

1138

物理學之研究

AN

INTRODUCTION

TO THE

PHYSICAL SCIENCE



中華書局印行

物理學之研究

目 錄

緒 言

第一章 經驗

第二章 邏輯

第三章 物理學上之概念

第四章 因果律

第五章 假說

第六章 說明・記載・及構成

附錄一 理論物理學名著紹介

一、罕爾姆和志理論物理學講義

二、奧斯德華特自然哲學

三、哈德孟近世物理學之世界觀

四、麥哈認識與錯誤

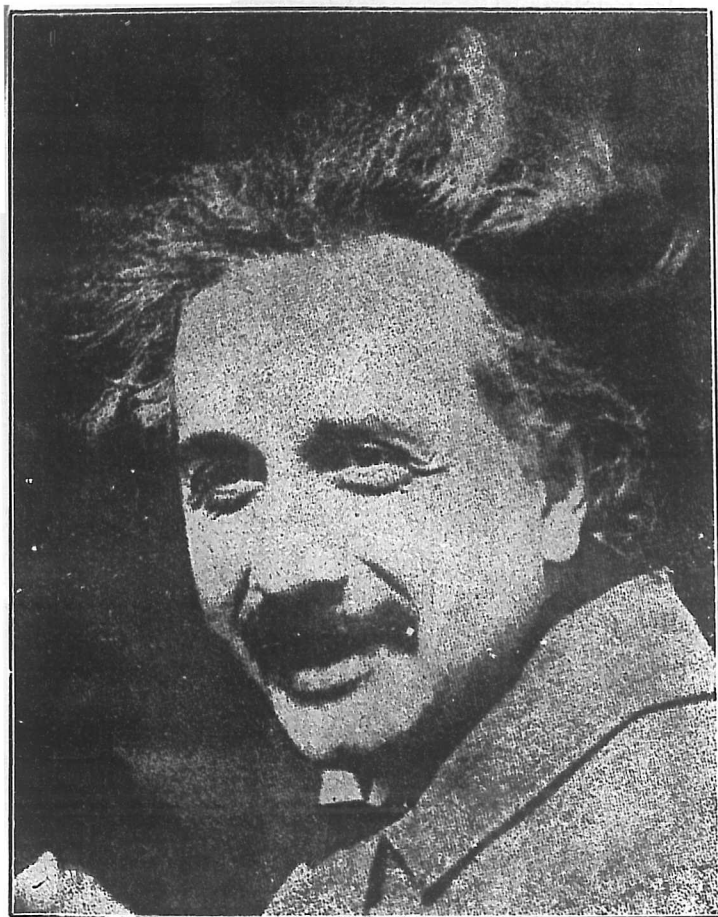
五、馬克司惠爾物質與運動

六、普恩加列科學與假說及科學之價

值

附錄二 研究安斯坦相對論之參考書目

坦 斯 安



Albert Einstein

物理學之研究

緒 言

希臘當上古之世，文化發達，凌駕全歐，物理之學，亦早見萌芽，自德黎 (Thales: 紀元前 640 年生—546 年歿) 以水為萬物之根源，恩配道列士 (Empedocles: 紀元前 492—443) 唱土，水，火，風(空氣)為四元質之說，德謨克利圖 (Demokritos: 前 460—370) 創原子之論：物理知識，隨之益進；至亞里士多德 (Aristoteles: 前 384—322) 更集其大成，發為淵博之論，歷數世紀而猶彰。厥後時代屢遷，學術雖漸進步，究少發展，迨加里利 (Galileo Galilei: 西歷 1564—1642 年) 出，始樹實驗科學之根基，更至牛頓 時代，物理研究，遂入全盛之域。牛頓 (Issac Newton: 1642—1727) 以後，斯

學無大發展者，復一百餘年，及十九世紀，罕爾姆和志 (Hermann Helmholtz: 1821—1894, 德人，創能力不滅論,) 愷爾維恩 (Lord Kelvin 原名 William Thomson: 1824—1907, 英人倡能力散逸論,) 法勒第 (Michael Faraday: 1791—1867, 英人，研究電學,) 馬克司惠爾 (J. C. Moxwell: 1831—1879, 英人，研究電磁,) 等，相繼輩出，原理之發明日多，而物理學之內容，又煥然一新矣。考中古以前之科學，與加里利以後之科學，其研究方法，截然不同，蓋中古以前之研究，偏重思索，而近世科學，(即加里利以後之科學) 則專崇實驗。加里利嘗登披塞 (Pisa) 之斜塔，投輕重不同之物，察其墮地遲速，結果則輕者重者，同時及地，遂明斥亞里士多德所稱「物性輕者欲高，重者欲低」之說為謬論，此固推崇實驗之嚆矢也。牛頓之於研究也，亦謂不能證以實驗者，不

能自信其所說。當牛頓之「原理」(Principia)再版時，可志(Cotes)曾序之曰：從來研究自然之法，可別爲三種，一爲思惟的，亞里士多德之研究然；一爲譬喻的，孚根士(Huygens)之研究然；一爲實驗的，則牛頓之研究法也。夫理想事實，每相背馳，譬喻引證，亦難悉符，欲獲自然真相者，固以求諸實驗爲最當。且科學研究之對象，原在客觀世界之自然，倘盡離觀察與實驗，則物理等學，必無由成立，故亞里士多德等，雖偏重思惟，對於實驗觀察，亦未盡漠視；往時固不無倡吾人感覺經驗盡屬虛妄之論者，但亞氏學派，亦未嘗有此思想也。曩自望遠鏡，時計等，足佐觀測之器，逐漸發明，則微奧之點，爲前人意想所難及者，亦能漸加以實驗，及入十九世紀後，則創製機械，益臻精巧，科學實驗之法，亦隨之益進矣。

近世物理學之研究法，實驗而外，尙有一

端，即數學的研究是。此法始肇於牛頓，且因其發明微積分法而益精。而最近闖動全球之安斯坦「相對論」(Albert Einstein: Relativitätstheorie, Theory of relativity,)亦恒以數理為根據。考牛頓之論，以由數學的研究而達之結論，為絕對之真理，乃已獲自然之實體者。後之論此說者，約分二派：主張「超實在論」(Transcendental realism)者，認自然實體之存在，以為得由思惟以求之；主張「超理想論」(Transcendental idealism)者，則引康德(Kant)之說以相駁，稱數學之公準，洵為先天的，但吾人對於自然之經驗，僅留其影象於心上，若自然之本體，固永非吾人所能獲。兩說本旨雖反，究已同認數學之論證，乃獨一無二者；顧近自幾何學上之「非歐克利特」派(Non-Euclidian)興，則知數學之公準，並非獨一無二，在無數可能條件中，依從何條，吾人

得任意採擇之。總之，數學原有「先天性，」其前提之基本的命題，非論公理之是否真確，祇可依此以求誘導而得之結果耳。

綜合實驗(Experiment) 觀察 (Observation) 之結果，乃得造成物理學上之法則，(Physical law.) 此等法則中，多以代數記號，表物理學上之量，以微分或積分方程式，示其變化之相關，蓋成立於數學的研究法者也。至物理學之組織上，除法則外，尚有所謂「假說」(Hypothesis, 亦有作臆說，假設，或假定者，其義固同;)者，乃綜合若干法則，而更求其統一者也。

古代希臘之土水火風說，分子飛躍說等，皆假說也。當高唱是等學說之時代，固莫不以爲自然之實際，皆如是；洎乎輓近，治科學者，咸尙實驗，此等徒憑玄想不本經驗之假說，皆受拼棄；故牛頓嘗自謂吾不作假說，而後世學者多宗之。然牛頓於光之傳播，倡微塵

說，論其實在，又何嘗非假說；後之實驗科學家，亦有假定微不可察之分子原子，或手不能觸目不能見之「以太，」爲實在者；可知現代科學，固未盡離乎假說。然論者亦有稱假說原在求方便，故原子分子之說，亦無非因有此假定，則易於說明耳；若竟否定原子分子，安見其不能說明？是故法則乃表示既成之事實，已無容疑；假說則僅爲統一法則而假設，假設之有無，固均無不可也。

由前所說，假說本假，有無均可；按諸實際，此論果盡當否？學者於此，頗多評議，要而言之，則「法則」非單論事實者，其與「假說，」原無劃然之區別；至「假說」於物理學之成立上，亦未嘗可缺。請言其例：萬有引力之法則嘗曰：「二質點間之引力，與其質量之相乘積成正比例，與其距離之自乘積成反比例。」試問此項法則，必確實行於現象界否？吾人可

竟答以未必。吾人第一須知「質點」一語，胚胎於牛頓，而命名於歐勒(L. Euler,)當時此說既出，頗受世人非難，謂其言質量而無長廣也，至於目下，學者咸認長廣之大小乃比較的而無異議矣。其次當就二質點論：太陽地球，本為說明此二質點之適例，然宇宙之間尚有月，此外恆星，行星，更多至難計，則當說明此例時，勢必暫措此等星辰之關係而不顧。是故自然之法則，乃論述吾人之理想，非必逕論自然之事實；若稱「法則」專記事實者，固未能盡其究竟焉。

前論物理學上之假設，在綜合法則，作統一的說明；此中所謂說明，即指結合原因結果之關係言。考物理學上之因果關係論，多見於「力」之討論中。從來學者，概以力為運動之原因；(即以力為因；以運動為果也。)然基爾好夫(Kirchhoff)則反對之。又赫爾志(Hein-

rich Hertz)因「力之觀念」與「遠隔作用(Actio in distans,或Action ot a distance)之觀念,」得相連鎖,竟於其力學之中,捨却力之觀念;而麥哈(E. Mach)亦力排原因之觀念。蓋因果律本爲自古哲學上之大問題,自伯拉圖(Platon)亞里士多德以至中古哲學家所倡之潛因說,轉而爲希摩(D. Hume)之無因無果說,彌爾(Mill)之無所依說等;麥哈之論,則出於希摩之說。然亦有論者,謂麥哈非全採希摩之懷疑說,故其對於知識,極重經驗,並以牛頓派之超經驗說即前述牛頓以數學論證,爲絕對公理之說。爲非科學的;因此稱「力非運動之原因,乃顯現之作用,此外當更有原因潛在」之說,亦不得列入科學云。以上所論,僅擇舉數說,已如是紛紜,可知學者於此,咸甚注意,然則因果律與科學,究有若何關係?科學離此,果能完全成立否?此固吾人所宜究,在本書所欲詳論

者，——約而言之：則自然法則之前提，固已具因果之關係，因法則之前提，須有與自然一致之豫想，即同時須有因果律之豫想耳。

以上僅略述物理學組織之梗概，示其成立之基礎；此下當更分章列論，以求研究之途徑焉。

第一章 經驗

經驗 (Experience) 者，由感覺而得之知識也。吾人在現象界，恒於無意中感覺物理的現象，獲得其知識，或更進而應用之。自古各國，皆有具楔，槓桿等作用之器具，迨文明漸進，則需求更複雜之機械，且因起奇異之感覺，復生探索其解釋之念，以是據其所知，由意識的(即有意而求，)求物理上之經驗焉。

由意識的而探求之經驗，以觀察與實驗為本。凡僅就自然界之現象，逕加視察者，曰觀察；究現象所生之事情，或併驗其結果者，

曰實驗。施觀察，可以知現象之關係，例如：搆時計及測角器，順次觀測太陽之位置，可知各時刻內太陽與地球之比較的位置；並可由太陽視半徑之變化，而明某時刻間之距離，成若干之比率；迨所得結果既多；即可發明表示太陽與地球位置變化之法則。對於其他星辰，亦得如是觀測；而一般天文學上之材料，亦多得諸是類之觀察。且不獨天體然，即地球上各地溫度氣壓之分布，地震噴火之現象，月與潮汐之關係等，皆端賴觀察而知之。又當觀察天體時，如以爲太陽與地球之間，必有作用支配其運動，則必想及如此作用，不僅存於地球太陽間，在各天體間當皆有之；故地球之運動，勢必受此一切作用所牽掣，其間關係，固非常複雜者。吾人對此複雜之自然現象，假如以尋常所可見者爲本，設想天界無木星，地球不運動，則一切與此有關之現象，豈

