖。物質之非實體，殆無疑義。至能之恆常不變，實驗結果，常與理論相證明。即

輓近電磁觀代力學觀繼興，而能為實體之價值，亦有加無減。此物質實體觀所以終形遜色也。

且科學的認識成立之條件，因果 (causality) 亦居其一。故狀態變化之際，一面要求有因果之關係；一面要求有恆常之性質。若以能為實體，則因果關係，亦可完全表明。即就摩擦之例言之，有摩擦作用之因，即有生熱作用之果。而摩擦之功，與發生熱量之間，又有當量之關係。通兩者計之，能之總量不變。故知兩者皆為能之一態。若以物質為實體，決不能有此說明。由此觀之，今日之自然觀，較諸往日，實更適合於思惟之本性，不可不謂非進一步也。

然吾人有應注意者，則實體乃物理學構成之概念。無論其為能為物質；非如經驗的事物之真存在也。在昔日之物質實體觀，初視之似實際經驗之物質內容，即不變之實體。然吾人之所經驗，非物質自身，乃其感覺的屬性之內容而已。至所視為實體之物質，乃統一此種內容，由思維所構成之概念。其量之恆常不變，蓋用數學的推算之結果而定。而今日能之實體觀，更覺明顯。雖阿斯特瓦德以能為可直接經驗。吾人之感覺，即由外界與感官間能之移動而生。不知感覺由能

之移動而起，已爲自然科學推論之結果，吾人直接經驗之感覺，非能也；色彩耳，觸覺耳。由統一此等經驗，而求其普通恆常之關係，而後能之概念，始獲構成。

實體之意義，既如上述，其不能適用於實際經驗範圍之外甚明。主張物本論 (materialism) 或能本論之玄學者，每以物質或能之理論說明精神現象。認實體爲直接可經驗之實在 (reality)，自忘科學者本來立脚地，則妄逞思辨之過也。

3. 連續觀與非連續觀

「自然不跳躍」(Natura non facit saltus) 之思想，幾爲世人所公認。然物質之構造，則由不連續之原子集合而成。即今日之自然觀，以電之微粒子爲終極要素。而電之量，不能更小於電子；且皆爲電子之整數倍。若以單元終極之量，稱曰素量 (quantum)，則原子者，物質之素量；而電子者，電之素量也。素量爲自然界實質之終極要素，其說不自今日始。唯至輓近量子說 (theory of quantum) 出，始主張實質的物體之作用，亦由素量。約言之，即謂表現於作用之能，亦從素量之倍數爲增減，而不連續的自然觀，遂益完成。

由物理學的認識之本性觀之，吾人欲將經驗上

無數性質的差別之現象，使還元於單純同一之要素；又由此演繹而為一切性質的差別之現象。若非分為素量，從其數量及配列之關係，以說明現象之性質的差別，別無良法。故物質的原子論，謂為自然科學認識上所要求之思想亦可。且自然界之物理的狀態，常向較大之信率 (probability) 而推移。(據熱力學第二定則) 即於所有可能狀態之中，擇其確度最大者從之。而確度之計算，亦非假定不連續之物系不可。故自輓近物理學，盛用統計的考察以來，此種素量觀，益得方法論上之根據。

雖然，理論物理學上規定現象發生方法之律則，悉由微分方程式表之。而一般數學之解析，皆樹基於嚴密的連續概念之上。即微分方程式，亦僅適用於連續函數之範圍。故素量之作用，誠有不能以微分方程式表示之慮。然就他方面言，數學上所謂連續，與物理學上所謂連續，性質不同。從潘加勒之說，如有同種類 A C 二量，在經驗上可以區別，其間有 B 一量，與 A 或 C 俱不能區別之時，則物理學上稱為連續。以式表之，即 $A = B$ $B = C$ $A < C$ 是也。但自數學之邏輯言之，則此式決不能成立。非作 $A < B$ $B < C$ $A < C$ 不可。此種

過程，無限繼續——即於可別之二數間，插以無限可別之數——所成之系統。數學上方稱爲連續。故即就連續觀立論，已不能保持數學上之完全連續性。嚴密言之，凡物理上適用數學之妥當性，不過證其近似而已。故量子說所唱之不連續觀，特將近似的誤差移於經驗範圍之內，非數學全不適用也。

4. 機械觀及電磁觀

現代之物理學，以能爲實體，既如上述，然猶未足以盡自然觀之特色也。保能定則初發見之時，誤以能之本性屬機械的，適爲機械的自然觀之助。以爲一切能之形態，終皆可歸於動能，而爲其原因之力，即從萬有引力定則之中心力。此種機械觀（力學觀），對於自然科學史上，多所貢獻。然於光之現象，電磁之作用，能媒（ether）性質之規定等，任如何苦心焦思，終不得完滿之解釋。反不若以電磁作用爲主，以力與能之本性，皆屬電磁的；則不特機械觀上困難之問題，可以迎刃而解。即物體之機械的作用，亦能說明。

從機械觀立論，力僅可視爲物體運動之原因，而作用於其間者。物體及力，因各別爲一物也。電磁觀則以電磁力爲主，而電子爲其中心。電子，乃構成物體之

終極要素，故作用於物質間之力，其終皆可歸於電磁力。物質與力，俱能還元於電子。——電力之中心，——此電磁觀所以於統一的說明，不能不認為比機械觀較進一步也。

且試將電子論與物質原子論比較觀之，千差萬別之物質，還元為八十餘種元素之原子，可謂化為單純而普遍矣。然異元素之原子，尚具有特殊之性質，未有完全統一的之說明。而今日電子論，則以一切原子之構成要素，歸於電子及陽粒子。原子之差別性，可由電子之數及排列之差別表之。故以電子為中心之電磁觀，較以原子為中心之機械觀，在自然科學認識上，普遍，統一之意義，實覺增進不鮮。

雖然，吾人有不可忘之一點，則此自然觀畢竟為自然科學所構成概念之體系，不能認為實在之模寫。能與電，無從經驗；吾人所經驗者，不過電磁作用而已。至發生作用之電力，非經驗之對象，乃統一經驗所構成之概念也。真正之實在，舍直接經驗無由得之。科學的認識所構成之概念，特指示實在之標號已耳。

余於哲學，素鮮研究，此文係就田邊元先生之講述，演而成篇，於自然科學進步，既語焉不詳，而批

判哲學之理論，復辭有未達，強充篇幅，誤謬實多，讀者請閱田邊元氏科學概論及現代之自然科學以資參觀，幸甚。 著者附識 24, 9, 1921.

