

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

十九世紀歐洲思想史

(四)

木爾茲著

伍光建譯

商務印書館發行

史想思洲歐紀世九十

(四)

著茲爾木

譯建光伍

著名界世譯漢

第六章 以力學觀研究自然

一、古代哲學
對於動之
意想

古代哲學家，最好主持凡物無不動之意想，以爲自然中，無所謂靜，而尤以生命感覺爲最著，無不由於動，有各種極細微之動以爲傳遞交換，然後能有生命，能有感覺。古希臘哲學家赫拉頤利圖斯，爲發起人之外界與內界永遠流動學說之祖。「原註」策勒 (Zeller) 之「古希臘哲學論」第一冊，謂赫拉頤利圖斯（紀元前五百年間人）學說，與畢達哥拉斯派學說相反。此派以爲萬物，一致，無滋多，無改變。赫拉頤利圖斯，只從柏拉圖及亞里斯多德之著作窺見之，關於赫拉頤利圖斯之哲學學者，皆引歌德之詩以發明之。策勒之著作，頗詳論之。普夫來得勒所著之「赫拉頤利圖斯哲學」一八八六年柏林版。於是發生兩個問題，頗爲古時思想家所研究：第一問題，爲如何解說吾人所眼見之多數物之不動，及其永不改變之性質，及其情狀；第二問題，則與人道極有關係，即謂人之感覺及意思，常常改變，其中究竟有無永不改變者存在；第三問題，即是蘇格拉底、柏

伊圖、亞里斯多德所研究之主要問題。研究第一問題，爲自然哲學問題，古代則有

伊壁鳩魯、琉克理細阿、爲研究此問題者之大代表。琉克理細阿著爲長詩，其第二

卷中曾解說吾人眼見之所謂靜，設爲比喻，謂如羊羣跳舞於青山之麓，自遠觀之，

不過一白點而已。如此之哲學推闡，常識以爲靜者，彼則知其爲動，常識以爲萬物

之永不改變之性質，彼則從理想上知爲內中有極複繁而爲吾人所不能覺之變

動。近代之科學思想家，更有此種理想趨勢。作者今將以力學觀詳論諸家此種學

說，使此種理想得有較爲顯露之發明。（原註）較爲顯露之發明，原爲算學問

以替有並世之歐幾里得之一部分之幾何，知當可以發明其力學之原因，當此則難牛

頓，所欲知之而未也。利奧那圖，得芬奇（Leonardo da Vinci）所撰之「琉克理細阿二

維九一年間。原人學。警史云：「科學之不用版，算學者，則不能有一頁準。來（布尼拉

算一六九三年，曾致書其友人，「其從前所撰之「哲學物理學」第一冊，第四一

五頁中，似此處所用之「力學」三字，其「動學」（Kinetic）名詞，指力學之見于科

明，其言曰：「注意者，也。」（吾人安氏所撰，其科學哲學自一本體，而四所版）器者，在

英文課本中，以致動之由，此則採用湯姆孫，退特之界，專論物動之幾何一性質，而不及所以，以 Kinematics (動學) 稱力學中之一支派，設見其所撰之何一性質，然論者，則稱爲 dynamics (動靜力學)。英國科學大家湯姆孫，退特，馬克斯維耳，頗爲牛頓，蘭格倫日，安培，及書中所用名詞。故 kinetic 名詞，頗能改良英國，國對於此各種科學之思想，及書中所用名詞。故 kinetic 名詞，頗能頗爲兩國所承用之，作用。科學家往往以此學說反對原子學說，近來有撰自前代至牛頓時期之自然哲學史者，即從此方面立論。著作，「自中古至牛頓時期

原子學說史一而言，一八九〇。若無物不動，則必有其致動者，此致動者爲何物年來比錫及漢堡版，二册。若無物不動，則必有其致動者，此致動者爲何物

乎？伊壁鳩魯在其長詩中所發之理想，實寫物性之意多，而研究萬物之動狀少。古今來哲學家，以原子學說及物動學說研究哲學者，居多以力學觀爲半途歇足之地；然而歇息未久，因研究物性，又不能不爲更進一步之研究，欲以心目中之顯微鏡爲解剖，以窺探物性之內幕。第十九世紀有兩種極能啓悟人，極有益於科學之思想：第一，以極速之遷動，解說氣體之壓力；第二，以極速之旋轉，解說物質之堅實性。今世之學者尙未窮第二說之究竟，此則爲後世科學家之功業。

二、笛卡兒之
發展力學

今日學者觀之，自以力學說為極有用，極能啓悟心思，然而自古代以迄於笛卡兒時期，哲學家並未謂有此學說之益。此學說必需有確切之量度計算，然後能有所發展，與吸力學說，原子學說同。力學說之能有科學的發展，則自牛頓之在其所著之算理第一卷發明動例始。惟發明者雖為牛頓，而發展者則有他人；牛頓雖有透露一線曙光，使後人窺見有無限之研究，其所發明之吸力例，亦不過半路歇足之地而已，不過為一種暫時應用之思想根基，可以用以解決若干種問題而已。其所發明之吸力例，直接所發生之潛力，頗有礙於力學觀；力學觀原屬於笛卡兒學派，有海亘史，及並世之人，及與笛卡兒相匹敵之人以發明之。（原註）據拉士維茲之歷史，史克（一六三五年至一七〇三年間人）可借其當時只製為一略，假使其再為進一說，步

史克（一六三五年至一七〇三年間人）可借其當時只製為一略，假使其再為進一說，步

為之研究，當有能及久遠之重要效果。因假使其取徑于海亘史，而力學家原入理于，故而途並，雖有廓清多種無用之學說，即謂拋棄虎克之說，而較為有用之啓發思想，克顯著者，即見物于其擺動（浪動）之彈性物是也。此說見于一六七八年倫敦，其最

海戶史及
牛頓第十
與于第十
九世紀復
及夫業楊

頓所發表者，即所謂天學觀，自此說一行，而力學觀遂為所掩，雖有發端，而多年不得發展，然而天學觀則有建築物物理的天學之功。

力學觀之初發起時，散漫無歸，及海巨史，歐拉，(原註一七八三年間人)一七〇七年

今之大算學家，其所撰著，以關於純粹科學及實用物理學之真學，有極多之對先發明，以供後世之研究。以當時大陸所發明之物理學而論，歐拉為首。牛頓哲學者，反對牛頓之歐拉亦反對笛卡兒及海巨史兩子之主見，以太學于一七四五年，嘗發明牛頓之歐拉亦反對笛卡兒及海巨史兩子之主見，以太學已所主持之有用學說，雖不認為發起之先，而人歐拉則絕不提及海巨史。海巨史所發起之有用學說，頗不認為發起之先，而人歐拉則絕不提及海巨史。力學觀各種變象，而並持之，附和其說者，不在於說物，欲以此發明何等潛力。磁其力，人吸柏勞利。達尼爾之，敘寫以太聖彼得，如社耳步雷(Cerbanus)。是以近代外國科學家學說。然而歐拉之，敘寫以太聖彼得，如社耳步雷(Cerbanus)。是以近代外國科學家之，頗有重新研究歐拉。以見聖彼得，如社耳步雷(Cerbanus)。是以近代外國科學家二冊論第一三三八七二(年)版，易洛拉在數一雜誌第一二一六八(年)論及第一算學社耳步雷第六頁說，何以當時並無附和其說人論，其一八四九(年)社氏著作。其中學社耳步雷第六頁說，何以當時並無附和其說人論，其一八四九(年)社氏著作。四十九頁，正編：動學說者盛行之日。史及其歐拉兩家之研究，之比，海巨史更十八世紀

有。而歐拉則拋棄海巨史創立之極有用之演說，而無益。因是而歐拉不使光學說，立之無說。何效果。作者以為歐拉對於此學說，有演說而無益。因是而歐拉不使光學說，立之無說。多附合之人。其在英國，一科學家雖知有此學說，而大抵皆不以為然。普利斯特利所撰之「光學史」，一七七二年，則頗有詳論。安爵士對於絕少人過問，而揚則嘗為極不公道極淺無識之攻擊，謂海歐拉之自然哲學，子絕少人過問，而揚則嘗為極不公道極淺無識之攻擊，謂海歐拉之干提頓，「明知各克所監刊，與虎克及海巨史之學說相同，而採用牛頓極之恭維歐拉為算學大家之學說，對於「見一動一自然哲學演說」，第一冊無證明明之增十頁，而反有損于其力持之，學說「對於「見一動一自然哲學演說」，第一冊無證明明之增十頁，大部分，雖有維得特者，誤，歐拉甚詳，其言曰：「歐拉對於當時已知現象之然，蓋彼曾明晰解釋光的波面，乃係循環的，一如聲音之顫動然，而彩色之差之原由，亦與全體之波面，乃係循環的，一如聲音之顫動然，而彩色第一冊第十有所研究，收多少效果；至第十九世紀之初年，則有拉姆福德及楊氏；其後夫累涅爾出，組合諸家散漫無歸之理想，以成爲不相矛盾之物理學說。故世人稱夫累涅爾爲光學之牛頓。夫累涅爾不獨以發明光浪學說，使立於堅固基礎而享大名，且能啓發自然哲學家對於整齊之擺動，及有週期之變象，加以最充分之研究。此君與牛頓相同，對於其所發明之學說，有極透徹之瞻測、量度、計算，兼有

善算及善於試驗之才。夫累涅爾著作中，卻並無有如牛頓之主要公式，如吸力公式；而其功則在採輯組合諸家學說，以成立爲一種可以通行不相矛盾之學說，改良修正諸家學說，或以邏輯法而推極其究竟。因是能發見在光學中無人瞻察及無人能解說之各種變象。欲知力學說之所以能使物理學家深信者，應略爲敘明夫累涅爾所融會採輯之諸家理想。

在第十九世紀之初年，自然哲學家，原有一種意想，以光爲某種物之行動。此種意想之發起，遠在第十七世紀，其時勒麥 (Römer) 有數月隨行歲星（即木星）其二變，一六一〇年，伽利略製成遠鏡，首先發見者是也。木星之月，地位常改變，而改變又極速，又常有月蝕。科學家以爲最宜于用以航海求經度，常故常爲詳細精密之瞻測。勒麥週期改變，知是地球之行動，測有向歲星與年，瞻得最近之月，其掩蝕之週期改變，在巴黎即常事瞻測。于一六七五年，離歲星之別，故週期有改變之。倘若光之行動需時，則掩蝕之時，有遲早之別。此即爲將來求光行速率之底數。伽利略之試驗，無實在之可遲早之則勒麥之解說及計算。

以歲星之月蝕後時，惟得光行需時，有卜拉德賚以證明之。「原註」卜拉德賚發明卜拉

六、兩說皆主行動皆力學觀

七、擺動學說有聲學先為之所

物名爲以太，所謂光者，卽以太之有週期之擺動。此兩說，皆力學學說也，皆需分析其動以發展之。兩說皆不過意想，必要化爲公式。自然科學中，亦有與此相類之學說。其時已有相類之質點學說，以解說熱學、電學、磁學之變象。在其對方，則有極爲發達之聲學學說，以試驗及算學，研究絃線、薄片、風琴、及他種樂器之聲浪，成效最著。研究樂器聲浪之學，稱爲聲學，最爲發達，爲物理學之有最堅固根柢，亞於物理天學。科學家從古人原有之粗淺幼稚試驗而推廣之，因是知聲音之發起，由於物之受激動，而發爲浪動，證以試驗，而立最完全之學說，其初亦不過由常識及平日之閱歷，而啓發此種研究及解說。（原註）在物理學中，只有聲學是如知之。休厄爾引天文學及光學，以與聲學反觀，其實，又可以引力學，因伽利略之物質頑固性之說，正與常識相反也。關於聲學，休厄爾有言曰：「見伽利略第二冊第二三七頁」：「吸力通例及光滲學說，皆有多數之步驟，由於物或空氣最後之大揭露。聲學則不然，先以學者所公認之聲音之發起，由於物或空氣最之顫動成浪之事實，以爲根基，然後附合于其他實理，如動例，及物質之有彈性等類，于是學說以成。其中無所謂分期之揭露，只有問題之解決。」

其他科學並無有如聲學之易入正軌，易就範圍者。天學光學，亦何嘗無常識

啓悟，不過此項常識，以為地是靜而不動，以為光是質點，有直行之動路，以量度及測算，亦何嘗不得有若干知識。然而非有意想之創造，以代膚淺之學說，推倒常識之臆度，決不能有天學光學之真理解。其在天學，則有哥白尼一蹴而幾；其在光學，則進步甚慢，從幾許審慎遲疑，始成立學說。古代哲學家，已知有光線返射例，至十七世紀，則知有折射例，於是光線之直行，及光錐之遇平面鏡、或曲面鏡、及透光物而返射或折射之理，自然易於湊合。從前有返射光學、折射光學，以製造遠鏡顯微鏡，既有其實用，又如是之完全，似乎無再創新學說之必要。（原註：在幾何光學一

學說，欲從幾何圖形，以演繹術不可以伸光之性質動。若以天象而論，無所用幾何及數，種物理的性質，亦何嘗不可以吸力的行動。公式而求得之，無所用幾何研究吸力之性，此與光學無異。哈密爾頓爵士，即有此種意思。函數（此君子一得此函數，則所有光學問題，毋論其用一質點學說，或光滲學說，皆可以後用一法而盡解，決之一見退特所著一光學一第二版說，第一六一〇頁說）皆可以因光滲學說，及以太擺動之意想學，有脫離物理學（詳見下文）以幾何圖式，何算式，處置折光變象，將動之願光學，有脫離物理學（詳見下文）以幾何圖式，何解說單為軸解說，之則正此與兩哈密爾頓，教之頗合于函數。相對于雙軸為教課，及實用起見，則

八、牛頓之放
射學說

，則用純粹幾何法以表示，而。夫勒拆(Neuberg)所著之一光學一，疑之。曾用發明以幾何術作光線，易。于製淚面，因製淚面要用令人可，疑之。曾用發明以幾何術作光線，易。于製淚面，因製淚面要用令人可，疑之。曾用發明以幾何術作光線，易。于製淚面，因製淚面要用令人可，疑之。

，並謂「只用單簡的改變」(貫通第十，八頁)。引夫勒拆先從，不必提及，以太一個結構。及透光之用物理的改變(貫通第十，八頁)。引夫勒拆先從，不必提及，以太一個結構。及透光之用物理的改變(貫通第十，八頁)。引夫勒拆先從，不必提及，以太一個結構。及透光之用物理的改變(貫通第十，八頁)。

，果由。其時並未見何法，涅爾會海巨史之製圖也。其後始知夫累涅爾之得便面，引以伸淚面特。見維得特所監刊之「夫累涅爾著作」(一八六八年)。幾何上方基法，研究光學之不足，以解說「光器」之變象，一八九三年版，第二頁。況且此學說，歷久

尚不能解說光線所行爲直路，而有極分明之影以隨之。與此反對之學說，即光浪學說，謂光與聲同，皆生於顫動，則不能解說界限分明之影。光學之兩學說，皆爲牛頓所熟知，於是捨光浪說，而取質點說。以牛頓之名聲而主持其說，於是有人謂只此一端，足以使光浪學說受多年之埋沒。殊不知牛頓本人，原以質點說爲不足盡恃，不能不有所修正其學說，因而變爲繁複，提倡一種見解，謂光線有勻整週期之變動，此種變動，可得而量度計算之。牛頓之所以修正其單簡學說，謂爲繁複者，因

九、
牛頓亦提
倡其他學
說

得有名傳不朽之研究所揭露之牛頓色光環也。現在事隔二百年，今日學者讀牛

頓當日對於光學之種種理想（牛頓對於吸力學說，則著有賅括之書，而對於光

學者無之。）〔原註〕牛頓對於吸力學說，及光學學說，其意不過創設一種初級公式，以作試驗及計算之基礎，後來之理想，則大多數載

于其所著之一「光學」之設問中，隨後再版，亦有陸續增加。曾謂「並不以吸力為物性」。對吸力之理由，作為設問，並聲明「因無試驗，並不滿意

年（見一七一七）再版告白。當知牛頓念念不忘於光之兩種特別變象，其一即光行直路，其

二即有週期律，此則由其本人之極精細試驗而發見者。兩學說之何去何從，則視

對於此兩種之行動之以試驗及推算而得之知識之深淺以為定；所謂兩種行動，

其一即小點受相持之各力而發生之直線動，其一則較為繁複之波浪及顫抖，或

搖擺所有之有週期之動。第一種行動，自是較易研究，與其他科學，有較為親切之

關係，自然是首先研究；第二種行動，則因算學之故，自然研究在後。第一說則有物

理瞻察家之靈巧，以增進其地步；第二說則必得算學之闡理，以創造有定準之試

驗，然後能成立，此則非純粹瞻察所能啓發者。牛頓之揭露，雖同時發起兩種學說，

一〇、
俾奧，部
拉普拉斯，
等皆反對
光浪學說

一、
歐拉爲海
巨史之繼
起人

一三、楊氏

而科學家頗有借重其名，以毀光浪學說者；至於質點學說，則有法國之俾奧、英國之部盧斯脫之試驗，以爲之發展。拉普拉斯最喜以原子觀及天學觀，解說各種自然變象；從附和拉普拉斯者，及欽佩其人者觀之，自然以拉普拉斯爲維持質點學說之最有力之人。光浪學說，則與牛頓同時之海巨史，爲首先詳細研究之人；歐拉以純粹之算學根據，而承認此學說；其所以能成立者，則恃有蘭格倫日及達蘭貝耳以算學研究擺動之闡理之力；然此不過專恃算學，其以試驗及計算爲根據，而得大進步。則是楊氏之功，自一七九三年以來，楊即研究此問題，以一八〇一年，刊行其所著之光浪相剋要義。楊氏先有聲學之研究，因而及此光學問題；〔原註〕

堡評論報一常攻擊其學說，楊爲書以答之（一八〇四年印爲小冊，見斐各所監刊之一楊氏著作一第冊，第一九二至二一五頁）。楊對於其學各說之歷史，有言曰：『初予在格丁根大學之題目，以爲講演。予所擇之題醫學論一篇，且要擇一種與醫學課程有關之題目，以爲講演。予所擇之題目，爲人聲如何造成。予初執筆屬稿時，始覺茫然，並不知聲音究爲何物。予向無完備之想像，當予在劍橋大學三年之時，始從各種著作中，爲何物此問題之材料，並對於各種聲音，從此研究中新之試驗，對於流體之發動之大概情形，亦作同等之試驗。予從此研究中，始知大陸，學者，關于發聲物

及有彈性物之動，極有進步，非英國所可及，予不勝詫異。及予關於發聲諸事為試驗，始知與薄片之發，現顏色，頗相類似，予是始疑發聲光有極相類似之處，有非前此之所能深信者。一（見前所引書，第六十九頁）。由是
 楊擺一試，驗聲光略說一（見前所引書，第六十九頁）。由是
 在聲學中，擺動

學說，早已奏效。楊於是特為注重於光線之物理性質，而不注意於其幾何學的性質。其心中所受最深之印象，則為光與聲之變象，極其相似，由是而研究大陸算學家之著作，其中以歐拉為最信海巨史之光浪學說，即以脫學說。楊亦知牛頓著作中，原有兩學說之萌芽，牛頓亦有各種理據，以表明光浪學說之不足以解說光之直行，故楊氏知牛頓此種理據為不能成立。（原註）見楊氏「雜著」第一冊，試之驗而發起之理據，明，予以為藍伯之柏林紀錄所載之說，是以駁之，嘗比較各種光學學說之短長，假使牛頓學說為理想學。但因施用于變象，頗能相合，其措辭必不誤，是予今而疑。牛頓雖極敬重牛頓之名，往因而絕不能強，而使予相信其退步，此則為云。楊於一八〇一年五月，想及牛頓之奇妙試驗，「揭露一新例可以解說極多數之變象，不是向來所發明之光學學說能比者。」（原註）見其第一冊，第二

頁〇。此例之原理，可以波浪發明之。譬如兩排波浪，入於河口；凡波浪皆有陵有谷，若此一排之浪，與彼一排之浪之陵相合，則陵加高，若兩谷相合，則谷加低，若陵與谷相合，則相尅。楊謂兩光相遇，與水波相生尅之理相類，遂稱爲『光浪相生相尅通例』。並表明〔原註〕第二〇三頁。〔雜〕此例與牛頓光學所載之關於透光物

一三
楊之光浪
相生相尅
通例

之顏色各種量度相符，且與多數向來未解說之試驗相合。〔原註〕『新發起之學說』，以

此條論證爲最有力。予所讀諸家著作，並無有可以引起此學說者，惟亨大名之虎克著作中，則有不完不備之示意。然當予揭露此例時，則並未見虎克著作也。〔見其一雜〕乃作爲說帖三篇，詳細討論『光浪之相生尅』。格里馬第

(Grimaldi) 曾發現極新奇數種之變象，有時光線可以從屏面之邊轉彎，又若

一四
有光以太
學說
設爲一種特別情形，兩光相加，可以變作黑暗，若去其一，則復現光明。楊於是放膽

爲擺動（光浪）學說，作爲融會貫通之例，謂『有一種有發光（或傳光）的以太，極輕而彈性極大者，凝漫宇宙』。〔原註〕此引號內之句，是其『雜著』一中之原文，見第一冊第一四〇及其後諸頁。

謂眼之所以有各不同顏色之分別，全賴眼所接觸之光之擺動次數，而爲分別；又

謂『凡是有質之物，皆有吸收以太之吸力，以物質內皆有以太。』楊之結論，雖與牛頓學說反對，而深讚牛頓之試驗爲可靠，『惟對於質點或激射之說，則非其試驗所能解說。』〔原註〕此引號中語，見一前書一六九頁。楊雖發明『一學說，可以解說光性，並能排除各種爲難。』〔原註〕見楊氏一自然哲學一序第九頁。然而遲之又久，始爲科學家承認。武拉斯吞〔原註〕命事業，故其對於子楊之學說，謹慎性成，或缺少膽識，不敢爲科學革命。見傳一第三七五頁。〕有遲疑不決之特性，對於道爾頓之原子學說，並不公然承認，對於楊之學說亦然，惟對於以擺動學說發明光性，則頗有試驗之幫助。〔原註〕並見一楊博士傳一第三七四頁。

一五、布魯安攻擊楊氏

布魯安在愛丁堡評論報，對於楊之學說，大肆攻擊，謂與牛頓之揭露相反；其實楊之學說，與牛頓學說，皆有根據。布魯安之攻擊光浪相生尅學說，由於不明其煩難之算理，其實光浪學說，以此爲最要之砥柱；因受無理之攻擊，其效果與道爾頓之原子學說之遭遇相等，不能立足於本國，而流於外國。於是科學家鮮有知光

浪學說者，並光浪相生尅之法，亦無人知。牛頓提倡光學之激射學說，以爲物質之小點，一到有重之物質之附近，受其吸力。法國之拉普拉斯，卽根據此說，以爲之發展；及楊之光浪學說流入於法國，其科學家遂加以研究。然楊曾先有發明，謂拉普拉斯所根據以發展光學之吸力，爲殊可以不必，必用微點吸力，亦能得相同之結果。此時楊已不信拉普拉斯之法，爲絕無錯誤。〔原註：「一八〇四年十二月二

黏力說帖』，拉普拉，送于皇家學會，名微管吸力說，在法國學社宣讀，其後載入其所著之「天算者」，作爲附篇。楊之說帖，則以面積力爲根據，爲此則可以瞻測，著之「天算者」。拉普拉斯則不然，說帖最，小質點吸力之說，據爲此，其理想可以爲根據，亦如其用之激射學說，以此種吸力吸光點，不能解官氣之折射。楊以其結果則爲刺襲其新學說，而不承認其所由來，說帖之附件，悅而對於拉普拉斯之大作，頗爲嚴厲之攻擊。此文承其所製說帖，深滋不悅，而對拉普拉斯之布作一評，頗論季報之言曰：「拉普拉自觀其各克之一發明，博士大傳一從微點，而六頁季報之言曰：「拉普拉自觀其各克之一發明，博士大傳一從微點，而六引申于微管吸力。子以爲此種根據，其計算者已發，明其物質之性，必應發生之結果。其試驗所得之效果，雖與其所計算者，明其實對於子題目，應並發未能盡量證明。因其並未證明季報若一號，爲根據，〇九頁不能得相類之偶合。」

一六、夫累涅爾

楊並爲首先脫離

天學觀之科學家。其時法國之風氣則不然，科學家頗爲享受大名之學說所懾，惟有夫累涅爾則有天授之才，敢於反對著名科學家之學說，獨闢途徑，從源頭上作起，創爲巧妙試驗，以求真知。作者曾於附注提及，夫累涅爾之科學功業，歷時甚久，始爲科學家所重視。〔原註 第二四一頁 原註 卷一〕阿刺各者，向來最佩服拉普拉斯，又爲俾奧之密友；俾奧則爲維持光點激射學說之最力者。阿刺各首先領略夫累涅爾之功業，於是用其潛力，又盡其合作之能，然後光浪學說，久後獲勝。夫累涅爾初時研究之變象，即楊所由發明相生尅學說之變象，即光綫是也，亦即光過小孔，或過窄縫，或過物之薄邊之旁射是也。而兩家之解說，各有不同。楊以爲此種變象，生於直接之來光，與薄物所返射之光，兩相生尅；夫累涅爾則謂光浪相生尅之原理，範圍較大，可以解說多數光學變象，例如海亘史想像中之有週期率之光浪，爲何發射光線之向，爲從光線而來之直線；又謂相生相尅，幾乎盡滅旁浪或副浪；又所謂光之旁射（又作旁鋪）則由於光浪之相生相尅，不能盡量是也。夫累涅爾因研

究光浪相生尅所發生之旁射變象，以一八一五年，始信（楊在十五年前已有此意）光點激射之說，實不能解說光過小孔或薄片之邊之旁射。夫氏又苦心詳細研究楊之光浪相生尅之說，以解說光線直行之理。然而以上種種效果，仍不能減少附和激射學說者之力，因附和之說，此時又研究另一種光學變象，即謂光有極性是也。——此則發生於返射或折射，非只賴視官所能見。牛頓先已說過，光有兩面，如寬帶之有兩面，不是一條窄線之不分兩面。此種光性，稱爲極性。〔原註〕此詞爲，以一八一〇年，爲馬呂斯（Marius）所創用。此名殊不妥協，因爲于發生，較光爲，質點之誤會也。牛頓之想像，以爲光有兩面，不如謂光有兩面性，較牛頓此說，此與克爾文爵士，用左右性名詞相類（參觀第一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百）。

所撰之「光學」一書，於一八一七年，第二版，「光學」之類，問第二十六、四、三、二、一、頁。其冰爾石之「正奇兩光線」，亦曾詳細寫明，此種變象，而自認，不能爲之正解說法。及馬呂斯發見極光，其言曰：「返射發生，楊即爲之評論，所揭露之光性，年五月一評論季報。」又曰：「自從海巨史以來，法國所揭露之光性，年五月一評論季報。」又曰：「自從海巨史以來，法國所揭露之光性，年五月一評論季報。」

爲之各種證明，有不能受此揭露之潛力所轉移，及光浪學說，第一冊各

第二四七頁。楊氏對於此種現象之認識，書時，曾受激拉姆德，獎定，於馬呂斯有書致曰：「我對於此種現象之認識，書時，曾受激拉姆德，獎定，於馬呂斯

之浪學說，何以能證明此兩種設想，於尋常情況，完全避免此種物體面積之一部分見的反射而能傾斜橫過一種透明體乎？（所謂極性者，即謂光點因其方向不同，有不同之性；其用以發現此種變象之法，稱爲極法，或現極性法。海巨史曾揭露此種光性，謂光線過晶類則發現，而以冰蘭石所發現者爲最顯著，光線過此物者，則被分爲兩條光線。若以冰蘭石觀一物，則見有兩物，海巨史因製爲幾何圖以表示雙折射，因而揭露光有極性，而不能以光浪學說解說此極性。一八〇八年，馬呂斯證明雙折射不必一定與極性隨帶而生，平常返射，即足以使光發現其有兩性。激射學說，雖不能對於極性或兩面性，有完全之解說，然而可以設想以此種一面或多面性質，仍由於激射小點有某種幾何形式；由此設想，遂有提倡以爲小點走近有吸力之物質時，因其形式方面之不同，於是拒力或吸力亦有不同，以此解說雙折射。若用光浪學說，則絕不能有此種設想，因此學說與聲學相類，以爲以太在光線之向，作極速之前後擺動也。若是則不能有『兩面』之想像。光之具有此性

者，則（一八一六年夫累涅爾及阿刺各曾證明）失其相生相尅之能，此固楊所揭露，爲光浪學說最要之理據者。裴各克所撰之楊博士傳曰：『其時諸大瞻測家，莫不競奇鬪勝，以求新揭露，發表極光變象，及其各種改變，而當時之學說，無一能爲之解說者。光浪學說，仍爲最受極光所掩蔽，而不能大發光明。』〔原註〕見「楊博士傳」第一

三八三於是天學觀之代表等，以拉普拉斯爲首領，以天學觀會爲多數複繁變象之解說，又以光點激射學說爲最有期望，自然乘此時機，攻擊光浪學說之要塞，卽光過小孔，或微縫之旁射或旁鋪，用最精細之試驗，及分析算學，以求出憑證，使與其所固守諸理想相符合。因楊及夫累涅爾之揭露，並不能搖動此派之理想也。於是巴黎科學學會以一八一七年懸賞，預爲一八一九年之算學競賽之地，以光過小孔等等之旁射（或旁鋪）爲題目，其意以爲『此種變象，似與法國科學派所嗜之學說不符，以爲若有較爲精深之研究，或可以使學說得勝。』〔原註〕見「夫累涅爾著作」第一册，序文第三十五等頁。惜乎大失所望。夫累涅爾以其友人阿刺各及安培之請，亦預競賽

一八、夫累涅爾
撰折射說帖

之列，製爲說帖，竟得首獎。其說帖中，從大概方面著論，詳細討論激射派及光浪派

可能解說小孔旁射之程度，結論則似乎以爲光浪學說較勝。怕松裁判委員中，

各爾，拉普拉斯，給呂薩克，及怕松論。阿刺各所作評判報告書，刊於一會報

告之後，警舉，表示光線折射強度之積，分請。於一彩色玻璃片於，或一圓形小

孔所透射，出之影，的中點，易於證得一點，於一彩色玻璃片於，或一圓形小

式相上，而其最算之度，其結果得無存度，而在極相，當與彩環現象中，則應現出光

感乎，純黑之點。而最少，此亦爲實驗所認定。將測微器之光凸鏡之焦點，雖不在無算

定距離上，則於圓形一孔之中，見一黑點，第二：四：五頁。實驗，又參看夫累

爾附記于其說帖之細註。其第一書及第三六五頁。此說帖獲獎于一八一九年，第

十一卷。夫累涅爾曾送十二冊于楊氏。原爲總裁之一，亦爲深信激射學說者，從夫

累涅爾說帖中之計算，引申得數種似若反乎常理之結果，請夫累涅爾以試驗證

明。此種出於常理，駭人見聞之事，夫累涅爾竟實地試驗，一一爲之證明，科學家從

此頗受極深之印象。以小孔旁射之變象而論，夫累涅爾之說帖足以證明之，舒和

爾 (Schwerd) 且謂『光浪學說之能預言小孔旁射變象，亦如吸力學說之能預

算天象之行動。』〔原註〕參看舒和爾所著之「光浪學說之基礎規律論」一序文第十頁。此專指此種變

象而言，至於門類較寬之變象——即發現光有兩面之變象（誤稱有極性）——

則不同。〔原註〕光浪學說最後得以成立之歷史，載于休厄爾所著之「帖及

紀錄，與發各克所撰之「揚六士博一年刊」後來可引之著作「繁富。維得。特重

新再撰，此項歷史。作爲一一八六六年刊行之一夫累涅爾全作爲一繁富。維得。特重

發者宜讀此兩家著作，因爲前作引出未甚明晰者，有則毫無疑義。楊氏曾意經

論，在雙軸晶顯其中，全作一之形，或爲杏仁形，一七，爲杏仁類二形式（見

謂發爲橢圓立體說。然而維得特圓立體揚力說，可以于用幾何法，爲夫累涅爾

類之立路圖，皆爲夫累涅爾之功。以說帖交委員會審查，兩說並存，而製

則獨一第，一傳立葉，第，三九四頁。安培則提議以橫涅爾之說極性，一見始夫累

學說者，而始終不承認者，涅則告退。引著作各卷爲首報告十五頁。人，怕只松

試驗部分，一見夫累涅爾全作一折射通冊第，四對六三頁。則不作斷語，以爲

過報告之後，「拉普拉斯一向以爲雙折射變象之說，全賴激射學說者，即宣示此說帖之要緊，以爲近年以來，所送達學會之說，帖，以此爲最重要，」(見夫累涅爾「全作」之第一冊，卷首是第八十六頁之，新揭露，第四五九頁) 得特曾發明「夫累涅爾」之揭露此例，維得特有言曰：「夫累涅爾研究端賴得種組合方法以證明者不同。關於此點，雙屈折之普通公例，蓋其研究端賴得種融通法與推測之方法，始克逐漸發見，實與消除多。宏：大發見之通公例融於夫累涅爾，甚深奧，而其中難點之結果，實與消除多。宏：大發見之通公例融於夫累涅爾，甚深奧，而其中難點之結果，實與消除多。宏：大發見之通公例融不通法彷彿相似。嗣後夫累涅爾欲由機械學目的上證明此種普通公例之選擇中，其所規定「全作」固有二冊第三二七頁，寥寥第一冊卷首第八十四頁者，實多，數也。」

於是素來深信激射學說者，專心研究此問題，有俾奧爲之首。楊則仍不相信，因此學說之效果，頗令人疑惑，遂於一八一五年九月，致書於部盧斯脫曰：「予自從知有馬呂斯所揭露之事實，對於予此所發明之理想，則不甚好提及，因爲予之理想，雖無與事實不並立之處，然而實不能解說所揭露之事實。」(「原註」見楊氏「全作」第一冊第三

