

# 物性学

聞詩編著

商务印书馆

53.81

787

# 物 性 学

聞 詩 編 著

南 京 印 書 館

1939年 北 京

## 內 容 提 要

本書分为气体、液体和固体三部分,闡明物質三种聚集态的結構和性質及其基本原理;在理論和实验結合下,作了詳尽的說明。

本書也可称为分子物理学。本書除論述最普遍的物理性質外,特別着重研究大量分子集体所表現的宏观性質和行为,并給以微觀的解釋。本書也給出金屬物理学和結晶学方面的基础知識和概念;还指明了統計物理学方面的实验方法。

本書是高等学校物理教师及物理系同學們的重要参考讀物,也可供研究金屬物理学和統計物理学者們的参考。

## 物 性 学

聞 詩 編 著

---

商 务 印 书 館 出 版

北京东总布胡同 10 号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 107 号)

新 华 书 店 总 經 售

上 海 大 东 集 成 联 合 印 刷 厂 印 刷

統一書号 · 13017·193

---

1959 年 9 月初版

开本 850×1168 1/32

1959 年 9 月上海第 1 次印刷

字数 330,000

印張 13 10/16

印数 1—4,200

定价: (10) 2.00 元

## 序

本書內容分成氣體、液體、固體三部分，著者盡量闡明了物質構造的基本原理，並引用實驗的方法，使物質的性質在理論和實驗方法相結合之下，得到充分的說明。

由於氣體分子經常作出無規則的、不斷的微观運動，這就使我們需要採用統計的方法，來解釋大量分子集體所表現的宏观性質和行為，所以在氣體部分中，首先應用几率論，求出氣體分子速度分布定律，並廣泛地加以應用。由於稀薄氣體和一般壓力下的氣體的性質大相懸殊，又因真空技術在今日的重要性，所以不厭求詳地描述了稀薄氣體的性質、低壓獲得的方法以及儀器的理論基礎。布朗運動直接証明了分子的運動，也專立一章，論述這種運動的性質及貝林的實驗。

范德瓦耳斯於 1872 年在他的“論氣態和液態的連續性”一篇論文中，把氣體分子運動論的方法推廣到液體狀態中。我們應用他的內壓力公式，計算了因液體分子間的相互作用而造成的內壓力。內壓力的強大使分子間的距離，在分子密集的区域中，等於分子直徑的百分之五到百分之十。這說明了，某質量的液體在同樣條件下所占有的體積，比起同質量的氣體來，要小得多。由於液體分子彼此這樣的靠近，有這樣強大的相互作用，所以就引起了毛細現象的產生，表面張力的形成。關於表面張力的各種測定法在液體部分中占着相當多的篇幅，並對這些方法的優缺點加以評比。液體分子雖然彼此靠近，但它們仍可自由緩慢地運動。因此，液體同氣體一樣，也有粘滯、擴散、熱傳導等現象。最後敘述的水質點的振動和軌道的形狀是說明水質點在外力影響下和在鄰近質點的

相互作用場中,按一定的規律發生運動。

固体中粒子(分子、原子、离子)間的相互作用,比起在液体中的更为重要。作用的强大使粒子保持一定的平衡位置,造成一定的秩序。但由于粒子間有了不同类型的化学鍵,以致有各种形式的晶体点陣的形成。劳厄利用晶体的这种有規則的結構,用作分析X射綫的分子光柵。劳厄的實驗不但証明了X射綫具有电磁波的性质,还引起了布拉格对晶体的結構,提出反射定律来联系X射綫的波長和晶体粒子間的距离。在固体部分中,对晶体按化学鍵的分类,按宏观对称性的分类,晶体点陣能的計算以及点陣因粒子的剧烈运动所引起的破坏,都作了簡要的叙述和說明。此外,对均匀性的固体和晶体的彈性形变以及單晶体范性形变的基本性質,也予以同样的重視。万有引力是宏观物体間的相互作用。在这章中,着重地叙述了万有引力普遍常数  $G$  和地球密度  $D$  的各种測量方法。

