

53 815

104537

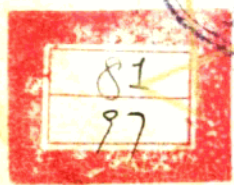
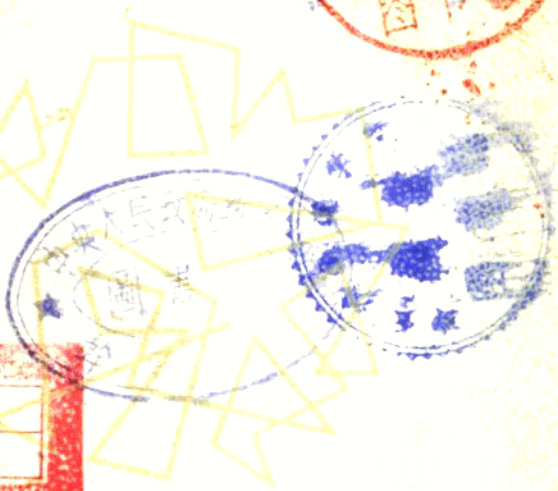
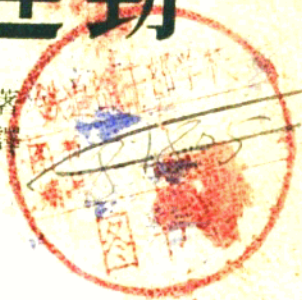
KDL
1952.12.

蘇聯大眾科學叢書

81

分子的運動

庫德列夫蔡夫著
江偉珊譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書

分子的運動

庫德列夫蔡夫著

江偉珊譯

商務印書館

В. В. КУДРИВЦЕВ
ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ

蘇聯大眾科學叢書
分 子 的 運 動
江 偉 珊 譯

★版權所有★
商 務 印 書 館 出 版
上海河南中路二一一號
中 國 圖 書 發 行 公 司 發 行
商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷
(58121)

1952年5月初版 1953年6月3版
印數5,000—10,000 定價¥2,000

蘇聯大眾科學叢書已出各書

我們周圍的電學	畢略可夫著	沈慶昇譯
我們的化學	魯賓雅契可夫著	舒山德譯
新的化學纖維	布留托契可夫著	董德沛譯
人造橡膠	克烏托契可夫著	董德沛譯
有機合成	列烏托契可夫著	董德沛譯
結晶體	凱達哥拉斯尼著	李新英譯
電子顯微鏡	庫什尼爾著	張玉新譯
日常生活中的電器	奧霍列夫著	劉達麟譯
凝結了的聲音	庫德列夫著	馬高文譯
聽不見的聲音	庫德列夫著	江安王譯
聲音和聽覺	庫德列夫著	石英悅譯
分子的運動	庫德列夫著	王維恩譯
人類史前的地球	格羅戈里著	周延龐譯
海洋	扎瓦達包著	周延龐譯
火山	扎瓦達包著	周延龐譯
河流的生命	加爾布諾夫著	周延龐譯
風及風的故事	加爾布諾夫著	周延龐譯
天氣與天氣	卡列斯頓著	周延龐譯
大氣是什麼	卡列斯頓著	周延龐譯
宇宙間的無生物	考施爾著	周延龐譯
宇宙間的生物	考施爾著	周延龐譯
偉大的生理學家	考施爾著	周延龐譯
金屬的性質	考施爾著	周延龐譯
噴氣式飛機	巴葉夫；梅爾庫	巴葉夫；梅爾庫

目 次

引 言.....	1
一 羅蒙諾索夫.....	2
二 永恆的運動.....	6
三 以鎗彈的速度運動着的分子.....	10
四 熱是什麼?	14
五 比較有規則的液體.....	18
六 完全有規則的固體.....	20
七 分子砲隊.....	25
八 液化氣體.....	29
九 物質的三態.....	34
尾 語.....	36

引 言

大約在二千五百年以前，人們就天才地猜測了，環繞於世界上的一切是由很小的質點構成的。最初提出這個見解的許多人之中的一個，是紀元前五世紀的希臘哲學家狄摩克利特。他認為這些很小的質點是不可分的，因此叫它們做原子(Atom, 原子照希臘文的意義是不可分的)。

