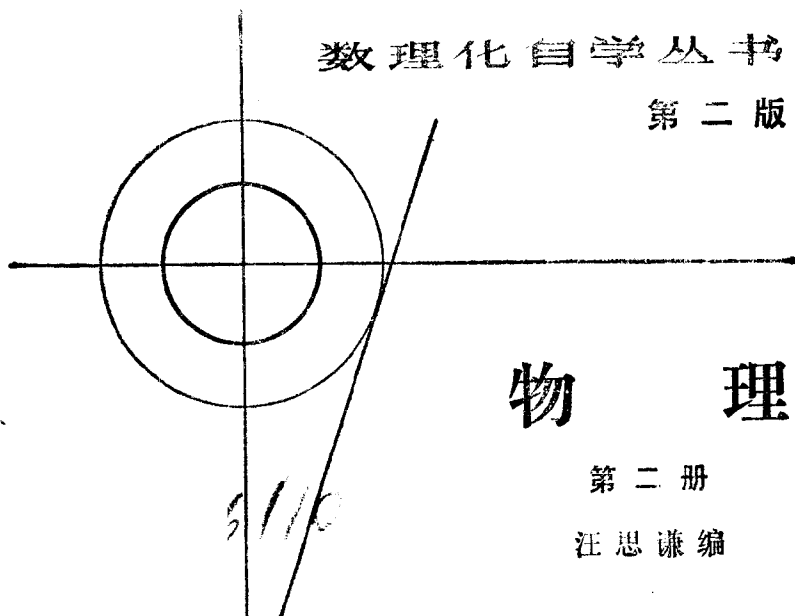


数理化自学丛书

第二版



物 理

第二册

汪思谦 编

上海科学技术出版社

数理化自学丛书

第二版

物 理

第二册

汪思谦 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

发行所上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张12.625 字数331,000

1964年3月第1版

1983年2月第2版 1983年2月第3次印刷

印数548,001—713,200

统一书号: 13119·571 定价: (科二) 0.37 元

内 容 提 要

本书介绍了振动和波、基本热现象、分子物理学基础和热力学基础知识等内容。叙述方法是由浅入深、由现象到概念；对重点和难点都作了确切而详尽的阐述。此外，本书还配有适量的例题、习题和总复习题，每章结束都附有复习提要，每三章末了安排一组单元检查题，供读者复习巩固。

本书可供广大知识青年和干部自学，也可供在校中学生和中学青年教师参考。

321/36/10

第二版出版说明

《数理化自学丛书》第二版是在第一版的基础上编写而成的。考虑到我社已出版大学数、理、化自学丛书，中学数学中的微积分内容没有另编分册。第二版仍包括《代数》四册、《平面几何》两册、《平面三角》、《立体几何》、《平面解析几何》、《物理》四册和《化学》四册，共十七册。

由黄丹葵、杨荣祥、余元希、杨逢挺、桂君协等同志主编的第一版，自1963年陆续出版后，受到广大读者的欢迎。特别是1977年重排、重印以来，受到社会各方面极为广泛的关注，在广大读者中有了相当的影响。许多在职职工、农村青年和在校学生，自学了这套书以后，数理化知识水平有了一定的提高。

第二版由杨荣祥、余元希、束世杰、季文德等同志主编，数理化自学丛书编委会审定。它保留了第一版在编写上“详尽在先、概括在后、通俗到底”和“便于自学、无师自通”的特色，仍是一套与现行中学课本并行的自学读物。第二版仍从读者的实际情况出发，按传统的教学体系编写。但这次参照新的试行教学大纲的要求，与第一版相比，数学各分册的编写内容作了适当的增删和调整，基础知识和运算技能的训练有了进一步加强；物理各分册在内容的取舍、习题的更新、插图的选配、实验的描述等方面均有较大的改进；化学各分册还增加了反映现代科学技术水平的基础理论知识，在理论和实践相结合的原则下，内容和体系均有新的特色。此外，各册的例题和习题选配得力求恰当、合理，知识

论述力求通俗、严密;并按章增加了测验题。在各册编者的话中,还有供读者自学时参考的指导性意见,

自学要有成就,必须刻苦勤奋、踏实认真、持之以恒、知难而进。刻苦自学、学有成就者不乏其人,愿广大读者努力学好。

《数理化自学丛书》出版以来,全国各地的读者给以热情的鼓励和有力的支持,特在此表示衷心感谢。

上海科学技术出版社

编 者 的 话

本书的内容包括振动和波、基本热现象、分子物理学基础和热力学基础知识等九章，可供广大知识青年和干部自学中学物理，也可供在校学生和青年教师参考。

“振动和波”，占三章的篇幅，属于中学物理力学部分的内容，也是读者进一步学习《物理》第三册中的交流电和第四册中的物理光学的基础。学习“振动和波”，需要具备力学知识和一定的三角学知识。对于只具有初中文化水平的读者，可以暂时不学，待学完《物理》第一册中的匀速圆周运动和《三角》中的三角函数图象以后再学。