非盡成虛幻，其假想之背乎自然，已無容疑。

又如假定一行星與太陽之外，更無他天體時，有此作用，則由此作用，推求其他影響，既較簡便，且與實際，亦能相合，遂知是項假定，與自然真相，相去不遠矣。如是將某種條件，分離推求者，謂之現象之分解，或稱獨立之原則，蓋物理研究之第一步也。

試取石屑紙片，從高處投之，則石屑直向下墜，而紙片飄搖舞蕩，久始及地。試更團紙成球而投之，則墜下既速，而取遞亦直矣。是故在此落下現象中，至少可得二種之事實，即物體之垂直下墜，與因物體形狀等關係，而墜體不循垂直之道是。吾人研究之際，即當先別此二事，而後求初次試驗中所受之影響；乃知紙片之飄搖，固受風之影響而然，亦即受空氣影響所致。願於此又宜更進研究，求其受空氣影響及無空氣存在時，落下之狀況究

若何；以是實驗尙矣。若僅依不精密之觀察，而逕作推論：如云物性輕者向高，重者就低，故重物落下速而輕物遲，則失現象之真；或祇據可見之現象言，而不合其他諸關係，亦足誤認物體之通性。是故加里利因研究落下之現象，特登披塞斜塔，試投輕重之物，雖知結果盡同，猶恐距地不遠，落下之時間太短，或不能明認落下之孰先，遂思在長距離間，驗其相差；顧其結果，仍輕者重者，落下之狀況殆同。厥後抽氣筒既發明，乃有驗得在抽去空氣之玻筒中，羽毛銅元之下墜同速者。於是物體下墜之性，遂藉實驗而大明。

觀察與實驗之區別，其大體固如前述，但吾人望遠之際，除用眼逕瞭外，亦有假助於望遠鏡者；夫望遠，本屬觀察，既用器械，又似實驗，此中依違，究應何如？一言以蔽之，則實驗乃對於在有限事情下所顯之現象而施；若現

象自然進行，吾人僅觀察之可矣。此說固爲易別實驗觀察之性質而立，吾人於斯，並知現象之分解，^{見前}節即爲實驗之始基。

凡在一種觀察或實驗中，遇新現之事項，不能以已知諸理，加以解釋；復因關係不大，暫爲擱置；迨日後在他事項下，復見是況，即能明悉其理，而知識竟隨之大進者，——是名殘餘之現象。（此名乃罕許爾（John Herschel）所定，曾見於其科學研究法中。）其例頗多，擇其最著者言之：搖摩擦發電機時，其旁每感一種之臭氣，昔人不能說明，逕稱之爲電氣之臭，厥後知此由於「阿戎」（Ozone）之發生；而養氣之性質，亦隨之益明。又磁針振動者，置銅板於旁則速止，此亞勒哥（E. Arago）實驗而得之殘餘現象也；迨法勒第既明銅板之感應作用，此項亦立成重要之條件。當陰陽二電之種種性別未明時，祇以數學上之正負

二量別之，此外更無差異；雖放電現象，所見殊多，確為陰陽電性不一之徵，顧當時亦祇認為殘餘之現象，未加何等說明焉。

第二章 邏輯

研究物理者，藉觀察實驗，而得經驗，更由是造成法則與假說，其順序常與由感覺上之經驗而造概念者同；蓋物理學之目的，亦不外求物理現象之概念耳。爰先就「概念」「判斷」「推論」等心理上之作用，列述其梗概。

目前事物之感覺逕印於心者，曰「表象，」亦稱「觀念。」由實際個別事物之諸觀念間，抽取其共通之性質者，曰「抽象。」結合抽象，則得「概念」焉。例如見駕貨車之馬於途，則其頭之長，鬣之多，毛之穢，足之瘦等點，均約畧浮印於心中，此即對於該馬所得之表象或觀念也。所謂約略者，對於該馬之長短高下，輕重以至身體構造等，均未盡知也。更以從戰爭之馬，駕車之馬，及其餘種種之馬，所得表

象，集而較之，棄其毛色，肥瘠，等各個體之特異點，採其可以別於犬貓等之共通性質，即得「馬」之概念；至「馬」之一語，則表此概念之記號也。（言語文字，非對於自然界之各個體一一有別，皆多少具共通之性，故依言語文字，說明概念時，其所用以說明者，每已屬概念，亦不可不辨。

隨抽象之程度，而概念有階級。例如曰馬曰哺乳類，皆屬概念，而後者之階級，較前者高。又如三角形之概念，較直角三角形，等邊三角形等，階級高。蓋高級之概念，較諸低級者，其所示個體之數多，而所屬之性質反少。證以上例，則直角三角形除具三角形之性質外，更有「一角為直角」之性質，故其他等邊三角形，鈍角三角形等，不能以此概括之，所表各個之數，自較三角形之概念為少矣。在動植物之分類上，亦以如是概念之階級，定

綱，目，科，屬等差別。

以二個以上之名詞，依主賓之格連綴之，則成文辭，最簡單者，如云「水爲流動體，」或「此水清潔」之類，皆是；若在知識方面論，此等文辭，卽由二個以上之概念所得之判斷也。又如稱「流動體爲水，」雖同爲判斷，但較諸前者，覺其判斷欠真確耳。按所謂水，流動體等概念，原無真妄之區別，必至判斷始能決定之。

凡從一種或二種以上之判斷中，更求新判斷者，曰推論。古來邏輯之目的，亦在教吾人就已有之判斷，依推論而求真確新判斷之方法。例如斷定「水爲流動體」時，並可得「流動體爲水」之新判斷；以此新判斷之真妄，質諸邏輯，則知「流動體爲水」之說爲妄，而真者當稱「某流動體爲水。」又如從「流動體從其容器之形」與「水爲流動體」之二判斷中，得

「水從其容器之形」之新判斷，固屬真確；若云「水不從其容器之形，」則妄矣。

邏輯上稱既定之判斷，曰前提；由是推論而得之新判斷，曰結論；綜合前提與結論，表示推論之形式者，曰推論式。而結論之真妄，即可求諸此等形式中。至形式之構造，係視判斷之種類而定；判斷之種類，復隨其中概念之種類階級而殊。大抵邏輯上形式之最普通者，係以二種判斷為前提：就中關於某部類之一般的判斷，曰大前提；關於特別事項之判斷，曰小前提，由是推論而得者，即結論也。

因此種形式中，有二前提與一結論，故又稱三段論法。此中關係，如以上節之例言：則「流動體從其容器之形」之一判斷，為大前提；「水為流動體」一判斷，為小前提；由是古來推論而得「水從其容器之形」之新判斷，則結論也。

邏輯，即在此等前提之結合，及結論之範圍，就形式之關係，討論正當探求之道者，所謂形式的邏輯是也。

凡推論，思考，欲辨別真妄時，亦有根本之

原理。爰就此思考公理中，擇舉不必問其所以然，可逕依直覺而自明者，若干端，分列如下。

一曰矛盾律：即積極的判斷與消極的判斷，相背而不相容者。例如有甲，乙，二概念，而稱甲爲乙，同時不得爲非乙；爲非乙，同時不得爲乙，是也。

一曰拒中律：就得作某種判斷之甲，乙，二概念中，謂甲非乙，亦非非乙，而拒其位於甲乙中間者，即甲或爲乙，或非乙，必占其中之一也。

一曰自同律：即謂甲爲甲，而不謂甲爲乙；對於同一之甲，不使有二項相背之判斷者也。

以上三者，在形式的邏輯上，認爲思考之三大原理。用是等原理，決推論形式眞妄之邏輯，乃集成於亞里士多德，厥後學者，仍多沿用，至於目下，猶無大變。

形式的邏輯，以由前提，求結論之範圍爲限，而對於所設前提之真妄，則不問，以其無關形式也。故決定此項之真妄，必須更依他種之證據。又其所造之結論，亦非必生新真理，例如非推論曰：「凡流動體皆從其容器之形，」水爲流動體，「水從其容器之形，」其結論之真理，固已包含前提內之「凡」中；假如水無從其器形之性，即不能在大前提中稱「凡流動體」矣。總之，邏輯本爲辯論之學，其主旨，在求辯論正確，或所辯之語雖變，而意仍不改；固不在探求新知識。然物理等自然科學，則在探求新真理；或對於判斷之真妄，給以取決之證據。若僅藉形式的邏輯，殊難導學識日進於新境。故哥白尼(Coppernicus: 1473—1543, 波蘭人，近世天文學之元祖也。) 加里利等出，特創實驗的研究，一反思辯的方法，而喚起邏輯之革新。迨十六七世紀之

間，培根 (F. Bacon) 在邏輯上創歸納法，並論亞里士多德之邏輯，僅有演繹法，更至十九世紀，乃有彌爾 (J. S. Mill) 集歸納法之大成。

簡言之：所謂演繹，乃從普遍之判斷或公理間，求特殊之判斷，歸納則由特種事實，求普遍判斷之謂也。歐克利特幾何學 (Euclidan geometry，即尋常之幾何學) 為演繹的推論之適例。至於歸納的邏輯，亦可舉例說明之，譬如在某一定重量，一定溫度之氣體，如體積增為二倍，則壓力必減為二分之一；增為三倍，則壓力必減為三分之一；今由此等個別之事實，可獲一「定溫定量之氣體，其體積與其所受之壓力，成反比例。」之普遍判斷，按此即 Boyle 之定律也 此即歸納的判斷。又演繹法推論之根本，有矛盾，拒中，自同等原理，在歸納的邏輯上，亦另有根本之原理，即與自然一致之因

果原則是也。且矛盾，拒中，自同等律，乃表示知的活動之公理；而歸納法之原理，則與外界之經驗有關。以下所論，即在說明斯理。

第三章 物理學上之概念

以上二章，曾分述經驗之方法，思考之形式，本章所論物理學上之概念(Concept,) 卽就物理現象之各經驗，加以思考而得者。願思考上之事物，非必與經驗上之事物相一致，併有全屬虛幻者。而僅據經驗，感覺所得之知識，亦難保無矛盾，例如長短相等之直線，縱橫並列而觀之，每覺縱者似較長，可證感覺所得，不能盡確矣。是卽所謂錯覺也 凡思考之事物，爲經驗上事物時，則稱其思考曰認識；而僅據感覺所得之經驗，曰直接經驗；曾加思考者，曰間接經驗。直接經驗，乃心理學上所研究；自然科學，則研究間接之經驗。卽在直接經驗內，求已除錯覺之個個經驗，加以認識，乃

得自然科學之基礎。惟個個之經驗，概隨時隨處而消失，故宜自過去經驗中，求可以概括將來經驗之知識；即自個個經驗中，採其普遍性，捨其偶然性是也。至於如何爲普遍，如何爲偶然，誠非易別，若就個別經驗，分析極細，則取捨尤難，願吾人亦得就一羣經驗間，將分析所得知識之類似者，綜合之，取以概括此等經驗，復就此屬之認識，求得可與他屬認識區別之定義，即成一概念矣。凡如是造關於自然之概念者，自然科學上之問題也。例如：動物學家，取種種之犬或馬，解剖研究，乃得「犬」「馬」在動物學上之概念。更將是等概念，加以概括，復可得「哺乳類」之概念；又合哺乳類，鳥類，魚類等，則成「脊椎動物」之概念矣。

物理學上，亦概括物理現象而造其概念；其分析綜合之原理，原與博物分類同。惟物理

學作現象進行之分類，博物學則就動植礦等自然物體，加以分類耳。若以廣義言：物體雖亦係現象，顧博物學之所論，如生物能生產，礦物則否等，概以存於自然界之常態爲主，必入「進化論，」始考求其各代相繼之變化；而物理學則不然，原以研究自然物體之變化進行爲本旨。故博物學上所得之概念，爲「犬」「哺乳類」「脊椎動物」等具象之名辭；而物理學上之概念，則具自然法則之形式。

上節所論，更可舉例以喻之：物理學上，嘗稱：「二物體在空間內，互有有限之距離，則二者皆有加速度，且其加速度，在二物體間之直線上，」簡言之，即二者皆互有趨近之傾向。

此中所舉，即物理學上概念之一，蓋由所謂「地球上一切物體皆有墜地之傾向，」「月之運行與潮之漲落相關係，」「行星之行動以太陽爲焦點」等一羣概念，概括而得者也。考此

種作用，其發生之條件，爲二物體在有限距離間，倘此時無阻其相近之狀態，（例如有第三物體，與此同大者，與以方向相反之加速度，致阻其相近。——此中所謂加速度，即吸引力，詳後。）則其作用必起，而所謂自然法則之形式，乃顯。