在固体部分中,本書着重于固体的結構和性質的描述,显然,这部分材料对开始研究金屬物理学的和結晶学的人說来,都是为他們所需要的基本知識和基本概念。

現在除了物質在电磁場作用下所引起磁化和極化这些性質,以及光和物質(分子、液体和晶体)相互作用所表現的性質以外,本書所探討和研究的这些物質性質,都是最普遍的物理性質,对高等学校物理教师和物理系同学增广学識、提高业务水平說来,本書似可作为他們的参考資料或者成为必讀的書。

至于光和物質相互作用所表現的性質,現在是放在分子光学中研究的。分子光学为分子物理学的一个部門,它所研究的問題是关于以光和物質相互作用所發生的分子光学現象,来研究分子、液体与晶体的結構和性質,以及高分子物質与胶体系統的結構和性質。这就使分子光学在物理学、化学,以及在气象学和天文学中

具有巨大的实用意义。因此,可以指出,分子光学是目前分子物理学發展的一个主要方向。

总的說来,物質分为气体、液体和固体三种状态是完全取决于分子間的相互作用;若分子間的相互作用来得弱,甚至可以忽略,物質就以气体状态出現;若分子間的相互作用来得强,物質就以液体状态或固体状态出現。但不論物質处在那一种状态,分子总是永恒不断地运动着。这种运动着的分子、原子或基本粒子的个别性質和运动規律,常在量子力学中进行研究。至于大量分子集体所表现的宏观性質和行为,如扩散、渗透、粘滯、热傳导等現象則为本書所应研究的范围;在气体部分中对这些現象且給以微观的解釋;在液体部分中,从实验定律出發,求出宏观数量間的关系,再用实验方法說明了表达各現象性質的系数如何测定,但气体中的微观解釋仍可适用于液体,也可适用于固体中的电子气。这样,本書定名为分子物理学也是可以的。同时本書又涉及統計物理学的范围。在統計物理学中,我們从原子、分子或基本粒子的性質出發,来研究大量这种粒子所組成的而处在平衡状态中的宏观物理系統的性質和行为。显然,这就和本書所研究的,有共同的地方。因此,本書对学习統計物理学者的要求說来,也可作为重要参考讀物,因为一般統計物理学中,很少提到实验方法,如果从实验方面,获得了証明,那么对于問題的了解,自然会更进一步。

本書如有未妥善处,希望讀者們提供意見,并加指正。

聞 詩

1959年4月1日

# 目 录

## 序

## 緒論..... 1

§ 0-0-1. 物体的状态 § 0-0-2. 物質的构造 § 0-0-3.  
物質分子的運動 § 0-0-4. 分子間的相互作用 § 0-0-5.  
确定物質状态的因素 § 0-0-6. 量度的單位

## 第一編 气体.....10

### 第一章 理想气体基本定律..... 10

§ 1-1-1. 理想气体 § 1-1-2. 玻意耳-馬略特定律  
§ 1-1-3. 盖-呂薩克定律 § 1-1-4. 查理定律 § 1-1-5.  
理想气体状态方程 § 1-1-6. 状态方程的应用

### 第二章 气体溫度計和气压計..... 18

§ 1-2-1. 气体溫度計 § 1-2-2. 卡兰达补偿定压空气溫  
度計 § 1-2-3. 标准氫溫度計 § 1-2-4. 理想气体溫度  
标 § 1-2-5. 福廷气压計 § 1-2-6. 气压与高度的关系

### 第三章 气体分子运动論的基础..... 29

§ 1-3-1. 分子运动論的成長 § 1-3-2. 分子运动論有統  
計的性質 § 1-3-3. 理想气体的压力 § 1-3-4. 理想气  
体定律的导出 § 1-3-5. 速度的分布. 麦克斯韋定律  
§ 1-3-6. 分子的速度 § 1-3-7. 分子速度的直接測定