“基本热现象”，即本书的第四章，是关于热学的初步知识，也是读者学习本书以后各章的基础。学习“基本热现象”，重点应放在弄清温度、热量、热容量和比热等基本概念和它们的区别与联系上。

“分子物理学基础”，包括本书的第五至八章，是中学物理热学部分的主要内容，其中以第五、第六两章为重点。第五章“气体的性质”是从三条气体的实验定律出发，归纳出理想气体的状态方程；第六章“气体分子运动论”是用物质的分子结构理论来解释气态方程的微观本质。对这两章的学习，需要用到一定的化学知识，如阿伏伽德罗常数、摩尔质量和摩尔体积等。因此，在学习前可以先学习有关的化学知识，同时对《物理》第一册里关于气体的压强以及大气压强等内容也要作适当的复习。第七章“液体、固体的性质”是简单介绍液体的表面现象和固体的弹性形变的基本

规律;第八章“物态的变化”是介绍物态变化的基本规律。

“热力学基础知识”,即本书的第九章,是从能量的观点出发来研究热量和机械功的转化过程,并在这个基础上介绍热机的发展过程。在学习前要复习《物理》第一册中有关机械功和机械能的内容。

学习物理不能从抽象的概念出发。本书在叙述物理概念时,比较重视从具体的现象出发,先让读者有一个感性认识,然后通过分析才逐步引出物理概念,从感性提高到理性。因此读者在自学时,也要善于观察周围的物理现象。在可能的条件下,通过实验再现这些现象以获得比较丰富的感性认识。因为不管本书描述得如何细致,总不及读者亲自的观察。此外,学好物理还需要有一定的分析问题的能力。因此读者在自学时,要仔细阅读本书有关的分析过程。本书对各个章节中的一些重要结论,都加有线框列在旁边。读者要做到理解这些结论是如何得来的,而不能满足于背诵这些结论。

本书基本上采用国际单位制(SI),但考虑到热量的常用单位“千卡”目前还用得比较普遍,因此本书对热量、燃烧值、热容量、比热、溶解热、汽化热等物理量的单位,除了采用国际单位制外,还适当提及与千卡有关的常用单位和它们之间的换算率。有关本书的主要物理量及其单位作为附录列表于书末备查。

为了帮助读者学会运用所获得的知识,本书在各章节中配有适量的例题,并附有详细的解题过程。在每节或几节末安排少量思考题和计算题,启发和培养读者的思维能力和解题能力。在每章末配有复习题,本书末配有总复习题,其中有一定数量的较简单的基本练习题,用以促进初学者的学习信心;少量的推理性较强的习题和综合题是为培养读者解题的灵活性。本书不采用过难的习题和“偏”题。

本书每三章末安排一组单元检查题,并附有评分标准,用以帮助读者自己检查所掌握知识的巩固程度。书末备有习题、复习题和单元检查题的答案。

本书承蒙束世杰老师审稿,对初稿提出不少宝贵意见,特此致谢。限于编者水平,缺点、错误在所难免,希广大读者批评指正。

编 者

1981 年 6 月

目 录

第二版出版说明

编者的话	1
------	---

1. 机械振动1

§ 1.1 简谐振动	1
------------	---

§ 1.2 简谐振动方程	7
--------------	---

§ 1.3 简谐振动方程中的参量	11
------------------	----

§ 1.4 弹簧振子的固有频率和固有周期	15
----------------------	----

§ 1.5 单摆的振动	18
-------------	----

§ 1.6 简谐振动的能量	24
---------------	----

§ 1.7 简谐振动的合成	29
---------------	----

§ 1.8 阻尼振动和受迫振动	37
-----------------	----

本章提要	43
------	----

复习题一	46
------	----

2. 机械波49

§ 2.1 机械波的产生条件	49
----------------	----

§ 2.2 机械波的形成和传播	51
-----------------	----

§ 2.3 波长、波速和波频率	61
-----------------	----

§ 2.4 波的干涉	68
------------	----

§ 2.5 波的衍射	77
------------	----

本章提要	81
------	----

复习题二	84
------	----

3. 声学基础知识86

§ 3.1 声音的发生和传播	86
----------------	----

§ 3.2 乐音的特性	88
§ 3.3 声波的反射和吸收	95
§ 3.4 声音的共鸣 共鸣器	96
§ 3.5 超声波	99
本章提要	102
复习题三	103
第一单元(机械振动、机械波、声学基础知识)检查题	104

4. 基本热现象	108
§ 4.1 温度和温度的测量	108
§ 4.2 热量 燃烧值 比热	114
§ 4.3 热平衡方程	122
§ 4.4 物体的热膨胀	129
§ 4.5 热传递的方式	143
本章提要	151
复习题四	153

5. 气体的性质	156
§ 5.1 气体的状态和状态量	156
§ 5.2 玻意耳-马略特定律	160
§ 5.3 盖·吕萨克定律	168
§ 5.4 查理定律	175
§ 5.5 理想气体的状态方程	181
§ 5.6 气态方程的应用	192
本章提要	196
复习题五	198