又如稱「光線在二異質透明體之境界，生屈折，其屈折之狀況，得以一定三角函數表示之。」此亦表示自然現象變化進行之類，其個別之現象，固常見於水，空氣，玻璃等相接處。至於起此作用之條件，爲光線射及二異質透明體之境界；當此條件完備時，必生如是之現象。故亦爲自然法則之一。

類此之例，在物理書中，固隨在皆是，且皆係就自然界所顯正常之變化進行，依事實上之內容而分類，更以前例而論：則首例係集關於物體位置變化之現象，概括而得；次例係

集關於光線方向變化之現象，概括而得。當其研究之際，皆先就引起現象之條件，悉加定義，更詳記現象進行之狀況，終乃依此記錄，創造法則。此中所謂條件，亦即分析個個經驗之結果；而求對於某條件之現象時，不特應加觀察，並須詳細實驗。故法則之認識，實得諸自然及實驗觀察之記載；而法則乃概括個個記載而得之結果。法則之與個個現象，猶諸稱「犬」與「此犬。」因法則為現象之概念，概括多數個個之現象；亦猶「犬」為對於一切犬之概念，非僅指此犬那犬之個體而言也。

是等法則之表以言語或文字者，常與前例所述相異，概以動詞易名詞，而用抽象之語氣。且不獨法則為然，即術語亦多如是。譬如前舉之第一例，作為法則，則可稱「二物體互在有限距離間者，常互有引力；」即所記

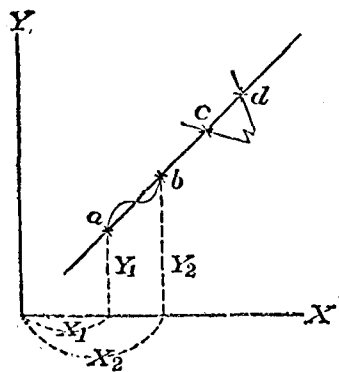
不祇爲運動加速之狀況，並用「引力」之抽象辭以助其表明者也。又因其僅係二物體相近時之現象，倘其條件滿足，則作用立見，故可寓意於「力」字，而易言之曰：「二物體間，常具引力，倘無他阻礙，則引力之作用顯，二者即相趨於接近。」實則「引力」之術語，物理學上對此概念，既無法則所記以上之意義，亦不包容所記以外之事實焉。此中所謂引力，即前例所稱之加速度。

他如種種常數，以及所謂比重，抵抗，屈折率，傳導率等，亦無一非助法則說明之抽象辭。今物理學上，稱水之光線屈折率爲一·三，即表示光線經空氣射及水面之角度爲 α 而射入水中之屈折角爲 β ，由是知 $\sin \alpha / \sin \beta = 1.3$ 因依此說明，略覺冗累，故法則中用屈折率之名表示之，以期簡約。

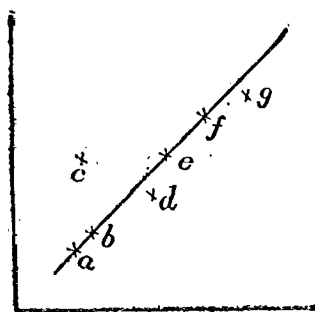
抽象辭及法則，皆屬變換敘述形式，以概括個個經驗之概念。其概括之意義，亦可舉光

線屈折之法則說明之；按此法則中，嘗稱來射角，係作零度至九十度間任何之角度，其所謂任何之角度，即由廣施實驗，積無數個個之經驗而知，若未經試驗，固不能妄言也。

又如上圖甲，有X軸與Y軸，表示相關聯之二物理學量。（例如懸於銅絲之錘，與銅絲延伸之量。）就中對於一量之 x_1 ，有他量之 y_1 ；對於 x_2 之值，又有 y_2 之值，彼此相當；至圖中a, b,



(圖 甲)



(圖 乙)

c, d 等點，為實驗所得之結果，亦即個個經驗之結果。法則，乃就此中所有諸條件間，（例如

錘懸銅絲上之狀態。)規定其對於任何 x (例如張力之任何值)之 y (例如銅絲之延伸)值。若用解析幾何學上之術語說明之，則法則在求其中之流動座標，(即法則必爲此流動座標所能表示。)即聯此諸點，俾成某線，得由線上之點，定其對於任何 x 之 y 值也。當吾人制定法則時，亦猶聯結各點，務求得平滑之曲線；(例如甲圖所示，即表已得直線者，其間雖亦可得種種不同之曲線，如甲圖細線所示，然惟直線可定所謂「張力比例於延伸」之法則。)若有不能聯結，即知其有背個個之經驗。乙圖所示，即表此關係，圖中 a, b, c, d, e, f 等點，爲經驗之結果，特依法則所示之關係，而施概括時不能連結 c, d, g 等點在一線上，即該項法則，與是等個個之經驗，必尙有矛盾。倘 c, d, g 等經驗，已屬不雜錯覺之間接經驗，則法則必更待修正矣。

考法則所述之概括，每加插未證結果於既定經驗中，或更將既定之經驗，藉思考以修正，凡此皆歸納的研究法之結果也。又凡自然之法則，其所示之條件滿足時，則現象必立現。故法則之中，復屢用「必」「常」等語，加約制於自然現象間，以示自然現象，非雜亂無序，其在同一條件下，必生同一之現象，是謂「自然之一致。」在自然物體間之變化間，本有與吾人情意無關之秩序。吾人任意加人工於自然，似足擾亂自然之秩序，但所謂加以人工，原與實驗同義；且其所加條件，仍係自然物，故原有之自然物，與所加之自然物，其變化之秩序，不致相背。如是秩序不亂，得加現象以約制者，又爲因果原則之根基；吾人更就此等秩序，加以認識，即可制定自然之法則。是故吾人對於自然界，得構成概念者，卽出於認識之根本的假定也。

第四章 因果律 (Law of Causation)

吾人常將過去之經驗，應用於現在及未來，故得假定自然在同事情下，常反復生相同之現象。是謂與自然一致之假定。然一現象間之情事，不易盡知，且時程既異，更難斷是等情事之盡同。故經驗所得者，皆類似事情下之類似現象也。又將實驗觀察之結果，構成知識時，有所謂修正其觀測之結果者，亦豫想類似事情下所生類似現象之謂也。然類似之事情下，非必生類似之現象；每有事情略差，而現象竟大變者。譬諸射箭，矢頭微偏，則去的甚遠；又如火藥，略經突擊，即起爆發；固皆由極微之作用，而生極大之變化。是故已知事情與現象之關係，不易直接移用於他種之事實；至如偶然之現象，即盡已知之事情，其現象且不復經驗矣。不過一般之現象，概如吾人所期待，顯現而無差。又如於

其有無相差，須待驗於將來者，稱述之際，祇可用「大約如此」之豫想。若夫稱爲偶然者，其豫想之依信程度固甚微，顧對於一現象，既明其原因結果之關係時，則依信自堅，而以現象之發生，爲必然無疑矣。此中所謂原因與結果，以下當詳述以申釋之。

普通所謂原因結果，指繼續之二現象言。

因果關係，汎見於現象界，欲舉實例，隨在可得，茲擇較有興味者，卽進化論中，嘗設貓之多寡，足以左右苜蓿繁殖之例是也；按英國苜蓿之繁殖，端賴一種蜂類媒介其花粉，故蜂之繁殖盛，則苜蓿繁殖亦盛，但蜂類每爲雀類所捕食，而雀類又恒被貓殺，故貓多則雀少，雀少則蜂多，而苜蓿乃易殖。又如某地發現疫病，則醫皆探究其原；船隻中途覆沒，亦必調查其因；凡此皆可爲因果關係之例，蓋其間必有二種現象，相繼發生耳。（卽見於前者爲

原因，見於後者爲結果。)

又如稱甲現象爲乙現象之原因，則甲現象不生時，乙現象亦不現。此事又可舉一歷史上之例以明之：當一八一五年六月滑鐵盧之戰，拿破崙嘗預計曰，十七日晚如無雨，則翌日常見大戰，而歐洲將生劇變；因有雨則道滑，法之砲隊，不能如期馳集，法軍形勢，當受大挫；若無雨，則可得砲隊之助，襲擊聯軍，使之首尾不能相顧，自易驅德軍入來因，英軍入海，而全歐運命之結果，正未可知。故拿破崙敗績之原因，亦可謂在十七日之雨。但如是變更經驗上之事實，而求其現象之因果關係者，因經驗的根據，不過一種，僅可稱爲思考上之實驗 (Gedankenexperiment.) 凡經驗上甲乙二現象皆見者，論其因果關係時，固可僅以經驗上之事跡爲據，若無甲之現象，則徒憑經驗以外之空想，不能作任何判斷焉。

現象與現象之必然繼續者，不能作普通因果解，例如晝夜之必相繼，不能以晝爲夜之原因或結果，因晝夜之原因，在日光之照射與否，及地球迴轉位置之如何耳。惟此中祇稱必然繼續，亦似未足，應加「無所依」字樣，稱二現象無所依而繼續於必然，以示此等現象，無關他種情事，而必相繼續也。晝夜之必繼，固依地球之迴轉，但此祇變其繼續之關係，並非因果之關係；且此中所謂「依」，亦不無雜空想實驗（即上節所稱思考上之實驗）之痕跡。假令地球之迴轉止，則晝夜不循環，故知晝夜非因果之相繼。然此論或爲純重經驗者所不容，蓋謂容此類空想之論，則一現象之原因，亦可推求至無數矣。例如風吹而塵飛，則塵埃飛揚之原因爲風；然撒水可阻埃飛揚，蓋石亦可鎮之使定，是故塵之飛揚，亦可謂爲因不撒水不蓋石而然，依此類推，其

可爲原因之條件，豈非可求至無限數？論者謂此無數積極消極諸條件之總和，皆可視爲原因，惟更採其中最普遍而無矛盾者，特稱之曰原因。然自無數條件中，應採何者，究隨觀察方法而不同，故塵埃飛揚之原因，或從氣象物理方面（即風之關係）推究，或從撒水蓋石方面着眼，雖取逕各不相同，亦莫不各有可通之理。概括而言：則所謂原因，乃此無數條件中，確可引起結果之現象，且與結果相維相繫，而必然不變之先發現象也。

人類對於自然之說明，當推神話爲先，而神話之中，亦屢具因果之概念。神話嘗稱風神司生風，雷神司生雷；即以風之發生，起因於風神之作用，雷之發生，起因於雷神之施爲。

論其所謂風神雷神之真相，可於古代繪畫中求得之，蓋皆以人爲象，所以求肖於人類之動作也。因此後之學者，特稱之曰「擬人說」

(Anthropomorphism.) 後世物理學上以力爲原因之概念，亦起源於人之腕力筋力等觀念。

當中古時代，學者僉謂力在現象之內，藏隱潛匿，不顯於外，而爲現象顯現之原因。卽以原因與結果，爲非先後發現，乃同時並存者；故謂原因止則結果亦立止。因此潛力之說出，而引起神之聯想者，亦恒有云。

迨近世實驗科學，逐漸進步，乃排斥潛力之觀念。顧物理學上，嘗以力爲現象之原因，按其實際，仍具潛力之概念，究未能脫擬人說之羈縻。罕爾姆和志嘗解原因之德文 *ursache* 曰：*ur* 有背後之意，言力爲原因，在現象之背後，常作得現其結果之準備者也。此論亦不出潛因說之範圍。

夫潛力爲神之說，雖經拼棄，而新創之論，復仍有如是缺憾，於是「力非潛隱之原因，乃

可以測計之作用；論原因於現象以外者，即主張潛力之說，及亞里士多德所倡之形式原因等。不足列入於科學之說，乃蹶然而起。此說稱因果律不為科學之最高原則，因科學祇在記載，故因果說明，非科學之職責。但亦有主張：存因果之名，棄其潛在之意，以成現象而顯現之作用，為原因，而列因果律於科學中者。並舉例曰：在力學之運動公式中，某質量之加速度，乃結果，而分力之和，為原因；能力變換式中，亦前形之能力為原因，而後形之能力為結果。所說固為現象的，然猶未足盡離擬人之說焉。