狄摩克利特認為，環繞於我們的世界的所有的許多種類的物質均是由於原子的各種運動和各種結合而產生的。

狄摩克利特寫道：“所有的一切都是由原子構成的，……物質彼此間是以其構成的原子、原子的排列秩序和位置而區別的。”

狄摩克利特很好地解釋了物質的許多性質以說明一切是由原子構成的。譬如他這樣地解釋了花的香味，從花中飛出去的原子落到人們的鼻孔內，於是而引起了有香味的感覺。

從前狄摩克利特的觀點會流傳很廣。但是過了幾百年之後，他的學說就被人忘掉了。在中世紀時期基督教會獲得大權以後就努力把人類思想從一切物質生活中引開。古希臘的藝術和科學被宣佈為異教的，教會認為對藝術和科學有興趣是一種罪孽。

不僅如此，在一六二六年二月，巴黎議會以死刑的恐怖來禁止傳播“世界一切是由原子構成的”這種思想。

但是，過了幾年之後，就在巴黎又重新開始了狄摩克利特的思想的傳播。這次狄摩克利特的繼承者是法國的哲學家加辛基。

加辛基起來反對中世紀的對科學的無知和教會的權威。在他的著作裏，他堅決地認為世界上的一切是由我們眼睛看不到的極小的質點

構成的。

但是加辛基沒有能使原子學說成為公認的學說。又過了將近一百年，原子學說又找到了一個新的非凡的擁護者——偉大的俄羅斯的科學家，米哈依爾·瓦西列維奇·羅蒙諾索夫。羅蒙諾索夫不僅承認了周圍物體是由原子構成的這個真理，他還應用原子學說，解釋了物質的各種性質和變化。原子幫助羅蒙諾索夫正確地解釋了什麼是熱，明瞭了為什麼氣體會抗拒壓縮，幫助他找到了將來可以用來製造更完善的機器的定律，以及其他等等。

在羅蒙諾索夫以後，原子學說開始為大家所公認了。

然而這並不是一下子就是這樣的。還在十九世紀的後半期，各派的唯心論者，想盡種種辦法，企圖阻礙原子學說的傳播。很多惡劣的理論家努力想把原子從科學中“驅逐”出去，因為照他們所說，原子是人們想像出來的東西。

只是由於長久而緊張的鬥爭的結果，各國的先進研究者才鞏固了為羅蒙諾索夫第一個提出來的見解，於是原子學說才得到了公認。

在為原子學說的鬥爭中特別有大功勞的是奧大利的物理學家，J.保爾茲曼，天才的波蘭學者，M.斯摩路赫夫斯基和不久剛死去的蘇聯的朋友——法國人彼倫。

這本書是敘述：看不見的物質質點的主要而不可分割的特性——關於它們的運動和同運動有關聯的物體的性質。

一 羅蒙諾索夫

在人類歷史上有很多著名的偉大學者，藝術家和詩人。但是在他們中間我們不一定能找到另外一個人像羅蒙諾索夫一樣有這樣豐富的、

多方面的天賦才能。

羅蒙諾索夫誕生於一七一一年的秋天，地點在庫羅斯特洛夫斯基島，德文納河口上，對着赫爾摩格爾城的丹尼索夫克村。

一七三〇年，當羅蒙諾索夫十九歲的時候，他離開家鄉到了莫斯科，入了“斯拉夫——希臘——拉丁語學院。”過了四年之後，羅蒙諾索夫作為優良學生之一，前往彼德堡，入了大學。又過了半年，他被派往國外去學習冶金和礦業。

羅蒙諾索夫在他國外度過的五年中，從他外國教師那裏吸取了他們所能給他的一切知識。但是他雖然是在外國人那邊學習，他却不只是學會了模倣人家。過了不多時候，在若干場合中，羅蒙諾索夫已經是成為不遠以前還是他自己的教師的教員了。

