

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

科學大綱

(四)

湯姆生著
胡明復等譯

商務印書館發行



0.53

MS

科 學 大 綱

(四)

湯姆生 著 胡明復 譯

寰 球 世 界 名 著

科學大綱

第七篇 心之初現

美國芝加哥大學哲學博士
國立東南大學心理學教授 陸志韋譯

循讀進化史，至動物界心之出現一章，興味蔑以復加，而苦不易解。蓋「心」之爲物，不可見，不可量，僅可以推想而知。論者乃不免以自性妄擬簡單動物之性。

—

遠離二端 凡持極端之論者，或則以不思辨故，以人性泛界一切動物，如稱尋常野兔爲「兔阿哥」，或則以動物爲自動的機械，無所容「心」，亦無所用「心」。二者皆非所宜。

去今未久，旅行鴿 (*passenger pigeon*) 驟然絕種。曾憶惠特曼 (*Whitman*) 教授自巢中移

其卵，未數英寸而置之，鳥即現不愉之狀，以喙置其腹下，若有所索而不得。其棄卵雖近，而不思歸之原處；未幾，竟然捨去。即此可知鴿類之心與人類之心斷然有所不同。反而言之，於此有一點犬，攜一盛卵之籃，口含其環以行。至一柵下，道阻不前，則置籃於地，自柵底之空隙推而出之，乃一躍而過。若此犬者，誰復敢諡為自動的機械乎？

凡言本能者留心 人之直接知識僅能及於一己之心。故凡欲知動物之心，祇能出研究動作之一途。於此首當注意者，生物之作爲苟具有效率，則在進化史上輒有使此種能力刻記永存之強大趨勢。因此某種功用變爲生成之事，是遺傳之一部分，觸機即發。嬰兒之初生不待教而能呼吸，非如後來步行等動作之必待學習。故其能爲呼吸之動作者，天成也，銘刻於內也。

換言之，神經細胞與肌肉細胞每由遺傳預定其結構，故其發動有如心搏之易。豕生一二分鐘已能爬行近母以吮乳。其不須學習，猶人之於咳嗽噴嚏然。動物具有種種能力，其功用幾於全備，而又自表面觀之，似爲靈敏之事。此等生成的結構中，簡單者名爲反射動作，其較爲複雜者則爲本能行爲。在自然情景之中，此生成的能力固無虞其不適用；然普通秩序一旦有變，有時竟全不濟事。此

則研究者所不可不慎也。鳩孵空巢，經日不去，或其卵在二英寸之外而不知歸之原地，此其例矣。雖然，職是之故，而謂鳩之拙笨不可名狀，則又非理。試思其能自遠歸巢是何等成就。凡論動物，不當以尋常秩序之擾亂，使其本能行爲之失敗，因有所軒輊。本能之銘刻深者，敗事時百不得一；而其固定不易之性，於動物實有大利。凡物得此，其進化乃可更上一層，始能自由嘗試。故其「奴於本能」，即所以博得安寧，以進而開闢新境，而求食求樂。人以己力造成習慣，而自納於範圍，亦猶是理。蓋非此，不暇有所建白，永無以爲人類謀利益也。

夫觸熱而屈指，見樹枝之搖動而閉目以避其撞擊，非有意爲此動作也。哺乳獸第一次就母吮乳，其情或近乎是。西里伯 (Celebes) 島之營塚鳥 (mound-birds) 有產卵於海邊火山之熱灰中者，有在一堆腐草中者。其雛出卵，立自此異巢中支撐而出。設非具此生成之能，則惟有悶死耳。且本能之觸機，可一而不可再。向使鳥之支撐，未盡力而休止，亦惟有滅種耳。同例，鼈卵產於海灘沙中，小鼈孵出後，以本能故，匍匐就水。鱷魚之類，有埋其卵在沙土腐草之中，深至二英尺許者，其生處可謂奇極。鱷魚之破卵而出，其狀有如經三星期孵化後之雛雞。其出也，即依本能發音，聲似吹管。時母鱷

魚守候於上，聞聲而爲發其重覆；否則生而葬於邱墓耳。夫丘鳥，鱷魚與鼈之初生，咸憑本能而動作，爲不學而能之事。故凡見其動作而許以悟會之能者，無稽之言也。然動作雖不經悟會，非無待於努力，且或蘊有一部分之覺知。惟人爲萬物之靈，所恃者智慧，故於本能動作之精神方面，雖欲窺見一斑，要非易事也。

動物本能之造極，至於求偶、結巢、獵食、治食等等，則其尋常動作之發動似又能喚起腦府之較高中樞。一若動物之智慧必須戒備，遇事則出而干涉。故於此有二事不可不慎：（一）凡屬於本能之行爲，苟遇特殊情景而不生效力，論者不宜因此賤視動物，爲過當之論；（二）尋常本能行爲非不可以覺知爲內蘊，以努力爲奧援，故立論當留餘地。

二

一種萬應良法

然則人之對於動物，當何所見而許以智慧，何所見而判其自動之性尙不臻乎此？所首當知者，譬如母鳥喙中之食物，觸於其雛之口，而其口立張。此動作之有效力，其全爲生理作用，同於咳嗽噴嚏之類乎？抑有心在其後，爲之主宰乎？解此問題者，自以摩爾根教授 (Prof. Lloyd)

Morgan)之論爲最當。摩爾根教授者，比較心理學之鼻祖也。其言曰：動作之學，記述惟恐不慎。當據其實在而記之，而不可有所推擬。且凡動作之能以簡單能力說明者，不可漫引高等能力。夫吾人觀察動作，時或不免失其精神上精密之處。故守摩爾根之律者，有時吝嗇過甚。然其究竟，什九當無大過。此之謂嚴謹科學法。

謹遵此律，乃可概言脊椎動物中心之若何發現。

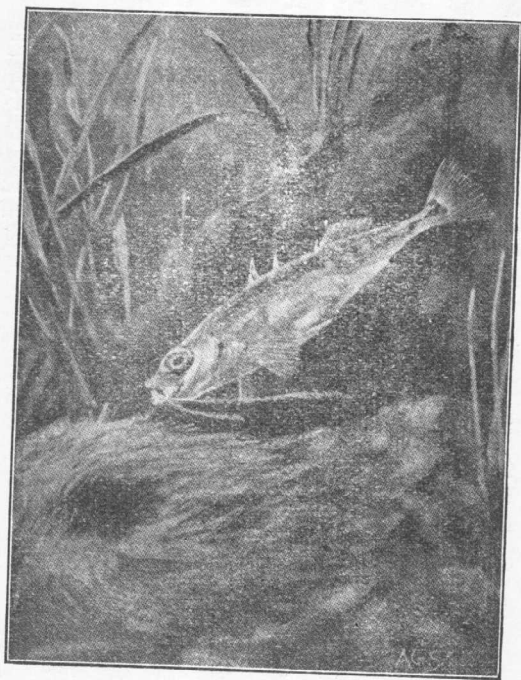
魚類之感覺 魚類無眼簾，故不能閉眼。惟其眼球殊形發達，故視覺精銳，尤善察移動之物。除脆骨類外，耳之外竅已全消滅。凡音波與其他波動之較粗者，必先經肌骨而後刺戟內耳。內耳亦殊發達，惟其主要功用不在聽覺而在持身體之均衡。然魚類之有聽覺，時亦顯而易見。設有人在池之一邊震一鈴或吹一口笛，卽魚在水不見有人，亦羣來就食。魚類之於聲音，雖大都不甚注意，非必以其耳聾也。蓋可聞聲而無可激動，不生反應，此由其聲於此種動物無生死關係耳。魚類中如大頭魚 (bullhead) 之類確有嗅覺，能以鼻孔察知自遠傳來之纖弱物質。他如鱈魚 (cod) 之類，則其覓食半恃味覺，能就近感受多量之物質。味覺官體之位置可在口內，亦可在鰭上。在此階級，嗅味二覺猶

未完全分別。又硬骨類之兩側必有旁線。旁線之主要功用，在使動物覺知水中壓力之變異，與凡低緩的波動。然則魚之皮膚可適應壓力，其耳可適應波動之速率較高者，而旁線之功用，則介乎二者之間。

魚類之趣事 尋常硬骨魚之腦，其組織甚陋。大腦半球之進化究竟為智慧之府，此時尙未發達。脆骨類中，如鱈魚 (skates) 鯊魚 (sharks) 之類，其腦較為可觀。夫以腦之組織而論，吾人對於硬骨魚如鱈魚、鰻魚、黑鱈魚 (haddock) 鱈魚 (herrings) 之類，所期不可過奢。惟其動作之強人意者，在在而是，請舉數例焉。

絲魚之巢 絲魚 (stickleback) 之有二刺或三刺者，可生存於淡水或海水之中。其十五刺大魚，則全為海洋動物。此三類中皆雄魚結巢，第一、第二類在淡水或鹵水中，第三類則在近海岸之淺水中。小絲魚用水草之梗葉作巢，大絲魚用海草與似植動物 (zooplankton) 編織之後，以膠質之絲黏結之。所可奇者，此絲為腎臟所分泌，一若暫時的病情變為常態，且以致用焉。此時雄魚自巢中游過，往反數次，中成一空房。乃引出雌魚入巢，或誘或脅，前往後繼。雌魚行經巢之二門，稍留片刻，即產卵。

於其中。雌魚去，雄魚據巢而守之。他魚有侵入者，雖大於己，每被驅逐。及孵化既成，雄魚之忙更甚。必畫地而守衛之，至小魚能行動活潑而止。絲魚壽命不長，生育或祇此一次。其族類之得存，未始不以有慈父也。夫使結巢之行爲，一朝發現，已如今日形式之完備，則吾人必許此魚以極大精神的能力。然試思此種行動定程經過種



三刺絲魚之雄者，以水草結巢，而以膠質之線繫之，絲爲腎臟所分泌，惟生育之期有之。

族上長期的變化，其進步甚遲，而又屢遭危險；於此乃不敢有所妄許。卽如膠質之分泌，其始或爲病

情的變異，其功用或偶然發現。凡動物能有機巧以利用此種變異，其生存必易。又以遺傳之故，而此種行動定程銘刻於身。故絲魚之智，不可以貌相也。

鱒魚 (rainbow) 之心 欲領略魚類之動作者，必經試驗而後腳踏實地，如懷特女士 (Miss Gertrude White) 之研究美國鱒魚與絲魚，殊饒趣味，可資參考也。其法先以魚置人造環境中，使習而安之，而後使之學習。以小布包二，一包肉料，一包棉花，懸於豢養器之兩端。鱒魚雖游近布包，似未嘗察見。絲魚則自始即咬。其游近肉包者猛進如矢，舍而曳之，若甚受激動。其游近布包者，去物約二英寸許，已掉尾而去。既見他方之魚有所爭逐，隨入其羣，此亦魚類之常習也。然鱒魚雖無意於「神怪的小包」，祇須水中或水面有移動之物，其能察見更捷於絲魚。此二種淺水魚之求食，大半賴有視覺，已無可疑。

此後魚類又學習色彩之聯念。先以蝸牛、蚯蚓、獸肝等物割為細塊，置鉗上餵之。鉗不入水，以防鯽覺之影響。魚必自水中躍起就食。又以有色之紙片切成圓形，套在鉗端。故魚之所見，實為一片圓形之色彩，中有一塊肉。如是預習一星期左右，魚類已習見此種有色圓形。見則羣趨水面，跳躍而起。

此後時時以紙爲餌，以代食物。魚類祇見圓形，跳躍如故。然使紙餌永與青色之圓形同用，而肉餌常用紅色（或青紅倒置），鯉魚中有卽能辨別真贋者。無論二色之同時陳列，或間迭陳列，均百無一失。然則其去心之發現當不遠矣。

訓練數次之後，鱗魚與絲魚各已辨別食物與色彩之關係，且成立他種聯念。有一種幼蟲不宜食用，屢試之後卽不復顧問。不久，又能知試驗人或他人之臨近，爲投餌之兆。然則魚類在日常生活，中能養成有用的聯念，而抑制無用的反應，當無可疑。天賦以種種不待學習而有用的動作，且如上述，又有養成聯念之能力，而其感覺之銳利，在某方面又臻極高程度，此外魚類所需者一簣之功耳。而此區區者，乃非復其所能有。其上下四方游行自在，其所以生存之媒介物純一而不變，又能載其體重，其食常豐厚，不須奮力而得，無之亦可持久，且其生育繁盛，天死之數雖多無礙，精力未衰卽遇強暴，幾無一老死者，凡此皆魚類所以競存。心理上，其受之於天者原未嘗厚。故其腦之用在發動而不在運思。其精神常滯留於極低地位。

然人之評論魚類，亦不可見其尋常而忘其全體，是猶量人者，目光不出日常慣例之範圍，未有

不大誤也。當知鮭魚能上瀑布，鱒魚之巧能逃釣者之技，熱帶海岸上之泥猴能爬行石上或茄藤樹 (Mangrove tree) 之根上，以捕陸上之小生物；又當知鰻魚之一生如何冒險。且有時魚之瞻護家族，其法可異，尤以雄魚爲甚。龍落子藏卵於胸袋，刺鰭魚 (Xyrtus) 帶卵於頭頂，圓鰭類之笨魚 (cockpaddle) 則於沿岸積水中擇一隅而供以空氣焉。

三

兩棲類之心 在舊紅沙石期或泥盆紀之末，進化史上有一大事，兩棲類之出現是也。其始代表是類者爲狀似魚，較現在所見蛙類蝦蟆類之蝌蚪尤爲顯著，兩棲類之出自魚類無疑也。其進歩之速，半係企圖出水上陸之故。其身體上柔軟之部，以不顯於化石之形，後人已不能復悉。惟據現在代表此門之生物而言，彼時兩棲類當已生長各種重要官體，如手指，足指，三房之心，位於胸前之肺，耳鼓，聲帶，以及可動之舌等等。動物進化至此，已具有握手，能發大聲，如破二重阻障。泥盆紀以前，昆蟲之類或已能鼓翼作聲，惟喉口發音，則自兩棲類始。發音之第一義原爲屬性之呼喚，有如現時之蛙鳴。而究竟則在心之進化上佔一極要位置。蓋音之意義以時漸廣，始變爲父母之呼喚，嬰兒之叫

號。又廣之則藉以認識同類，變爲有用的工具，黑暗中與叢林深遠處，其用尤大。進化之旋螺又一轉，而音之爲用乃足以發表種種情緒，如喜樂、驚懼、嫉妬、知足之類，皆非直接在屬性循環以內之事；終則動物能發爲「語言」。以表白情緒爲未足，故又以代表「食物」、「仇敵」、「家室」等蘊蓄在情緒中之事，此可推測也。後此人類，既出動物之「言」，又變爲推理思辨之媒介物，構言成句，而判斷出焉。溯其濫觴，豈非出於兩棲類之鳴聲乎？

兩棲類之感覺 蛙類有明目。而蝦蟆之目，俗且以爲有寶石光。蛙之捕蠅，一搖舌之功耳。可見其視覺之精審也（蛙舌前部結而後部懸）。且蛙類之能辨青紅或紅白亦爲試驗所證明之事。更可奇者，蛙之皮膚能覺熱又能覺光，非如人之祇能覺熱。業岐茲教授之試驗，曾以蛙置簡單迷路中。蛙欲歸至水池，必行經迷路。在第一次左右分歧之處標二紙片以示路，白色正路，紅色斜路。及蛙已認識正路，業岐茲教授乃將紙色交換，見蛙之迷惑，知其學習深矣。

兩棲類之嗅覺味覺，吾人所知甚淺。其於聲音，則除同類之鳴聲水上之碎聲外，幾絕不介意。故其聽覺不能推想而知，而實則發達殊甚。

以言蝦蟆，其攀援登岸之狀，更若有智謀然。樹蛙之中亦有甚活潑者。惟兩棲類之心究爲何種狀態，則吾人不敢多所臆斷。迷路之簡單者，蛙類能學其祕，已如上述。而蝦蟆當產卵之期，有時亦能自遠道來就定處之池沼。然試一探其腦部，在平廣的頭顱中僅佔一小部分，顯誠人於兩棲類之智慧期望不可過奢。惟此種動物自有其生死攸關之事。例如昆蟲之可食與否，不能無辨。自經試驗而知其於此等事學習甚速，且學後經日不忘。至若蛙類之產卵積水中，擇地大非所宜，貌雖愚蠢，實或有不盡然者。蓋產卵之事，似已移隸於本能之下，又當別論矣。

保育後裔之試驗 兩棲類於保育後裔之法，若屢經嘗試而猶在尋求新法者然。是不可不深許也。尋常蛙類以水爲育兒之所，產卵一堆，有時多至千餘。蝦蟆則產卵二行，或在水草之間，或繞於其上，而能事已畢，初無所謂保育之責。徒以生育之繁，故不覺天喪之禍。其所以解決保種問題者，僅恃此產出多卵之能。然亦有用他法以保育後裔，而同時減少產卵之數者。如歐洲大陸上時見之獺蛙 (Alytes)，其雄者能將二十至五十卵，裝置成一串，在後肢之上部。晝伏穴中，夜則出而覓食，且爲其子得水氣。三星期後，蝌蚪將出，乃一躍入池，因釋其生育之勞，家族之累。又有完全水性之蘇立南

蝦蟆 (Surinam toad) [譯者按，在東印度羣島之基尼 (Guinea)] 其雄者能將卵嵌入母背，爲數可至一百。背上之皮成襞如數，一一覆卵。久之，完全孵化之小蝦蟆自襞中躍出。

南美洲之樹蛙有名囊蛙 (Nototrema) 者，其雌背上一袋，卵在其中發育。所可異者，子之出現，形狀不一，以種族而異，有爲尋常蝌蚪者，有形似父母而小者。他如達爾文蛙 (Darwin's frog) 卽智利之鼻皮類 (Rhinderma) 之雄，養子於聲囊內，爲數十至十五。故其囊膨脹，終則小蛙出自父之口中，真奇觀也。所述各事，意在矯正以兩棲類爲毫無生趣之謬見。無論其精神方面作何狀態，其已屢經嘗試無復可疑。故顯然見於兩棲類保育之加周，與其產子之減少，實進化秩序上之一轉機也。

四

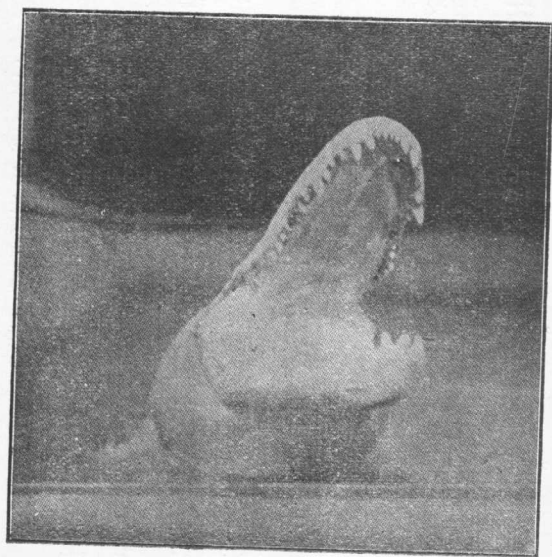
爬蟲類之心 吾人每謂蛇性狡詭，然此言之正當理由，殊不易得。爬蟲類之智慧，吾人所能見者，一鱗一爪而已。舉凡蛇、鼈、蜥蜴、鱷魚之類，爬蟲之種族紛紜糅雜，然其內在生活祇此涓滴耳。

蓋爬蟲類之厚生致用，利在本能而不在智慧。譬如美國之軟甲龜，幾盡人而知。其游水時能奮

力撲擊。其疾走可以避人之追逐。又在河中恣意獵食蝦類與昆蟲之幼蟲。入冬則蟄居泥中。有時乘木塊浮行水面。遇驚即竄入水中。有時曝於河岸或淺水之處。其產卵也，擇時擇地，皆極機巧。埋卵後，其雌能覆之以土而踐之使固。凡此動作無一不有其效。其他爬蟲類能與此比擬者不虞以十數。然其性質幾全部分為本能之慣例，僅見有效率努力而已。

此外，爬蟲類有時確能自遠處回

尋故居。其能識人亦無可疑。懷特 (Gilbert White) 謂『有某老婦豢龜三十年。龜見此日常施予



鱷魚思食而欠伸

圖中可見多數錐形之齒，生在顎骨之缺內。

之人，知盡力蹣跚而前，見他人則絕不介意。」此外，又有數種記錄，證明爬蟲類實有學習之能。業岐茲教授曾研究一鼈，其性愚蠢而喜隱避，造暗巢於溼草內。故人可利用其好自隱之性，在其巢前造一簡單迷路，使擇路而行。迷路形似一匣，中有數隔。此鼈遊行不息，至三十五分鐘偶然尋得出路。二小時以後，即能在十五分鐘內歸巢。第三次試驗其途徑漸直，無目的之游行亦漸減少。第二十次試驗僅須四十五秒。第三十次四十秒，且其徑甚直。至五十次需時三十五秒，而其徑尤直。此種步驟原不得謂有若何價值，然確爲學習。能以經驗而學習，已在動物動作之進化上佔一重要位置矣。