註一 參觀 Haeckel: Welträtsed.

註二 參觀 Ostwald: Vorlesungen über Naturphilosophie.

„ Grundriss der Naturphilosophie.

„ Die Philosophie der Werte.

註三 參觀 Poincaré: La Science et l'Hypothèse.

„ La Valeur de la Science.

„ Science et Methode.

註四 參觀 Mach: Erkenntnis und Iertum.

註五 參觀 Russel: Scientific Method in Philosophy.

註六 參閱學藝雜誌第二卷第四號文元模君論現代科學革命者愛因斯坦的新宇宙觀，又第三卷第一號第二號周昌壽君相對律的由來及其概念。

註七 佛蘭馬理翁假想有旅行家盧猛(拉丁語

光之義)者,於 Sedan 戰終時,由死傷無算之戰場,每秒以四十萬杆之步率, (光之速率每秒三十萬杆)向天空出發,追過以前自地球反射之光線;將見戰場之死傷者起而戰鬪.而彈丸向礮身而退射云云.

註八 Helmholtz: Über die Erhaltung der Kraft.

科學之體系

鄭貞文

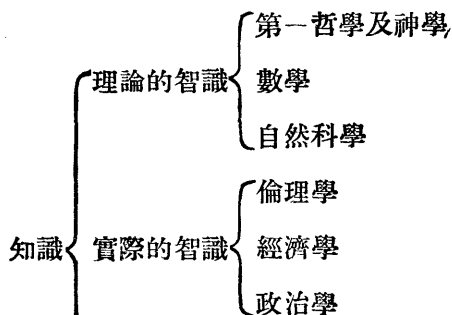
科學 (Science, Wissenschaft) 一語。大別之，有廣狹二義。凡有秩序有組織之知識，曰科學。則廣義之解釋也。凡關物質界及其現象之知識，曰科學。則狹義之解釋也。科學與知識 (Knowledge) 異。科學者，可導於律則可納於系統之知識也。科學與技術 (Arts) 異。技術重在作，科學則在知也。

國人習用科學二字久矣。而叩其義旨及範圍，則多茫然莫解。推其原因。約有數端。好爲玄妙靈怪之談。而乏合理之思想。遂誤以知識爲科學，一也。眩於物質文明之象。而慕機巧之製造。遂誤以技術爲科學，二也。誤認自然科學 (Natural Science) 爲科學之全體，三也。不明科學具體的內容，四也。前之三因。根於國人學識之不足。吾國之私病也。以學療之可耳。最後一因。根於

人類知識之未完，世界之公病也。非朝夕所能解決。外國學者，論科學之體系衆矣。迄未見有完善之考案。宜乎具體內容之難悉也。茲就各家之說，擇其重要者，舉之如下。科學之分類，當能窺見一斑矣。

I. Aristotle 氏之體系

科學之分類，當推亞理斯多德 (Aristotle, 384-322 B. C.) 爲最早。亞氏大別知識爲三部分。一屬於理論者。一屬於實際者。一屬於應用者。各部之中，又分爲三種。置神學及第一哲學 (Philosophia Prima) 於第一位。所謂第一哲學，與今日哲學中之形上學 (Metaphysics) 相當。以研究物之形式及實體，原因及目的等是也。亞氏不列論理學於分類中。以爲論理學者，可以定知識之基礎及其關係範圍。不過得知識之手段而已。故不能與他種科學並列。茲舉其分類大略如下。



{ 應用的智識	}	應用術
	}	美術
	}	修辭學

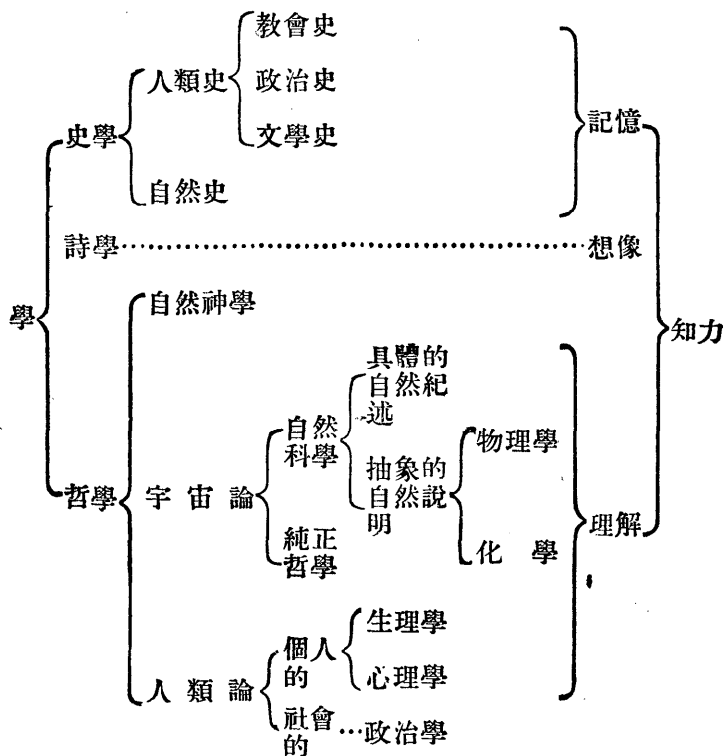
亞氏之分類法，雖推行一時，其後學派繼起，見解各異。斯多噶派 (Stoicism) 重視倫理道德之學科，故置實際的知識於最高之位置，並以神學為研究自然界活動及結局之原因，不屬於理論的知識，而視為物理的科學。伊壁鳩利安派 (Epicureanism) 完全否認神之信仰，不視為真正之科學，懷疑派則並知識之統一，及其價值而否認之，以為不能將全體之知識，列於同一分類之表，意見紛紜，莫衷一是。此希臘時代關於科學體系之見解也。