更有一派學者，對於以經驗為根據而論因果關係者，完全反對。彼等謂經驗上之現象繼續，祇成現象繼續之事實，因果關係，固非得之於經驗者。二現象之順次繼續，僅吾人習慣視之為相續，一旦破此所謂因果之關係，亦不致有所困難，是故因果關係，完全為便利

思考而設，與經驗絕無干係云。如推此說至極端，則所謂自然之統一等，亦不過視為偶然耳。

或謂以理而論，吾人固不可不從經驗說，願經驗云者，係事物之影象，經吾人五官，而印於心中者；究非逕為吾人心外之本物。故構經驗成知識時，必使一切經驗上之事物，適合吾人心中所蓄規約之形式，而此規約之中，固已具所謂因果云。如是倡規約預蓄於心中之說，謂之先天說。(Apriorism)考其結論，則謂個個經驗上之所謂因果關係，非盡屬於先天，(Apriori)因先天本洞然空虛，故邏輯上置先驗性於思考法則中以充足理由之原理，此原理亦為邏輯上思考法則之一，即欲得「甲」之判定時，不可無充分滿足之「乙」之理由者是也。經驗上之自然現象，概係合此理由之原理者，此即因果律在科學上之意義也。是以科學上種種特殊之法則，皆係因果律之應用；而各

量相變之函數的關係，乃測此因果之關係者也。

對於自然一切，皆作科學的說明者，亦稱機械論，蓋本前述之意義而應用因果律者。顧或謂對於自然，固可應用因果律，對於人事，因各有自由之意志，究難容機械的說明。而反對此說者，又謂精神現象上，亦有所謂結果增長之一種因果律。總之，倘以前述理由之原理，亦為精神現象，而更加推究，則議論反復，將無底止。故拉普拉士 (Pierre Simon De Laplace) 之公算論 (Theory of Probability) 中，嘗有排斥自由意志說，而稱述因果律權力之論，後之學者，頗多宗之。其說曰：

「一切之物，皆不能無原因而存在。世界現在之狀態，可為過去狀態之結果，亦可為將來狀態之原因。倘在某時，得知自然界一切之力，及自然物之一切位置，而可求

解於解析算，則自最大之宇宙之運動，以至最小之原子之飛躍，皆可包括於同一之公式，於是過去也，未來也，咸得確映於眼中。

……吾人在天文學上，可見其爲卽此知識之一端。卽由力學及幾何學之發見，與萬有引力之發見，互相結合，乃得藉同一之數學公式，攝取世界過去未來之狀態者也。」

萊蒙 (D. Lemon) 更擴充拉氏之論，謂定世界之因果方程式爲 $t = -\infty$ ，則見世界混沌之原始；爲 $t = +\infty$ ，可得世界寂滅之未來。並稱依如是之知識，可測計頭髮之數量；卽燕雀一羽之落地，亦能不出其豫想云。

在倡宇宙機械論者之理想固如是，而反對其說者，卽以此爲攻擊之材料，神學家並視此爲褻瀆上帝之謬談。當拉普拉士獻其名著天體力學 (Mécanique Céleste，或譯天界重學) 於拿破崙時，拿嘗謂之曰：「君就宇宙系統，

著此大著，對於其創造者，何無一言？拉氏以無如是假設之必要答之，然則當時之思想，可見一斑矣。總之，以知識爲無限，則入於空想；以爲有限，又必涉及難解之不可知論；吾人於此，宜取拉氏所稱知識遞增之意，而捨褊激之機械論，以期平允。

第五章 假說

凡經驗上不能直接明知之事，亦得以假定爲推論之基礎，是卽所謂假說也。前言以吾人所觀察現象之經過，合諸推論之形式，及充足理由之原理，而成因果關係者，苟其關係不能得之於經驗，而用假定以說明之，卽爲假說。夫假說既出經驗之外，似非盡能確實，故亦有倡科學不用假說之論者。

考假說之由來，甚古，古人因風雷現象，而聯想及於風神雷神之擬人說，其爲假說，已不待言。卽已入物理的說明之範圍者，如土水

火風四元質說，原子說，以太說，以及依幾何學的理法研究波之進行等，亦均爲假說。惟此等假說，皆漸次精密，遞成微可捉摸之狀態耳。至於近時之電子論，則益形進步之假說也。

科學家中，有力排假說者；亦有研究電子論等，孜孜不倦，并求改造其假定，或增立新說者。考反對假說者之主張：以爲假說果完善而得成立，則由是所得種種之法則，演繹之，當可見其所表現象之真相。試問原子，以太，電子等，得由是證明其實在乎？夫現於吾人感覺之事物，雖森羅萬象，而原子電子不與焉。往時固有稱吾人感覺以外諸現象之實在與否，得由數學的或思辯的方法辨認之；然非從吾人認識之現象以外，求其實在者，究不能斷原子電子爲實在。又如數學的證明，已正確無疑，而由證明以求其對於自然之效

驗者，亦假說也。且數學的形式，非先天的，其分析解釋之途，不限一端。譬如空間，依歐克利特之理解之固可，以他種理論解之亦通。是故對於一假說之果係自然真理否，不能依此而判別。然則莫辨真妄之假說，何以尚列於科學？——凡作此論者，皆謂構成科學者，祇有經驗之事實，故科學上應擯棄假說，而尚積極的立言。亦有論者，謂「能力」之保存變換，乃得自經驗之法則，而非空想；物理學上，應以「能力」為基礎，排斥原子論電子論等假說，方顯物理的科學之真相。然究其根底，則所謂「能力」亦非逕可經驗之事實，而為經驗事實之概念，仍不免隸屬於概括。夫概括，有與自然一致之豫想；而豫想，原係假定以為推論之基礎者，實亦不出假說之範圍。

是故根究實在，則「能力」論，又何嘗脫盡假說之性質？

科學以造現象之概念爲目的，造概念，必藉概括 (Generalization;) 今概括既同時爲假說，是科學固終不能離假說。假說之中，如所謂與自然一致之豫想，在現在學術未經根本改革以前，或將永久繼續爲假說；但如原子電子等說，更有較新之假說成立，亦未可知。當其誘導改革也：必先吾人之思想，定因果之具體的形式；更使充足理由，成立於思考之上。由是以整理對於既知事實之思想，準備未知事實之發見。蓋既作邏輯的經營，並求諸直觀及想像者也。

又由假說之傾向，而所造之論，或作力學的世界觀，或作電磁的世界觀。前者以一切現象，皆歸於運動之現象；後者以現象悉歸於電磁之現象。論其究竟，實與區別物之性質，以長寬爲一類，色，音，臭等爲一類者，相彷彿；至以此中某事項，爲現象之根本或真相，則同陷

於謬誤。惟謂運動之現象，用諸思考，較形簡易，故藉此以助思考，斯爲近矣。蓋科學上之法則，在記載現象，不能指某項較某項爲根本的。近時學者亦覺「以太」之彈性說，若藉以整頓近時發見之事實，殊形困難，遂作電磁論而更立電子說耳。

考假說復與數學解法上之「前提」相彷彿。顧前提所以導解法之探索，至後必證明之。今假說既爲直觀之前提，則所假定者，亦不可不有經驗上之佐證。以是有斥原子電子等說爲不合者。吾人欲論此說之前，宜求吾人思惟之中，果有先天的部分否；倘思惟全由經驗而產生，則原子電子之論，亦爲經驗所產生，卽或不然，亦必爲類推之結果。更自他方推之，則夢幻亦恒浮於思惟，又安知原子電子非若夢幻之無現實，而難確認。然於此認原子電子爲夢幻的者，卽爲思考；思考之可容

許者，在能合思考形式而無矛盾，即應用充足理由之原理。彼就經驗與思考，完全採取經驗說，而以「唯理論」爲獨斷者，亦不能謂爲非獨斷。是故思考之形式，似宜取先天說，而於其內容，則取經驗說。又凡對於原子論，能力論等假說，依從何種，得由思考之原則，任擇簡捷之途徑，固如前述；特構成思考內容之經驗，廣狹原至不一故，藉假說以概括時，對於此項，即極簡捷，用諸他項亦有反甚複雜者。前舉「以太」彈性論，與電磁論之不同，其著例也。

第六章 說明·記載·及構成

安斯坦相對論之一頂點，在反對地動說。顧安氏之說，亦不認天動說；以爲既稱地動，天動，則勢必在自然界求得絕對靜止之對象。

例如以大地爲靜止，則一切行星，必係繞匝地球，循圓道而運行者；此希臘古代之物理

學，所以以圓運動爲完全之運動也。今知地球不特自轉，並作公轉，遂由情性^{亦作慣性}法則，而生牛頓之萬有引力法則。因此依天動說之力學，與依地動說之力學，各有不同之組織。安斯坦之相對原理，則創可以兼容二者之力學。而前言之靜止之對象，不論置於何方，依此力學，均能說明目前之現象；且較牛頓萬有引力之法則，尤爲精細。特學者固多稱揚安斯坦之得此一大轉機，而對於捨却地動說之絕對真理一項，亦頗有心懷躊躇者。是以相對性原理及一般物理學之認識問題，至今仍多議論也。

安斯坦之研究此問題，其根據得自故人麥哈（Ernst Mach）之學說。彼對麥哈之認識論，及感覺分析論，雖未表意見；而對於麥哈稱時間空間爲相對性，與牛頓之說正反者，則完全贊同；以爲天動說與地動說，皆非絕對

的，而爲相對的。麥哈謂當蝶翅栩栩飛舞時，以蝶爲靜止，世界爲舞動，亦何嘗非真理。

倘學者能在蝶翅之上，設機械以考察，或可證蝶爲靜止，而得組織其物理學。至人之以地爲靜止者，或因如是則組織得較爲簡單耳。

願麥更聲明二種物理學之相差，非孰簡孰真之謂，以免因前說而引起訛會。論其學說之根據，則在以相對的經驗爲基礎，而以絕對之認識，爲非科學之問題。若以牛頓之說，將數學的必然假象之實在，容於經驗以外；其組織之中，咸認絕對時間空間之實在性。是故牛頓之說，爲「超實在論」(Transcendental realism;)而麥哈之論，爲「反超實在論」(Anti-transcendental realism,)蓋與孔德(Comte)之「實證哲學」(Positivism,)亞威納留士(Avenarius)之「經驗論」(Empiricism)相類似者也。麥哈分析感覺，爲物理的元素，與心理

的元素，對於二者，無所偏重。且謂由此等元素，組織科學者，當依思考經濟之原則，詳見附錄一之至若所謂思考之必然性，與自然之必然性，無能說明絕對不變之因果關係者。總之，依彼所說：科學非以作絕對的「說明」(Explanation) 爲目的，乃以作相對的「記載」(Record)爲主旨。

康德(J. Kant)對於空間時間，非若牛頓之斷爲實在性，願以思考之形式，爲先於經驗，蓋彼之學說，本倡「超理想論」也。本篇緒言中，亦曾述及。彼以因果亦爲先驗形式之一；並得在自然界探各種之力，以爲原因，而說明現象。更推崇理論物理學，爲唯一之學問，其他若化學，生物學等，則不過記載分類之學耳。孔德(Comte)之反形而上學說，亦認數學的物理學之方法，爲科學上最發達之階級。然化學上之原子論，生物學上之進化論，或就元質之

特性，加以說明，或就生物之生活，加以說明；固已出乎僅限記載之範圍矣。

自孔德之實驗哲學興，小說界亦受其影響，而實驗小說，寫實主義，相繼勃發；由是轉化，更起印象主義，此文藝思潮之傾向也。在自然科學上，思潮之遞嬗，亦有同概焉。茲就最著者言：如麥哈之說，專重記載，可稱模寫主義，其與文義上之寫實主義，固可平行；又凡寫實主義上之矛盾，略加反省，即可辨明，而僅屬記載或模寫者，則不可，以是須加思考經濟的註釋，遂又成一種印象主義矣。又如感覺論 (Sensationalism) 之已被哲學上所厭棄，與情感主義 (Sentimentalism) 之爲文藝上所蔑視，亦遙遙相對。而反乎記載論之說明論，又含有虛幻主義 (Romanticism) 之色彩。數學家紐門 (Karl Neumann) 嘗曰：記載也，說明也，均未能盡科學之能事，惟「構成」 (Kon-

truieren, 按此乃德文，Construction)一語，最形適當焉。在英文爲。夫構成之要素，在合乎條例，然則近時理論物理學之趨向，又得比諸文藝上之象徵主義 (Symbolism) 矣。

