

百 科 小 叢 書 第 八 十 三 種

以太

周 昌 壽 著



商 務 印 書 館 出 版

UNIVERSAL LIBRARY, No. 83

ETHER

BY

C. S. CHOW

First Edition, July, 1925

THE COMMERCIAL PRESS, LIMITED

SHANGHAI, CHINA

All Rights Reserved

Price
\$.10

中華民國十四年七月初再版

(百科小叢書第八十三種)

(每輯十二種定價大洋壹元伍角)

圖(以太一冊)

(每冊定價大洋壹角)

(外埠酌加運費匯費)

著者 發行所 印刷所 總發行所 分售處

周

昌

壽

商

務

印

書

館

上海北河南路北首寶山路

商

務

印

書

館

上海棋盤街中市

商

務

印

書

館

各埠商務印書分館

以太

目次

一	總說	一
二	能媒的由來	四
三	波動說的發展	九
四	能媒的神秘性	十六
五	能媒神秘性的解釋	二十二
六	電磁媒質的能媒	二十八
七	地球對於能媒的運動	三十九
八	羅倫徹收縮	四十六
九	能媒的否定	五十六

以太（即能媒）

一 總說

能媒這個名詞從前大都譯作以太，是從歐文 *Aether* 的音譯成的。其字源出於希臘語中的 *aithrō*，原意爲燃燒或着火，在十七世紀以前都用來形容宇宙中的天體，說是一切天體都是浮遊在能媒的大海裏面。一直到得十七世紀的中葉，經荷蘭的物理學家惠更斯（C. Huygens, 1629-1695）用來作成傳播光波的媒質以後，方纔有一定的意義，成爲學術上的用語。這個字在英文裏面，又可省寫作 *Ether* 和由酒精裏面提出來的一種芳香性的有機物，字面完全相同，發音也是一樣，但是兩者的意義卻絕不相同，所以最好避去音譯，就不致互相混淆了。

當惠更斯最初用這個名詞的時候，專爲解釋光現象而設，所以稱他爲光媒（*Luminifer-*

ous aether)，後來發見熱效應，化學效應，電磁效應等，都是經同樣的媒質，傳播遠去，遂將原義擴張開來，凡屬於能（Energy）的傳播，皆歸之於這個媒質，所以汎稱為能媒。

物理學界最有興趣的問題，莫過於能媒。最初提出這個假說的惠更斯，固不用說，就是繼他而起的楊（T. Young, 1773-1829）也受過當世學者極激烈的反對。試一檢閱一八〇四年發行的愛丁堡評論（Edinburgh Review）滿紙皆是痛罵楊的講演的文字。說是他的那種見解，完全是妄想，謬誤，和毫無基礎的假說；又說由他的議論，可以察知他的學問，智識，才力等各方面皆極其淺薄，想要推翻牛頓的假說，實成其為妄想，只不過貽人笑柄罷了。對於那種批評，楊雖曾著了一本答辯，出版後僅僅賣去一冊，當世的人對於他的態度，也就可想而知了。後來經過夫累涅爾（A. J. Fresnel, 1788-1827）等的種種解釋，能媒遂由妄想的假說，一躍而成牢不可破的定論，甚至有謂信能媒的存在，和信自己的實在的程度，完全相等。即在今日，英國的物理

大家洛治(O. Lodge)尙執此說，但是由種種實驗方面，生出來的矛盾，事實具在，又豈空言所能一概抹殺。於是毫無可疑的能媒的存在，又從根本動搖起來，結局遂有愛因斯坦不得不拋棄能媒的議論發生。綜其自產生以至現在，前後不過二三十年，而其位置的變動，竟有如斯之甚，真不可不謂爲出人意料以外的了。究竟當日何以能夠成立？後來又何以能夠如此重要？現在又何以非拋棄不可？拋棄以後又將何以解釋能的傳播？對於這種問題，要想研究的人，必定不少。本書的目的在用力所能及的簡明文字，將上列各項問題，解釋出來，使讀者能得一原原本本的了解，然後纔能作進一步的研究。關於本題的參攷書籍，列舉數種如下：

Encyclopedea Britannica, 11th Edition.