爬蟲類之比兩棲類，其動作更巧，且較易變化。人有以蛇類爲玩物者，其所記述隱見在爬蟲類，感情生活之漸富。若傳言可信，則夫婦之情，亦肇端於此。

所不可不慎者，凡經長期之適應，身體上結構已變，而後發爲動作，勢不得視爲智慧。譬如蜥蜴之無肢又名蛇蜥 (slowworm) 者，執其尾則棄之而逃。蓋其體上已成一積弱平面，一掣其尾，卽於此斷裂。此反射動作也，非反省動作也，猶人之觸爐炭而縮指也。非洲蛇類之食卵者，名爲厚盾類 (Dasypeltis)，得鳥卵輒全吞之，而破之以脊骨。其脊骨在咽喉之間伸入體內，成爲利刺。卵之精華

不失涓滴，而反其破殼。異哉！觀止矣。然而非智慧。

五

鳥類之心 鳥類中

視覺聽覺之發達特甚。夫感覺之為用，不特可為生成有效力之行為發動其機，且亦所以供給智慧之原質。古之哲言謂智慧之內容，未有不來自感覺。雖為一偏之論，要不失為真。

輪船過，白浪起，海鷗能從中啄食餅屑，其精其捷每為人所驚異。此特一例耳。鳥類之運目，能於瞬息間變其焦點，其才無以復加矣。



企鵝 (penguin)

其翼因久不飛而變為撲擊之具，用力甚大。其足之強亦大可觀。企鵝大都產於極南。

鳥類中聽覺之精，去視覺不遠。小枝微有裂聲，鳥即驚叫以警同類。竹鷄 (Partridge) 等鳥，生甫二三小時，一聞母鳥切急告險之叫聲，即懾伏地上。如寄育於家鷄，雖母鷄喔喔之聲，至於發狂亦未嘗介意。其靜伏也，不自知其何以故，服從前代之遺勢耳。故其動作出自本能。惟此所欲言者，爲其聽覺之晰辨之力。卽鳥之所以有鳴聲，亦足爲此事之證。鳴聲者，情緒之藝術也，以聲表情也。雄鳴以悅雌耳，耳之馴雅可知矣。

鳥之觸覺除喙上外不甚發達。喙上之感覺，至啄木鳥之撥土壤以探目所不見之蚯蚓，其敏銳已造絕頂。味覺似不甚發達。鳥之食物不待咀嚼，惟有時不堪入口之物，如蝦蟆毛蟲之類，棄之惟恐不力。鳥之嗅覺，人鮮有知者；然亦不無一二可證之事。夜出獵禽類是也。至鷹類之逐腥膻，顯然以視而不以嗅。嗅覺之用，或不至若是其鮮。若遇黑夜或迷於森林，能嗅腺所分泌之油，或可藉以認識同類。此大可試驗者也。此外，鳥類或尙有他種感覺，例如溫冷覺，身體持平覺之類。至前人急於「解釋」妄擬候鳥之所以識路，賴有「磁」覺，屢次試驗，無所發見。鳥類至大之事，要在視覺聽覺。此則其得有知識廣大門徑也。

本能的傾向 水鳥如沼鴨 (coot) 之類，初次墮水，大都即能游泳。同例，雛鷄之啄食不須教學。飛蛾之小者，初生之鴨能捕而得之。雉鳩 (plover) 一聞警叫，即伏地不動。所可異者，鳥類本能之量殊有限制，遠不及蜂蟻之類。蜂蟻之腦雖小，似儲有無數天賦之技能，而鳥類之有限制，或正所以為智慧留餘地也。此後日常生活，在將為智慧所操縱。摩根教授謂其在試驗室內所孵之雛雞，聞其母喔喔之聲，近在戶外，絕不知是何意義。渴而欲飲，能啄試驗者指頭之水，而足涉盂中，反不知所盛者為水。後在水中偶啄其足指，始悟水之為物，能投其所欲，乃舉喙向天而嚙。有一二次竟飽食紅絨，以為「蟲」也。

夫本能之傾向，鳥類非一無所有，惟較蜂蟻為有限制耳。其故由於腦之進化，至此已漸得郎刻斯忒爵士所謂「可學之性」，鷄雛之學習神速。動物之心自始屈服於遺傳係屬之下，至此漸能解脫。夫小鳥非能一無失誤（如食紅絨之誤），然一誤再誤之事，非所常有，故易受經驗之益。我為此言，非謂動物之腦小者，如蜂蟻之類，絕不能受經驗之益，而全無智慧。二者之分域，非固定不移。我意昆蟲之尋常生活，祇須有本能銘刻於神經系，已大足應用；因此可學之性發達甚微。且我言鳥類能

脫離本能之專制，非謂其在在能引動智慧，而蜂類則動作如刻劃，萬難爲此也。譬如鳩孵空巢，去卵僅二英寸許而不知注意，可見鳥類如遇某種情境，或尙不能脫離本能之羈絆。鳥類之特長，一方面仍以其本能之多，而同時恃智慧以學習，其量又甚可觀也。

智慧與本能之合作

摩根教授曾豢養二鵲

鳥 (moor hens) 自幼卽

與其同類隔絕。泅水乃其本能，或在盆內，或在溪中；然未嘗能泳。一日，鵲鳥之一游行於約克州



棲於柱樁上之穴鳥 (jackdaw)

此鳥有大腦，甚活潑，能學習而善鳴。

(Yorkshire) 河之潭水中。忽有一犬自岸而下，狂吠而奔是雛。轉瞬之間，鵠已一泳而沒，須臾復出。陡岸之下，僅見其頭出水面。此爲是鳥游泳之發軔，已能純中規矩。

此事之意義，蓋彰明較著。鵠有遺傳（本能）之能，可泅可泳，惟後者不如前者之易於引起。而此鳥享有二月泅水之經驗，或預於泳沒發生影響，僅無觸發泳沒動作之機耳。一旦有事，雛鳥見犬之驟至，又聞其聲，情緒上有所激動，或又隱約能悟境遇之危險不可測。此時智慧與本能合作，鳥之泳沒正合時宜。

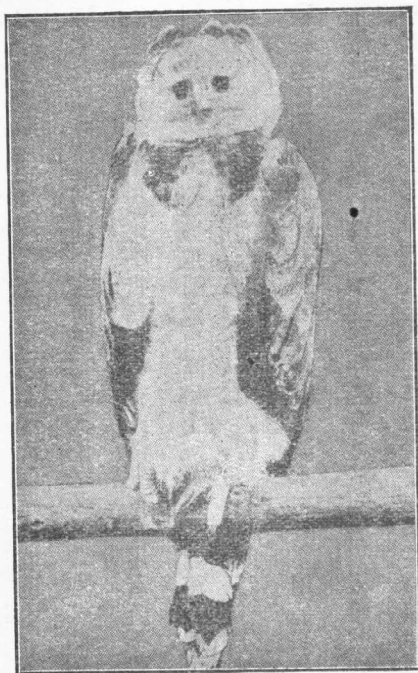
鳥類之生，已具有某種有效的趨向，如爬、啄、泅、泳、飛翔、俯伏、結巢之類。其與蜂蟻之別，一則專恃本能，一



傳 信 鴿

大戰時用傳信鴿甚得力，書信於薄帶上，繞於鳥腿；如此相片所示。

則遺傳的天性上必和以個體之栽培。二者合成勝事，名之曰鳥類之動作。摩爾根之鷄雖嘗取毛蟲而試食之，知其不堪入口，數次之後不復顧問。鷄始生數日，其學力進步神速，卽生可代表『大腦』



女面鷹 (harpy eagle)

女面鷹之產地，北自墨西哥，南至巴拉圭 (Paraguay) 與玻利非亞 (Bolivia)，其雅潔高傲，有如西班牙之公子。其居或在樹上，或巖上。其強暴能食哺乳獸。腹部大都白色，而胸前微灰。其背則深灰色。

種與『小腦』種根本上之差別。蓋一則本能之稟賦雖微，而大可教育，一則如蜂蟻之類，本能豐富，而不善學習，亦不喜學習。正如郎刻斯忒爵士所言二種腦在進化史上背道而馳，不當直接比量。

「小腦」類至蟻而造絕頂，其本能動作已甚完備。「大腦」類之造極，在馬，在犬，在象，在猴。鳥類之可異者，以有如許本能，復與如許智慧相合。鳥之結巢，能用新材，能擇新地。且有時變換其食物，足爲此事之證。氣鸚鵡 (Kea parrot) 入新西蘭而食羊，卽其例也。

啄木鳥幼時，能破樅樹之實而得其子，驟視之，必以爲是本能上固定之事。實則母鳥之哺雛，先以樅子，繼以開裂之實，終以全實。鳥類中有此種教育作用者，蓋不難以十數也。

用機智 希臘之鷹以爪掣龜，自高擲下，破其堅甲而露其肉，可謂善用其術矣。術之發明，或以試驗，或以偶然。雖後說較前近理，然其運用之智，初不以此而有分別。同例，青鷗 (herring-gull) 口含海膽唇蛤之類，而擲之於石，以破其殼。鴉食淡水之蚌，亦用是法。

畫眉之砧 畫眉口含木上之蝸牛而碎之於石，若以椎擊砧。觀其動作而事理可明。曾有一畫眉自小爲庇得女士 (Miss Frances Pitt) 所養。示以蝸牛，初無所感。後其一探首於外，漸蠕蠕而行。鳥乃啄其兩角。蝸牛被啄，引首而藏，鳥又不知所措。如是反復數次，鳥之驚怪日深。時或啄之，時竟舉之以啄。至第六日始真有進步，擊蝸牛而竭力掙之，如掙一大蟲。旋又一一舉而叩之於地。十五分鐘

而破其一殼，以後更無難事。據此試驗，畫眉實有以物叩地之傾向。其能用石爲砧亦不待教導。嘗試既久，自能應付疑難之境。倘在自然環境之中，事或可以摹倣而成。然規之試驗成績，動物界摹倣之功用，遠遜於常人之意料。故事雖可能，未可必也。

六

哺乳類之心 凡論哺乳獸者，見牧犬之以驅羊競勝，象之助人伐木，馬在鐵道岔路搬運車輛，不覺心許其智。實則此等事實非盡成於動物之心，強半出自人力。反之，凡人研究兔類或豚鼠（Guinea pig）之類，鄙



畫眉用砧

畫眉以喙含蝸牛之殼，叩之於石而破之，而嘗異味焉。石旁每見有無數破殼。

夷之每過其實。蓋此種齧齒動物，其智原在哺乳獸中材之下。兼以豢養之餘，生活閉塞，而其材更蠢。同例，家羊不能與野羊較，且不能與羔羊較。如欲於哺乳獸之智慧，下一折中之論，則訓練之功，豢養之弊，皆非所當

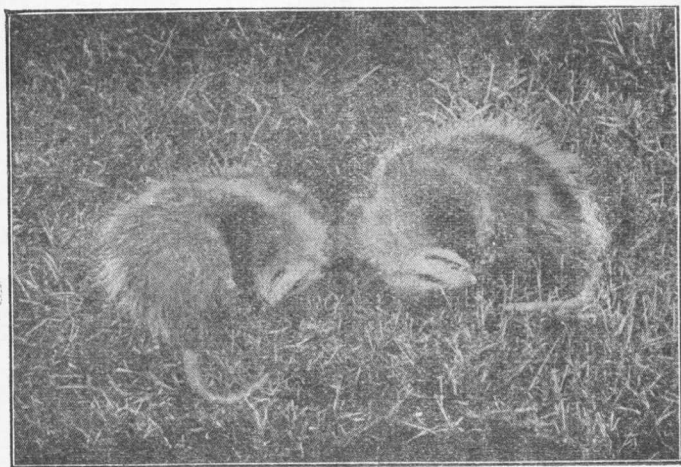


獺

獺齧對徑一英尺之樹，留其中堅，以待秋風之至，爲竟其功，不欲枉費力也。

重視也。

本能的傾向 水獺有齒如鑿，以齧樹本，留其中心，以待風之吹折。樹枝倒地，則取而用之。驢鼠能造巢。松鼠能兼倉儲。人見此種動作，究當作何感想耶？動作之類此者，實不可勝舉。其基本為本能，其在神經細胞與肌肉細胞，生成有此傾向。惟在哺乳獸中，復有若干注意伴之而起。此其所以靈敏也。動物因此脫離本能慣例之勢，不



二 絨毛鼯之伴死

絨毛鼯為袋獸類之棲於樹者。能肉食，亦食昆蟲。僅產於美洲大陸，北至合衆國。南至巴塔哥尼亞 (Patagonia)。其無袋者育兒以背上，兒以尾繞母尾。性甚敏捷，尤以能伴死著名。

復與蜂蟻同科。

純粹技能 本能的趨向爲一類所同具。其發表也，亦完全平等。惟技能之養成，當視個體之機



阿爾舍細亞 (Alsatia) 之狼犬

是獸感覺甚銳而智慧甚高，戰時大有功。(圖中之犬名阿諾 (Arno von Indetal) 戰時在大陸上供用，一訓練的警犬也。)

會何如。二者之間雖難截然分界，然技術與尋常慣例要不可相提並論。聞印度之贊木納 (Jumna)

河上有馬圖刺 (Mathura) 城。其地河中多神龜。進香者投以食物，則見有平滑之龜甲處處浮起，斷續若成浮橋。其地之獼猴 (Semnopithecus entellus) 乃不顧龜之猛齧，冒險而出，以掠得一樹以龜背之動搖而猴能履之，此景此情，不啻爲動物之純粹技能寫照也。卽此可見冒險之精神，嘗試之意志。凡動作之翻陳出新，其動機信在此矣。

聯念之力 瓦特孫教授 (Prof. J. B. Watson) 曾研究一鬮狹 (bull terrier)，名約斯拍 (Jasper)。其智足以知語言與事物之關係。其主人能自隱處發令指導之。譬如曰：『至旁室爲我自地上取一紙來』，約斯拍頃刻而致。又能爲同類之事，凡以數十計。

亞柏立爵士 (Lord Avebury) 之犬名梵 (Van)，每能從箱內少數紙片之中隨時之需要選出一 Tea 字或 Out 字。某種白地黑紋之物已與某種欲望之滿足成爲聯念。犬馬之類時見有奇異之動作，能以足叩地，馬則計數以答算學問題，犬則以舉圖上之物名。凡此皆恃聯念之敏捷，能使叩地之數隨教練人之隱示而變。所無可疑者，哺乳獸有養成聯念之能，而深淺有所不同。所成聯念時或精密異常。譬如犬、貓、馬等平時於主人之舉動顯無興味，及至有一細事發生（如從釘上取

鐘，其反應乃如觸機而發。此人人所知也。其事之重要，可以野外生活說明之。狐也，兔也，水狸也，松鼠也，每聞環境中有某種聲音，則知某事之可爲。蓋自小卽已學得此種聯念。森林術中，此爲初步。學字母，其各母則聲音薰臭是也。

舞鼠之學力 舞鼠 (Dancing mouse) 爲日本種。其身多異態，半規管祇有一對發達。故鼠性善舞，無故旋轉不已。偶自外歸穴，必側行而前，不能如他獸之正視。惟業岐茲教授曾以審慎之法，證明其性雖怪僻，而頗可教誨。其法以鼠置歧路之前。二路各有符號，或一明一暗，或其色彩不同。甲區可逕通鼠穴，誤選乙區，則震以微弱之電流以示懲罰，不得不繞道而歸。甲區之佈置時在鼠左，時在鼠右。此爲必然之勢，否則位置之固定卽成隱示。試驗之後，知舞鼠能以學習而識正路。又其他哺乳獸，如白鼠松鼠之類，效果亦復相同。此雖不見有依觀念而學習之事，其能以經驗而學習無疑也。受養者有如此成績，自然生活中更無慮矣。

哺乳獸如貓鼠之類，都能學爲開箱取物之事，又能覓路至迷陣之中央若探寶藏。有時箱之啓閉大非易事。中儲食物以勵成功。啓之者必循序漸進，一一啓其關鍵。然哺乳獸中能解決此類問題

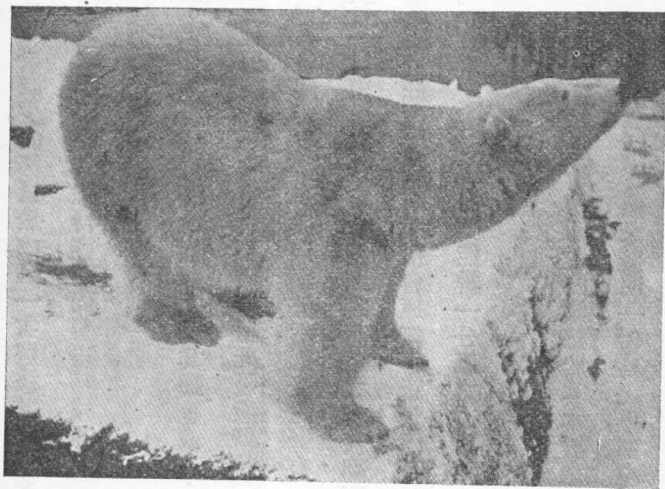
者爲數非鮮。其無用動作脫除殆盡。錯誤減少，而終抵於成。且一次解決，其效果能銘刻於心，歷若干時不變。凡此皆彰明較著者也。正如人之不事思索，惟恃經驗而習得巧技，無所用觀念與反省。依常人之見，貓鼠不能有迷路之觀念，且不能有想像，惟其能學習則一也。

學小巧 哺乳獸之靈敏者，苟誘導得當，每能學爲慧巧之事。其動也，或不自知其所以然。然此節未可武斷。動物之行爲，雖以訓練純熟，觀近乎智，實尙不足以語此。曼徹斯特 (Manchester) 之美景園 (Bellevue Gardens) 有一異象，觀者有憐而與以銅幣者，則受之。旁有一自動機器，每得一分錢，以鼻捲入器之隙內。器轉則有一餅出。如與以半分錢，則擲而還之，若甚鄙夷之者。驟然視之，豈非幾於上智之行爲哉？夫象之智慧能於此種情景有所悟會，原無可疑。惟事出於小心訓練，歷時已久，大都習慣順應而已。其置錢於隙內，須反覆教導也。其能辨一分錢之有用與半分錢之無用，須反覆教導也。故其智不可以貌取也。

用機智 愛丁堡 (Edinburgh) 極美之動物園中，白熊每於其水居之半島上據石而坐。觀者投以麵包，浮於水面，熊一躍而獲數枚，直易事耳。然又發明一新易之事，則以巨掌撥水，沿半島之

岸成一急流，運麵包至岸。事雖簡易，隱然可見智慧。蓋已能集舊經驗而創方法矣。所謂『以知覺推想』之方，其在斯乎。

淺草之野，一日大水，見有牝馬驅羣駒至高岡之上，環而守衛之，以免於水患。又聞人言，有一異犬泗而渡河。能隨潮汐而異其出發之地。此則悟會情景之變遷而與之俱變也。北極之狐善避陷阱。他種野哺乳獸間亦有能爲此者。象之善於把



北 極 之 熊

熊有大力，一舉掌而自水中掣海狗，塊然擲之冰上。其大宗食物爲海狗。兩性不同遊。入冬則掘地爲穴以居，而未嘗蟄。其居檻中，且有能以掌撥池中之水，使成急流，而輕易得到浮在水面之麵包。是則純爲智慧之事矣。

弄，其術更神。

七

智靈何以止此

既知動物有技術與聯念之力，又認其有充分的本能，且能受經驗之益，若甚有智慧，乃進而量哺乳獸之動作。凡見其腦部組織之精微者，自必有太期望，而一部分之失望因有所不免。試問以狹義言之，哺乳獸中智慧之表現何以祇見此絕無僅有之事？

答曰：哺乳獸對於尋常生活之情景積久而漸能適應。日常生活以尋常之問題來，彼則以有效之反應往。又何必再事嘗試？競存之後，在普通環境之中，所存者惟見有效率。即最高的動物，能具此聰明足矣。故哺乳獸大都異常有效，尙不免蠢鈍。其心的預備雖足以應付日常情景而有餘，以言冒險嘗試，或對於自然界之興趣，則見其窮矣。哺乳獸所求者，安全而已。

以上言其大較，然亦有例外，亟當述其一二奇事如下。

以遊戲爲嘗試

綿羊、山羊之羔，與駒、犢、小狐之類，性善遊戲。凡以哺乳獸之能事爲不可不知者，當於此三注意焉。動物當幼稚時，固習未成，無所顧忌。一類之能事，每可以此時爲斷。且其遊戲每

含有嘗試性質，顯然可見。

近今生物學家

皆以動物之遊戲爲幼稚時之工作。動物每有顯著的遊戲期，實與生命有關。蓋爲將來正當生活預施訓育，亦領會自然界之門徑也。動物之能嘗試，以遊戲期爲不可多得之機會，雖失



尋常水狸

以機詐善變而言，是獸當首屈一指。不儲藏，不蟄居，僅以機智競存，而善教其子。水狸是遊行獸，所居每不止一處。有時一夜行十五英里。



獵 豹 之 幼 者

獵豹一名溪筴(cheetah)，其性易馴。自古以來供人吠獵之役。產於印度，波斯，土耳其斯坦(Turkestan)與非洲。

敗而無大患。故遊戲者，自然界所以爲動作之變化留餘地。動作有差異，進化始有所寄託。故曰，欲知哺乳獸之可能性者，當於遊戲窺之。

其他可見智慧之處 松鼠之聰明止於其所必須有。而水獺之類或並此而無之，故其種絕滅殆盡。慣常不變之效率病在膠滯。惟上言哺乳獸幼稚時之遊戲其可能性如無盡藏。其他事實有與吾人以同一感想者，可視下例。（一）哺乳獸如犬馬之類已與人發生合作關係，其心之能事迥非尋常所能企及。然使人之庇護過於周至，而動物之受養者又被動成性，則智慧反至消退。（二）水獺（Otter）之類生涯活潑。其環境複雜而艱難。試一究其機智，實有足以驚人者。（三）猿猴類，出前肢成握手，腦府之進步漸大，且能多用「語言」。於此明見有新奇之事發現。新奇者何，曰不息的好事心，曰窺探環境之欲，曰不知足的嘗試之傾向；庶幾乎其有理化矣。