### 第四章 理想气体的內能..... 46

§ 1-4-1. 單原子理想气体的分子比热 § 1-4-2. 多原子  
理想气体的分子比热. 自由度. 能量分布 § 1-4-3. 气体  
的混合. 能量均分 § 1-4-4. 分子按能量分布 § 1-4-5.  
能量分布于分子間的一般定律 § 1-4-6. 动能的均匀  
分布定律 § 1-4-7. 密度的分布. 气压升降的公式  
§ 1-4-8. 在力場中气体分子的分布

### 第五章 眞实气体..... 60

§ 1-5-1. 玻意耳定律的缺陷 § 1-5-2. 安德魯的實驗等

溫曲綫 § 1-5-3. 范德瓦耳斯状态方程 § 1-5-4. 范德瓦耳斯方程的推导 § 1-5-5. 求出  $a$ 、 $b$  值的方法 § 1-5-6. 范德瓦耳斯方程的討論 § 1-5-7. 范德瓦耳斯方程的缺陷 § 1-5-8. 应用克劳修斯維里理論推导眞实气体的状态方程 § 1-5-9. 从分子碰撞的研究导出眞实气体的状态方程 § 1-5-10. 对应状态定律 § 1-5-11. 眞实气体的內能 § 1-5-12. 焦耳-湯姆孙效应

## 第六章 气体內迁移現象 ..... 95

§ 1-6-1. 分子平均自由路程 § 1-6-2. 一个分子經過一段路程  $x$  沒有遇到碰撞的几率 § 1-6-3. 自由路程分布 § 1-6-4. 平均自由路程的实驗測定 § 1-6-5. 迁移現象 § 1-6-6. 粘滯現象 § 1-6-7. 粘滯系数的精密測定 § 1-6-8. 压力对气体粘滯性的影响 § 1-6-9. 溫度对粘滯性的影响 § 1-6-10. 气体的热傳导 § 1-6-11. 管綫同軸法 § 1-6-12. 扩散現象 § 1-6-13. 气体分子的大小

## 第七章 稀薄气体 ..... 124

§ 1-7-1. 低压下气体的性質 § 1-7-2. 气体流經毛细管 § 1-7-3. 分子的流动的理論 § 1-7-4. 实驗的証明. 分子压强計 § 1-7-5. 麦克劳压强計 § 1-7-6. 分子的泻流 § 1-7-7. 热流逸 § 1-7-8. 克努曾絕对压强計 § 1-7-9. 極低压力下的热傳导 § 1-7-10. 电阻压强計和电离压强計 § 1-7-11. 眞空抽气机 § 1-7-12. 凝結和蒸發

## 第八章 布朗运动 ..... 158

§ 1-8-1. 布朗現象的一般性質 § 1-8-2. 布朗运动的理論. 爱因斯坦公式 § 1-8-3. 貝林的实驗. 阿伏伽德罗常数的測定 § 1-8-4. 自轉布朗运动 § 1-8-5. 气体中的布朗运动

## 第二編 液体 ..... 169

### 第九章 液体表面現象 ..... 169

§ 2-9-1. 表面效应的起原 § 2-9-2. 表面能和表面張力 § 2-9-3. 总表面能 § 2-9-4. 表面張力、曲率和压强的关系 § 2-9-5. 薄膜的形状 § 2-9-6. 柱状膜的穩度和液柱的穩度 § 2-9-7. 液体的噴射 § 2-9-8. 表面張力測定法 § 2-9-9. 两液面間表面張力的測定 § 2-9-10. 一种液体的液滴展布于他种液体的表面上. § 2-9-11. 表

面張力和溫度 § 2-9-12. 平衡时的汽压和液体的曲面  
 § 2-9-13. 雲霧的造成 § 2-9-14. 拉普拉斯的毛細現象  
 理論 § 2-9-15. 从汽化潜热計算 $K$ 值 § 2-9-16. 液体  
 的抗張强度 § 2-9-17. 液体分子的逃逸 § 2-9-18. 范  
 德瓦耳斯方程中 $-\frac{a}{V^2}$ 項的計算