II. Francis Bacon 氏之體系

基督教會之教父，仍重視亞氏之說，置神學於首位，以為所有科學，乃表示神對物質世界，如何配排統治之方法，其能連絡各種科學而統一之者，厥唯神學。中世紀之煩瑣哲學派 (Scholasticism)，亦維持亞氏之說，謂神學之領域，廣於哲學，而地位亦優。

英人培根 (Bacon, 1561-1626) 者，反對煩瑣哲學之健將也，曾著「學問之改進」(Advancement of Learning)

一書。舉有科學分類法。以爲吾人之知識。由理解力 (reason) 想像力 (imagination) 記憶力 (memory) 而生。故科學之體系亦準之而定。茲節錄其梗概列表如下。



培氏之體系。至爲混雜。前表不及備載。論者咸謂用精神之能力。爲分類之標準。根本上有未當處。又如詩學。若以爲文學之創作。則不宜列於科學之領域。若

以爲文學之理論，則不當屬於想像之範圍。自今日觀之，其缺點多不勝舉。然培氏謂科學之統系，如樹之分枝，以視煩瑣哲學派，謂如圓之半徑，集於中心者，不得謂非進一步。此中世紀時代關於科學體系之見解也。

III. Samuel Taylor Coleridge 氏之體系

培氏之後，有笛卡兒(Descartes)者。近世哲學之開祖也。著有「哲學之原理」(Principle of Philosophy)一書。分知識爲三種，即形上學、物理學、應用學是也。形上學，凡無形世界之事屬之。物理學，凡有形世界之事屬之。應用學，又分爲三。倫理學、機械學、藥劑學屬之。不列神學於科學之內。笛氏之分類，較諸培氏爲近於理。然不如哥爾利治(Coleridge, 1772-1834)氏之詳密也。

哥氏分科學爲四種。屬於心之思想及活動者，曰純粹科學(The Pure Sciences)。屬於觀察之現象，與抽象原理結合者，曰混合科學(The Mixed Sciences)。屬於原理之應用者，曰應用科學(The Applied Sciences)。此外爲雜科學(The Miscellaneous Sciences)。其表如下。

{	純粹科學	{	形式的……文法學。論理學。修辭學。數學。
		{	實在的……形上學。倫理學。神學。
	混合科學	……	機械學。水動學。光學。天文學。

科學 { 應用科學……實驗哲學. 磁電學. 熱學. 光學. 化學.
音響學. 氣象學. 測地學. 美術.
實用藝術. 自然史學.
雜科學……歷史. 地理學. 辭典學. 其他.

哥氏之體系. 以心理作用為基礎. 不據客觀之現象. 蓋重主觀之分類法也.

IV. William Whewell 氏之體系

何輝爾(Whewell, 1744-1866)者,十九世紀之博學家也.曾著「科學之哲學」(Philosophy of the Sciences),一書.舉科學分類之新法.應各科學之根本思想觀念,而分科學為七種.第一曰數學,即由時間空間及數之思想而生之科學也.第二曰機械學,即由第一之思想,加以勢力及運動之思想而生之科學也.第三曰化學,即由第一第二之思想,加以化合力及類似法之思想,而生之科學也.由以上觀念,益以生命及究竟原因之觀念而成者,為生物學.第四.更益以感情及思想之觀念而成者,為心理學.第五.更益以歷史的原因之觀念而成者,為史因學(Paletiological Sciences).第六.最後更益以何氏所謂第一原因之觀念而成者,為自然神學.第七.以式表之如下.

1, 數學——→ 2, 機械學——→ 3, 化學——→ 4, 生物
 空.時.數.勢力.運動 化合力.類似法 生命.究竟原因

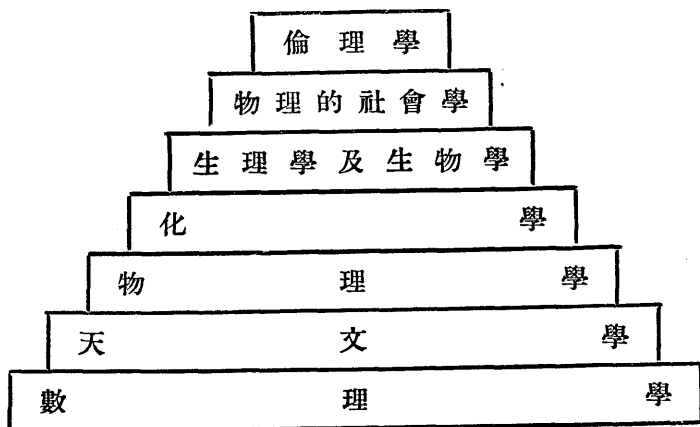
學——→ 5, 心理學——→ 6, 史因學——→ 7, 自然神
 感情.思想 歷史的原因 第一原因

學

此種分類，以哲學知識爲本，不從對象物之性質，而從其思想觀念，其重主觀，正與哥氏相同，此十九世紀初期關於科學體系之見解也。

V. Auguste Comte 氏之體系

孔德(Comte, 1778-1857) 不用主觀之標準，以定科學之體系，以爲分類之法，(1) 當應對象物之性質。(2) 由單純進於複雜。(3) 先獨立而後因依。據此原則，先分科學爲論理的與實際的二種。論理的之中，又分三種。曰抽象之科學，數學屬之。曰無機物之科學，天文學，物理學，化學屬之。曰有機物之科學，生理學，物理的社會學(即社會學)倫理學(視爲最高科學)屬之。凡七科學，成一階級，稱曰「科學之階」(Hierarchy of the Sciences)。其關係如下



此表之長所有四。(1)可表科學之論理的順序。(2)可表科學之歷史的順序。(3)可表各科學進步之程度比例。(4)可表爲學之順序。較諸從前諸表，不可謂無著大之進步。然嚴格言之，亦不免有不完之點。如數學與物理學或化學之關係，果必經天文學而始可達乎。若以物理學次於數學，化學次於物理學，天文學次於化學，不較有當乎。(輓近天文學之進步，藉顯微鏡及分光術之力爲多。)且論理學心理學等諸重要科學，未列其中。果屬何故。豈皆屏於科學之外耶。凡此皆孔氏體系之缺點。特彼所立分類原則。至今學者尙取爲標準。其價值亦自不可沒耳。