八

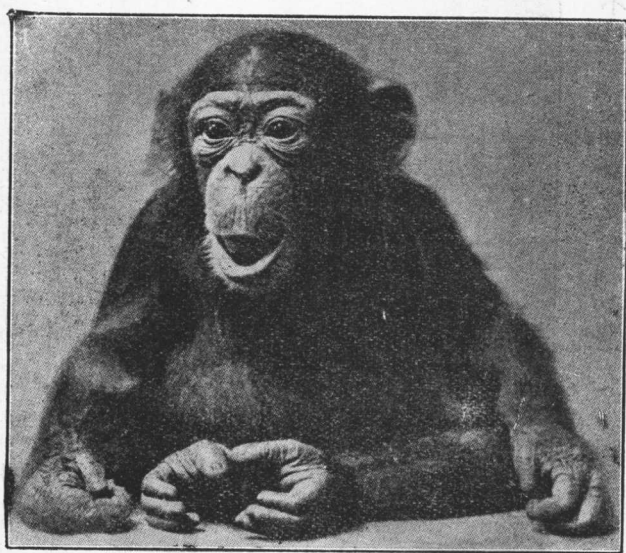
猿猴之心

目大尾似松鼠之狨 (Marmosets)

至大腦的黑猩猩，相去不可以道里計。猴類 (simian) 之各階級，所造大有不同。

銳利的感覺 請自其最原始者始。

猿猴具有最優之感覺設備，尤以視聽觸三覺爲利，此無可疑也。其目官之軸已如人之前向。故其視野之大部分爲兩眼所同有。以較其他哺乳獸，猿猴類之能見實體更覺周詳。故能多以目視而少以鼻嗅。且其視覺不特能知物之明暗，又能辨其色彩而認其形式。譬如有二箱於此，大小同而形式異。如一箱之內常儲可欲之物，



(1)

則猿猴類能依聯念而知所取捨。如以小字或他種符號畫於紙片之上，學習後亦知辨別。見紙上有『是』字即來就，有『否』字則棲止如故。且森林之生活以敏捷爲生死關頭。物之驟然動者彼必反應如響。環境內一有新象當立能分辨。凡此皆言其視覺之精利也，而其聽覺亦不亞乎是。

手技 手技之諳熟，手眼之相應，

又爲猿猴類與其他哺乳獸之一大分別。此自然之厚賜，蓋出於猿猴類前肢之解放而成握手。不必再用以支持身體，而變爲攀握援引之具。凡稍審猿猴類之性者，莫不知其於此新工具運用不遺餘力。偶見刷柄有旋螺，則旋入旋出不已。其喜破壞，亦一種解剖術也。

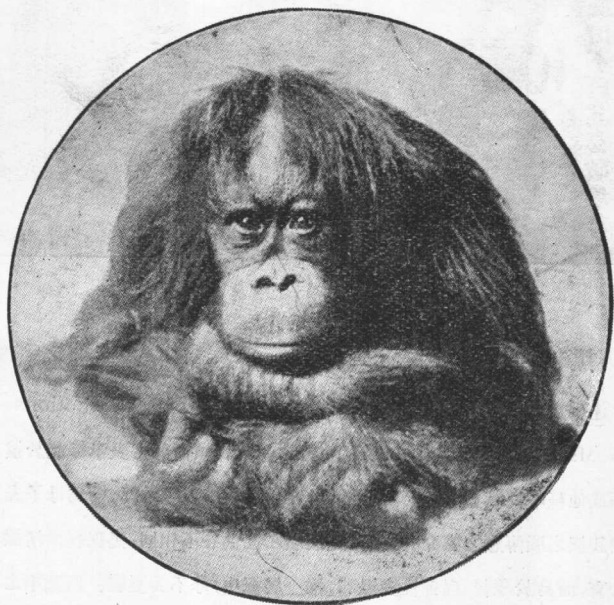


(2)

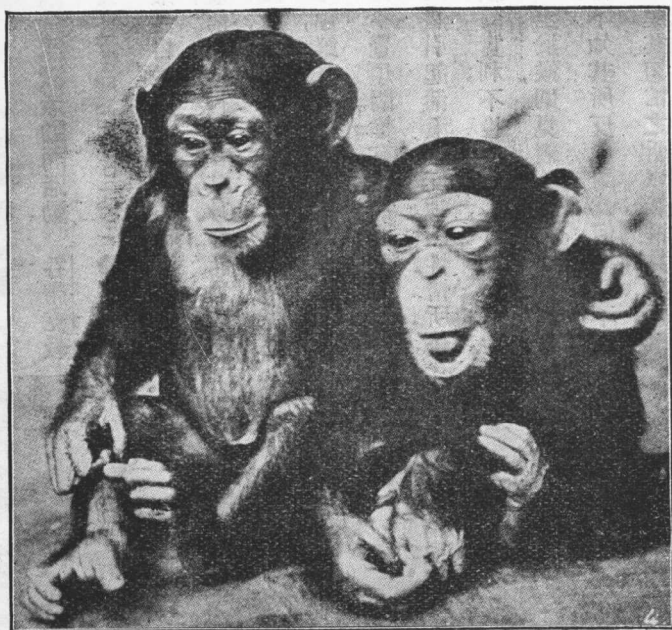
爲欲活動而活動 吞帶克教

授 (Prof. Thorndike) 論猿猴類

最注目於其心身兩方面活動之強度，信爲中肯之言。其身如能力之儲藏所，一觸卽發。吞帶克教授謂貓犬之類，鮮有所作爲。縱積久無所事事，亦不覺煩悶。惟有食物恩等刺戟，能決然引起活潑的反動。然性情所趨，祇圖實利；不投其所好，可絕無舉動。『至於猴，則見者不能屈指計其動作，不知其所反應者爲何刺戟，不能思擬其匆忙之所以然。惟見其事事



(3)



(4)

1. 黑猩猩 2. 猩猩之乳兒 3. 猩猩 4. 黑猩猩之乳兒

達爾文之名著情感之表示(The Expressions of the Emotions in Man and Animal, 1872)中，曾謂尋常人類面部之表示每能於猿類或他種哺乳獸見其雛形。其書又示表示之動作若何重要，蓋為母子夫婦親族之間傳意之媒介。圖中可見猿類之性情各不相同。黑猩猩常活潑歡喜，而易於學習。猩猩性亦溫和，惟一居檻中，每不勝憂鬱。然圖中之猩猩似無此態。黑猩猩與猩猩二者，又各與大猩猩之凶猛有大分別。

留意，爲欲活動而活動耳。

至其心之活動，亦復類是。其性質爲非常注意。見其試驗的態度而知進化之旋螺至此又高一曲。除人以外，無復可與倫比，蓋已隱見有科學之精神矣。雖然，我不信動物之任何性質可一躍而現。上述哺乳獸如羔羊，小貓，小犬之類能寓嘗試於遊戲。而其長成亦有大似吉卜寧 (Kipling) 所述之蒙古斯獸 (mongOOSE)〔譯者按，此乃一種灰色爬行動物〕以好事成性，終其身以探求物理爲事者。惟至猿猴類，則其不息的嘗試始成習慣，高出尋常。且恆以其世界爲新奇的世界。前段所引之心理學家又謂曾見一猴偶觸一突出的鋼絲而使震動。此後數日間反覆爲此戲無慮數百次。玩弄之外，他無所取。卽此已足以供其心之消遣。『其所得酬勞，祇在有此心的生活。』猴類之腦，『完全柔順，通體運用。凡事可使活動，每事可使活動。』

以敏捷勝 上言不息的探求與不事實利的活動，與之相關者，又有敏捷之性。非特其運動之捷，抑亦敏於知覺，敏於設計。猿猴類大都如是。蓋樹上之生活，死生如反掌，其能醞釀此種性質宜也。常言人之警飭者不爽毫黍，本意其指此歟？譬如胃猴 (bonnet monkey)爲印度之獼猴 (maca-

que) 與產於直布羅陀之巖上者爲近種。和謨茲 (Prof. S. J. Holmes) 教授曾謂：「其知覺之銳，動作之捷，欲逃避時或達到他種目的時，其應變之敏，動物界者鮮有能與此獸（名栗齊 *Lizzie*）倫比者……其知覺判斷之速，遠勝於我。每在我意料不及之時驟變注意，隨其所欲而施之實行。我嘗置蘋果落花生等物，意欲待其學爲某事，以獎勵之。乘我不備，已被竊取不少。其技之神速有若此者。」

敏於學習 凡欲明動物之動作者，不可不知郎刻斯忒爵士所舉「小腦」類與「大腦」類之分別。「小腦」類富於生成的本能，而拙於學習。「大腦」類則天賦之特殊的本能少，而其可學之性特盛。「小腦」類造極於蜂蟻之類。「大腦」類造極於馬，於犬，於象，於猿猴。一切動物中惟猿猴學習最捷。所謂「學習」，謂能於彼此事物間爲有用之聯絡見物陳於感官，而即引起一相當之動作也。

莎麗 (Sally) 之事 讀者或向憶羅曼內斯博士 (Dr. Romanes) 所試驗之莎麗，莎麗者，動物園中之黑猩猩也。教以數草莖之法，向索某數則以某數應，至五而止。如得正數，則給以水菓少許。

所答有誤，則不受其所獻之草。莎麗求五數時，能將草莖一一拾取，含之於口，至五數，乃握而呈之，數以六數至十數，無大成績。自莎麗觀之，「六以上」爲「多」最奇者，如所求爲五數以上，每見其折一草爲二，露其兩端，作爲二草。可見其計數之能或不止於五，惟其忍耐則盡於此矣。折草之法，似以省時，顯爲智慧之事。雖其導師未嘗肯納一兩折之草，作爲一草，仍屢試不已。此所見者，已不僅聞「五」聲而聯舉五數之事矣。

栗齊之事

和謨茲教授栗齊於檻中。檻以直木爲之，使能由隙間探臂於外。檻前置一木板，上有一蘋果，在栗齊手所不及之處。惟板邊有一直釘，栗齊見而握之，移板近前而得蘋果。「初無須嘗試差誤之法。一見板釘與蘋果之關係，直接能發生相當的動作。」其先世（在森林中）見樹菓之累累然，或已知攀其枝而摘取之。然此種簡單試驗自有深意，尤以栗齊之學習他事，仍必逐漸淘汰無用的動作而保存其有利者而可見。試以一落花生置油瓶中，而加以軟木塞。以示栗齊，則立依齧噬異物之本能，以齒啓塞。然終不知倒持油瓶使落花生外墮。其初偶然得果。習練之後，自較初時爲易；惟從未見其發明適宜之法，以償所欲。「惟其努力過殷，故外心專注於所欲之目的，而不見所

以達到目的之法。蓋絕無所謂思慮，而其動作不辨輕重。其事之漸趨諳熟，顯以其無用的動作在無意中淘汰。」謂之學習，原無不可；惟其階級甚低，初非以觀念而學習，且不純以嘗試而學習，祇為經驗的學習，雜亂的學習耳。

嘗試與差誤 猿猴類之稟賦較厚者，其動作之造就亦較高。自來試驗此類動物，大都以開門啓箱爲事，據其成績，可見其嘗試之竭力專注，與其無效動作之能銳減，且問題一經解決，卽能牢記。金拿曼 (Kinaman) 教二低鼻猴學走迷陣，事或非能記憶不成。據謂其行過半途，輒鼓唇作聲，若有「這一次對了」之態，亦一趣事也。

猿猴類能開門啓箱，或依定序而啓「連環箱」之關鍵。雖不免嘗試差誤之法，而其學習之速，顯非貓犬所及。吞帶克教授又教人注重一事，尤饒隱意。謂猿類之「捨棄無效動作而選擇適當動作，事之神速，有時竟若咄嗟立就。人類在同等作爲中有所選擇，其力亦不能過是。」吞帶克之猿猴，其造就更有高於此者。其一能啓一八月前所學習之謎箱，不再假嘗試，則已將解決之法銘刻於心矣。

摹倣 都伯林 (Dublin) 之動物院中，常見有二黑猩猩自洗其儲物之架，絞濕布如人狀，若戲爲洗衣婦寫照者然。有見而歎曰：「甚哉，其能摹擬也！」夫黑猩猩之能摹倣與否，我不得而知。惟曠觀試驗成績，令人不欲如尋常解釋此事者以摹倣爲重要之事。猴之解謎有時既失望而去，固嘗有見其伴侶之成功而再行嘗試者。然仍必自覓途徑。卽問題之簡單，如以棒探物之類，示以方法，每無所裨益。和謨茲教授曾置食物於猴籠之前，「以棒觸之。隱示棒之功用，可以移物近前。如是反復多次，栗齊毫不顯有用棒以圖自利之意。」「工具」之觀念，或非胃猴所能有。然吾人於此又不可不慎。和布豪斯教授曾有一猴，亦爲低鼻種。歷若干時後，乃能學用彎棒，大有效力。

彼得之事 猿猴最靈敏者，或當推奏技之半人猿，名曰彼得 (Peter) 威特麥博士 (Dr. Lightner Witmer) 曾爲書其行述之大概。彼得能溜冰，駕自行車，能穿針解結，能吸紙煙，能串珠，能轉旋螺針，能以鑰啓鎖。惟其時彼得所思何事，無從探知。其見事之速，事實上似仍未見能超越具體嘗試之範圍，卽羅曼內斯博士所謂知覺的推想。猿猴雖智，鮮見有推理之能。其工作遊戲均未用概念。推理爲人類之專長。人與猿猴之間，雖難固定界限，然此則爲不易之論。

心之奔驟 哺乳獸如獺，狐，銀鼠，兔，象之類，其心腦中之潮流，蓋不知若何複雜也。試以河水爲喻，其急流高下，最低者爲食色，是爲基本嗜好。有時折爲漩渦，亦能現於水面。次則爲原始情緒，例如世仇之驚忌，後裔之愛護是也。再次則爲本能的傾向，生成能爲敏捷之事，不待學習。然哺乳獸中又有智慧的活動，明見有知覺的推想，而生活頗受智慧之節制。其他一切動作，每與智慧同時發現，若必託庇以行者。

再高，則個體之經驗，留有痕跡，是謂記憶。習慣銘刻於內，種種消息激突於外，有如雨點雹塊之打河面。其沈入水底者，則事物之饒有意義者也。高等動物之心有如兒童之心，其觀念不甚明晰；狹義言之，皆無所謂推理，而可學之性特盛。其所以異於兒童之心者，則全以其有某種反應，致用可必而效率可觀也。

「最後人類崛起」 人類之腦較高等猿類如大猩猩，猩猩，黑猩猩，之腦尤爲複雜，而比較爲大。然人類智慧之大進步，似不僅以腦部組織之故。其內在生活已自涓滴變爲江河，時或怒潮洶湧。夫智慧之用，僅爲知覺的推想，有如按圖論事（繪畫的論理），動物或亦能之。有概念的推想，斯爲

理知卽以普通觀念密爲嘗試也。動物雖慧，似不能超脫特殊事件之範圍。至於人，則在心內如以萬事萬物奕一局棋。智慧的動作，有想像足以濟事。理知的動作則非概念不可。然知覺與概念之區別，或祇在聯念高下之不同，可分量而不可別類。以犬之敏捷，當不僅能於所知之人一一一起有記憶之像，或更有「人」之普通知覺。惟人乃有「人」與「人類」之概念。以概念爲嘗試，斯爲理知。

立論至此，如陷大澤中，以小心爲上智。再舉一事足矣。人類智慧之進步，自智慧以至理知，蓋包藏於言語之中。言語發軔於動物，其始僅數言而止。至人乃成其功。惟所異者，尙不在辭類，而在連辭成句之習慣，因以表示決斷，而人與人間始得溝通。夫僅言辭之增加，已大有利益。至能以言辭爲概念之符號，以思想爲戲，則其效果更大。而最要之一步，或在以語言爲與他人交換知識之具，藉社會的交通，證個人之經驗也。且有語言，而過去世界之成功乃易於刻載於我身之外，希臘語之 *Logos* 可譯爲「言」，又可譯爲「心」，非無因也。

九

返顧 縱觀動物之動作，大似一長斜平面。外物戟觸於簡單生物之身，簡單生物以嘗試之法

應付環境。自始卽有此二重作用，一自環境受刺戟，一以反應變環境，以動作之效率而生物受淘汰，已不知幾萬世矣。其間進步之法，一則爲知識之開闢新路，感官之數，豈止於五。一則爲最普通之法，嘗試探測，親證，如人之啓戶者，歷試諸鑰，至成功而止。故知識途徑之大通而能分別應事，進步一也。嘗試之法漸見警飭，更有節制而更顯毅力，進步二也。居二者之後者，又特有一種生活力，能將過去之學習，銘刻於有機體之內。此種銘刻，在個人生活中，是記憶與習慣，在種族生活中，則爲反射與本能。

身心之關係 動作有身心兩方面，而其間關係爲甚難解決之問題。然非吾人分所當避。

(一) 大思想家有教人以心之實在，而身體神經爲其工具者。如樂人之奏樂，樂器如有毀壞積垢，則其樂不能如前之美，而樂人固無恙也。此說以心之大體爲能獨立。用之於己，不失爲美談。用之於他種智慧動物，如鴉如象之類，論者乃自知其不當。或者心之解放爲漸成之事，人類之進步雖遠，尙未達其究竟歟？

(二) 思想家又有教人以內在生活，如思惟感情之類，不外爲身體神經之反響，非實在重要

之作用者。人之生理的生活爲物質與力所組成。其湍流上漩渦內有浪花出焉，則觀念也。自常人觀之，此說大不近理。我明知觀念、感情、意向等等，爲我經驗上最清楚最實在之事；與我一身体戚相關，不能轉變爲物質與力。彼等非僅鐘鳴也，乃其所以鳴也。

(三) 其他學者，則謂最合乎科學的主張，不如承認身心兩種活動，其要相等，互爲經緯而不可分解。動物之生命爲唯一實在之事，而此爲其內外兩相，如球之有凹凸，盾之有表裏。有機體之生命或常合一，時則顯然爲心身，而時爲身心。所最要者，二相之中不能離棄其一。物質與運動不能以詭辯而化爲心。吾人之自知有心，旣毫無疑義，故曰：最初有心可也。何謂最初，雖未有定義，要不逃亞里斯多德所言，最終所有，莫不於最初具有雛形也。

結論 吾人見動物之成績，如犬、如狸、如馬、如兔，而歎其神異。試問其何以至此，則曰：通常不外二種作用：(一) 凡事嘗試，(二) 善事保存。偶有差異發現，則嘗試以見其功。個性突出則必經淘汰。生物自內部得籌，擲之以博成敗。故有差異而經淘汰，因嘗試而記成功，心之所以漸化而猶日進不已也。

第八篇 宇宙之根本組織

美國哈佛大學哲學博士胡剛復譯
國立東南大學物理學教授

原子世界

昔者東方民族，亦嘗有研究宇宙根據之問題者矣。其言曰：宇宙雖大，不能自舉，故非有大象負之不可；而大象則又非碩龜不能載。然則碩龜果何所依？彼固未之究也。設更循此而往，雖遍萬物，吾知其不能解決此問題者仍如故。古人果知難而退歟？不獨此也，一般古人仰視天穹，俯瞰大地，既未見其碩大散漫，故亦未與之以一定之寄託。蓋皆不求甚解之流，非經科學上精密之考驗，而後云宇宙不必有所依據也。夫物在空間，非受引力，本不自墜，即受絕大之引力，每因其原有繞動之速度，而不致攝出常軌。凡地球之不墜入太陽，以及星球相吸後之不相凝聚者，皆以此。宇宙星體之不必另

有寄託者，亦以此。古人未必明此理也。故論宇宙，不必論其寄託，或根據問題；而當詳究其結構。宇宙之爲物質所構成，已不成問題；而物質唯何，尤不可不一研究之。物理化學素爲研究物質與能力之學。二者異途同歸，互相闡發。故欲明物質之結構者，莫不有待於是。而此二者所與吾人萬物根本性質之觀念，實爲人類思想界開一新紀元焉。

—

構成宇宙之原體 物質爲何之問題，由來已久。二千年前小亞細亞之希臘科學家已首先討論之矣。夫礫石爲塵末，此塵固組石之原質也；分瓢水爲涓滴，凡此涓滴皆瓢水之組織成分也。苟有良好之工具，則分解必可愈趨精密；然充其量，必不能越一最小之極限。斯時物質皆成微粒，而不復可分。此希哲之所謂原子 (atom) 也。

希哲觀念往往頗有至理，原子之觀念亦然。物質之爲原子所組成，近代科學上已成確切不移之定論。然因當時科學幼稚，雖有觀念，每苦不能運用，徒貽膚淺之譏。按希人所云：凡原子之表面圓滿而滑者不易相凝，故相合必成液體或氣體。凡原子表面粗糙不平，互相「鉤結」不易解者，相合