## 第十章 液体的壓縮性和粘滯性 ..... 211

§ 2-10-1. 液体的彈性 § 2-10-2. 液体的体积彈性系数的測定 § 2-10-3. 液体的壓縮系数 § 2-10-4. 測定液体粘滯系数的方法 § 2-10-5. 液体在細管內的流动 § 2-10-6. 粘滯計上用的毛細管的選擇 § 2-10-7. 泊肃叶方程的改正 § 2-10-8. 临界速度 § 2-10-9. 水的粘滯系数 § 2-10-10. 測定粘滯系数的其他方法 § 2-10-11. 柱体轉动粘滯計 § 2-10-12. 麦克斯韋的轉动盘法 § 2-10-13. 斯托克斯定律 § 2-10-14. 小球落下法 § 2-10-15. 液体粘滯系数和溫度的关系 § 2-10-16. 液体粘滯系数和压力的变化 § 2-10-17. 滑潤

## 第十一章 液体的渗透 ..... 238

§ 2-11-1. 渗透 § 2-11-2. 渗透压力 § 2-11-3. 范托夫的液体运动論 § 2-11-4. 渗透压力和溶液的汽压 § 2-11-5. 沸点升高和渗透压力的关系 § 2-11-6. 凝固点的降低和渗透压力的关系 § 2-11-7. 渗透压力的測定 § 2-11-8. 两类电解溶液 § 2-11-9. 德拜和許盖尔的强电解液理論 § 2-11-10. 任何一类型的强电解質的溶液

## 第十二章 液体的扩散 ..... 264

§ 2-12-1. 盐类在溶液中的扩散 § 2-12-2. 費克定律 § 2-12-3. 扩散系数的測定 § 2-12-4. 扩散和渗透压力 § 2-12-5. 电解質的扩散

## 第十三章 液面的波 ..... 278

§ 2-13-1. 波長, 周期, 速度 § 2-13-2. 深水重力波的速度 § 2-13-3. 浅水重力波的速度 § 2-13-4. 毛細波 § 2-13-5. 浅水波中水质点的軌道方程 § 2-13-6. 簡諧長波的能量 § 2-13-7. 波速度和群速度

## 第三編 固体 ..... 293

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第十四章 固体的分类及晶体的结构</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 293 |
| § 3-14-1. 晶体和非晶体   § 3-14-2. 晶体的分类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
| § 3-14-3. 宏观对称性的分类   § 3-14-4. 晶体的空间点阵和对称的微观性质   § 3-14-5. 晶体光栅                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
| <b>第十五章 晶体的点阵能及热的现象</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 308 |
| § 3-15-1. 点阵能(或晶格能)   § 3-15-2. 表达罗恩格常数的计算   § 3-15-3. 常数 $n$ 的计算   § 3-15-4. 金属热容量   § 3-15-5. 热膨胀   § 3-15-6. 金属棒的热传导   § 3-15-7. 晶体点阵因热运动而破坏                                                                                                                                                                                                                            |     |
| <b>第十六章 固体的弹性</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 325 |
| § 3-16-1. 弹性   § 3-16-2. 应变和应力   § 3-16-3. 虎克定律. 完全弹性限度   § 3-16-4. 杨氏模量的测定   § 3-16-5. 泊松比值及其测定   § 3-16-6. 测定橡皮管的泊松比值   § 3-16-7. 扭线或扭柱体的理论. 切变弹性模量   § 3-16-8. 用静力学的方法测定均匀线的刚性模量   § 3-16-9. 用扭振法测定悬线的扭转常数及刚性模量   § 3-16-10. 螺旋的刚性模量   § 3-16-11. 梁的弯曲   § 3-16-12. 体积弹性模量和压缩系数   § 3-16-13. 弹性系数间的关系   § 3-16-14. 希尔弹性模量测定法   § 3-16-15. 在产生应变中所作的功   § 3-16-16. 晶体的弹性 |     |
| <b>第十七章 固体的范性</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 358 |
| § 3-17-1. 张弛   § 3-17-2. 弹性滞后   § 3-17-3. 范性   § 3-17-4. 切应力作用下单晶体的范性形变——滑移   § 3-17-5. 位错理论   § 3-17-6. 孪生   § 3-17-7. 多晶体的范性形变   § 3-17-8. 晶体弹性形变和范性形变                                                                                                                                                                                                                   |     |
| <b>第十八章 固体的扩散、吸附和吸收</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 370 |
| § 3-18-1. 扩散系数   § 3-18-2. 扩散的研究法   § 3-18-3. 与扩散有关的因素   § 3-18-4. 固体的吸附   § 3-18-5. 吸附作用的理论   § 3-18-6. 吸收                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
| <b>第十九章 重力、万有引力</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 380 |
| § 3-19-1. 重力   § 3-19-2. 单摆   § 3-19-3. 凯特可逆摆   § 3-19-4. 可逆摆的各项改正   § 3-19-5. 地球的形状   § 3-19-6. 蒲盖尔公式   § 3-19-7. 石英丝重力秤   § 3-19-8. 重力的变异   § 3-19-9. 万有引力公式                                                                                                                                                                                                             |     |

