

萬有文庫

第二集七百七種

王雲五主編

原子及宇宙

(下)

賴順伯克著

陳嶽生譯

商務印書館發行

原 子 及 宇 宙

(下)

賴順伯克著

陳嶽生譯

自然科學小學叢書

編主五雲王
 庫文有萬
 種百七集二第
 宙宇及子原
 冊二
 Atom and Cosmos
 究必印翻有所權版

中華民國二十四年九月初版

嚴

原著者

H. Reichenbach

譯述者

陳嶽生

發行人

王雲五
上海河南路

印刷所

商務印書館
上海河南路

發行所

商務印書館
上海及各埠

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

第三篇 物質

十 在熱過程方面分子的基本質點觀

一切物體，在人目看起來，不問是多少光緻，如何結實，都是由內部的無數小塊積聚而成，因此物質的結構，呈粒狀而多孔——這一種觀念，直可追溯到古代。我們的確覺得這種觀念，曾由希臘的哲學家，加以詳盡的闡發；而且遍歷科學後來的發展，直到十九世紀的初期，纔遇到完全新穎，較為深邃的剖辯。那麼這樣的一種信仰，必然有根深蒂固的來源；而且在實際上，引起物質原子論的觀念，都是根據於極基本的現象，要了解這些現象，絕對地需要原子論者的概念。

「暗」指着原子論的現象，共有兩羣，必須細細的加以區別。第一、我們看見有彈性變化的現象，所謂彈性，就是物質的可壓縮性，可撓性這一類的性質，在液體與氣體裏面，就變成完全的流動性；換

句話說，彈性變化就是「物理的」變化，是物質「外形」的更改。第二羣現象，與物質的「內部變形」有關係，所以屬於化學的範圍。兩組現象，都引起物質由固體微粒構成的觀念，這種微粒已有「原子」的名稱（一）。然而從最近的研究看來，知道更須加上一種區別。在物理變化方面，參與作用的，實在不是原子的本身，而是原子的集團，叫做「分子」；在另一方面說來，「原子」這一個名詞，已經選作化學變形裏面基本質點的名稱。因此原子乃是分子的一部分。在他方面講來，已經承認原子也不是不可再分的東西，而是又由更小的質點所構成，所以我們現在要說起原子構造的步驟。這其間並無矛盾的地方；合成的單體，物質的基本集體，出現於某種過程中的事實，並不因此而受到擾亂；而原子或分子，即使拋棄了它們的「絕對單體」的意義，仍不失其「相對單體」的特性。所要問的問題，或許是能不能永遠再分下去，或者是究竟有沒有最後的絕對單體——但是我們非等到後面談起了原子內部結構的時候，不能夠討論這一個問題。

我們現在的討論，依照上面所說的步驟，目前所要談論的第一步，便是分子。因此在本章之內，我們祇講那物理學方面的原子論，而且必須先注意於原子論和彈性的關係。假使我們想像固體

的物質是結實的，是完全緊密的，那是在實際上很難相信固體有可撓性與可壓縮性。一塊金屬可以把它壓縮，使它變得小一些，佔據較少的空間。物質可以使它縮小，這一句斷言，與物質不滅的定律，怎樣可以互相調和呢？即使科學家或許能夠就這一種情形，發明一種解釋，在平常人依他天真的判斷看來，也格外覺得難於相信，竟有這樣的可能性；但是即使是科學家，也寧願採用原子結構較簡單的觀念。因為有了原子論，解釋起來就容易了；固體原子是不可變形的剛體，當物質縮攏的時候，不過是「間隙」變小罷了。於是物質的可撓性，便成為間隙的性質；我們要論及物質的軟與硬，須看這些間隙的大或小而定。無論如何，原子是物質的實在核心，是理想上的剛體，本身完全不能改變形狀。

以上種種討論，便是原子概念的來源，就是今日的原子論，也是由此蛻化而成，不過根本上有了變動而已。第一不同之點，就是原子乃理想上的剛體這句話，已被放過一邊，認為並不重要；祇要原子「對於」物理變化依然固定的，確已經够了，至於原子的內部如何構成，完全是另外一個問題。我們早已指明，在這等物理變化裏面，固定的核心不但是原子，而且還有分子這一種合成的結

構。在另一方面說來，已有人承認過，物質裏面除這些核心以外，一定還有第二種什麼東西，這就是通過它們的間隙的一種束縛力。古代的人的確把事情看得太容易了，他們以爲各原子上面生着小小的鉤子，互相鉤牢在一起的；物質的內部，當然不能夠用如此粗略的方法去想像它的，因爲這不過是把那些粗糙可見的物質的現象，換成較小的向度而已，而這些物質卻尙待解釋。所以寧可說一定還有一種力，相似於行星運動正在作用的力，瀰漫於自由空間，而且在發生彈性畸變的推拉作用時，不得不需要它。