則成固體。鐵石之原子皆其中之固結頗不易解者，故雖強有力者，徒手亦不能分裂之。希臘人之宇宙觀，蓋謂混沌之中，千萬原子在無限之空間與時間中經無限之激動與集合，而吾人之世界則偶得之一種平衡組織也。

此種觀念之簡單膚淺，固不待論，自亦不能持久。原子之說，淹沒不聞於世者千餘年，至十九世紀之初，道爾頓 (John Dalton) 出，始復有生氣。氏，英之曼徹斯特人，當代大化學家也。原子說至道氏乃脫離臆斷之範圍，而變成科學上合理的假設。十九世紀之物理化學莫不以此為基本觀念。洎夫晚近，科學進步更盛，原子已不復為物質之最小原體。然其根本觀念仍然存在。原子雖非最小，仍不失為化學上各原質之最小具體組織，亦即釐定其物性者，故仍未可全廢。原子至小，大者不過占一髮之百萬分之一。故雖以今日最精之顯微鏡猶不能見。然其重量大小皆可得而度量之，且可證明其為萬物之基礎。原子說之確鑿可靠者如此。故吾人雖承認有更小於原子之物質（詳下文），之存在，仍不得不以原子為構成宇宙之基本，今日新發現者，原子亦非絕對不可分者耳。

雖然，吾人果具洞澈萬物之寶鏡，而細察物質內部之構造，則原子之排列亦非如糖磚之勻稱

整齊。通常原子必先相羣而成較大之「分子 (molecule)」然後方可合組而成物體。蓋常例原子不能單獨存在，故每次分子分裂以後，其原子必互相結合以利存在。故氧氣三原子自合而成一分子之臭氧 (ozone) 氫氣二原子與氧氣一原子相合，而組成一分子之水。必先如此，方可合成物體。原子之於分子，亦猶磚之於房屋也。

設憑此觀念而更推演之，則可得以下有用之簡單想像。液體之內，分子間無甚大之「黏力」故僅能成體，而不能如固體之有定形。各分子行動時，互相交錯，或互相超越，黏力既小，故往往為熱力所克而不能自主，以致自相分散。故置壺水於爐上，則分子不久必飛散而成蒸氣，而壺口吁氣矣；然遇冷，則仍能凝結，而復成水滴。

氣體之內，分子各有完全自由，并具劇烈之運動，而不相團結。如必欲使其分子稍加凝聚，而彷彿液體內之狀態，則必先用冷卻之法，減少其運行速度。此即近代科學家液化氣體之方法也。就空氣而論，在普通溫度中，無論用何方法，吾人絕對不能使之液化；然若遇奇冷，則空氣不受壓迫，而自動的變為液體。設千萬兆年後，日熱漸減，地溫降至今時月球之溫度，約至冰點以下二百度之譜，則

所有大氣當全然液化，而成三十五英尺深之液態空氣之海洋，而覆於固態冰洋之上。

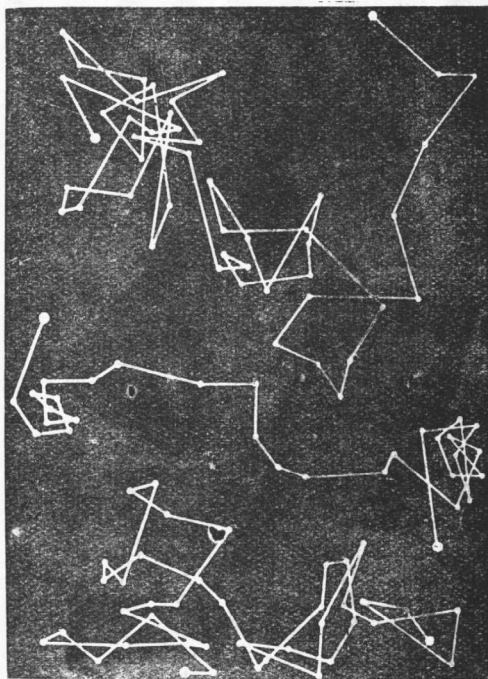
固體之內，分子互相團結。一英寸厚之鐵，非加二十五噸之強力，不能分裂之。然雖堅而仍未實也。若置金塊於水銀中，則水銀爲金所吸，而入於其分子之間，如水之入海綿空隙然。故即最堅之物體，亦僅可以搭架喻之，不能視爲全然「堅實」也。且并此搭架中之條子，亦非固定。各分子仍各有劇烈之震動，惟大致仍不能脫離其平衡位置耳。吾人苟具觀驗物質內容之特能，則雖最堅之鋼鐵，其千兆分子皆各據其自有之地盤而震動，彼此并不相連屬。

雖然，此種分子之運動，間接的亦可使之可見焉。蓋英國微生物學家布拉文 (Brown) 已發現浮游渾液中之物質微粒有恆動之事實矣。試以強顯微鏡驗之，則見浮粒振動甚烈。最初各個自爲不相連屬之馳驅，繼而相碰反射，有如臺上之彈子。此類碰撞，每秒鐘可數千次，熙熙攘攘，永無已時。微粒之間，碰撞不絕，似爲通例，竟無寧者。此種現象，今日已知其所以然。液體分子，攻擊不已，故微粒亦運動不止也。夫分子微小，固不能見，然其運動影響所及，卻能使較大之浮體亦受擾動，而於顯微鏡中表示之。此種分子界不停之運動，即所謂布拉文行動，亦即分子運動之左證。

光榮之一。即將銑 (radium), 電子 (electron), 及其他驚人之發現完全除外, 而僅就其對於普通

二
原子世界之奇妙

近世物理化學家對於原子分子世界探驗結果之美滿, 實為科學上最大



布 拉 文 行 動

上圖為實地觀察所得之結果。微粒之物質在液體中受分子之衝撞, 則生不規則之行動, 如此圖所示。此為布拉文行動。此例確證物體內分子常動之說。

物質上研究而論之，其魄力及興趣已不亞於天文。二者蓋皆具有同等之根基，其成功端賴於精妙之儀器，及精密的算學上之推理。雖歐幾里得 (Euclid) 及阿基米得 (Archimedes) 復生，亦將贊歎其立論之精密。故其所得結果，雖如原子分子之微妙，無一不足使讀者讚歎觀止，吾人斷不可忘其實爲人類刻苦切實思想之結果也。

研究所得結果之奇妙如此，而其大部分之原理則稍事解釋，亦尙可明顯，讀者不必全賴他人之詔示也。黃金可推爲箔，夫人而知之矣。苟知其原來體積及展出面積之大小，則粗淺之數學已足計其厚薄，而無實地度量之必要。今取一喱 (grain) 重之金，事實上可碾成七十五英寸見方之金箔，是則其厚薄必爲三十六萬七千分之一英寸，即等於此印書紙之厚薄千分之一也。然此箔必仍含有數層之分子，則可斷言。

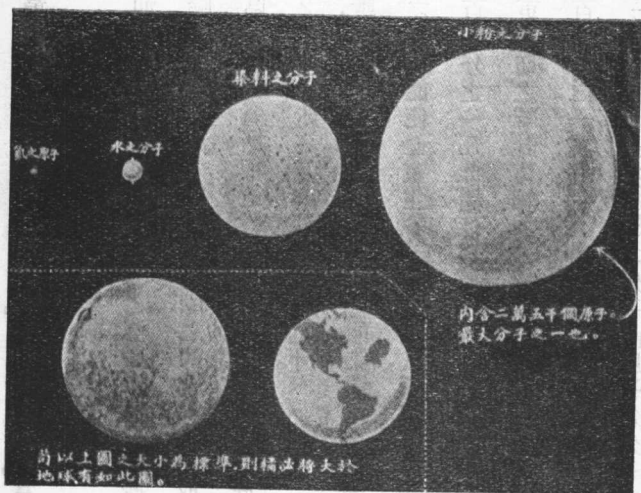
不獨此也，最薄之金葉，尙屬太厚，不能爲吾助，故當捨而返觀吾人幼時所常弄之玩物。今試細驗胰液內所吹出之氣泡，則必可見其具有純黑點狀或條狀之面積。此即泡漠最薄之處。若更細研究之，則或用光學上之方法，或用電學上之方法，其所得厚薄，皆同在三百萬分之一英寸以下。然以

其黏力推之，則膜中分子在最薄處至少亦當有二三十層。故分子之直徑，當遠在三百萬分之一英寸之下。

若更進而驗水面上之油漬，則知其實更薄於胰泡之膜。法國拍靈教授 (Prof. Perrin) 今世原子學之泰斗也，曾作一實驗，而得五千萬分之一英寸厚之油層。其法先取定量之油，傾之水中。再吹輕灰於其上，使油面所及區域皆得爲所標記，然後計其面積及其厚薄。此種油層至少亦有二分之二子之厚。故每一油質內分子之直徑，必遠不及萬萬分之一英寸。

此外，研究方法不可勝數，而結果皆同。一噸重之靛青能染清水一噸而有餘。故此中至少必有數千兆分子，方敷分配。一噸之麝香能使全室生香，至數年之久，蓋緣其分子飛散室內之故。然統計所失，每年會不及其原量三百萬分之一。凡此諸法，以及十百他法，皆足證明物質原粒之微小，而其中尤有數種，特能與吾人以更確切之統計。苟細加核比，而取其最可靠之平均，則分子之平均直徑，可斷定爲不及一億二千五百萬分之一英寸。每立方呎空氣之中（大小與西童所玩之白石彈子相仿），實含三十兆兆 (thirty million trillion) 之分子，而原子爲分子之成分，必尤小焉。夫各種

原子之輕重大小往往大不相同，後章當更詳之。今所欲言者，即其小者每四萬萬個列成一直線，其長僅足一英寸。（華人四萬萬，荷左右排列成一直線，當可繞地球五週，即前後列，亦可三週。）金原子，比較的已為極大極重之原子，然至少必集一百萬兆兆之大數，方可衡一公分（gram）。西書句讀用之

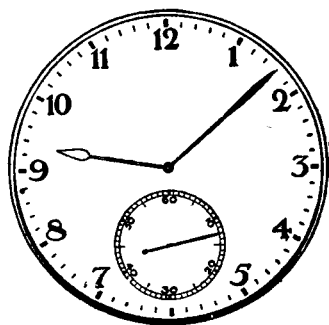


分子之比較的大小

原子為化學元素之最小質點。兩原子或二以上之原子集合而成一分子，故分子為物質之一部分。水之一分子，為氫二原子氧一原子所合成。各種物質之分子，因其組成之原子種類及數目之不同，而大小亦異。一澱粉分子所含之原子至少有二萬五千云。

分子亦不可見。上圖示分子之比較的大小。

一「點」符號中，已可容直排之氦原子五百萬個。原子之小也可知。



何謂一百萬

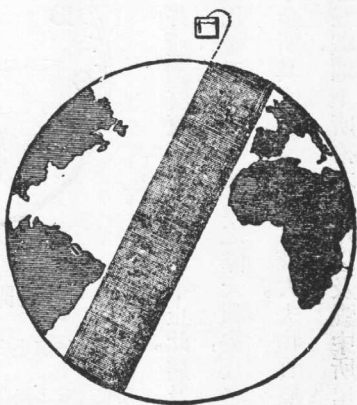
凡論無窮小之物，每苦不能想像科學家告我之無窮大數量。例如一百萬之數，欲得實際上之了解，可取時計而說明之。一百萬秒即二百七十六點鐘，亦即一星期四日十四點鐘。一兆 (billion = million million, 英法之 billion 爲一千 million) (萬萬爲億，萬億爲兆) 秒，即三萬一千七百三十五年。

原子之能力 普通物質原子之奇妙，尙不止此。鏽及他物更無論矣。讀者想已熟聞『原子之奇能』及其萬一得用後，吾人所可希望之偉大利益，且必已知近二十年來，又發現更深奇之能源。然斷不可忘原子本身所具之能，偉大已足駭人。夫物質原子皆常在劇烈之擺動或迴轉狀態中。舉凡吾人手中所握之寒鐵，地上所拾之瓦片，以及囊中所出之銅圓，皆因其含億萬兆原子之行動，而

含有碩量之潛能；然苟不經實際上之變換，如質放射性物所已表現者，則吾人每苦不能像其總能之偉大。其詳當見之於下章。

分子之運動，已可於靛青漫染溶液，及麝香之散播全室二事見之。同理，凡百氣體，皆能發展而充斥任何『空間』。故氣體為高速微粒所組成，其理亦自可想像。物理學家曾加以精密之考驗，量其能與速度之大小，而得以下之結果。在零度（冰化之溫度）時，氬之分子，每秒鐘平均行五百餘

氬 (argon)

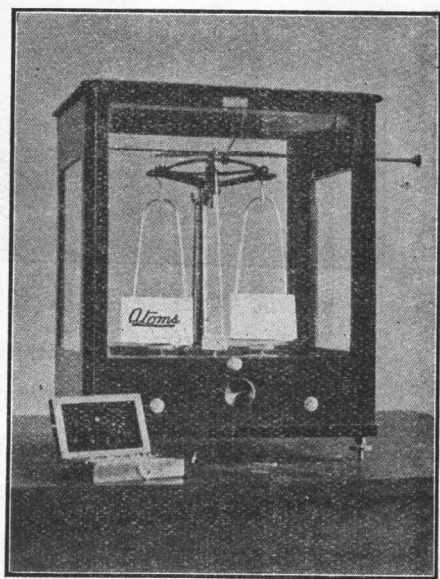


不可思議之數量及小 至不可思議之質點

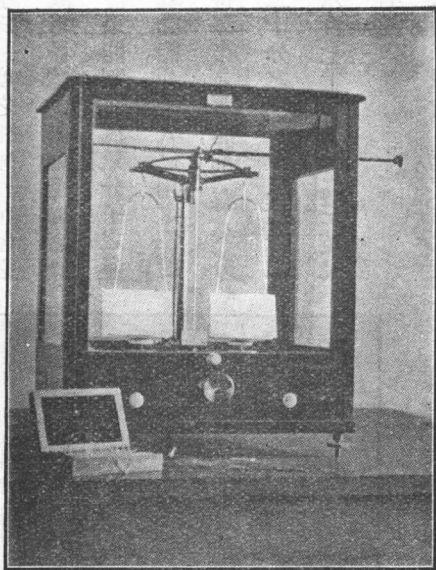
分子極小不可思議，然其蕃庶，亦不可思議。設取一立方呎中所含之分子而列之使成一線，則其長可繞地球二百週（每立方呎為立方吋之十五分之一）。

米突，即約過四分之一英里之遙也。氫之分子飛行速度復四倍於此。故較之快鎗所發彈子之口徑速度更速三倍。即吾人夏日所最不满意之不流通之室中空氣，其分子飛行之速度亦過之。其飛行於空間也，每經二十萬分之一英寸，則必與他分子爲一度之相碰。且每碰必偏其行徑。故每秒鐘內因碰受偏者，實五十億次。設果能制止氫氣分子之運動而應用其動能，如吾人已用之汽能，或耐亞嘎拉瀑布之水能，則每公分（即每磅二分之一）重氫所含之能，已足舉六百七十磅之物高三英尺四英寸而有餘。

前所云者，每以鎗口速度爲比較之標準。然三十年前，則此鎗子之速度，已幾視爲不可測。其實



微量物質之探驗 (1)



微量物質之探驗 (2)

前圖中有紙二片，恰相平衡。圖中天秤有甚大之靈敏度。以鉛筆書一小字“atoms”(即原子)於二紙之一，而復秤之，則其所加之微量，已足使天秤失其平衡而得上圖之結果。分光鏡所能發現之物質，其微尚不及此鉛筆字之百萬分之一。

亦非甚難。若置二障於鎗子之行程中，一近鎗口，其他稍遠。更用電線通連之。并裝入一極精密之計時器。則彈子連穿二障之時，必能自記其飛行所經之時間。

然此種實驗，苟與今日物理家化學家之精確實驗相比，未免相形而見其簡單膚淺。幾卜生君

(Mr. Charles R. Gibson) 嘗衡完全相等之二紙於天秤上。繼復用鉛筆書一小字於其一而復衡之。卽此小字，已足使其器具失其平衡。分光鏡所能發現之物質，較此更小四百萬倍。若用驗電器，則其靈感度較分光鏡又高出百萬倍，尤不可思議矣。測熱之時，若有電阻測溫計 (Bolometer)，則足使最精密之溫度計，相形見絀而等於殘朽。所記溫度，準確可至百萬分之一度。書中所述各種神奇之進步，蓋胥賴多數此類之精密儀器而得者也。

三

X 光線及銻之發見

克魯克司爵士 (Sir William Crookes) 之發見 原子雖神祕，而較之更重要而更神祕之近世物理學上諸新發見，則僅能作一導言而已。今日新發見，可質言之曰「電子之神奇」。蓋吾人對於物質宇宙之探視，實因一八九八年銻之發現而趨入更重要而最有趣之一途矣。

放射性原質發見之後，物性學上又添一重要分子。至於銻及X光線發現後之影響，當詳之於

後。

科學界之泰斗拉得福德爵士 (Sir Ernest Rutherford) 之言曰，近世物理學，已除去原子分子實存問題之最後疑障。凡愈趨精密之考驗，皆證實物質之爲原子所構成，更無疑義。惟今之原子，與希哲所云略有不同。非復『不可分裂』而實爲更小之質點所構成者耳。

原子爲更小原粒所構成之發見，實最足使吾人愉快。蓋此爲十九世紀之科學家所夢想顛倒，而未能證明者也。昔者化學家承認物質中之原子，共有八十餘種。然八十餘種之複雜，亦非所願。科學固當以簡單及齊一爲目的者。故證以今日所發見物質之一源問題，或可謂已有甚大之進步。往日化學家因無分析『原質』之能力，故勉認其爲『不可分』。然其中亦頗有主張後日必能發現一種構成各原子之公共新元質者。故道爾頓復活原子說之後，即有普宰特 (Prout) 之主張，時則十九世紀之初葉也。其後著名天文學家塞歧啓 (Secchi) (耶穌會教徒) 復創原子自以太中蛻化而出之說，頗能風靡一時。克魯克司亦嘗名其理想中之元質曰質素 (prothy)，至於其他學者，亦多有主張以氫氣爲構成一切原子之原素者。

十九世紀末葉之種種重要發見，以銑之發現爲最後歸束。然推其源，實皆發軔於八十年左右克魯克司教授所作之精美基本實驗。

一八六九年之發現，凡電流通過真空管時，其管身玻璃，往往發奇特之綠色磷光。然真空管中之空氣，雖大部分排除幾盡，而終苦未能全去。克氏試驗之時，取法特精，故其所得結果亦獨重要。克氏管內氣壓之低，曾達一氣壓之二千萬分之一。若以電花通過之，則陰電極上，忽放出一種射線，而其射跡所經管中稀氣皆發微光，同時管底玻璃，於射線所觸之處，亦生美麗之螢光。此類奇異不可思議之射線，克氏當時曾假設其爲物態之第四種。蓋吾人所習見者，僅有固液氣三態而皆非是也。克氏此時實已盡發數千年來未見之祕密，顧於此線之實在性質猶未能明其概略。必復經二十年，始由完全獨立之各種實驗，而得確鑿之證明。此種射線，實爲飛行絕速之負電微粒所成，其速度每秒鐘達一萬或十萬英里以上。不獨此也，其質量之微，僅及氫之原子一千八百分之一。夫氫之原子，固向日所謂最輕之物質原子也。而此種微粒（又名「電子」）厥體尤輕，由此可知電子必爲原子之一部分，由原子分裂而後得者，而克氏管中之原子，必常在分裂狀態之中。然當時學者，未敢

有此想像。故克氏亦僅云氣體微子爲電力所驅，觸壁而生此狀。亦卽普通物質之暫時入於輻射狀態者也。同時又一大科學家勒納爾 (Lenard)，曾於管壁之上，加嵌薄鋁一片。而此種奇特射線，竟能穿行無阻，宛若穿戶。故勒納爾曾斷定其爲以太中波動之一種。

四

X光線之發現 此後研究與發見，互爲因果。茲暫不論其歸束，而先敘述克氏發見後又一方面之大進步，一八九五年羅琴 (Roentgen) 之發現 X 光線是已。時羅氏方從事研究勒納爾之實驗，一日於其「真空管」(又名「克氏管」) 外加塗黑物一層，以利觀察。無意中，見左近案上所置之化學藥品小瓶，亦忽自放光。再加考驗，始知此爲管中射線穿透黑層觸瓶而發。此種射線且有穿透木石骨肉及任何不透明物體之能力。故以後亦能應用於人身骨骼之攝影，或孩提誤吞銅元後之尋探，或隔石攝影等術。而其應用上之重要，不久亦爲一般人所公認。

X 光線究爲何物，洵甚有興味之問題。以性質言，斷非物質或微粒，乃一種另具穿透特能之光。夫光之本非簡單，而有多種之區別。吾人已自分光鏡之實驗而知之矣。然其波長雖大有不同，要其

爲以太中之波動，(註一)而具同樣之性質，則可無疑。以後當更有所言以證明之。繼氏所發見之X光線亦然。確係光之一種，惟其波長特短，且具穿透障物之特能，此則與吾人向日所見之光，微有不