因麥哈反對原子論，而想及孔德之「以太」假說，當時學者，皆表反對；然今則麥哈所排斥之力學的原子論，固已無存；而以太假說之反對，亦無以異焉。奧斯德華特 (W. Ostwald) 復倡與麥哈認識論相同之「現象的能力論，」視「力學的能力論」為不完全。而相對性原理，則稱質量與能力，乃宇宙間相同之基本實體 (Entity) 而異名耳。又如空間之觀念：在歐克利特幾何學，為直觀之形式；里孟 (Bernhard Riemann,) 罕爾姆和志，均稱可依經驗習慣，任從「歐克利特幾何，」或「非歐克利特幾何」之一；今安斯坦之相對論，則合於導「非歐克利特幾何」入物理學的經驗之範圍

矣。

綜觀上述，可知科學有「構成」之傾向。其構成之要素，僅在相對中，而非絕對的，即應取「蓋然」「大抵」等語，以爲表示者也。

附 錄 一

理論物理學名著紹介

(一)罕爾姆和志理論物理學講義第一卷

(Hermann von Helmholtz: *Verlesungen über Theoretischen Physik*, 7Bde.,

I. Einleitung zu der Verlesungen.)

是書初刊於一九〇三年。第一卷爲緒言，首述物理學之方法論，後論數學應用之概念。

前半之思想，曾見其所著能力保存之名論中。（刊於一八四九年）當此時代中，受黑智爾（Hegel）唯心論之影響，科學與哲學，正相背馳；罕氏則重振康德（Kant）之說，遂成新康德派之宗。罕氏曾刊布講演集（其一部已有英譯本，名 *Popular Lectures on Scientific Subjects*，凡二卷，係 Ed. Atkinson 所譯。）

是卷所說者，亦嘗散見焉。其中因果論，頗有近乎形而上學處。稱現象之背後，有原因。本編第四章中會述及之並斥科學應排原因觀念之說。又云以原因觀念，為力之觀念之空想的論說，創於法勒第 (M. Faraday,) 法氏固未受有秩序之教育者也。法勒第完全否認遠隔作用，並傳其說於馬克司惠爾 (Maxwell) 及赫爾志 (Hertz,) 亦曾見第四章內罕氏則對於馬氏赫氏等求說明遠隔作用，近接作用而創製模型者，以為無關重要。至於表示現象關係之方程式，應依理論為根據。方程式，所以表示法則之數量的關係。自然之有法則，即因自然之合法性，必可認識因果關係而然耳。對於記載學派之視法則為偶然，見第四章表示反對，而對於基爾好夫 (G. Kirchhoff) 所說「自然科學，以記載現象完全而簡單為主旨，」以為如稱「以法則記載，」則完全贊成。又曰：物質與力，

爲不相離之觀念，離物質則不足以言力，離力亦不足以論物質。尋常以力爲實體；而生理學上，復有生活力等名，以爲無關物質者，皆謬。

是卷後半論數學應用之原理。謂吾人求在現象間除去物體之形狀大小等偶然性，必先分之爲微細之部分，卽探其微分之方程式是。力學之中，先論質點之運動者，其一例也。其次說明互同之概念，並續論無理數，變數，同類，非同類量之結合，單位，有方向之量之和等。

(二)奧斯德華特自然哲學

(Wilhelm Ostwald: Grundriss der Naturphilosophie; 英譯本名: Natural Philosophy 係 Thomas Seltzer譯.)

奧斯德華特，德之物理化學大家也。此書係一九〇一年初刊於來比錫 (Leipzig) 大學。

同時創自然哲學之雜誌。此書論旨，在作能力論的世界觀；蓋曾受茂雅(Julius Robert von Mayer)及麥哈(E. Mach)之影響者。茂雅爲一八四二年創能力不滅說，及頻倡「科學離假說」之人。麥哈則抱經驗主義之物理學家兼心理學家也。奧氏既宗此二人，自奉經驗主義而却假說；顧不認概括爲假說的。又否認能力與物質之二元說，對於一般物理學家，以自然現象，歸諸運動之現象者，亦表反對。更由電磁論而論能力之傳播，與留滯；並謂不依能力之概念，難求物質之定義；蓋奧氏對於能力，取實體概念者也。又同時以能力爲原因之概念，而力斥潛因之觀念。自奧氏之能力論出，曾引起種種方面之論難。波爾志孟(L. Boltzmann)特在維也納大學演述自然哲學，(波氏乃反對能力論而倡分子論者)以評奧氏之說。赫爾志亦攻此論，謂其

以目的觀與未來並論，不能自時間之積分式出發，而自微分式出發。顧麥哈復辯之曰：若未來觀念，完全除去，則微分式亦難成立云。此書對於生活現象，精神現象，亦依能力之說，加以詮釋。

(三)哈德孟近世物理學之世界觀

(Eduard V. Hartmann: Weltanschauung begründt auf Moderne Physik.)

哈德孟 (1842—1906) 在近世哲學史上，與叔本華 (Schopenhauer) 連名之哲學大家也；以倡無意識論有名。顧所治雖傾向形而上學，對於自然科學亦尊重而研究之。此書創刊於一九〇二年，凡分十一章，列論能力，利用能力 (Entropy,) 力學之原則，彈性波動說，電磁說，遠隔作用及近接作用，引力，物質之組成，運動之實體，近世物理學之方法論的根基及認識論的根基等。其時鐳錠雖已發見，

尙未有人注意，故書中對於電子論，亦未論及。至其論運動之實體，則傾向於力心說 (Dynamism.) 又物理學之方法論中，謂概括皆屬假說，與奧斯德華特之說適反。並稱歸納之中，有法則歸納，與原因歸納，假說亦準是而分；即將有限之個個實驗，施以概括，以求所謂實驗的法則者，屬於前種；而現象之說明，則屬於後種。奧斯德華特嘗稱法則與假說之別，乃在法則具可測之量，而假說則否。哈氏對此，亦立一說曰：吾人實際所測者，祇有「長，」面積也，體積也，皆由此演繹而得之；若夫時間，則必在運動相等之物體之經路間，間接測定之；他如溫度，物體之膨脹等，則皆依法則所示測定之量，間接演繹而得，即不能不待助於假說者也。惟假說，更因抽象之程度，而有階級之別耳。

此種對於自然科學研究法之議論，在往時

天文學家罕希爾(John Herschel)所著自然哲學之研究(On the Study of Natural Philosophy, 1830.)及傑豐士(W. S. Jevons)所著科學之原理(The Principle of Science, 1887.)等書中,均已見其端倪。而從來邏輯書中,特設一章,論述此事者,亦頗不少。就中溫德(W. M. Wundt)之論,尤為精詳,特摘記其梗概,以備參考。

溫德為德國來比錫大學哲學教授;曾自名其哲學系統曰「科學的哲學。」所著邏輯書,凡分二卷,上卷為認識論,下卷為方法論。認識論中,如判斷論等,為科學家所宜究;而方法論中,批評數,理,化,以至生物等科學之根本原理,尤為研究者所應注意。溫德嘗著物理學之公理(初刊於一八六六年,再刊於一九一〇年,但再版時改書名曰「物理學之公理的假說。」)一書,其邏輯書中關於物理學之

論，在此已見大概。彼謂科學乃自然之記號的圖形，然察其認識論上之言，則此說亦非唯一之說。因此說屬於觀念論，而溫德之論，包羅至廣，或作批評的觀念論，或為觀念的實在論，他如實在論，唯物論等，亦恒見焉。

溫德所著物理學之公理中。經目下物理學家採為理論上之公理者有六，即：(一)自然界一切原因，為運動的原因，(二)運動的原因，在各運動者之外；(三)一切運動原因，皆聯其原動點與作用點，而作用於直線上；(四)各原因之結果(作用，)皆相繼續；(五)作用各相當於同樣之反作用；(六)作用各等於其原因：是也。當溫德論此六公理時，首先舉亞里士多德以來各種有關之學說，次集種種反說，與本論對照，而結束於實體論的因果律上充足理由之原理。可參閱第四章末數段又溫德稱自然科學上，以實體概念為必要；可參閱(二)(四)二種介紹而精神科學則

在使變更因果律，以增進結果云。

(四) 麥哈認識與錯誤

(Ernst Mach: Erkenntnis und Irrtum.)

此書刊於一九〇五年，係集散見各種雜誌之短篇而成。麥哈著作之有名者，又有研究之心理一種，刊於一八八三年，乃由批評及歷史方面敘述力學原理者。及一八八六年，又著感覺分析論；一八九六年，出通俗講演集一種。(按此有英譯本，名 Popular Scientific Lectures, 係 T. J. Mo Cormach 譯)論者謂麥哈之說，可稱現象的觀念論，蓋以物理學與心理學相混雜者；至其力學史 (亦有英譯本，名 The Science of Mechanics, 亦 T. J. Mo Cormach 所譯。)中，述牛頓第三運動原則之歷史，亦有失實處。因麥哈記赫根士 (Huygens) 之衝突法則，爲牛頓第三法則之應用，然核諸當時英國皇家學會之記錄，則不然，其所記者，係指非

質點，而有大小，之物體之衝突法則也。牛頓之
第三法
則，乃論質點間之
作用及反作用。

是書之因果律章中，稱原因結果，僅爲二種繼續現象之名，無所謂潛在等關係，故論者復評麥哈之說，有似希摩 (D. Hume) 學說之陷入懷疑論。考麥哈之作此說，原在排原因觀念，以申釋記載之必要；前論因果律時，嘗舉推崇記載之學派，按其實際，卽以麥哈爲宗也。麥哈謂自然科學祇有記載，無可稱爲說明者。並稱科學在模寫事實於思考之上，故此所謂事實，實有意識內容或感覺之意。例如：稱「擺」之運動，爲等時的，卽模寫「同一之擺之擺動，不問其振幅之大小，而擺動之時間均等，」之事實，於思考之上者也。然此意識之內容，乃綜合諸種觀察者，僅作模寫，不能得「等時性」之概念。以是必同時行取捨選擇於其中，麥哈特稱之曰「思考經濟之原則。」

意即科學可以節省人之思考，麥哈又謂科學在求
猶機械之可以節省人之勞力。以最經濟的途徑，使知識能自一時代傳至次
時代，或自甲傳至乙。故其材料，僅須有事實
之記載，不必更逾於此。論者因其既稱「僅
事實，」遂有斷其近乎實驗哲學者，然麥哈則
自名已說為物理的現象論。推其特稱「物理
的」之意，又更有所指，請言其故：當麥哈
之說，既漸風行，而種種批評，亦隨之發現，其
評題皆作「麥哈之哲學，」麥氏深憾之，特在認
識與錯誤書中辯之曰：近人作麥哈之哲學論
者頗多，然余非哲學家，乃自然科學家也，無
可稱麥哈之哲學者，忖麥氏之意，蓋尚存十九
世紀初葉哲學家與科學家背馳之念耳。哲
學大家黑智兒曰：科學家與哲學家同接宇宙
之書籍時，即以書籍
喻宇宙者科學家惟知議論其活版如
何排比，印刷如何手續等；而哲學家則求窺得
該書之精神。若牛頓之研究，乃皮相的，機

械的，亦猶閣書而作閱讀者也。觀乎此論，可見當時哲學家意見之一斑，而當時科學家之趨勢，則與此正反。故此際罕爾姆和志所作能力保存之論，亦被普根道夫 (F. C. Poggen-dorff) 斥其論證非科學的而謝絕揭載於其所輯之雜誌。(按普氏與惠台孟 (G. Wiedema-nn) 合輯理化學年報，(Annalen der Physik und Chemie) 爲當時理化雜誌之泰斗。)

英國披耳生 (K. Pearson) 嘗著科學原理 (Grammar of Science,) 其主義與麥哈相同，亦倡類似希摩之因果說。此書凡分二卷，上卷列物理學上之言論，其中詮述力學，物理學之基本概念，物質與運動等，實同乎麥哈之意見。後卷兼論生物學，自統計方面，研究進化論。考統計的研究，自氣體分子運動說，應用公算論而得良果以來，已成重要之問題，而當探求法則之初，尤不能不循此道云，

麥哈之論，曾影響及於奧斯德華特之學說，前曾論及。願麥哈捨實體概念及原因概念，以爲事實惟在感覺；而溫德之意見，則以爲成科學上材料之經驗，皆經思考作用者，此兩說歧異之點也。麥哈更稱原子說爲超乎經驗之假說，宜加排斥；蓋麥之所倡者，爲現象論也。洎乎輓近，說明鐳等現象之最有力者，爲電子論，而電子論亦係原子論之一種，故麥之現象論，至今不能占勝焉。

(五) 馬克司惠爾物質與運動

(J. C. Maxwell: Matter and Motion.)

