

В.И.巴甫洛夫著

力学·分子物理学

上册

科学技术出版社

力学·分子物理学

(上册)

[苏联] В. И. Павлов 著

周 夢 慶 譯

科学技術出版社

內 容 提 要

本書譯自蘇聯科學家巴甫洛夫 (Владимир Иванович Павлов) 教授所著“力學·分子物理學”中之力學部分，內容除闡述量度的單位和制度、運動學與動力學外，並扼要敘述彈性介質中振動和波以及液體動力學和氣體動力學等。

本書可供中等技術學校教師和大專學生作參考之用。

力學·分子物理學

(上冊)

МЕХАНИКА·МОЛЕКУЛЯРНАЯ
ФИЗИКА

原 著 者 [蘇聯] В. И. Павлов

原 出 版 者 Гостехиздат·1955 年版

譯 者 周 夢 慶

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 079 號

中 科 藝 文 聯 合 印 刷 廠 印 刷 新 華 書 店 上 海 發 行 所 總 經 售

*

統一書號：13119·98

開本 787×1092 耗 1/32·印張 4 9/16·字數 54,000

1957 年 9 月第 1 版

1957 年 9 月第 1 次印刷·印數 1-4,200

定價：(10) 0.65 元

原出版者的話

向讀者提出的这一本1954年逝世的 В. И. 巴甫洛夫 (Владимир Иванович Павлов) 教授的書, 其实也就是一套高等工业学校用的普通物理学教程的第一卷。在其中反映了在列宁格勒的倫紹維特工业学院三十年来講授这一学程的結果。这个学院有三个化学專業方面的系。当然, 在出版的这本书中, 多少就会感觉到有点物理教学上的化学偏向。許多气体运动論的問題都被联系到化学反应的动力学上, 而在有图例說明的那种材料中, 則較之别的, 是更加常常地用来研究一些对于未来的化学家們有兴趣的現象。本書的一些特点也就在此。而这种特点也終於为現时物理学和化学的接近来予以肯定了。

这第二版, 根据著者的委托, 是由 Г. А. 齐思曼 (Г. А. Зисман) 講師来准备的。

目 录

原出版者的話	1
緒論	1
量度的單位和制度	5
§ 1. 物理量的量度	5
§ 2. 基本量和导出量	6
§ 3. 量綱和公式中的等同性	8
§ 4. CGS 單位制与实用單位制	11
第一章 运动学	16
§ 1. 运动学的問題	16
§ 2. 速度	17
§ 3. 速度的合成和分解	23
§ 4. 加速度	26
§ 5. 角速度和角加速度	35
第二章 动力学	38
§ 1. 动力学的基本原理	38
§ 2. 牛頓定律	39
§ 3. 封閉系統方面的动量守恒定律	53
§ 4. 伽利略-牛頓的相对性原理	57
§ 5. 向心力和离心力	59
§ 6. 牛頓定律及其推論之应用于轉动方面	62
§ 7. 牛頓的万有引力定律, 万有引力恒量	64

§ 8. 功, 它在物理学中的定义. 功率. 能	68
§ 9. 动能和位能	74
§ 10. 封闭的力学系统的能量守恒定律. 决定发生运动的条件. 作为平衡条件的位阱	85
§ 11. 弹性球和非弹性球的碰撞	88
§ 12. 数学摆. 共振	94
§ 13. 谐振动; 这种运动的运动学和动力学. 谐振动的合成	100
第三章 連續介質的力学要点	115
§ 1. 彈性介質中振动的傳播. 射綫方程式. 駐波	115
§ 2. 液体动力学和空气动力学的问题	126
§ 3. 不可压缩的液体的流动定律. 柏努利方程式和它的推論. 片流和湍流. 雷諾尔数	127
§ 4. 沉浸在液流或气流中的物体所遭受的力. 欧拉疑題. 正面阻力和升力. 內摩擦在渦旋形成中的作用. 环流速度. 儒科夫斯基的关于飞机升力的公式	133