羅蒙諾索夫的興趣範圍到底有多大，是很難概括的。普希金曾經這樣講過羅蒙諾索夫：“他以非凡的理解力並結合着特殊的毅力，而通曉各種學問，他是歷史學家、修辭學家、化學家、礦物學家、藝術家和詩人，他嘗試一切，並洞悉一切。”

羅蒙諾索夫的多方面的天才使外國人感到非常驚異，他們簡直不能想像會有這樣的一個人。還是不久以前，在幾本外國的化學史書裏便曾經寫着，有兩個羅蒙諾索夫，一個是化學家，而另外一個是詩人。

正如俄羅斯人民所有的好兒女一樣，羅蒙諾索夫熱愛着祖國並且為壯大祖國的力量和改善人民的生活，盡了很大的努力。羅蒙諾索夫關心着知識的傳播，創立了莫斯科大学，直到現在它仍然是蘇聯最大科學中心之一。

著名的詩人羅蒙諾索夫在談到俄國語言的時候，曾經這樣講過：“羅馬皇帝查理五世說過，西班牙文是適於同上帝講的，法文是適於同

朋友講的，德文是適於同敵人講的，意大利文是適於同婦女講的。但是假使他學會了俄文，他一定會加以這樣的補充：俄文可以同一切人講。因為他可以發現在俄文中，具備着西班牙文的壯麗，法文的活潑，德文的剛健和意大利文的柔美。”

羅蒙諾索夫研究過各種部門的學問，特別是物理和化學。

羅蒙諾索夫在俄國創立了第一個純粹爲了科學研究的化學實驗室。他第一個知道了在化學變化中稱量物質的意義。

羅蒙諾索夫在做了許多次試驗以後，證明了早就爲他所發現的偉大的自然法則。

還在一七四八年，羅蒙諾索夫便曾經寫過：“在自然界裏所遇到的一切變化是這樣進行的：假使從某種物體上移走了什麼物體，那麼必定會在其他物體上增加了同量的物體……這個一般的自然法則也可以應用到運動的規律裏……”這個一般的自然法則的意義，是只有到了我們現在的時代，才能完全明白。按理說，這個法則是應該叫做羅蒙諾索夫法則的。

研究了物體的性質以後，偉大的俄國學者解釋了這種性質的真正原因，如氣體的彈性和在摩擦下物體的變熱等等。

物體受熱的時候有什麼變化？什麼是熱？爲什麼物體會被地球吸住呢？爲什麼氣體拒絕凝結？爲什麼把東西放在嚴寒的地方就要變冷？——在羅蒙諾索夫的時代，這些問題特別使科學界感到興趣。

這時候在歐洲的科學界中，存在着對於上面所列舉的一切問題的一種解答。即爲了解釋這些不懂的現象，這些科學家就弄來了一整套不可思議的“不可稱量的物質”或者像他們稱爲不可思議的“物質”的東西。例如，這裏面便曾存在過“不可稱量的熱的物質”，“不可稱量的彈性

物質”、“冷的物質”等等的名稱。在這些“物質”的幫助下，這些科學家就可以隨意地解釋一切現象，但是按其本質而說，却什麼也沒有解釋。譬如，對於使你們感到興趣的這個問題：為什麼把一壺水放在火上就會變熱？解答是這樣準備好的：因為“不可稱量的熱的物質”被火分離出來而跑到了水裏，於是水就熱了。

你們知道，為什麼氣體拒絕收縮呢？因為在那裏面有“不可稱量的彈性物質”在抗拒着被氣體所佔據的容積的減小。

對於未知現象的這種“解釋”，使我們記起對一個喜劇中所講的一個庸醫的推論。我們知道在罌粟花的子裏有種催眠的物質——鴉片。庸醫就這樣地解釋了鴉片的催眠作用；“鴉片所以能催眠，是因為它具有催眠的特性。”