頁六。當楊氏致書之時，夫累涅爾尙未將其討論小孔旁射之說帖，送達學會。夫累

涅爾研究此問題已歷十年矣，而此時光學家則注意於極光。一八一六年之夏，阿

刺各及給呂薩克赴英，探訪楊氏，楊始從兩人口中，得知己之學說，因有夫累滄翠之研究，而『大爲巴黎所注意，遠非倫敦可比，……在學會開會議時，發生極多辯駁。』「原註」見發各克之一「楊博士傳」第三八九頁。大約因此二子之探訪，及阿刺各之新揭露，發明光之受過極性之改變者（即發現兩面性之謂），若處某種特別情形，則失去其相生相尅之力；於是楊又詳研究此問題。一八一七年正月，楊致書於阿刺各，聲明假設有橫光浪，與拉緊之絃線之擺動相同，則有解說極光之可能，又可以解說光之兩面作正交者，則不相生相尅。安培亦曾對夫累滄翠有相類之提議，而夫累滄翠則歷時甚久，尙無若何論斷。以此種橫浪理想，施於物理光學（此說不久亦爲夫累滄翠所採用），則得有根柢，以力學解說純淨光之變象，即指光線之透過折射物之後，不分顏色者。

此時則有兩問題發生：其一則爲夫累滄翠所研究而得大效果者，其一則尙未解決。此兩大問題，頗勞第十九世紀之物理家算學家之心力，亦能引其思路，入

於他派之研究。作者今爲此兩大問題，立清晰界限。

自從牛頓發明普通之動例以來，學者愈見得明白，以算學研究物理，其目的在乎實寫眼所能見之動，或心所臆度之動，取資於動例，而輔以極小數之行動物質之性之假設。一旦立有有界限之設想，則應窮其究竟；在未窮此理想之究竟之先，不應又另設新理想；除非所設之新理想，有事實以爲根據，或有事實以證明舊設想之不確，則又當別論。牛頓於發明動例之外，輔以一條極大之假設，卽所謂吸力例是也。牛頓曾經先事警告，謂此項設想，雖有試驗以證明之，然而尙有似乎不合理之處尙多，尙應加以精細之研究；而學者不察，哲學家如波斯科維赤，算學家如拉普拉斯，忙於收穫此條設想之種種結果，以爲推用於微點物理，可望大收成功。當時首先窺破天學觀之研究自然，不過得形似之真理者，大約當以楊爲第一人。其對於極小極速之週期動，加以試驗，及算學之研究；以其所得之結果，爲光學學說之新基礎。其研究之區域，又不限於此。最初爲研究聲學，發明聲學與光學有

二〇、
光與聲有
力學的
不
同之點

極相類之處；其後放膽，以橫浪之理施於光學，始知光與聲有不同之點。楊始知聲浪為有彈性流體之浪，或為無論何物之有疎密鬆緊相接之動。至於光浪則不然，若欲為之解說，則非假設有兩種似相矛盾，不能並容之理想不可：一、必要假設一種物質，比空氣更輕更靈，不能阻礙其中之物質之動；二、必要假設一種物質，有類

似實體之顫動，例如紉緊之弦線。楊氏實為彈性學說鼻祖之一。（即凹凸性）
說史一光學，而研究彈力時，其後有披爾遜繼之。試觀歷史，則家如歐拉之因解說，則曾研究此問題，頗為盛名之累。在英國為尤甚，因其中錯謬有極多性，所得之結論，又不能與閱歷相合也。在第十九世紀中，楊為最先有極多性，二學著作，其八〇七年。楊中實，對於此問題，頗有數名詞（後講來在一八〇加修改其意義，至今仍用此名詞）。楊與虎克兩子，皆為力學之開山者。托德罕忒雖謂楊氏文字，用過于晦澀，然而與英國同時之科學家著作相比，則特有所長。大抵其熟知大陸科學家之著作也。其九世紀初年，英國庫隆彈力著作，曾謂「讀第十九世紀上半期之英國實用力學課本，令人不能振作精神，因其思路不清，又欠科學之正確，又不知外國對於此學，已有頗多新知識也。」（見前書第一冊第一〇五頁）實。托德罕忒又言：「只望今日大世紀初年，英國之求實用者之缺乏科學知識，實有難以形容者。」只望今日大

反從前所爲，理想能與實用相輔一（見第一〇六頁）力。以上所引之基爾，在約寫于一八七〇年。據托德罕式之意，則謂彈力。實學說之基爾，在一八二〇年。從試驗上研究，則有薩伐特（Savart）。從理想上研究，則有柏松聲，科學相輔而行。德國之克拉德泥，有三種聲學著作：一名「音調學說」（一八一七八年），皆有一八二五年刊行。頗能潛移章柏兄弟。于是此兩君有「浪動試驗」。此時彈力學得有援助，即以「太之彈力學說」是也。以脫楊之設爲此種想像時，學說，雖爲夫累涅爾所提倡，而創設者則爲科畢。

二、以太之性

必知其爲難，既要有比空氣較輕較靈之物，而又要其堅剛，此則惟實體有之。因爲創立光學學說，物理學家及算學家，不能不對於物體爲精細之研究。此種意想之以太之性，必得有一算學的界說；此物既有科學家所謂實體之性，同時又要有與實體相反之性，其行動又要遵守動例，科學家必要證明物理學究竟能否容有此種怪物。第一大問題，是定一算學的界說，此爲純粹的算學問題，則有大算學家如科畢、訥伊曼、格林、馬卡拉、斯托克斯之研究。（原註）此諸問題之繁複，頗有新

想，及名詞。有著作兩篇，第七、十五頁至第一、二九頁，第九年先後刊行（見第十學物理學雜著一第一冊，第七、十五頁至第一、二九頁，第九年先後刊行，第八頁至第十

三頁。的。物理，光學之名詞及意思，想與，由其國所定者，怕，松垂五十餘年。許，托為克斯兩
 君所預知者，引幾許。○彈性實體托克斯之「時車厘凍」，「科學家皆註稱」以太種膠質也，
 斯托克斯則申為「彈性實體托克斯」及「時車厘凍」，「科學家皆註稱」以太種膠質也，
 即為有彈性之說。曾設為其解有彈力：「故壓之膠則于變形，使撤去此一壓力凍糕，則此凍糕
 形較。但是壓之太重，則破碎。若試再加水，則復為一種膠水。至某種程度時，比
 前較。但是壓之太重，則破碎。若試再加水，則復為一種膠水。至某種程度時，比
 其質雖變稀，然而當毫無切線力。此力雖小，將居問物以拒壓力之欲變其
 形，質雖變稀，然而當毫無切線力。此力雖小，將居問物以拒壓力之欲變其
 流，質。只要作為學所加之壓力甚微，對於有實體在此中，將居問物以拒壓力之欲變其
 質，有不能相之比小光浪，則可以作為彈力之，對於地球及行星之行動，則歷作為必
 假設。一居問物之浪動，又必設為以太是一種實體。學之思想中，自必見其
 為難。一然而解物之浪動，又必設為以太是一種實體。學之思想中，自必見其
 緊，頗多為難，學者似宜不必先下斷語。以太，既有實體之性，譬喻有，相並非之解
 說，以太多為難，學者似宜不必先下斷語。以太，既有實體之性，譬喻有，相並非之解
 流質之性，未嘗不可以兼有並容而已。第二大問題，則為以太兼有實體及
 體，物質之性，是為物理學問題，則要有試驗及計算以解決之。科學家對於物質之
 體，物質之性，必得新闢途徑以研究之。以另種之頑固性，以為之界說。所有通行名

詞，如實體、堅固性、流質性、漲性、壓力、物重等之意思，皆需改作力學名詞，然後能發

見此各種物性有能獨立者，有能兼容者，至於若何程度。〔原註〕此即規定獨立

規定各向同性，或三向不同性之物，然後得以求該物受變形及受移，議論所

生之情形。對於此種規定或異說，科學家研究之主持少數數者，移

持對起于三向不同性于各向同性物定，數者，亦有一定數主，持用二十一定數者，此有種

紛爭，有托德罕次之彈力學，說史為少數之紀數學，說披爾遜主刊張多，數者一冊，為第

四九六，等頁。其主張少數力學，稱為少數之紀數學，說披爾遜主刊張多，數者一冊，為第

多相數之力學，則在。連兩微少點之線內。據此，則大陸設物質之微點所構，成及，物兩離微力點及

之學說所發生也。其多有數怕派松，則科有英，國等之算學之物理學，家其尤著者則，聖維南公特

（Saint-Venant）發，生而發生于微點物理的離極近。時，始有吾人之微管吸力學說，力反，對拉普式

國者相類研究上文結果，十頗不能註意。馬于斯轉而傾向于此數派題之有言，曰：當：物質英

與無論有連何性種。結格林學，說斯托不克相干等一君見，馬皆克用維耳術一，科學所得之結果，第二冊則

力第二而彼此相稱。又從此以：建立國彈力學說。為而理想托，克有及他人物則之表明子，互若相用施

存此種。理想時，並設其所得之，效謂果人，力可以從分一開條之公至小，物引質，而有得純，淨之性其一彈一性見物

二、他種動力
學說

可見在第十九世紀之初年，學者以不同之動，解說光及聲；以聲與光皆爲顫動，以顫動之次數，定聲之音調，以浪動之高，定聲之強烈度。此時已有科學家，將以熱亦爲一種動；又有以更空泛之意思，謂電力磁力皆爲動；而最早以物動之結果，解說吸力之學說（即謂重非物性，只有頑固性是物性）則大半已忘之矣。

因以光浪解說光學各種變象而收效果，故此發生多數學者之夢想，欲以動力學說，解說所有一切自然變象；至第一八七〇餘年間，由於有三種獨立之理想研究，於是動力學說忽然大興。力學觀從此極有發展；因有此三種研究，不獨動力學說，有施用於特別派科學之可能，且有通行於各科學之可能。有此三種研究，而吾人試驗之知識，因以推廣；其中有一種，且可以推行於多數實用。最宜注意者，則爲此三種研究，能轉移今日算學與物理學思想之方針。

三、氣體衝動
學說

其第一種之研究，與原子學說相關，且由原子理想發起。其結果則爲氣體

二四、漩渦

衝動學說，朱爾·克勞修司及馬克斯維耳以此著名。作者於第五卷，曾經討論此說。此種研究，以成羣成隊之特點，往來直行，如子彈然，常常相碰，而求其平均效果。第二種研究，則以特點繞一軸而旋轉，所有特點則泡在一種居間物，此種居間物能自動，與水相類，惟居間物之動是流動，而非旋轉之動。此種漩渦動，既非橫動，又非激射之動，又非流動，又非往來搖擺之動，則爲一八五七年赫爾姆霍斯所發起，見於其所撰之純粹的算學著作，威廉爵士則採用於原子漩渦學說，而大加以擴充。第三種研究，發起於法拉第之另闢途徑之試驗研究；有馬克斯維耳以算學文學發明之；以一八七二年，見於其所著最有名之電學與磁學。作者目的，即在表明以上三種研究，能證明及發展動力觀至何程度。然於表明之先，宜先知物理學家既存有光浪意想，則有何種問題因是發生；此種問題有何爲難；及引入於何種新思路。

二五、法拉第之研究

作者曾於上文提過，在一世紀之前，因以吸力學說，有解說多種變象，於是發

生因此學說而啓發之各種研究，因而發生新思路，於是在第十八世紀，有天學觀之成立，以解說物性。楊及夫累涅爾所創之光浪學說，在第十九世紀之初年，是離開天學觀而立說；在大陸哲學家觀之，仍以爲天學觀之前途，不可限量，以爲是融會貫通自然變象之通例。若仍抱持光爲小點，從發光之中心點射出，（譯者註）激射學則有力學之物與物相碰例，及拒力吸力例，以處置之；況且光之平常變象，如光走直線，及返射，折射，皆可以解說。但激射學說之不能解說小孔旁射，及光有極性，則爲事實。新學說則容易解說此種變象，然而對於磨光、透明或不透明之物質之返射、折射，則仍頗有爲難。新學說則假設一種無乎不在，似乎無重之物，稱爲以太。當時各派之思想家，頗不以在物理科學假設此種理想爲然。（原註）光學說之質點說，（譯者註）即牛頓說，（一）爲光浪說，（二）爲一試驗，（三）以證明一說之孰是，孰非，孰短，孰長，即求光之過水及過空氣之比較速率，以證之。兩八五〇年，佛科創一巧妙之法，（其後有密拆爾孫 Michelson 爲之改良），以量度光走過各種不同物之速率。佛科證明光經過空氣，比經過水較快。若以照質點學說，（譯者註）即牛頓學說，（一）足，以推倒質點學說，（二）見退特一光率相比，如四與三之比。

學一第一九二頁。比在水裏托動，斯會告人曰：「佛科問部盧斯脫在法國，對於目光演佛科說，以，送有光于地球。部盧斯脫答稱：『空間特爲布滿一種學居問物』，第十五頁。得

又以遣送浪動之故，而特別賦以似相矛盾之性質，更不甚相信此種學說（原註）

世紀中葉，皆反對，以太學說。有功於黎介紹確切精神：「以太學說，不獨爲光浪學。說約之基礎，且爲新物理學，多極輕蔑當時最。然而與揚人及夫累涅爾同時之人學，往往有訕笑此種學說者，又極輕蔑當時最。然而與揚人及夫累涅爾同時之人學，一說，只好以一晚，第二冊第四。吾人對於此種人黎，一當作如何感想耶？」（見孔德一實，驗哲學一晚，第二冊第四。吾人對於此種人黎，一當作如何感想耶？」（見孔德）

于休勒·爾評論之一附註，第十四卷（初撰時在八四〇餘年問，其後加以對

七版，第二冊于光之行動，一頁：「設爲居間物以送光之理想，所以能使，人信者，實根據于光之行動，及傳光需時，及爲物所阻諸事實。此種變象，與實體或流動體之法，發現此種變象，捨此之外，更無他法也。」雖有多人，只能以行動之物，發現此種變象，捨此之外，更無他法也。」雖有多人

不能相信以太理想，然而因欲詳盡研究此種理想之故，因而得以推廣以指導試驗家及理想家之事業。此理想初興時，爲人所反對，亦如道爾頓之原子學說，初時爲化學的哲學家反對。此兩學說皆有其不定不明之處，至於今日，仍不能免。此時

尚有多數科學家，仍以為此兩說不過是使用記號，作為思想的一種利器，或科學之縮寫法而已；其相信兩學說者，則護之甚力，且謂『以太是何物』之問題，即是『今日物理世界之惟一問題』，又謂『此問題並非不能答覆者』，且『答覆之期，當不在遠』，又謂此一問題比於『何為物質』問題，『較為易答』云。〔原註〕

所著之『電學新論』，第一版第十一頁序文有言曰：『此問題較為單簡，一因以太是一電學，物質是多，二因以太有物質之故，頗變更以太，若先無以太之性質及結構之知識，則庶幾可以知物質之詳盡知識。』近來且分物理學為兩部，

一部討論物質，一部討論以太，舊時分頭討論之光學、電學、磁學，今則合併為一，稱為『以太學』。〔原註〕參看德魯得教授所撰之『以太物理學』（一八九四年版）。其序中提及『用相同之根本理想，以研究物質學及

以太學，應否以太事之方程式，化為物質學中可觀現象之方程式（即力學之方程式），抑或反其道而行之，較為便利，此則為尚未解決之問題。』

然而此時有一位哲學家，其發明此種問題之功為最大，方且告人，謂彼對於物質

及以太之知識，與五十年前無異，則不能不令人聞而卻步矣。〔原註〕克爾文爵

之科學事業，有言曰（見一八九六年克爾文爵士慶祝錄第七十頁）：『于五十年前，初為哲學教授，即教學生以電力磁力，或以脫電力吸力。物之

關係，或化學愛力。予今日所知者，並不比五十年前爲多，成效毫無，殊不免令人灰心。然而在此五十年間，因瞻測及試驗而得之物質物性新發明，則，亦及有益於實用之事，亦不爲無補乎。」

若從思想發達觀之，以太之意想，與原子學說，同有極大潛力，轉移科學之研究，及科學闡理。欲知原子及以太之情狀，如掘地求藏，雖然，得有極多數之有實用之發明。原子學說爲學者增物質知識，元素知識，及不可勝數之化合物知識。以太之理想亦然，爲學者增加各種行動之知識。吾人之有賴於抽象理想者，卽在於此。此兩學說皆能指導學者，使明白各種變象。今且試言，如何因有光浪學說而知有各種行動，及如何而補助力學觀。

楊與夫累涅爾皆認明傳光之居間物，絕不能有固體、液體、氣體之平常性質。因此種居間物，既不能阻礙天象行動，其動浪又與空氣動浪之發生聲音者不同；其發浪之速率又極大，皆非當時所知之速率可比；其動浪又非有氣體性質之物之所有——卽謂是一種有彈性變形之流體；此居間物爲抵抗變形之居間物，

而非抵抗變其體量者。此無重量而不受吸力之以太，絕非固體、液體、氣體三種有重物性所能組合而成者，則顯然可見。惟以太不得不有頑固性——即謂以太必有物質——否則動例不適用於此物，而算學亦無所用之。是以必需有精細之試驗研究，以實寫此種行動；又必需有謹嚴之算學界說，以表明其性質，即通俗所謂之能變性、堅實性、能動性、彈力性、膠黏性、是也；此各種性之互相牽掣，亦應研究。當哲學家對於光浪學說爲最慎重之研究時，同時又發生彈力學說；此學說則爲帕松、那維爾發起於法國。本世紀之最偉大之分析算學家科犀，亦致力於此學說；一八二六年，夫累涅爾發表其極有名之討論晶顆雙屈折之說帖，夫累涅爾在此說帖中，對於受吸力之物質，與有光之以太之關係，不能不爲精細之研究；科犀於是專心致力，以研究此事所發生之各種算學問題。以前原有研究彈力問題者，不過因工業製造而起，例如研究物料之力，及建築之穩定勢，製造機器及各樂器之性質是也。夫累涅爾之研究，發生一新問題。

「原註」參觀維得特所刊「夫累涅爾著作」第一冊，卷首第八十頁。維氏

之曰：「關於物質中，或其均勢各部分上之不平均的彈力性，與對稱之軸，或平面之比之著作，堪為正確之討論者，在夫累涅爾前，僅德國著名礦學家外斯(Schweizer)一人而已。」此問題即為：今有一種不受吸力之物，而有

物質，有堅實性，試問我輩如何能實寫此種物之浪動？倘若同時並有受吸力之物，試問此種浪動，有何改變？光線之落於透明物或不透明物之面上之變象，非有以上所云之清楚明晰意思，不能解說。吾人又要問：光學有返射、屈折、折射、吸收（即滅光）種種變象，學者應以何種行動實寫之，計算之，並為之立界說耶？在自由以太中，或在空氣中之一錐之純一光線，夫累涅爾曾以行動為之定界說。此種浪動速率，曾以試驗法求得之；其後審知此速率，在空氣間，與在自由以太間（即真空間）各有不同。又得知此速率，在有彈性居間物之間（假設以太為有彈性物），視居間物之密率及堅實性而變。然而光線（即以太之浪動）至液體或固體物面時，發生種種變象。此種變象，其先頗有人實寫過，亦曾經有試驗以為之量度；海巨史有大概之發明，至夫累涅爾則有較為詳盡之發明，以上所云之返射、屈折、折

射，皆以光浪學說爲之發表夫累涅爾本其天授之才，或用試作之法，製爲極繁複

而極奇妙之幾何圖，以計算光線入於透明而有雙屈折性之物（如晶類之類）

所行之路；「原註」浪面之第一冊卷首，第七十五頁）；「夫累涅爾特曰」（見一夫

任此等難點，而對於波面之方程式，祇得約略假定爲第四度，并計算其係

數的價值，而其考察，又僅求容易解釋之平垂波面中心之對稱的三平面而

已。至於此種計算，最稱精確者，當以安培爲首屈一指，「哈密爾敦爵士始

所製圖，表示浪面，而無物性之表示。及夫累涅爾死後，「哈密爾敦爵士始

見之」（參觀夫勒拆所撰「全體之光線幾何學，由是發展；現時屈折之變象例，如

一光學」第三十一頁）。

圓錐屈折，能以算學預算之，而以試驗證明。「原註」圓錐內及圓錐外之屈折，

全證明之，亦見其所撰「雜著」之全體。而斯托克斯對於浪面問題，無誤之完

驗證據，亦證明夫累涅爾學說之全體。而斯托克斯對於浪面問題，無誤之完

君屈折，必有浪面之一種特性，發生于幾何圖求得，不必用以學說。夫勒拆諸

然，則預算圓錐屈折之微點研究，不然則幼爾雅之彈力學說，托德罕式及披爾

，用林以爲其所揭露之光學，皆有所發明，使所據之科學之研究，與今日格

，格林以爲其所揭露之光學，皆有所發明，使所據之科學之研究，與今日格

有充分發明之彈力學說，不能發達矣。不然，夫累涅爾所迷信之獨斷之見，

恐已阻撓彈力學說，使不能發達矣。不然，夫累涅爾所迷信之獨斷之見，

其。然而其真實之物理問題，仍未能解決；及至今日，亦不過能有部分之解決而已。「原註」一八六二年，斯托克斯「自信雙風折之真實力學學說」，至今尙未能求得「見報告第二六八頁」。學者試問傳光之

以太，在有吸力物質之內，如空氣之瀰漫於樹林（此是楊氏譬喻之言），如何改變，致光浪有改變速率之行動，如何光線在不同之方向中，得有不同之性質，其被收吸（即滅光）又各不同，其故何耶？學者自然以為有吸力物質之小點，必有更改以太之行為，或改其密率，或更改其堅實性，而小點亦為以太之行動所更改。然而非有完全之以太知識，及有吸力物之知識，則不能解決此問題。欲解決此終極或根本問題，只有兩途。其一為純粹算學法。即謂今有一與動力相關之局，必需將其所有之各種行動而分析之，又有兩有相關之局，以為以太施力之局，一為吸力物施力之局，必需將此兩局之相互勢力，詳為分析。此問題之界限，雖極分明，而極為繁複。此問題與物理天學之吸力觀問題相類，而繁複則過之；天學之吸力問題，即是毋論有若干數之物，按照牛頓公式，各各彼此相吸，以算學求其結果。其二即

二八、
以太問題
可以算學
處置之

二九、以太問題
可以試驗
處置之

試驗法——於光線處於有次序之改變環境或情形時，瞻測其如何改變顏色（即浪動次數，或週波率）如何改向，如何改其強度（浪動之振幅）如何有兩面之變改（即極性）與其他變象；然後將所處之環境或情形，及各種改變，譯作浪動學說文字；由此則得浪動所能有之改變，從此能有之改變，則得以太及吸力物之元始之構造（所謂常數是也。）

三〇、有相合兩
注之必要

大概而論，不能專恃一法以爲研究，有時兩法輪用，有時兩法並用，乃有進步。在算學一方面，則有法國之科犀爲先導。繼以英國之格林，及德國之訥伊曼等之研究，以純粹算學闡理之著作極多。在試驗方面，則有純粹之試驗研究，有英國之武拉斯吞，及部盧斯脫發起於先，又有佛科、菲素（Fizeau）之精細方法，以量光之速率，又有雅明（Jamin）等之奇巧儀器，以爲試驗之研究，及各種證明。關於研究光學而得之極多數之光學變象，及浪動變象之知識，作者今姑舉其一端，此則在第十九世紀中葉發明者，從此又另闢一新途徑，幾乎自成其爲一派科學，即光帶

三一、光帶分析

分析是也。

光之折射（即分布爲數色，如雨後之虹是也）及光之暗滅（或半滅，或全滅）知之最早，久已爲學者所研究。況且與光之生理的效果，及主觀的、美術的效果有關，故尤爲人所注意。然而激射說及光浪說，各有其特別爲難之點。浪動說初發起時，科學家原以爲光與聲相類，顏色之分別，在乎浪動次數之分別，若是速率（或在真空中，或在空氣中）相等，則在乎浪長之分別。而其爲難，則在如何解說光在折光物，毋論其爲流質，或單折射物，或結晶體（包括雙屈折物而言）各種不同之光線浪長，各不相等，而有不同之速率，是以所行之路不同；又如何解說其中有若干光線，或失滅無光，或則返射（或兩事並行）程度不相等。

雖今日尙無完全之解決，而科學家公認有一原理，能解說多數變象，收效極

廣。歐拉是一純粹算學家，

「原註」歐拉所著之光學及顏色學（一七四五年，宣布于一七四六年），則以拉丁文宣

布）最後一卷，討論發光物，返射物，屈折物，及不透明物，即說及與音樂之共鳴相類。謂「不透明物之小點，與綑索之絃線相類，此種絃線，與

三二
由變象而
得引線

龍受瀉動，常以受空氣之類為動起，點而推自發之瀉動（見社耳步雷一擊也。歐拉。物理拉工研究
激射學第四十四條亞于一部八五八年，研究，曾製一說無絕計及一零八一年類一，愛始丁終堡萬守
家學會報告一），其解說最為中的，曰：不過此說帖所吸討論者熱，為輻射所之輻射，
及普勒服（Prevost），交易說。其有中言，曰：不過此說帖所吸討論者熱，為輻射所之輻射，
者相等，毋論何種熱亞則可以稱為第十三頁。假使以此言施于光線士，愛雖證
明尚有未足，而斯條亞則可以稱為第十三頁。假使以此言施于光線士，愛雖證
Schneider 所著之「天文分光帶物理學史」，夫洛斯特 Brodow 譯本，第一八九四年版，第三冊，第四版，二，第
一—二頁，又洛維堡革「光物理學史」，夫洛斯特 Brodow 譯本，第一八九四年版，第三冊，第四版，二，第
頁）其對於物理學之闡理，頗有啟發而不清楚，以此原理用於光學變象，大約以
斯托克斯為最早；卷一原註二七七頁。隨後用以解說光帶之明線黑線，一八六〇
年，克希荷夫及本生，即以為是為光帶分析法之基礎。

一八〇二年，武拉斯吞以日光從窄縫入，使過白玻璃三稜，以白布為屏承之，
則得太陽光帶，七色皆備，與虹相同，曾經發明，若展大此光帶，則能見多數之黑線。

為「原註」見一八〇二年「皇家學會報告」，題目
為「以三稜返射法，研究折射力及散布力」。

夫牢因和斐「原註」夫牢因和斐因研究各種玻璃之折射力及散布力，
而揭露光帶之黑線，科學家即以其名之，稱黑線為「夫

牢因和斐線一，夫牢因和斐當日特別研究光帶之黑線，以字母名之，以太陽光之研究，原為改其減色遠鏡也。帶與在地面上焚燒之光，或白熱光所發生之光帶相比，則見此種光帶與太陽光帶不同。在地面上各種顏色光所發生之光帶，有明線，明線之顏色，即發光之顏色。例如太陽光帶之最顯著之兩黑線，夫牢因和斐稱為D線者，在焚燒鈉類鹽之有發散性者之光，所發生之光帶中，則此兩條黑線，變為兩條明線。部盧斯脫焚燒硝類，亦驗得光帶之明線，與太陽光帶之其他夫牢因和斐黑線易位。密勒對於鈉類鹽之明線，曾為極準確之瞻測。一八五〇年，斯托克斯為之解說，謂焚燒鈉鹽類發光所成之光帶之兩明線，若過鈉鹽光，則為光所滅（變作兩黑線）。此推得太陽

三三、斯托克斯
爵士

光帶之兩黑線，即表示外妻太陽之空氣有鈉。克爾文貴族嘗謂，因有斯托克斯瞻測之結果，故于教學生時，謂太陽空氣有鈉。參觀克希荷夫一函願

一，一八八二年版，第六三九頁。其函願中，且有克魯克司 (Cruikshank) 爵士證，明，謂一八四六年間，密勒已先有此意，見湯姆孫爵士演講集。一八

四九年，佛科曾證明弧光電燈之光帶，已有此種變象。科學家雖有此種預示及發明，而人多不甚留意，亦少有知之者，其後克希荷夫則以為不過是一種孤立之變

象（卽有色之火光，既能發生，又能收吸特別光線，）爲之發明一普通解說一八五九年，克希荷夫曰：『有顏色之火光，所生之光帶，雖有明線，而爲本光所致弱，若在此火光之後，置一有極大火光，所生之明線之光力極強，故已致弱之明線，爲極強光力所反襯，則其光不顯，而變爲黑線。』

克希荷夫說帖譯文。

克希荷夫謂太陽光帶之黑線，並非爲地球空氣所致，其所以有黑線

者，實因太陽空氣中有甲物，此甲物火光發生明線，其明線之地位相同。於是『用此原理施於兩種實用——一、研究星光之光帶，以求星球有何物；一、研究地球各物之火光，以求光帶既發現某物之線，而此某物未爲科學家所揭露者。』

原註科學家賴有新原理，以分析星球之空氣，又賴以揭露新元素。用此法以求得之新元素，計有六種，最先揭露者，爲鐳及錒（克希荷夫及本生從礦泉發露之者）。多普勒之提議（見上文第十頁註），而得光帶鏡，而後始有眼所能見之波動。數不同，而有顏色之分別，視速率而變，非吾人極尖利之地位亦變。若在光帶鏡所表示之光帶，而光帶之明線變動之顏色改變，其所居之地位亦變。因風折之指數不同。光帶而光帶之明線變動之顏色改變，其所居之地位亦變。中之數，造出一種速率，在視線方向之移動。其部位也。科學家尙未能在實驗室

光，第一四八頁。多普勒原理，可以火車行動時之汽笛，直接證明之。在移動地位，因太陽自繞其軸而轉，其發光之部分，在視線中，有時向瞻測者而來，有時則背瞻測者而去。以直接法瞻測日中黑子之速率，與日面之總速率，頗相符合，實足以證明多普勒原理。有此兩法，既為科學增加極為真確無訛，（見上所引書，第一四九頁）。多知識矣，而斯托克斯則以力學為之解說，亦能預知有此種變象，又推廣此原理之用，學者於是漸漸深信以光為一種浪動，將能對於此各種變象，有充分之實寫。

讀者已知光浪之說，在楊手中，以與聲學相類似之動浪相生尅之變象而得。

在聲學中，尤以通俗所稱之合音（和音）及應響變象為最奇異。斯托克斯一見克希荷夫之說帖，論及光線之發生及吸收，即以力學為之解說。其言曰：「原註一見一八六

〇年三月一哲學雜誌一第
一九四，第一九六等頁。

「佛科嘗以炭極間之弧電，為三稜之分光，「驗得此

弧光有一種居間物，自能發生光帶中之D線，若此光線從另處火光而來，則為居間物所吸收。」……佛科所揭露之此種變象，又為克希荷夫重新揭露而發展之，

即同爲一火光，既能發生某種光線，而又能吸收此某種光線，又得借用聲學而以力學爲之解說。若牽緊一絃線而擊之，則發生一音，若空氣之顫動，與該音之顫動相同者，則絃線不必受擊，亦能受空氣之相同顫動，而發爲相同之音。譬如處間有極多數之牽緊之絃線，則與上文所謂居間物者相類似。此種居間物若受激動，則發生上文所云之音，假使同時在他處空氣中，亦發爲相同之音，來到之浪動，亦激絃線，使作浪動，則空氣所送來之浪動，自必漸漸消滅，不然則有新發生之工能。以此解說上文光學之變象，正相符合，無可訾議。』克希荷夫研究光帶之前十年，斯

托克斯

〔原註〕斯托克斯所撰之光之屈折率改變之說帖（載于一八五二年

著之燐光、弗光變象，其實此種凡相信光徑，極有效果，且有多數之初發。此時說帖之第五四九頁有言曰：『凡相信光徑，學說者，無不以爲光之初發。此時爲由于本身發光物之微點，亦生浪動。』自然以爲傳光之浪動，遇子有感覺于物，此物之微點，亦生浪動。於是此微點，亦使傳光以太之浪動，由此而見光。此種浪動之週期，則視微點之浪動，頗發生困難。不視到來之浪動，之週期而定。此從此方面觀之，則在力學上，頗發生困難。不視到來之浪動，是又有言曰：『科學家不應以微點（分子）之浪動爲無限之小，以繁之微力點之長短尺寸相比，則原子所行之微路程，爲甚小，無疑爲無限之小，以繁之微力點

所轉移，尤以屈折率據高者為尤甚，此則科學家所熟識者。若無光之潛力，則不能化功。若照此種情形而論，則此科學之微點擾亂，不能當為無限之小。但是波動雖不能以太之擾動，烈之完全分裂，有與必不能當為無期限之小。至于返傳與傳，不能以太之擾動，烈之完全分裂，有與必不能當為無期限之小。而一種不能有其他波動，若稱之為有週期，亦不謂微點大保約是發生于微點者，為一種不能齊之波動，若稱之為有週期，亦不謂微點大保約是發生于微點者。已週，即指到返傳于以之週期，不能以有週期之圓函數，合作為公式內之，謂已週，即指到返傳于以之週期，不能以有週期之圓函數，合作為公式內之。子化，或頗有在內之波動，並謂「因往往在有機」對於一問題，曾為極充分之研究，此問題為傳光之居間物之浪動，如何傳於透光物之微點，復傳於以太——即是吸光發光之問題。斯氏曾經驗明，對於一定顏色之有一定週期之浪動，能在發出之光，發生改變過週期之浪動，又驗明此週期，必較前者為稍長——即謂此新發生之顏色之折射率較低也。斯托克斯有此研究之結果，不獨能以力學解說弗光也。

三五、弗光之解說

光也。「原註」此種變象，從前稱為內分光，「本部盧斯脫，赫瑟爾所用之名詞」。斯托克斯，以其與混濁光相似，稱為弗光，不久又改為「退一化或降格或墮落之光」，此名詞原是湯姆孫（即克爾文爵士）所提議（見一八五三年第二說帖，第三八七頁）。此時湯姆孫正在研究最著名之工能見虛耗，即工能之光（即紫色，次章或詳論之光）。讀者若記得五十年前，對於目