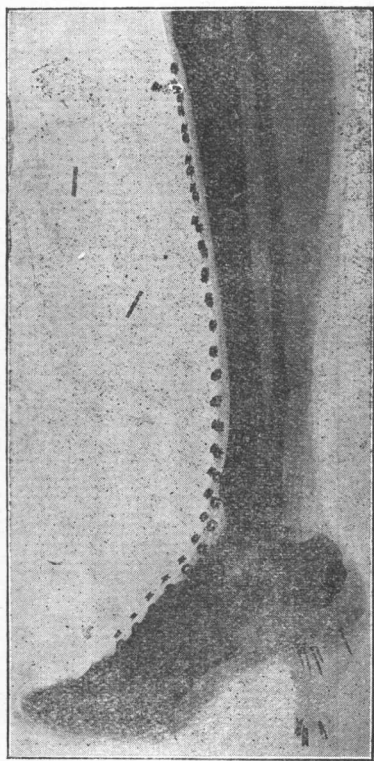
第八篇 宇宙之根本組織



X 光 攝 影 之 手

歐戰中受傷兵士之手。注意手中之榴彈碎末。

同耳。X光線之實際應用頗廣。茲姑置不論，而先論其X光線發見以後對於學術界上之影響。



X 光 攝 影 之 足

注意此影之詳盡。即微小如鞋帶頭之銅包皮，及鞋跟上之細釘，亦皆明晰可見。

當一般人士讚歎觀止之際，殊不知科學家正在追溯已得之線索，窮究克氏等心目中之物質祕奧問題，而苦未得要領也。迨一八九六年柏克勒爾 (Becquerel) 新發見出，吾人始得稍窺放射性之堂奧。

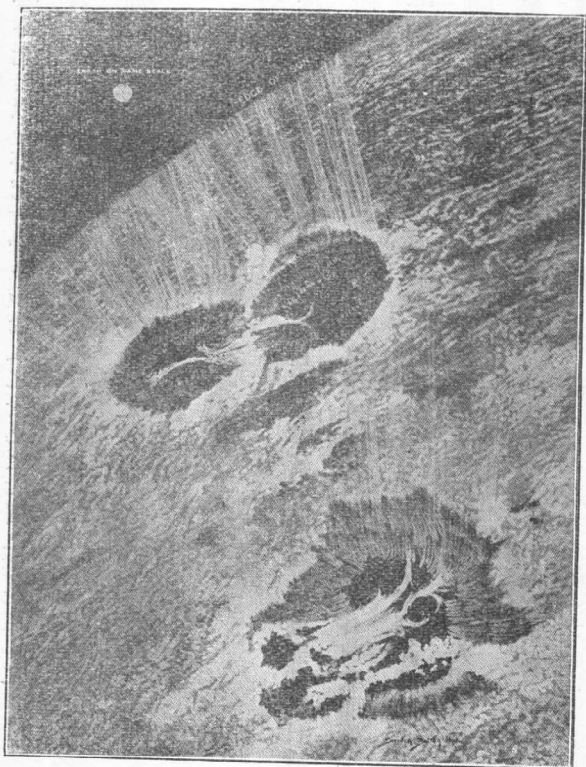
物質之中有具熾光性者。苟曝之日光中，則其後雖在暗處，亦能繼續發光片時。故X光線發見以後，柏氏會有此類物質或能放射X光線之假設，乃進而爲精密之研究。某日，取鈾之一鹽。原擬先曝之日中，而驗其以後能否發射透障攝影之奇光。嗣以當時日光太弱，暫時包紮，而擱置案上。詎料鈾鹽竟不待日光而自發暗光，且穿透障物而留一十字架影於其下之乾片上。（十字架與乾片，本同置一處，預備留影之用者。）準此，則曝日與否，於鈾體之發光，毫無關係。而其尤奇者，此類射線，自鈾體發出，日夜不息，竟無片刻之停頓。且與樂琴射線，具同樣之透障能力。然則此物殆能常川自發X光線者歟。噫，亦奇矣。

銑之發見 同時居禮教授 (Prof. Curie) 及其波蘭籍夫人，亦從事於此研究。首先發現鈾類礦質，往往有放射力更強於純鈾者。故對於此類射線，頗疑除鈾之外，別有更強之源。乃取多量之礦物而精密分析之，并選其中放射力特強之某種瀝青鏷 (pitchblende) 而著手提煉之。迨最後不放射之部份刪除殆盡，始由八噸礦物之中，淨提新物質約半茶匙。放射能力超過純鈾者百萬餘倍，且暗中自能放光。因名之曰銑 (意云射光質) 或亦作鏷。

近世理化之學之新發展，莫不以此重要發見爲其起點。各國試驗室中，亦莫不以爭得銑鹽爲榮。（純銑太貴，不易得也。）從事研究者，亦羣萃其智力於此新原質。研究既廣，收效亦宏。經年之中，復發現放射性物質多種。因統名之爲放射性物（此名之理由見後。）今日吾人已知，無論何物何態，幾皆可具有放射之性。換言之，即任何物質之原子皆能分裂而發出強有力之微小電子。電子發見之後，吾人各種根本觀念，皆爲之一變。

原子今已不復爲最小而不可分之元粒。事實上，原子隨時自然分裂，而放射其本體之一部份於宇宙間（故稱放射性。）吾暫不論其射出電子之實在性質，及其發見之程序，但欲使讀者知電子之蕃庶慣見，固亦有出人意外者。凡灼熱之金屬，以及普通電弧等，莫不放射之。夏日之雷電，吾人所最習見者也。然每一發，必有無量之電子與之俱出。即天空星體，亦皆有巨量之發射，充斥於宇宙之間。蓋素不疑其能分之原子，今皆自行分裂，而以其結果詔示吾人矣。即如太陽，不獨直接與地球以多量之電子，且其所發之紫外光（ultra-violet rays），尤能間接使地面上物質之原子，生最強有力之電子放射。吾人從此當知苟不幸而無大氣之吸收，則全量之紫外暗光，當全及地面，而使一

切金屬，盡爲其所分裂。近時之『鋼鐵文化』，或竟致不能存在。此雖似過言，然亦未可盡非也。



太陽中之電子射入地球

太陽中之黑斑，有種種理由，可假定其爲偉大之電子渦動。太陽無時不發射巨量之電子於空間。其中一小部份入於大地而生種種電象。

吾書銑出以後，研究所得種種驚人之發見至此，實已越過應講之程序。夫居禮夫婦所得之結果，僅爲探險中之最後大線索。至於如何順此線索而進求原子中心之形態，及其所含巨量之新能，以及如何可曉然於物質之構造，及電與光之性質，當詳論之於下章。

電子之發見及其對於根本觀念之改革

銑之發現，影響於科學界者，雖深且遠。顧其發展，亦有程序，而煞費時日。銑出以後，舉世思潮，皆爲其所控制。醫術界上，得此尤欣慶天賜。然科學家則視之爲饒有興味而極不可解之現象，且僉以是爲一切自然界中祕奧之一種默示。故當代碩學咸集注全副精神於此研究。而湯姆生，拉得福德，拉姆則 (Ramsay)，索岱 (Soddy) 諸人，尤其佼佼，足稱絕代者。諸人用最精密之儀器，（其儀器之優越，較之今日最大海輪 Aquitania 與羅馬木舟之比，猶有過之）竭無量之心血，五年而後暴其隱祕。不獨範一切物質於一例，且舉宇宙間所有諸力而統一之，說明之，以得亘古未有之了解。

（註一）晚近學說，似已無以太存在之必要。然物理學說，歷史上與以太之觀念交錯特多，不能分離。故於此類淺說之中，

不得不假設其存在，而并論及之。至於最近對此問題觀念之真相，當詳之於愛因斯坦之學說一章。

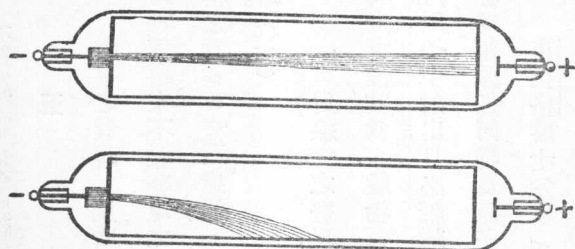
五

電子之發現

銑所發出之射線，極似克魯克司管中陰極所發者，且同呈原子分裂之現象。此為物理學家不難發現之事實，然原其研究之始，銑鈾諸物所發射線，必先大別為三。拉得福德爵士稱之為 α β γ 三射線。 α β γ 者，希臘文之首三字母也。茲當專論與此處所論最有關係之『 β 』線。（註一）

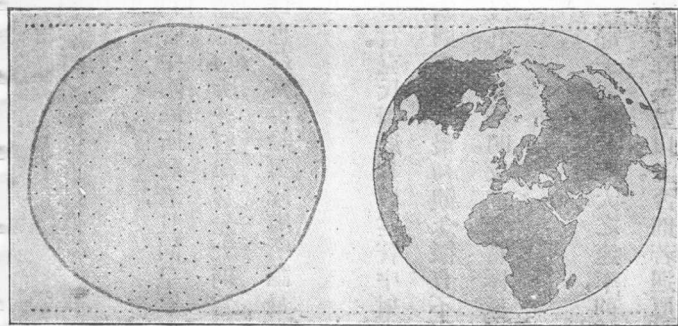
『 β 射線』之發現，為科學史上最有趣之事實。克氏對於其真空管中射線之擬想，至此方為證實。惟其為一般物質之公有性質而非第四物態，則與克氏最初觀念微有不同耳。電子可自任何原子中射出，且必脫離原子，先得單獨之存在，而後其個性始明。故電子實極蕃庶，而隨處可見，且必為組織任何物質原子之必需成分。

布拉格爵士 (Sir William Bragg) 之言曰：『電子苟非有甚大之速率，則不能有單獨之存在。其速率至少必在光速之三百分之一，即每秒鐘六百餘英里以上。否則若遇原子，必為所吸，而不



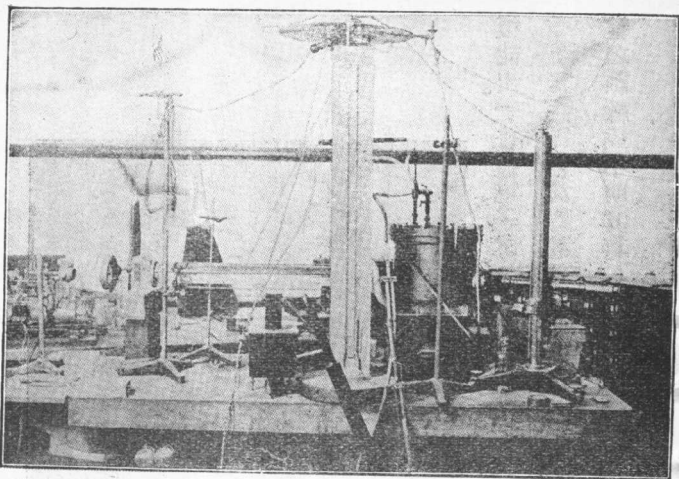
稀氣管(真空管)內之放電

管中空氣排除幾盡。以其“-”“+”兩端，與陰陽二電端相接，則管中即生放電作用。通常放電，射線直行，如第一圖。若遇磁場，則為偏折，如第二圖。此種放電作用，與銚發之射線性質相似(見後銚射線之偏折圖)。以此知二者實為同一現象。電子之特性，亦由此種實驗而發現者也。

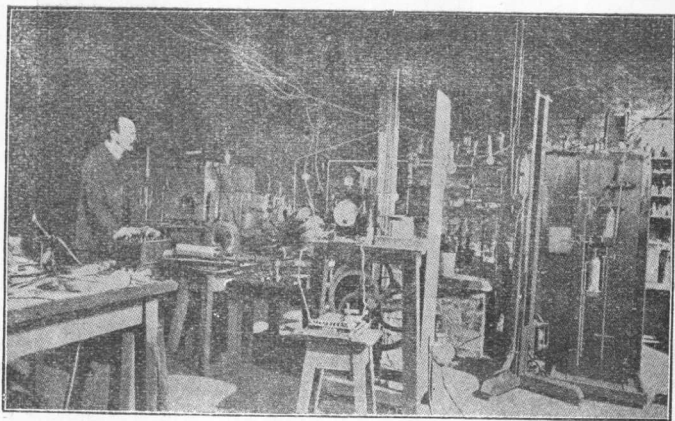


原子與電子大小比較圖

原子太小不可見。“0”字大之氫泡，已含數百兆之原子。而電子則較之最小之原子，又小一千餘倍。此種大小之測定，已見篇中。若將此泡放大，至與地球相等，則『原子』之大，僅等於一網球。

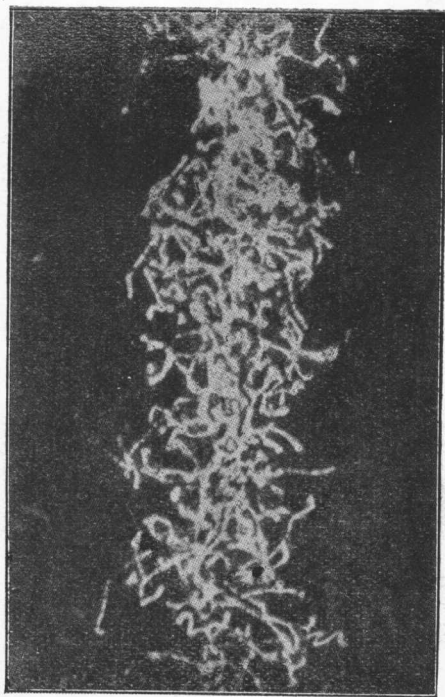


密力根教授(Prof. B. A. Millikan) 計電子數之儀器



湯姆生爵士教授(Prof. Sir J. J. Thomson)

氏爲實驗上發見電子組成物質者。(劍橋大學之卡汾狄士實驗室) 最有力之研究家也。所造假設，皆有深遠之想像力，而實驗方法，亦層出不窮。



X光經過空氣時所生之電子

此圖證電子之爲一種實體。電子脫離原子時，或穿透物質，或直線飛行於空氣中。此圖顯明明電子與原子相碰而得之迂迴行跡。

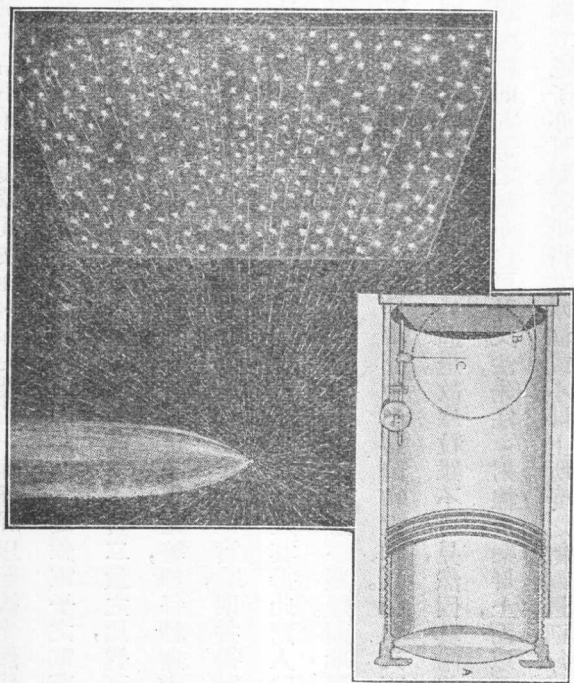
復能出。』普通電子之速率，每秒鐘達一萬至十萬英里。飛行之時，其行程每爲附近磁石所偏折。故可斷其性質必爲陰電。且由此而得更有重大之發見，并得一種駭人聽聞之新計量。讀者苟未經相當之訓練，或不明其真相，吾敢決其必且有目之爲荒誕虛構者矣。測驗之法，先於真空管底，裝一化

學藥品小屏，繼復障其陰極射線，使僅留一線達屏，以發磷光，然後取磁石而偏折之，且精量其屏上磷光偏移之度。苟節制磁場之強弱，而知此偏度，更知電子之電荷與其質量之比例，則其速度亦可計。若同時更用電場偏折之法，則速度與電子荷質二量之比，皆可直接測定。按諸實測， α 射線及真空管中陰極所發之最速電子，其速度幾與光等，即每秒鐘十八萬六千英里是也。

電子速率，經甚多之實驗而確定。若更作他種實驗，則并得計其質子之大小。茲當略述其中一法，俾讀者亦得了然於科學家進行研究之方法，及其得此驚人發見之經過焉。

讀者當知大城之中，每有重霧。蓋大城之中，必多塵煙。而此塵煙，每為凝結水氣之微核也。準此原理，則可作下列之實驗。先於諸管中儲過飽和之水氣。復引入不同量之微塵，而驗其凝霧之多寡。則水珠之數，視微粒多寡以為進退。故塵粒雖不可見，然因其附着之水珠而亦可得計。今若以電子為塵粒，則電子之數，亦自可計。又法，先注 α 射線於藥屏上，而以顯微鏡細計其屏上磷光之星閃數，則其電子亦可數。若更得其水滴或小屏上所受之總電量，則每一電子之陰電荷必可計，因而亦得計其質量。

約言之， α 射線或陰極射線之性質，皆曾經全世界學者最精密之實驗而後底定，其結果皆同。



使不可見者成爲可見

鍍發 “ α ” “ β ” “ γ ” 三種射線已見篇中。“ β ”線即電子)此圖示研究此線之方法，及如何能使不可見者變成可見。右角圖示『星閃器』(spintharion)鍍使之射線擊屏可見。

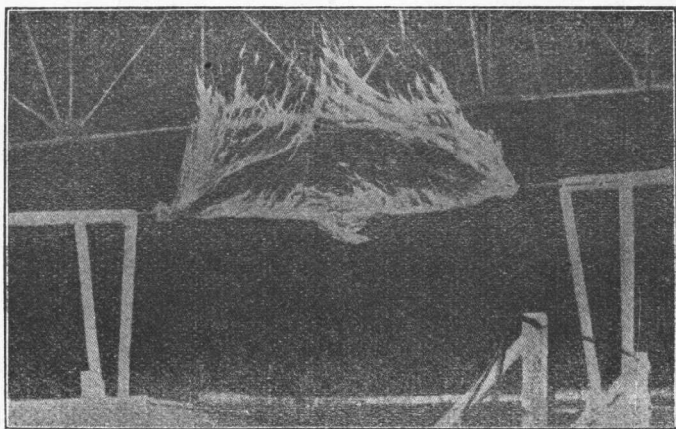
鍍之射線，發射方向不一。其中擊屏之一部份，每擊處生星光。而此類閃星皆以擴大鏡驗之。

A 爲擴大鏡，B 爲亞硫酸鋅屏，C 爲細針。於其尖端，置鍍一細點。下圖示放大之針及屏。

每一射線中，必有無數電子。而電子之小，遠不逮最小原子之千分之一。據最近之考驗，其質量僅爲氫原子質量之一千八百四十五分之一。此中除電荷之外，更無他物。故稱之曰『電子。』

電子爲衆奧之祕鑰 電子爲單

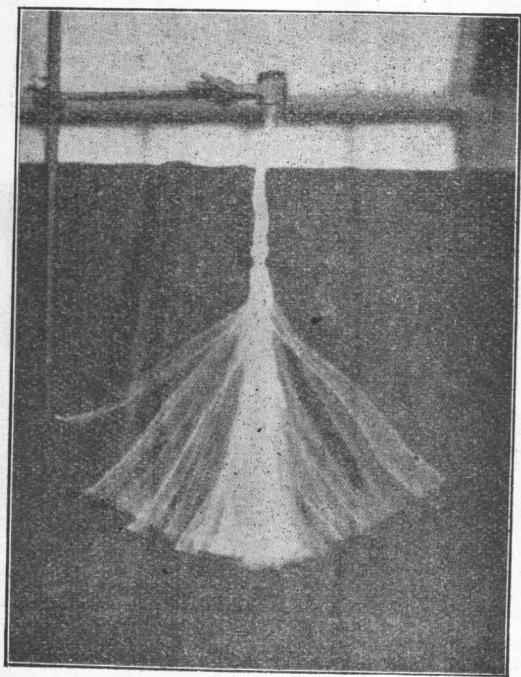
獨存在之電荷，所占容積極小。且其『質量』(mass)全由電性而來。此類電子，實爲物質祕奧之緊要關鍵，大半問題，皆得由此解決。電子運動，則成『電流』，即以前認爲自然界上最不可解現象之一者。



花 電 之 倫 無 大 極

此爲實驗所得之大電花。超越十英尺以上之距離。蓋百萬弗打(volt)電位差之放電也。由此可見電子之能之偉大。

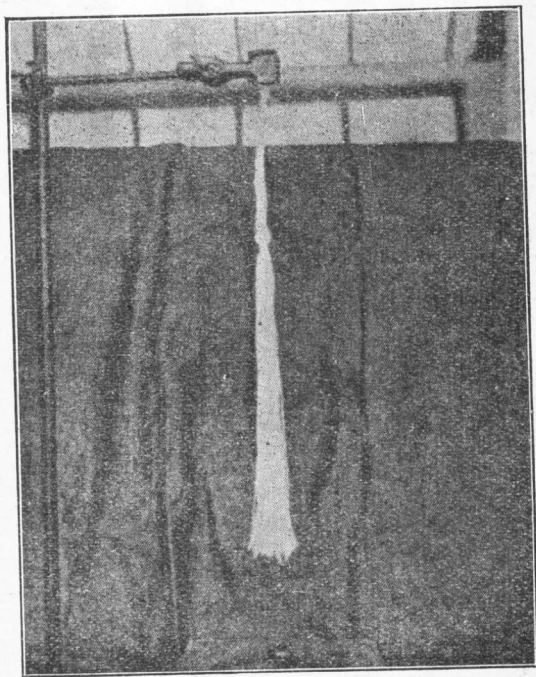
當坎教授 (Prof. R. K. Duncan) 曰：『神乎科學也。試取此撮食鹽而驗之，外觀何等簡單，而其所具特性之複雜，有非前人所能臆想者。蓋舉凡今日所謂已證實者，於古人思想史中，皆未曾一見其端倪也。此鹽常自其表面，發射每秒可繞大地五週（即十萬英里）之高速電子。而此電子質量之小，則較之科學上所知之最小原子，尚不及千分之一。不寧唯是，電子皆荷陰電，能穿透任何障物，而不顧密度以外之一切物性。且觸物則使發光，遇片