科斯特 (Coste) 者，法國之社會學者也。本孔德階級之說，而加以修正，分基本科學為九種。從對象之廣狹，定位序之先後。算術代數，以量為對象。而幾何學則益以廣袤。力學則更益以運動。此數理的科學也。星學，於數理的對象外，增重力一要素，以為對象。物理學，則更增分子運動。化學，則更增親和力。此物理的科學也。生物學，於數理的物理的對象外，增生活一要素，以為對象。社會學，則更增社會之觀念。理想學，則更增意識之觀念。此有機的科學也。以圖示之如下。（見 Adolphe Coste: Les Principes d'une Sociologie Objective）

科 學	有機的	理想學……→							意	識
		社會學……→							社	會
		生物學……→							生	活
	物理的	化學……→							親	和
		物理學……→							分	子
		星學……→							重	力
	數理的	力學……→							運	動
		幾何學……→							廣	袤
		算術代數……→							量	

此圖示各科學與其對象之關係，饒有興趣。特孔德體系之缺點，不免仍承襲而存留耳。

VII. Herbert Spencer 氏之體系

斯賓塞 (Spencer, 1820-1903) 氏反對孔德階級之

觀念,而贊成培根樹枝之思想.分科學爲三大枝.第一曰抽象的科學 (Abstract Sciences), 研究事物所啓示之關係,第二曰抽象的具體的科學 (Abstract-Concrete Sciences), 研究事物所表現性質,第三曰具體的科學 (Concrete Sciences), 研究實際經驗之事物性質.及其關係其表如下.

抽象的科學	}	性質上……………論理學
		分量上……………數 學
抽象的具體的科學	}	關於物體運動者……………個體物理學
		關於分子運動及同質分子之集合者…分子物理學
		關於異質分子集合之運動者……………化 學
具體的科學	}	關於恆星及行星之組織者……………星學及星原學
		關於地球者……………地質學及地原學
		關於生物者……………生物學及生物起源論
		關於生物適應其境遇之能力者…心理學及心理起源論
		關於生物建造公團之關係者……社會學及社會起源論

斯氏分類棄客觀方法,而復歸於主觀.彌爾(John Stuart Mill)氏評之曰:「此種體系,不據事物相互之關係及其性質,而以吾人別識事物之方法爲標準,實屬不當.因別識事物,其相差至有限也.且所謂抽象的

具體的科學之名，亦不能解。」觀彌爾之批評則斯氏體系之不完，亦可見矣。

VIII. Charles Shields 氏之體系

犀爾咨(Shields, 1825-)氏曾於所著「科學之順序」書中，述科學上之哲學的分類原則有五。(1)當據事實，而不可據關於事實之思想。(2)當明示確能成爲科學之所有事實之種類。(3)當實際表示各種事實，在空間上之共存關係，及時間上之續起關係。(4)當表各科學之實驗方面，與形上方面，並及於兩方面之論理學的關係。(5)當以具體形上各科學之歷史上及論理學上之發展爲基礎，而設統括科學之科學(即哲學)。犀氏據此標準立科學體系如下。

1. 物理的科學 { 個體物理學即機械學
分子物理學 熱、光、電。
2. 化學的科學 { 無機化學
有機化學
3. 有機的科學 { 植物學
動物學
4. 心理的科學 { 靜的心理學
動的心理學

5. 生物學(生命)

6. 地質學(地球)

7. 心靈學(心) {

- a 心理學(心之研究)
- b 論理學(真之研究)
- c 倫理學(善之研究)
- d 審美學(美之研究)
- e 言語學(言之研究)

8. 社會學(社會)

9. 神學(宗教)

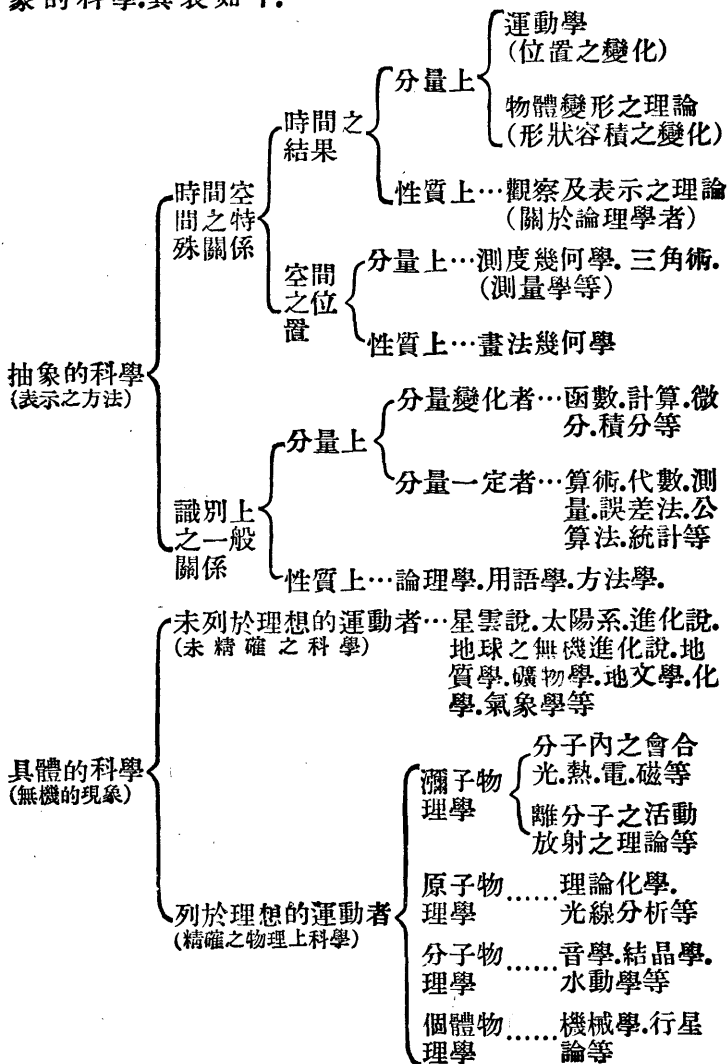
此表分類,先單純而後複雜,先獨立而後因依,可表科學發達之理論的及歷史的順序,是其長處。然置生物學於地質學之前,列社會學於心靈學之外,亦不無可議之處耳。