（極光界後之光），尙未用輻射名詞以相稱謂。其時照像學（此卽學者所最習聞之化功輻射），仍在初時發明之期。讀者又應記得此時初有儲能，改能，散能，之意想，並且無工能之名詞也。以上斯托克斯所云，學弗光者，者可以當爲是後來數十年以至于今日，科學所研究諸問題之預言。

原爲赫瑟爾及部盧斯脫瞻察金類及溶液而得者。法國之柏克勒爾亦有獨立之研究，且驗明光之週波率太高，人之目力所不能見者，若用發弗光之物，使生週波率較低之光浪者，則能見之。此種闡理之法，授學者以引線，以研究以太與吸力物互相施力之爲難問題，亦可以研究以太塞滿透明物空隙時之能否有密度或堅實（所謂彈力定數是也）之改變，又能用以研究同爲一物，有時只能透某種之光，而不能透他種之光，其中有無力學上的分別。從理想方面，頗能預知有可能之改變，因是而發生極奇異之變象，其後往往以閱歷驗明之。科學家知只研究有彈力之居間物爲不足，必要輔以兩浪動互相施力之關係之研究，因以太之浪動與吸力物微點之浪動，互相施力，乃生種種光學變象，如返射、屈折、分光、及一部分之滅光、或全部滅光等類是也。此在彈力學說中，爲較繁複問題，然而在鐘擺原理中，

已發生此問題，不過較為單簡而已。吸光之變象，已有光浪之共振，以為之解說矣。

又有自由浪動，及受制浪動之原理，以解說分光。〔原註〕「設有一鐘，若此

長，第二鐘擺之左右擺動之週期，比第一擺較長，則反是。」（參觀拍息發爾 (Percival)

預料，及克立斯坦孫 (Christiansen) 第一八一頁。肯達諸君所揭露之反常分光，克爾于文

居波率之改變，與在折光之

科學家先以有彈力實體，為光學學說之基礎，其後有三國之學者，漸為之發

展。〔原註〕「在第十九世紀之中葉，英國哲學家如格林、馬卡、拉互、斯托力克、斯

究有他法。之研究。八六五年起，知部息尼 (Bousinesq) 始解決此種為難問題，不同子之彈

力，則定極數之迎此法，而從觀一力八七二一物面理化學。聖維南特原是專研究光聖維

南特之曰動：「以太能在物體中擾動，因物體之密度。又，波面不較高，是以並不以

物高同動。但此，而即消滅為，蓋其無定者也。舊法及以所不能解說者，之為返射

施及折力，折力以物納伊切受為接觸中心點，附及者甚衆。哥尼亦研究有彈力物之，在與

三六、以太有為
體說
彈力之實

格塞爾一書，事對，于有弟子曼曼之刊行其演頗有。披論。其言曰：續一擴之伊托曼所研究一彈與力學。一見係之第二冊，第一及八三頁。力。又有謂一以分功，為物理學家吸力小點之，施未力能及于其以精。光創始發之明者，為則為伊曼所首發。米厄。一前八六八三十一塞爾。厄。其從門人想之上有之要。發見，而預肯推分光當有某種變。象。明。其後于一八七〇年，果為克立斯坦有吸所。勒力者，有光學切關係一，此種八學八說，五年版為一，柏塞爾塞爾米厄學說一見刻成。之八八五年之科學提學倡會報告中，在此種討論，詳見於克爾文之著名巴爾的摩爾

演說集中。之「後，註一八八四年十月湯姆孫。威廉爵士一開會于加拿大布，金斯會。排。印中，大學者皆以，先聽講者快為，多為一算物理學家。雜著一之最近版。此是，最成在。為一八八八年登體之一光哲學雜誌。一此後著十五年間，科，學家評文有發明，其最著者：一彈，力學說，為必要以。太有相反之作性，則能有據此學說出子不，能相容其之境，受謂能之解性。除此器，難，以惟需設。想。此居問士布，洛漫無界限之處，問議，否而為結東之于一研究。不。一參觀一報一學雜誌一第部，五第部，三，十第，二頁十六，又，夫勒二拆一七光學，一又，第一八八九年。此演講

所有推類法，分析法，試驗法，皆施用於解決物理光學繁複問題，或爲之定其界限。克爾文正在心存其所提議於演講中之各種解明，及力學的方法之際，卽以其時在科學提倡會之算學股爲開會之演說，其題目爲研究物性之動力學說之進步，此在思想史中，不是偶然之事。克爾文接蹤斯托克斯最初之著作所指示之途徑，而爲研究（馬克斯維耳亦然）頗能有改變學者向來對於物性之根本意想之功；此種研究，可分爲兩途：其一、打破通俗呆定之所謂物體界說，卽分物體爲氣體、液體、固體，是也；其二、則有發明學者，以爲物之靜性，得以各種動，如遷動、週期動、旋動、爲之解說之趨勢。是以關於輻射及浪動學說之算學及試驗研究，頗有潛移學者對於物理的變化之普通觀念，此則遠出乎初時目的之外者。〔原註〕或謂彈力學說之由來，因那物之運動，由于夫累涅爾假設以太有浪動，此說與當時所公認之有彈性居間之彈力學說，不能並行。按爾遜教授極不以此爲今日彈力學說之由來，因那維爾一八二七年之說帖，並非因研究光學而發生也（見其所瞻測之所得，以按爾遜與托德罕式之一彈力學說史一第二册第五頁）。其所瞻測之所得，以爲以太之渺茫靈妙，而有實體之性，以爲脆如瀝青，松脂，若假之以時，則能如水之

流；若加以一極大之力，則氣體液體之舉動，有如實體。——由是吾人之科學意想，

及科學名詞之革命轉機，全在乎氣體動力學說。於第十九世紀中葉，即發生極新

之討論，發明氣體之死壓力，得以其中之小點，有極速、極無秩序之無方不有之遷

動，以爲之解說。既有此說以解說氣體，於是即有以『熱亦爲一種行動』之意想。

〔譯者註〕意謂熱即動之變相也。有克希荷夫及本生之光帶分析，而光學之新學說得以盛行，

科學之新法，由是得爲俗人所領略；熱學則有丁鐸爾 (Tyndall) 所撰之著名熱

爲動之變相論，發明以動力解說物性，及物理變象爲最有功。丁鐸爾稱其著作曰：

『熱爲動之變相，』頗有批評其名稱之不合者。〔原註〕退特教授最不以此書

第三百五十頁，又見其所著之一近代物理科學進步論：『熱，其在科學提倡會

所演講者，題目爲『力說』，即附載于此。其言曰：『熱，與動能之非動之會

變相，亦如位能之非靜之變相也。熱者，不止是動義，是動之工能也。』

者亦以爲力與動兩名詞，原有不合及前後不符之處，然而發露于公式時，則有

極謹嚴之界限。平常所用之課本，及哲學著作中，往往不察，誤用名詞，有

發爲空泛議論。作者于後文，特敘論工能，再提及學名詞之事。此作初印行於

三八、丁鐸爾之熱學

一八六三年，以衆人之眼光觀之，簡直如同上天之啓示；數國皆譯行其書，再版若干次，頭等思想家，亦勸人讀此書，頗有人羨慕此書名稱之美，以爲『能將新哲學之最偉大之各種揭露，發明於天下，毋論遠近，咸使知之。』〔原註〕見克爾文爵士之『彈力有爲動之變相之可能論』要節（一八八一年），又見『通俗講演集』第一冊，第一四二頁。其言曰：『予常讚美丁鐸爾此作之書名，予久已欲得此名稱，第一予彈力，現已商明創始用此名稱之作者之概允，予即借此名予此次之演講』。此作卽是以動力學說，研究自然，報告於衆人之第一報子。

三九、克爾文之
漩渦學說

其慨然稱讚丁鐸爾之書名者（卽克爾文）從其他方面，發起在此種思想中最深遠之意思，極人類心思之所能至，卽是以漩渦學說，研究物性是也。此是物理研究進步發生之抽象算學闡理之反應，作者應討論其如何發起，如何進展之步驟，赫爾姆霍斯因以純粹算學，研究數種特別之流體行動，以一八五八年刊布之，此卽爲漩渦學說之起點。〔原註〕赫爾姆霍斯之漩渦學說論文，載于克爾文之『純粹及應用算學雜誌』第五十五卷，曾由

四〇、赫爾姆霍斯之研究

退特譯成英文，登于一八六七年之『哲學雜誌』。實在閱歷所知之不能及壓力問題，明發起于研究聲學。于是不能不研究雜誌。實在閱歷所知之不能及壓力

決之有彈性。此問題中之動阻狀，于是不有相連體動之情形，其並未計，先以單簡之設想而解之。于是研究此兩事之繁複情形，其尤著者，爲討論濶濶，得有意外之算學，以極奇異此兩問題。嘗作爲多種說帖，其尤著者，爲討論濶濶，得有意外之算學，以極奇異此兩問題。果討論十年之後，途有數年，竟不爲他國科學家所注意者，其結果則爲他國亦研究各種問題，不知從前已有有人研究過。參觀一八八一至一八八二年，一科學提倡會報告，不知從前已有有人研究過。參觀一八八一至一八八二年，知有英國之斯托克斯之研究。例如赫爾姆霍斯關於流體流動之不相連接及阻力之結果，早已爲斯托克斯所先知。第十九世紀中葉時，發行一種一物暨學報告，登于其中。斯有在赫爾姆霍斯宣布其說帖之前百年，歐拉即爲流質動力學，建立基礎。因是之故，不得爲流質名詞，立一界說。以流質與固體相比，流質最要之特性，爲各部皆有完全之流動性，絕無堅實性。是以有兩種流質——一種是保存其體量或容積，而對於外力之變其形，絕不相拒；一種爲能膨脹之流質，加以外力，則能受壓。第二種即氣體是也。處置第一種流質，所謂不受壓之性，應以算學爲之立界說，所謂有完全之流動性亦然。此類之有完全流動性之物，非自然界所有；但是爲推闡學理起見，不能不先從一種意思的單簡流質發起，然後漸漸介

紹各種繁複情狀，以修正法而趨近於解說自然變象。以實用而論，最要緊者爲流水變象，此則多用極單簡之流質動力學之思想以研究之。直至第十九世紀中葉，皆以流水及浪動爲以算學研究之問題。流質之界說，原無阻力在內，因爲阻力與能完全流動無阻之意相反。而流質之算學界說，則當流體爲能完全流動無阻也。惟是吾人之閱歷，以所盡知之水質物而論，阻力能生旋轉之動，如漩渦、如迴瀾是也。科學家又知其他各力，磁力之類，處特種環境，則發生此種旋轉動。假使完全流質有此種漩渦存在，則應研究其情狀。在一大片完全流質之中，如何能有一部分之漩渦發生，原是極難明白之事，假使若能存在，則用計算可以求得此種漩渦之情狀，與其結果。由是有下列諸問題發生。以算學立界說之完全流質，能否有漩渦之存在？倘若能存在，此種漩渦有何特性，得何結果？赫爾姆霍斯在其最著名之撰作中，則有此兩問題之解決，證明漩渦能存在，惟要有一定之環境，例如得以試驗發明之從小口噴出之烟圈是也；又證明若能在完全流質內存在，則此種漩渦不

能毀滅，自有其一種之動，有特別之永久存在及動狀。此書與此問題，是純粹算學，在赫爾姆霍斯意中，大抵在研究流質之成點成滴，及流質之阻力有關係（其後果研究此兩種學問，不甚與研究物性相關。〔原註〕以其為純粹算學問題，同力變象有相類似。其在英國，哲學家先已有此種漩渦之研究，而目的則別有所在。

四一、在前之漩渦研究

科學家已知固體物之有極速旋轉者，得有數種新特之性，非不旋轉時所有，所新得者，一、為堅實性，即不受變形是也（如纜索之行動極速者，能踢離轆轤）二、為穩勢，不受變位，不受變動是也（如陀羅及腳踏車）三、為彈性，即受擾而有恢復原位之趨勢是也。一八五二年，佛科創製旋轉儀。〔原註〕一八一七年，有創製一種旋轉儀，即以其名稱之。佛科所製之器，克爾文稱為旋轉儀。湯姆孫及退特同撰之，一自然哲學一（第二版）第三一四頁至四一五頁，關於此儀器，有極詳細之討論。第一冊，第一，四三等頁，第二一八等頁，第三冊，第一六五頁，及第二四五頁，是以旋轉儀，及漩渦之動，為算學家及哲學家所最好研究。凡實寫物性，及以太者，無不提及漩渦及旋轉儀。佛科及法國德國之物理學家，用以解明地球之動。現已發明一部分之完全流質，

即無堅實性無穩勢，無彈性之物，若旋轉極速，則得有旋轉儀之特性；又發明一部分之漩渦，非自然所生，若既有一部分之漩渦，則保全其現狀，與其旁四周之流質，永遠不同，毋論此四周之流質為流動，或停而不動。此種有不同情狀之流質，赫爾姆霍斯稱為漩渦線，並發明在大片無邊界之流質中，此種漩渦線必相與匯合成環，或相鞚，或相連環，有種種不同情狀。

赫爾姆霍斯之理想，頗不為他國所注意，惟在英國，則頗有效果。「原註」為最

四二、赫爾姆霍斯之理想在英國

發明新學說，以推倒笛卡兒之舊漩渦說之國，科學在牛頓之後，為一百年，竟為新漩渦學說最有發展之國。在湯姆遜退特時，科學在牛頓之後，為一百年，竟為新發願，及能啓發動力之名詞所充塞人。耶肯大名，與克爾文，好製造儀器，以並齊驅，共為熱學動力之學說所充塞人。耶肯大名，與克爾文，好製造儀器，以並學五〇年起，變象，製為多最早之純粹的發動力，微點說自然變象之科學家。每原八五〇年，耶肯，製為多最早之純粹的發動力，微點說自然變象之科學家。每原子八一年心，周圖，為有彈性之一種。一八七八年，馬克維耳論科學者言曰：一能見此種對於微點如何舉動。何毋論其意，想中以機器師眼光，觀之，其中心，以機器繁行，雖說不亞於笛卡兒，想不與機器之行繁律武斷矛盾，而是引以中而得之效，果

于馬是單在簡：想又為，勢製所一必種然機，器之與能事發實生相此符變。象耶肯。見有一為種變學象問，之必機求器解師說，。竟能想出，一種能限器于，研究以一生此變象之動。作馬，克斯維耳置又言曰特：性；因于其是受不過能博物學教育，製同，各種一層型之，設想半，乃即得一點適用者繞。自軸：耶肯之是微也。滿（滿不在其他像中說，不製同，各種一層型之，設想半，乃即得一點適用者繞。自軸：耶肯之是微也。滿）見馬六二維耳，所撰論特說，登所撰一之八耶肯八年一，自載于其一，雜著一雜中第一第二十二頁。為。物質（有兩條氣根）本意原想子，式（一即是顆粒有式，連彼此一分離，物不，相充連塞其間）此兩說互近有矛盾，爾不能士並，立欲，求融有通之說會，貫查得之，耶肯後之能進，而原寫馬自卡然拉愛之爾滿學會報，告一君。撰拉一摩爾力學研究日：一顆馬卡拉折研射論所（見一果，三為九年角一）太動之一種見一性九，○全為拉旋動，博士：與機器之太飛輪相類。其輪軸：不受耶肯之移，人，以，其意為純一之勇處決問，發有平常之頑固性，極而有精確清之旋，轉式物之質之性彈一性（反）見前書，第七十三之，第七十七等頁。不過。是假說之理又謂：已。至克爾文之滿五滿頁子說出，所有前三之，各種學說，亦不過。是假說之理又謂：已。至克爾文之滿五滿頁。附註）

先設法為種種之試驗，因是而研究旋轉極速之物之穩定性，

為斯雖創為學說，而頗少以試驗為之，而解說不知其最先以試驗解明此種變象者，美

國科學雜誌之發明(乙)見波爾說帖。第二用者為烟圈。其在英國及流，質則及通俗講之演
 步論儀，一觀此八五知旋轉所深藏之祕九六頁。退特，教授謂文(爵士)近因見物理科學進
 閣，而早之發明以漩渦于說八釋六七年。二月文之愛丁堡著作家極多，尙無一便，用其後則
 有五年論十二月登于一報八告七年。又有「柱形漩渦」之，擺動論「靜力論」，八登八于一
 月之「一報八告一。希客八八四年英國授「湯姆孫會。報告一授。湯姆孫于此種一學八說八
 二年所撰之論說中論，「推用此學一說八靜一力的化學，而為之報證驗」。第六十希客司
 一。又八湯姆孫所撰之「漩渦環之狀論」。又因是而發展打結及連環之學說。

斯(原著作)而此是另悟成，一派有此種研究何。高斯因為研究動力電學，而創造及此問題高
 見，當時此項研究並未宣布。布理(高斯死後)以「八三三(年)刊于其「全一形一勢中幾，
 而有一研究面一，二八連四七，年三格連丁根。第一八分一(年)見里曼一著在曲「面一表八函七數六，
 之年版，第十以八為，第八抽八象的，第四味四，八多年之。此始有退特，教學者，往往一視八為七好六奇
 七年再一事愛丁堡，以家學會報告「學，說第二十八冊其，第一四打五等論頁」，登一于八八四七

年一至一八八五年，復爲研究。學者頗有提特教授之著作，而有使用記號及名詞。此問題之歷史，及其發展，見于丁吉狄 (Diogenes) 所著之一形勢幾何學一（來比錫一八九〇年版）。

四三、漩渦環學
設之爲難

此說一入克爾文爵士之靈巧腦海中，遂發生一種設想，謂在物理學家想像中之無邊、無界、無乎不入之流質中（特爲光學而設之想像也）可以有獨立、不與鄰相同之漩渦環之流質存在；此種漩渦環，則有吸力物之大多數之性質，如質量、穩勢、堅實、彈性等，永存不改。此種學說，誠然頗能啓悟，然而從力學觀以解說物性方面而論，則有兩層根本爲難。一、旋轉物質，從何得其重量？二、又從何得其極大增加之頑固性？對於此兩種爲難之解說，進步極難，其實此時恐仍無頭緒。『原註』參觀第九版「大英百科全書」所載之馬克斯維耳所撰「原論」條下，又翻印于其一雜著「之第二冊」，此中尙有勒薩日學說之討論。

雖然，因有此學說而發生無數之試驗，由是以增長學者知識，又能發起算學家，爲種種算學物理學有實用之要緊問題之研究，又能使哲學家熟習於以最後之力學觀解說物性，則不得不謂此原子漩渦學說，爲思想史之新紀元也。『原註』

參觀拉摩爾博士于一八九〇年對科學提倡會第一股之演講（見「報告」第一六二五頁）。其言曰：「漩渦學說之根據單簡，而能表示思想中之物質世界。」

界之一種力學圖畫，此世界為原子所造成，自能進行不用外助。此種圖畫之價值，並不以為實在世界之機構，即是如此供人一覽，不過表明物理科學之根本公定，且表明其有一定，及相為聯屬之，並非吾人心思才力所不能為透徹之研究者，且表明其有一定，及相為聯屬之，並非吾人心思才力所不能為透得而分析排解之，此漩渦學說，以討論動力的平衡勢故，而與氣體衝動學說日見其確切。

(小點直行)相攜手，又與力熱相生學說(此則為無規則之極小之動)相攜手；又因湯姆孫·雅各教授研究所得之奇異效果，為解說化學連環之引線，證出

化合物之能有穩勢者，全賴小數之化合或連環。「原註」參觀其所製之「漩渦

一言曰：『假設化學元素之原子，皆作漩渦環，力皆相等，不過元素中有只

一環者，有兩環相連者，或作為一連接線之有兩圈者，或三圈四圈者。研

究之結果，證出無論何種元素，每漩渦環，在等量值，此指勻稱排列而言。

見第一一九頁。又言曰：『每漩渦環，不止有一個環，而相連極，不能與他元

單位。我輩若設為原子之漩渦環，不止有一個環，而相連極，不能與他元

素之多千六個原子相連，成為有穩勢之化合物。此與化學事實相符者，邁爾所著之一千六個新學說(第四版第一九六頁)謂化合物之有氣體者，邁爾無一元素之六個原子，與其他元素之一個鈹之原子相化合，只有一種二〇化合

物(氣體)，有六個綠氣原子，與一個鈹之原子相化合，只有一種二〇化合

。因有算學之種種為難，進步極不容易，頗費此後數十年間學者之腦力，然而

有推倒此種之爲難者，則『必享受殊異之大名。』「原註」見「近代物理科學進步論」第一三〇二頁，又「大英百科全書」第九版，馬克斯維耳所著之「原條下，翻印于其「科學雜誌」第二冊，第四七二頁。」

在以動力解說物性之學說中，以漩渦原子學說爲所到之最高程度。雖其發起由於赫爾姆霍斯，而發展則專限於英國。倘若科學仍有國界之分，而各國仍有偏袒其本國之習，則此事爲不可多見之一榜樣。英國又有一發起之事，爲物動之科學之最後最要緊之發明，有絕大之力，以輔助動力學說，此新發明有浪動學說相輔而行，爲今日科學界所公認，即電氣變象新學說是也；此說有法拉第多年之勞苦，及其過人之天才，以爲之維持。

四、電氣變象
之新學說
與法拉第

法拉第之偉大揭露，爲磁電、感電、光電，上文已經論及，早爲科學界所知名；然而其闡理之途徑，則不甚爲科學家所知，或不甚爲科學界所明了。「原註」參閱「赫爾姆霍斯」

刊之「法拉第演講集」第二冊，第一七八八一年四月五日，在化學學會演講，翻印于「赫爾姆霍斯演講集」第二冊，第一七八八一年四月五日。其言曰：「自從有馬克斯維耳解說法拉第之各種理解，學者始知法拉第字句中所藏之理論，極其謹嚴，其所發與事實相符合。然而當時之科學家，則以爲含渾晦，而不可解。其所發

，明者非由于天，授之知識高深。當時之科學家，而不領略法拉第未用發明式，亦殊無足怪者。又，以電流為一種力，讀法拉第所說之力線，謂及力線有若干條，而有何種作第之新異學說，一見此波根多夫對子法。洛達堡革謂外國科學家，登於年報之內，對於近代電學發達論，一登極簡單之節略而已。〇見洛達堡革所著之「於後來說帖，則只登極簡單之節略而已。〇見洛達堡

大陸哲學家，附

和庫隆對於磁塊相吸，及電流小部分相吸之物離力及變象，思以算學文字發明

之時，「原註」此種研究，作者於上文第四章為外國自然哲學家專事研究。例

大四〇學年之磁拉普研究，善以算學思想，皆專力研究。高斯在二八三〇年，一刊不其毅然用確切學量度，其所以不用電學及磁電學之基礎，並為靜電，柏預備，感之研究，反此基礎在十年前對于此事，三四年至一八五三年二月十九日，有言曰：味少。一種或關係者，亦向未能從研究所得之先行刊布之，需時者一拋棄此事而得之，加相拒之力（因予當點電氣之虛靜勢，而有猶能記憶，需時雖各力研究之，仍未吸之，無有可以求得之一日也。一而當時高斯深信，必需先有一種第六七等發生

（法拉第則專注意於磁極附近舖滿鐵屑所成之線。（原註）予指多數磁極，曲

毋論如何位置，若在其附近灑滿鐵屑，或多置小磁針，所成而言，第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

第四章附註）電學試驗研究集（一八三一年十一月）第一，（見法

四五、力線

物所發現之情狀；法拉第以為在此界內，發現一種施力牽掣之情狀，又謂此界內有『力線』布滿。在此有磁力或電力發生之界內，有灣曲之力線布滿；此種力線，有一定之方向；法拉第之意想中，遂知在磁塊或電流之附近，毋論何處之磁力電

力之大小及其方向。「原註」「磁界」「原註」「磁界」一名詞，似是始用于一八四五年（「原註」）。

自法拉第觀之，在磁界內之力線，其始不過作為一種使用之幾何方法。「原註」

表示十一月之方向。第有言曰：「物吸力之用，使物點力相吸，其名詞，向皆直線，惟受以

偏見所運動，然與多論從任何方面以觀此事，雖予實不能不贊成，或予為一己之

力及之譯者也。「原註」作者所缺而不確切者，示電力之所謂平常自然，即吸力。例一物試離

線句語，集不過指一二三情形而言。法拉第予此時之「予最關切者，感力為線及讀曲者切力

勿對於予另途徑研究，增加予結果。外法之特別見與已所得者相符合，又與赫黎

特別見解所得者相同，於是發為結論。有言曰：「予今敢於發一表，予之其

後漸有物理之意義，「原註」十年之久，乃得有物理的過暫時。此事則在一八五二年，

六月之「發展」雜誌為「物理學」當原此與力線之相類。生原時，及質亦不過一種記號亦

不過為「便起見」，以表示當開其與物理之關係。自一八四〇年至一八五〇年

等頁。其後化學家則不撤其例，物理之關係。自一八四〇年至一八五〇年

得極顯著之第所致力研究則至，今為兩大問題，其得一解即按也。其所預定之方即針磁，力而

所，及於通感及物夫累涅爾。以磁以及電而論太，充塞陸。哲學家以爲磁及外電種外，皆不能
 空，而於揚氏及物夫累涅爾。以磁以及電而論太，充塞陸。哲學家以爲磁及外電種外，皆不能
 不受磁及于磁界內移之。法拉第既知通感物有通，電力磁力之能，于是以後試驗告成
 功。雖于心力八五〇年十一月，然告其所得之效果于皇，家則深信。其言曰有：「
 予雖。屢耗心力八五〇年十一月，然告其所得之效果于皇，家則深信。其言曰有：「
 于新近接續前功，再爲謹嚴精密之試驗，今日竟得效果，居過物能之搜方磁
 電于光線，又能加光，于磁線。精密之試驗，今日竟得效果，居過物能之搜方磁
 線，若改變光線，改變物受光對，而使之效果見，則方向見「諸力見」一試驗，集一第
 與，第二，一四八章，及附注。此法拉第所研究之第二問題，則欲證明物吸力
 一，百六十一頁。自。然而一八五一年以來，漸見，有精嚴之發明（見一試驗集一
 想，漸趨成熟，自。然而一八五一年以來，漸見，有精嚴之發明（見一試驗集一
 及第二十八部二，第三冊，第四百三十八等頁）。因法拉第早已深信電力之相吸
 相拒，與居間物大有關係（此則有卡芬狄士知之在先）居間物之於電力變象，
 有大作用，亦如發光與發熱，其居間物之有作用相同。大陸哲學家，則狃於吸力例
 之物離力及之說，以爲居間物並無作用。大陸哲學家繼承類似拉普拉斯及其從
 者之法，以算處間各地點之組合吸力結果，竟全不研究如何得此結果之問題。因

爲此項研究，無所用於時間，則兩物相離，如何能使吸力相及，其間有無機括，則以爲不必過問，亦不能研究；以爲用天學觀解說此種變象，爲至矣盡矣。在法拉第則以爲居間物（傳熱傳光）亦各有極要緊之作用，其性質及其情狀，最爲要緊；於是始創一名詞，以爲稱謂。研究光學者，新近又恢復傳光以太名詞（此名詞原爲楊氏、夫累涅爾所用）於是法拉第乃介紹『通感物』及『磁界』兩名詞於科學中，作爲擔荷或負載電力磁力者；雖多年不爲科學家所採用，而能使自然哲學家心目中，常有此種電力磁力，究竟是用何機械以爲傳遞之疑問，此爲天學觀以外之問題。在法拉第意中，直以爲此種類似，爲實有之事，於是由設想而苦心焦思，竭其智能，務使能證明此設想爲事實，後來竟告成功，以試驗發明磁片在透光物附近（透光物之能顯極性者）有改動受極之光線之方向。法拉第致力於『力線』充塞處間，以解說電力磁力輻射，並或能解說物吸力，是在一八三〇年至一八五〇年間。其時科學家見解，以爲法拉第之多數揭露，與大陸哲學家所研究，及

法拉第之意想有克爾文爵士為之發展

已經以試驗證明之見解相反。法拉第見解，既與大陸哲學家見解相反，其首先微示其意，以為此兩相反之見解，有其可以兼容相通之理在，則為湯姆孫·威廉

（即克爾文爵士）一八四二年，其時湯姆孫不過十八歲，二月，湯姆孫製說

帖，討論「熱氣在純一實體內，有均速率之功，及與電力之算學學說相關

之加一附註曰：「所發明之大概結果，足以表示動之毋論如何電力及磁力分布

載者，成爲五年」又有說帖，載有此問題之發展，及施用之法。此兩說帖所

之，逢與傳熱學說，「盡相類似，其意即包括于傳熱學說所用一力線傳熱 已知

英國之試驗研究，及法國之算學研究，即能指出流行之變象（即動也），可以用算學法，以算式包括之，此算式與不動之物質分布，為吸力所制之算式相似（吸力似乎不用居間物，而能遠傳者。）例如有熱從源頭向外，流行於處間，分布熱度於處間之各點，成爲停頓情狀（此種平衡，是動力的，而非靜力的，）可以用算學公式表示，與按照怕松及他人之研究，所得之電力質量，或吸力質量之分布之公

式相符合。以熱之流行而論，吾人則知平衡勢之所以維持者，因有熱流行於居間之處間，然而需時，非立刻所能致。此種符合，或者可能解說法拉第所堅持不捨之意想，此意想謂相吸相拒之靜效果，由於在居間物中之流行以維持之，一八四五年，湯姆孫再研究此問題，竟得學說，以兼容此兩不同之見解，其結論有謂：『用後

一法以發明算學的學說，比較庫隆學說尤爲單簡』云云。〔原註〕一八四五年湯姆孫一

學說。參看翻刻電磁雜說一第二版第二十九頁。克爾文爵士初當年在即有此種問題之研究，如是者凡致力二十年，學者宜讀此項著作，初當年在即有思想。上得，有特別之意味，維耳之電磁學的學說以來，而遂成爲普通的理想也。其後又有諸科學家（坡印丁，洛洽，赫姆孫 *Helmholtz*）其著作中，當時不過，以爲通俗的發明，其此多種理想，丁早已見于赫姆孫之著作中，當時不過，以爲通俗的及理想而已。意，湯姆孫屢次指，明關於磁塊及物理的意想，所得之底數，之能流行，及庫隆之意。想，寫屢次指，明關於磁塊及物理的意想，所得之底數，之能流行，亦然。所謂物離而吸力相及之說，亦表明對於自然變象之說，其初仍者皆爲不足成爲物。理學說。湯姆孫此項著作，亦表明對於自然變象之說，其初仍者皆爲不足觀，逐漸變爲動學著作。中一八五一年後，湯姆孫最先採用拉第兩力名詞，一即力，算學家亦不得不用。相離甚遠之物，理以變象，亦不能不有此兩名詞以三五年之

途徑一（八並為法年拉間第，所又有兩位，大關算學家，向之密爾量數，爵士立，幾何意拉新曼，及為獨之
 析訂立名詞。其起初所發明器。後來已有說帖學家之改變，較展為單動力，觀研為矢算理分
 曰：最為奇異。賴一電八過四，七年可，以曾報告科學所提得之會變，象，于成為一地球極有力意，味有之
 問題。吾人安培之電，絕學說，以自然為物質之質點，生實，然而只可以電場存在。一種（見想
 二刻本第二版，第四六九頁安培學。說一之八為七年，但是湯姆孫對於此數語從前又所謂曰：質
 力，以動力為要素也。于一八四七年，棄從前多數提倡力觀，始從朱爾，其後得逐漸拋
 棄所有一切靜力的觀念。一
 一見第四二三頁附註）

湯姆孫此項提議，久不施行，其後施行，亦非湯姆孫，乃由湯姆孫示意於馬克
 斯維耳，而為之研究。其時湯姆孫又為進一步之研究，將法拉第新近之揭露，及本
 人之特別意想，組合於怕松、格林、兩大算學家所創立，並曾經完全發展之算學的
 學說。湯姆孫不為力線作物理的解說，而表示如何用力線，可以計算磁物相拒相
 吸之力，並提議新發明之反磁性物，不為有大力之磁條所吸，而反為所拒，可以解

說為凡物皆有磁力，所謂反磁性者，不過為此種磁力之餘效；

至「光線受磁」，及令「磁他種試驗」，以目睹之後，「試驗」並「聲」明「第二」物「質」四「六」有，

磁性之新狀「一」見「二」論「三」似「四」乎「五」有「六」多「七」數「八」物「九」皆「十」年「一」受「二」湯「三」姆「四」孫「五」有「六」言「七」曰「八」受「九」者「十」按「一」為「二」照「三」係「四」法

拉第之情形「一」近「二」究「三」而「四」論「五」似「六」乎「七」有「八」多「九」數「十」物「一」皆「二」年「三」受「四」湯「五」姆「六」孫「七」有「八」言「九」曰「十」受「一」者「二」按「三」為「四」照「五」係「六」法

有數「一」種「二」變「三」象「四」有「五」負「六」結「七」果「八」者「九」為「十」法「一」拉「二」第「三」稱「四」此「五」種「六」物「七」質「八」之「九」種「十」部「一」分「二」有「三」反「四」磁「五」性「六」物「七」力「八」法「九」拉「十」第「一」力「二」強「三」之「四」言「五」曰「六」點「七」：「八」按「九」為「十」照「一」係「二」法

關于力「一」弱「二」之「三」點「四」之「五」磁「六」。此「七」變「八」象「九」上「十」文「一」得「二」以「三」平「四」常「五」之「六」結「七」果「八」磁「九」感「十」句「一」語「二」表「三」明「四」。可「五」見「六」不「七」法「八」過「九」改「十」第「一」係「二」所「三」揭「四」露「五」一「六」切

印于一號「一」而「二」已「三」五「四」年「五」。曾「六」翻「七」加「八」刻「九」本「十」附「一」註「二」第「三」五「四」：「五」二「六」頁「七」樣「八」之「九」。實「十」湯「一」說「二」孫「三」表「四」一「五」八「六」亦「七」四「八」可「九」用「十」于「一」著「二」片「三」作「四」輾「五」翻「六」鐵「七」翻