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| § 3-19-10. 地球質量的測定 | § 3-19-11. 万有引力常数     |
| $G$ 的測定            | § 3-19-12. 万有引力各性質的實驗 |
| 習題 .....           | 405                   |
| 附录 .....           | 415                   |
| 人名对照表 .....        | 424                   |

# 緒 論

## § 0-0-1. 物体的状态

我們依靠日常的經驗,把一切物体分为气体、液体和固体三大聚集态。每一聚集态中,任何物体只在一定温度和一定压力的範圍內,才能保持原来的状态,換句話說,只有在一定条件下,物体的状态才可整个發生变化。从状态的广义說来,假如物体的整个形体沒有轉变,只是温度在变化,那末它和每一温度相对应的体积和压力所表示的情况,也叫做状态。例如气体在温度  $T_1$  时,体积为  $V_1$ , 压力强度为  $p_1$ ; 在温度  $T_2$  时,体积为  $V_2$ , 压强为  $p_2$ ; 前一状态用  $(p_1, V_1, T_1)$  示出, 后一状态用  $(p_2, V_2, T_2)$  示出; 所以每一物体在形体不变中,随着温度的变化,可有很多不同的状态。

要了解物体为什么会有状态的变化,就需要研究物質的构造,分子的运动,以及分子間的相互作用。

## § 0-0-2. 物質的构造

十七世紀末,盖-呂薩克指出:在同一温度和同一压力的情况下,各种气体都按簡單的体积比,进行化合。例如两單位体积的氫和一單位体积的氧化合,而成两單位体积的水蒸汽。十八世紀初,道耳頓指出,簡單的气体是由單原子組成的。阿伏伽德羅在这两个概念的基础上,扩充了物質构造的概念。他認為物質构造有两种形式:一种是由原子所构成的,另一种是由微質点,即今日所說的分子构成的。大家知道,分子是由两个或两个以上的同类原子或异类原子組成的。同类原子或同类分子有同样的質量。但利用

精密的物理的分析方法所發現元素的同位素，它与对应元素的化学性質相同，只是原子量稍微有些不同，因而由同位素的原子所組成的分子也有稍微不同的質量。今后我們所討論的分子，只是一種原子所組成的分子，沒有同位素原子組成的分子混雜其間。

各种气体分子中，每个分子含有原子的数目可用阿伏伽德羅定律来确定。阿伏伽德羅定律說：在同样温度和同样压力下，等体积的各种气体含有相等的分子数。例如使一單位体积的氫和一單位体积的氯化氫，便成为兩單位体积的氯化氫。按照阿伏伽德羅定律，在化学反应以后，氯化氫的分子数必两倍于化学反应以前氫的分子数。由于每一氯化氫分子必含有一个氫原子，所以反应前，每一氫分子必由两个氫原子所組成。用同样理由可以指出，每一氯分子也必由两个氯原子所組成。这样，我們可得出結論：任何一种物質的任意一个量，必由極多数的同類分子集合組成的。当質量增加时，必加入整数个分子，当質量减少时，必取出整数个分子。这是物質构造理論的第一基本原理。