但是以上的種種思考，如果沒有得到別有來源的幫助，那麼雖有此等思考，物理學上的原子論也還未能成立；古代的原子論者，對於這另一來源，並沒有想到過。近代的原子理論，所以能够在物理學的範圍之內，建立它的偉大功績者，其原因在於有第二類的現象，和彈性發生了關係，而且需要原子論者的說明；這便是「熱的現象」。熱學的理論，創設於前一世紀，而今日以原子論爲主要根據的物理學，彼時即由此項熱學理論的發展，替原子論築下了偉大的基礎。

爲說明這些關係而起的觀念，其最重要者便是物質的質點「常在繼續運動」，以及此種運

動與熱有關係；一個物體愈覺溫暖，它的質點的運動必愈形劇烈。所以這種理論就叫做運動說。物質有固體、液體、氣體三種不同的基本狀態，此一事實就可從運動說得到簡單的解釋，這便是運動說的第一樣用處。當物質的溫度昇高的時候，不問是何種物質，都是依次經過這三種狀態的。照運動說講起來，這三種狀態的區別如下：在氣體狀態之中，各分子可以自由運動；它們都是急急忙忙地奔來奔去，東衝西撞，前後反跳，繼續不停，好像一羣的蜜蜂一樣。在另外一方面說來，液體狀態頗有幾分像那蜜蜂窠的內部；在液體的裏面，各分子都可自由運動，但是它們不能夠脫離液體；偶而或有個把分子，從那液體的集團逃出去，好像一只蜜蜂飛出蜂窠一樣，因而就發生我們所謂蒸發的現象。最後講到固體狀態，各粒子的自由行動權，是被廢除了；雖然它們仍舊在那兒動來動去，但是各原子祇在它自己的歇腳地四周，徘徊不定而已。我們或許可以想到一座大森林，其中的樹雖然也在風中擺動不止，可是並不能離開各自所據的原地位。

物理學家要用此等概念，去解釋固體、液體，以及氣體三種物質的定律，已告成功。就氣體而論，此項解釋最最簡單，因此之故，從分子運動的假定，大規模推得氣體物質各項已知定律的方法，我

們就選它出來講一講，作爲這種解釋的例子。

第一要說的，從分子羣的撞擊，可以簡單地解釋氣體的壓力。單一的分子，其衝力太小，那是不能獨被察覺的；然而因爲在一秒鐘內有無數次的衝突，所以我們不覺得有無數次各別的撞擊，祇覺得這無數的衝力，併成功均勻一致的壓力。所以這實在是我們的感覺，其精確度受到了不可避免的限制，因而分子羣的真正特性，蒙蔽着無從得悉，祇引起了一種印象，覺得有一個連續的物體，正在均勻一致地發出壓力來。氣體的壓力與體積，其間有一種關係，敘述此一關係的定律，是說體積縮成一半的時候，壓力就增爲兩倍；這一條定律的理由，也可以從「壓力來自無數各別的衝動」這句話，得到它的解釋。因爲我們倘若壓縮氣體，使它的體積縮成以前體積的一半，那麼分子可以自由運動的空間，也縮成了原來的一半，因此每秒內撞擊器壁的次數，也必等於以前的兩倍；這加倍的撞擊頻率，就顯出這現象學上壓力（ $\propto$ ）加倍的徵象。再進一步說，把這條定律推廣出去，連溫度的影響也顧到的時候，它的推廣部分，仍可以用運動說來解釋。當氣體溫度上昇的時候，分子運動的速度即由是而增加，於是每一次的衝突就變得格外劇烈了；所以體積固定，壓力隨溫度的昇

高而增加，其理由不僅是撞擊次數的加多，還因為每一次的衝突，力量也增加之故。這一種觀念，其在算學上的推論，也已經徹底闡發過了。如是說來，運動說不但在質的方面，而且在量的方面，解釋了物質的定律；運動說所以能够在物理學裏面，得到了卓越的地位，以致今日的物理學家，不會對它大大的懷疑，其故就在於此。所創計量的定律，其應用還不限於我們所已說過的這種簡單情形；在固體與液體裏面的複雜過程，以及永遠在那兒互相撞擊的各分子，其所行曲折的路徑，也已經在量的方面尋求過了；由這種研究，已能從數字方面，計算液體與氣體的內部摩擦，這種摩擦便是運動時所受繼續撞擊的阻礙。此外我們還可以說，分子的速度是非常之高；在尋常的室內溫度，分子速度幾達每秒一仟米（3280 呎）左右——這比地球上任何車輛的速度，要着實大得多。