熱，或用于「一」其他「二」正「三」磁「四」性「五」物「六」。或「七」反「八」物「九」所「十」轉「一」移「二」對「三」相「四」類「五」。是「六」以「七」力「八」謂「九」，又「十」表「一」示「二」磁「三」居「四」力「五」問「六」線「七」物「八」之「九」變「十」能「一」與

力拉第，是「一」有「二」根「三」據「四」之「五」言「六」，則「七」正「八」磁「九」性「十」物「一」之「二」能「三」凝「四」聚「五」。力「六」線「七」，及「八」翻「九」刻「十」本「一」物「二」之「三」能「四」拒「五」力「六」線「七」，附「八」註「九」如

○七，法「一」拉「二」第「三」八「四」〇「五」八「六」章「七」。第「八」二「九」八「十」於「一」是「二」介「三」紹「四」導「五」磁「六」率「七」名「八」詞「九」，稱「十」此「一」種「二」物「三」性「四」為「五」湯「六」姆「七」孫

之率「一」效「二」，見「三」物「四」之「五」舉「六」動「七」，年「八」或「九」作「十」翻「一」正「二」磁「三」性「四」物「五」，四「六」八「七」九「八」頁「九」。磁「十」力「一」通「二」例「三」曰「四」：「五」因「六」有「七」磁「八」物「九」力

之磁條之附近，所謂磁性之程度，及引磁力線之程度，其後又以試驗證明，若以此

種磁性在晶類之各軸有多寡之不同，與晶類所發現之彈性不同相類，其結果則為轉效，此則可以解說晶類受磁力而改其光性。（原註）參觀「結晶」一見一物八五七

力年一哲學雜誌，怕一松，預料其有算學一解說之版可，能，四七一此種奇特。情形，第既未謂付磁

引查一八二六年巴黎版一吾人院筆記之一「磁學」湯姆孫一篇。刻本一第為四八四頁之所

四露所引動，專，致力其于研究一氣體及晶類之幾何性研究。以時一八四七年，卷一連第

著若于一說八四七年，幾與法拉第為多敵。其第一種，或普露，刻之磁一條物理學，之一力八，

宣布于以算學發明，磁感學說，只。以純粹試驗為基礎，（見上引湯姆孫何著理想，學

說九六時以來比學發，第六學說，只。以純粹試驗為基礎，（見上引湯姆孫何著理想，學

想第四人，一頁。授怕，松，因無此揭人露，及時人無從發展此學問題。普露之刻是極有，新觀

其算學子一學八二二年，之並。普露初年之幾何研究，最，不知有達高斯利之章著作派，

已刊行學子一學八二二年，之並。普露初年之幾何研究，最，不知有達高斯利之章著作派，

之電學時說，亦，並不知之度。又，普承認國，之最盛行一松時及湯姆孫，普露初算學致力說于

物理學時說，亦，並不知之度。又，普承認國，之最盛行一松時及湯姆孫，普露初算學致力說于

滯，且，謂假使知之在早之，純粹物理研究，尤為重。視。其未受章柏利研究之精神所

所撰之普露刻特性，蓋斯勒，見上文所引書，第一室弟子也。參觀蓋斯勒，在此各種研

究中，不過用法拉第之意思，以實寫及計算其以試驗揭露之變象，並未為物理之解說。法拉第之意思，一到湯姆孫手中，亦如道爾頓之原子學說之在第十九世紀上半期諸化學家中相類，作為一種記號，以表示及計算變象而已。

四七、
耳 馬克斯維

然而法拉第之『力線』之不能永久作為記號，亦如道爾頓之原子之不能永久作為化學計算之籌碼。兩種學說，皆不久升為物理學說。氣體衝動學說之有功於原子學說，亦如馬克斯維耳之研究之有功於法拉第之記號。科學家能數物質內之分子，能量度分子相離之遠近，又能測量其速率，皆已成爲事實，由是原子學說，始有生機，始有解釋；法拉第想像中之電力線、磁力線，亦然，因一八八八年有赫芝證明電浪也。初時原子及力線，不過是創始發明家，個人之便用記號，以包括多數不同之變象，最多亦不過能以算學計算效果而已；其後皆變爲事實，且有實用。

法拉第之意思，以為電力磁力之變象，全賴凡物皆有之一種性質，瀰漫處間，

四八、
馬克斯維耳
之多數
電學著作

與輻射及物吸力相類似；其發表此意想後之二十五年間，自然哲學家之頗引爲同調者，惟有湯姆孫一人。著名之物理學家之直接受法拉第潛力者雖多，而以丁鐸爾爲最親切，然而丁鐸爾亦並不吸收法拉第之科學句語，及其科學之闡理。法拉第之意想，惟有大算學家能悟會，而以算學發明其意想。湯姆孫嘗鼓勵馬克斯維耳，及湯姆孫刊布磁學算理之後，馬克斯維耳於是專力研究電學，及相類之問題；其時英國之專研此各種問題者，幾乎惟有湯姆孫一人。〔原註〕參觀格雷士布洛克所撰之馬克斯維耳及新物理學論一則，一九〇一年印行。其中第四十二頁，有引馬克斯維耳尺讀之語，自謂「湯姆孫電學著作之言」。馬克斯維耳之名作「電學磁學」之序文，提及算學家之見解，與法拉第之見解不合，有言曰：「此兩種見解之不合，提亦並非兩家之見解。予最初之所以信其爲如此者，由于湯姆孫爵士，予之援助指示。及其著作」云云。」馬克斯維耳之電學革命著作，第一種爲法拉第之力線論，一八五五年十二月出版。前後接續之同類著作頗多，最後之著作，在一八七三年，採輯印行，卽其大著作電學及磁學，是爲歐美科學家此類著作之中心點。從歷史上觀之，馬克斯維耳組合兩分途之極有效果之闡理，

其一發起於法拉第，其一發起於湯姆孫。克斯維耳之學說，若從另一方面說起，可以謂馬及，以預爲之所，分起于英國，有庫隆及安培之公式，以爲表示。湯姆孫曾證，及，電流之相離，力之變象，有庫隆及安培之公式，以爲表示。湯姆孫曾證，明于大陸科學家之公式之充分意義，且能用于法拉第，又特爲表明此多公式，不(姆)高斯，所發起，後爲韋柏大爲推廣之，電磁之小點以遞力，量度並非(三) 法拉第，所發起，後爲韋柏大爲推廣之，電磁之小點以遞力，量度並非組兩物相離所能施力。此三種算學之研究，有馬克斯維耳之學說，以爲之其深印於馬克斯維耳之想像中者，則爲既有物理學說，奚獨無算學學說以證明之——其意即謂既成爲學說，則同時必有物理學學說與算學學說相輔而行也。馬克斯維耳之學說，要能包括貫通此時所有之純粹數學的，幾何的算式，能確切表明電力、磁力、電流之事實，例如庫隆之靜電及磁力例，安培之電動力，電磁力之公式，及歐姆、法拉第之各項電溜發明是也。又要能表示明白，各項繁複變象之元始行動。對於此一層而欲達目的，則應從他派科學，以類推法求之。法國之自然哲學派，以牛頓之吸力公式，而統一物理的天學，以爲他派科學，有其類似，亦以此術爲

之研究，由是發展前卷所謂以天學觀研究自然變象，安培及韋柏，即推廣此類推法，以包括電力磁力變象。此外尚有一類推法，尤爲法拉第所熟習者，即以漸傳布，以漸流行，或以漸傳遞是也。此種變象，則有時間問題，有一種之動發生所謂『動力的平衡』。傅立葉關於此種流布傳遞，有算學的分析；湯姆孫即用爲起點，以從事研究，因此此種類推術之所達深遠，其後（一八五二年）推廣於熱、電、磁、反磁、及流體之流行。『湯姆孫提醒學者，謂其所製之流行圖解，與法拉第在皇家學社所發表之圖，極其相似；法拉第用以解明鐵磁與反磁物潛移力界者，於是徵引類推執學算理，以解明「力線有傳遞力」之說爲正確。』〔原註〕參觀一八五二年報告科學提倡會兩說帖：「此論磁學曲線，及推用于熱學，電學，及流體動學。」（此兩說帖之節略，在一翻印）第五百十九等頁。〕

湯姆孫不過略示此種見解之影像，至一八五五年及一八六一年，馬克斯維耳則爲之發展。馬克斯維耳所用之法，〔原註〕一見馬克斯維耳所著之「法拉第報

告一册，參觀其「科學雜著」『大約皆根據法拉第研究之理路所啓發者；法拉

第之此種理路，雖經湯姆孫及他人以算學爲之解釋，而科學家大概皆以爲法拉第之研究，不過具一種無定準而不合於算學之性質，不能與專門算學家相比。

四九、馬克斯維耳之力線管
管之意

馬克斯維耳第一步先改『力線』爲『力線管』（簡稱力管），不獨在處間可以表示方向，並可以用管之橫剖面之大小，以表示力之大小。由是所謂力線，乃得較爲有定準之算學的表示，又設爲管內裝滿流動之流體，其流行之速率，與管之橫剖面爲反比，此速率即代表在處間無論何點之力度。馬氏並表示，若此種力例，即是以試驗證明之距離二乘反比之例，則意想更變爲單簡。

馬克斯維耳之思想，是以純粹幾何的意想，表明一種假設的流體之動。

（原註）

觀馬克斯維耳第一說帖（見前書第一冊，第一五九頁）之結論，則知其始並無意于作物理的解說。其言曰：『毋論對于何種變象，皆歸納于假設流體之幾何式的動，于原望得其貫通及正確，以免發起未成熟之學說，以說變象之原因。倘若于所得之理想結果，有用于試驗哲學家，爲之布置及解說其所得之結果之用，則雖有算學的學說發于先，仍有待于研究事實，則有待于成熟之學說。此雖有算學的學說發于先，仍有待于研究事實，則其成功，以爲今日則通行以此種觀念對待一種大多數變象，馬克

斯維耳則爲最先發起人此種觀念，同時又爲以動力觀解說自然作用之一大進步。此種力線，或力線管，（原註）一八五二年，法拉第嘗言及力線殼，力線管曾創造新名詞，以稱呼兩力線殼中間之處，間（見一試驗研究一第三章）。充塞於磁條或有電物之週圍；對於此項情狀，馬克斯維

耳則有較爲分明之表示。此卽法拉第所稱之受電狀，當時雖早已有此種意想，而未能規定者。湯姆孫於一八四七年，（原註）一八四七年，湯姆孫有言曰（見

算學物理學雜著一第一冊，第七十六頁）：「法拉第之靜電感學說，能啓發一種意想，謂彈力學說中，當有一問題，與通電物上電力之分布各種問題，有相合者，或與有電物之相拒相吸之各種問題，相合者。其後法拉第關於極光問題，新近所揭露之透光物受磁力或電力之變象，亦可爲引線。」

曾證明法拉第於一八三一年之意想，以爲此種特別物性情狀，等於受逼壓而變形之情狀，得以類推有彈性物之受壓逼而變形以表明之。湯姆孫曾有三種彈性受逼壓變形之分別，以爲卽是靜電力、磁力及電流是也。對於此三種力之由來，湯姆孫並無物理的解說，不過用「此兩問題（電力及彈力）算學類推法，以助學者之設想，以研究此兩問題而已。」（原註）此引一八六一年「哲學雜誌」所登馬克斯維耳之「物理力線論」之言

(見「全作」第一冊，第四五三頁) 以表磁力變象。馬克斯維耳又引用其從前(一八五五年)幾何的力線說，在此說中，曾發明此種受電狀之幾何的表示，不過以力學助意想，並非以之解說變象。馬克斯維耳又言曰：「此時予擬從力學方面，研究磁力變象者，能以相同之理想，而能連貫磁氣吸力，變象，與電磁變象，及能連貫感電流變象，吾人則求得一學說，即使其不為真確，亦只能以試驗而證明其為不確，然此多數之試驗，亦能大增進此一部分物理學之知識。」(見第四五

二頁) 馬克斯維耳由是再進一步，以發明一種物理的，或力學的實寫此種逼壓情狀，即實寫所謂物質之受電狀也。既以此為目的，其意想中即設為有一種居間物，因變形而施力於物質，發現牽力壓力(即磁力)變象，及其各部分之動(即電磁行動)。科學家已知在此種各部分有彈性動之居間物中，有漩渦動，則某部分能發生壓力及牽力，於是有各種問題發生於馬克斯維耳意想中，即如何用居間物某部分牽力及壓力，以表示磁力變象？漩渦又如何傳動，或受動於夾於其間之能動之居間物之小點？馬克斯維耳竟成功算出此種居間物之完全模型，以動力表示磁力及電磁力變象。其最為得手者，為給予法拉第想像中之力線或力管，以

力學所能量度之力。馬克斯維耳自認「其意想……不免示人以拙笨難用。可知此種意想，並非爲與自然有如是之關係……然而意想中能有此種動力式的關係，而又易於研究……予敢謂學者若知此意想，不過有暫時假設之性質，則知對於變象求真確之解釋，可得此意想之助，斷不至爲其所阻礙。」（原註一見一册，全四八六頁。其末章論力線，馬克斯維耳則提及哲學問題。其言曰：「究竟解釋變象，有若干憑證，可以證明學說之可信，若有兩系變象，皆與公式相符，表示此兩種變象相符合，吾人應推至若何程度，作爲是同類變象。吾人已揭露有此種部分之相符合，又知其爲不過部分相符合者，因爲曾證明兩種變象，另有關於其他方面有不相同之例存在也。在程度較高之物理學，吾人或能，偶然求得較爲相符合之處，而需有多數之研究，然後能發見所謂較相符合者，仍有一八八頁。）

假設一極端輕妙之居間物，充塞處間，填塞一切物質，而又有實體物之彈性，在馬克斯維耳時，科學家並不以此種意想爲不可存在。五十年前，夫累涅爾與楊氏提倡此說，雖爲科學家所極力反對，隨後因光學學說之發展，則公認此說爲科學思想之利器。在此種居間物中，若受擾動或移動，則此種擾動或移動，傳遞於外，

五、電速率與
光速率相
符

有一定之速率，視彈性而變——所謂彈性，即密率及堅實定數也。今若以一劑之電，為無重之物，並無物質，只當作是居間物之受擾，既作如是觀，則發生一問題，此種擾動之速率，是否與其他有彈性之擾動（如光線之類）之速率有比較？電學家已知一劑之電，有兩種分別，一為靜電，一為動電；又經韋柏及柯勞士於一八五六年，實行測算若干單位之靜電流行，乃能發生一單位電流（即動電）之動力效果。韋柏及柯勞士兩君所求得之數（與速率類合），與吾人所謂光（即彈性之擾動）之速率同等。馬克斯維耳則首先見出此種兩相類合，有極重要之表示。

「原註」見一八六二年一月二月之「哲學雜誌」，又見于一八六二年一月二月之「哲學雜誌」，第四九二頁。

馬克斯維耳之言曰：「予從靜

電及動電之相生之數，推出兩者之關係，又以柯勞士及韋柏兩君之電磁試驗，與菲素所測得之光速率，兩相比較，曾經發明在空氣中之磁之居間物之彈性，與有光居間物之彈性相同，然則此兩種同時存在，同一充塞，而彈性又相同之居間物，非即一種之居間物耶？」

「原註」見「全作」第一冊第五百頁。其言曰：「在假設之居間物中之擾動之速率，以柯勞士及韋柏電

磁試驗而得者，與菲素光學試驗而得之光速率，盡相符合，吾人不能不推得結論，謂光爲此居間物之橫浪，而此居間物即電力磁力之原因。」云云。

馬克斯維耳既指出電性與光性之能用試驗證實之此種類合，及其他種種相類之處之後，以爲用在磁界中之旋動及直動，及彈性受逼變形，儘可以解說電力及磁力之各種變象。其視早年所作之各種實寫，不過爲一種粗淺之力學方法，用以實寫已知之磁物及電流之效果而已。其有價值之結果，則爲（一）電磁界可以視同動力界；（二）至於所謂物離力及之說，則可視同經由此動力界所傳遞，有一定可以量度之時間；（三）又指明光、電、磁之變象，有其一定之相類似，此種相類似，得以精巧之試驗而證實之，推廣之。

馬克斯維耳接蹤法拉第及湯姆孫，於是處置電力及磁力變象所到之程度，與楊及夫累涅爾五十年前處置光學變象之程度相同。即謂動力觀由是而有多少精確之發明；有多數之事實，由是而得有秩序；由是而指定其後應如何試驗研究之方針；最後則由是而發明兩大門類之變象之相類合，其一門類爲磁與電，其

一門類為光。讀者至此，以為馬克斯維耳此後之研究路徑，與夫累涅爾於一八二

〇年所由之路徑相同，使其分子漩渦學說，更臻精確，即謂使電磁模型，至於盡善

盡美，如夫累涅爾之對於以光浪解說光學。然而馬克斯維耳所用之方法則不同。

〔原註〕馬克斯維耳推闡之說帖，步最，後所製者，見于皇家學會一報，一八六

年，註一八六四年所撰之說帖，最，後所製者，見于皇家學會一報，一八六

印作爲公式，爲第一冊之研究，一頗有湯姆孫之法，研究精神線。第二說帖，第

學說之力，第三說帖，最爲緊要，又最始創解，作爲拋物線前此之率，製造成分，

造，及物設爲一種極繁之機械，此種生多視之率而變，而其機有另種途，

之，移動中，一部有彈性而生其餘一分之一，全而作變，第一冊由于三相聯，

部署耳如式，曰：解予此變象試今寫此一種帖中之動不用此種設想之受討論變形知，

之感流于變象及通感，以便讀者光明，用電學變象積而已。此說性名詞所用不過類引之讀句者

，語則能只作本名爲詞之正解。不可論何種工能，惟說與力學之工能相同，能毋論其然

緊動，爲彈力在，或能究他在何處。能說電工變象在得電之物，力在通電之輪。路推，一在要

生效果，又在一種不知其性質為何，而稱爲位能，即指相離若干遠，而有發
周圍之地，亦在得電物及磁條內，其形式不同，可以分爲兩種，其一可以
謂之磁性位能，其一則爲電性位能。若照一項成分頗高之理想而論，即是
形一居間物之動，及受逼之變。馬克斯維耳在後來較爲要緊之著作中，則用另

種而較爲普遍之推闡。倘若電、磁、光之變象，皆發生於有特別動力性居間物之一
部分之動，則此居間物當然爲一種動力系，當然受動力通例之節制。此種通例，備
載於動力學中，而動力學則曾證明，若知此中之工能分布，則全知此系之舉動。

作者將於下一章，對於此意想之發展，爲歷史的討論，此理想不獨可用於能
見能量之動力之工能，且可用於第十九世紀所曾經量度之各種自然界之力，又
不獨可以用工能量度之，且無論何種行動，如旋動，浪動，遷動，整齊有週期之動，不
整齊之無秩序之動，皆可以用此表明。馬克斯維耳在自然哲學家，爲首先對於一
特別問題，而能作此極普遍之抽象觀者，因所有之物理及化學之動作及效果，已
證明其可以歸納於同一公量也。此等觀念發展之潛力，影響於動力觀者爲極大。

以動能量度自然界各種之力，其最早之效果，及自然而生之效果，則爲增進動力觀之勢力。此外尚有另種可能之觀念，作者將於後文詳論之。

馬克斯維耳之意思，不獨有大潛力，轉移科學思想，且能轉移俗人思想。近一十年來，算學及試驗研究，皆注重於以光爲電磁之變象。此種觀念，有赫芝之試驗，以爲之輔佐，爲之推廣。赫芝嘗以精巧方法，發現電磁浪，並證明其爲光浪之分別，只在浪長及週期，至於返射屈折及其他特性，則光浪與電浪皆相合。今日多數物理學家，以爲光浪卽電浪之浪長較短，浪動次數較多者。電與磁之居間物，卽楊氏及夫累涅爾所假設之傳光以太，以爲光線不過是電及磁之擾動所傳來之有週期動或浪動。

五四、各種新學
說之推倒
天學觀

各種新揭露及新學說，有推倒陳舊之天學觀；天學觀之解說自然變象，以爲生於有重或無重之小點之遠離相吸之力。今日科學家之知識或想像，深信處間有物，有相連接之居間物，充塞其間，又深信有重物之無可懷疑之原子特性，大抵

不過由於一種特別不可更改之動，此種特別之動，有多種特性，如克爾文所表示漩渦線所有者是也。然而仍有為難存在，即如何解說有物質之物，科學家稱為以太者，與所有之有重物比，以有重物則有吸力之變象，有加增之頑固性或物質也。

馬克斯維耳初時嘗欲製一動力的電磁界模型而不果，其所以不果之故，不甚清楚。「原註」拉摩爾博士對於此事有所提議，見馬克斯維耳之初意，則有子其所著之「以太及物質論」第二十八頁。

他人繼起而討究之，有極詳細之著作，以實寫得電物、及電溜、磁條、反磁條、附近有如何動作，如何可以使人目見。「原註」此種圖解，洛治博士所著之「電學新泥學問題及變象之正確及有用之不能不有。然而若固執此種圖解，或以易于解作爲多用數人所欲得。此作觀，洛錫鑿于英國及大陸，發展論一尤暢，八九年來此錫版，第一三三頁，以外國有一變大名家波爾茲曼，用一種特別之赫爾姆霍斯，所研究者三三頁，以解電力變象。此種機動，稱爲一種特別之赫爾故，爲「變，更其地位之每，小並無，改變」一見所撰之一馬克斯維耳，入而居其位，當動時，全部之情形，則有相等之動之馬克斯維耳，耳學說演講集，動，一八九一及一八九三，引年來必需之版，第一冊合，宜第十理想（事。實與于此種輪

必要分別清楚，則可以求得馬克斯維耳之普通方程式。

爲講解起見，此種細巧繁複模型，原有大價值，若以爲物理學說之機力根據，則要審慎。凡是創製此種模型之物理學家，不過當作一種記號而已；然而亦有其用，使學生及創造家，與聽演講之普通羣衆見之，果能深信所有一切物理變象，不過皆爲動作之事，且深信自然哲學問題之終極解說，則求之於動力觀。從動力觀方面觀之，物理學及化學至乎其極，不過動力學中之論動之數章而已。

科學家對於傳以太學說，亦不願視爲便用記號，亦不願爲使心目能見分子動作之粗率方法，然而發起此浪動學說之大發明家，則安於所止，不甚勞心，所謂浪動學說，今則稱爲彈性實體學說，以示與馬克斯維耳發起之電磁學說有別。彈性實體學說，則有克爾文爵士爲生存之大力提倡者，在其巴爾的摩的摩爾演講中，極力設法對付此學說之種種爲難，其所恃以維持此學說者，則引用斯托克斯所提議之光學和諧及響應，以解說以太及有重物質之交互相施之力；又引用柏塞

爾，塞爾米厄所提議之自由浪動，及受節浪動之學說；又用其所自提議之漩渦原子，以解說有重之原子，在充塞一切處間之相連接之居間物中之行動——對於此點，克爾文有極明晰之表示。其言曰：『毋論何種提議，謂吾人可以當作傳以太，為能如吾人之意，以發表此事，則請勿聽之。予信吾人與頗遠星球之間，有一種實在物質，予並信光即此種物質之真動，所謂真動者，即夫累涅爾及楊氏所實寫之動，即橫浪之動是也。假使予知光之磁性學說為何事，因此學說與光浪學說之根本道理有關係，予則能存想及之。然而予則視為退步，因夫累涅爾及附和其學說之人所發表者，實為一種絕對而有界限之力學意想，今反拋棄之，而維持新近幾位著作家所維持之電磁的光學學說，非退步而何。』

馬克斯維耳所發起之闡理，又得附和其說者為之發展，雖未免破壞舊時光浪學說，及氣體衝動學說之單簡直接輔助動力觀，以解說自然變象，隨後有赫芝之試驗，證明電浪，在俗人視之，以為對於電磁學說大加助力。樂琴 (Röntgen) 等

所揭露之他種光，亦能增加助力，惟此各種光之特性，至今尚在臆測之列。

此各種新揭露之光，有其實用，更能扶助此學說；新近三十年間，電學各派工業，由是而大發展。追溯第十九世紀之初年，其時所知之最要電學磁學之變象，皆吾人所謂靜力變象，所專為研究者，有聚於通電通磁轉之中心，或分布於面上之電力及磁力，及相離所施之力。其施於實用者，不過為航海羅經及引雷電之線而已。自從揭露電流，及有德斐之發明，用以化分離分之化合物之後，由是發生所變象。大陸科學家，如庫隆、安培、韋柏、諸君，最先發展靜力變象所引起之闡理及研究，而用於動電之變象。法拉第繼承德斐，則從化學方面而研究此問題。其先不過疑及，其後竟能以試驗證明平常所用之靜電，即大風雨所發生之靜電，與流電相比則為小。於是流電之變象，最為科學家所注意，其施於實用，遠非靜電可比。赫爾姆霍斯雖熟習大陸方法，而採用法拉第、湯姆孫、馬克斯維耳之見解，介紹於德國，明知因實用而令理想家所注意之各種問題，因是而易於直接解決也。

關於電學之此種新闡理，雖頗有所得，而亦有所失。法國大算學家傍卡累，曾以純粹算學，對於物理學及力學各種問題，其大放光明者，則有極清楚之表示。其言曰：『馬克斯維耳並未以力學解說電學磁學，只限於證明其有此種解說之可能而已。』是以篤守拉普拉斯、科犀派之科學家，見馬克斯維耳最後之最大著作，其中之欠清晰之處，極爲詫異。傍卡累又言曰：『有一位大哲學家，曾經完全深探馬克斯維耳之大著作，嘗對予言，謂「書中所言，予皆能明瞭，惟不知得電物，究竟是作何解釋」。』格雷士布洛克教授有言曰：『吾人讀馬克斯維耳之電學，若問何爲電劑，遍尋書中，並無答覆此問題之語。馬克斯維耳自以爲知，若對於此點，試爲馬克斯維耳見解，明定界限，則容易使人誤會其見解。……然而欲知馬克斯維耳之學說，則用不着此種知識。』

然而信仰馬克斯維耳之英國學者及外國學者，不甘使其學說中不清晰或界限欠分明之點，不爲之發明。作者已提及洛治之有價值之解明。關於此事，英國

與大陸，皆有研究，作者將於下章詳加討論。此項研究，可稱爲恢復以原子觀解說電學。

第七章 以物理觀研究自然

一、總括前文

作者前已說過，現經討論過之三大條融合貫通學說，皆第十九世紀哲學家所創造。其最先說過者，遠在古代，不過在近三百年間，始略有謹嚴之說，然後有量度之可能，及用算學以引申之。初時所用之吸力、原子、浪動等名詞，意義極其空泛；最先以科學的廣義加於此種名詞者，皆為英國人，如牛頓、道爾頓、楊氏是也。而有進化之國，皆有專力研究各問題之功。計至第十九世紀中葉為止，所有天文、物理、化學、諸作，其中理解，無不以吸力、原子、浪動為根據。在第十九世紀之上半年，所有無生機物之科學，皆不能出其範圍。然後無單一學說，皆籠罩全界者。吸力例能之括天界變象，及若干人界變象，若施於分子（即塵界）之動作，則空泛。原子學說能使化合物有完全之統系，而不能窺見化學愛（類緣）力之祕奧。研究光學、電學、磁學之動力觀，引科學家入於兩途，分科學為兩類，一為物質科學，一為以太

二、天學觀原
子觀動子

點皆有缺

科學。天學觀、原子觀、動力觀，各有其融合科學思想，為一貫之之力，然而仍只得其偏，尚無完全之統一。科學家仍需再求更為儻侗，能涵蓋一切之名詞，以為更為完全之思想統一。第十九世紀之下半期，科學家之功業，即求此項能包括一切之名詞；在天界之最廣大局，在人界之中等局面，在塵界（分子）之最微小局面，皆要求得有此種名詞之存在。作者今於此章，討論最博大之確切一貫學說，即工能學說之產生，及其發展，以補足關於無生機物各種科學之研究。

三、工能意想

工能意想為各種紛雜繁複闡理之總匯，其關係又極大，啓發意想極多，關於科學及實用之結果所及者，既深且遠，歷史家不難揭露關於此意想屢相衝突之各派思潮。是以作此事之歷史者，觀點各有不同；

要者。最著名者，如馬赫之作，名「工能常住問題源流史」，附於「馬赫之通俗科學講演」中，其後馬赫又有「著作」，名「工能發展史」，評論於「馬赫之工能大學之哲學」，大約兩次懸賞，徵文（在「一八六九年及一八八四年」），以動力學原理為題目，大約兩次皆是章柏發起。第一次懸賞，而有一「Dihring」杜林格之一力學通史（一八七二年來比錫版，一八七六年及一八八七年）常印行，其中加入發生一聚一散之問題。第二次懸賞，則有蒲耶克之一「工能常

發展之本有的價值也。

本世紀之先一代之哲學家所研究之各種學說，皆不足以窺見自然變象之精妙。天學觀，原子觀，動力觀，皆不足以籠罩一切。在德法兩國，各種科學之分界甚嚴，相通之處既少，而又欠清晰，對於普及之力，及自然界之力之理想，則委於玄學家，以為研究，且對於此種理想，頗示懷疑。惟在英國，則無外國之分科專校，仍用自然哲學名詞，因是無師潛修之學者，或實學家，仍有自然科學必有其相通者存在之意。想所可注意者，則為包括及量度各種自然力之工能名詞，為楊氏最先創用。

四

楊氏首先
用此名詞

用於其自然哲學講演中。【原註】參看克爾 (Keller) 所印行者，第一冊之五十九頁。楊氏之言曰：「物之重（即質量）與速率

二乘，相乘所得之數，宜稱之為能。此種意見，雖為科學所共棄，然而以此計算科學家，有以此為動量之真量。此種意見，雖為科學所共棄，然而以此計算之云云，並見第一七二頁。讀者宜注意，此時之自然哲學，包括化學而言，不過無

詳盡之討論而已。讀者所尤應注意者，則為各科學必有其相通者在，有公量在此，意乃發起於求實用家及醫家。楊氏本人原是醫學中人，後來之邁爾及赫爾姆霍

斷亦然。求實用家如瓦特者，覺得有量力之必要，其所欲量度者，非如牛頓意中之所謂力，乃力之功用。於是始用工率名詞，及馬力名詞，以量度機器之功用。〔原註

力稱工量，始於波爾吞 (Boilten) 及瓦特。在十八世紀之末，二氏在索和 (Gotho) 製力引擊出，售，乃則為此名，以量工率之大小。波氏與瓦特曾用倫敦釀酒

廠中，為一匹馬力之數值。由此試驗結果，定每分鐘舉重三萬三千磅，提高一

尺，為一匹馬力之數值。楊博士在其一演講集，有中鐘舉重三萬三千磅，提高一

製之蒸汽引擎，汽筒直徑三十吋者，可有四十匹馬力。但其能，約抵工作

，故可抵得馬一，百二十匹或六百吋人之工作，即活塞每方吋。以其能，約抵工作

工人也。〔第一冊。牛頓原有量度此種功用之法。〕〔原註〕見第一版之一參觀之。湯姆孫

第一〇三頁。〕及退特觀退特之自然哲學一學。一八八六年版，第一卷，第一百八十五頁。退

，又參特觀退特之自然哲學一學。一八八六年版，第一卷，第一百八十五頁。退

特曾請學者注意，文，所云著大史，此一段，頗以海亘史為首。先明白發，表工能

常住之原理。上文，所云著大史，此一段，頗以海亘史為首。先明白發，表工能

常住之意想之功。又謂柏努利。約翰有加以發展此說之形式，而柏努利常謂一

生力雖然不見，而作工之勢力，並未失，不過變作他種形式而已。〔見一七

力) 與速率 (即推曳一行動物，在每一單位時間所經之空間) 相乘以量之。來布

尼茲提議稱此為生力，以示與死力 (即力之本身或壓力) 有分別。〔原註〕來布

，曾于一六七二年著，宣佈兩說帖，嚴借重巴黎學，並會及皇家的學空議之名。以來布尼
 類之著作則不然，其專願有公能啓發人外者，而好不能哲學清晰之發明。與來布尼兒
 為海九五年及牛頓潛生力所轉移，發于一極六八六年量，力反對笛卡兒學力之意思，題
 立，有較為謹嚴之七十年，而後論五十七年之四三論年，乃達有歸貝耳之一文力學引馬赫所
 中會表一力學發達及來布尼，詳載此著作，之參大缺瑪點柯，瑪在譯本無，質量（七二即頑固性）其
 比之得自海瓦脫史。對于謂此種之思想，較易得于牛頓所立之五一頁說。惟是今日所
 比之得自海瓦脫史。對于謂此種之思想，較易得于牛頓所立之五一頁說。惟是今日所

通用之名詞，並不見於蘭格倫日之力學分析術，而見於逢退利一八二九年刊行

之實用力學。〔原註〕當時法蘭西之分析學派，其先以蘭格倫日發，起，普有斯

與之進行，等學是也。之新幾何。及此派專以算學抵皆想此，輩所創造，有如蒙日，庫
 程，及進行，等學是也。之新幾何。及此派專以算學抵皆想此，輩所創造，有如蒙日，庫
 維爾，鳴拉美諾，（老維南）特等，退其所用者，領多為。算學之組，合有，沙爾（Chales）亦採
 術。實之看算學之，得力止于當幾何計及算大學小者，宜皆之學，且爾為研，究部維爾，諸製人圖之，功
 。投影，之用科學家，又發與生協理學家，及各種家能，施關于實。用之時，意頗想有，物創理學多，家數，新名詞