History of the Theories of Aether and Electricity, E. T. Whittaker, 1910,
Longmans Green & Co.

Einstein's Relativity—A Criticism, D. J. McAdam, 1922, The Gorham Press.
The Ether of Space, Sir Oliver Lodge, 1909, Harper & Brothers.
Äther und Relativitäts-Theorie, A. Einstein 1920, Julius Springer.

二 能媒的由來

關於光的研究，到得牛頓的時代，雖已煥然可觀，但是當牛頓發表他的色論 (Theory of Colors) 和虎克 (Hooke) 發表微物論 (Micrographia) 的時候，一般的學者，對於光的傳達是否須要相當的時間，還是未曾解決。最初想用實驗來解決這個問題的人，是意大利的伽利畧 (Galileo) 用兩個觀測者，彼此隔着若干距離，各執一燈，燈上有蓋。當第一人將燈上面的蓋揭開，第二人看見第一人的燈光的時候，立刻也將自己的燈蓋揭開。因為相隔的距離太近，所以光在兩者中間往來一次，所須的時間過短，不能實驗出來。一直到得一六七五年，丁抹的天文學家勒麥

(Pönder) 觀測木星的衛星被木星自己遮着成蝕的現象，發見由第一次的蝕到第二次的蝕所須的時間，並不一樣。地球和木星的距離愈遠，這個時間愈長；地球愈和木星接近，這個時間愈減。由這個發見，勒麥遂想到光在空間裏傳達的速度，有一定的數值，並非從前所想像以爲是無窮大的。他以爲由木星的衛星發出來的光，當地球距木星較遠的時候，須通過較長的距離，方能達於地球；當地球距木星較近的時候，只須通過較短的距離，即能達於地球。所以前者接連兩次蝕所須的時間長，後者所須的時間短。由此發見光通過地球軌道的半徑，要八分十八秒又二的時間。用這個時間去除地球軌道的半徑，即得光每秒進行的距離，由是求出光速爲每秒三十萬呎。以這個速度沿地球表面進行，每秒鐘可繞行地球七次又半，這樣大的速度，無怪從前的人無從察知的了。

由太陽傳來的光，已經要八分鐘以上，方能達到地球。由其他的恒星傳來的光，更須經過較

長的時間。譬如最遠的螺旋狀星雲發出的光，非百萬年後不能達到地球。天體間不特無空氣，並且沒有別的物質存在，乃是一種虛無所有的真空。究竟由天體發來的光，如何達到地球？光通過的時候，真空裏面，有沒有什麼變化？這些變化又和什麼事項相關？這種種的疑問，遂漸次發生起來。

就不必依據穆勒（J. S. Mill）的論理方法，也可以知到一物體欲加作用於他物體上時，這兩物體的中間，總非有一種介在着的媒質不可。離卻媒質而能遠隔作用，實非想像所能到。試引一個簡單的例來說：譬如有一人在靜止的水中游泳着，兩人相隔若干尺遠。一人用其手或足擊水，擊處立生一波，此波傳到他一人身上，可以使其搖動，至少也可使其感覺一種作用。假如此時兩人的中間，並沒有水，那麼，這一人無論如何運動他的手足，也不能使第二人受他的些微作用，這是人人所知道的。又如寺院中晚上敲的暮鐘，鐘自身雖然永遠懸在廟裏，未嘗移動一步。但是鐘的作用，卻能傳至遠處，使人聽見鐘聲。鐘隔若干年重量可以不變，可見鐘自身並未發出一

些什麼物質只不過在作一種振動，因此在周圍的空氣裏面，造成一個波動。經這中間的空氣纔傳到遠處的人耳裏。所以達到耳裏的，不過是媒質（即空氣）中的波動，即是音波罷了。

現在再來說光，譬如風雨的黑夜，海岸邊有暗礁的去處，皆設有高大的燈臺，以防船舶不知誤臨險地。試問由燈臺發出的光，何以能傳到船上人的眼裏？由音的傳達類推起來，燈臺裏面事實上既沒有什麼物質逸出，似乎也應該有一種媒質，存在燈火的周圍，由這種媒質生出一種波動，方能傳到船上人的眼裏。燈臺的前面即令有急風吹過，光的傳達依然不受影響；要是音波，卻就免不了要大受妨礙。由此看來，傳光的媒質，和傳音的空氣，迥然不同。不但如此，將電鈴和電燈裝在抽氣機的容器裏，漸漸抽去容器內的空氣，電鈴的聲雖逐漸減小，終至完全消滅，電燈的光卻依然如故。可見傳光的媒質，就是在真空裏面，也是同樣的存在着的。光能通過星體間的真空，也就是這個緣故。