現在講到此處，我們又遇到了一次特殊的改革，就近代物理學的思想而論，這種改革便是它的特徵。以前我們曾經說過，質點的運動與熱同時並起，這就是說，熱與分子運動是彼此有關係的；不過我們現在正要撇開這句話，改口說熱與分子運動是「同一的事情」。除了內部運動的狀態以外，並沒有特殊的熱的狀態；前者並不是以熱為因的結果，它本身也即是因，「熱即是分子的運

動」。我們在此處所用的原則，便是一切可免的區別，都棄而不取。來本之早已用公式表白過，熱與運動是二而一，一而二者，無可分別；我們可以在物理上最有變化的各點，追尋它的勢力，在今日的物理學家看來，這是素所習見的東西，他自己用過了都沒有覺得。在門外漢看來，我們所說的這句話，或者似乎有幾分不可信；他很可以想像熱是分子運動的「因」，但是要教他想像熱「即是」分子的運動，他就覺得這一句話，和我們由感覺而知寒暖的一切情狀，似乎互相抵觸。我們知道熱是一種情況，我們所具關於熱的感覺，是獨一無二的，而且和我們所兼具的運動感覺，根本上彼此各異；如是看來，要把熱與運動看做一而二，二而一的這一個假定，豈不是荒謬無稽麼？然而這樣的反駁，忽視了下面這一件事實。我們在本身內部所得的感覺與觸覺，決不能歸之於外界，歸之於這個客觀事物的世界。運動並不是我們經驗上所見的那種運動，卻是與我們的感覺沒有關係的一種事情，不受我們生存的束縛；力並不是我們緊張肌肉時所感到的那種力，卻是與我們毫無關係的一種東西，空虛渺茫，無從捉摸，存在於我們的意識之外。因而熱也是一種身外的客觀的東西，和我們由觸覺所經驗到的溫暖，根本上有所不同。溫暖的觸覺，起原於我們的皮膚裏具有一種特殊

的神經，這一種神經對於分子的衝突，發生一種反應，和觸覺神經所起的反應不同，它把這種衝突記錄起來，並不當它是壓力，卻認為它是一種具有新性質的感覺；我們稱之為溫暖的觸覺者，就是這一種感覺上性質。此情此境，與我們早已描寫過的光的情形，彼此相仿；光也是物理學上實物的振動，我們的神經記錄起來，以為它是一種有特殊性質的感覺——這準是光的感覺。假使我們果真要把感覺的特性，轉移到身外的自然界中，那麼我們對於物理現象與感覺本性間的根本聯絡，就一定有了誤解了；我們身外的物理現象，可以有——其實是不得不有——完全不同的本性，而我們要解釋熱這一種物理現象，說它是機械式的運動，認識論也絲毫不能阻礙我們。熱與機械式的運動，我們認為一體無二，我們在知識方面，已有了長足的進步；因為物理學上求真索解的本質，便是對於各種散漫的現象，要發見它們共通的根底，對於自然力五光十色的交互作用，要找到它們幕後的一致行動。在運動說方面，此事已大告成功；外貌上絕然不同的兩件事物，像熱與運動，我們承認它們是同為一體，這就使我們在那通到自然現象最後原因的路上，大大的跨前了一步。

假使物理學上的特種考究，沒有替認識論立下了基礎，那麼熱與運動的認為同一，像這種的

過程，就永不能用認識論上一般的思考，來替它辯白，而認識論沒有了這個基礎，恐怕要宣告失效了。兩種現象的認為同一，我們曾說過必須合於一個條件，這便是兩種現象無可分別——就目下這一種情形而說，物理學已能證實此項條件，到了難能可貴的地步。在事實上，從完全不同的方面，來了一枝救兵，纔獲得了實證；這一方面和原子學者對於自然的假說，並無關係，然而擁護分子論的最後決定，卻是由此而得，也好說是天命所在了。這便是廣博遠大的能量不滅理，此定理現在也加入了熱的運動說，而且在歷史上說起來，已成爲此說被人承認的一種原因。這一條定律，我們現在承認它可以通用於自然現象的全體，在起初的時候，人家以爲它不過是力學範圍裏邊的定律罷了；自從經人承認它在熱的現象方面，也可適用之後，它的身價登時增高十倍。這是羅柏脫·梅逸耳（Robert Mayer）的成績；熱的可以變形爲機械的功，由他而實現。非但是熱可變功，其間還有「數目」的關係；一定量的熱，總祇能生出一定量的機械的功——這便是梅逸耳發見的確定意義。於是熱與功的認為同一，在此處又得到了一種基本數目關係的扶助；熱被認為一種特殊的功，可以變成另一特殊的功，即「機械的」功。如是所示的概念，雖然仍有幾分奧妙神祕的特性，然