狀之電被縫絲

絲縫中各線，被同樣之電。互相推斥而成扇形。

則能留影，遇氣則使傳電，遇汽則使凝霧，并發生化學作用，及一種特別生理作用。銑之射線對於人類之貢獻，前途實未可限量也。」



經銑射線照過後絲綫失電之狀

銑線經過空氣時，必生游離作用，而導去絲綫上本有之電荷，故絲綫各線相合而復原形。

(註一) 射線現已證明爲荷正電之氦原子，出發速度每秒鐘一萬二千英里。射線爲波動，而非物質。通常能穿透一英尺餘厚之鐵板，故甚似一種有強透性之X光線。

六

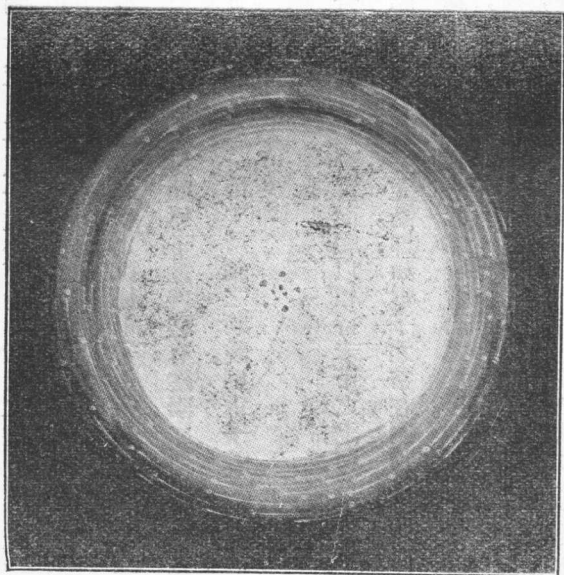
電子說或物質之新說

原子之組織 對於以上結論，凡數理化專家，皆無異議。原子無論自動被動，皆能發射電子，或分裂而成電子。故原子之內心復含電子。而原子電子，皆各有單獨之存在，已可完全證實。

然苟欲指示電子之如何組成原子，則科學家必逸出事實而入於極艱難之理想範圍；試取書中“*o*”字而喻之。“*o*”字大之氫泡，必含數百萬兆之原子。且相隔頗遠，而各有繞動。有如跳舞場中之士女。設執物理學家而詢以每個原子之中，究竟電子若何分配，則彼必不能有具體之答覆。勢必用其想像力，而先加相當之猜度或假設，然後就事實上之旁證，而定其取捨。

原子組織之學說，經二十年來澈底討論之結果，可大別其重要者爲二。最初湯姆生爵士曾假

定電子旋轉於原子心核之外，而自成圓套，有如大蒜之包皮。然此說不符事實。故拉得福德爵士等



電 子 說

物質原子，為電子所組成。原子猶一雛形太陽系。電子（陰電之質點）繞動於陽電心核之外，已如篇中所述。圖為原子，其中外圈白點為繞動之電子。電子遷移於原子間時，具極大之運行速度。

乃創行星制之原子說，各電子繞心而動，如行星之繞日。然則其中心果有爲電子所拱衛之微核乎。夫電子爲單獨存在之「陰」電荷，且於原子之中，爲甚速之繞動，誠如上述。故原子之中心，可假定爲「陽」電之核。因其吸引之作用，而使電子循軌以持其平衡。非然者，電子且離心飛散矣。陽核今名曰元核 (proton)。由此可知原子之內，必有陰陽二部份，陽者爲核，而陰者爲電子。若按近年來蘭格謀耳 (Dr. Langmuir) 博士所創之新說，則電子並不繞動，而於距核有定之處，常作劇烈之振動。

雖然，吾於此處專論事實，而願以相持未下之說，留饜專家。夫物質原子爲陰荷之電子及陽荷之元核團結而成，今日已爲定論。即如電子之常在劇動或變形狀態之中，以及原子之潛藏巨大能力，亦已認爲不必辯之事實（此點容當論之於後）。茲所欲舉者，爲又一重要發現。對於吾人物質真相之了解，或更有臂助也。

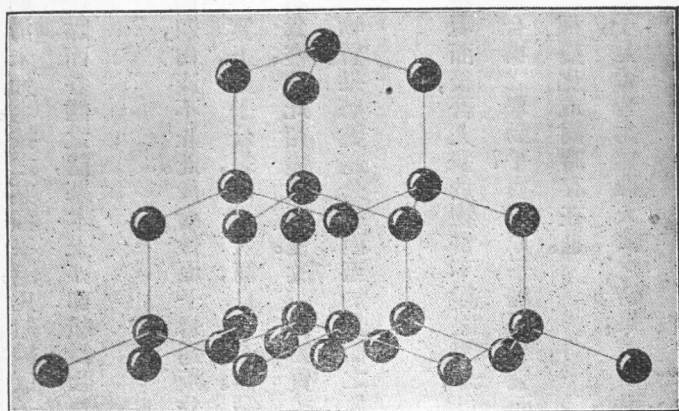
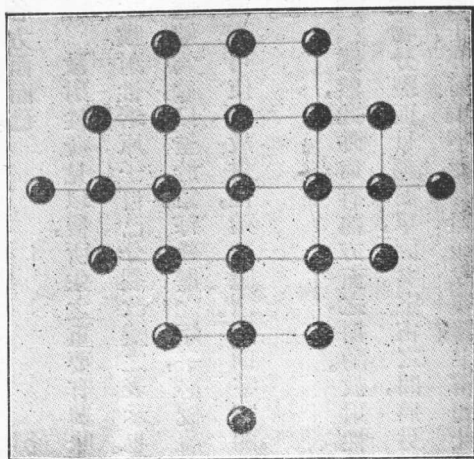
數年前，英國少年英俊之科學家（惜已歿於歐戰），名摩茲力 (Moseley) 者，證明物質原子重量大小之次序，亦代表其原子組織之複雜程度。即云原子愈重，則其所含電子亦愈多。故自輕原

子以至重原子，電子之數逐漸增加，而原子組織亦益形複雜。約言之，摩氏試驗會列舉各種原子，最輕者氫，最重者鈾，其間皆有一種特別規律。若以氫爲一，氦爲二，鋰爲三，而順序排列之，以至於鈾，則鈾當爲九十二。故宇宙之間，大概有原質九十二種，而今日所已知者爲八十七種。摩氏之數，即原子中所含電子之數，亦即與原子數有同一次序之數也。

七

物質之新說 物質之新說，大概如此。宇宙間任何原子，必爲電子及元核所構成。自最小之氫（僅一電子繞動於陽核之外）至極重而複雜之原子如黃金（具有多數之電子及複雜之陽核），陰陽二電子以外別無他物，故物質亦僅爲電之表示。原子相合而成分子，已如上述。分子原子爲組織宇宙之原料，吾人軀殼，大地，星球，以及宇宙，莫非其所組成。分子原子之於宇宙，猶磚之於屋也。

雖然，築屋者不僅用磚。故分子原子之外，必尙有他種基本的存在物。各種之能，是其例已。因此又起數種重要複雜之問題。不寧唯是，八十餘種之原子，組織各有不同，故其複雜尤甚。能之問題，可於後章論之。今所欲言者，電子及物質組織問題上，雖已有多量之發現，物理學家雖已似有完全說



金 剛 石 中 原 子 之 配 列

此二圖爲金剛石中原子配列之模型(二方面看法)由金剛石中之X光色系之研究而得之結果也。

明陰陽二電之希望，然陰陽電子究爲何物，則仍未知也。按之某種學說，凡組織原子之陰陽電子，皆爲瀰漫萬有之以太中之特別中心點，或騷擾點。而各態之能，基本上亦即組織物質之最初元體之各方面而已。

放射性發見以後，所生之重要有興味問題，尙遠不止此。放射性原子皆逐漸分裂，鈾其一例也。故放射性者，原子自己分裂改變之表示也。事實上，原子分裂，由復入簡，自重至輕。鈾變錒，錒變他物，遞嬗爲變，以至於鉛。每新變之原子，必較前者爲輕。然此類變換極慢。故苟云物質或皆自有放射性，或皆可使有放射性，殆非臆斷。然則宇宙間之物質，果將盡趨分裂而至於最簡之原素乎？不可不問也。

雖然，此外尙有他方面之斟酌。放射性發現而後，吾人對於物質不變之觀念，已爲所革除。放射性物分裂而日趨簡單，固矣。宇宙之間，將另無合構之舉動乎？複雜原子，既可分裂而成簡單，則簡單原子，亦何獨不能合組而成複雜。宇宙間此二種變化或同時存在也。

地球之上，今日所有八十餘種不同之原子，是否皆爲無機天演之結果，由複至簡，而以無窮時

前組織原子本身之原始基素爲其最後之歸束，抑將亦有一種自簡入繁，與有機天演同成一例之無機天演乎？換言之，有機天演是否即繼此種無機天演而起者。此皆甚有興味之問題。讀者猶憶天體章中，吾人亦曾有此種天演之表示。此處限於篇幅，不便深究，且研究上尙無充分之根據，俾吾人得有一定之簡單歸束。然概言之，旁證此說之事實似正在逐漸增加中。今日學者已頗有篤信無機天演說之已能充分成立。揆其性質，重原子恰似從輕原子中所產出，其複雜者，似爲簡單者演化而成。證之以上摩茲力之發見，原質似確實可逐漸合組而成也。

八

他種新說 今當略述放射性發見後之又一新思想。曩者克爾文爵士 (Lord Kelvin) 曾有地球存在，不過二千萬年之說。顧其得此結論也，必假設「地球似出爐之麵包，逐漸減熱，而有可計之冷卻率。且必假定太陽之所以能繼續輻射熱能，實全賴其自身體積之縮小。」當時克氏並不知有鈾及放射性之存在。今者由放射性物之發現，而又添一無時不射熱之重要分子，則克氏理論當然失其依據。地球逐漸冷卻之假設，似不可必，或竟能逐漸增高溫度，亦未可知。一九二一年，英國協

會 (British Association) 開會之時，累力教授 (Prof. Rayleigh) 曾云：近世新發現，已使吾人斷定地球上之有生年限至少爲一千兆年，而地球自身之歷史年齡，則更數倍於此。地殼之中，「因鈾之分裂而逐漸加熱，故地球並不冷卻，如前人所云者。」概言之，今日所得之結果，與地質學上所估計者，頗相吻合。至於極真確，有範圍，而普遍吻合的實數，則今日吾人尙無相當之知識以解決之也。

吾人不已云物質之外，尙有他種基本之存在，而生他種複雜問題乎。宇宙之間，共有三種主要實體：曰物質，曰以太，曰能；此外更無他物。此篇已詳物質，而尙未及以太及能。夫宇宙之內，並無真正之靜止，猶之物質界中，雖至微亦無所謂生滅，亦猶之以太瀰漫所有空間，而無所謂真空也。凡組織大地之質點，無一不永久在劇動狀態中。能者，「所有生命之公共必需品也。」凡茲三者，物質、以太及能，雖各有獨立之存在及性質。然究其實在，恐亦不過此惟一宇宙之各方面觀，或神祕法相而已。

九

將來 吾草此篇將終，擬再舉一實例，說明此種知識不獨於思想上極爲神奇，將來或亦有同樣重要之實用。夫電子之由原子放出，速率有時達每秒十六萬英里。洛治爵士 (Sir Oliver Lodge)

曾云，每七十分之一噸重之銑，每秒鐘放射千倍於鎗子速度之電子三千萬個。勒蓬教授(Prof. Le-Bon) 并計得具此高速槍子發射時所需之火藥，爲一百三十四萬桶。且云，每一最小法國銅元(較之英之『法錢(farthing)』尤小，法錢爲最小銅幣，一便士之四分之一)之中，實含八千萬馬力。數磅物質之中，所含能力，較之百萬噸煤所能發者，尙有過之。即氫原子內之電子，若有電爐中所能致之熱度，則每秒能繞動一億兆次矣。

今人皆將問：『他日科學發達，吾人果能盡發此蘊藏能力而應用之乎？』苟假定其爲可能，則以後可無庸開掘，轉運笨重之煤炭，亦可無煙灰之患矣。原子中能力之發現，皆在原子根本改組之時。而尤可幸者，其所藏之能，大部隱沒於與物質互相團結之電子之中。否則『地球將早已爆裂而成氣體星雲矣。』今日學者，每信吾人將來必有能發，能制，能用此原子能之一日。布拉格爵士曰：『鄙見他日原子能必將供吾人之需要。而人力之節制，或非數千年不爲功，或亦明日即成事實。此蓋物理學之特色，研究與無意之發現，往往同時並進，而互相爲用也。』半塊破磚，蓄能乃與小煤田相埒。此種夢想，前途固多荆棘。然洵如洛治爵士之言，古人對於蒸氣及電之能否爲人所制，固亦如吾人

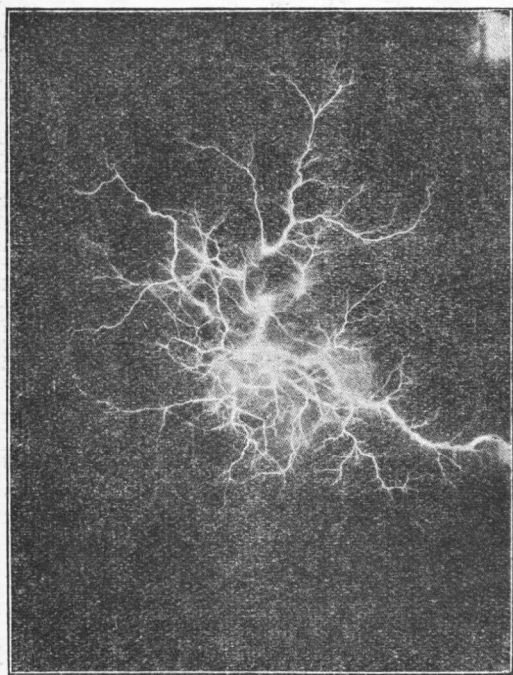
今日對原子能之全無把握，而曾一再懷疑也。『今日科學是否發現已臻極點，此後果不能更有所發明乎？』科學家對此問題，皆抱絕大希望而知自勉矣。下列數語，爲索倍教授所發表，尤爲扼要。氏爲今日研究放射性物者之一（見英國出版之一九一九年十一月六日自然界 *Nature* 雜誌。）

人工改造物質成功之希望，已與日俱增。昔者古人對此，曾有一種特別感覺。似此事苟能成功，人類將得甚大之實力，而竟奪造化之功者。然近來則知物質之改造，尙遠不如物質問題解決後所生之節制原子無窮蘊能問題之重要。故今日之問題，已非如以前方士式，或煉金式之徒生不良影響，而實具一種確切不移，足以復振宇宙之大希望也。

苟希望得成事實，則全世界經濟及社會方面，必將有極大之改組也。

茲當先述電子發現後對於電之性質及其應用理解上之新供獻，然後再論以太光，及能之問題。

電爲何物之問題



電 花

電花者，二極間電子飛動所生之現象也。二極間之以太，因電荷之關係而緊張。若張力過一定限，則生放電作用。

電之性質 自然界中至少有一種現象即最近如二十年前，仍認為最不可思議現象之一。然今日之新發現，已能大部份得其解釋。本世紀之初，吾人輒呼今日為「電之世界」然自然界中，

吾人所最不知者，亦卽此電。夫呼人之電鈴，運客之車輛，以及照耀之燈光，莫不惟電流是賴，而電流究爲何物，反鮮有知之者。當時僅能含糊擬想其爲行動銅絲中之一種流體，蓋以水之流動管中爲喻也。今則吾人已可假定所有電流皆爲運動於原子與原子之間之電子，銅線或他物，特其電子所寄託者耳。

吾人當明曉此新電說之原理，及其如何應用於吾人所習見之各種電象。夫物質原子之心核爲陽電，（註一）故能保持數個陰荷之電子於平衡狀態之中，已如上述。此雖能說明一部份之電性，及其與物質之關係，然對於基本實際，困難仍舊。今則吾人已知電亦有最小之原粒，如物質然。故凡電荷，皆集合多個恆定電荷之電子而成。且學理方面曾有主張陰陽電爲以太中左右旋轉之渦動，或環動者。然此說困難孔多，吾人尙不敢加以可否，而將留贈諸後來學者。

（註一）陰陽往日亦作「負」「正」。然「正」「負」二字，習用昔日電爲流體時代之名詞。其含過多之電液者爲正，不足者爲負。今則以原子之已失去邊緣電子者爲陽，得超出常數之電子者爲陰。蓋承認電有兩種性質也。

電流之性質 然二種電性之發現，實使吾人得有頗好之電象理解。每一原子之邊緣電子，皆能自第一原子移至第二原子。若集多數之電子而移動之，則成電流。故電流實爲電子之流。試取吾人家用電鈴中之電池，而細考之。

最初『電池』爲一片鋅，一片銅，及居間之化學溶液所合成。當時毫無電子觀念，僅知鋅銅相觸，能生微小電流之事實。若以今日觀念解之，則比較上鋅爲易落電子之原子，而銅則否。故電子脫離鋅之原子，卽至於銅之原子上。此種行動，卽爲『電流』。吾人雖不知銅鋅對於電子，何以有愛憎，然其確爲事實，而爲電池之基本作用，則無可諱言。不寧唯是。若同置鋅銅於某種溶鋅之化學溶液之內，而聯以銅絲，則電流尤強，卽電子之流更強而更急。無他，藥品劫奪鋅之原子之後，委墜落之電子而不顧，故鋅之電子之趨於銅原子上者更多。此當然之理也。

今日之電池，則由鋅，炭，及鹽化銻液所成。然其原理仍同。電之流，實爲電子之流。惟當一再申明，電子非如水之原子之能全部流動。讀者亦曾見孩提之玩磚者乎。若直立各磚使之成行而倒其居首者，則第二磚亦倒。繼而三磚亦倒，進而四，而五，以至於居末之一磚。外觀之，似全線上成一種具形。

之運動，然細驗之，則每磚所動者幾希。電子之流動於原子中時亦然。第一原子所出之電子僅至於第二原子上，第二原子出一電子至第三原子，如是自一而二，而三，逐漸傳遞，以成電流。惟其行動至速，故其全體浪動亦至速。電子行動之迅速，蓋已如上所述者矣。

然如何使此電流得相當之強度，而足呼鈴。此實不可不追究之事。此處當僅及其原理，若其變換電能爲聲熱，光諸能之機械結構，則非吾人所顧問，當留之工程之章。夫鋅固易拋棄電子。銅亦樂爲媒介，而使之前進，故電子得逐漸進行於多數金屬之中。惟銅爲最好之『導體』(conductor)。故鋅炭之間，銅線儘可延長，以至於前門，及在於同一環線內之電鈴。苟來客至門按鑰，則二線相觸，而電子流動於環路內，以生電流，復藉鈴之機械結構，而使鈴得發聲焉。

銅爲最良導體，較鐵更好六倍，故電工業中常用之。反之，物質之中，亦有甚能阻止電子之遞進者，此類物體，概名曰『絕緣體』(insulator)。蓋云其與電子無緣，不願爲其驛站也。該項原子不易放棄其電子。玻璃，硬橡皮，及白磁，皆甚好之絕緣體也。

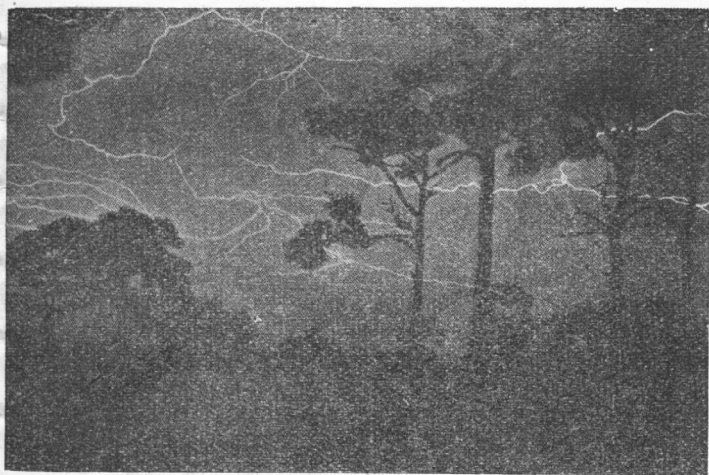
發電機之作用 雖然，近代工業中需用之電量至巨，雖合數個電池，尙不能有此供給，故由他