### § 0-0-3. 物質分子的运动

一切物質由分子組成。分子占据的空間是不連續的。分子的运动是繼續不断的，任何时刻都在运动，任何时刻都在变换位置。对分子的运动說来，任何秩序都不存在。从而可以了解到分子的运动和有規則的运动，如雨滴在平靜天气中的运动，完全不同。由此得出結論：物質的分子在任何条件下，都是处在不断的、无規則的运动状态中。我們認為这个結論是物質构造理論的第二基本原理。并且从此可得出一个唯物的自然科学的命题：运动是物質存在的形式。显然，在討論分子运动的时候，必然要引进动能和动量这些概念。

罗蒙諾索夫(1711—1765)把物質分子的这种无規則的运动，

叫做热运动。他認為热即是物質質点的运动。他在哲学选集中写道：“有充分理由可以相信热是由于运动产生的。因为运动沒有物質就不能产生，所以物質的运动必是热的根源”。

#### § 0-0-4. 分子間的相互作用

物質分子除作不規則的运动外，分子与分子間还有强大的相互作用。范德瓦耳斯指出：要得出气体定律更精确的数学表示式，必須計算分子間的相互作用力。由于分子的質量極小，如氧分子的質量等于  $5.3 \times 10^{-23}$  克，分子間的牛頓力也是極小，所以分子的現象必是分子集体的表現。个别分子在現象中，它的重要性却是很少。当分子間的距离縮短时，吸引力成为極大，当距离增多时，吸引力則为極小。一般說来，分子吸引力和距离相关的定律类似牛頓万有引力定律，只是分子吸引力随距离的增加而减少的情形，較之万有引力随距离平方而减少，来得迅速。

物質构造的电学理論指出，分子間除有吸引力外，还有排斥力存在。排斥力只当分子極相接近时，才能表現出来。排斥力因距离的增加而减少的情形，較之吸引力因距离增長而减少，来得迅速。此外，排斥力只在两分子相距極近的范围內开始作用，而吸引力的最大值則在这个范围以外。

这样，物質分子的相互吸引和相互排斥是分子固有的性質，并且吸引力和分子的构造及分子間的距离極有关系。这个結論是物質构造理論的第三基本原理。

#### § 0-0-5. 确定物質状态的因素

大家知道，分子相互作用的强弱表現在作用力的大小上面，而作用力的大小又可表示同类分子的各种不同状态。当吸引力是大值时，分子有一种状态，吸引力是小值时，分子有另一种状态。我

們还应知道，作用力的大小要由分子間的距离来确定。大力和短距离相对应，小力和長距离相对应。同时，分子間的距离可由分子的位能来确定。如果作用力是吸引力，那么短距离是和小值位能相对应，長距离則和大值位能相对应。

总的說来，物質的状态可由下列两种因素来确定：

(一) 分子运动的强度(运动强度和动能相对应)。

(二) 分子吸引力的大小(吸引力的大小和分子間位能相对应)。

显然，物質在某一状态的性質，是由这两种因素的总和及其对应值所确定。明确的說，从能量观点看来，物質的性質可从分子的动能和位能来考虑。

这样，我們可以从分子运动的情况和分子吸引力的大小，分别来描述物質的三种状态。

首先要談的是气体状态。大家知道，气体密度比液体和固体的密度都来得小。所以，气体状态中分子間的距离就来得大，从而分子間的作用力就来得弱。如果認為气体分子的运动是独立的，彼此不受影响的，并且認為这个假定与真实情况相离不远，那么气体状态中，运动的分子可看做彼此間沒有作用力。因此，分子的运动是一种匀速直綫运动。这种直綫运动的状态，因分子和其他分子或和壁面互相碰撞，要發生改变，在碰撞以后，分子便改变运动方向，并朝着新方向作直綫运动，直到下一次碰撞的来临。所以分子的路綫是一条沒有終点的、各段不等長的曲折路綫。既然气体分子的运动是前进的、直綫的，气体必然占据它所可达到的空間，換句話說，气体能够充滿整个容器的容积。