這個傳光的媒質，惠根斯最初給他一個名字，叫做光媒，後來通稱為能媒，同時作了一個能媒的模型，用來說明傳光的理。這個模型是用同樣大小的象牙球若干個，懸成一行，將最初的一球提高少許，再行一面放下，一面和第二的球相撞。這個撞擊，即由第二傳到第三，第三傳到第四，以下照樣傳去。能媒傳光的狀況，惠根斯以為也和這種彈性球是一樣。但是光的進行，是沿着直線方向，即是如在途中，遇有障礙物體，即在障礙物的後面，造成一個異常鮮明的陰影。這個現象，在音學裏面，並無類例。即令人在屏風後面立着，屏風前面的聲音，還是可以聽見。對於這個相異的地方，惠根斯的能媒模型，卻不能彀解釋。當時的牛頓另外創出一種新說，稱為光素說（*Corpuscular hypothesis*），來解釋這個現象。以為光是由發光體射出外面的一種微粒子，稱為光素（*Corpuscle*）。光素沿着直線進行，遇着障壁，當然不能通過，所以能生陰影。牛頓當時在學界裏的名位最高，又能解釋惠根斯所不能解釋的直進現象，光素說因此盛行了百餘年。在此一百年

間一般的物理學家都將惠根斯的波動說置之高閣從沒有人去過問一下因此能媒的這個名詞，差不多也就被一般的學者忘卻了。

三 波動說的發展

一七九九年英國的物理學家楊 (Thomas Young) 對於牛頓的光素說，方開始懷疑。以爲若照光素說主張，由兩塊小石相擦而生的火花，和由極熱的太陽放出的光，都同一是光，都以同一的速度在空中進行，實令人難於置信。要是用波動說，就沒有這種缺點。因爲一切的振動，一經彈性體的傳播，總是以同一的速度進行的。因此遂主張波動說爲正當，並進而解釋反射和屈折的現象。在光素說雖不能指出光傳至兩種媒質的界限時，何以有一部分屈折而過，又有一部分反射而回的理由，但在波動說，則大有類例可推，例如音波傳至雲層，即密度較大之層，必有一部分折回，即所謂回音。

由上述的見解，於一八〇一年楊更進一步，去解釋牛頓環的現象，成爲歷史上有數的發見。以爲牛頓環中所現的各種色，並非光素說中所謂的誘導振動（Induced vibration），實乃包含在投射光內，可用一種方法，由投射光分析出來。其所指的方法，初非獨創，不過將牛頓用來解釋潮汐現象的原理，畧爲改變一下罷了。但是就光學研究的歷史說來，卻爲前人所未曾想到的見解。先假定有兩種波動，同時達到能媒中的一點，這一點就非同時作兩種的振動不可。但是同一點在同一瞬間，欲作兩種運動，爲事實所不許。要是第一種波是將能媒推向右邊，第二種波也是想將能媒推向右邊，這一點的能媒當然向右移進兩倍；反過來看，要是第一種波想將能媒推向右邊，第二種波想將能媒推向左邊，結局能媒受此兩種作用，一方也不能移動。這個關係，楊給他一個名字叫做干涉定律（Law of interference）。若是兩波的波長相同，波狀完全一致，當然不生干涉的現象；要是一波較他一波，遲到半波長，這一個向右的時候，正是那一個向左的時候，彼