種方法發生之。凡電子流動線中之時，線之外周必生磁場；亦即線旁以太之中生一變動也。確切言之，電子行動所生之能，必藉線外以太之媒介，方得傳播他處。故通常欲得大規模之電流，必用『發電機(generator)』。發電機者，以機械能換得電能之器也。近代發電機確可擬想其為抽電子之機，如索岱教授所云。此際限於篇幅，不能詳述，要其原理，不外乎大圓銅絲旋轉於強磁極之間。此即『發電機』之大概組織，亦即電流之所自發生。夫磁本與電不同，異點當詳下文。今所欲言者，強大磁極之旁，必有極大之以太擾動。故苟有任何銅質，忽然入於場內，則必生電子流。今銅圓之動甚急，原子之入磁場亦驟。故一瞬之間，即能放棄無數電子而成電流。

不獨此也，銅圓出磁場之時，亦有相似之變動。惟其電流方向，與前相反。設取銅圓而轉之則有極強之換向電流，即所謂『交流電』者是也。電機師於必要時，另用他機，使得適當之換向而成直流。

是以電流之意味，即原子間電子之傳遞。然有時亦有少數電子，真能為大規模之行動，而自甲體衝至乙體者。電車中所習見之電花，或電弧是已。其尤美麗偉觀者，當推自然界中之閃電。太陽熱

度甚高，故恆放射多數之電子於空中。其中一部份，入於地球，因而於大氣高處，發生陰陽二種之游離原子。海面蒸發上升之水汽，觸其陽者，尤易凝為水滴，下降而成雨。大氣高處，因此失去一部份之陽電，而常帶『陰電性。』雷雨之時，陰陽二雲，同時存在。其一有過量之電子，其他則苦不足。故其間情勢益



電 閃

雷雨之時所見之電閃，為二物體間（二雲或雲地之間）最激烈而最奇觀之“逼迫放電”（disruptive discharge）雷雨時之攝影，本不易得，此片尤精美。其中請特別注意“枝叉”及“浪紋”式之電閃。每一閃僅為一秒鐘之十萬分之一。

張，終至二雲或雲地之間，發生一驟而且強之電子放射，而得一偉大之電花焉。

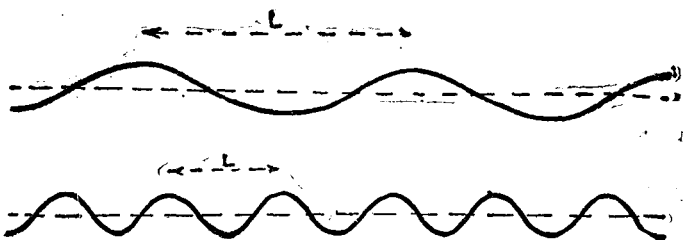
十一

磁 電流爲電子之流，已如前述。然電流皆有磁場。其左近以太之中，必含多量之能，吾人謂之「電磁能 (electromagnetic energy)」。吾人通常凡遇磁鐵吸引他種鐵塊，皆稱之爲磁。設垂銅絲，使穿紙版，而於紙版之上，更置鐵屑，則電流通過銅絲之時，鐵屑必成圓圈以拱衛之。即電流所生之磁力，每於線外成圓形之分配，而生以太之擾動也。即最小如電子，當其單個行動之時，亦必於其左右發生「磁場 (magnetic field)」。蓋凡電子行動，無有不附帶此項能場者。而非俟此能場完全消滅於以太之中，其行動亦不止。近時論磁者，僉以爲所有磁性之發生皆若此。磁性皆由物質原子中電子之旋轉而生也。茲以限於篇幅，不能道其詳細，亦不能說明何以鐵等諸質，竟與其他原質相異。若此。然要言之，其緊要關鍵，當仍繫於電子學說。此說雖一時尙不能稱爲已經證實，然已有理論上相當之基礎，以爲將來研究之良導。地球本身，亦一大磁，否則指南針將失其用矣。且其磁頗受太陽上黑點爆發之影響，此皆熟聞之事實。然近已證明黑點爲甚大之電子漩渦，且有極強之磁力。故

地球上之電子作用，與地磁之變更，必生因果之關係。至其如何相關之詳，則今日尚在探究中也。

以太及波動

以太及波動 物質世界，處於無涯以太間質之中，此爲今人普通之設想。夫今日物理學家固已有放棄此種觀念者。然無論以太之觀念，是否後日全可放棄，要其入於科學家之腦筋者既深，則性質上苟不假以說明，吾人斷不能了解物理之科學也。以太之假說，卽由解釋光學現象，及能之飛渡空間而始作。光行費時，已成不易之論。故日出必八分鐘後始能見之。此卽陽光飛渡日地間九十三兆英里所需之時間也。光行不獨需時，且進行必爲波動。夫聲爲空氣或水木諸傳聲物中之波動，吾人已習聞之矣。若置電鈴於玻璃瓶內，而去其空氣，則鈴聲必減弱，而終至於淹滅。此空氣稀薄已過限度，而聲浪不能進行於真空之結果也。然鈴雖不能聞，而仍可見。由此吾人知真空之中，光亦能進行。而此種不可見之傳光間質，卽爲以太。以太之爲物，直瀰漫萬有以及一切物質矣。吾人與星球，遙隔不知幾百萬兆英里。其間無物質之存在。然星光之來，雖或須數世紀之久，而仍能達，由此可知此

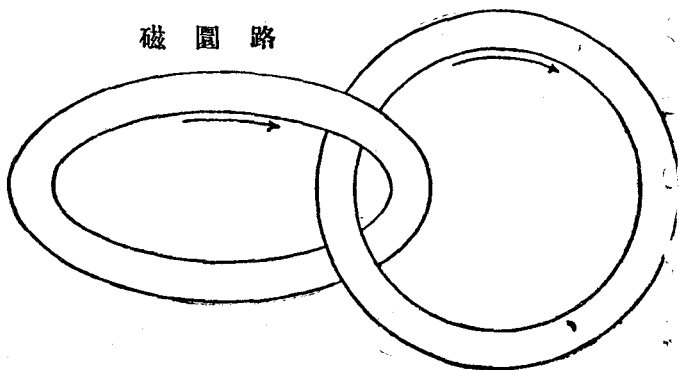


光 波

光爲以太波動。光之波長不同，而光色繫焉。深紅色光(最長)波長 $\frac{7}{250000}$ 吋。深紫色波長 $\frac{1}{67000}$ 吋。此圖表示二種不同波長之波動。波長者，一波頂至次波頂或一波底至次波底間之距離也。

電 圓 路

磁 圓 路

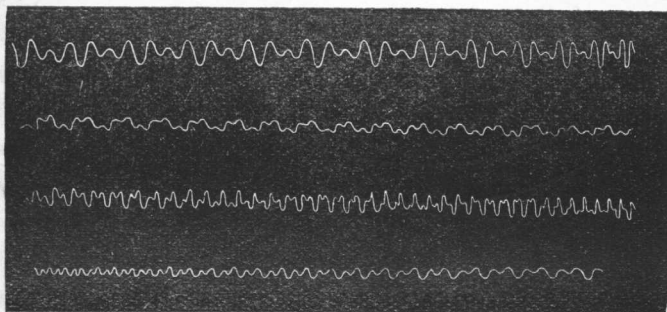


電 流 之 磁 圓 路

電流在圓路中，順圈中箭頭而行，則於其附近之空間，發生圓形之磁圓路如圖所示。此即電磁鐵及發電機原理之基礎。

種普遍間質，即傳光之媒體。凡數千世紀來煤田所蘊藏，而今日應用於駛行輪車，炤熱城市，以及供給近代生活上種種需要之巨能，皆出太陽之賜，而非以太，仍不得達。故苟無此種普遍遞能之間質，世界將陷入停滯而無生氣之狀態，可斷言也。

光為波動，吾已屢言之矣。以太傳遞振動，故其性質，得以膠質固體設想之。然光波極微。吾人於池沼中所習見最小之細波，波頂與波頂之間，相距每不逾一二英寸。而大於最長之光波者，已數十萬倍。吾云最長，即云光中復分諸色，而各色波長皆不相同也。紅色光波最長，紫色波最短，最長之深紅色波，長二十五萬分之七英寸。長於最短之深紫波（長六萬七千分之一英寸）約一倍。然以太所遞之波動，



波 形

波動間有甚複雜者。上圖示數種頗複雜之波動，凡此波動，均能自簡單波動疊合而成，

實不僅視官所能覺之光，此外尚有短不可見而能起攝影上化學作用者。因此證明極紫之外，更有他種暗光，其波長每有僅及紫光之半者。此外尚可發現更短之暗波，以至於X光線。X光線者，光之最短者也。

可見限以下之波動 反之，吾人可作他方面之推演研究，而知以太亦能傳更長於光波之其他波動。若用某種特製之乾片，則可發現波長五倍於紫光之波動。凡長逾可見限者，吾人覺其爲熱。輻射之熱（如火旁之射熱）亦然，蓋以太中之波動也。惟長逾光波，故僅能以觸官覺之。其更長者，觸官且不能覺，而必恃儀器。此卽無線電報所用之電磁波也，其波長輒以英里計。故光，熱，及電磁波，性質皆同，所異者，其波長耳。

光——可見及不可見者

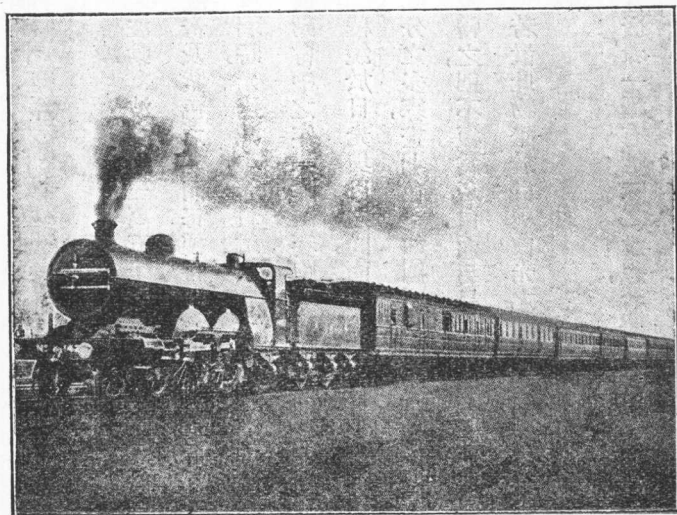
光既爲以太傳遞之波動，則波動之本身，果何自起乎？夫既有神速之波動，則必先有極速之振動物在。而此振動物，又非原子陽核外繞行絕速之電子莫屬。電子爲外力所驅使，而增加其速度，或

振動率，斯其波動之起源也。

電子及光 凡物皆恆在劇烈振動狀態之中，卽冷鐵塊中之質點亦然。故雖不能爲神經所感覺，或記錄，吾手中之冷鐵棒，固無時不輻射其波動於其四週。此徵之於前此所述之物性，無庸更以爲異。若置之爐火之中，則熱炭之質點，亦將遞其劇動之能於鐵桿，而逐漸增加其質點之振動率，漸至吾手神經，亦覺其爲熱。設復置之爐中而更熱之，逾五百度，則鐵桿暗紅，隱約可辨。斯時分子振動更劇。波動亦更短速，遂爲視官所覺。此卽所謂可見之光也。然此光仍不合攝影之用。設更加熱，則電子發出他種合組白光之波動，而其繞動之速，每秒漸達數百萬兆週。若更熱之，使達『藍熱』，則常光之外，更添可起攝影作用之暗光。此外尙有種種更短之光波，以至於穿透骨草木石之X光線。

光速大於聲速六十萬倍，二百五十年前已有證明。木星之外，尙有衛星，因繞動之關係而時現時沒。然木星離地最遠之時，其衛星沒後復現之時刻，較之木星最近地球時，由實測而預計之數，遲十六分三十六秒。由此可知光行需時。而此十六分三十六秒，卽光波渡行地木間溢出距離之所需。當時距離未有精測，故所得光速太小。今則已有充分之知識，而光速亦易定矣。

雖然，光速之實測，苟能於試驗室中行之，當然更足愉快，此卽一八五〇年之成績也。其法射光使過齒輪之隙，而反射於輪後鏡面。光行雖速，仍需片刻。故齒輪苟得相當之速轉，吾人得於此一剎那間，移入旁齒，以阻其光之復返。若轉動更速，則更可移入鄰隙，使其光線得入而復出於鄰隙，以入驗者之目。齒輪之旋轉率既知，則光速又可計矣。若最短之光波，長六



光 之 速 度

每點鐘駛行六十英里之火車，必十七日半，始能繞地球赤道一週，二萬五千英里光速每秒十八萬六千英里，繞地一週，僅須七分或八分之一秒鐘。

萬七千分之一英寸，而光速爲每秒十八萬六千英里，則每秒達目之紫光波動數，約爲八萬萬兆可得而計之。

光波之分析 電子所生之波動，其波長過三萬五千分之一英寸者，必隱約可見。其更短而更速者，則逐漸呈紅，橙，黃，綠，藍，靛青及紫色之光。而每種特別色覺，即特有波長之表示。若混合之，則得白光。日光即其一例。白光透玻璃時，光速減小。若斜射之於三稜形玻璃，則不同長之光波，必自相分離，而得七色之彩。蓋光亦猶運動會中之作「障礙賽跑」者，因其進行速度之不同，而得分等第焉。讀者不難作一實地試驗。置三稜鏡於日光與目之間，而直接證明日光之分色。或更可作下列之實驗。於圓輪上，依其各色應有成分之多寡，畫七色（如圖所示）而急轉之，則此輪必呈灰白，而原有諸色，皆不可辨。若去其一而旋轉之，則不復爲灰白，而另呈六色相和之他色。物體間或有選擇透光之作用，此亦可以實驗證明之。若置此物體於目與白光之間，則凡遇僅透紅光之物，其所見之光必紅，而僅透紫光者，所見亦必紫。

世界之命運

索岱教授曾發表一極有趣味之設想。若將來日之光熱，俱非今比，則將成如何

之世界。其答案曰：「人目受數千萬年日光之熏染，而定其官能。故對於日光中最富之光波，吾人今日亦有最敏銳之感覺……若讀者稍假片刻，作一杞人憂天之推想（此類思想，昔時雖甚普通，今日經放射性之發現，已受根本動搖）而計無窮年後，日熱漸退對於地球之影響，則將來或有日球僅發暗紅之光，或甚至無光之一日。然此時世界亦未必定入黑境。地球上，苟尚有未曾凍死之人類，則彼等亦必仍見有天日。無他，人目隨境地而異其官能。今日之藍，紫，即將來之紫外，而不可見。反之，今日不可見之暗熱，即將來之光。而黑闇無光之熱體，於彼等目中，必且能大放光芒也。」

十二

天之蒼色 前章中已見分光鏡如何分光波爲各色。然自然界中，固亦恆有分光之作用。虹即其最習見之一例，蓋水滴生分光之作用也。蚌殼或銜嚙上及水中之油漬，皆發異彩，則緣其面層厚薄之不同。即如大氣，亦恆有不息之分光作用。高層空氣之分子，恆取日中之藍波而散播之，以成蔚藍之色。此皆可於實驗室中，隨時用玻管及塵煙以證明之。日出時，阿爾卑斯山（Alps）頂之紫霞，以及日沒時西方之晚紅，皆足表示日球將近地平之時，光波每因厚層大氣之影響而紅光之浪散

播特多也。

自然界之面目不一，每因對於光波之吸收反射取捨各有不同，而織成其異彩之霞裳。若光全為物所吸收，則呈黑斑。反之，完全反射，則呈白色。而物質之斑斕，皆其電子之不同振動率有以致之。凡電子受百萬兆之各色光波，則其吸收最甚者，或為其較長部份，或為其中段，或亦為其較短部份，而其與吾人以色彩，則皆可必也。此外間或有受光以後尙能繼續自己發光者，亦有發僅能照相之『暗』光者。又一類物質，則與光波作共諧之振動，而聽其透射，如玻璃是已。

無熱之光 物體之中，亦有能發無熱之光者（即『磷光體』）。此為科學中極切實用問題之

一。苟能得無熱之光，則日用煤氣燃燈之費，必可銳減。何則，今日所有之光源，皆有大部份之能，消耗於無用之熱波及紫外波中，而其消耗成分，恆逾百分之九十。吾人見夏日之螢火，及已死之鯁魚之發光，每神馳而願知其祕密，苦未能得也。就今日知識之所及，磷為唯一物質之有此性質者，然有奇臭，而不合吾用，洵可歎已。今日人工之光，不獨因消耗太多而不經濟。且其光色亦復不佳。吾人每於燈光之下，製辦衣料，而翌晨每恨其色澤未能如本意所欲。無他，日光中所見之色，燈光中每寸之缺

如也。

紫外更短而速之光波，即所謂「紫外光」攝影者所最珍貴之光也。光之穿透紅橙色簾者，於乾片上不能發生化學作用，凡稍知攝影者，皆能道之。緣其「不能透射」藍色，或「藍外」之光，而銀鹽微粒，則非此等光，不能起化學作用也。此外植物之所以發育，以供吾人薪材食物之用者，亦全賴此光輸「綠葉素」之作用。草木之所以大張其枝葉，而欣然向榮者，亦以欲爭得此等光線之故。凡今日煤田之中所有巨量之潛能，皆數千萬年前之大森林所吸收之日光也。

X光線為最高而居於極端之光波。由其穿透之能，吾人可斷定其波長之必為極小。然此類射線，雖有極奇之性質，仍不能保其祕密，而逸出研究之範圍。彼物理學家近時固已作極精美之實驗，發射X光於晶體原子之間。而測得其波長為千萬分之一耗 (millimeter) 矣 (每耗價為二十五分之一英寸)。

光亦受引力之驅使。此為最新發現之一。晚近日蝕時所得者。凡自星體發出之光線，經過日旁，必因吸力之關係而為其所偏折。愛亭頓教授 (Prof. Eddington) 謂光亦有質量，光之以磅計，亦

猶糖之以磅計耳；每年地球所受之日光，共爲一百六十噸。

能：一切生命之所繫

由上節所言，吾人已知宇宙根本實體之一爲物質矣。其第二實體，重要不亞於物質者，爲『能』。因世間現象無不有待於能力，雖生命亦不能外，故欲世界之繼續存在，則『能』必不可少。人力不能創造或毀滅『能』，與其不能創造或毀滅一質點正同。此說待吾人討論何爲能力之後當愈明白易曉也。

『能』之不受毀滅，與物質同，其狀態之不一，與物質又同。不寧唯是，吾人對於電之陰陽兩種質點，爲一切物質之起源者，尙昧然莫知其奧，於能之真正性質亦然。雖然，『能』祕奧之難知，今已不若昔日之甚。此能之真性之明豁，又近世科學進步，披露自然界神祕之一證也。蓋自十九世紀以來，始知『能』爲明晰永久之一物，與物質同也。

能之狀態 能之有各種狀態，如墜石之能，木柴或石炭或他種物料燃燒之能，人之知之，已不

知其幾千百年矣；惟此各種狀態之能，在實質上實爲同物，則爲前人猜疑之所未及。謂能與物質同，有一定之量，又能創造與毀滅，前世紀科學之造就所以能與吾人者，此觀念固其一也。

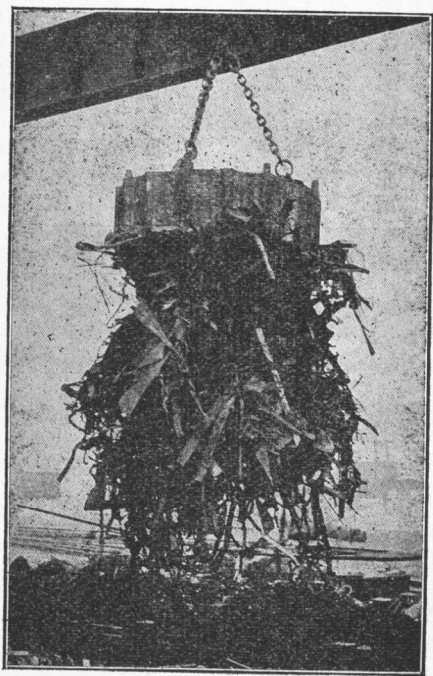
對於此問題之高深研究，非此篇所能及，茲所言者，特其重要方面而已。能之狀態，通常有二，即動能與位能是也。平常最爲吾人所注意者，莫如運動



耐亞嘎拉瀑布

此瀑布落水能力之大殊堪駭人。今大電力廠中已用之而發數千馬力之電能。凡一百五十至二百英里內之大城市，俱藉此能而駛行其電車。

之能；例如滾石，流水，墜體等等。此種運動之能，吾人稱之爲動能。位能爲物體因其位置而具之能，換



磁鐵之能力

此圖示『鳳凰牌(Phoenix)』之電磁鐵起卸鐵道貨車上之廢鐵。此磁鐵徑五十二英寸，起重二十六噸。同式之磁鐵，徑六十二英寸者，起重四十噸。

言之，即可獲動能之本量，如崖端之石，是其例矣。

能之狀態既殊，一種能，可直接的或間接的變換爲他種能。例如燃炭之能，可變爲熱，而熱能又

可變爲機械能，如蒸汽機關所表現者是。如是吾人得變換「能」由一物體至他物體。如耐亞嘎拉大瀑布之能，乃爲大電廠供給能之用，又其例矣。

熱爲何物 能上有一重要事實，即各種能均有變成熱能之傾向是也。如墜石擊地，即行生熱；瀑布之足，常較其頂爲暖，（因墜下之水，擊地生熱，）而多數之化學變化，常與熱之變化相偕。「能」在木柴中，可永久匿藏，但一遇燃燒，即行放出，而其結果亦即爲熱。錘之原子，或任何質射性物之原子，一經毀壞，即行生熱，「每一時間錘所發生之熱，足使與己同量之水，由零度熱至沸點。」然熱究爲何物乎？熱者非他，即分子動是已。前章已言，無論何物，其分子之運動常繼續不息，其運動尤激烈者，其物體尤熱。如木柴或炭中目不能見之分子，燃燒時即劇烈激動，由此激動而生之以太波，自吾人之感官言之，則爲光與熱。故動與熱能之表現，即得於分子之繼續運動而已。