緒 論

現代的物理学正是关于自然学說的一部分。它所研究的是各种不同形态的物質所固有的一般过程；它探求它們的成分、它們的構造以及最可以作為特征的一些性質。和由原子構成分子有關的一些問題，則已被划分出去，成為一門特殊的科學——化學。屬於有生命的物質的屬性的全部問題，又是由生物學來予以綜合的。但物理學較之別的自然科學，既然研究的是物質的更一般的性質，所以化學、生物學和其餘的自然科學的成果，不管它們自己的特點如何，就總是以物理學的定律為依據的。

物理學的定律都奠基在經歷過的一些事實的總結上，反映着一些物理現象之間的一種特殊的、內部的、客觀存在的關係。物理學的定律通常總是以一些不同的物理量之間的數值關係的形式表達出來的。

物理學是從人類在謀求生活資料的過程中所獲得的實際經驗的一些資料中發展起來的。生活的實際需要推動物理學前進。這些經驗資料由思維來予以總結，這樣就發生了作為科學進步的形態的種種假設。

假設往往指導着後來由生活需要所引起的進一步的種種研究。由於靠經驗來檢查早先已經建立起來的一些物理定律和假設的結果，就發生了一些更廣泛的，也更精確的總結，即所謂理論。

物理学的理論后来在实际活动中又受到审查、考驗和确定，越来越广泛，也越深刻地揭露了环绕在我們周圍的现实世界的客观性質。它們被总结起来，在一个統一的基础上来解釋一个愈益广闊的范围中的种种不同的現象，也預言一些新的現象。一些新的，在最初的一瞥中，甚至于是最抽象的物理学的发现，在后来的技术发展中也为自己找到了实际的用途。技术在物理学的面前摆出了一些新而又新的問題，而在它自己这方面，它也以一些新的研究工具武装了物理学家。在每一个給定的物理学发展的历史阶段上，它的一些定律和理論都能近似地和相对正确地反映了现实世界的客观性質。这一幀由科学造成的自然界的“照相”已逐漸地随着時間日臻于完善、美好而确定，虽然世界，整个地說起来，仍然是无穷尽的。

物理学和一些別的自然科学的发展，以及物理学在技术发展中的巨大的作用，在很大的程度上，促进了唯物主义的世界观的建立。絕大多数的物理学家都是些自发的唯物主义者。不过物理学在十九世紀和二十世紀之交的急速的发展使絕大部分的基本物理学定律和理論有了重新修改和确定的必要，因而使一些自发的唯物主义者不得不惊惶失措。他們不善于分析和哲学地理解科学发展的进程。在統治階級反动的思想体系的影响之下，許多的资产階級物理学家都滾到了一个所謂“物理的唯心主义”的唯心主义的障地中，在物理学中发生了深刻的危机。

列宁在他的“唯物主义与經驗批判主义”一書中，非常明显地和彻底地揭露了这一个资产階級的科学危机的本質，并且明白地指示，为了克服这一个危机，物理学家必須通曉唯一的科学的世界观——辯証唯物主义的哲学。

从列宁的天才著作問世的时候起已經流逝过去的这一个四十五年的时期正証实了他的指示。

苏維埃的物理学家,和資产阶级的物理学家不同,他們倚靠的是先进的辯証唯物主义的哲学,以及过去的一些不管在革命前的俄国,科学发展的条件如何地极端不利,而仍然締造了俄罗斯科学的一些卓越的物理学家的唯物主义的傳統。毕生为他的自然的、科学的唯物主义的胜利而斗争的俄罗斯科学創始者米哈伊尔·瓦西利維奇·罗蒙諾索夫(Михаил Васильевич Ломоносов, 1711~1765),发现了元素的周期性体系,并因此在很大的程度上促进了关于原子構造学說的发展的德米特里·伊凡諾維奇·門捷列夫(Дмитрии Иванович Менделеев, 1834~1907),运用一些在精微奥妙方面很为完美的方法,測量过光的压力的彼得·尼哥拉維奇·列貝捷夫(Петр Николаевич Лебедев, 1866~1912)的英名,以及另外一些过去的、先进的、本国的和外国的物理学家的名字,都始終是苏維埃物理学家的榜样和兴奋鼓舞的源泉。