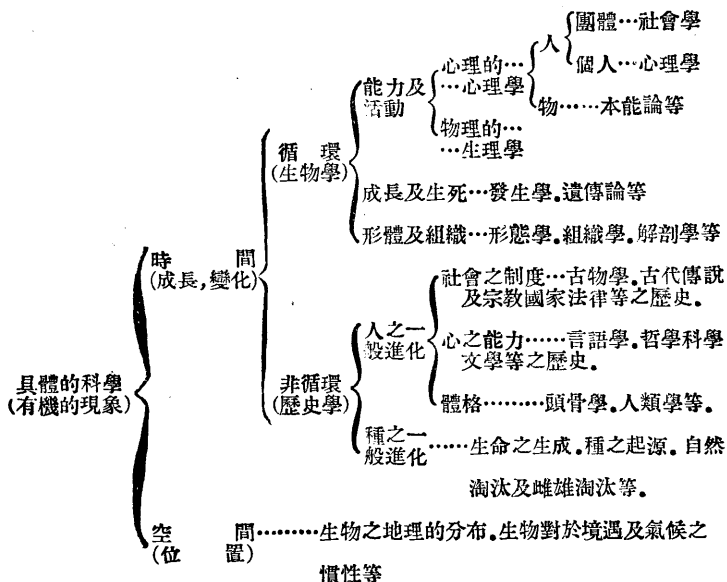
以上所述,乃十九世紀末葉以前,對於科學體系之見解也。

X. Karl Pearson 氏之體系

披爾遜(Pearson)氏著「科學之原理」(Grammar of Science)一書,分科學為抽象與具體兩種。因吾人使用知覺之方法不同,故有此二種之分類也。研究知覺之內容者,曰具體的科學。研究知覺之方法手續者,曰抽

象的科學，其表如下。



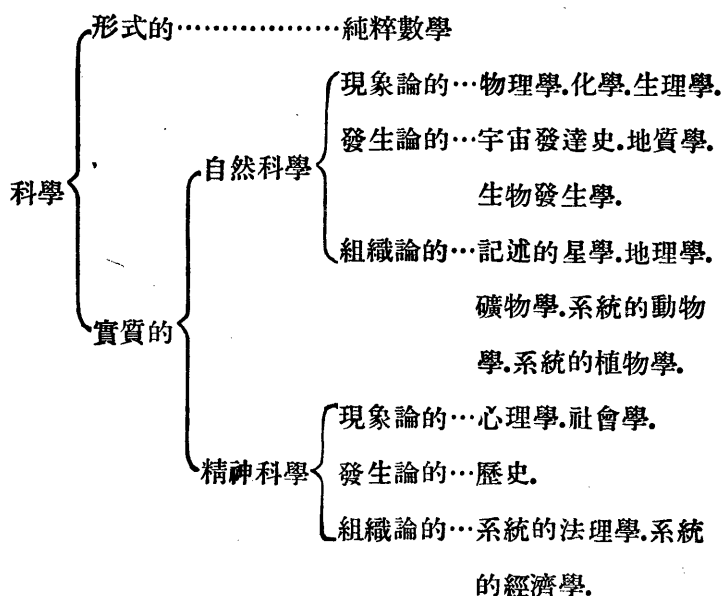


披氏批評諸家之體系,苦心孤詣,而創此表,視前舉諸表,較為詳密,特分枝別類,未免失諸繁瑣耳。

XI. Wilhelm Max Wundt 氏之體系

德人馮特(Wundt, 1832-)者,現代之哲學家,而實驗心理學之鉅子也。嘗於所著論理學中,從對象之不同,分科學為純粹形式及經驗的實質二部分。實質之中,僅研究以客觀為經驗之內容者,曰自然科學 (Naturwissenschaft)。具體的直接研究其經驗者,曰精神科學 (Geisteswissenschaft)。其中求現象之規則的結合,而加

以解釋者，曰現象論的(phaenomenologische)科學。如精神科學中之心理學，自然科學中之物理學等是也。從對象之接近的性質，而試其排列者，曰組織論的(systematische)科學。如精神科學中之系統的經濟學，自然科學中之系統的植物學等是也。適用現象過程之法則，而研究其生成發達者，曰發生論的(genetische)科學。如精神科學中之歷史學，自然科學中之生物發生學等是也。其表如下。(見 Wundt: Lgeik H. Einleitung in die Philosophie)



馮氏由科學對象之差異，而分其類。從其特色，以明示其相互之關係。幾達於完全之域。然德國西南學派 (Badische Schule) 非之。溫仁特班 (Windelband) 氏以爲從對象異同，分別科學。不如從研究方法之爲愈。經驗科學當分爲二。一爲求普通法則之自然科學。一爲表個性記述之歷史的科學。立卡 (Rickert) 氏以爲歷史，乃記述個性獨特之性質。能引起人之趣味。所謂趣味。自客觀的言之。卽價值是也。故歷史之對象，有文化價值 (Kulturwert)。而文化之產物，又各能體現特殊之價值。故文化科學之研究，當採歷史的之方法，不能從自然科學之見地，包括於普遍的法則中而認識之。故經驗的實質科學。當分爲自然科學，與文化科學 (Kulturwissenschaft)。至於精神，乃心理學上法則的認識之對象。不過自然之一部。不能與自然對立。故謂馮氏之分類。根本上亦有不當之處。

XII. J. Thomson 氏之體系

湯姆孫 (Thomson) 氏於所著「科學緒論」 (An Introduction to Science) 書中，舉有科學系統。先分科學爲抽象具體二大類。前者專言方法，後者則以經驗之事實爲主。抽象科學，以數學爲植基，以形上學爲造極。具體

之中，分爲基本五科（亦稱普通科）。以化學物理學生物學心理學社會學等屬之。基本科學，又有副科（Sub-science）。如生物學之分爲形式學，生理學，演育學，原因學等是。研究基本科學中之一部分者，曰特別科學（亦稱引伸科學）。如生物學中之動物學，植物學，化學中之立體化學等是。兼採數基本科學中之方法概念，而自成一科者，曰聯合科學。如人類學則通社會學心理學，地質學則通生物學物理學化學等是。由基本科學應用而成者，曰應用科學。如倫理學教育學爲心理學之應用，工程學建築學爲物理學之應用是也。