是書雖祇小冊，而對於根本問題，網羅極富，近時英國哲學家，如華特(J. Ward)等，在自然哲學上論運動者，多藉此書爲贊助。書中大體論牛頓力學之根本概念，以爲絕對空間，絕對時間上絕對之位置，不能識認；而絕對之迴轉，則可認識，其說明慣性之法則

曰：若不言不受他作用之質點，速度不變，而言其速度增加，則其所謂速度，必爲絕對速度。因其如爲關係(相對的)速度，則依其關係之標準，得生增速，或減速或變速之方向等。是故若言速度增加之法則，則不能容絕對靜止，絕對速度，之定義。由是知拒牛頓之惰性法則者，反乎吾人對於空間時間之唯一思想云。馬氏力學上之議論，雖取實在論一流之意見，有似前述；而在一般物理學之理論，則述觀念論一流之意見。其電學上論「物理的力線」之文中，曾記此於篇首；波爾志孟 (L. Boltzmann) 譯此文爲德文時，亦誌此事，並推爲認識論上之卓見。按是書所論，大致與普恩加列在科學與假說書中之論，相符，故雖僅百餘頁之小冊，而所論殊得要領焉。

(六)普恩加列之「科學與假說」及「科學之價值」

普恩加列 (Jules Henri Poincaré: 1854年生, 已歿, 年未詳,) 法之數理大家也。著述頗富, 其最著名者, 爲下列二種:

(甲) 科學與假說 (原名: La Science et l'Hypothèse;

英譯本名: Science and Hypothesis, 係 Geo. B. Halsted 譯;

德譯本名: Wissenschaft und Hypothes 係 L. Lindemann 註釋;

日譯本名: 科學與臆說, 林鶴一博士譯。

此書初刊於一九〇三年, 共分四部, 順次以數及量, 空間, 力, 自然爲表題。茲分舉各部之梗概如下:

「數及量」之部中, 論數學解析論法之性質。

首設「若數學非演繹的, 則如何而可正確嚴密, 使人無餘疑乎? 反之, 設其定理皆合形式的邏輯(即演繹的,) 則數學全體, 不將盡成

重疊繁複乎？三段論法，本不能得新理；祇屬甲爲甲之重疊耳。」之疑問，以明數學上之論法，乃用數學的歸納法，故能獲得新理焉。學者對於普氏之說，或謂由是得明科學之基礎，或謂說近懷疑的，而不合乎科學。

當時物理學家，哲學家，心理學家，數學家等，莫不以此爲聚訟之焦點。夫以一種學說出，而足引起各方不討論，則其說之卓越，亦可想見矣。

是書第二部，論述空間，實最顯普氏學說之特長。其中對於空間，不言「歐克利特幾何學」與「非歐克利特幾何學」之孰近真理，祇言二者之孰爲便利；特稱歐克利特幾何學之表理驗上之物體，既簡單而便利。且謂幾何學之公理，既非先天 *Apriori* 之綜合的判斷，亦非實驗的事實，乃出乎慣例 (*Convention*) 蓋假設之定義也。若問歐克利特幾何學，果係幾何

學之真者否？則與問適當（糝）法爲度量法之真者否？無以異矣。普氏嘗從視覺，觸覺，及運動等方面，論感覺上之空間之表象。並謂歐克利特幾何學上之空間，隨處皆同，無方向之別，而連續至於無限。更舉遠近透視及上下分別之感覺等，與此相異之事，以示歐克利特空間之非先天焉，

第三部：論力學之問題。其中古代力學之批評及能力論二章，乃自批評罕爾志（H. Hertz）力學之論文中摘出。其論質量，謂係圖便利計算而定之係數；而一切力學之原理，實亦定義於慣例。而對於絕對運動（Absolute motion）與相對運動（Relative motion）之論則謂絕對之空間，本無，故絕對之運動，亦無。又書中嘗作譬喻曰：設地球之上。常蔽密雲，不見天日，則所謂地球迴轉之事，亦無由而知。往時富考（Fuault）實驗擺動，苦其說明之複雜，始想

入地球之迴轉，以求說明可簡捷耳。普氏更在此論中稱：「謂地球爲迴轉者，與謂「惟稱地球迴轉，較爲便利」者，其義蓋同；」此與麥哈以天動說與地動說爲具同一之價值者，固相對應。然羅素 (B. Russell) 等則評此章論絕對運動與相對運動，均欠滿足。又如以一切皆歸於慣例 (Convention,) 亦爲傾向形而上學之論者所不許。例如：普氏嘗言力之定義，以知其測之之法爲已足，而所謂運動原因等，皆非必要者；論者遂譏其以此等研究，讓於治形而上學者，亦猶疏忽之轉運商，祇論貨之輕重大小，而以檢察內容之務，讓於稅關之吏員，其欠滿足，固屬相同，顧物理學家，則謂普恩加列之所謂「便利，」與麥哈之所謂「經濟，」復相對應云。

第四部：論自然。其中「物理學上之假說，」及「現今物理學之理論，」二章，係一九〇〇年

在巴里萬國物理學會之演說稿。此外尚有公算(Probability, 或譯「確率,」或作「或是率,」「蓋然率」等.)論, 及其電學光學講義之自序。

是編首述「真理之唯一根源, 在實驗,」然不用概括於實驗之事實, 則科學亦難成立; 而所謂概括, 即假說也。末論吾人所知者, 非物之本體, 乃物與物之關係, 及物與物之異同。吾人對於「物之關係」之知識, 日益增廣, 則科學亦益趨統一之理想而進行矣。

(乙)科學之價值 La Valeur de la Science;

英譯本名: The Value of Science, G.

B. Halsted 譯;

德譯本名: Der Wert der Wissenschaft,

H. Weber 註釋;

日譯本名: 科學之價值, 田邊元博士譯。

此書刊於一九〇五年, 至今已屢經重印。

篇末曾列「科學人造乎」論文, 謂吾人於物, 祇

知其關係。猶諸甲對於紅色之感覺，究屬若何，僅有甲知，乙即無從知之；惟對於紅與黃不同之關係，則甲乙能同知耳。普氏稱吾人對於知識日廣，而能知此類關係日多者，覺有無量愉快；故末舉托爾斯泰「爲科學而科學」之言，以結是書。

此書首述幾何學家與解析家之比較，以前者之主義爲直覺的，後者爲邏輯的，並求實例於現代之數學家中，爲論頗饒興趣。其次有時間之論，謂意識內之時刻，固可區別，而所謂同時刻之事，則不能例經驗上之定義；故末謂力學在自慣例中，求較妥之時間之定義。又次論現今物理學之趨勢，嘗稱一九〇四年在聖路易所講演之電子論，足以搖撼從來物理學上之根本原則，頗多，特稱之曰輓近物理學理論之危機。至於此中所謂根本原則，即質量保存，能力保存，能力衰變，作用反作用

均等，及相對性等原則是也。就中相對性之原則，言：不動之觀察者，所察得物理現象之法則，與同時隨進行運動之觀察者，所察得者，彼此相同；即吾人無法辨別有此運動相隨與否之謂也。以上各原則，皆係物理學理論上之根本原則，其因新事實之發見，而漸生動搖之況，得擇要列述如下：

(一)能力衰變之原則，亦稱愷爾諾之原則 (Carnot's principle, 係一八二四年 N. L. S. Carnot 所創，亦即熱力學之第二原則也,) 即謂熱不能自較冷之物體，移於較暖之物體；簡言之，蓋證自然現象之不可逆 Unreversible 者也。考現象依力學的說明時，乃皆屬可逆；(Reversible) 故愷爾諾原則之力學的說明，為物理學理論上之一大問題。馬克司惠爾謂近時祈勃士(J. W. Gibbs)之統計力學中；雖有若干部分為可逆，然多數相集，則潛雜紛糾

實際上仍不可逆。亦猶一粒大麥，和入一升小麥之中，欲再檢出，即與混入相逆在理論固無不能，而實際上究難實行焉。因此馬克司惠爾嘗假想：倘有一種魔物，能支配微妙之分子運動，（例如可將一粒大麥，立自一升小麥中檢出。）則世界之現象，皆得使之逆行矣。此語固近滑稽，而普恩加列竟稱現象上實見其一部，即分子運動（The Brownian movement）之現象是也。分子運動之現象，為勃朗（Brown）所發見，即用顯微鏡窺一滴水中之微塵時，可見微塵皆運動活潑而紛亂無序，勃氏始以為此係生活現象，後乃確知非生物亦然。物理學家，謂微塵受顯微鏡下反射光線之熱，致溫度分布不勻，遂旋流水中，生此運動。然據古愛所實驗，知不受反射光之影響者，微塵之活動仍烈。古氏之說明，有類氣體分子運動說，謂液體內之原子，亦係運動者。塵在其中，受

原子之衝突，遂亦生動，若塵之大者，因其各方面感受原子衝突之原子數相均，故結果塵仍不動；而塵之小者，則受撞飛躍，不絕活動。

塵生運動，則彼此摩擦，化而爲熱，熱更返化爲運動；由是可知其間之運動，永續而不衰。普氏謂愷爾諾原則，在事實上已瀕於危者，卽指此耳。

(二)相對性之原則，力學上之原則也。依力學所說明，由地球上之現象，固能察知地球之迴轉；(卽富考實驗擺之擺動，而知地球迴轉。)而地球之等速進行運動，不能依地球上之實驗而知。然電磁論中，有云：如受電體起運動，與電流有同作用，則在同號之二受電體間，當有靜電學上「斥力」之作用。今此二受電體，同時隨地球而進行，則二受電體，雖仍定着，而表現並行之電流；夫並行電流之間，固更有安培 (Ampere) 法則所示之「引力。」

是故測二者間「斥力」之減少，因受進行運動中
所生「引力」之影
響而可知地球之進行運動焉。普氏於此，特
更引申之曰：「此蓋與太陽或恆星無關之絕對
速度也。論者或將謂此中所測，非絕對速
度，乃與「以太」相關之速度；然此亦非滿足之
論，因相對性之原則，倘有如是意義，則各種
矛盾之事，將盡可容許，倘有何用於物理學
界？蓋謂一切所測，皆非絕對速度，原甚便
易；故對此速度，即不斷為與「以太」有關，亦
得謂另有未知之空間填充物，與之相關焉。」
此中所論，較諸前書絕對運動章之言，即科學與
假說第三
部所論
者，見前。已顯然不同；使普氏而作此說，亦即所
謂危機也。物理學家如密格爾生 (A. A. Mi
chelson) 莫勒 (E. W. Morley) 萊列 (I. W.
S. Rayleigh,) 等，皆曾施行實驗，以期證明此
說，然其結果，皆為消極的，即依地球上之實
驗，不能認地球之等速進行運動。於是學者

爲調和上述電學上之理論起見，曾作種種之假說，其中最巧妙者，當推洛倫志(H. A. Lorentz)之局部時刻(Eigen Zeit, 英譯作 Proper time, 或譯固有時刻)之概念。局部時刻者，以空間內各部分之時刻，爲各部分所固有之謂也。設甲乙二處，互以光之信號，報告時刻，如能彼此齊一，必更求其光線傳布之時間。卽由甲處在甲處之零時，發信號，乙處於乙處之 t 時，得此信號；由乙處在乙處零時，所發信號，甲處亦同在甲處 t 時，得其信號。凡能如是互通信號，而甲乙兩處之時計，得在同一瞬間，表同一時刻者，惟甲乙兩處，同爲靜止時然。設甲乙兩處之位置，係作關係的移動；譬如甲向乙而進，乙背甲而前；則依前法互通信號時，所經傳達之時間，未必盡同。卽使彼此一致，有如前述，則其時計所示者，亦非全真之時刻，而爲各位置間固有之時刻，其遲