只有偉大的十月社会主义革命,把工业落后的沙皇俄国轉变为先进的社会主义国家以后,苏联人民的巨大創造力才得充分地發揮出来。在我們这社会主义的国家中,物理学,也和技术一样,是为国民經济和民族文化的利益服务的,是巩固和发展苏維埃国家的一种工具。先进的苏維埃的科学,物理学也在其中,正如斯大林同志着重地指出过的一样,是这样的一种科学,它不背离人民,而是准备为人民服务,願意把一切科学成果献給人民的,它之服务于人民也并不是被迫的,而是自願的,乐意的。科学在我們的国家中已經成为苏維埃政府和全体人民經常关心和

注意的对象。

这一种关心以及在我們的国家中所发生的那一种深远的技术的进步,給苏維埃的物理学家提供了一种可能性,使他們能依靠本国的和外国的成就,推动自己的科学前进,解决了一些放在他們面前的发展社会主义国家的最重要的問題。

量度的單位和制度

§ 1. 物理量的量度

我們用“量”这个詞儿来表明这样的一个概念，就是，那是能用数目表現出来的。这个数目(抽象的)指明了某一个量比那个被选出来以供比較的另一個量大了或者小了若干倍。一种物理量表明了一个物体，或者一种物料^①，或者一个过程的某一种确定的属性，因此，物理量就很多，它們也非常地多种多样。但是要在其間加以比較，那就只有同类的量，也就是說，一些表明同一性質的量才行：例如，長度只可能和長度相比，速度和速度相比，功和功相比，如此等等。显然，某一个量要是和几个別的同类的量比較时，那就要按照对它們的比例关系，用不同的几个数目把它表示出来。例如，从列宁格勒到莫斯科的距离就可能用645、645,000和64,500,000这几个数目来表示。要免除一些量的数值类似这样的不明确性，那就要在每一个数字上附加上那个用以进行比較的量的名字，即：645 [千米]，645,000 [米]，64,500,000 [厘米]。因此，每一个量就要用一个帶有名称的数目来表示，而那个名称所指明的就是量度的單位。

因此，每一个量就总是一个名数，它的数值由所选的量度單位来决定。从所举的那个例子中，看得出来，量度的單位越大，

① вещество

那个量的数值越小,反之亦然。用数学的說法,可以說,一个量的数值与所选單位的大小成反比。回到我們的例子上,那就可能写出来: $L = 645 \text{ (千米)} = 645,000 \text{ (米)}$, 由此得, $\frac{645,000 \text{ (米)}}{645 \text{ (千米)}} = 1000$, 也就是說,从列宁格勒到莫斯科的距离,用米表示出来的数目,要比用千米表示出来的数目大一千倍,因为在 1 (千米) 中有 1000 (米) 的原故。

§ 2. 基本量和导出量

由于各种各样的物理量为数很多,那就可以料想得到,可能有相当的巨数的單位,用来作它們的尺度。但是在很多的場合中,尽可能避免引用新的單位,而以应用已有的單位为限。事实上,一些物理定律总是可以用一些只是把不同的物理量之間的比例关系确定下来的方程式記錄出来的。在这些方程式中的比例系数的数值,在每一場合中,为了从一个比例式直接地变为一个数值等式,尽可随意选取。假定这一系数等于 1,我們就可能把那些量度不同的量的一些單位之間的最簡單的关系确定出来,而因此,也就可能根据一个或者几个預先选定的單位,把这些新的單位确定下来。我們且取長度的單位为例,并假定長度的單位为 1 [米]。那就怎样来选取面积的單位呢? 要做这件事情,当然可以完全不管我們选用怎样的長度單位,而取,例如, 1 俄亩作面积的單位。但在另一方面,假如想起矩形的面积和它的两边的乘积成比例,而在我們这里,边 (也就是, 長度) 的單位是 1 [米], 那么,自然就可以設比例乘数等于 1, 而选取等于 1 [米] 的边的平方, 即 1 [米]^2 作面积的單位了。由此可知, 1 [米]^2 并不是一个新的独立的單位,而是得自所选的長度單位和