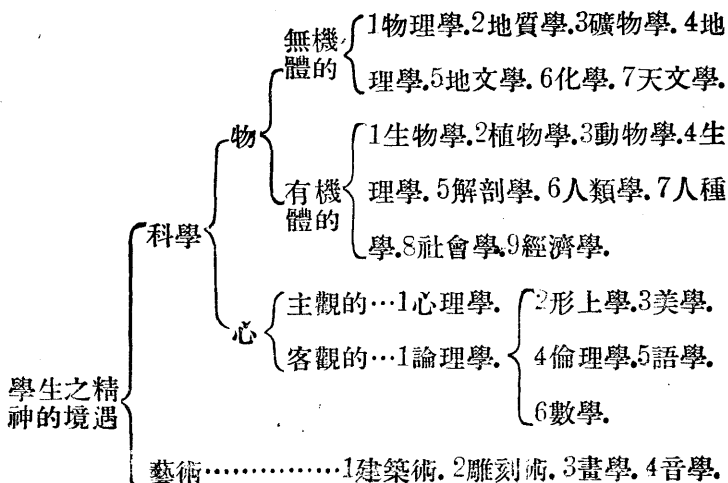
抽象科學	具 體 科 學			
	普通科學	特別科學	聯合科學	應用科學
形 上 學 的 (峯 極 的)	5. 社 會 學	民 種 學 制 度 之 研 究	人 類 歷 史 學	政 內 治 生 政 計 學 學 學
	4. 心 理 學	審 美 學 語 心 靈 物 理 學	人 類 學	倫 理 學 教 育 學
論 理 學	3. 生 物 學 演 育 學 形 式 學 生 理 學 原 因 學	動 植 物 學 植 物 生 學	生 物 界 通 史	人 種 改 良 學 醫 藥 林 學 森 學 學
數 學 的 (基 本 的) (統 計 學 附)	2. 物 理 學	天 文 學 測 地 學 氣 象 學	大 地 通 史 地 質 學 地 理 學	航 空 海 程 學 工 建 學 建 築 學
	1. 化 學	分 立 體 化 立 體 物 學	海 洋 學 日 系 通 史	農 冶 採 金 礦 學

湯氏之分類，頗見完備。特基本科學，以有明晰之界限爲主。故其類甚簡。然物理學與化學之界限，本難

明瞭。故二科所屬之特別科學。及應用科學之位置。亦不無交互可通之處。

XIII. H. H. Horne 氏之體系

和龍(Horne)者，晚近美國之教育哲學家也。曾就教育之見地，而定科學之體系。以爲人之心靈，有三要素。即知情意是也。去誤求真，避醜就美，棄惡從善，爲人類靈的之理想。故使學生善能應用自我，以期此理想之實現。則教育最高之目的也。本此意旨，從學生精神上之境遇，分學術爲三種。一爲科學(Sciences)。二爲藝術(Arts)。三爲意志行爲(Volitions)。科學之中，又分物心兩系。茲舉其表如下。



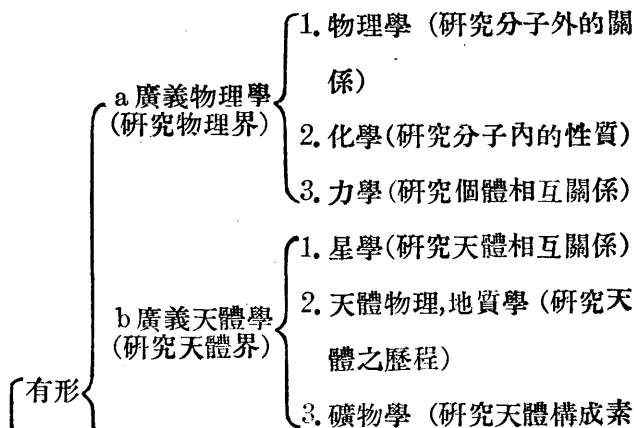
5文學.6宗教.

意志行爲……………1歷史.2制度.3法律.4道德.

此表較易領解.但列宗教於藝術之中,又特標意志行爲爲一綱,則屬創見.且置經濟學社會學於有機體物質科學之下,亦似不如置於心之客觀之下之爲愈.

XIV. Tongo Tatebe 氏之體系

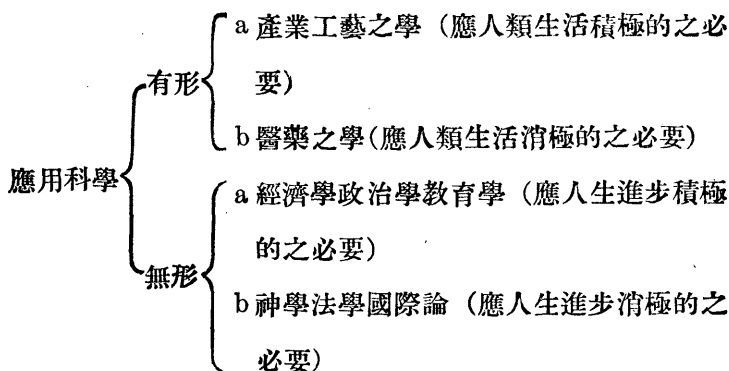
建部遜吾博士者,日本之著名社會學者也.於所著「社會學序說」中,論科學之體系頗詳.以爲欲網羅現在所有之科學,不能純從理論分類.因立二大標準.先從科學之用,分爲理論應用二綱.復從科學之體,分爲有形與無形二目,其表如下.