M · B · 羅蒙諾索夫

1711 年生，1785 年死。

很明顯地，這種解釋等於沒有解釋，因為它並沒有幫助我們了解在自然界中所以發生這些或那些現象的原因。

因此，羅蒙諾索夫開始同這些“不可稱量的物質”作鬥爭。在他的論文中，他證明了可以不用神秘的“物質”來解釋熱和氣體的彈性。

那麼，怎樣來解釋這些現象呢？

羅蒙諾索夫認為，一切物體是由極小的質點，或者如他所稱‘微粒’所構成的。‘微粒’是非常小的，因此甚至於在少量的物質裏，它們的數目還是很多。

‘微粒’的運動和相互作用決定了物體的性質。

羅蒙諾索夫的學說遭受到大部分國外學者的極端敵視。在一七五四年，一個叫做阿爾諾雷德的人爲了獲得德國埃爾蘭根斯基大學的學位，寫了一篇論文“成功地論證了”羅蒙諾索夫對於熱的解釋的錯誤。

但是公平的歷史裁判證明了羅蒙諾索夫是對的。他的學說被很多的著作進一步發展爲完整的學說，關於這個學說，我們下面就要講到。

二 永恆的運動

最近一百五十年間科學的發展，極清楚地證明了羅蒙諾索夫的天才思想是正確的。

被偉大的學者叫做‘微粒’的質點，後來開始被叫做‘分子’。實際

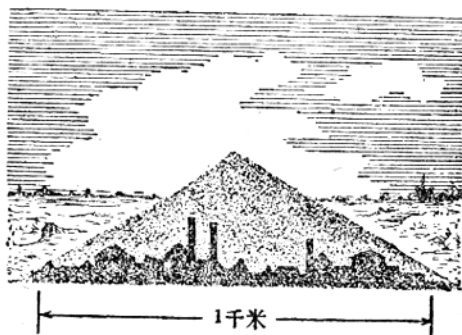


圖1 假使我們把1立方厘米的空氣中所含有的分子用同樣多的砂粒堆在一起，我們就可以得到這樣一個可以遮蓋一個大工廠的砂堆。

上，分子是很小的（圖 1）。

我們可以從這樣一個例子裏看出在任何物體中的分子是那麼小，而它們的數目是那樣多。假設我們拿一杯水，能夠用一種特殊顏料把這水裏的分子都顯示出來。讓我們把這杯分子有記號的水倒在海洋裏，並且將世界上所有的大洋、海與河間的水都混合起來。現在如果在任何一處汲取一杯水，則在杯中將顯出近百個爲我們已經認知的帶有記號的分子。

分子是這樣小，以至於很難想像到它們是由更小的質點構成的。而事實上，分子確是由更小的質點——即現在所謂的原子構成的。

在我們這本書裏，我們將討論物體有些什麼樣的特性和什麼樣的變化，但是這些特性和變化却不能告訴我們分子的複雜構造。因此我們只須想像分子是處在極小的硬球狀態中，而不必再想像它們是怎樣構成的。

雖然在高度的普通顯微鏡下，甚至於也不能見到分子；學者們還是找到了極精確的方法證明了它們的存在。不久以前，人們造成了一種非凡的儀器——電子顯微鏡，它可以將分子放大到使我們可以看見個別的分。圖 2 表示着在電子顯微鏡幫助下所製成的一種複雜化合物的分子的圖樣。真的，這種分子在各種分子中要算是很大的了。因爲普通分子是小得即使在電子顯微鏡

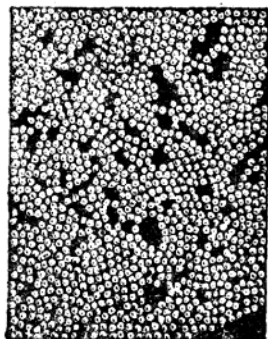


圖 2 在電子顯微鏡下所看到的一種複雜化合物。

下面也不能被我們看到的。

分子的性質是怎麼樣的呢？

大約在一百年以前，馬克思和恩格斯寫過：“物質的第一個和最重要的天然性質是運動。”分子不是處在靜止狀態之中，而是在不斷地運動着。

顯而易見地，就是空氣中的質點也是在不規則地運動着，不斷地碰撞着，好像在射擊着我們的身體。

爲什麼我們沒有感覺到這些碰撞呢？原因很簡單：我們已經知道，分子是非常小而輕的，因此我們的感覺器官就不會覺察到各個分子的微弱的碰撞。正如當蚊子停在我們所戴的帽上的時候，我們也不會感受到帽子會增加了重量。然而，蚊子却是由數十億個分子構成的呢。