速原非一致也。以前例言，則甲處時計所示時刻常遲。依此局部時刻之概念，凡時刻較遲之處，一切現象，均隨之同遲，故觀測者之時計亦遲，致不能自認其遲。於是對其位置之絕對靜止乎？或運動乎？均無法以知之。然此假說。僅如是推論，猶有未足；更須假定正在運動之物體，於其運動之方向，與其物體之長，有同樣之縮短。其短縮之度，比例於「運動速度與光之速度之比」之自乘積。即比率為地球軌道運動之二億分之一；而地球之直徑，則生六·五生的適當之短縮。又對於重力彈力，作同樣之進行運動者，更加假說曰：此等運動，在某比例間有變化；即對於運動方向成直角之分力，有變化，而平行之分力，無變化云。凡此皆相對性原則在實驗上不可破之理由也。然普恩加列則謂若依前例，先通光之信號，將時計整正，然後另取與光之傳

播速度相異者爲信號，遞相察驗，則依其所得不同之結果，或可明認甲乙兩處共同之進行運動焉。且謂推求如是信號者，亦非盡屬幻想云。近年以來，學者對於電子之構造，或認其有此變形，或不認其有此變形，議論紛紜，各是其是。特將電子說之梗概，摘記如下，以資參考。至於最近物理學之趨勢，以及安斯坦相對論之由來，觀此，亦可得其一斑矣。

一八八一年，英國湯姆生(J. J. Thomson)始論受電體之惰性之量(質量)隨速度而共變。厥後屢續研究者頗多，所得結果亦不一。至一九〇三年，亞勃拉亨(Abraham)著電子之力學之名論，詳述電子之性質，及其與速度(對於「以太」)之關係，並定所謂橫質量(Transverse mass)與縱質量(Longitudinal mass)之別。蓋此時亞勃拉亨所認

之電子，乃屬於剛體 (Rigid body) 之電子也。前述密格爾生 (Michelson) 及莫勒 (Morley) 之實驗，既不論認識物體對於「以太」之速度，乃引起洛倫志 (Lorentz) 之收縮說。以爲球體依運動之方向，變其軸長，而成橢圓體。是故洛倫志所認之電子，則非剛體的電子矣。

考密格爾生及莫勒之實驗，雖得「絕對速度，不可認識，」之消極的結論，而其稱「永久運動不可能」之結論，則給一根本原則於「相對性。」至一九〇五年，遂有安斯坦 (A Einstein) 之論文出。又洛倫志除論前舉之局部時刻外，亦曾想及絕對之時間。安斯坦則認洛倫志公式所示相對的時間及空間以外，無復有絕對者。故安斯坦所認之電子，與洛倫志同，均爲非剛體的電子也。

對於電子形狀，除上述二種學說外，更有勃赫勒爾 (Bucherer) 所倡形狀可變，容積不變，之一種非剛體的電子說。

及一九〇六年，顧夫孟 (W. Kaufmann) 在研究鐳錠之 β 線之電磁屈曲時，特就亞勃拉亨，洛倫志，安斯提說與洛氏同 及勃赫勒爾之三種理論，作決定的實驗。考其結果：則三種理論，大體皆能與實驗一致；惟數值，則依洛氏安氏之理論而計得者，較實驗之結果，差百分之十；而據亞氏勃氏之理論而計得者，均不過差百分之三四。遂謂亞，勃，二氏所論之優劣，雖不能求諸實驗誤差之範圍，而洛安二氏之理論，則似較遜云。是年九月，德國開理醫學家大會時，普能克 (M. Planck) 更變顧夫孟實驗計算之方法，以求此三種理論之計算值與實驗值之相差，知洛安二氏之計算值，與實驗值之相差，較亞氏

計算值與實驗值之相差，爲大；然實驗值與亞氏值之相差，亦較亞氏值與洛氏值之相差，爲大。因此普能克復稱顧夫孟之實驗，亦不得謂爲決定的。然大會席上，顧氏曾申辯曰：理論間之相差，當在實驗的誤差以上。而亞勃拉亨亦仍守電磁的統一觀，駁非剛體的電子說。普能克又稱在一般力學，既認相對論，則電學上亦當如是。以上議論，雖至劇烈，而徹底的相對論，當時竟無一主張者。厥後經安斯坦之繼續研究，始提出可以決定上述諸理論之新實驗法。經勃赫勒爾將此實驗結果，報告於一九〇八年之理醫學家大會，而斷洛安二氏之理論，反較亞勃拉亨之說爲近於實驗。在此大會中，更有明可士幾 (H. Minkowski) 根據安斯坦之理論，演述四元 (Four dimension) 說及時間空間之融合說。由是研究

安氏之論者漸多。及一九一一年，安斯坦之萬有引力論出，亞勃拉亨乃宣言一九〇七年後廣傳於世之相對性原理，當隨之盡廢，彼乃底續研究，力求與此不同之重力論。顧安斯坦却以從來力學上電學上之相對論爲不徹底，更進而求徹底的相對論，特命其名曰一般的相對律 (Die allgemeine relativität, General relativity.) 於是萬有引力論，亦臻完成；至於目下，遂爲全球研究界之焦點，而呈非常之盛況矣。

(三)所謂作用與反作用之均等，即牛頓第三運動律所述者。依洛倫志之理論，則此項原則，已不能成立。而本書所載普氏之論，則謂由電子之移動，而附近「以太，」受其攪亂；此種攪亂，向各方傳播之速，有如光之速度。是時靜止之他電子，亦因其附近「以太」之攪亂，而生動搖。故電子皆互爲作用，且

其作用均非直接，而依「以太」爲媒介。然則此中果有作用反作用均等之原則乎？茲就最淺者言：設觀察者祇知電子之運動，而不知「以太」之變動，則其間之作用反作用，卽令彼此抵消，而各電子相互間之作用及反作用，固非起於同時者。因「以太」內攪亂傳播之速，乃屬有限，故攪亂傳及第二電子時，其原動之第一電子，業已靜止；而第二電子之傳反作用於第一電子，亦必較遲矣。總之：普恩加列，夙以違背牛頓原則之理論，爲可棄，至是，則反由鐳錠放射電子之運動之實驗間，求其確證矣。

(四)質量保存 (Conservation of matter) 之原則，卽物質不滅之原則也。近有倡質量非不滅之論者，遂使科學界生大動搖。蓋據研究真空放電之陰極線，及鐳錠放射線之結果，知電子速度，略近於光，並知質量無常，恒隨

速度而增減。且與運動方向，亦有關係，因物體之速度大者，其使進行曲折之力，與增減進行之力，顯相異之惰性可參觀前舉電子說之首節也。惟陰電子祇有電氣的惰性，陽電子則有力學的質量；故依是而言，質量保存之原則，猶能成立。然曩自相對性之原則成立，知在進行體上之力，苟有變化，則其力學的質量，亦必變化。以是質量保存之原則，亦益臻危殆。

(五)能力保存 (Conservation of energy) 原則即能力不滅之原則之動搖，亦起於鐳錠之研究，因鐳錠常不絕放射其本質，並發散其許多熱量也。或稱因「以太」中有不定住之能力而然者，則過入玄虛，究難成立耳。普氏又謂雷謨珊 (Sir William Ramsay) 等論鐳錠變化之經過，而力求證明鐳錠內所蓄能力，雖為莫大，亦非無盡藏者。然欲證其所生熱量，較見於普通化學變化者，逾數百萬倍，誠非易事；而對於

所謂鐳壽命，有一千二百五十年之說，欲決其確否，尤非經數百年之考察不可。故其間疑問，依然難解。顧近據雷賽福特 (E. Rutherford) 等所研究，則對此現象之知識，較普氏作此言時(一九〇四年,)已大有進步。蓋已得在鐳變化之經過間，區爲數小段，然後就一小段間，以時或分，計其顯著變化之時間也。

普恩加列謂此等根本原則之見動搖，在理論物理學上，已屬第二次之危機。至其第一次危機，恰在此等原則起而攻擊其以前之理論時。茲亦略述其梗概如後：

考數理物理學之原始，乃起於牛頓之萬有引力說；即以中心力之概念，爲說明各種現象之基礎者是也。拉普拉士之天體力學見第四卷中謂分子現象之理論，與天體運動之理論，在數學上乃出一轍者。而電磁學上之可倫法則 (Columbus' law,) 亦與牛頓之法則，完全吻合。

故此等法則俱可合諸位置 (Potential) 函數之理論。論當時之根本思想，咸信目前之複雜現象，既經解決，必可得類乎天體力學之簡明者；並信物理法則，必內部齊一，靜而不變。

蓋其視此，猶一模型，而使自然範於其間。厥後學者，對此中心力之概念，漸減不滿，遂顯所謂第一之危機。即以物理法則，為表示連續時間經過中之尋常關係者。約言之：即以此為普遍之原則，猶一微分方程式。前述關於能力，質量諸原則，蓋肇於此。今也，是等原則，既皆生破綻，則將來之物理學理論，將作何趨勢乎？據普氏之意見：謂氣體分子運動之方法，係與未來有至大之關係。所謂分子運動說之方法，即統計的方法，其基礎在原子之觀念，與公算之理論；是以可補能力分析之欠精密，矯原子論綜合之太艱澁云。

夫思想既如是變化，則前代理論，果完全廢

棄乎？此實科學之價值中之主要問題也。據普恩加列之論，凡既經破壞之舊理論，必不盡爲新說所逐而無痕跡，在次代之理論中，當猶見其形影。蓋理論之改造，不若街市之改造，悉毀舊屋，重建新宅，而曩之規模，完全無存者；實猶動物之進化變蛻，隨處皆印其痕跡。例如：根據中心力觀念之理論，雖爲能力保存，質量保存，作用反作用均等，諸原則所破壞，然在此等原則中，仍存其色彩。故次代之理論，乃導其觀念，更入精密者。卽該種觀念，原有狹隘而帶假想之缺點，今則代以更形普遍之觀念；特仍以舊觀念爲經驗的事實，而存其輪廓於新說。律諸輓近物理學理論之變遷，亦皆然也。

以上所述，僅舉其主要者，此外如史泰洛 (J. B. Stallo, 曾著近世物理學之概念 (The Concepts and Theories of Modern Physics))

華特(J. Ward, 曾著自然主義及不可知主義 [Naturalism and Agnosticism.]) 等有名科學家及哲學家，皆有討論物理學根本原理之著作。又如最近來華之羅素(B. Russell,) 亦每由自然哲學上論科學之究竟，其在華之演說，如物的分析，心的分析等，皆大可供我人研究之參考，茲以此等演說，見於國內書報者，已頗不少，不再摘錄，以節篇幅。

附 錄 二

研究安斯坦相對論之參考書目

安斯坦之發表相對性原理，在1905年，其論文中述時間空間之相對性，即今之所謂“特殊相對律”(Special relativity)是也。嗣更發表能力惰性與質量相等之論。1907年，又作概括的報告，厥後專究“量子論”者，凡數年。至1911年，復論相對律，其重力之研究，尤引學界之注意。比1913以後，遂由特殊相對律，而進於一般的相對律(General relativity)，空間時間之論，既煥然一新，並改革牛頓萬有引力之法則。泊乎1916年，大功乃稱告成。

考此理之實驗的證明，原思待驗於1915年俄德交界處之日蝕，惜爲歐戰所阻，致不果行。迨1919年五月，英國天文學家，特組織日蝕觀

測隊，分赴南美巴西國北部沙勃拉爾 (Sobral) 地方及非洲西部之白林西普 (Principe) 島二處，實行觀測，是年十一月，發表其結果於倫敦。安斯坦之豫言，竟得由是而證明，而科學革命之聲，乃喧傳全球矣。

二三年來，關於安斯坦相對論之論著，發表極多。且每一書出，無不紙貴一時，研究之盛，已可想見。惜乎其論繁賾玄邃，不易了解，安氏特更撰通俗易解之書，顏曰“相對論談”，期易宣傳，是書已有美，法，日等譯本，茲將各書之名稱列下：

原本名：Ueber die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, gemeinverständlich.

英譯本名：Relativity: the Special and General Theory, 譯者：R. W. Lawson.

法“”“”：La Théorie de la relativité, Re-

streinte et généralise.

譯者：M. J. Rouviere.

日 ,, ,, : 相對性原理講話. 桑木博士, 池田學士合譯.