理論的
科學

無形

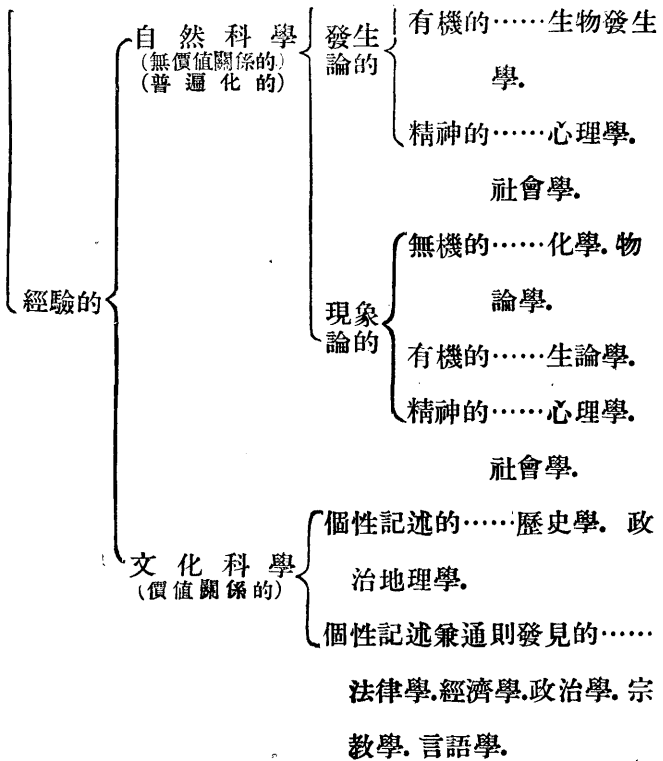
- 質)
- c 廣義生物學 (研究生物界) {
1. 生理學 (研究生活現象)
 2. 生物學 (研究諸生體)
- d 廣義社會學 之一部 (研究社會) {
1. 地理學 (研究社會外形)
 2. 土俗學 (研究社會外狀無形)
- a 廣義論理學 (研究先天實在) {
1. 實在論 (研究先天實在之實在)
 2. 知識論 (研究先天實在之知識)
 3. 數學 (研究實在之形式的理法)
 4. 論理學 (研究知識之形式的理法)
- b 廣義心理學 (研究意識) {
1. 心理學 (研究意識之體)
 2. 美學 (研究自由選擇之體)
 3. 倫理學 (研究行爲)
- c 廣義社會學 之主部 {
1. 史學 (研究社會實歷)
 2. 社會學 (研究社會理法)



建部氏之體系，與前此諸表迥異，自成一家之言。吉野作造氏仍之，略加修改，分理論科學為自然科學，形式科學，精神科學三項。自然科學，廣義之物理學天文學(增宇宙論一目)生物學(增進化論人種改良學一項)屬之。形式科學，數學(統計學)論理學屬之。精神科學，廣義之心理學社會學屬之。刪地理學土俗學實在論知識論等不列。應用科學，分為應用自然科學，與應用精神學。其內容各與建部氏之有形無形應用科學相同。(見現代叢書「最新科學」，是書疑非吉野氏所編，因卷末署吉野名故仍之。)

XV. M. Tanake 氏之體系

田邊元者，日本之新進哲學家也。嘗著「科學概論」，批評馮特之體系，以為哲學之業務，在明科學之



田邊氏以爲心理學社會學,僅以發見普遍之法則爲目的,毫無獨特之文化價值,故不列於文化科學之中,但文化科學之研究,今日尙未開展,故不能作系統的之分類,則此表之憾也。

以上所述,乃輓近二三十年來對於科學體系之見解也。

XVI. Century Dictionary 中之體系

廿世紀百科辭典(Century Dictionary).分科學爲七大綱。一曰數學,研究理想的構設之各部間關係,不含事實之觀察,全由心靈創造者。二曰哲學,研究一般事體之考察,及論理的分析。三曰範則學(Nomology),研究通則及天然一致律。四曰化學,決定物理的恆數,並研究恆數不同之物質之種類。五曰生物學,研究原形質,及有機物之種類。六曰有機體組織之科學,如生理學社會學等是。七曰個體或團體之敘述及說明,如宇宙論人類史等是。各綱之下,又有分目。其表示之如下。(見 Century Dictionary, p. 5399)

- | | | | | |
|-------|---|--------------------|---|--|
| A 數學 | { | 1. 純粹數學
2. 應用數學 | { | a 哲學的數學……如公算法等
b 物理的數學……如解析機械學等
c 心理的數學……如政治經濟學等 |
| B 哲學 | { | 1. 論理學
2. 形上學 | | |
| C 範則學 | { | 1. 心理學
2. 一般物理學 | | |
| D 化學 | | | | |

E 生物學

F 有機體組織之科學 { 1. 生理學
2. 社會學……倫理學. 語學. 政治學等.

G 個體或團體之敘述及說明 { 1. 宇宙論……星學. 地球構造學等.
2. 人事之記述…統計學. 歷史. 傳記等.

此種分類之方法,另開一新生面.如列政治經濟學,於應用數學之中.又各目內每以精神科學與物質科學對舉.皆足惹人注意.此表係何時代何人所擬,廿世紀百科辭典中未曾明示.但千九百十四年之修正本,尚載此表.則近代尚有採用之人,可斷定也.

就各家之體係觀之,其分類之標準,大別有二.倍根用精神之能力,哥爾利治歷主心理之作用,斯賓塞以事物之別識爲衡,披爾遜因知覺之使用而斷,則主觀的之分類法也.孔德科斯特應對象之性質,犀爾咨卡普斯據實際之事實,則客觀的之分類法也.客觀的之分類,科學能網羅不漏,而系統每欠整齊.主觀的之分類,系統能序次有條,而科學多致出入.苟有所偏,即有所短.求力克(Sidney Guerich)氏曰:「欲分人類之知識,不可不知客觀的世界之性質,及其秩序.亦不可不知主觀的世界(即心)之性質,及其趣味.取其一而棄