六、^{達退利創}
^{用力工名}
詞

發學家，殊不好拉普拉斯及科厚派之抽象的分析而頗爲德國及英國所創之幾何學，其力頗能轉利及法國之實用學派，亦與德國之算學，有物理學家所著之力著名，著作力于達退利及法國之其他學派，亦可參著作法同國欲知達退利之轉移實用學，得之于俾奧訂定科厚用之拉美詞，勒諾之著作法同國欲知達退利之轉移實用者，最宜以孔白士等三人所著上文所引赫爾姆所撰一者爲一八六七年巴黎版史爲最。以德國之著作，則以上文所引赫爾姆所撰一者爲一八六七年巴黎版史一之第十二等頁。德國又宜參考杜林第九冊，第四部，一七九〇年外版，其中撰之報告（見一）德國學會年報第一冊，第二部，一七九〇年外版，其中分力學爲數門：有天學（赫爾姆、霍拉斯、赫芝）；有實；有物理（瓦德、英國之算學）耶肯。從前稱爲勢力，或稱效果，功用，等等者，達退利則用『力工』（亦作力功）名詞，以表示此項界限分明之數量。同時並聲明物質之頑固力，變化力工爲生力，又變化生力爲力工。又以今日通用之『基勞格朗密打』（Kilogrammetre）計算力工，與英國之呎磅同意，不過制度不同耳。

此種名普，既有瓦特，楊氏，達退利，創造訂定，雖未爲科學作家所採用，而對於自然力之通行意思，已逐漸改變。哲學家如布拉克，一至一七二八年，原註，布拉克（一七二八）爲化

蘇初祖之一文，在第十八世紀之後半，其刊行之蘇格蘭之有名哲學家之一，其時及今日，法蘭西著作，于是，鮮見其名。其在德國，則因先有哥布之歷史著作，及新近馬赫之作，述于學界始知重。視布拉克之特長，及其哥布之歷史著作，一化學史，第一冊，第二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百。

發展篤守之學說所潛移，從熱學化學方面，以研究自然變象。此諸君以試驗而研究之各種變象，可以熱之或失或現包括之——此處之所謂熱，即指寒暑表所能量度，及吾人直接之所能覺者。布拉克以隱熱說解釋失熱，以容熱量〔原註〕博士〔見一自然哲學演講一新版第四九頁〕，「容熱量」名詞，乃伊爾文博士〔Dr. Irvine〕所造，伊氏與克洛福德博士〔Dr. Crawford〕，皆頗受布拉克演講之潛力所移。布氏之演講集，于其致後三或各物不同之比熱以量度之。拉姆福德曾確切量度磨力所生之熱，證明布拉克隱熱之說，不足以解說之。布拉克及拉姆福德，皆從求實用而入於科學一途。布拉克原是醫士。拉姆福德則終身以

七、布拉克拉姆福德

科學知識施於實用。布拉克以試驗及測算，而得熱度與熱量之分別；曾證明熱度低則熱不見，化而爲隱熱，所謂隱熱者，非寒暑表所能表示。但布拉克篤守熱爲物質之說，雖變爲隱熱，其隱去之時，則不爲物質。拉姆福德則再進一步，提議與力工有互易之可能。附載于後來再版之伯爵所撰之「磨擦所生之熱之來源論」一書，九六及一七九七年，在慕尼黑地方舉行。此論說之節略，以一七九八年一月，宣讀于皇家學會。其所撰之「論說集」，翻印于美國，又譯成多國文字。第二冊，第四七頁。著作一八〇四年，拉姆福德伯爵，在其所著之「熱學」一書（巴黎版）第三冊，附載「熱學試驗錄」一（參觀「全其所注意者，不在乎化去不見之熱，而在乎因磨擦而發現之熱。於是將鑽礮膛的一切從他處得來之熱，除外不計，乃得熱之所從來，遂作歸結之論，其言曰：『從此多數試驗觀之，別無可以生熱之道，惟有動能生熱。』德斐與布拉克同因醫道而研究科學，曾以磨擦碰撞生熱爲試驗，謂熱非物，可以謂之『一種特別之動』。大約是一種浪動，是物之小點欲與物分離之動。」

原註：參觀其所著之「熱光及合光論」，登于一七九九年「物理學醫學知識雜誌」。

德斐後來頗不以所著爲然，謂爲

有一幼雅之化學說，想一第，又步，事于化試驗，時所不能化學分知識，太不完備，七九
九年所寫之語。四月三十日，三月三十日，英國初製電，堆弗（打）德斐（*Volta*）全作一電堆，第一報，第二冊
月，一八三九年倫敦版。德斐最初之電流著作，以登光為物，其後尼科爾此
遠在拉姆福德宣佈其磨拉姆福德所注意。德斐謂全作一研究之冊，第一熱百十七
頁者。德斐雖不追從舊時途徑也，然而第一冊第八十三頁，又拉姆福德講師爵
一著作第一冊，近四百一十七頁，又德斐傳一冊，第一冊，功業，有完備之
一著特第一冊，近四百一十七頁，又德斐傳一冊，第一冊，功業，有完備之

。記載前云拉姆福德及德斐之說帖，是在第十九世紀之末後數年。楊博士在其

所撰之有名哲學講演，嘗討論拉姆福德、德斐之試驗，發為結論曰：『熱是一種性，
此性只能是動。』又引牛頓之言曰：『熱者，物之小點之浪動也。』又引已所發起

之光浪學說。科學家意在抱守以動力觀研究熱性，有熱與光之相類，似久以此作

為可以通融兩學說。『原註』見楊氏『講演集』第五十，有言曰：『兩頁。在演

講之時，可以謂熱學說，即以此時立定地位。自一八三五年至一八四五年，
足講以表明，熱之浪動特性。』見第五〇六頁。自一八三五年至一八四五年，

間，及熱性學說，則有麥隆尼 (Melloni) 學說，據顯者，貝登·厄爾 (Baden-Powell) 亦，返射之，風折，顯極，各性，與光相同也。此新揭露之熱，與光相類，似使初時所建立，詳上述之朱爾，則為首先擺脫者。〔原註〕見上文卷

八、力之相互關係

九、利比喜

當科學家提倡熱與力有關係之說，而仍在空泛無發展之時，頗能發生意想，以為有互易可能之性——當日稱為自然力有互相關係；亦有由於獨立之他種研究，而發生此想者。利比喜在德國，以化學而研究有機物及動物，置於以確切方法研究範圍之下。利比喜不獨使有機物分析法，得臻完備，不獨研究化合物之似若有生機者，且最先研究動物之構造，物質之運流，及保存生命之種種事功。其最注意者，為動物之熱，及其由來，與在動物身上之事功。利比喜研究有機化學之事功，與其所發生之爭論，如發酵論等，及其所撰之討論化學之通俗函牘，有大功於聯合及分畛域之科學，及聯合理想與實用，又能使科學家特別注意於各種自然力之有相互關係。柏林之米勒·約翰之功，只亞于利比喜。當時因此各種之研究，

一〇 米勒·約翰

而發生各種名詞，作者姑擇其三，以表示此章所論之物理學諸力之相互關係之日見重要。此三名詞者，一、各力有互換之可能，二、力有一公量之存在，三、有一種永存之物（今日稱爲工能），所有一切變象，不過是此物之部分發現。此三名詞與莫兒（Moire）、邁爾·朱理亞、赫爾姆霍斯，三人之名有關係。

假使作者之目的，惟在撰科學歷史，原未嘗不可以步趨其他歷史家，埋沒

莫兒之名。

〔原註〕，則如馬赫最近之作「熱學原理」一工能發展史，一八九六

年刊，第九頁，則不然，並舉莫兒及蒲郎克兩人之名（見「工能常住原理」，一八九七年，第二十一頁）。退特第一版之「近代進步論」一第八十七年，第六十等頁。參觀「大英百科全書」「莫兒」條下。見惟是作

一、莫兒

者之目的，是寫科學思想史，不能不以第一位歸于莫兒之短說帖，其名曰熱性論，以一八三七年，發現於維也納之無聲無臭之科學雜誌。此說帖之登於報中，不獨爲作者本人所不知，且亦不爲時人所看重；三十餘年後，科學界始注意之。

〔註〕，而莫兒此說帖之故事，極爲離奇。其最初撰之「熱性論」，送交坡根多夫，而坡根多夫不要（後來邁爾及赫爾姆霍斯之說帖亦然）。坡根多夫不

重敢以也理（想問者題于，上登文子提一過年）一莫，兒是以知途英國著法作拉于第維之也著納作之，包亦姆不加為特溼人（所
 Baumgärtner）而並未以告作，者此。君莫常兒注意異于常物聽明學，說有，創則解登之于人其，所有時之能一發物生理學清雜晰極一
 奇之解，想而。忽惟是之有，創並解未之按人照，次往序往，犯為不之重發視展自。己對創于解此之項病之，說莫帖兒，亦然過，在雖
 一藥材）三年報為一主（筆見）第二登十一四節略第一四。一對頁于，原來報以莫兒，則不利再比喜追，問麥，克直（
 Merck）至六一八年第六十年，五與頁）友，閒常談息及失去其所作帖之一比化學藥材力的報力一學所說者，（較一
 八至六一八年第六十年，五與頁）友，閒常談息及失去其所作帖之一比化學藥材力的報力一學所說者，（較一
 界所詳公認，若假使此無說帖舉，動則能則證明說帖當在先發明埋一沒學。說幸，而後一十五年始年為，科有學
 朱爾譯，爾退在特皇，家柯學爾社之極著爾名姆之演斯講，阿說及歷來各種爭辯之著，作杜，林如莫兒，策，
 爾先，（Zöfner）或與邁爾等所著，書而，莫兒提則亦焉受，人其相當有之推崇某。某尤等以數阿人金者博，士或在邁人爾
 ，皆忘記之奧國雜誌。中，一搜八六四年原十作一，月竟（在第一哲學冊中誌第四百九十九頁，第二得十之
 後八冊得，原作四，七以四告頁莫兒，阿莫兒博士固不知有自引此莫兒之已說登，于本奧國亦雜誌其一。節一。八其
 六九年。此後，莫兒多撰數一歷續史籍家刊，行記，載其中能有意想及阿如金何博士展求，得皆原作莫兒語之，名又。翻印
 原九。此後，莫兒多撰數一歷續史籍家刊，行記，載其中能有意想及阿如金何博士展求，得皆原作莫兒語之，名又。翻印
 或于從其所學發明之，意或想從，實科學方家面之而批異評。參各觀有退不特一，近視代其進從步純論粹一物第理三學版方面第，

六十等頁，又邁爾與莫兒往來尺牘，載邁爾一書輪論文集一，第四〇七頁。

此與工能意想之發展，並無接連之功，然而可見當時自然哲學家意思之趨向，亦可見此種意想日趨清晰，非如前此之空泛。讀者試觀下述之言曰：『現時所知之化學的元素，有五十四種，此外自然界只尙有一物，可稱之爲「力」；此力若處于某種一定之情景，則化身爲動，爲內黏力，爲電，爲光，爲熱，爲磁。』此時距莫兒之發爲此說時，已有兩世矣，先時已有如是清晰之發明工能常住例，在今日亦難以修改之。或謂『倘若不能搜求得有發明此說在更先之人，則自然應公認莫兒爲首先發明工能常住例之人。』〔原註〕「見第九版一大英百科全書」「莫兒」條下。然而亦可以見得在研究之始，純粹抽象的發明，難有大力以指導研究于入有效果之途。莫兒雖有意想之發明，並未關於其所謂光、熱、電、磁等變象，加以發展，或測量工能之多寡。〔原註〕「參觀邁爾一書」〔原註〕「第四〇八頁」。後五年，始有邁爾爲再進一步之研究；邁爾自命爲最初測算若干力能發生若干熱（以熱度計）之數目。〔原註〕「第三十四頁」〔原註〕「赫爾姆」一「工能發達史

刊力當之值者之表，以與邁爾兒居首位同（一八四二年）邁爾之節以略拉，姆子德來一比九變年之功試，驗能作事若，千重，熱使力高一值，即所測算得之一數磅，之為水一，○使三四高磅，度而朱爾，著爾一所得者，則為九九七二磅。（在見較一八五〇年舍一哲學報告一以汽，脹又見一得朱爾數一，哲學雜誌一，第丁四部爾，第退特，十所提，及第一二八等册二年。及一邁爾所得之數，參相觀一，曾學雜誌一，後來因與朱爭論同，始知以金丹類相磨擦所求得之數，在邁爾比邁爾時所得者一，差更遠年。後來因與朱爭論同，始知以金丹類相磨擦所求得之數，在邁爾比邁爾時所得者一，四三遠年。後來因與朱爭論同，始知以金丹類相磨擦所求得之數，在邁爾比邁爾時所得者一，較低管子是生熱，在所得之數，為七七〇，與後來所得之七二算相，近則一流水過管是生熱，在所得之數，為七七〇，與後來所得之七二算相，近則一流二八為〇切數，七七

邁爾所用之法，雖不免有可以反對之處，關一理，註並一邁爾見部于其第二十四册帖，其後因三頁，條及議，三則譯一作等英文，登于一哲學雜誌一孫一在第四一八第五一册年，第論二邁爾百理三頁，有此稀體，受，歷則湯姆工孫，所撰之一工算，學即等物于理所學生著見一哲。學雜誌一以爲此種，設想二，非四册試驗，第一證二實二頁，則不能實有邁爾意之設承認，（原來根據于說帖為忘記之給呂薩翻印于一〇七年學一試，驗一，八九三爾一版，四第五十布三之十頁，又遇見爾于未書輪一第一說三〇之頁，與八四爾一（Bear）年九月往來。尺此履間一題見則有湯姆二

一八四七年，又宣讀。予宣告後，爲會事太忙，請予不必宣讀說帖，只用口頭起立，對予之試驗，發爲極聰，惟有付諸不議，引起在座者之興趣。此少年，即湯姆孫，威廉士（即湯姆孫，在劍橋考列優等，爲今代科學之泰斗）云云。參觀克爾文爵士（即湯姆孫，威廉士）一八四七年此會之紀事（見其所撰之一通俗講演集，第一，一八九四年版，第二册，第五，五六等頁）。

朱爾原是道爾頓弟子，早已入于法拉第試驗研究及意想界中。朱爾比法拉第好求較爲確切量度，而費用亦較法拉第時豐足，深知電解當值之要緊，以爲可作確切量度化工之助。其時科學界已有力不毀滅，及各種自然力有互易之可能之意想。此種意想亦爲法拉第所贊成者，然而當時此兩項意想，太爲空泛，朱爾以爲有電解當值例，可以助此兩種意想，立較爲清楚之界限。一八四二年至一八四三年，格羅夫（Grove）曾有極著名之演講，其題目即是物理學各力之有相互關係，即發明此兩種意想。朱爾心中，則以爲此兩種意想，直等于公論（公理），于是創製儀器，設種種方法，以研究各力之互易，及其當值之數目。朱爾初時所得之

數目，各各不同，相差甚遠。〔原註〕三十四頁，欲知其詳者，宜觀赫爾姆之「工能史」一書，朱爾所得

之當值不同，其最小者為七四二，至大者為八九呎磅，「一八五〇年」定為

二八頁。若從此試驗而得之結果，仍謂一度之熱之當值，為一不變之定數，則非

有先設之深信不能。〔原註〕從前所謂力（從前稱為力，近時則改為能）

不滅，早為科學家所深信，然除物質之外，尚有宇宙間，滅者在常，亦為科學

家所自，然而信者。此另一種，不生不滅者，外常，存于宇宙間，滅者在常，亦為科學

已。前之學家如莫兒，德，斐，舍，金，來，伯，尼，茲，柯，爾，丁，然，馬，赫，亥，安，皆有此種意

二三八等頁，曾討論此點。證明，又有測算數月之過，空泛理，其後逐漸

有謹嚴之界說，及試驗之證明，又有測算數月之過，空泛理，其後逐漸

固立足之地。朱爾有試驗部分之功，赫爾姆亦難以使德國學界，領悟。此原

項之價值也。赫爾姆又久，始為之發展也。起此朱爾所得試驗之結果，殊不能滿

赫爾姆霍斯之意。赫氏大約同時研究活機體之熱之由來，此問題已有來比喜之

一四、赫爾姆霍斯

多年研究。赫爾姆霍斯不設法試驗，亦不求當值，如柯爾丁、霍爾茲曼(Holtzmann)

之所為，而于一八四七年，專為學理之研究，其所得之結果，成爲此問題哲學之基

礎。先以正確算式，達出此問題之原理；次證明此式，爲抽象力學中生力常住定理之推廣；復以牛頓意想之所謂力，立一力性之界說；于是以邏輯法聯合于法國哲學家之公論（公理），此公論即謂永遠不停之動，爲絕對不可能之事。抽象力學的地位，既已布置清楚，既定立必需之界說，爲生力與死力（即壓力）之分別，赫爾姆霍斯于是統論自然界所有之其他各種力，證明熱、電、流電、感磁之各種變象，如何以所作之工，可以與力學變象相比；于是引用諸家求得之熱力相當值；作爲結論，謂所有瞻測之各種變象（即活機體之變象亦然），並無有與此原理相矛盾者，其結論最後之言曰：『上文所言，已證實此例，並不與吾人所知之自然科學之各種事實相背，且有多種事實以扶持此例。予亦曾遍舉此例，與吾人所知其他之自然例相組合所生之效果，並聲明如何應再有多數試驗，以爲之證實。予之研究，其目的在乎對自然哲學家，將此例之理想的，實用的，及將來揭露的要緊之處，解說明白；至若關於此例，爲完全之實驗，則是將來物理學家之大業』云云。（原註）

參看赫爾姆霍斯第一全集第一冊第六十七頁。此極有價值之著作，亦與從前莫兒及邁爾著作之際遇相同，不為外國之物理試驗大機關所注意，而束居高閣，其中亦頗有理由，在思想史中，不無意味。其第一理由，最要緊之理由，似乎因此著作中之三種新創獨立之算式，並無所謂新試驗事實。「原註」見莫兒之一動力學，又將說帖原稿送還未收到也。一見邁爾一書翰，一從一百頁，並將原稿，可以證明其並非新並不知有邁爾之著作，曾於四八四五年，于講演。一自然力一年，一赫爾姆霍斯一熱力學，略論邁爾一八六八年愛丁堡版，特對赫爾姆霍斯著作之批評，載退特第一頁。一赫爾姆霍斯亦言曰：「見一演講集，第三期求，得有正確之證明。不然而，埋沒，亦可以解說，工能學之效果，在英國，亦因得有朱爾，湯姆孫及耶肯之事故，然後為衆人所注意，赫爾姆霍斯一八四五年，亦曾發此論，見一講演集，第三十九頁。」又以其時德國之有勢力之自然哲學派，始擺脫性理派，極不喜理論的演繹。科學家，例如有高等知識之利比喜，有研究求得極多新事實之功，極欲關於有機生命之功用，得有正確

之量度，對於莫兒及邁爾之界說，頗爲重視，特利比喜本人，與此兩君，對於根本意思，尙在紛亂不清之境界中奮鬪也。集一原註一赫爾姆霍斯曾有言曰：邁爾所發之

議論，原有極要緊之思想，與平常之空泛論不同，不過讀者非對於此種問題，原有相類似之思想，又非明白其中所用之新辭名詞者，不能領略。

之利比喜由邁爾宣佈其議論之年，則刊行其所撰之動物化學，其中故願登于其年報中，而知一赫爾姆霍斯此論，亦可適用於莫兒將第一說帖。今從邁爾之尺

邁爾之言曰：利比喜致書于子，譽謂一衆人對於何謂力，何謂因，何謂效

果，此三問題，有極亂雜之思想，若得一容易使人明白之解說，當必有實

見其利比喜一有機學一第一八三頁一有機體之動之變象一莫兒之短著，未能

掃除紛亂，因力字有兩種意義，莫兒未能表示區別也。邁爾早年之著作亦然，其後來之著作，則頗發明其中爲難。在赫爾姆霍斯所撰之著作，以算學闡理而得極清楚分明之意思；以其時其地而論，博物學家之能以算學闡理者，實不能多見也。第二層，即根本的爲難，不能使人領會，其致命傷，則在乎同用一「力」字，而有兩不

一五、克勞修司及湯姆孫兩名詞

同之意義。以通俗而論，因創造新名詞，而後能掃除為難。一八五〇年，克勞修司始用『工』字；湯姆孫以一八五二年，採用楊氏所用之『能』字。其所以致紛亂之故，由于以『力』字，作壓力即死力（用牛頓意）解，又同時用以作生力（即來布尼茲意之生力）解；有此紛亂，故笛卡兒派及來布尼茲派，因量力之故，爭論多事。既有新名詞，則有合于文法，合于邏輯之根基，後起之學者，可以立刻得有正確之動力學及物理學之理解。今日學界漸漸明白，『力』者，不過是一種算學的抽象語；而『能』則不然，『能』者，解為『有作工之能』，是一種實在數量。有多數科學家，嘗提議科學課本，不許用『力』字，至于『能』字，不獨為物質所有之一種特性，且為物質世界兩實在物，其一即物質，物質之外，則惟有能。（原註）此點特

翻，常發表其意見。參觀一八七六年，在科學提倡大會演講，題目即『力學』。條，印于一近代進步。第一版，又見于第九版。大會演講，全書一即『力學』。條，下：『末一段，宇宙內，有物質之，常住，此動力學，則惟有工能之常住。』科，有言曰：『在物理宇宙間，有工能（其他之客觀實在物）：自然科學方法，以求得所謂力之真正性質。』又有言曰（第三百六十一頁）：『自然科學方法，以求得所

說之包有數字，意想者求，未也。雖有頑人，因爲之意味。工能之常住，真正基礎之，變相而已。再助以動之，無所用，于官覺所啓發之，意。想。爲。全。個。動。力。學。之。根。基。無。所。用。于。力。字。之。意。想，亦無所用，于官覺所啓發之，意。想。惟是物質之根。意。想，無所用。于。充。見。退。特。之。一。物。性。論。一。第。二。版。第。五。頁。內。也。此種根本改革之意想，仍俟有

湯姆孫及克勞修司之研究，與邁爾之空泛意想，及朱爾之準確量度相組合，然後能成立。湯姆孫及克勞修司初期之研究，則有噶爾諾及克拉拍郎（Clapeyron）之著作以啓發之。湯姆孫初注意于此問題時，在一八四〇餘年間，當時研究以絕對表量熱。莫兒、邁爾、赫爾姆霍斯，則因醫學或生理學，而研究熱力問題。此諸君者，皆受過利比喜派及米勒派之教育，因而研究生理學的變象，如血熱及動及營養之所由發生。噶爾諾、克拉拍郎、朱爾，則因汽機而研究及于熱力問題，其時因興汽機，而各國之工業大變，英國尤甚。其時所注重者，爲煤鐵兩事，噶爾諾之精神，全繫于熱之動能；利比喜則以爲欲解決植物之如何生長，動物之如何得資養，人類如何能勞力之各種問題，及與經濟、工業、政治、息息相通之各種問題，必要先解決焚

方法，則，居於熱力學之說，以其與熱力學之說相反也。柏湯（Bertin）在其所撰「法國熱力學之進步報告」一見「報告彙刻」第五等頁中者，有言曰：「吾人對於熱力學之各種新思想，雖不加反對，而漠然置之者，為時實久，此乃由衷之言，不足為諱也。是以至今思之，不無遺憾耳。斯等新思想，吾人非惟昔所未知，迄至今日，仍莫知其所以然，遂至該思想之不能位置，科學教授中，估一重要。」其言曰：「汽機之發動，同時並有一事，吾人極應留意者。此事為何，即熱之從熱度較高之物，入于熱度較低之物，有平衡之趨勢……

是以汽機之發動，並非由于實在耗熱，而由于從熱物傳熱于冷物」云云。〔原註見鳴

爾諾「火之原動力論」，一八七八年版第五第六頁。

若物理科學之目的，在乎以最單簡文字，完全實寫自然功用，則噶爾諾數語，即是能以極單簡文字，寫明一極普及之性質，而又有量度之可能。非是，則絕不能有進步也。噶爾諾雖發明此例，然而當時未必能見及，寥寥單簡數言，介紹于物理學及算學界內，一大問題，即問自然各力，可用者幾何是也；亦如德國有莫兒邁爾、英國有法拉第及格羅夫之提議，自然各力之有互易之可能，亦為一大問題也。此

一七、噶爾諾發明可用之熱

一八、湯姆孫發明工能虛耗意想

兩項意想，分途發展。及湯姆孫組合此兩項意想，領會其中深意。（湯姆孫之領會，在其他科學家之先，無疑，）立刻發明工能虛耗學說，即謂工能之退化，或工能之失其價值是也。但需修改噶爾諾初說，始能合于新學說。當時噶爾諾已預為之地，

觀于在其身後刊布之作可知。（見一註）噶爾諾之「記事冊」，有以下一段之記錄：

「凡一設想之不足，明解現象者，應即棄置，而不為一微細流質，以免釀入迷離之境，是為至要，即如以熱度為一種物質，又為一微細流質，等，之設想是也。」又（第十九頁）云：「熱度乃此運動力之作用，結果顯明其熱明瞭，蓋其運動時，發生一種原動力，由此運動力之作用，而能顯明其熱度，但此動力，亦因熱度而發展，耳。是以諸凡冷體上，均可由此種設想而解釋之。」惟此動力，之由熱度而發展，以及於一種冷體上，均須設想而在第九十三頁時，則云：「凡欲產生其故力安，在將熱度解者，又於乙體，而達至乙體，之熱度，至乙體仍熱相度較乎。有完美方法，可以完全消耗熱度，而不使達乙體，之熱度，至乙體仍熱相度較乎。有完美方法，可以完全消耗熱度，而不至僅由物體之熱度所之述，如屬滅足矣。」則原動力之產生，儘可無須一熱度者，此即他物，質微塊中之，動即是也。」所謂修改者，其所用之熱字，當時學的熱作，此即他物，質微塊中之，動即是也。」所謂修改者，其所用之熱字，當時學派有以熱為無重之物質，能隱藏不見，而不能毀滅。噶爾諾受此學派之教育，故亦

有此意想。此是布拉克、拉普拉斯、傅立葉諸人之見解，而非卡汾狄士、德斐、拉姆福德諸人之見解。前一派將此見解載于其所撰之諸大著作中，以多數之算學及物理學之知識以研究之；後一派之見解，則發表于分途之試驗。及偶見于其議論中。傅立葉于一八二二年，刊布其最有名之作，〔原註〕此作並不為科學家所注意。已見本書卷一第二四一頁原註。名熱學解析學說，其中有言曰：『熱性與他種變象異，不能以動及平衡原理解說之；』〔原註〕見一八二二年版，卷首第三頁。又言曰：『有多數之變象，並不由力發生，專由遇熱及積熱發生。自然哲學中此一部分，不能以力學學說處置；此部分獨有其特別原理，需用研究其確切科學相似之法，以為根據。』〔原註〕見傅立葉「熱學解析學說」第十三頁。……物之脹大，誠因受熱之拒力而發生，得以脹大而量熱度，此項脹大，誠然是動力之效果；然而研究熱之發生，則不在乎計算其所脹。』〔原註〕見前「書第十四頁」。于是建立此種新科學，其『倚賴以為根基者，不過少數之事實，並不知此項事實之原因，惟皆得自瞻察，而有試驗以證實之。』〔原註〕正文第十八頁，見前「書卷首第三十九頁」。又于是得有幾種普通關

係，作為方程式，與動力學之普通方程式相似，而各有不同，其謹嚴則相等。

傅立葉所倚以為熱之發生（即指導熱，或引熱，或輻射）學說之根據者，在

乎若干項之試驗所得之事實，其中最要者為熱之流動，全視熱度之相差。嘗研究

熱度相差，如何以使之復相等，由是以演繹術引伸而得熱流例。（原註）作者于

馬赫教授之譯才，曾將傅立葉建立此學說之根本方程式之法，以常識文字譯之。參觀馬赫所撰之一熱學原理。一。來比錫版，刊于一八九六年，第七

七十八等頁，及第一百十六等頁。公式，如同有生理學之物。且能讀其討論此問題之數章，然後能見此數個算學公式。

以達之，非有抽象之算學公式。傅立葉雖無提及熱性之必要，然而以為熱之流行，

從熱度高者，流于熱度低者，與水之從水平高處，流于水平低處相類，彼當有見及

此。而傅立葉則以為此項類似不適用。噶爾諾則不然，噶爾諾則見及此，不獨熱流

全視熱度之相差，即所能作之工，亦全視熱度之相差，則熱流與水流類似，極為要

緊。噶爾諾有言曰：『熱之原動力，可比于水之從高處下流之力，皆有其不能過之

最高度。流水之力，視高度及水之多寡；熱之原動力，亦視熱之多寡，及易熱兩物之

二〇、傅立葉潛
移噶爾諾
之力

熱度之相差。』〔原註一八七八年版，第十五頁。〕在此類推術中，似已有兩項

假設：一、作工之數，與水平差或熱度差爲正比；二、水之多寡，或熱之多寡，下降之前，

及下降之後皆同。此兩項推度，皆不必有；亦不能容有此兩種推度。噶爾諾並不用

第一項推度，〔原註一〕凡水之降落，其發動力，則完全與上下兩層儲水器之

體溫度之差，而相爲比較。惟其是否與該差爲比例，則吾人不得而知之矣。

而用第二項推度，其自熱體移傳於冷體而發生，並非由於其平穩之實因

復也。〔見前書第六頁。〕而特爲聲明，熱學學說之基礎，應加以極詳慎之研究。〔原註一〕

具有之主要基礎，似覺不易明瞭解釋。〔前書第二十頁附註。〕吾人學理之

實，在狀況中，基礎，實由今人所設想之熱度學理而有以規定者。然此種基礎，

似亦不足謂爲固，定不易者也。〔前書第五十頁。〕由上文。第一一八頁原

註之觀之，噶爾諾已擺脫以熱爲物質。噶爾諾再加思索，由是疑及第二項假設

之不真確。二十餘年之後，湯姆孫請噶爾諾留意者，以此爲第一點。彼常存一意思，

欲另製表以量熱度，每度表示相等之工作。〔原註一〕參觀一八四八年六月一號

二

克拉拍耶
之圖解術

即克爾文(第一册第一頁)之「算學物理學」噶爾諾之理想，久不爲人所注意。事過十年，克拉拍

耶再研究此問題，論「原註」克拉拍耶是機器師。一八三四年，曾製說帖：「

爾姆霍斯則因讀坡，有此說帖之譯文，始聞有噶爾諾早年之著作。將噶爾諾

之意想，作一圖解，又以算式達之。又以噶爾諾學說爲根據，發表一種意想，以從高

熱度流入低熱度之熱，與所得之最大工作爲比例，稱此定比例爲噶爾諾函數。德

國之赫爾姆霍斯，英國之湯姆孫，皆由克拉拍耶此作，而後知有噶爾諾。噶爾諾在

邁爾之先，又與邁爾不同，而兩人有一相同之點。在此三十餘年間，有數位大意想

家，漸漸將熱力學說，及工能學說，從黑暗中拔出，使見光明。此諸位大思想家，如多

數之海船然，同寄碇于一處。所謂大思想家者，如噶爾諾、邁爾、朱爾、赫爾姆霍斯、湯

姆孫諸君，皆說明或示意，以永動爲不可能之事。「原註」一七七五年，巴黎科學學

會議決，以後不再收受任何永動計畫。此後一百年間，永動之意想，與所製其

方以合圖，及平分一角爲三問題，同能爲不可能之事。不過皆以噶爾諾對於永動

三、
永動不停
是絕不可
能之事

究之，證始。能自爲此工三能乎問題，及高一斯之明數。學作揭者將，于及赫買之特末後一章，林爲特後兩之問研
 特費之謂，論永。動至即于是第牛一頓動題例，第即永條動。不。停見一題近，代讀此步論文，第則三可以明第七。十退
 能四發明。頑。因其性實之退原特理可以，即再謂加凡數動語皆，是謂永當動日不伽停利，略一，到不知費來盡干預少，心始思改，其始
 永動，亦非如停極之費滅心之思，則而後能作發工明也別。一第項十九理世，紀即謂初年種，永科動學無家用皆，承因認此，項
 ，所有物一理切之所功謂永，動循機環，不皆息無，永以動爲之自新能。見然而增不堡能革以此一說物推理于學物史理一之，功第用
 三從冊無，而有二，二亦九不頁能附從注有。無其，實即此謂時工真能理之漸生發不現滅，也謂。動噶力爾或諾工于能一，八既二不
 論四。年莫，兒邁于爾一于一八三七八四年二年，朱，爾皆于一能八力四。三或年動，力及一之八不能四五年造，皆爲深科信學動之力公
 相之類不能之毀滅意思。柯爾參丁觀受一厄斯學忒雜哲一學第之四潛部移，，第亦于一七八冊四，三第年五，十發八表頁與。此
 二，其不實在毀一滅八動五力〇餘三年，間動，力有三各項種意變想相，日有見互發明之：可一能，不最能後創則造將動此力三，
 層一意八思五，二包括。于認工明能，常從住前學永動中說，之湯舊姆鬼孫，。此威時變。爲克爾文，爵復士現。于第科一學首界先
 ，。翻。印于其所通製俗之講。演工集能。一虛，耗第論二冊，，登第于四一五八二九頁二年。三月自從一湯兩星期一評八論五報二一
 ，年以，單簡布公此式論發之表後之。博所物謂學最重及大哲原學家，，即皆謂開工始能雖將常此住自然滅之，最然重而大對原子理

人世之需，則漸變為無可用。阿士特瓦德教授恢復永動說之名詞，以發明此意。其言曰，漸變為無可用。阿士特瓦德教授恢復永動說之名詞，以發明是：假使能創造一方能，則可以有永動。工能學說之第一例能，即發明創造工能之不可能。一方面能，即是：假使能將積聚極多之停靜之能，使其變相，工能則永動亦有可能。此可以謂之第二種之永動。阿士特瓦德稱此項之不可能，為工能學第二例。一見一化學通論一，第二冊，第一部，第四七二頁。