可是，假使運動着的分子很快地碰到一個體積比它小得很多的質點上，在這種情況之下碰撞對於質點已經不是毫無作用的了。

我們每個人不止一次地看見了，當太陽光射到黑暗屋子經過百葉窗的裂縫或者拉得不太嚴密的窗簾的時候，通過了空氣而使得太陽光中很多極小的微塵，變得非常明顯。這時候可以看到一種多麼不規則的運動！微塵奇妙地奔馳着、旋轉着，這使我們想起在溫暖的夏晚的蚊羣。假使用顯微鏡去觀察普通香煙霧中的質點，我們也可以看到這種不規則的運動。假使把極小的質點放到液體裏面去，那麼它們也會完成這種奇妙的運動。例如，撒到水面上去的花粉質點就會描繪出錯綜複雜的圖案來。

微塵在它自己的運動中是毫不疲倦的！不論多少時候一小時、一天、一星期，我們可以觀察到微塵還是同樣地繼續它們沒有終止的舞蹈。這種運動的原因在那裏呢？什麼東西在迫使分子不斷地改變它們

的道路，又好像撞到看不見的障礙物一般，忽然地跳到另一邊去呢？

初看起來，解答是很簡單的：因為環繞於我們周圍的空氣是沒有一刻兒會完全靜止的。甚至於在沒有一點風的時候，冷熱空氣遇在一起也會交流起來。像這樣的熱流在冷熱不均的水中也可以看得到。

是不是這些彼此碰撞，互相攪亂的流動在促使微塵的運動呢？我們可以來證明一下，究竟它是不是這樣的。讓我們拿一杯水，把花粉加進去，再用棉花把杯子包起來以便防熱防冷，然後把它放到離開窗子很遠的桌子上去。過了幾小時或幾天，整個液體就會成為同一個溫度的，（其中的熱流已消失了）。那麼，我們的粉末如若不再被追趕，或許就不會再運動了。但是，假使我們用顯微鏡來看，就會再看到，在粉末之間還是生氣勃勃的，它們還是跟以前一樣，像是被一種奇妙的力量追趕着的一般，不規則地奔馳着。

這就是說，液體或氣體的各層的不同溫度所引起的攪動，並不是微塵運動的原因。

讓我們另外再找一個對於不可思議的微塵運動的解釋。是不是我們同你們本身是這個運動的原因呢？因為被我們用以觀察微塵運動的杯子是停放在桌子上，而我們却在屋裏走動着，一會兒關門，一會兒開門，不斷地在使桌子受到震動。就是在我們不動的時候，街上也還有駛行着的汽車、電車和公共汽車在替我們振動着哪！

爲了避免這些振動，學者們就到了地下室，在那裏面裝有液體的器具是處在完全靜止的狀態中。但是甚至於這樣，也不能使微塵安定下去，它們仍舊不知疲倦地運動着！

到底是什麼力量在促使它們運動呢？

假使仔細觀察一下上述的實驗，我們將會看到比微塵運動更奇怪

的情況。

實際上，上述現象還可以這樣地來觀察：把任何不溶於水的物質的極小質點加到水裏（這個物質可能比水還重），在後者的情況下，質點是應該沉落並聚集在杯底的。但是假使我們用泥土來做這樣一個試驗的時候，我們就會看到質點並沒有沉落到杯底，而却是像圖 3 所表示的那

樣分散着。下面質點較多，上面較少。不論我們觀察多久，這種分散情況總是不變的。

什麼東西阻止了微塵的下落呢？

顯然地，促使微塵運動並阻止它下落的原因只有一個：那就是水的分子對於微塵的撞擊。

當然，每個微塵的奇妙運動並不是單個分子撞擊的結果。問題是在於每一瞬間，撞到微塵一面的分子要比撞到其相對一面的分子更多，或者是由於分子撞擊的速度較大。所有這些撞擊組合起來，就會促使微塵向着那些數量極多或者運動特快的分子移動的方向運動了。