公式

$$S = kL^2,$$

这里的 $k=1$, S 是面积, 而 L 是正方形一边的長度。然后再来确定時間的單位, 例如, 为 1 [秒]。現在怎样来确定速度的單位呢? 自然, 可能商定, 把每小时 60 [千米] 的速度当作單位速度, 但是也可能另作处理。速度既然与單位時間中进行的路程成比例, 因此, 單位速度就可以是这样的一个速度, 就是, 在單位時間 1 [秒] 內將进行單位路程 1 [米] 时的速度。由此可見, 根据速度的公式

$$v = k \frac{L}{t},$$

这里的 $k=1$, v 是速度, L 仍旧是路程的長度, 而 t 是時間, 速度的單位就可借助于長度与時間的單位而被确定下来。在这方面, 一系列一系列的例証是无限的, 并且同样的确定單位的方法, 可能应用到更复杂得多的一些量上。但是要弄清楚, 为了应用所說的方法, 一般的規程是只須預先为任意三种相互无关的量选定單位。那时, 一切其余的量就可能用一些相当的公式表示出来, 在这些公式的構成中, 只包含所选的那三种量, 而因此, 为这三种所謂基本量所建立起来的那些單位也就完全把其余的, 一些复杂的, 也就是所謂导出量的新的單位确定了出来。由此可見, 从任意三个相互无关地被选出来的單位中就可能发展成功一套完整的單位制度。通常总是选長度、質量和时间(有时是長度、力和時間)作为基本量, 并为它們建立一定的基本單位。和这些基本單位的选取相应的, 就有一些不同的單位制度。

必須注意, 并不是在物理学的一切部門中都能够以这三种

独立的單位为限,例如,在热力学中就必须加上第四种——温度的單位。

§ 3. 量綱和公式中的等同性^①

总结上节中所述的一切,每一种物理量的單位总可以用一个由長度 L , 質量 M 和時間 t 这几种量組成的公式表示出来,这几种量可能是任何正的和負的,整数的和分数的乘幂,同样也可能以零乘幂参加在这一公式中。确定量 A 在这几个基本量方面的成分的公式:

$$A = L^a M^b T^c$$

的右端叫做所給的那个量的量綱,常用符号 $[A]$ 来表示。長度的量綱显然是 $[L]$, 面积的是 $[L^2]$, 速度的是 $[LT^{-1}]$ 。

我們来求这几个量,例如,加速度、速度、力、功、压强和密度的量綱。加速度在数值上等于 ($k=1!$) 單位時間中速度的变量,也就是

$$w = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1},$$

但是速度的变量也还是速度,因此:

$$w = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

速度本身是一种导出量,它的量綱已在上面說过。在加速度的公式中,把速度 v 代以它的量綱,結果就得到了加速度的量綱:

$$[w] = \frac{[v]}{[t]} = [LT^{-2}].$$

力 f 是和質量 M 与加速度 w 的乘积成比例的一种量,即

① однородность

$$f = kmw。$$

設 $k=1$ ，再考慮到 w 是一種具有量綱 $[LT^{-2}]$ 的导出量，于是力的量綱結果就可用公式

$$[f] = [MLT^{-2}]$$

表示出來。

功 A 在數值上是等于力和它的作用點在力的方向上所行的路程的乘積。應用上面得到的關於力的量綱的式子，就得到了功的量綱：

$$[A] = [f] \cdot [L] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2}]。$$

壓強 P 是以作用在單位面積上的力來量度的，也就是， $P = \frac{f}{S}$ 。把 f 和 S 的量綱代入這一公式中，就得到壓強的量綱：

$$[P] = [ML^{-1}T^{-2}]。$$

密度 ρ 是單位體積中的質量，即

$$\rho = \frac{M}{V}。$$

假如考慮到，體積的單位與長度的立方成比例，而體積的量綱是 $[L^3]$ ，于是就容易得到密度的量綱，即：

$$[\rho] = [ML^{-3}]。$$

正象我們在面積和速度那兩個例子中已經看到過的一樣，量綱的公式是可以用來確定导出量的單位的。不過，量綱這一概念的作用還要廣泛得多。量綱的研究確立了一個基本的原則，那是為正確地把那種由字母組成的數學公式(方程式)應用到一些具有名稱的量方面去所必需的。如所周知，等號只能聯結同名的，即同類的量：長度只能使之和長度相等，力只能和力相等，如此等等。假如一些名數的演算只以加法或減法為限的話，這