又見哈林一工能史，第三〇四頁。

雖陳說之式有不同，而諸名家皆視為一種公論。此種自然

哲學之信條，亦可謂單簡矣，然而思想家亦仍有見仁見智之不同，對於此信條亦各有解說之不同。一八四七年，赫爾姆霍斯曾撰有著名之說帖，以為所有一切自然功用，及其終極，則化為純粹之動力功用，既然則動力學之生力常住例，關於所有一切自然力，必定有一解釋。於是進行研究此問題。餘人如法拉第、莫兒、格羅夫等，則默信在有重物質之外，當有他物，亦是不生不滅者，此種物只有變相；此數君者常稱此物為力，於是轆轤不清，更令讀者轆轤不清，因用力字，無一定之界限，而生轆轤，大陸科學家更甚。一八四九年，湯姆孫·威廉及湯姆孫·雅各，首先採用噶爾諾熱之動力之意想，施于實用。此兩君者，皆認明熱度降低，則必有熱之作工

三、

湯姆孫
廉及湯姆
孫雅各探
用動力之
意想

以隨之，熱度高升，則必有耗工以隨之。假使熱能作工，而又不降低熱度，似乎是不勞而獲。在冰點之水，凍結成冰時，則脹大，此是人所習見之事實；其凍結時，則能作工，且能作極有損害之工，然而熱度並不低減。若使水結冰同在一熱度者，則必抽出其熱。此是能移交其熱而無熱度低降，並能創造作工之力；然而根據噶爾諾原理，熱度平均，則無工作。此是一件在冰度只有熱度之移交，而無勞力之耗費之事實。湯姆孫·雅各則知所以解決此自相矛盾問題。

（原註）仍以湯姆孫·雅各之
理，可能為根據，其言曰（見其威廉之算學物理學，雜著一受丁堡，皇家學會之書，翻印于其兄弟湯姆孫·威廉之算學物理學，雜著一受丁堡，皇家學會六頁）：「從前予之兄弟湯姆孫·威廉，曾以其事告予。即是在冰度之熱之動力之原理，而得一種奇異之結果，曾以其事告予。即是在冰度之熱之動力之因，原為水結冰則脹，由此觀之，似乎若將此水盛于器內，以爲是一絕不能動之活塞，因爲水結冰則脹，由此觀之，似乎若將此水盛于器內，以爲是一絕不能動之活塞，任水結冰，則生脹力，爲壓力所阻，是則作工動，而無相等之耗費也。換而

免除此種從無而生之工作，則冰度低降，云云。意謂若水凍結成冰而脹，則

有工作；此工作則降伏壓力，水乃受壓而凍結。是以受壓而凍結成冰之水，其熱度

必低于處平常環境而凍結者之熱度。「原註」自然各力，霍斯之言曰：「動力之

種改變，如冰之溶解是，因與其動作之效果相宜也。」既知一度熱之力值，

又知冰脹之工，湯姆孫·雅各即能推算壓力必降低水之冰度為若干。一八五〇

年，其兄弟湯姆孫·威廉，以試驗證實雅各之理想。「原註」見一八五〇年一月

「翻印于一册第一六五頁。學者皆習知一八六五年，赫爾姆霍斯如何即採用此

項先以理想預測，後來以試驗證實之變象，以發明其著名之高山上慢行之冰河

或冰塊學說。「原註」赫爾姆霍斯學說，見于一演講集，第二頁。或冰塊學說。法拉第所揭露稱為「冰之復結」，集中亦有相類似之解說。

湯姆孫昆仲根據噶爾諾學說以為結論時，仍抱守熱之完全常住之學說。「原註

宜注意于此點，因為學者今日所習見之公式，即失熱則得力之公式，此

時尙未得成立也。赫爾姆霍斯指明此點。見一「工能史」第六十九頁。此

問題之見解，頗有懷疑。曾，而附注極密曰：「然而湯姆孫·雅各對當時或當日熱

一，以爲工或成工之相當價值一見上文所云之物理學雜誌後，一因見一册肯所撰之六

有熱之工能說，見一承認五年常任說以學力之報告也。立刻承一認八力

○年十月致一朱爾書（見前書第五册，坡根多夫之一年，報一可知登之。克勞修司，威廉亦提及一八五〇年四月及五月，第一册，坡根多夫之一年，報一可知登之。克勞修司，說帖，說及其拋棄噶爾諾公論，而改從朱湯姆孫·威廉既知噶爾諾之說，又爾公論。（見前書第一百七十頁。）

知朱爾之研究，更覺得有另求一見解，以兼容兩家之說。克勞修司亦有此想。其結

二四、熱力學兩例

果即為『能之常住』學說。——並非如噶爾諾之熱之常住學說。——而包括兩

家正確之意思，成為熱力學兩例。學說相通。湯姆孫修改噶爾諾學說，使與朱爾

一于第一册第一一七三頁。愛丁堡皇家學會報告。德斐，見于爾，算學物理學雜著

之，為較。早主熱有變作力效之可能，以耶肯及克勞修司，為最後主持此例說

言，其後則謂正，確使不承認此學說，則有永克勞修司之功。再後則一說八五〇年五月，其

六，證明其學說。第三五八頁。則謂湯姆孫所立之發明之熱學，雖說一布，較一後，七

而視點較為普通學的承認自己之表研究，學說，粹之見于一八五二年四月十案九日

之送達于愛丁堡皇家學會之著作，題目為『第一能冊有虛耗一或散蕩』第一例謂

能之常住，有其當值，又可以互易；第二例是發明可用之能。湯姆孫首先見到，假使

承認第一例，（能之常住，不毀不滅，）而無第二例以輔之，則犯動無常住之說。（者註）即謂動有常住之可能也。以施于實用而論，爲作工起見，能即常住，尙有不足；必要可以供吾人之用，然後能有益于人。若工能而爲無用之工能（如隱藏者是，）吾人若欲取而用之，或不能供吾人之用（如虛耗之工能是，）否則吾人仍要作工（即用工能，）然後能取用。第二例則將極要緊之自然手續，以算學發明之。今專論此點。

第一例之保存工能，及各形式不同之工能之各項當值，其趨勢是使所有各式之能，同歸于平。若由此形式而變作彼形式，其價值仍相等。若作工時，並不耗能，不過使此形式之能，變作彼形式之能，論理則仍可還原，仍得如前作工。換而言之，若所有一切動作，皆爲純粹動力之事（動之變相，）誠然是應可以倒換，可以還原。例如第一次爲正作，第二次則反作，如第一次爲反作，第二次則爲正作。以常識而論，吾人立刻能見到此爲絕不可能之事；然而初時發起各力有當值，各力有相

互學說之諸君，如法拉第、莫兒、格羅夫，見不到此，即如朱爾及赫爾姆霍斯，亦見不及此。假使物質不滅，工能亦不滅，則自然之損失，與吾人生命中之損失，如何解說，此則以上所云諸君所皆並未見到者也。其能見及此者，惟有噶爾諾（薩第）一人，而其所持之見，又走極端；噶爾諾謂熱既作工之後，並非損失，亦非毀滅，不過此熱從較熱之物（機器之鍋爐）遞交於較冷之物（凝汽機）。學者今知此種見解之不正確，所云遞交者，並非全體之熱，不過一小部分之熱而已。噶爾諾既存如是極端之見解，於是設法以解說此種之損失，謂熱度之低降，即可以作為解說。其言曰：『今以熱發生動力，為何必需有一較冷之物，為何消耗熱物之熱，而吾人不能發生動力，則難言之矣。』（原註）八七八年所刊行噶爾諾見于其兄弟噶爾諾遺作。在此遺作中，噶爾諾見及熱為動之結果，並不能見及其餘一切變象，皆得以此理想後，說之惟是對上文所云之為難，則不能再行研究。于是設為他種問題之後，復理前說，其言曰：『吾人能否將甲而耗來之熱，而全數消耗淨盡，只要使絲毫之所有之熱而已。』此種思想，與二十年後湯姆孫七八年發明者，極相近矣。熱度九十四等頁。

甚高之熱，其作工之價值，大於同量熱之熱度較低者。因作工之故（導引、輻射、吸收亦然），則失去熱度之差。惟有克勞修司及湯姆孫二君，領略此種意想之價值。其為難之處，只在以算學發表此意想，使有計算之可能。此二君者，各闢途徑，以研究此問題。湯姆孫則以常識語言，發明此種意想，為實事之推闡，勝於其他思想家一籌；同時又以語言發明之，對於損失，「原註」其用「損失」一名詞，與「毀滅」第一冊第一八九頁，又見於後一年四月十九日，對愛丁堡算學會宣讀之雜著「以，題目為『工能之虛耗趨勢』，其後常製有短篇，第五論「工能之虛耗，及價值，及可用等名詞，以科學法製定界說。一八五一年，將噶爾諾推闡所用以為根據之公論（其時並不知上文所引噶爾諾之語）自立一說，其言曰：「原註」見一著一第一冊第一七九頁，及第五一頁：「毋論如何，吾人不能不讚美湯姆孫之敏銳，其所創立之公式，在字面上所說者，不過是物之熱，及其容量，壓力，然而墨裏行間，則有可怖之結論，謂將來終有一日，即宇宙亦同歸於一死，永不能復活。」不「毋論從何部分物質，用無生機物質之機械，以

減低其熱度，使低過四圍之熱度最低之物之熱度之下，絕不能發生力效。』湯姆孫採用朱爾力熱互易之說，立刻見到，假使將宇宙者手續，化作盡美盡善一部大機器之手續，則此部機器有還原之能。此則常識與闡理所不能變理想為完全可能實行之事。湯姆孫曰：『朱爾所新發明之學說之精華，在於將所有物理變象，受制於動力例之下。若將宇宙間所有之物質之小點之動，倒轉而逆施之，則從此以後，自然手續將永遠安於其倒轉之情勢而已。瀑布脚下之沫泡，若恢復其原狀，則復相組合，而復入於水；熱動則復聚集其工能，激射水點，使上升於瀑布，與大股流水組合成條而上升。因實體物擦而生之熱，損失於導引、輻射、吸收者，復歸於相切之地，激射有動之物，使回頭而與從前因以受動之力相抗。巖嶄之石，從前因受水擊而變為大圓石者，至是則從泥中復取回其所損失，再為構造，以恢復其原形，仍為巖嶄之大石。從前原為山頂之大石，被碎而滾至山麓者，至是則復與山頂之石合而為一，恢復較先之原狀。不獨此也，假使生命之物質理想為果有其事，則有生

命之物，亦可以恢復前狀，從老年倒退，變為少年，再倒退至於未始有生之前狀，已過之閱歷，則全如忘記，而有未來之知識。惟是生命之真實變象，有非人類之科學所能研究者；關於此種倒退之效果，可以不必作無益之臆度。至於無生機之物之倒動則不然，只要有單簡之研究，則可以得工能虛耗學說之解說。『原註』見

一八七四年二月二日在愛丁堡皇家學會宣讀之文，題目為『以動力研究工能虛耗學說』。『見』一報告一第八冊，第三二五等頁。參觀其登于一八八九

二年三月之『兩星期評論』第四四九等頁。翻 德國有克勞修司，英國有湯姆孫，勞

心於噶爾諾早年之研究，及朱爾所發明之熱力量度，達以算學語言，為通俗語言，

改正吾人之算學公式，改正吾人所用之名詞，其時則有他科學推行此種新意思，

以施於實用。其在英國，則有郎肯，撰『原註』最早之正式熱力學著作，是郎肯所

二六、郎肯噶涅
亥安

叢書中之理想。此君之著作甚多，其所研究者為熱度，及汽與其他蒸氣之彈

力，五〇年間受熱之壓力，八熱一年版力郎肯，一種雜著，第一時期，第十、十四、十八、十九、二十、二十一、

之頁。科學家參觀其尺牘，自命為發明在前之先人，融此函登于八五〇年坡力根

多夫一極年報一重要第八十言一頁一退。特之肯說之研究，登于那為特別一極之有卷端之第二
 亦在九本國一頗有潛有力，膽及于理早想年。研究熱力伸學之，人皆以而德分國子則並不學甚領為會其據學。
 其十見第一一八四五頁三，，因赫爾姆霍克斯勞評論那自肯之途徑，為赫爾姆發一之研究史，一為所引
 說見第見一一八四五頁三，，因赫爾姆霍克斯勞評論那自肯之途徑，為赫爾姆發一之研究史，一為所引
 國力學所一注一八而五不暇兼一，耶又肯其一。為一而汽機學所及撰其之原大動著作學，一其一一為八一五應
 九週圖一，則其中最所用名詞兩，作為首先用探，用新圖解一者如瓦由特是學汽者知圖之，日嗎多爾一諾參之
 觀評語爾，一見第一能一史一六等頁于。肯德國則有噉涅，一原在註一士在國及肯德爾後，一追則隨有噉
 學說修司性各論一說一帖八，六〇力年學一研究，有應用為是熱一學各種示題者。其所著德國之一機熱器力
 工學教，練，以學為工業發展，正當噉涅發此作之時，能使工據界國中，之得有科室學及藝性術，學從校前之
 國工業學統，故頗工譏笑上此有極猛性之，進步。又大陸力之恭維學。家國，以人噉涅此為首性，組又有克英
 勞及修司人，之湯姆孫，，此指飽之學之說，蒸，氣而在汽之箭發明之，受以壓合于脹機器師官之用，預，為評論瓦
 特及他空人之機力及，冰凍機為討論新步動。力丁學說之報一，工藝最雜誌一，為有熱力勞學修司二，例，噉
 汽機他人之機力及，冰凍機為討論新步動。力丁學說之報一，工藝最雜誌一，為有熱力勞學修司二，例，噉
 漸是實用家。在法國則有亥安，一原所作一之亥安業一，一亦八極一重要。至此一人八起于〇紡織業人
 漸是實用家。在法國則有亥安，一原所作一之亥安業一，一亦八極一重要。至此一人八起于〇紡織業人

界中，所謂白手興業者，天性好事，研究，兼有科學、美術、音樂、各種問題，各有極重要之理想研究。例如熱學，及施、油、于、機、件、美、術、學、識、與、加、熱、各、種、問、題、各、為、人、詳、細、之、試、驗。亥安之為一大機器師，且有著作家提及之。亥安之關於汽機，頗有研究。至是始有說明機器之效率之可能；汽機之失其熱能，原有兩層分別，一為用以作工所失之熱能，此是自然而所不能免者，一為因機件及各種施用而

失之熱能。從前學者未有熱之力值，及可用之熱之意思時，所著之書，皆不合於此時之用，均要修改，易以正確意思，因而有極費時之長久討論。〔原註〕關於此

師會宜于工業問題，詳見于安文教授之演講，第三、十五、十八、五、四、十六、十七、十七等頁。在此演講中，曾論及理想汽機之試驗，及不相符合，又論及亥安之試驗，及其應用之效果，又論及汽機之試驗，及不相符合，又論及亥安之試驗。其言曰：『理想汽機，或有極輕微之熱變動，則極易凝縮，或化氣之處極不穩定，第五十頁。』克勞修司版（逐漸發明之隱晦之熱力第二版，曾發一多數爭其，則見于其著作之第二版）漸力學熱學一晦之熱力第二版，曾發一多數爭其動力熱學一赫爾姆霍斯，亦有詳細紀載（一八八七年牛津版，第一〇三頁）之一。例如

亥安與噍涅之辯論，其問題即為汽筒內所作之工，以理想計算所得之數，與實驗

所得之數目，爲何相差如是之遠，此項辯論，當時又稱爲「水與鐵」之辯論。「夏

，參觀安文教授演講，載「電學報」第七十九頁。其言曰：「皆承認一推理所得數目，及實驗所得數目，不安符及。但是汽筒內凝汽之情形，推其極想復雜，其極端汽，而對之凝結，之極爲重要。嗚，不能窺見機器空。隙處至一八一年，始坦承之。實所，由亥。安所計八數年，嗚，大受搖動。討論：此事是，發曾極空烈之有辯駁，果歸結事觀到一個問題，「是抑或是一學。我，至今九〇〇年此問題，第四版，解決三〇一。等頁

工能常住及工能散蕩（即退化，即虛耗）雖於實用之進步改良，不能發生

若何實效，「原註」，有多數舊派機器，而未知識，多從汽機之由歷，而來，其對於

。因是理想汽機，爲首先以理想研究汽機者，謂汽機之進步，與甚難驗以熱力學。是說理想及大陸及美國，而在仿照以理想辦爲指導，以爲試驗，研究以現時國研究之爲最力。由刊布研究之結果。（Soria）所著波狄之「汽機熱力學」第八版，文第三十頁。第十四章，又攷英。

然施用於化學、電學及其他各學，往往得有新發明；此項新思想及新方法之潛力極大。除達爾文所發明之學說（指天演學說）外，以工能常住及工能散蕩學說之潛力為最大。於是創造新名詞；科學教課書由是亦從事修改；向來為學者所熟知所公認之學說，亦要改正；有多數久未解決之問題，則用新法以求解決。作者將在此章，略為討論科學思想界所發生之革命；此種革命，係由物理家視自然界為工能變化之場之觀念而起。作者方纔所說之種種改革，今將依次述之。吾人之觀察，可分四種不同之方向：第一，第十九世紀後半期科學文學及通俗文學改用之名詞，以發明新思想者，因是而有較為明晰之界說；第二，因此新學說所發生之曙光，所用物理學及化學之知識，皆要修正；第三，從新方面審詳現時存在之各種學說；第四，新思想所啓發之新途徑。

最早所用之能力工作，及動力價值表，在第十九世紀之第一季，已載於法國之達退利、噶爾諾·薩第諸家之著作中。莫兒及邁爾，則為首先發明其哲學的貫

通之說；首先以算學研究此項問題者，則有赫爾姆霍斯；在第十九世紀之第二季，則有朱爾之滿意之試驗證實。第十九世紀之第三季，其在英國，則有湯姆孫、郎肯，在德國則有克勞修司，根據朱爾、勒諾之試驗，爲通盤之研究。今代之學者，初入門研究力學、物理學、化學、生理學之時，卽立刻享受前人功業之益，卽知所有自然變象，有此學說以貫通之，因以上所云各種科學，皆賴工能之變相，又往往能以學者所最熟習之工能之變相（或爲熱、或爲力）以量度之。

二八、
赫爾姆霍斯論牽力

一八四七年，赫爾姆霍斯曾有通盤之討論，先以新發明之原理，而重定力學之各公式，歸結於活植物機體、及活動物機體之工能變相。其解說一切之惟一關鍵，在乎採用一新名詞，譬如動能變爲位能，則用新名詞以爲稱謂。因是之故，赫爾姆霍斯先發起壓逼力、或牽力之意思。此種意思，從前力學舊作已有之，作爲隱力（噶爾諾之作）。（原註）噶爾諾，乃噶爾諾（一七五三至一八二三年間人），通稱大噶爾諾，是法國之著名大將，亦爲有名之科學家，其所撰者，有「噶爾諾之機器通論」（一七八四年），「一動力平衡勢原理」（一八〇三年），有

是微分術之新創，一種幾何，（因有七九七年，噶爾諾與蒙日，原理一為新幾何之始祖。此者將于下文再為討論。又創立幾何形式之相互原理，噶爾諾與工能思想歷史之關。所有著作，皆曾譯成德文，頗有力量于算學界。噶爾諾與工能思想歷史之關。係能，見于一哲學雜誌。又見于阿刺，第二八三七年，所撰之傳讀。一蘭格倫日及

哈密敦，以算學研究動力學，亦曾預為之地，曾發明所有一切動力學問題，皆可
以化為兩事之知識，若知其生力及力函數，則能解決所有問題。惟是赫爾姆霍斯
之發明，似不為學者所明悉，或不為所公認。科學界之公認生力與隱力之關係，大
多數似是由於承認一八五一年，及其後之湯姆孫及郎肯之著作。湯姆孫用動力
工能名詞（自一八五一年以後，嘗用本性之能，或只用一字，稱之為能），以此量
度物質全部所存儲之作工能力。（原註）此能一符號，湯姆孫在克勞修司著
見一愛丁堡皇家學會報告第二十一冊，第三部，二一八頁。此說又見
宜讀，翻印于一算學物理學雜誌第一冊，第三部，二一八頁。此說又見
于其大著作，題目為「熱之動力學說」，附載從朱爾及勒諾當值八五二年
第一哲學雜誌之附注，尤于一算學物理學雜誌第一冊，第三部，二一八頁。此說又見

，其然而此時，並未承認過之動力學說。不過在發明之噶爾諾學說之後，加以附注。

見一自然手續是絕無有所失者，能是絕不能毀滅者。郎肯於一八五三年，「原

見一科學雜誌第一八五三年一月五日，又，在格拉斯哥哲學學會宣讀之論文，翻印于

頁十八卷第四附註。曾用實能（指能感覺者）及位能（即隱能）之名稱，而為之

立界說。湯姆孫「原註」見一八五三年第一格拉斯哥哲學會報告一，翻印于

爾一名詞。其後湯姆孫不用資料。在此說帖中，改稱湯姆孫始用「導電物之電容量

八月二十九日，又見于皇家通俗演講集，第二冊第四頁，物理學雜誌第二五頁之附註，一

尤宜注意。此項新名詞之如八八七年，版，如何通用，詳載于赫爾則採用之，以替

代動力及靜力能名詞。此兩種新名詞，今日已通用於物理學課本，成為物理學識

之一種字母；從前學者皆不甚措意，只有幾位思想家則極為注意，因曾用心多年，

求合宜之名詞，一方面可以有算學的界說，一方面可合於常識之閱歷，觀於一八

六六年赫瑟爾爵士之評論可知。「原註」所引之語，見于赫瑟爾爵士之論說

爲物理化學（毋論其爲理想的，或爲試驗的）知識之基礎所有；此種科學之元素及公論，必要重新立說，使能表明此種新見解，及開拓其遠大之前途。所有力學、物理學、及化學之各部分，必須按一統一的計劃，以發揮而均平之。一八四七年，赫爾姆霍斯已有此種之粗定規模，惟是其後二十年，致力於官覺變象之分析，無暇及此，事隔多年之後，乃後再行研究，於是得有極重要之施用。

當時重新建造科學之事功，以爲大局面之發明物理觀，則有蘇格蘭學派之自然哲學大家以肩任之，——如湯姆孫兄弟、郎肯、馬克斯維耳、退特、斯條亞、諸子是也；其在外國，則有克勞修司獨力爲之。郎肯及湯姆孫·詹姆士早已（一八五五年）有『工能學』之意思，又稱爲『一切物理變象之抽象學說』。〔原註五年五月，在格拉哥哲學學會所宣讀之論說，其題目即『工能學大概』，此作翻印于一科學雜著一第〇九等頁。關於上文之界說，可參看第二二八頁。湯姆孫·詹姆士之作，則宣讀于其所撰之『物之結晶，及化爲流體力學』，是一八六一年十二月五日，則宣讀于皇家學會者，其中曾發明以物理力學原理或公論，指明物之變體。赫爾姆士以此爲一八七七年版，第六十三頁，最初研究（見赫爾姆士所著之一工能學說一，以此爲一八七七年版，第六十三頁）之科

學家對於此種研究，有以爲可以求得通例者，亦有以爲不能者，持論不同。蒲耶克則深信能學原理，仍不足以求以範圍一切，自然功用（見其所著一動力辯熱學，大概皆帶有哲學問題，第七將于下文討論之。此種事過二十餘年之後，至於今日，始有科學家繼承此種意思，而致力研究，始有實現計劃之望。當時何以棄置忽略，則另有理由在。

第一層理由，朱爾·赫爾姆霍斯、湯姆孫·威廉諸君，不久即見得若干此工能常住新學說，推用於範圍較狹之動力熱學之外之各種變象，則得有意外之湊合。開拓新景象，發露尙不能知之性質，啓發不可勝數之新試驗。例如熱的彈性，及熱電各種變象是也。於是發起此新學說之諸子，不能不及早注意研究所有從前多數問題。例如來丁瓶之放電，電池之電流，電解之生熱，永久磁之施力，及電流與磁條之施力，反磁性之變象，安培之學說，韋柏量電之根據，西庇克燒不純之導電物之發生電流，及拍爾提厄 (Peltier) 之奇象，金類之電動力特性，物質之熱的彈性，等等問題，皆有工能常住及工能變相之新學說，以再加研究之必要。此外

尙有極要緊之問題，要將新思想載入高等教育著作之中，及根據工能原理，修改各種科學課本，而力學中之基本思想，尤應改進，以符合於更新之觀念。由此觀之，所謂自然現象，無非是工能變換之事例，此種觀念，可以視爲發展牛頓算理中所載之動例。動例第三條謂正力與反力相等，尤可以用工能原理，窺見自然功用，更爲深透。是以於一八六〇年，科學界之大發明家，以工能原理，作物理學觀之基礎，知有將此原理接續相輔牛頓思想之必要。劍橋學派所撰之作，及其議論，對於此必要之事，未臻盡善。蘭格倫日學派亦然，完全化力學爲公式，而置物理及試驗根據於不顧。於是重新研究牛頓之算理，重新刊行，一字不刪，解釋及發展動例，第三條，以包括工能原理，以爲動力學之鑰。教授時，則先教動力學，其後再教靜力學。視靜力學爲動學之別案。又使科學所處之新地位，較爲顯著，則提議以『動力學』名詞爲普通名詞，包括力學及靜力學，作爲普通力學全體中之分部，將向來所用之 *mechanics*（亦作力學，向來與 *dynamics* 通用）專作爲機器學之用。此種

三一、湯姆孫及
退特

更改，可從退特及斯提爾 (Steele) 同著之微點力學見之，其第一版與第二版之講解不同，可以比較。其關於此新說爲提要鉤玄者，則以湯姆孫與退特同著之自然哲學，有引導英國各大學各專門學校入於物理及試驗研究之路之大功。其發展此種新思想者，則爲馬克斯維耳，且有引用新學說以爲證實，法拉第各種試驗研究之功。其亞於湯姆孫、退特之大著作者，則以馬克斯維耳之大作，爲能革新自然哲學之講解，此革新之力，在歐洲大陸及美國爲尤著。

三二、馬克斯維耳

上章曾論及馬克斯維耳欲以電及磁之經過處間之變象，以算學發明之，今再論此事。從前法拉第曾以試驗研究，欲有一部分之證明，及啓發牽力壓力；馬克斯維耳則欲製一機器模型，代遞電居間物，以表現及傳遞此種牽力。其後不果，他人繼承其業，其採用闡理之法，則各有不同。自有工能學，科學家皆推用於一切物理研究。從前研究化學者，無不以物質常住爲惟一宗旨，此時之物理學研究，亦然，無不抱定工能之常住爲惟一宗旨。於是工能之原理，遂變爲物理一切功用及一

切變化之總結，如算學之積分術，不必研究微分。此法常有其用處，往往得收重要效果。此與實用家辦事相類，只要知其大綱，而不留意於細目；又與大商業之總結單相類，只要其無錯誤，則不必費心於每日流水帳也。

法拉第曾經發明電、磁、化、熱之變象發生之處間之部分，是一種相接連之境地，稱為電磁界。法拉第及厄斯忒德、歐姆、韋柏、朱爾等，曾證明所有在此種界內之一切變象，有其相同之公量，並能瞻測相互之關係。馬克斯維耳統稱為『電磁界工能』。於是以工能常住為宗旨，而研究此公量之各種變化。因而研究得其結果，證明此工能有各種變相，或為動能，如歐姆例所管轄之電動（即電流），或如有重物質之行動，如磁條及導電物是也；或為散蕩（或為虛耗）之能，即工能之變熱者，此則有朱爾例以管轄之，或為儲能（即位能、亦稱勢能）。法拉第之研究，曾啓發儲能所在地，即四圍之處間是也；此種處間應作為能受變形，如有彈性物之能受逼壓而變形。前此不久，湯姆係及退特研究有彈性物之組織，毋論其為動為

靜，其中之動能及位能之分布，因而發明如何以算學而計算此組織之特性。此事不啻預爲馬克斯維耳，開通路徑，俾得對於電磁界之特性，爲最普通之研究，化爲動力學之量度。馬克斯維耳則設想界內有易置或變形之存在，而傳遞浪動，其速率則倚賴居間物之特性（亦稱爲居間物之定數）而定。學者皆知其如何證實各種試驗而得之電及磁之變象，確定其性質與數量，最後則提議，謂在空氣中所傳遞之電磁之易置（或變形）之速率，必與光之速率相同，即謂光是電磁之擾動，不過浪之長度較小而已。作者亦曾於上文說過，赫芝嘗表示電浪，此電浪在空氣中走過，雖不發光，而視光浪之種種之特性，如返射、屈折、與分極等等是也。

當一八五〇年至一八七〇年之間，英國之蘇格蘭派，正在以工能學說重新建築物理學之時，克勞修司在德國則有動力熱學之研究，一及氣體衝動學說之研究，而不拋棄以天學觀解說自然變象，此說以爲物離而力相及，其時外國之理想理化兩學，仍抱定此宗旨。此種學說，與法拉第之學說大有分別，主張此種分別

者，以馬克斯維耳為最有力；馬氏以工能學，鎔鑄法拉第之各種見解為一片。一八七〇年，赫爾姆霍斯對於此事，又為科學思想家之袖領，首先發動，漸漸掃除舊說，幾乎掃除淨盡。又因其發起翻譯英國之新著作，（原註）最著者，為湯姆孫及丁鐸爾所著之有名著作，以「聲論」一書為首先，破除德國教授界詳微博引之舊習慣，絕不肯降格屈尊，為通俗之演講，以使非專門科學家，從前之德國科學知識，以潛移默化之見解，及「代己之詞章」。即或有為之者，亦不過數人，如柏塞爾，來比喜，赫爾姆霍斯而已。德國之科學大家，留傳之文，不過數人，如赫爾姆霍斯，亦並不為人所知。雖柏塞爾亦不能及，且柏塞爾之歷史，最為豐富。六年（貝爾）則有極佳之新創議論。使流行於德國，發明法拉第，馬克斯維耳，兩家之意想，又因各種詳盡之試驗以證實之，且有通俗之傳播。其最重要之結果，則為赫芝所揭露之電浪。

赫爾姆霍斯早年因注意於生理學，而研究力與熱之關係，其後亦因生理學而研究電動力例。（原註）雷文在其多數演講中，其後又在其所撰之赫爾姆霍斯傳中，來比錫版，一八九七年，有赫爾姆霍斯研究

電。電。之。年。之。一。史。于。是。發。起。于。一。電。八。學。五。面。一。年。完。全。極。盛。于。一。法。八。國。亦。略。有。一。改。變。之。試。驗。如。德。明。知。而。新。時。學。之。見。解。頗。取。根。據。于。此。安。兩。君。及。之。各。種。測。算。學。量。度。展。英。國。不。甚。為。課。本。國。電。學。家。提。所。中。及。有。安。培。味。之。章。一。柏。段。見。事。實。者。作。此。項。會。見。于。解。第。四。章。前。中。原。論。為。及。外。之。國。之。會。所。謂。最。英。注。意。發。者。起。之。為。天。思。學。想。之。觀。學。最。為。則。法。國。有。學。一。者。絕。所。妙。研。之。究。應。用。而。天。德。學。國。觀。則。反。對。是。于。此。反。種。對。派。學。以。觀。赫。念。爾。姆。及。霍。斯。科。領。維。袖。赤。文。爵。赫。士。爾。姆。霍。斯。文。在。曾。德。國。學。思。想。史。赫。爾。姆。位。置。斯。因。亦。研。究。英。國。物。之。有。電。氣。姆。孫。而。終。身。廉。研。究。電。爾。學。即。推。廣。爾。姆。霍。斯。之。全。新。作。發。中。明。亦。有。以。此。用。語。于。生。理。學。文。是。及。米。勒。學。派。之。亦。如。米。勒。比。學。派。有。一。之。長。應。處。用。化。學。之。新。力。所。發。明。移。赫。爾。姆。霍。斯。受。買。教。育。尼。子。及。弗。打。學。之。派。新。發。明。受。訥。而。伊。大。曼。有。振。作。斯。留。章。柏。一。途。不。講。為。集。人。一。所。第。二。注。意。冊。只。第。三。意。八。大。九。利。科。學。則。教。有。弗。所。打。研。究。電。堆。此。外。創。有。造。洪。保。而。德。動。一。物。之。電。一。途。不。講。為。集。人。一。所。第。二。注。意。冊。只。第。三。意。八。大。九。利。科。學。則。教。有。弗。所。打。研。究。電。堆。此。外。創。有。造。洪。保。而。德。動。一。物。及。其。歷。方。大。一。研。究。物。之。魚。電。其。後。在。乃。一。有。八。五。勒。○。及。年。雷。問。文。始。日。用。德。國。發。之。明。科。之。學。科。學。只。意。研。究。過。及。道。之。面。電。體。立。至。與。于。斷。路。綫。中。及。之。肌。內。之。赫。爾。姆。霍。斯。研。究。雷。文。然。而。勸。來。忽。然。安。而。培。止。之。賦。動。電。及。輪。及。過。之。面。電。體。立。至。與。于。斷。路。綫。中。及。之。肌。內。之。赫。爾。姆。霍。斯。研。究。雷。文。然。而。勸。來。忽。然。安。而。培。止。之。公。式。所。得。之。章。柏。果。算。並。不。正。確。非。伸。引。改。而。此。項。公。式。不。可。變。環。境。是。思。索。流。研。究。然。後。多。年。知。從。一。乃。面。求。得。為。一。種。普。通。特。別。式。驗。化。約。以。前。規。定。之。此。各。通。式。中。脫。之。為。三。種。案。發。明。于。法。是。又。其。一。中。面。究。施。以。何。算。法。為。

。最近于眞實，不獨漸漸于過綫之嚴電，輯且尤注意，于其所謂電磁界之意想爲眞。此項意思，其後留漸于過綫之嚴電，輯且尤注意，于其所謂電磁界之意想爲眞。位科學著作第一冊，第四二九頁，至第八二〇頁。以今日科學所處之地，英國則以物理學，以求較爲眞確，注意雖不完全，而有所殊途同歸之效。其時有一八八一年之講演，以表明兩者之知識，而有所殊途同歸之效。其時有