是書共分三卷,更有附錄及補遺,第一卷論特殊相對律,計十七章,列述舊力學上之空間時間, 加里利之坐標系,狹義的相對律,舊力學上速度加法之定理,光之傳播律與相對律,物理學上時之概念,同時刻之相對性,空間的距離概念之相對性, 洛倫志之變換 (Lorentz transformation),相對律之試驗的價值,相對論之普遍約結果,特殊相對律與經驗, 明可士幾之四次元空間,等.第二卷論一般相對律,凡十二章,列述釋義,重力場,慣性及重之質量之相等,舊力學及特殊相對律之根基,由一般相對律而得之結論, 歐克利特及非歐克利特之連續, 蓋士 (Gauss) 之坐標,特殊相對律之空

間時間的連續爲歐克利特連續，一般相對律之時空的連續決非歐克利特連續，相對律之精密形式的表示，重力問題之解法等。第三卷論關於世界之觀，共分三章。是書雖僅百餘頁之小冊，而所論已盡得相對論之要領。願欲作專門的研究者，必更求專門之著作耳。

茲將關於相對論之重要著作，分列如下，以便選擇：

(甲) 德文本 (已見上述者不列)：

Adler, Frdr.,—Ortszeit, Systemzeit, Zonenzeit
u. d. ausgezeichnete Bezugssystem der
Elektrodynamik.

Barnewitz, F. A.,—Einsteins Relativitätstheorie.

Beer, Fritz,—Die Einsteinsche Relativitätstheorie u. ihr historisches Fundament.

Bloch, Werner,—Einführung in die Relativitätstheorie,

-
- Born, Max,—Der Aufbau der Materie.
- Born, Max,—Die Relativitätstheorie Einsteins
und ihre physikal. Grundlagen.
- Brill, A. v.,—Das Relativitätsprinzip. Eine
Einführung in die Theorie.
- Cassirer, Ernst,—Zur Einsteinschen Relativ-
itätstheorie.
- Christiansen, Hans,—Absolut und relativ!
- Cohn, Emil,—Physikalisches über Raum und
Zeit.
- Dingler, Hugo,—Kritische Bemerkungen zu
den Grundlagen der Relativitätstheorie.
- Ehrenfest, P.,—Zur Krise der Lichtäther-
Hypothese.
- Einstein, A.,—Äther und Relativitätstheorie.
- Einstein, A.,—Die Grundlage der allgemeine
Relativitätstheorie.
- Engelhardt, Victor,—Einführung in die Re-
lativitätstheorie.

- Freundlich, E.,—Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie.
- Fricke, H.,—Die Neue Erklärung der Schwerkraft.
- Fricke, H.,—Der Fehler in Einsteins Relativitätstheorie.
- Friedrichs, G.,—Die falsche Relativität Einsteins und die Relativität der Sinne.
- Gartelmann, H.,—Zur Relativitätslehre.
- Gehreke, E.,—Die Relativitätstheorie, eine wissenschaftl.
- Gilbert, Leo.,—Das Relativitätsprinzip, die jüngste Modenarrheit der Wissenschaft.
- Hasse, M. A.,—Einsteins Relativitätslehre.
- Hufnagel, Leo.,—Die Bahn d. groben Septemberekometen 1882 II Mit Zugrundelegung d. Einsteinschen Gravitationstheorie.
- Isenkrahe, C.,—Zur Elementaranalyse der Relativitätstheorie.

Kirchberger, Paul,—Was kann man ohne
Mathematik von der Relativitätstheorie
verstehen?

Kopff, A.,—Die Einsteinsche Relativitätstheorie.

Kopff, A.,—Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie.

Lämmel, Rudolf,—Wege zur Relativitätstheorie.

Lämmel, Rudolf,—Die Grundlagen der Relativitätstheorie.

Laue, Max,—Die Relativitätstheorie. I Bd.
Das Relativitätsprinzip d. Lorentz-Transformation.

Lenard, P.,—Über Relativitätsprinzip,
Ather, Gravitation. Neue, Verm,
Ausc.

Lorentz, H.A., A. Einstein, H. Minkowski,
—Das Relativitätsprinzip.

Lummer, Otto,—Wahrheit und Dichtung in
der Physik.

Mach, Ernst,—Die Mechanik in ihrer En-
twicklung, historischkritisch dargest.

Moszkowski, A.,—Einstein.

Palagyi, M.,—Die Relativitätstheorie in der
Physik.

Patschke, A.,—Umsturz der Einsteinschen
Relativitätstheorie.

Petzoldt, J.,—Die Stellung der Relativität-
stheorie in der geistigen Entwicklung
Menschheit.

Pflüger, A.,—Das Einsteinsche Relativitäts-
prinzip, gemeinverständlich-dargestellt.

Planck, M.,—Acht Vorlesungen über Theor-
etische Physik.

Reiche, Fritz,—Die Quantentheorie.

Reichenbach, Hans,—Relativitätstheorie u.
Erkenntnis a priori.

-
- Rülf, B.,—Die Relativitätstheorie von Einstein u. die Grundlagen der Mechanik.
- Schimank, H.,—Gespräch über die Einsteinsche Theorie.
- Schlesinger, Raum,—Zeit u. Relativitätstheorie.
- Schlick, M.,—Raum und Zeit in der gegenwertigen Physik.
- Schmidt, Harry,—Das Weltbild der Relativitätstheorie.
- Schneider, Ise,—Das Raume-Zeit-Problem bei Kant und Einstein.
- Schwinge, O.,—Eine Lücke in der Terminologie der Einsteinschen Relativitätslehre.
- Siebert, O.,—Albert Einsteins Relativitätstheorie und ihre kosmolog.
- Weinstein, M. B.,—Die Physik der bewegten Materie und die Relativitätstheorie.

Wien W.,—Vorlesungen über Neuere Probleme der Theoretischen Physik

Weyl, H.,—Raum, Zeit, Materie.

Wulf, T.,—Einsteins Relativitätstheorie.

(乙) 英文本：(已見前者，不更錄)

安斯坦發表“相對原理”之論文，見物理學年報 (Annalen der Physik, Leipzig.) 第十七卷 (1905) 第 132 頁，第四十九卷 (1916) 769 頁，及第十五卷 (1918) 241 頁。

Alexander, S.,—Space, Time and Deity. 2 vols. 1920.

Bird, J. M.,—Einstein's Theories of Relativity and Gravitation. 1921.

Brose, H. L.,—The Theory of Relativity. '20.

Carmichael, R. D.,—The Theory of Relativity. '20.

Carr, H. W.,—The General Principles of

- Relativity in its Philosophical and Historical Aspects. '20.
- Carus, P.,—The Principles of Relativity in the Light of the Philosophy of Science. 1913.
- Conway, A. W.,—Relativity. 1915.
- Cunningham, E.,—The Principles of Relativity. 1914.
- Cunningham, E.,—Relativity and the Electron-theory and Gravitation. 1921.
- Eddington, A. S.,—Report on the Relativity Theory of Gravitation. 1920.
- Eddington, A. S.,—Space, Time and Gravitation. 1921.
- Einstein, A.,—The Foundation of Einstein's Theory of Gravitation. Translation by Henry L. Brose. 1920.
- Einstein, and Moskowski, H.,—The Principles of Relativity. Tr. by M. N. Saha and S. N. Brose. '20.

Harrow,—From Newton to Einstein. Changing Conception of the Universe. '20.

(此書已有日譯本)

Lorentz, H. A.,—Einstein Theory of Relativity. A Concise Statement. '20.

Manning,—Fourth Dimension, Simply Explained. '21.

Moskowski, A.,—Einstein, the Searcher and His Work explained from Dialogue with Einstein. Tr. by H. L. Brose. '21.

Robb, A. A.,—The Absolute Relation of Time and Space. '20.

Robb, A. A.,—A Theory of Time and Space. '14.

Sampson, R. S.,—On Gravitation of Relativity. '20.

Schlick, M.,—Space and Time in Contemporary Physics. '20.

Schmidt, H.—Relativity and the Universe.

Tr. by K. Wickman.

Silberstein, L.,—The Theory of Relativity.

1914.

Slossen, E. E.,—Easy Lessons in Einstein.

1921.

Thiring, J. H.,—Idea of Einstein Theory.

Tolman, R. C.,—The Theory of Relativity of Motion. 1917.

此外雜誌 Nature 中，常刊此項論著。

(丙) 法文本：(已見前者，亦不錄)

Fabre, L.,—Les Théories d'Einsteins.

Einstein, A.,—L'Éther et de la Théorie de la relativité. Trad. Fr. par M. Solovine.

1921.



自學
輔導
化學
實驗
法

蔡松筠編
一冊
八角



化學實驗書多矣，求其適合初學之自動者
 則少。編者有鑒於此，特著是書，本其多年之
 經驗，就方法、手續、器具、藥品等，一一詳
 細說明，丁寧懇切，並及其可供參攷之事項，
 俾學者知所應用，以解決日常種種問題。手此
 一編，可保證：(一)方法周至，(二)手續井然
 ，(三)不致損傷器具，(四)不致浪費藥品，
 (五)不致發生危險，(六)不致半途失敗，(七)
 可得圓滿結果，(八)增進研究興味。

★ 中華書局發行 ★

中華書局發行

數學辭典

全書五百餘頁

布面精裝一冊 定價三元

本書為北京師大數理學會倪德基鄧祿琦編輯要目如下

- | | |
|--------------|-------------|
| (1) 辭典 | (5) 數學用諸表 |
| (2) 英漢名詞對照 | (6) 度量衡及貨幣表 |
| (3) 數學用略字及符號 | (7) 外國數學家事略 |
| (4) 定理及公式 | (8) 本國數學家事略 |

博物詞典

理化詞典

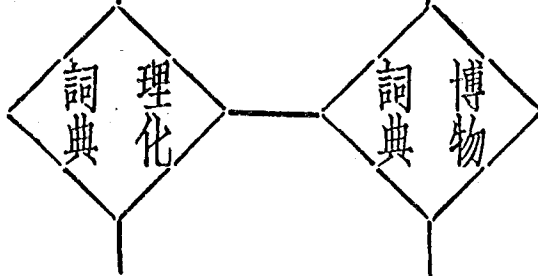
中外地名詞典

精裝一冊
三元

精裝一冊
一元八角

精裝一冊
二元五角

自然科學詞典



升鼎符 璜映陳
 芳世彭 奎之楊
 編烈王 才英陳
 角八元一冊一面布

本書凡理化上名詞術語
 計算法實驗式原子價分
 子量等之測定法均示以
 實例附以圖表並有英文
 名稱譯名極便檢查

烈王芳世彭
 編璜映陳
 裝精面布
 元三冊一

本書凡植物學動物學礦
 物學生理學各科名詞無
 不搜羅完備解釋詳明並
 附有學名中西對照表檢
 查極便

中華書局發行

◀ 少年中國學會叢書 ▶

古生物學通論 楊鍾健著 一冊 六角

著者留學德國，專攻地質學有年。本書乃其研究心得之一，泛論古生物之生成、保存及研究方法與目的等，極爲精要。可作常讀，可作入門書讀，與周太玄君所譯之古動物學相爲發明。

生物學綱要 周太玄譯 一冊 七角

本書譯自法國葛爾曼 (Mollana) 原著。內容分爲四部：(1) 論生物學與其部分，(2) 論生物學中的各派主要觀念，(3) 論個性的有機體，(4) 論進化。其下文分若干章，於生物學中應有之各種問題，提要鉤玄，指示人以明確之觀念。採作學校生物學教本，最稱適當。

古動物學

周太玄 一冊八角

全書分五部，說明動物世界依進化律次第演進之事實，及有史以前人類之工藝、美術、風俗、形貌等。插圖豐富，敘述精當，斯學之津梁也。

中華書局發行

民國十一年十月四日
民國十七年十月四日
印刷發行



科學小物理學之研究(全一冊)

△

定價銀四角

編譯者 費 祥

發行者 中華書局

印刷者 中華書局

印刷所 中華書局
上海靜安寺路二七七號

總發行所 上海棋盤街 中華書局

分發行所 中華書局

北京 天津 保定 石家莊 張家口 濟南
東昌 煙台 太原 開封 鄭州 西安 南京
徐州 杭州 安慶 蕪湖 南昌 九江 漢口
武昌 沙市 長沙 衡州 常德 成都 重慶
福州 廈門 廣州 汕頭 雲南
奉天 吉林 長春 新加坡

〇二八二〇