其一，不可能之事也。」故分類之標準，當取客觀與主觀之調和，此科學體系之趨勢一也。

至分類之形式，除並列外大別有三。倍根唱樹枝之式，斯賓塞披爾遜等用之，主觀的分類，多從此式。孔德唱階級之式，科斯特用之，客觀的分類法，多從此式。階級之式，可表對象關係之廣狹，發達順序之先後，是其長處。然科學研究範圍，初無嚴格之疆域。而其進步，每有資藉於後起之他科者。關係複雜，決非簡單階級所能表示。不如樹枝式之爲愈。但樹枝式亦有困難之處。湯姆孫氏曰：「分之過繁，則知識一貫之理，將湮沒而不彰。分之過略，則各科之自治權，爲其主題特性所保有者，將淪斲以盡。」且各科對於所取之標準，常有交叉之點。故又有第三形式出現。姑稱之曰坐標式。湯姆孫之分類表是也。馮特之體系，於自然科學及精神科學二綱之下，各有現象論的發生論的，組織論的之二目。建部之體系，於理論科學及應用科學二綱之下，各有有形無形之二目。若視其綱目，爲縱橫二軸。則實際上亦坐標式耳。故分類之形式，當採樹枝與坐標之調和。此科學體系之趨勢又一也。

各家之論科學體系，目的不同，觀察之立腳點亦

異，有以人類全體之知識爲對象者，倍根是也。有以宇宙全體之事實爲對象者，卡普斯是也。有以能成科學之事實爲對象者，犀爾咨是也。此外僅就純粹科學而論者有之。兼及應用科學而論者有之。因授與科學知識，而定其順序者有之。因明示某科在科學全系中之位置，以便其研究者有之。旨趣各殊，故分類之方法，不能一致。然察其內容，則有公認之點。(1)由單純而至複雜，(2)由獨立而至因依，(3)由物理的至心理的，(4)由具體的至抽象的，(5)由理論的至應用的。輒近之分類，莫不依此程序。此科學體系之趨勢又一也。

科學大別，約舉之可得十種。(1)理論的科學，與應用的科學。(2)純粹科學，基本科學，與應用科學。(3)抽象的科學，與具體的科學。(4)形式的科學，與實質的科學。(5)先驗的科學，與經驗的的科學。(6)自然科學，與文化科學，或精神科學。以上六種，前已言之。(7)說明的科學，與規範的科學。前者以發見現論之律則(Law)爲目的。而後者則論各種之規範(Norm)爲目的。如物理學心理學等，爲說明的科學。而倫理學論理學等，則規範的科學也。(8)敘述的科學，與說明的科學。前者僅敘述事物。後者則加以說明，而求發見通則。如礦物學，植物學

等，爲敘述的科學。而物理學，化學等，則說明的科學也。(9) 演譯的科學，與歸納的科學，如自然科學，多用歸納之方法，而哲學則用演譯之方法也。(10) 特殊的科學，與一般的科學，如各科學皆研究特殊之現象，而哲學則研究一般之現象也。以上四種，在前舉諸說之外，便宜分類上，亦常用之。

科學語源，出自拉丁 Seire。知之義也。哲學語源，出自希臘 φιλοσοφία 愛 (φιλος) 知 (σοφια) 之義也。二者既同爲求知之學問。故意義之異同，範圍之廣狹，隨時代之思想，及專家之解釋而殊。此亦科學體系上之一種重大問題也。亞理斯多德時代，哲學之義，與德語之 Wissenschaft 同。而廣於英語或法語之 Science。(前者多指廣義之科學，後者多指自然科學。) 故凡學問，皆稱哲學。如物理之哲學，天體之哲學等是也。及各部分之哲學，研究漸繁，始得獨立專門之名稱。如物理之哲學，稱曰物理學。天體之哲學，稱曰天文學等。哲學與科學，名目始分。然科學仍隸於哲學。故倍根之體系，列自然科學於哲學之內。自康德 (Kant, 1724-1804) 出，以批判科學 (Wissenschaftskritik)，爲哲學之職志。所謂批判，不過承認科學研究之事實，而明其根據而已。不能超

於科學之外，亦不能立於科學之上。故哲學之義遂狹，降而儕於科學之列。其後學者，對於哲學與科學之見解，有謂在研究之方法不同者。有謂在研究之材料不同者。百年以來，科學進步，一日千里。科學一語，作能得精確知識之學問解釋。故科學包括所有學問，而哲學遂為科學之一。與舊義適得其反。觀建部氏列實在論知識論於無形之理論科學。廿世紀百科辭典，亦以哲學與數學化學等並列。可以見矣。此歷來解釋科學與哲學之概畧也。

觀哲學與科學，範圍之變遷，及解釋之同異，則各科學之間，亦有此種事實，可以概見。如物理學與化學之區別。昔以物理學為研究分子內之變化，化學研究原子內之變化。近自愛克斯光線(X-ray)之研究進步，知結晶體中，無所謂分子存在矣。無機化學，與有機化學之區別。昔以無機化學，為研究無生機之物質。有機化學，研究有生機之物質。近自尿質(Urea)可以製造，而活力說破矣。科學藩籬，漸趨撤廢，分類已非易事。况人類之知識有限。前日所視為科學者，今日或否認之。今日所未知之科學，他日或發見之。科學自身，本未完備。欲求完備之體系，其可得乎。披爾遜氏曰：「世無能

知人類全體知識之人，即無類分全體知識之資格。」此各家之體系，所以聚訟紛紜迄莫能定也。

雖然，科學隨時代而發達，則其體系，亦應時代而進步。吾人觀古今學者分類之法，縱可以知歷來科學思想之變遷，及其進化之程序。橫可以知近代科學觀念之基礎，及其關係之梗概。何謂科學，當可思過半矣。

上海图书馆藏书



A541 212 0012 8450B

民國二十一年一月二十九日
 敝公司突遭國難總務處印刷
 所編譯所書棧房均被炸燬附
 設之涵芬樓東方圖書館尙公
 小學亦遭殃及盡付焚如三十
 五載之經營墮於一旦迭蒙
 各界慰問督望速圖恢復詞意
 懇摯銜感何窮敝館雖處境艱
 困不敢不勉爲其難因將需用
 較切各書先行覆印其他各書
 亦將次第出版惟是圖版裝製
 不能盡如原式事勢所限想荷
 鑒原謹布下忱統祈垂督

上海商務印書館謹啓

版 權 所 有 翻 印 必 究

中華民國十五年七月初版
民國廿二年 國難後第一版
 三月印行

(八〇七)

學藝彙刊
 自然科學之革命思潮一冊

每冊定價大洋伍角

外埠酌加運費匯費

編輯者 中華學藝社

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