其次，要談的是液体状态。液体分子間的距离比較气体分子間的距离接近得多，如在沸点和一大气压下，水的密度約大于饱和水汽的密度一千倍。因此，液体分子間的作用力，对分子的运动說

来,有起着决定性的作用。能够指出:有些液体分子有时被它和邻近分子間的作用合力所支配,这时分子的运动应服从牛頓第二运动定律,作出不匀速的曲綫运动,从而实际路綫就成为无秩序的曲綫路徑了。但須注意,在液体分子密集的区域中,分子間的距离可等于其直徑長度的5—10%。这使我們可以想像到,每一分子在它和邻近分子組成的小集团中,因为不容易逃跑,不得不在集团中停留一些时候,这时分子作出无規則的奔竄,忽前忽后,忽左忽右。另一方面,小集团的大小和位置是会变更的,不是永久停留着而是随時間变迁的。分子在多次奔竄后,就从小集团中出来,投入另一小集团中。因为小集团整个的移动比較团中分子的奔竄慢得多,所以液体分子很复杂的实际运动,简化为两种形式的运动,即是分子在小集团中的振动和它从小集团投入另一小集团的單向前进的运动。由于液体分子在容器內不断地重新分布,液体的基本性質——流动性,就可实现。

最后,我們要談的是固体状态。在固体中分子間的相互作用,如在液体中一样,占着重要的地位。由于固体分子間的距离比液体分子更来得接近,它們相互作用力的强大,足以使各个分子保持在一定的平衡位置。这样,分子彼此的排列有一定的距离,造成一定的秩序。这种由分子有規則的排列所造成的空間,叫做晶体点陣。在这种构造的固体中,由于分子繼續不断的运动和分子存在的相互作用力,所以分子稍离平衡位置,且可对这位置作出周期性的振动。因为固体分子間有强大的相互作用力,分子的振动就不能認為和邻近分子的振动没有关系,从而固体中每一質点(分子或原子)的振动就会引起邻近質点的振动。这种振动的質点就成为彈性波的波源。所以我們可以說,在固体中有不同振幅和不同波長的彈性波是在向各方傳播着。这些波的波長是有一定的范围,不能大于物体的大小,也不能小于分子間的距离。各分子的振动等于

通过它的一切波所引起振动的总和。今后我們可以看到，分子振动的概念使我們对不同温度的固体热容量做出更精确的結論。量子力学指出，即使在绝对零度的極限情况中，分子的振动还是存在的。由于固体的分子保持它一定的位置，所以各种固体都保持一定的形状并且阻止形状的变化。

### § 0-0-6. 量度的單位

我們有这样的一句話：“科学就是量度”。意思是說，要描写一个現象，如果沒有一种精确的由計量得到的数量，那么对于这个現象就永远不会有深刻的了解。但作成确切的量度，必須依靠适合于量度的已定單位。例如要測定两点間的距离，必須选定一种長度單位，如厘米、米等，然后才能确定这距离等于已定單位的若干倍。

物理公式是联系物理量中間的关系。每一物理量是由数量和單位这两部分組成。因此各物理量虽然可有自己的單位，但各單位不必各自獨立。所以只选定几个物理量作为基本量，以其單位作为基本單位，然后由两个或三个基本單位組合起来，以表示其他物理量的單位——导出單位。这样，基本單位有一定的数，导出單位可无一定的数。科学研究用的單位制是 CGS 制，即厘米·克·秒制。在厘米·克·秒制中，長度、質量和时间規定为三个基本量，以其單位作为基本單位。

長度單位 科学研究所用的長度單位是厘米。1 厘米等于鉚鉍合金棒上两刻度間距离的百分之一。合金棒現在保藏于法国巴黎近郊賽凡尔 (Sèvres) 地方国际度量局內。棒上两刻度間的距离原定为从赤道到北極距离的千万分之一。根据最近的精确測量，从赤道經巴黎而到北極的距离等于 10,002,100 米，其千万分之一当較長于原定值。但标准米确定已久，实在沒有重新訂定的必要。