此相殺而成干涉可知干涉是由於兩波相差半波長的時候發生的

楊所用的方法，是用不透明體作成一板，上穿兩小孔，極其接近，使紅色光通過小孔，射到孔後的白色屏上，即見屏上所現的影，並非兩個紅點，而為紅黑交錯的一個長條；要是遮住一個小孔，使紅光只由其他一個小孔通過，即和通常所見的一樣，只有一個紅點。這個現象由于干涉定律解釋起來，極其簡單。假定屏上受光的一點和兩孔的距離相等，兩波達於此點，波形完全合一，不生干涉，故現紅色。要是這一點和兩孔的距離，相差半波長，兩波即生干涉，故成黑暗。由同理，由屏上任意一點至兩孔的距離，相差為半波長的奇數倍，皆生干涉；相差為半波長的偶數倍，仍現紅色。故在屏上生出一列紅黑相間的影。黑暗部分中其位置和兩孔最相接近的兩端的差等於半波長，故由兩孔間的距離和板至屏的距離，可以算出由兩孔至此點的距離的差為若干，其二倍即紅色光的波長。對於其他各色的光，都可以用同一的方法，將其波長算出。波動說由此遂成為

可與光素說相列并論的反對學說了。

對於薄板的色，也可以由此證明。即是投射到薄板上的光，反射後分而爲二；一由薄板受光的面反射而來，一由薄板的底面反射而來。此兩種波同時達於觀測者的眼內，因此生干涉而現出不同的色，這就是楊的解釋。

以上是一八〇二年楊在英國皇家學會的講演的大意，因此挑起了當世學界中最激烈的反感。當時愛丁堡評論（Edinburgh Review）的主筆後來任英國財政卿的布魯安（Broun）對於楊的學說，至於破口大罵，當時學者傾信光素說的程度如何，也就可想而知了。

一八〇八年法國的馬呂斯（Malus）因研究結晶體的複屈折，於無意中發見了一個奇怪現象，即是以 52.45° 的反射角由水面上反射而回的光，和結晶體內起複屈折現象時的兩種光線中的一種，性質完全相同。若果用一個起複屈折的結晶體，來檢查這個反射光，即可知其和通

常的光不同，不能起複屈折。他稱這個現象爲光的極化 (Polarization of light) 於一八一〇年應法國的科學院的懸賞徵文，由光素說將這個現象解釋出來，因此當選。同時又有部盧斯脫 (Brewster) 發表他對於結晶體的研究。在他以前一般的學者，莫不以爲結晶體內起的複屈折，都是和冰晶石內的複屈折一樣。部盧斯脫發見這個完全錯誤的。有許多的結晶體有兩個晶軸的，就沒有複屈折，這種結晶體稱爲雙軸晶體 (Biaxial crystal)，起複屈折的只有冰晶石這一類的單軸晶體 (Uniaxial crystal)。

波動說對於極化現象，固然無法解說，對於結晶體因晶軸數不同而有能生複屈折與不能生的區別，更不能說明。又對於迴折 (Diffraction) 也不能完全說明，因此牛頓的光素說又氣餒萬丈起來。一般反對波動說的人，已爲時機已熟，大可乘此將波動說完全打破，於是一八一八年懸賞徵募關於迴折的論文。誰知結果實成反對，以後不到七年，光素說就一敗塗地不能再起了。

這個反對論文的著者是法國的夫累涅爾 (Fresnel)，其幼年時代，就學既遲，又無出人類地的表現，而其後成就竟能將盛極一時的光素說推翻，使當時崇奉光素說的宿儒如阿拉谷 (Arago) 拉普拉斯 (Laplace) 比俄 (Biot) 怕孫 (Poisson) 等，皆一棄其所信仰，改而崇奉波動說。夫累涅爾入人之深，於此亦可想見得到的了。

夫累涅爾將迴折現象，歸之於二次波 (Secondary wave) 的干涉。又利用惠根斯和楊的方法，以精嚴的數學演繹出來，由此求出直棱，有平行邊的狹長不透明體，和有平行邊的狹孔等所生的迴折條紋，結果和實驗完全一致。後來怕孫讀到他的論文，覺得他的議論，還可擴充到旁的問題中去，例如一個圓屏的陰影的中心，應當有一光點存在，當即通知夫累涅爾，以為可用實驗檢查出來。夫累涅爾實驗的結果，果然有此光點，更足以證明他的議論正當。

迴折現象既已解明，更進而研究極化現象，在此以前，一般的學者皆以音波的類例，衡之光