三種學說，皆欲求得一通式或通例，以包括當時所知之一切電動力變象。第一第二學說，大約同時爲訥伊曼、韋柏、各人各闢途徑發起；第三學說則爲馬克斯維耳之學說，以完全不同之見解爲根據，即法拉第因試驗而得之見解。第一第二學說之視點或目的，在於電力在能量度之距離而生之力之效，當時稱爲遠鏡觀。第三學說則綯化此種爲物質相接連之力效，即在處間之力效，當時稱爲顯微鏡觀。赫爾姆霍斯之第一步，先用創新之闡理法，將所有三學說之算學公式，化作一公式，於是此三式各爲此通式之別案；第二步則用理想及試驗，以定奪此三式之中某一式爲通用。於是爲理想上之證實，則採用工能常住之原理，此是大陸思想家鮮有用之者。因此闡理，而使工能常住學說，在大陸科學著作中，處最重要顯著之

地位。赫爾姆霍斯之推闡，曾經最有名之哲學家之種種審察詳論，而後得處此顯位也。從此以物理觀研究自然變象，介紹於大陸。

「原註」英國之刊行湯姆孫及遂為物理學之新紀元，並非由于熱一八四七年赫爾姆霍斯之宣布，此也。在德國亦有同等之新紀元，並由于熱一八四七年赫爾姆霍斯之宣布，此也。在德以評論當時似若相反之各種學說，從前有用瓦節，最著者，即常用此主義以證實電學說之學說。之正確兩。赫爾姆霍斯則用動之不可住，義一為兩形式與，反力相等。與八節八一年相演講，其所以持之義，或原，赫爾姆霍斯一處管轄節制之一主義，而對於科學得之結果，不能作建築之主義。此主義與物理學義，皆需有抽象科學者，方法如吸力，發展子學說，不以實說，確而已也。其在自主而修全學，則形物理學說，及生學用者，則則有查克勞夫(Jauschke)所根據之錫工能常八九七。

其時則有另一部分之科學家，有開創新研究區域，以補助此學說之功。此新區域幾乎全屬於外國之科學，亦如工能意想有二十年間全屬於英國相似。初時

則有德國之哥布及赫斯 (Hess) 之孤立研究，法國則有勒諾，柏德樓，丹國則有

湯姆生 (Thomson)。〔原註〕思想史之要點，雖在乎學說，而不在乎事實，事實

更改變象之科學之方面者，惟對於勞諾之試驗兩學說，則不能不進步，所利及之。其極
準之量度物理學之各種定，數之功於勞諾，為理化兩學說，則不能不進步，所利及之。其極
不能埋沒者，觀于克爾勒文早時之熱力學說，則知之。所謂波義耳情形，曾經隆其例
，及其他各例，皆曾經勒諾為極詳盡之實驗。汽在汽機內之情形，曾經隆其例
助特別研究。又證，明炭類中之氫，在乎善製巧妙儀器，為勞困化學情形說中，增而
有極準確之量度，足可以為此種事功者之模範。勒諾亦頗似利比喜，有極
數之學生，其後皆顯名于時。勒諾在巴黎為理化兩學教授，同時與極著名
之事功，為德國惟一之物理。哥布亦有相類。此數君者，與多數少年，可以謂之新

三五、阿斯特瓦
德之物理
化學。

物理化學之祖。阿斯特瓦教授所著之物理化學，有極詳盡之發明。此大作在化
學史中，立一新紀元，亦與湯姆孫退特之自然哲學之在物理學史中，立一新紀元
相似。

作者前已說明，從前之大化學家，因發展此學，如何只專注意於求得各物質
性之知識，如何只專意於化分、分析及組合、及分類，而對於最重要之化學愛力之

原理，則幾乎完全忽略，而不研究。作者對於此事，以為大抵由於有拉瓦節及道爾頓之原子觀，以為利器。〔原註〕從歷上觀之，由此學說變為彼學說之時，實之真知識有缺。例如湏動學說，則失光線直行之電磁學說明之誠大有所得。費長久之為難算學分析，乃能恢復。馬克斯維耳之電磁學說明，誠大有所得。矣。而庫隆及章柏說所介紹之電質學說亦靜，或動一學家，至今尚未能全晰之發明。從前以原子學說，介紹逐火質學說亦靜，或動一學家，至今尚未能全晰。

謂于物重之改變，所得者為化合類之養氣。較為新近之知識，則證明兩說有證明，其所得者為重分，其所失者為位能。是亦稱火質學說，即原有其真確力，即謂失去。其所發者為重分，其所失者為位能。是亦稱火質學說，即原有其真確力，即謂失去。過暫時忽略，並非立刻拋棄，即于拉瓦節之最初之火質學說可知。此元氣，表為物質之外，尚有他物存在，即于拉瓦節之最初之火質學說可知。此元氣，表哥布，則熱子（或熱氣）為元素之一。九。當第十九世紀之初年，其研究化學者，對於化學之力，與吸力、熱力、電力之關係，雖法國有給呂薩克，英國有道爾頓、

德斐，瑞典有柏濟力阿斯諸君，亦盡力研究，然而漸漸拋棄，是以雖有法拉第之電

解例，而無發展化學之潛力。〔原註〕此中原因，參觀赫爾姆霍斯一科學論文

，第二冊，第一節。如此研究化學，已嫌其趨向過偏，然枯守原子學說者，又因試

實驗室所作之事，極易推行於製造廠，於是化學工業大興，科學家更拋棄其與物理學有關係之研究。自有原子學說，吾人操縱物質之能力增加，因研究炭氣類，而工業驟興，爲前此所夢想不到者，而從前之煉冶古法，至是亦大有改良。在常人視之，自必重視結果，而忽於以研究之方法，及推得此項結果之闡理；樂於實效之獲得，而不問求得之手續。新揭露之元素，立刻即有實用，故各種化功，或不爲人所注意，即使有注意者，亦不過視爲只有次要之關係。同時又發生工本問題，製造各物，如何可以省工，如何可以省料，皆視爲祕訣。前數十年學者之初入實業界者，則知其時之所謂統計法，工本表，今日之各種實業，皆有此種研究，其實則能明白此事者甚少。人類愈進化，則用人力所製造之物愈多，用天生之物愈少，於是所謂工本問題，愈變繁複，不獨要研究生料，及採取生料之工，不獨要研究一切章程規模，如何可以省工省料，生料之變成熟貨，其間所經之種種人工、機器、化功手續，尤要研究。既然，則必有一公量，然後可以登帳，否則必無從定工本。當日瓦特初以機汽代人

力，即發起以其所謂馬力，以爲汽機及人力之公量；法國算學家頗重視力學之應用，遂介紹『工作』名詞。在普通實業界內，亦採用此種公量，不過極其草率，惟輪船汽機則不然；其用化學及電力機械者，採用此種公量，則失其意義，常人亦不知其爲何物。其後將『勢力』及『工作』兩種名詞之意義推廣，及介紹工能意想，然後有一公量，可以量度物理學各種力。以實用而論，以理想而論，若無以量化工之能，如同瓦特之量熱能，及朱爾之量電能，則毋論用何項量度法，皆不能盡善。是以此一『能』字，不獨在理想科學爲最要緊，即在實業上，亦何獨不然。假使工廠所用之力，只有人力及汽力，原有一極草率之量度，即計算用若干人，燒若干煤是也；若用電力則不能，除人工與物料之外，尙有應計算之多種事在，無公量則不能算工本。及全用電流時，於是『能』之一字，從前不過是科學中之一種量度，至是乃變爲可買可賣之貨。

化工之與力、熱、光、電、吸力各種變象有關係，前人早已知之。至是乃分爲研究，

以求其可以量度化功之能者，於是視化功爲吸力、或質力、或熱狀、或電之分極性之結果。科學家於是有各種化功愛力學說，如力學、熱化、電化、各學說是也。此種特別研究，頗得有價值之新發明，及要緊之啟發。如從前柏德樓所啟發之質力例，今日則有古爾得堡 (Guldberg) 瓦治 (Waage) 恢復之；如法拉第之極要緊之電解例，柏德樓之熱化第三例；及哥布赫斯之要緊研究是也。以上所云之各種新發明，都無有能完全籠罩化功問題者，因久無人知，或不久同歸埋沒。近今二十年之最要緊事功，則爲研究及此幾乎解決之重大問題，即「化學之愛力（類緣）是何物，如何能量度之？」是也。關於此事，則以阿斯特瓦德爲首功，無可與之爭席者。〔原註〕阿斯特瓦德之最重要著作，名「普通化學原理」，第一版兩冊，一八八五年至一八八九年來比錫版，名「第二版化學原理」，共三冊，第一冊已于力。一八九一年出版。此書共分三大部者，請觀阿斯特瓦德化學工作，及貝爾斯坦 (Beilstein) 之「有機化學」一八九三年至一九〇〇年間刊行，第十、九世紀，共五冊，來比錫版。將來化學之發展，以此兩大作爲基礎。第十、九世紀，共五冊，有格梅齡所著之「化學」一八九三年見于一八七一年。參觀哥布又與凡特荷（第二冊第一百頁）。阿士特瓦德教授，自一八七一年其大作之後，又與凡特荷

甫教授，于一八八九年，發其一物理化學雜誌，又于一八八七年，開設第一物理化學試驗所于來比錫。其最有創解最能啓發者，則爲阿斯特瓦德，所撰之一分析化學一（來比錫第三版）。

因前人之各種單行研究，或孤立研究，阿斯特瓦德皆取而量度其價值，組合爲一種極能包括之原理。阿斯特瓦德之苦工，

極有要緊之實用，久已不爲人所領會，不久將有知其用處者，良以實業競爭，不能

不研究出貨之經濟也。此種經濟，不獨免除耗料，且要免除耗工或耗能也。

物理化學，理想化學，或普通化學，爲有統系有規則之研究，不過爲新近之事，可從阿斯特瓦德，大作未出之前，之化學史見之。本書所常引之哥布歷

史著作，敘述至一八七〇年，尙極少提及物理化學。此則尤可注意者，因哥布本人，即孤立研究此無人過問之科學者。其事功見于拖爾普（Thorpe）

博士之一化學歷史論一，一八九四年版，第二九九頁。雷屯堡（Ladenburg）

年第二版。從前德國極偏向于有機化學之研究，若此後德國以物理化學

得名，則大有賴于阿斯特瓦德學派之潛力，及其大作中所討論實業之部分

新，在今日則以此爲最重要，亦從前之以新發明及製造。發明化學愛力之意

想，則由發起於意料所不及之方面——即第十九世紀初年，有柏濟力阿斯特化學研究，遂成爲此學派中心點之地。阿斯特瓦德教授在其新近所撰之愛力原理史

略，以一八八六年爲最後之時期，「原註」大著作斯特瓦德中教授亦嘗大組合同愛時力，學說第

阿，打成一片。此事亦與他人同功，歷史亦創一新紀元，霍斯，惟此項學說，亦蒲發郎克多，

數激烈辯駁，與其他學說相類。學及阿基德，于德在第二版中激，烈介紹阿斯特瓦

德在其著作，極力反對舊時以吸力，原子，加以詳，等學說爲此物理學之基根

。關於此種要緊爭論，作者將此章之末，加以詳，等學說爲此物理學之基根

三八、阿倫尼阿

參觀阿斯特瓦德之「普通化學」第二冊，此時阿倫尼阿宣布其以電流分解

化液（電解學說）今欲使讀者明白此項物理化學最後發展之重要，不得不追溯

從前之歷史，使知在第十九世紀中，科學家對於所謂固體、液體、氣體（毋論其爲

動爲靜）之意思，漸漸改變。

不久以前，平常人之對於固體與液體之分，及流體與氣體之分別之印像，亦瀰漫於科學家之著中。水學與氣學有極謹嚴之界限，對於物之處靜者，及物之有官覺所及之動者，亦有極謹嚴之學說，以示分別。本世紀之大更動，即在推倒此種分別。吾人以爲靜者，其說不能成立，其實所謂靜者，其中有隱藏而能量度之動，如

氣體衝動說是也；此學說即以氣點四方衝動，以解說壓力。向來所謂處於靜力之平衡勢者，則改爲處於動力之平衡，即謂持保其均動，如熱流學說，及輻射交易學說，及固體堅實意想，則由於漩渦動之學說，皆是也。至於處於兩者之間之物體，如粘體、膠體、及間於水與氣之間之蒸氣，在第十九世紀之初年，科學家以純粹算學研究此各項問題，得有若干易於量度特性之定數，則以爲研究無盡之自然變象之能事已畢。其後以試驗代算學，則此種問題，尤爲科學所注意。從前之見解，未免過於狹窄，其後有英國之大試驗家，及外國之獨闢途徑之化學研究，然後擴張此項狹窄之見。所謂試驗大家，在英國則有法拉第、格累謨、「原註」格累謨一八四一年至一八六九年間

三九、格累謨及
安德魯茲

人（居倫敦大學學校教席多年，其後爲造幣局長，其研究物理學及化學功，具創解之精神，而用極簡單之儀器，至今仍用其所創之器。其巧妙之學功，充業，遂爲化學著作中之傑作，是將其所撰之化學一書譯成德文。其後屢有相伯仲，其時格累謨之名，由是傳于德國，幾至家喻戶曉。格累謨曾揭其體之動，及氣體之能溫和，由是而起一例，至謂氣體之透過多孔物，一爲品體，率一方根爲反比。研究氣體經由研究較繁之液體及氣體，透過多物，一爲品體。

格累謨又預言後來之各種揭露，又探轉有價值之資料，以爲後來學說之地步。又曾發明酒化物之存在，此種化合物，與水化物相似，並抱守輕氣爲說。金類之安德魯茲；此兩君者，關於不甚顯著之物性，大有所發明，頗能使學者得

有較爲深遠之知識。在一八二五年至一八五〇年間，格累謨有極廣大之研究，其所研究者，爲液體氣體之播散、吸收、及滲透之變象，證明在液體中亦有動、有壓力、不獨氣體爲然也。安德魯茲。「原註」參觀前文卷一第三一六頁原註。在一八六〇年間，則有極要緊之研究，致力於液體變爲氣體之情狀，其結論有言曰：「氣體及液體爲物質之相同情狀，不過程度相隔頗遠，有相連接之變更，則可以互易其體。」「原註」見一「安德魯茲科學雜誌」，一八八九年，第三一六頁。亦論及「液體及固體並有相連接之可能。」

從前科學家關於液體之性其後有一要緊進步，從前以爲靜者，今則以爲亦有動，於是此項意想，大爲擴充。大爲改變。此是克勞修司之功，此君宗朱爾等之說，大約亦以此時，發起新式之氣體衝動學說。其啟發此進步者，則由於電解變象。舊時見解，以爲電流經過電解液，解放所賴以組合之要素，即是一種與愛力相抗之

力，如是則耗能。其後不久，則求得所謂化分者——得維爾 (Deville) 則首先稱

為電化液之電離

方面而研究得維爾，初時專致力于一八八一年間人則從醫煉學

治化學，皆具有新，創方法殊，途同歸之效。熱學維爾介紹電解名詞，司以指化合

等物之破解，以爲並有言曰：「力得，而由于物性之改變，與氣體衝動學說，及凝結

接關係之，試驗之留意者，又有極正確之維爾不承認，此學說。此君既有表示極忍耐

，移動。反對此，或則知其不甚可信，想則，更令吾人佩服。觀其對於氣體衝動學說

維爾「全書」下「得——不生於化液中有電流，而生於電流之情形。一八五七年，克

勞修司首先說明電離，一八八〇年，赫爾姆霍斯繼起，而又有此說。於是發起一種

意想，在某種化合物之化液中（並非所有化液皆有此變象），即無電流，亦有電

離（可稱絕交），若有電流，不過導引已經分離汗漫遊行之分子（即伊洪，亦稱離

子）之方向，同時解除其電劑。司當介紹其衝動學說第四三五頁已言及，原勞修

區別，並謂介紹其化液電離（絕交）途徑研究，亦謂有預知在先之理人。又一八

四、喜托夫及
柯勞士

五〇年，(利比喜)：「科學第七冊，而得之三十論，(維廉孫在英國科學
提倡會，曾發言曰：「科學第七冊，而得之三十論，(維廉孫在英國科學
分子常有互易元素之事，則意度如有一器強酸，其中裝多數之綠輕分子，
吾人所得之觀念觀之，則意度如有一器強酸，其中裝多數之綠輕分子，
相依傍之化合，而常與其他輕氣原子互易。近日有(見克勞修司)動力熱學
一第二冊，第一六七頁，其他輕氣原子互易。近日有(見克勞修司)動力熱學
一，以為發明，使與新近意想相合者，見洛治所著。此項意想，發生化學家之激
烈反對，其後漸漸有人明白，漸有立足之地。其首先以電化液之要素為自由行動

之意思，介紹於科學界者，為喜托夫及柯勞士兩君。柯勞士研究十年(一八六九
年至一八七九年)，然後發明離子遷徙例，以留名於科學歷史。於是即發生一問
題，問「電流之工能何往？」隨後有發明電化液之薄者，及熱度高者，更易於導電。
——此兩者應能助離絕交之變象。亦經有人不用電流為研究者。外國之科學家
瓦爾斯 (Wahls)，凡特荷甫、拉烏爾特 (Raoult)，追踪格累謨、安德魯茲，證實
及推廣物質之化為液者，與氣體同；其滲壓力與平常氣體壓力相似；又亞佛加德
羅例，關於氣體分子之數目，能用於液體；物質滲壓力之量度，能用以量度汗漫遊

行之電子數，亦如氣體內之化合物解散時，分子之數目增加，其壓力即增加相同。又氣體將近凝結時，有反常之行爲，則以此分子之聚集爲之解說，在薄液內相似之反常行爲，則以分子絕交（即離分）以解說之。阿侖尼阿先已將此兩說組合爲一，使之相輔而行，多得效果，以一八八七年有一解決之說。「原註」見其子一瑞，及十一月九日，送交瑞典都城學會之著作。其言曰：『分子有活潑與不活潑之分別，活潑者破分爲

四二、邁爾論化學觀之改變

離子，不活潑者則否。惟自由之離子，能導電，能有化功。此即法拉第例之理由。離子在液中之行爲，一如自由之分子。此即電化液與推廣氣體例（即凡特荷甫之新發明）不合之理由。』「原註」此引阿斯特瓦德「普通化學」第二册，第六五六頁。邁爾曰：『由此說觀之，吾人向以爲食鹽液內所有者，爲不化分之鹽之分子，今而後知爲分散之鈉原子及綠氣原子，吾人之意想之變更爲何如耶。此種革命，不能不歸功於凡特荷甫、阿侖尼阿、阿斯特瓦德、蒲郎克諸君矣，至以試驗之功業而論，則不能不尤歸功於拉烏爾特，因其有多年之研究，預爲此項極偉大理想進步之地也。』「原註」見其所撰

一之演講，題目爲「今日之化學問題」，
一八九〇年海德爾堡版，第三十二頁。

四三、
阿斯特瓦
德之雜誌

一八八七年之組合兩說，當能作物理化學之新紀元。一八二六年，因有克禮爾之雜誌，而德國之算學中興；亦如一八八七年，爲阿斯特瓦德及凡特荷甫同主辦之物理化學雜誌第一期報出版之年。從此以後，向來所忽略之化學物之特性，至是則有統系及算學的研究，引入於解決一極大問題之路，即『化學愛力爲何物』是也。

從前郎肯及湯姆孫發明工能學說時，曾啟發一項意想，以爲尙有更普通之工能原理在，可稱爲工能學；其發起物理化學之諸子，以爲逐漸能達目的，又謂若求達目的，非脫離天學觀、原子觀、動力觀、種種舊學說不可。又謂舊時之學說，祇能包括有限範圍內之自然現象，若求化學之發展，使成爲確切科學，則非擴大眼界不可，非求得能包括衆說之學說不可，因舉凡一切吾人意想中所能想到之各種自然工作，皆同聚於化功，是以必要求得有範圍較廣之獨立學說。其能擴大科學

家眼界，則有美國之耶魯 (Yale) 大學教授，自然哲學家季布茲苦心研究之功勞，惟久已為世人所忽略矣。

四四、季布茲

季布茲所詳盡研究之思想，則亦發源於湯姆孫，克勞修司之理想。湯姆孫從前採用熱力觀，及各項工能互變，及工能常值學說時，則首先見到，若用以實寫自然變象，使得正確，則此學說應再事修改。因工能變為各種形狀，只有一方向；而自然趨勢，則為工能退化，或工能散蕩（虛耗）。如是工能雖然並不歸於毀滅，而用處較少，不甚適用。工能之最適用者為熱，所有一切自然變象，必失其一部分之能，即失熱是也。是以同是一能，而有適用與不適用之別。其後湯姆孫對於某種有界限之問題，曾發明「原註」第五十九號，之「算學物理學雜著」一八五二年，第三年又有說帖，題目為「從受熱不等處間恢復力能論」，虛耗一八六八年，則可以特著之一熱力學略論」，有言曰：「失熱既有力能論」，虛耗一八六八年，則可以特適用之熱，亦應有名詞。克勞修司介紹一名詞，好之名詞，擾亂學能而已，「惜與吾人意中所欲達之意適相反。若再創一名詞，擾亂學能而已，「惜與非一百頁之能，退，特于生即用擾亂，名詞人，不快。變其觀馬，克羅斯維耳初版之能，熱，學而

，又，第二冊第八版之三二四等頁。假，使退勞特于一八六八年時，介紹一冊新創名，七八頁可省，却若干混亂。其後一八七六年，湯姆孫提議，用一哲學雜誌中，先通告愛丁堡學會，其後有詳細說帖，登于一八七九年五月，一哲學雜誌中。其所提議之名詞，即是一為發動力，舉凡一切有用，工如熱度，如是則有兩名詞，吸一其力，電力，磁力，力，皆為此兩名詞所包括，得由最單簡最直接之路，以明證物質之各種熱力問題。一（見湯姆孫所著，之一算學物理學雜著一第，一冊，頁四五九）

如何測算可用與不可用之工能；介紹一新名詞『發動工能』於科學，其意即謂：『同是工能，其可用者，則為發動工能，浪費者，則為散蕩或虛耗。』自然原有一項要緊而極顯現之特性，即自然之工作（或手續），大抵皆趨於有一定能劃清界限之方向。當湯姆孫正在以科學語言，發表此特性，並以算學計算之時，則有郎肯、克勞修司，各闢途徑，以算學研求此性之公式。凡是毋論何種元素，或因子，或數量，有趨於一方向之勢者，吾人即可以臆斷，其間必有界限之數量，或永遠增多，或永遠減少。此項數量，或不能直接瞻測，或不能直接量度，非若力學之動，或速率，或距離，之能直接量度；此項數量，或隱藏不見，吾人無特別覺官可以感覺，

四五、隱能

非如聲、光、壓力、熱氣，吾人皆有器官以直接覺之；然而或可以間接揭露之，因其有清楚界限，能瞻測之數量及因子（例如熱、熱度、質量、容量、壓力等是也）以造成之（爲一函數）也。郎肯及克勞修司，求得熱之變化（幾乎包括自然事功或手續淨盡）即有此項數量，永見增加，若以算學文字達之，此即量度世界日見損失之可用或有用之工能之數量也。郎肯對於此數，只稱爲『熱力函數』；克勞修司則以爲當撰一名詞，使與能相稱，稱之爲熵（隱能）。

夫一變相。其所知之效果，與湯姆孫二年，其所得者同。工隱能名詞，第二例至一八六五年，克勞修司始用之。意見在葛爾文則注意區別，於是此兩名詞所包涵之物理之意，關係最爲密切也。及可用工能之區別，於是此兩名詞所包切之工能變相中，學者應有總數一能，及可用工能之區別，於是此兩名詞所包學動一條件，爲所有一切變動情形之能與隱能。在第九版大英百科全書一三熱冊，第一六七頁名詞之發義，工能爲代詞，並通用之熱力著作中，而科學家皆以爲應收一窄工能名詞之發義，工能爲代詞，並通用之熱力著作中，而科學家皆工。瓦爾德，通用於未發明不熱力第一例字之，指則只有力能。其言曰：『假工能此

能。邁爾諸君所用之名詞，則界限不清，往往將總數之名，與可用工能，混而爲一。參觀沙特利厄 (Chastel) 之一物理月刊一八九四年。

即謂鎖閉之能，或隱藏之能。湯姆孫之說，謂自然趨勢，是工能散蕩，克勞修司既用隱能名詞，則謂『世界之隱能，日見增加』語異而意同。

自從介紹此新意想於科學之後，如是者有二十年，其間則有算學家、物理學家，大抵多致力於此項隱能，並保護熱力學第二例，免生誤會，免受攻擊。一八七八年，累力爵士尙能發爲議論曰：『根據於熱力第二例之工能散蕩學說，已歷多年，爲算學家物理學家最好研究之問題，然而機器師、化學家、及多數科學家未能充分承認。惟是最重要之問題，則爲處如何環境，然後能從熱以得工作。若只知熱既作工之後，其當值之熱已失去，不過爲吾人所宜承認者之一極小部分而已。』

見一皇家學社報告一第七册，第三八六頁。

科學家對於此要緊之新明，既有如是之意思，即有兩人照此方針起首研究。

四六、和斯特曼

——其在德國則有和斯特曼

(Horstmann)

〔原註〕和斯特曼以一八七六九年即事研究，在一八七十年

間，亦有著作。登于利比喜特之一年報授一諸，而久不爾解之人，且能往為，抱守度舊思想，者所攻擊。一登于利比喜特之一年報授一諸，而久不爾解之人，且能往為，抱守度舊罕有湯姆孫之，一詹姆士化之學一預料，一物八理九學七年版公，認第一冊學，說第八要四，等頁化。學一則從仍，守舊說于。和（斯赫爾則謂此一工種能史學一說，第一對四三頁各種。問美國則有季布茲。註一原題，無濟說于。事一赫爾則謂此一工種能史學一說，第一對四三頁各種。問美國則有季布茲。註一原而季布茲人之研究。馬起于斯一維八耳七四之年，而其所根者據居，其大較多和斯，特固由為于深，亦歷全久平為抽象題之質，亦曾由經于發屬湯姆孫學。詹姆士能之領會其算獲得形式。其未姆孫之化意功容想量，即壓力以三熱度圖，解代，表發物表性熱，力學布各茲數則用，容而量不用工二元圖及際能。湯姆孫。以湯姆孫之三事熱，學一可以季布表明之季布茲之圍之，利而益較三大。則否國。馬有克斯維特耳在，其撰之一事熱，學一可以季布表明之季布茲之圍之，利而益較三大。則否國。馬有克斯維特耳瓦德八九二年採輯譯版。茲其後著阿斯特瓦德及赫爾姆布皆有所熱發力明學，研究以使一學部，易子明一四季布茲之方赫爾姆參一阿算學特化學一之「一普通九化學一第比錫版」第指，物所能存在之一工能各體。其後詞赫爾姆絕交，介紹普通，而有同分之異性態之兩各種，更自變而。此兩君為首先研究化功平衡問題之人，所謂化功平衡者，即各種相反對之化力（稱為愛力或類緣）之效果，以為通行於大陸之熱化愛力之說為不正確，

四七、
赫爾姆霍
斯之自由
工能

或不完全。此熱化愛力之說，原爲丹國之湯姆生及法國柏德樓所極力研究者，有多數之有價值之試驗研究，以輔助其學說；學者所利賴於此兩君之試驗研究者甚巨。此說以發生之熱量度化功，由是而發明熱學化學之第三例，曰：有如是極大工能熱學發生，即有如是之化功。此例用於化功之熱度，及於試驗室所用之熱度者，雖有大多數之應驗，若作普通例則不能，其在例外者尙多，則要用種種巧妙，方能爲之解說。可見此例仍要擴充或修改。不獨化功以其所生之熱爲量度，其他變象，亦嘗用之。一八四七年，赫爾姆霍斯曾發起關於電解，即欲以化功之熱，量度電動力，科學家以爲正確者爲時甚久。其後赫爾姆霍斯發見多數不符之處，遂於一八八一年，復詳細再研究此問題。其所得結果，爲量熱之法，殊不準確；同時即介紹一較爲普通、較爲適用之法。其所得之意想，即爲熱度不變時之可用或有用之工能。反應之方向，即靠此數量而定（熱度不變），遂稱爲自由工能。曾經發明在平衡時候之自由工能（或可用工能），必是最小數。又發明自由工能，與郎肯及克

勞修司之隱能（不可用之能）之關係。以化功靠一項界限分明可量之數之增減為轉移，即是證明其與動力手續相平行，因動力手續常有趨向位能減少之勢也。是以度罕稱自由工能為熱力之位能（亦稱勢能），此是妥當名詞。

赫爾姆·霍斯並未十分推廣此結果甚多之見解，然而其解說，則頗有發明如何較為準確，及較為融會研究此類各問題之功。利斯特曼之研究，已能引入此項

學說，季布茲亦用之在先，累力爵士亦曾有此項提議。（原註）其曾經研究此

克，雖謂起自湯姆孫（見退特熱學）第八版，第一八六八七年版，又第一百頁力學，及馬

九一第一頁。第九十頁，又沙特利厄（Marsden）物理之著作誌（度，學一八九四年見版一，八二

變六年版。有一位能之熱分力學之解。第五，見第十一等五德一，熱力學且研究一，於絕一交之

法九意。然而美國科學用此雜由工能之。又謂，特則應以學之研究，霍斯後之極清楚家之

既明為始。在一八七八年之著作，年有一問所著文之，大有極一價值而化學清一楚共

點四冊一；為實寫多數自然變用此學說之，只知總工能史與中只知此類重象同為發明甚大兩用要

處，其最要者，以爲知有若干之自由工能，即可用之能；或，其熱度，或其隱
有能，必要量度其能包括各種物性者，此即總能，即可用之能是也。此外，尚
有第三要點（科學家視此，則見解不盡同），即爲算學公式，表示化學
手續則，與動力手續之相類似，明白。總工能與可用工能有區別，此意想則發起

於克爾文爵士及馬克斯維耳。此自由工能，不得只以所發生之熱量度之，因自由
工能與容量、壓力、化學物之種數、及其物理情形，皆有關係也。有總工能之學說，及
自由工能之意想，則能指示學者以兼計各項因數（即所謂容量、壓力等等）之
法，以公量爲之計算。動力學有郎肯所介紹之位能名詞，以指導一切力學闡理，使
學者有清楚之意想；化學則有赫爾姆霍斯所介紹之自由工能之新名詞，有介紹
極有結果之意想於化學之功。自由工能（即可用之能）之名詞，實寫可用之能，
較爲自然；其相反之名詞，即隱能，其所指者，則非吾人所能直接知覺者。（原註）
「瓦
德教授，嘗謂熱力第二例，原有多數之說法，至於喜用某種說法，則視乎
各人之好尚，（見「普通化學」第二冊，第二部，第一五〇頁）。毋論如
何說法，最要之點，只在能表明學說，亦爲爾所發明之說入熱理據而已。至第
立業即用，此原理，此，成在其顏色學說，亦爲爾所發明之說入熱理據而已。至第

十。九。世。紀。中。葉。一。問。題。湯。不。孫。出。乎。克。兩。勞。途。修。之。分。頭。審。研。察。評。論。一。為。然。後。發。明。方。法。深。藏。有。未。直。接。之。功。妙。一。馬。克。斯。維。耳。警。而。評。深。亮。特。一。結。八。七。七。物。理。所。法。刊。引。入。之。實。一。用。熱。力。算。學。一。則。引。入。分。析。之。奧。妙。一。馬。克。斯。維。耳。警。而。評。深。亮。特。一。結。八。七。七。物。理。所。法。刊。引。入。之。實。一。用。熱。力。算。學。一。則。引。入。分。析。科。兩。相。維。較。一。第。二。冊。教。授。第。一。六。八。六。九。六。年。版。有。一。克。勞。斯。修。一。司。第。三。百。頁。所。用。之。持。論。不。同。之。法。馬。克。斯。維。耳。論。湯。姆。及。孫。工。曰。能。之。一。散。湯。葛。姆。立。孫。並。說。不。創。造。凡。號。數。以。指。之。隱。能。以。然。而。試。驗。首。而。先。量。為。度。工。能。及。斯。維。耳。論。湯。姆。及。孫。工。曰。能。之。一。散。湯。葛。姆。立。孫。並。說。不。創。造。凡。號。數。以。指。之。隱。能。以。然。而。試。驗。首。而。先。量。為。度。及。之。者。熱。則。不。用。一。使。人。自。易。有。此。評。而。語。其。後。的。又。即。分。有。兩。多。層。數。著。一。作。專。為。發。明。造。熱。機。力。汽。第。二。耶。肯。及。之。隱。熱。則。不。用。一。使。人。自。易。有。此。評。而。語。其。後。的。又。即。分。有。兩。多。層。數。著。一。作。專。為。發。明。造。熱。機。力。汽。第。二。耶。肯。一。；。噶。涅。學。因。派。熱。力。第。一。為。例。研。究。說。化。工。功。能。平。常。衡。住。情。形。第。二。一。例。季。說。布。工。茲。能。變。赫。相。爾。科。霍。斯。家。欲。使。第。派。為。二。例。得。之。有。公。堅。固。也。基。礎。與。力。有。第。一。當。值。同。之。說。第。一。例。且。發。明。較。為。易。知。能。常。因。住。其。與。說。動。例。自。同。然。較。之。為。易。知。無。惟。互。易。之。例。可。能。不。也。然。而。其。所。特。介。紹。之。又。自。與。然。工。度。作。相。之。關。特。性。欲。使。不。其。能。因。知。力。學。而。知。之。為。易。知。無。惟。互。易。之。例。可。能。不。也。然。而。其。所。特。介。紹。之。又。自。與。然。工。度。作。相。之。關。特。性。欲。使。不。其。能。因。知。力。學。則。必。要。從。力。學。上。為。有。熱。相。差。界。說。然。後。只。能。稱。為。有。用。之。熱。變。相。是。以。尚。必。有。不。設。法。以。必。動。要。兼。表。說。熱。度。爵。士。然。發。漸。明。工。到。能。以。常。動。住。力。製。及。熱。工。度。能。界。變。說。相。兩。熱。例。力。學。之。並。兩。未。發。存。有。人。動。力。克。之。勞。意。修。司。及。耶。肯。爾。早。則。組。合。此。學。問。題。於。解。分。說。子。傳。編。熱。各。學。例。說。馬。克。勞。斯。維。耳。原。為。赫。發。爾。起。姆。霍。斯。衝。動。波。學。爾。說。茲。者。曼。之。一。及。其。他。科。學。家。亦。觀。然。一。八。布。九。賴。一。安。年。作。一。英。報。國。告。科。學。題。目。倡。為。會。報。第。二。一。例。第。八。十。力。五。學。頁。原。理。關。係。於。之。