而運動說卻能够表示此一概念是何等自然，明晰無隱；熱與機械的功視爲同一已不復看做神祕的事情，熱無非是機械的功而已。熱是分子的無秩序運動所作若干的功，由數百千萬的微小質點，劇烈衝突而來；在另一方面，照平常的意義來說，機械的功便是全體的單向運動所需的能，使一切分子，都依單向的合力同樣地運動。而功的變爲熱，現在也容易了解了；這無非是從有秩序的運動變成無秩序的運動——照字面上的意義講，就是能的分裂，其分裂的主因便是質點的亂轉與衝撞。如是說來，能量不滅原理成了當然的事實，而運動說也因能量不滅原理而有此清晰的說明，並得到了擁護它的確證，所以運動說迄今稱爲熱的機械說。

還有第二件關於熱的基本事實，也一樣的重要，而且也可以用運動說來解釋。能量不滅原理，叫做熱力學第一律，與此相並而行的，還有熱力學第二律；這條定律所說的，便是物理學過程所經的「方向」。

在物理學裏面，各項過程有無向與有向的區別。一切純粹機械式的過程，都是無向的，因爲它們可以倒退回去；例如兩顆彈子相撞，在桌上滾轉，待其停止以後，若能用人爲的方法，使它們再起

運動，速度與上次相同，而方向相反，那麼兩彈子的滾轉與撞擊，就可以倒演一次。在另一方面說來，已知一切過程包含熱的現象者，都不能夠倒退，所以是有向的。最簡單的例子，便是熱從較暖的物體，流入較冷的物體。當兩物體接觸的時候，較冷的物體一部分的熱——此物體裏面，當然也有一定量的熱——也許會傳到較熱的物體上去，使它更熱一些，這是一件可以想像的事情；是以若有一塊燒熱的銅，投入冷水之中，銅或許會更熱一些，而水變得更冷一些。這種過程決不抵觸能量不減律，因為熱體所得的能，可以恰由冷體所失的能來償補。然而這種現象並不發生，乃是一件基本的事實；這件事實是我們大家所熟悉的，所以剛纔所說的那種情況，雖然決不會被思想律所排除，也似乎是差不多不會想到的。這一件事實所表示的，卻是一條自然界的定律，物理學已用公式去表白它，作為熱力學第二律。有一句話不得不再說一說的，就是要切實敘述這一條定律，我們的概念必須有更精確的定義。沒有任何保留，我們或許不可以說，較冷物體的熱，不能夠傳給較暖的物體；我們的確可以發明一種器械，由迂迴曲折的路徑，達到這個目的。在一具蒸汽引擎裏面，蒸汽的溫度不過比攝氏一百度稍稍高一些。現在我們假使用這具蒸汽引擎，去運轉一座發電機，而把所

發生的電流輸送出去，通入電燈的燈絲，這燈絲的溫度，就昇到攝氏二千度左右，然而它的來源，卻是溫度低得多的熱效應，這是我們所知道的；蒸汽的溫度不過比攝氏百度稍稍多一些，它一部分的能，卻已變成了燈絲的熱能，其溫度在攝氏二千度左右。但是這件事情的所以能辦到，祇因為我們所說的這種轉換手續，其規模非常宏大之故，其中所用及的熱量，要比燈絲的熱大得多；假使把這些熱量併攏來總計一下，我們就可以察知，以全體而論，仍舊是熱的降低，從高溫度降到低溫度。物理學家對於這一層關係，為求更精確的公式起見，已創立了所謂「熵」的概念，而且設下了一條定律，說在一切熱的過程裏面，假使我們就該過程中所關及的一切物體統計一下，那麼熵的數值必定增加，絕不間斷。熱力學的第二條定律，已經塑成這一種算學的形式。熵切不可視為能的供給量，必須視為帶有「均一化」特性的數量，看做「情況均一化的程度」。於是這第二條定律所說的，便是熱的過程發生時，一切有關的熱量，其均一化的程度不絕增加。

熱學理論家闡發這一條定律時，其所據的各項實驗與種種思考，並未利用到熱的運動說。隔了很長的時間以後，纔有維也納的一位物理學家，叫做波爾茲曼(Boltzmann)的，也用運動說來