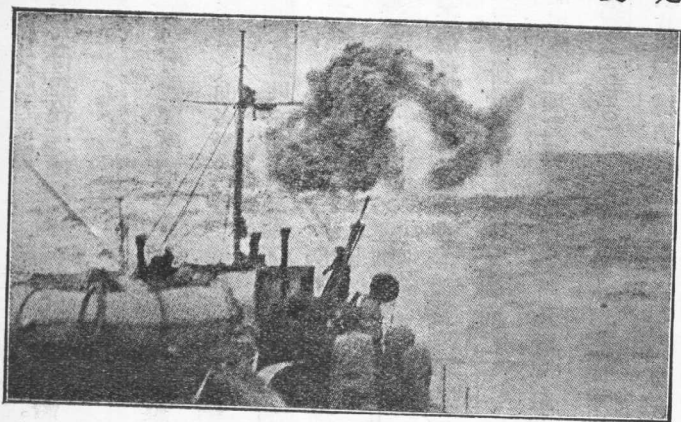
一種狀態之能消滅，必有他種狀態之能出現，此理之真確，已屬無可致疑。其最初證明一定量之機械能，可變換爲一定量之熱能者，則爲朱爾 (Joule)。彼嘗作一攪水機器，使水激動生熱，而此攪水機器則爲下墜之重量，或旋轉之飛輪，或其他機械方法所引動。如是一定量之機械能去，同

時一定量之熱發生。此兩者之關係，常有一定。凡自然界有一物理的變化，即能有一次之變態，惟世間能之全量，則依然不變。此即能量不變之定律也。

十三

石炭之代替 試思近世文明所用之能，

其大部分或全部之來源爲何乎？石炭是已。石炭紀之大森林，一變而爲現今之炭層。當石炭燃燒時，發生化學變化，於是熱能出現，而現今文化於是賴焉。此閉置炭中之能，從何得之乎？吾人之答語曰，得之日球。蓋自數千百萬年以來，日熱之能，即由石炭紀中之無量數植物，復



能 之 變 換

能之一例。水雷爆發時先生化學作用，後生機械作用。即化學能變爲機械能是也。數十噸之水，皆因此而得劇動。

經各種微妙之方法而變成位能，至今仍沉埋於巨量之僵化森林中也。

自吾人現在之智識言之，石炭儲積之取竭，即與世界文明之告終同其意義。除炭外尚有能源，爲人所已知者，斯固然矣。水落之能，是其一例，如耐亞嘎拉大瀑布，則已用之以供給大發電廠之能矣。其次海潮之能，似亦可以利用，此亦動水能之一例。又日熱能亦有思直接利用之者。惟此等能之來源，方之石炭，皆微末矣。最近英國協會開會時，雖有提議深鑿入地以期利用地中之熱者，此議或未易實行。最有效之石炭代替物，其爲原子內之能乎。此能之源爲無窮盡，蓋吾人所已知者。如使原子內之無量電力，能爲吾人所解放與節制，則石炭供給之漸次減少，當不復爲現今有心人所懼矣。蓄藏炭層之能，既有時可盡，吾人復不能新創之以爲供給。吾人前者曾言「能」之不能毀滅矣，但能雖不能毀滅，而可變爲不適應用，此重要事實之意義，請於下節詳之。

十四

能之消散 「能」可至消散。但既不能毀滅，則必仍存在，消散之後將何往乎？此問題發之甚易，與以最終解答較難，而在作此書時，本不期讀者具有高深物理智識，則尤不能涉及現今物理學

家及化學家所發明之困難理論。吾人可升高鐵片之溫度至於白熱。但若停止加溫，鐵片之溫度亦即下落，至與四周溫度相等。此溫度之下落，即爲能之消散，然此能究何往乎？一部分之能，固由傳導關係傳於與鐵片相接之他物體，但其最終結果，則放射於空中，爲吾人所不能追

究。蓋溫度相等之熱能爲不適應用之能，而此放散之能，即加入此無窮儲藏之中矣。茲所宜知者，設



冰 上 沸 騰

若置一壺之液態空氣於冰塊上，則起沸騰作用。蓋冰對於極低溫之液態空氣比較的甚熱也。

使凡爲物體之溫度皆同，吾人卽不復有熱之經驗；蓋熱之流行，常由高溫物體至低溫物體，其效果足使暖者寒而寒者暖。最終兩物體卽爲同一溫度。某物體熱度之總量，以其運動分子之動能量之一日。蓋使此物體較他物體暖，此物體之熱卽向他物體傳導，至兩物體有同等溫度爲止。此時兩物體尙以吸收作用，含有若干之熱能，但就兩物體間之作用言之，此能已不能應用同一原理，可用於多數物體。欲熱能之可應用，必先有不同溫度之衆物體。如使全世界俱爲同一溫度，則熱能之量雖仍極大，而其『能』已非吾人所得應用矣。

世界同溫之意義 世界同溫之意義爲何？此未可以易言也。蓋使世間之能，歸於無用，卽今之世界不復存在。而熱之放射，交換不已，卽世界同溫之趨向，亦日近一日；果使此日一達，雖分子內之運動，未必盡息，而其能則不能利用。由此觀點言之，雖謂世界日趨毀滅，非過言也。

誠使物質內之分子運動全息，其物質之溫度卽爲絕對零度。絕對零度者，世間最冷之度也。分子運動停止之溫度，已經推知，爲攝氏零下二百三十七度。世間無物體能在較此更低之溫度之下：

世間亦無較此更低之溫度。除非自然界中有一爲吾人現今所未發見之方法，能更新已用之能，則今之太陽系，必有沉於絕對零度之一日。太陽地球以及世間各物無時不放射熱線，而此放射不能繼續以至無窮，蓋熱之傾向爲放散，而其結果則可使世界同溫也。

但自理論上言之，亦未嘗無避此定律之一法。設使此熱源之雜亂分子運動，能使之歸條理，則一物體之熱能，即可直接加以應用。據許多學者意見，生物體中消化方法之某部分，確無能之消失，食物之化學能，直接的變成工作，而未常有熱能之耗散。故此自然定律所謂能雖不可毀滅而有歸於無用之傾向者，最終或有法以逃免之，未可知也。

能之最初儲藏所，是爲原子。自然界能之供給，舉得之於日，星，地球元素中之原子。吾人遂不能發明一術，將日就短少之能之來源加以充補，或使現藏於同溫度下之無用之能，重爲人用乎？

由現今形勢觀之，似乎後來者將見一最有趣味之競走，即科學進步與自然供給減少之競走是也。能之流動，由原子儲蓄所以至等溫之熱力消耗海，常有其自然之速度，足使生命在供求相應之嚴酷定律下，爲急速之進行，此定律非他，即生物學上所謂生存競爭是也。（見索岱教授

之物質與能力 (Matter and Energy)

於此有一事可云確定，即能爲實在之體，與物質同，且不能創造與毀滅。物質及以太，乃能之承受者，或能之運載者。曩者曾言此體實際爲何，吾人亦所未悉。或者此不一其形之能，即組成物質之原體之各種表現帶電質點之爲一切物質之本原，又吾人所已明者也。吾人此時所欲得答之問題，乃電爲何物是已。

十五

物質以太及愛因斯坦 (Einstein) 科學戰勝天然之最終結果，科學上最高之綜合，無過於發現組成物質原子之陰陽電質點，爲無所不在之以太中某種震動之起源或中心；而吾人所謂之各種「能」者（光，磁，重力等等），乃以太中此種電子團所誘起之某種波動或變形而已。

然此亦奇異不可企及之夢想而已。一九〇〇年，拉摩 (Larmor) 曾謂電子爲以太中之小漩；又以此種漩渦，可具兩不同之方向，似於電荷之有陰陽兩種亦容易說明。然其中困難之點仍覺甚多，而電子之性質，終歸於不可知之數。最近學者之意見，則謂電子爲「陰電之環，以極高速度，環其

軸而運轉。」然此亦不了之語也。至陽電之單位，吾人所知者尤少。吾人此時但知近世思想所趨向最終一致之普通路徑，即當視為滿足矣。

吾人言「一致」矣，但如謂以太為求此種一致之唯一根基，或視以太為其對世界哲學之一重要部分，則其誤甚大。以太不過思想中之一種個體，吾人與以極不平常之性質，而覺其於解釋物質上極多便利。其物為有彈性之固體，密度極大，充滿宇宙之間，以每秒十八萬六千英里之速度，傳達星球間之光波；然同時最密固之物質通過其中，若無物焉。

數年前以欲發現以太故，曾行一極精微之試驗。設以太而果存在，地球繞日運行時，必經過以太海，而每個試驗室中必有以太流，正如舟行過靜止空氣中，則生風也。一八八七年邁克爾孫(Michelson)與摩黎(Morley)曾擬發現此事。理論上光線與以太流之方向相同者所行速度，必與其方向相反或橫斷者之速度不同。然彼等試驗之結果，乃不見有異，即多數他人之試驗，亦同一失敗。此非遂足證明以太之不存在也，以吾人尚可設想吾人之試驗器，適照光之轉變之比例而縮短；然而以太之存在，無法證明，則為不可滅之事實。約翰斯(J. H. Jeans)曾言：「自天然現象觀之，

似無此等物之存在。』卽光與磁之現象，約氏亦以爲無須以太，而謂以太假設，竟可拋棄。其拋棄以太觀念之第一原因，卽在無法以證明其存在，如愛因斯坦之所示者是也。如使誠有以太，則地球通過其中，必有術以發現其運動。顧實行試驗之後，雖所用方法極其精密，而終苦於無運動可發現，上文已言之矣。至愛因斯坦出，與吾人以空間時間觀念上之大革命，而後知是等運動，無論所用之方法如何，斷無可以發現之理，而平常所用之以以太觀念，乃非拋棄不可。關於此點，後更當詳論之。

潮汐之影響 月球之生成 地球速度之減小

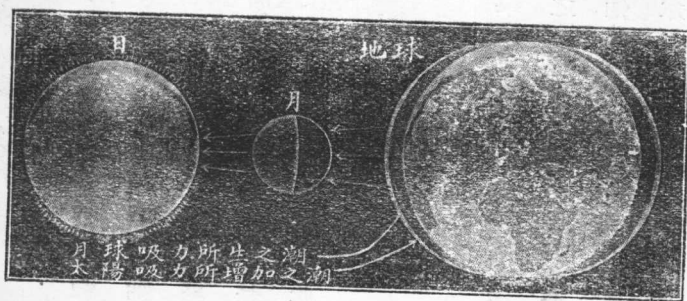
十六

在比較的近世以前，切實言之，在近世科學完全發達以前，潮汐實爲自然界最大神祕之一。此洋水往復之有一定規則，果將用何術以解釋之乎？在昔人之喜想像者，觀此有信而且韻之潮水漲落，則以爲大獸之呼吸，似亦無須深怪。其後知此有規則之運動與月球有關，然於解釋上亦未見進步。何則，月球去地頗遠，其運行究與地球上水之每日變動有何關乎？傳聞古天文學家有失望於

此神祕之解釋，投海以死者，其事容或有之。

地球之受月吸引 然對此歷代相傳之

神祕與以相當解釋者，是爲牛頓引力大律功能之一部分。自其大概言之，吾人可信萬有引力之定律，至少其大體可應用於此點。蓋牛頓固云月對於地球上之每質點，皆發生引力矣。設吾人想像地球表面之某部分，爲太平洋所在者，適轉而與月相向，則月之引力，與地面鬆軟流動之水相作用，其水必隆起。此時地球全體，雖同受吸引，而流體之水，必較固體之地殼易受影響，固體之地殼，則但略起微潮耳。又以水之性質，非能固着，地球受吸，其背面之水必



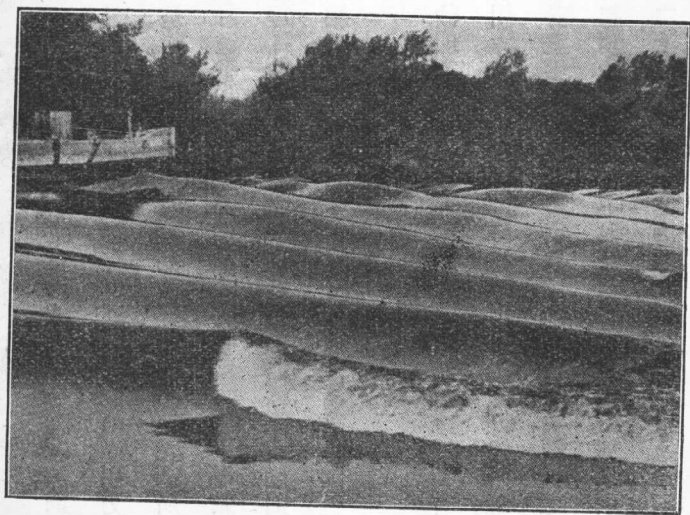
潮汐之原因

海潮爲月之吸力所生。日之吸力亦有同一作用，然比較的影響較小。地球全體爲月所吸。但團結不固而較易流動之水，尤易應此吸力，以生潮汐。固體之地殼雖受影響，微弱不足道也。潮汐并有減小地球旋轉速度之能力，詳見篇中。

有落後之傾向，則亦隆起而成潮，又事之至易明者也。設使地球表面全爲流體，則每日旋轉之間，此兩潮卽周流地面一次。是故在地面之一定部分，每日必有高潮兩次。此海潮引力說之最簡概要也。然實際觀察之現象，決不如是簡單，卽關於海潮之完全理論，亦不與上節所述單簡形式相類。凡人居近海口，悉知最高潮鮮與月過子午線之時間相脗合。其相差之度，早晏常數時間。例如倫敦橋（London Bridge）之高潮，常爲月過子午線後之一時半，而都伯林之高潮，則爲其前一時半，故實際觀察之現象，決非單簡，其詳細則已研究無遺。今世界各海口之高潮時間，蓋無不可先期豫報之，無或爽者。

日與月之作用 欲解釋潮汐理論之全部，誠非本篇範圍所能及，雖然，今有一最明白易曉之因子，不能不加以注意。如月球以引力而發生潮汐，則以日球引力之強遠過月球，必能發生潮汐，且能發生較高之潮汐，當在吾人意計之中。然謂日球能引起潮汐，固有然矣，謂日球能引起較高之潮汐，則不然。就事實上言之，日球引起潮汐之能力，實不如月球之半。其理由則以引起潮汐之事，距離爲尤特別重要。日之質量大於月二千六百萬倍，而其去地之距離，則較月遠三百八十六倍。此距離

之遠，實足以抵消質量之大而有餘，而其結果則如上文所言，月之力量較大於日二倍有餘也。有時日與月同力作用，於是有所謂大潮，有時二力相反，於是又有所謂低潮。此種作用，又以其他因子之參加而愈形複雜，以是各地潮勢之高低，亦相差極巨。故在聖赫勒拿 (St. Helena) 潮之起落為二英尺，而在芬地海灣 (Bay of Fundy) 則在五十英尺以上。惟此



英國特稜特 (Trent) 河上伊吉耳 (Eggar) 海神之游跡

圖示極整齊之河潮。天朗氣清，毫無風波也。潮波之所以呈此直立狀態(見此圖及下圖)，實緣河水下流甚急，阻止海潮之倒灌，因此增加其波前之傾斜度。凡例外之大潮，皆為日月二者相助之作用，亦詳見篇中。

處原因又甚複雜，非一言所能了耳。

十七

月之起原 雖然與潮汐相關者尚有一事，較吾人上節所言之理論，尤為重要而有趣。達爾文 查理士，天演說大家也，其子達爾文佐治爵士 (Sir George H. Darwin)，則用潮汐以發明太陽系生成之理。至吾地球與月球之關係，尤足用潮汐之理為之說明。當億千萬年以前，地球旋轉之速度，較今極大，而月離地之近，則幾與地球相連接，此殆事之無可疑者。此荒遠年代，正月與地球分離之時，亦即地球拋月使成獨立體之時也。蓋地球與月，原為一體，特以旋轉之速，使之裂而為二：一為吾人現居之地球，一即月。此非妄言，乃研究潮汐所得之結果。吾人第一所欲問者，為潮汐所生之能力。試沿地球上海線一觀，此能之證驗，隨處可見。江灣由潮以成，岩石由潮以碎，而巨量物質，且由潮以起運動。此能於何得之乎？能與物質同，不能於無中生有，然則此巨大消耗之能，果從何得之乎？

地球速度之減少 此答解甚單簡而極可驚。即潮汐能力之根源來於地球之旋轉是也。以地球質量之大，二十四小時中自轉一周，殆與極大之飛輪無異。又因其旋轉之速，故其能之儲藏亦極

富。然即極巨極速之飛輪，如其有所工作，或僅抵抗其支柱之摩擦力，亦不能消耗能力不已。其結果惟有漸歸緩慢，此無可逃之數也。依同理，地球之旋轉，既供給潮汐之能，即潮汐之結果，足使地球旋轉漸歸遲緩。潮汐之作用，恰與地球旋轉之制止機相似。巨量之水，為月所吸引，遂於地球之旋轉上生一種阻礙功效。此種功效，以吾人通常標準計之，誠極微小；然小則小矣，而繼續不已，天文學上之算年，以百萬為數，經數千百萬年之後，此微小而不絕之功效，乃發生可注意之結果矣。

然潮汐之作用，當有一層為算術上必至之效果者。潮汐之起源，由於月與地球之作用，斯固然矣，同時潮汐亦對於月而起反動。潮汐既能減少地球旋轉之速度矣，同時亦驅月球使之遠離。此結果雖若可異而實不容致疑，蓋此為動力原理之結果，此原理亦無可致疑，惟非略具算學智識不易明了耳。由此可得數有趣之連系如下。

因地球旋轉之速度，繼續減少，可知從前地球之旋轉必較迅速。在無量數年以前，必有一時一日時間僅為二十小時者。再前則每日僅十時，更至不可思議之年代以前，則地球自轉一周，僅三四小時，亦意中事耳。

至此吾人且暫停止，而轉問月球之情狀。吾人已知現今月球漸與地球愈遠。反言之，即地球之日愈短時，月球之離地亦愈近。吾人迴溯愈遠，得見月球去地愈近，地球之旋轉亦愈速。至吾人上文所言，地球自轉一周僅須三四小時時，月之與地幾若吻接。此極可珍異之事實也。人人知旋轉飛輪有一極限速度，過此速度，則離心力之大，勝於飛輪中各分子之固着力，其飛輪即將灰散。吾人曾以飛輪比擬地球，又嘗迴溯地球之歷史，至其旋轉速度為最大時。吾人并知此時月之與地，幾於不分，此其結論如何，已無所用其抗拒。在更遠年代以前，地球曾為飛行之碎塊，其碎塊之一，即月是也。以潮汐理論，說明地月統系之生成，其大略如此。

晝夜之增長 當月球初與地隔離之時，必與地球同其旋轉。月繞地一周之時間，正如地之自轉，換言之，即一月與一日之長相等也。至月球離地漸遠，月球繞地一周之時間加多，於是一月之長短，亦相當的加長。又因地球自轉之速度減少，故一日之時間亦加長，惟月之增長率，遠過於日之增長率耳。寢假一月之長，等於二日，三日，以次增加，最後至一月等於二十九日。至此以後，一月中之日數又漸減少，以至現今之數目，仍須繼續減少，至日與月之長相等而止。至此時代，地球之旋轉將極

遲緩。潮汐之止動作用有使地球之同一方面常向月球之傾向；即地球自轉一周，須與月球繞地一周之時間相等。設除地與月之外，無第三者之干預，則此即為最後情形。無如月與地之外，尚有地球之潮應加注意也。月使一日之長等於一月，而地球之傾向，則令地球旋轉愈加遲緩，使一日之長等於一歲。其致此也，則在令地球一自轉之時間，與其繞日一周之時間相等。以有月球之作用在此事固難望成功；然日球之力，固能使日長於月也。

此事言之若可異，而在火星之衛星中，則已不乏實例。火星之一日，較吾人之一日約長一時有半；但其兩小衛星當發見時，其在內者，以七時四十分繞火星一周。是則火星一日中，其月之一，能環繞火星三周有餘，而在火星上之居人言之，即一日中乃三月有餘也。

參考書目

Arrhenius, Svante, *Worlds in the Making*.

Maxwell, James, Clerk, *Matter and Motion*.

Daniell, Alfred, *A Textbook of the Principles of Physics*.

- Darwin, Sir G. H., *The Tides*.
- Holman, *Matter, Energy, Force and Work*.
- Kapp, Gisbert, *Electricity*.
- Kelvin, Lord, *Popular Lectures and Addresses, Vol. I. Constitution of Matter*.
- Lockyer, Sir Norman, *Inorganic Evolution*.
- Lodge, Sir Oliver, *Electrons and the Ether of Space*.
- Perrin, Jean, *Brownian Movement and Molecular Reality*.
- Soddy, Frederick, *Matter and Energy and The Interpretation of Radium*.
- Thompson, Silvanus P., *Light, Visible and Invisible*.
- Thompson, Sir J. J., *The Corpuscular Theory of Matter*.