上文所云之研究快，頗有評論。上章所討論之三書用特以變；熱力週期動爲，動力機即運動云，及極快，之頗有評。上章所討論之三書用特以變；熱力週期動爲，動力機所知，者更以分子解說第一二頁第二十頁第二例。現，吾人略有所知，一種設子想，子以爲吾人研究之統計解明之可能。至於馬克斯維耳及布茲論之。君所

在湯姆生及柏德樓試驗多年研究之後，在利斯特曼介紹熱力學說於化學

之後，在季布茲證明如何當化功之能爲多種形狀不同之能之總數之後，在赫爾

四九、
阿斯特瓦
德之普通
化學

姆霍斯發明自由工能之可以量度化學反應之後，則有阿斯特瓦德教授，在八十年之後，試將所有一切關於化學愛力之學說，組合爲一條融通之原理。柏托雷所

有爲人忽略忘記之功業，及其名譽，得阿斯特瓦德以恢復之。（原註：阿斯特瓦

七年十一月二十三日，初登來比錫物理化學大學教壇時，一方面發明與此問題相關之各原理。追溯第三十九世紀初年之錫物理化學大學教壇時，一方面發明與此問題相關得，其他一方面則以柏托雷爲代表。則謂「各力往解來，謂有化力相應，其結果則爲凡力皆有化應之效果。因，其特性多有所逃避，弱者所得不較少而已。解之時其間有原可化應之能者，因其特性多有所逃避，弱者所得不較少而已。解之時物而下墜，成逃避而爲氣體」，然後八年完全比錫版分，而柏格曼則以此爲通常之結果（見「一逃避而變相論」），一八八八年來比錫版分，而柏格曼則以此爲通常

向來偏好研究完全物質動力，以亦毋足怪者，以其有實用也。至于有動之化功平衡，則與所謂物質動力，及反應之速率，有關，新近始復有人研究之。化

阿斯特瓦德謂此種化學家，古爾得堡及瓦治，與以，當以一八六七年為始。其時一有兩位那威國化學家，人過爾得堡及瓦治，與以，當以一八六七年為始。其

特雷之德意，以明柏格曼之方學說，加以時復生於柏托雷（見第二十一頁）著。阿斯特瓦德又表，明柏格曼之方學說，加以時復生於柏托雷（見第二十一頁）著。阿斯特

三例。其後又得季布茲不純物之平衡研究，以修正之（見第二冊學研究第二部，一八七五年版，第六十六頁）又阿斯特瓦德之普通化學（第二冊學研究第二部，一八一六三頁，題目為柏格曼及柏托雷兩學說之相議論，又自其所撰之普通

化學第二冊刊行之後，頗能鼓舞學者，為物理化學之研究。此作為學者多增知識，又有各種研究之評論，足為近代科學思想史立一新紀元。附於此項發明，又有對於自然變象之特別觀發生，此則阿斯特瓦德與大陸其他科學家所主持者，頗有反對舊觀之趨勢，以新說較為能融會貫通諸說也。新說家頗蔑視舊說家，呼為物質觀（即天學觀、原子觀、力學觀是也。）此項新學說，由物理觀而發生，頗有根本意思，激發外國多數評論，作者將統論其重要之點之與今代思想史有要緊關係者。

自從以工能爲有可量而有常住之性，與物質相似之意想發起，則發生一問題，詰問工能究有若干形狀，可以發現；其最初發起人，則試言其有若干形狀，大抵皆以動能及吸力之能爲首列。及研究熱之變象，因知熱亦工能，隨後又發明隱熱，於是知有組合動之意思及熱之意思，因已發明熱與力有互易之性也，先是聲與光已有動力觀之發明，因是而多增學者之聲學光學之知識。是以有英國之郎肯、朱爾，其後外國則有克勞修司等，致力於譯熱性爲動力性。（原註）洛增堡革在

一而爲中者，所已忘記者。五〇等頁。詳引各種學說之動力學。八五〇年，其後發

三起大冊，衝動學說，明八五七年所刊行之說帖中，見坡根多夫之「動力學」及

一說熱物內裏之動狀，隨後第一等頁，有言曰：「自從研究熱學帖起，即八五

爾〇年發表相似之前，即用（于）見一種八四八年及推算一八五七年之西門子曼徹斯特得哲學會報

告。一讀于其後，又見注克洛尼克之勞修司及一馬克新維耳，於是在另種之研究內，其

先亦爲動力意思所指導者。惟在別種研究中，不然，其關於熱學力爲之新發明

貴，有造于學者不少。克爾文新近對於所引之布賴安報告第一一二頁，頗有可貴之評論（參觀上文第一七六頁原註）。國之爲教課而撰之第一本動力熱學（一八六八年退特之「動力熱學略說」）並無提及分子學之語，亥安原是一八六八年退特之「動力熱學略說」其所以致力於此項類推者，並非以爲必要，不過爲教課起見，有其便利之處，得以用習見習聞之事，解說其罕見罕聞者而已。對於此問題，常有兩種見解。此則在上文詳論原子學說時，曾經言及。科學界中有以爲原子學說，不過是一種便用記號，亦有以爲原子，實有此種物之存在。後一說則日見其有力，日見其重要，不獨以此學說代表化合物之化學的組織，且要代其複繁之物性之分別，其中有數種，只能以幾何意想寫明之。他且勿論，觀於氣體衝動學說，及上文說過之左右性，與同分異性可知矣。作者在上一章討論動力觀之時，亦曾言及聲浪光浪學說，其後亦不過以爲是一種記號，然而初發起之人並不以爲然，及今代有名自然哲學家，亦極力反對。物理學化學之動力學說，則際遇與此適得其反。當時道爾頓之原子，學者頗示懷疑，及其後有種種之研究，則頗不能反對原子之爲事實；至於介紹揚之光浪

學說，以包括電磁變象，則不得不有繁複之說明，因是而露出不自然之狀態，及出於人爲者太多——甚至於馬克斯維耳亦棄去此項闡理（初由此闡理而得根本公式者）而改用工能意想。

本章所討論工能之意思，其所遭遇亦同。科學家頗有以爲工能觀，其意不過謂凡有自然變象者，皆可以譯作力學文字。於是創造種種動力機械，以發現各種光、熱、電、化之行爲。亦有科學家以爲凡各種形狀工能，皆有其當值之說，其意卽爲此數量能發現多數形狀，動能不過是其中之一。於是極力研究求工能之各種形狀之公有特性。此派哲學家，以爲工能比於動較爲普通，若縮小此意想，只以工能作爲吸力拒力（天學觀）工能，及物質極小點之間之工能（原子觀），或作爲動能（動力觀），則未免大誤。

若從純粹科學方面觀之，動力觀頗有其特長之處，因從此得有進步及富於結果之研究，又宜於教課。可以解說常識及顯而易見之特性，又有謹嚴之界說，及

量度、推算、與預料將發生之變象；又能破除一切空泛意想，得以算學而闡明其理。如氣體衝動學說，及光浪學說，即最著之榜樣也。工能意想，及熱（最下級工能）之特殊性質，漸失其奇怪之處，而日漸其明白者，因有位能之界說以指勢能，又有可用之能（或稱自由能）以指有規則，或有秩序之動能，又有不可用之能（或稱不得自由之能），以指無規則動或無秩序動之能；及有更怪之數量稱爲隱能者出現（此則克勞修司及郎肯所極力使科學界明解其意而不果者），作爲量

度物質元素中之無秩序之動。

（原註）當日赫爾姆霍斯研究化學事功之熱力，並未引用動力學說，求得自由能之公式，在其

其第一說帖（見一八八二年二月二日一柏林學會熱工當值報告）有言曰：當吾人最後仍要一公式，以爲生力（即實能）與熱工當值之區別，此熱力當

值，大抵皆以當作不能見之分子是生動的。今擬之複合速率，是力處爲有秩序之動

能作爲微分之函數者。所謂無秩序之動，即是所有分子之動，此可以其四鄰之

動無相類似者。吾人儘有理由，秩序之動，即去第二種分子之動，故此可以其四鄰之

爲此無秩序之動，以人之變作其他形狀之力工論，（比於一分子之構造，未免太粗
 二，第九七。法拉第之力線，及其苦心臆造之空中樓閣，以描寫磁、電流、荷電體，而爲

馬克斯維耳所拋棄不用者，其後竟能證明在教師及實用電學家手中，為思想之利器——為一種之極有用之滅寫法。其發起漩渦學說，以研究物性者，雖以為此種之動力構造，未必能發明終極之物性，或無重物之性。〔原註〕「克爾文爵士有之解說也。予曾研究，以解說所有之物性；即謂不能，只以不受，壓流體之物為其用處。：：只能盼望將來有一日，科學家可以明白原子之性。予不能不割愛，拋棄。：：以結構動狀之為足，以證明之意思，以用力甚勞，而終歸於拋棄之，殊為可惜也。」（見和爾曼教授所引克爾文爵士之言，見所撰然而世界之一物質能力工論）

極聰明之科學家，仍有不忍拋棄，而竭力研究此學說，仍以為尚有希望也。〔原註孫·詹姆士教授有言曰：「以予之論，予常設為想像，以一種漩渦環機構，以解子學說為解說者。以予個人而論，予常設為想像，以一種漩渦環機構，以解子學說為解說一切往來失敗。和爾曼著作所引，仍在以說予所研究之變象。」〕

動力觀、機械觀、或物質觀，常有反對之人；在第十九世紀之初年，此派反對家自稱其所抱持之主義為力學 (dynamic) 派。其時此派之所最反對者，為原子學說。此派之評論，雖有發明機械觀之有其界限之用，而不能發生效果，因其學說

選德國之自然哲學，尤為詳盡之作。此只提之蒲耶克之礎多，數已經作有大附科載於其論，力而
 工能學一住，原一八九七一年八比錫年。較早之篇，作即為其得第一第二例說，一八七
 九年。其目的在計算之工能，想為同基通及物理學內各種形以狀力發現程，式則造
 為仿照物理學說之起點。其用熱學字之法，如牛頓派文動尤為守此力字。此項動大力抵
 是各照物理學說之起點。其用熱學字之法，如牛頓派文動尤為守此力字。此項動大力抵
 他物理學之孤立性。第一兩法則以解除之，或用修動力學說，於第二法，則起於推廣其法於力
 大熱學於此化學變象，因用動力學處，置化學無及動力學。此第二法，一八八七年，博
 其時赫爾姆教授。其刊後行其所著以工能學處一置化學之錫著作，一恢復算學化學一用
 來比錫版，一八九八年。其意，此作所轉移。其最化之功著平說，一工能學一發展赫
 爾姆版，一八九八年。其意，此作所轉移。其最化之功著平說，一工能學一發展赫
 史。此項混雜，八年前之著作，家皆所不免，如惟克爾漸脫離其切脫離，動力學之能歷
 並有對於各家評論之辯護。其成功至如何程度，今日尙不能定。科學家謂物理
 學量度之元素，處間三元之獨立，必要有物以輔助能工意思（不必指明方向，如
 物質之無用於方向）必助以一種純粹機械性之設想，列如自由之等級，又謂經

討論之各式工能之相互關係(有季布茲之算式爲之發起)再不能爲有用之推廣。此相互關係，作。原註。曾工能諸家之大鳴溼(一始見於一八八七年，馬赫爾一姆之

一八年八月五日，季布茲(Seppel)柏(一八七五年)一，馬克斯維耳(一八七五年)最，通俄丁算式

能以平括者之；。二凡工能度皆，可以稱分爲容兩量者素，：有一稱曰烈度或強一度，八九〇來有稱赫爾工

又有擴充版，而一不化甚學爲工能學一界(所一注八意九。三及年)斯特瓦德愛力，學始略之有修礙。觀而於

見此大著作之第二版第一版一與四頁附註，二，見其拋棄第二冊第十說二，頁用。工能學九說也，(

博在維也納開會，其後派赫爾委員之團演，講於一八九年，則見於報一告討工能學告之(情形)第二冊赫爾

時此第一問題，第二十阿八等特瓦德，之哲接學續的發於一，維持其曼辯年論報一質之五演十七等題冊目。爲

派，物或質工能說學之派征，服爲一唯。心派此(以玄後學，派則)稱，機謂械其觀空泛而無用也。反對事至則稱日新

事，尙無有詳盡性之討有論所，調及停透，徹解之除研究會。波有爾各茲曼著，伊具曼載，於赫爾姆，姆之處一置工此

不能從史赫爾(姆)阿八斯八年瓦德來之錫後融。學有說初，時不幫造介如工此深學遠程說者，但其後爲則

，處然置動中力亦熱有學以爲化學無學採用題之，必要用者所。謂所變謂象變觀象，觀仍者認，原只子處說置及能動瞻力察說能爲量有度用

之熱學一而，言一，八九七九年來動力錫版一。反。此恩斯特有（蒲耶克）所著之一學
謂一，不過以此為本動，力一觀之過度（倫敦序文，第五十二頁）波爾，茲曼有結論，蒲耶克則
並指誠明獨，守能一學說，而變衆觀其，他各處之學說，之，爲劃清，界限，本人推用原各子學說之，
所處甚多，決，者，煩知。一。又謂一。學說凡有一能解決所發生數者，題，爲，獨立結果，學說及非用他法學所
能得者，再事，發展，有數，而之物理學化學（一）品學之事實可以作報告一，則此八種九學九年，必要
頁第一二一。其先既有噉涅馬赫採用，或使學者注意，赫爾姆及阿斯特瓦德，則位置

於工能學說之最高點。謂凡有工能發現之處，則發現兩因子或要素，即烈度（或
強度）因子及容量因子是也。此兩名詞，是借用熱學及電學之舊學說者，以量度
工能，及工能變化之方向。其普通例則云，毋論作何形式發現之工能，其趨勢必
自位勢之高者，走向位勢或強度之低者。

以物理觀研究自然變象之最後結果，則以爲工能是物。既然，則思想家應研
究，若只用物質理想，及工能理想，而不用第三項以太理想，究竟能得如何進步，因

當初介紹以太學說時，能工常住之意想，尙未成形也。

特瓦之「普通化學」一書，今為第二版，然第二冊不用第一冊起見，第一冊四等，其是否以斯

不用以於太學說或強予度以分別不用。其最要之點，則工為既置之能為實有在之，物

是其物所傳遞之有必項如是則學者可視輻射在何能地，皆在處有物獨立之無存，在

。工烈能趨勢則使其是復歸於事實等，即之謂中，處有一工原能，若由強逼之推使之變，其母烈度何者

特瓦有過分之工意能，似乎以處必有工能之過附屬變象。遞觀一波。由此曼一之氣，體阿衡斯

動學說「之一末後一附及註，二及第一論一四，等一頁八，九又參看柏林博士(Br. Pauli)之文。

五三、新近原子觀得勝

正當外國及本國討論物理研究之正確方法之時，原子觀及以太之機械意

想，大獲勝仗。討論原註，又在德國自物理化學年八九五年討論，開一會方面論，又有赫爾姆姆之續大開著會

注意，一方面又有波爾茲曼之結論之，評隨此問題無由甚發展，而第一國評論亦是不純甚

粹，哲學性質，見於名德一教自授之學說及不德講學說一八九六評論至一八九八年

授九一八〇九九年，在巴黎講之物理學家一大會之演講之。由講是，英國有坡印丁(Poynting)一九〇一年

之演講，皆在英國科學提倡會所演講。舉凡一切物理學之原理，及是否合理，皆有詳盡之討論，例如物離力，及原子動力，以太諸學說，及用機械模型，其他各種問題，皆在討論之列。其結果為有極鄭重之聲明，謂關於物質之構造，原子學說，為極有用，絕不可少之學說，又對於相連接之機關，為在遠間傳遞物力之。在上章之末，作者曾論及『電』之一字，在馬克斯維耳及篤信其學說者手中，漸漸失去其物質之意義，只餘一種意想存在，此意想即是：電是一種在電磁界內之動狀或壓逼，因是所謂電荷名詞，並無劃清界限之意義，不知究竟是何物。作者又曾言及，學者之受過庫隆及韋柏派之教育者，自然以此為大缺點。其研究電解液及電流之電解變象者，及分子之汗漫遊行，及此遊行之一原子，其後失去電荷之種種變象者，更不能存電為物質之意想。在此項問題中，似不能不存原子觀或分子觀。於是赫爾姆霍斯在其一八八一年法拉第演講中，追究法拉第學說，如何漸漸排擠韋柏之電氣小點之相離力及之學說之歷史，有言曰：『馬克斯維耳假設為兩種有反對性之無重流體，予以為是一種太為複雜之機械，人為過多，其學說中之算學文字，雖能發表變象之例，極其單簡，極其正確；

……然而予究竟不能解說……其所稱爲電荷者，究何所指，予亦不解此種電荷，爲何是一定數，與物質相似，其中究有何理由。」其後又謂：「學者若承認元素物質爲原子所構成，則不能不承認電亦分作若干有分界之元素部分，其舉動與電之原子相似。」

五四
近日之電
學研究

在化分變象之外，尙有一類極重要之變象，漸漸引生以電爲有物質，有原子性之意思。此項研究，發起於普勒刻及蓋斯勒（Geissler）之通力合作。一八五九年（在宣布新發起分光分析之前二年），普勒刻用蓋斯勒之真空筒，（原註）參觀一學化學年報一所登之普勒刻說帖（翻印於其科學文集一第二冊第四七五等頁）。普勒刻未改其真空筒之前，已有數位法國科學家，注意於正負極所放之光之不同，其時大抵尙不甚知有法拉第一八三八年之試驗，說及有黑物之放出。克爾文爵士當皇家學會會長，於一八九三年十一月演講，說及法拉第之試驗研究，及該會報告中所登之對於此事之研究之說帖。法拉第之研究，在普勒刻之前，餘人皆在其後。克爾文之言曰：「五十年前，予即以爲學者欲知在物性中電爲何物，則必要研究正電一頁電有何分別，而以算學爲研究者，則不注意於此點。」參觀坡根多夫一年報以多一第一三六冊第一頁喜托夫語，及洛姆堡一物理學史一第八冊第七七八頁。以多年功力，研究在輕微氣體中之放電及磁條，對於其中光線，有何變動，又研究熱及

發白光之氣體之光帶。其後英國則有克魯克司爵士，關於「輻射」克魯克司爵士研究及揭

露九年，初見於一八七八年十二月之一「報告」，其後陸，續以爲「輻射」物之理想，一八

七九年，於法拉第（見洛）拉第之「報告」，由是在英國及在外國，史「第三冊」第七、九頁。名詞爲「物質」

發起，於法拉第（見洛）拉第之「報告」，由是在英國及在外國，史「第三冊」第七、九頁。名詞爲「物質」

小點之學說。因有此多數之試驗，與，然而經過多數評論之後，大體皆採用克魯克

曼物點之說（參觀湯姆孫·詹姆士一八八九年「演講」一第一八一九頁，及「電」

學報」在德國則有喜托夫等，及極多數之自然哲學家，研究此問題，發露極多數

之奇異驚人之變象，其後爲湯姆孫（雅各）教授列成秩序。詹姆士教授，湯姆孫知

此多數之新變象，可以發展法拉第及馬克斯維耳所發起之電學說，即於一

八九三年，刊布其「研究集」，以繼馬克斯維耳之大作，中有一卷論於「電」

一電之經過氣體」。其本人關於此問題之著名於時之研究，先登於其「哲學」雜誌

，電過氣體「演講」中（一八九八年）。「物理學」第三十七冊第三一五至一五五頁。於是凡有

從前根據庫隆、韋柏之舊學說，及根據法拉第、馬克斯維耳之較新學說，所致力之

研究及試驗，不合附入於電學通常之學科，或是不合附入於實用之途者，皆採輯而

研究之，始知其頗能發明輻射、及放電、及原子與處間之關係，今日視處間為有相連接之物充塞之，即所謂以太是也。從前正負兩種電之舊說（有著名之力喜騰堡花紋以現之）多數與電光及靜電有關係之孤立事實，如七十年前萊士（Ries）之所採輯，及阿姆斯特郎之用水電機證驗者；「原註」正極負極所放之電中之集一種特奇之事，如是一者多年，至是則有湯姆孫、詹姆士之力，為多數之試驗，用特別製造之有大力之儀器，以研究之。至於從前多種舊說之屢用屢棄，空，氣中及在水中放電（一八八九五年）。

及棄而復用，如普牢特之物之構造說；「原註」參觀湯姆孫（一八九七等頁為尤

要極）先討論某科學家本人之根據於太勒說，爾克魯克司及自己之暗察與計算；（頗

採小項之說，與其結人所有之知識此種光線者之舉動相合。又原曰：「一分子較小，此

原之更小組物，而免有駭觀聽，則深而屢有化學家，皆起原氣子為子比其更小，元

洛克雅士根據於分倘若吾人研究，陰有極大線之小物，頗信動原，子則此種小物。點

，不必小於輕氣一參觀克魯克司之則最始學說。元素及策爾涅根據韋柏之說所發生

之奇異理想——所有各種零碎不成片段、及乍隱乍現之各種科學知識，皆採輯匯聚於第十九世紀之末年，湊成電爲原子構成物學說，此物與有重之物質爲伍，或卽爲構成物質之物。凡有大多數之試驗事實，及多路之闡理，漸趨漸近，匯合而成爲一種學說。若欲將試驗及闡理兩事，打成一片，則有兩要緊事，一創造新名詞，二創立新學說（或新理想），先有單簡之公式，以爲其後計算繁複變象。此兩事在第十九世紀未盡之前，皆已作到。電之原子，毋論陰陽，皆稱爲電子，此名詞創造於士同尼。「原註」參觀一八九一年「英國科學提倡會報告」第五七四頁，士同尼「光帶雙線原理論」。其言曰：「氣體光帶之線，發生於分子內之事，有潛移以太之力。分子內之事，或是分子受電不同，而其間有赫芝之放電，或是不受移動之電荷之動，如是假設，最易於解說。拉第之電解例。：亦有幾人提議，謂光帶之線之來源，不在赫芝放電，而在往來傳遞電荷。爲簡，便起見，電荷可稱爲「電子」，至於算學之說，在外國則有羅倫茲（Lorentz）之獨立發明，「原註」羅倫茲之一要緊著作，爲兩件重要說帖，一名「馬克新維耳之電磁學說」及其應用於動體論（一九〇五年）刊行，在一八九二年出版。其最早之動體中光電現象之試驗」。在英國則有拉摩爾博士。「原註」拉摩爾最要之著作，爲「電氣居間物」及「傳光居間物之動力學說」。

刊(一)哲學會報告一物一質八居間九物四年關係(一)及第一八九部八年電刊(一)說(一)又一論說(一)五年力爲關係以太及物質(一)〇〇以物質之原子(一)構造爲根據(一)士(一)尙有較短以太與物及演繹之可則以爲此新支派之威楚特博士(一)作者將於下文提及(一)在羅倫茲(一)拉爾布其後(一)問於此問題之著作(一)以意在於對於馬克斯維耳之重想(一)物(一)之原(一)子(一)性(一)顯(一)及(一)附(一)於(一)原(一)子(一)之培電(一)荷(一)說(一)伊(一)曼(一)使(一)可(一)以(一)法(一)策(一)容(一)相(一)輔(一)而(一)維(一)耳(一)是(一)而(一)芝(一)析(一)坡(一)印(一)究(一)前(一)人(一)等(一)之(一)事(一)功(一)於(一)化(一)馬(一)克(一)斯(一)維耳之學說(一)其(一)爲(一)單(一)簡(一)之(一)作(一)著(一)包(一)括(一)在(一)內(一)帖(一)赫(一)爾(一)姆(一)霍(一)斯(一)羅(一)倫(一)茲(一)等(一)之(一)研(一)究(一)一(一)八其結果與其自己之見解(一)著(一)作(一)在(一)內(一)帖(一)赫(一)爾(一)姆(一)霍(一)斯(一)羅(一)倫(一)茲(一)等(一)之(一)研(一)究(一)一(一)八謀(一)九(一)年(一)發(一)起(一)之(一)高(一)斯(一)及(一)章(一)柏(一)造(一)像(一)揭(一)幕(一)一(一)旦(一)同(一)時(一)結(一)晶(一)學(一)說(一)之(一)初(一)發(一)端(一)及(一)克(一)魯(一)克(一)司(一)之(一)試未驗相組合(一)至於第十九世紀之

五六、馬克斯維耳學說之

難點

馬克斯維耳學說之所以不能成立者，因有兩弱點：其一爲無以解釋電荷，其

二爲其所用之普通名詞『通感物』對於空無所有之處間，及有隔電物（如空氣）之處間，無清楚之區別。所謂空無所有之處間者（即無物質之處間）則設爲有一種相連接之物，即以太，此以太即電力及磁力所在之位，或即負戴電力磁力之

作用者；此種處問，即為電磁界。此以太之一種特性，其為科學家所知者，即是以太為負載輻射，或為傳光之居間物，謂此性即是電磁性（以光為電磁之擾動），則發生一大問題，即物質與以太之關係，及彼此之交互作用；新學說必要為之解決，因物理光學中之其餘各問題，似皆待此以解決也。

時，以太之舉動，有何程度。卜拉德賽所揭露之行光差，以當時通行之光學激射，說以解說之，則甚易。以光浪學說解之，則甚難。以當時通行之光學第十頁原註於一。斯托克斯爵士關於此問題之意，浪學說，為大多數科學家所採引。所承認者，於一八八三年演講時，亦只說到光浪學說，為大多數科學家所採引。差問題，見一柏涅忒光學演講一，一八八五年之說帖，第二十五頁。問題。動。力。電。學。觀。誠。然。應。研。究。此。問。題，羅倫茲一，一八八七年之說帖，首先討論此問題。地。之。運。動。所。影。響。於。光。之。變。象。之。問。題，羅倫茲已於一八八七年之研究處置也。拉。摩。爾。博。士。之。影。響。以。脫。及。物。質。論。一，關。於。此。問。題，亦。有。極。詳。盡。之。研。究。處。置。也。納。九。八。年。杜。塞。爾。亦。曾。介。紹。此。問。題，一，報。告。一，德。國。第。一。冊。第。四。十。九。頁。當。時。羅。倫。茲。教。授。有。言。曰：「以太，有重物，及電，是建築物一途世界之石料。假使學者能知物質行動時，以太，是否負載以太，以俱行，則是建築物一途世界之石料。假使學者徑用，窺見此種文所引書第五十六頁。今試發起兩問題：一、以太及物質問題，作用。」

電磁光學說或浪電學說何以解決？既有合併辦法，請問電荷（或電單位）是

五七、何謂電荷

何物？請問電荷何在？

在大陸則有羅倫茲之功業，幾乎同時宣布者，則有赫爾姆霍斯說帖，從光學問題方面，以研究此事。其最爲難之兩問題：一、即是問傳光之以太，是否凝滯不動，抑或分得有重物質之經過時之動；二、即分光之變象。此兩君之著作，即是後來多數之試驗及理想上研究之起點，至今尙未見結束。讀者若欲知此各種問題之根本討論，則有拉摩爾博士之多種有意味之著作。在其著作中，並有對於英國及外國未經採輯之各種議論及著作，加以詳盡之評論及領會，並將各論打成片段。拉摩爾博士發起之點，則頗特別。於從前陳舊之有光以太性之理想討論中，（原註

五八、
拉摩爾博
士之地位

爾博士之學說，在相傳之歷史中之地位，可以謂之都柏林之算學物學派，此派之著名代表，即哈密爾敦（Hamilton）之矢算分析，馬卡拉及近日之拉摩爾，已故之菲次澤刺德（Fitzgerald）諸君。以脫及物質論中，有拉摩爾博士最後之論說所介紹之原子電學說，原發起於其研究馬卡拉之設問，（拉摩爾以太既已合於光學之用，是否亦合於電學之用），（見第六頁）。又言曰：「並未試求馬卡拉之處問，爲一種物所充塞者，（在運動之作用外，言是存留一項永遠之變形電流，以代表兩受電物之中電動之靜電作用。第一項抑或示其意中，有

「見於菲次澤刺德之一八八〇年之隨意發論（見一哲學報告一，一電磁光學論式相同一）」。見第七十八頁。一方面可以容納馬克斯維耳激發電磁浪之界說，一方面又可

以容納電子爲久存而能動之扭轉或變形情狀之界說，此卽成爲電之原子，且有聚攏而成物質之可能。在思想史中，所亟應討論者，卽爲此最後而最能包括一切之「電及傳光之居間物之學說」，因爲此說幾乎完全根據赫爾姆霍斯及克爾文爵士所發展之有大進步之物理學學說，因是而「揭露此多數形式之永動，此永動又能組合，又能互相施力，而不失其各自所有之本來性質，而又能各自充塞全界。」於是而有盡用新方法以處置之之可能。（原註）參觀拉摩爾博士在英國科學提倡會之演講（見一報告一第六二四頁）。至少亦能令學者能思議有調停兼容兩反對學說之可能，所謂兩反對學說者，卽是充塞宇宙間之以太，爲相連接而純一，而埋藏於以太間之物質小點及電，則不相連接。思想史亦應注意及於此等最後而尙未竣工之學說，折回於三十年前較爲陳舊及似已爲科學家所拋棄之學說而載於韋柏·威廉著作中

者；韋柏所討論研究者，為電之小點，及其相離力及之作用。新舊學說中間之大空谷，則有為之架橋梁者，即羅倫茲、拉摩爾之學說；其中斷截之處，則有為之接連者

——當韋柏初次以其學說通知高斯時，高斯因其間之斷截，則不承認此學說。原

一註以高斯之事，已見上文第六十七頁原註，所引之高斯尺牘，又見拉摩爾之
二第一版，第六卷第七十二頁。羅倫茲之言曰：「以近今目光觀之，學說維耳之
基學本定，例與古時諸思想柏，及頗克勞修司，二並可將公式制定，頗為相似，而詳為考察，此一
光電方程式，乃具有永久保存馬氏；主之大印象論者，也予所設之羅倫茲之大概動折中
，圖從前之舊離子說，則與從前之耳所見之小點，相去不遠矣。然而不能不承認
論，意見其演，此是力學原理。一九〇八月在漢堡所演講者，曾不能提一及電學富曼
派，一羅倫茲及其他一月陸之九十五等代表，則附於高斯謂及拉摩爾派自。附若部
價柏之意，第二十七頁全為與格哲學股派之所判結，請觀所撰之九七年即格一丁能之常
要理。觀於一八八七物理學大會報。此卷一將一要九〇，年作者巴黎不之聲，第三冊，可重

之原效果，曾說，有最曼（Zeemann）試驗證明之，當高斯，且關於磁力量說之於光線，正法拉第九年巴黎版，而不得之時也。科吞（Cotton）著有專論最曼效果之最曼（又有學理，用一種分極儀器，而得能研究射入磁場中之光線結果是也。即如，一克爾文爵士之學說，非導成發明此種光線的分極之鑿，指南也。其至七六年第一中，全賴羅倫茲之難，子學說之輔佐，而得能達到其目的。最曼曰，而由此學說作，以此組成諸凡電氣現象也。該離子則光體之顫動，將成爲電離子，而由其顫動。因此以太之狀況。亦完全由該離子之主體性，及其與位置動作用，而規定者也。而由實驗，能使最曼得以證明羅倫茲之此種斷言也。一（第三十七頁）。

發起原子電學說者，對於其他學說如工能學說及變象學說，自然不甚以爲然，謂此種學說範圍太狹，嚴限施用科學方法於目所能見及能直接量度之底數，且此種學說，反對介紹原子、電子、以太等之有理想，凡此類原子、電子等，皆不能直接以目見，又只能間接量度者也。第十九世紀之末，科學家着重聲明，原子觀及機械觀爲正確，爲合理，謂工能原理，不過有整齊劃一之用，而無建造之用。拉摩爾

博士會謂：『若以物質為分子構成之學說，為科學之基礎，則工能學說，不能亦為

基礎，』認「動力原理」見其所著「以太及物質論」第二八六頁。其言曰：「既承

不能使其再居於基礎地位。減少工能之數。在一機械學說及分子物理學說中，有

顯著作用之有定量，並非有常住而不可用以生力之工能。理之變動，則此工能

往云云。此兩學說雖有其多數相反之處，然而亦有其相遇合之一大要點。抱守

此兩說者，皆不能重新討論，所以一切物理學闡理之終極原理，其最要者，則為

考慮牛頓動例之界限，及其正確，與夫力及其作用之意思，絕對動及相對動之理

想，自平心觀察之人觀之，近代之力學解說，日趨繁複，「原註」上物理學大會引之

告於自然之卡累所撰之序一篇，討論試驗物理學（條件）物理學之關係，注

通之可能，得融會貫通之用。關於極新近羅倫茲，能拉摩爾，其所發明電學學說

一〇九〇之二版氏，第五七七等頁。按卡累之見解，此種目的說並非有

機械的，而實為有人為造作特性，於是啓發一問題，所有此類之機械規則，究有若

六〇、近代之力學解說，人為之性質，太多

于是表明實在真理，抑或只作為使用之解說。以研究科學而論，此問題無甚要緊。毋論如何方法，只要能得瞻測證實之正確效果，則所用之方法，即為正確方法。若以哲學而論，關於人類闡理之界限、能力及推闡之辦法，則為極重要之問題。吾人於是越出科學界思想，而入於哲學界思想。作者於以下數章，常有機會，注意於此世紀之純粹科學思想，引入哲學問題之趨勢。每遇此種趨勢，則科學思想史應以此為一章之結束。