微塵運動是以其發現者——**布朗寧**的名字而叫做**布朗寧運動**。而用以解釋微粒在分子的撞擊

影響下的不規則運動的理論，是為波蘭的學者**M·C·斯摩路赫夫斯基**所發展了的。

布朗寧運動使學者得以探索分子的運動，正如草原上的打獵者利用草動來追蹤在草裏跑着的鳥一樣。

三 以槍彈的速度運動着的分子

在生活中，我們常常習慣於同固體和液體打交道，而同氣體比較少。因此，固體和液體對於我們，要比那些不可捉摸的，見不到的氣體是更為普通而熟悉的。然而，並非所有我們覺得簡單而清楚的東西都真正是簡單的東西。氣體顯然比液體或固體有着比較簡單的構造，它的分子的行為是比較容易研究和理解的。

假使我們製造了一副可以看到各個分子的顯微鏡，並且用這個顯微鏡來觀察一下靜止的空氣或者其他的任何氣體，我們就會發現在那“靜止”的空氣或氣體中有着不可想像的混亂和騷動。氣體分子以極為懸殊的速度沿着所有的方向不規則地運動着。初看起來，這兒並沒有運動的任何規律。有些分子運動得快，有些分子運動得慢；沿着每個方向都有一些分子在運動着。假使測量一下很多分子的運動速度，那我們也可以知道只有很小一部分的分子是極快或極慢地運動着的。

英國的物理學家R·馬克思威爾發明了科學上重要的定律。它指出了分子的速度是怎樣分佈着的（就是說那些分子運動得慢，那些分子運動得快）。

試驗證實了這個定律的正確，依照它說，極大多數分子的運動速度彼此間很少有區別。因此，如果說一切分子以平均的速度運動着，是沒有多大錯誤的。

我們可以用這樣一個例子來說明一下。假定我們把剛剛被徵入伍的同年齡的士兵們集合在一起，排列起來，使每排的士兵都是一樣高的個子；然後將最高的士兵排在右邊，將最矮的士兵排在左邊，如圖4所表示的，那麼就可以見到在新入伍的士兵中，很高和很矮的人都只有幾個，而越靠中間的排列就越長。大部分的士兵都接近於平均高度的。只要我們選擇了相當數量的士兵，那麼這個定律將永遠是正確的。但是

假使我們爲了證實這個定律，選擇了十個或十一個士兵，那麼我們將意外地會發見這個定律有相當的偏差。以平均速度代替分子的不同速度，只有當分子的數目非常多的時候，才不致於發生錯誤，因爲這時候與平

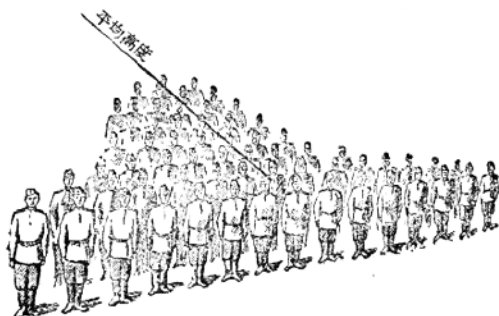


圖4 按身高而排列的士兵們。

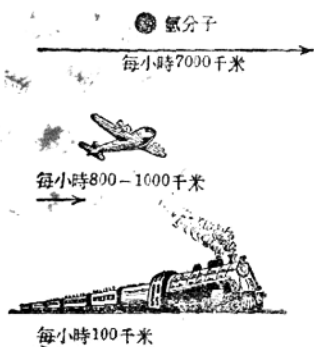


圖5 在普通溫度下，氫分子要比飛機和火車運動得快。

均速度相差很多的分子是不會很多的。而在很小體積的氣體中，例如在只相當於針頭大小的體積的氣體中就包含有十六個零的巨大數目的分子。因此在一切實際情況下，我們認爲所有的分子都是以一種同樣平均速度運動着，是沒有錯誤的。

氣體分子運動的平均速度究竟有多大呢？

各種不同的氣體有着各種