一原則是很清楚的。但是，假如在一等式內，有名称不同的几种量以乘数的形式参加其中，那就只有量綱的公式才可能来确定，在这一等式中是否遵守关于等同性的原則。这一原則可以这样地表述出来，即：每一个等式，只有在它的两端的量綱相同的时候，才可能具有意义。末后这一条件，在最后的計算中，就在于以相同的指数参加在一个等式左右两端中的一些基本量的相等，也就是，在于長度只可能等于長度，質量只可能等于質量，而時間只可能等于時間。上面所說的这个原則的实际价值就在于它可能被运用来审查任何理論的或者經驗的公式；它讓人能目睹，所給的那个公式是不是正确地表明了一些不同的物理量之間的关系，而无需計算一些数字的(无量綱的，也就是，具有零值的量綱的)乘数。作为一个例子，可考查一下大家所知道的，那个計算气压計中水銀柱压强的公式：

$$P = h\rho g,$$

这里的 P 是压强， h 是水銀柱的高度， ρ 是水銀的密度，而 g 是重力加速度。先分別求出参加在这公式中的各量的量綱：

$$[P] = [ML^{-1}T^{-2}], \quad [h] = [L],$$

$$[\rho] = [ML^{-3}], \quad \text{而} \quad [g] = [LT^{-2}],$$

再进行在上一公式中所指示出来的演算，得：

$$[ML^{-1}T^{-2}] = [L] \cdot [ML^{-3}] \cdot [LT^{-2}] = [ML^{-1}T^{-2}],$$

也就是說，两端相同，这也就表明了这公式中的等同性，以及这公式的正确的物理意义。在另一个例子中，我們要运用这一等同性原理来建立一个公式。由实验得知，單摆的振动周期与它的長度 L 和重力加速度 g 有关。这个关系究竟是怎样的一种关系呢？为了回答这一問題，可回想一下，周期 T 是用時間 t 来度

量的；因此，假如我們把所求的公式写成这样的形式

$$T = f(L, g),$$

那么，所求的这个函数 $[f(L, g)]$ 的量綱也就應該等于時間 T 。但是 $[L] = [L]$ ，而 $[g] = [LT^{-2}]$ 。为了得到時間，由这两个量綱所能作成的唯一的組合就是

$$\frac{[L]}{[g]} = \frac{[L]}{[LT^{-2}]} = [T^2].$$

要想得到具有一次乘幂的時間，只要开平方就行，我們的等式的左端当然也需要作同样的处理。因此，得

$$T = K\sqrt{L/g},$$

这里的 K 是一个无量綱的数字系数。量綱等同性的原理同样也可能用以求取量綱，而因此，也就可能用以求取参加在不同的公式中的一些恒量的名义。在剛剛研究过的那个單摆的公式中，恒量 K 是一个抽象的数字。現在来考察一下在玻意耳-馬略特定律

$$PV = \text{const (恒量)} = A$$

中的恒量具有怎样的名义吧，在这里， P 是压强，而 V 是气体的体积。在这一方程式中，用这两个量的量綱来代替这两个量，得：

$$[ML^{-1}T^{-2}] \cdot [L^3] = [ML^2T^{-2}] = [A]$$

(这是功的量綱)，也就是說，恒量 A 應該具有功的名义。

§ 4. CGS 單位制与实用單位制

在每一个国家中，一些基本量都是用他們自己所固有的，完全任意訂出来的單位来量度的(阿尔申——在俄国，亞尔德^①——

① 即 yard，俗譯作“碼”——譯者。