6. 气体分子运动论的基础	201
§ 6.1 物质结构的分子-原子学说	201
§ 6.2 物质分子运动论的实验基础	203
§ 6.3 气体分子运动速率的统计分布	211

§ 6.4 气体实验定律的微观解释	213
本章提要	220
复习题六	221
第二单元(基本热现象、气体的性质、气体分子运动论基础)	
检查题	222
 7. 液体、固体的性质	225
§ 7.1 液体分子运动的特点	225
§ 7.2 液体的表面张力	226
§ 7.3 毛细现象	232
§ 7.4 晶体	237
§ 7.5 胡克定律	243
本章提要	250
复习题七	253
 8. 物态的变化	255
§ 8.1 溶解和凝固	255
§ 8.2 蒸发 饱和汽	265
§ 8.3 沸腾 汽化热	274
§ 8.4 气体的液化	284
§ 8.5 大气的湿度 露点	293
本章提要	299
复习题八	303
 9. 热力学基础知识	305
§ 9.1 内能 内能的改变	305
§ 9.2 热力学第一定律	314
§ 9.3 理想气体在几种典型的变化过程中的能量转化 关系	319
§ 9.4 热机 热机的效率	331
§ 9.5 蒸汽发动机	336

§ 9.6 内燃发动机	347
§ 9.7 喷气发动机	360
本章提要	365
复习题九	370
第三单元(液体、固体的性质, 物态的变化, 热力学基础知识)	
检查题	371
总复习题	373
习题答案	380
附录一 本书主要物理量和单位	389
附录二 本书重要物理常数	390

机械振动

在第一册里,我们已经讨论过几种最基本的质点运动。当运动质点所受的合外力等于零时,质点作匀速直线运动。当运动质点所受的合外力是个不变的恒力时,质点作匀变速直线运动(合外力方向与速度的方向在一直线上);或者作类似于抛体运动的曲线运动(合外力方向与速度的方向不在一直线上)。当运动质点所受的合外力在方向上始终与质点运动的方向垂直,在数值上恰好等于质点所需的向心力时,质点作匀速圆周运动。这些运动的一个特点就是在运动过程中它们的加速度的数值是不变的。如果质点在运动过程中,所受的合外力是个变力,那么质点运动的加速度的数值也将不断变化。这时质点的运动规律就复杂得多,这样的运动就称为质点的变速运动。

在质点的变速运动中,机械振动是一种十分普遍的运动形式。本章主要研究最简单最基本的机械振动——简谐振动。先从实例出发,分析简谐振动的运动规律,得出反映简谐振动规律的振动方程;然后简单介绍振动的迭加原理;最后分析受迫振动和共振现象。

§ 1.1 简 谐 振 动

1. 机械振动的概念

用弹簧拴在固定点上的重物,只要稍为离开它的平衡位置,就会上下摆动起来。物体在它的平衡位置附近来回

往复的运动就称为机械振动,简称振动。振动是一种很普遍的运动形式。敲锣时,如果用手接触锣面,就会感觉到锣面在振动。火车过桥时,桥梁也在振动。一切正在发声的物体都在振动。

振动物体为什么会在它的平衡位置附近作往复运动呢?因为当振动物体离开它的平衡位置时,它始终受到一个方向指向平衡位置的合外力,通常把它称为回复力。正是这个回复力促使物体回到平衡位置去的。当振动物体运动到它的平衡位置时,虽然不再受到回复力,但又由于本身

回复力和惯性是任何物体发生振动的必要条件

的惯性,不会立即停止,而将越过平衡位置。这样,振动物体又将重新受到回复力,于是就在平衡位置附近来回运动不停。由此可见,物体所受的回复力和物体本身的惯性是它发生振动的必要条件。

必须指出,振动物体所受的回复力是周围其他物体对它作用的结果。例如用弹簧拴在固定点上的重物在振动过程中所需的回复力就是物体的重力和弹簧对它的拉力的合力。当重物回到它的平衡位置时,弹簧对它的拉力与物体的重力相互平衡,这时的回复力就等于零。

机械振动的形式是多种多样的。有的振动具有周期性,即每隔一个固定的时间间隔,振动完全重复一次。通常就把这个使振动重复出现的最小时间间隔称为振动的周期,用代号 T 表示,单位是秒。单位时间内的振动周期数称为振动的频率,用代号 f 表示,单位是赫兹(次/秒),中文代号为赫,国际代号为Hz。因此振动的周期与频率是互为倒数的,即

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

有的振动并不具有周期性,即振动没有固定的周期,或者每

次振动不完全是重复。但理论研究表明：任何复杂的振动都可以看作是由许多最简单、最基本的周期性振动的合成。

2. 简谐振动

现在我们先来仔细分析一种最简单的周期性振动。

如图 1.1(a) 所示, 将一个放在水平光滑桌面上的质量为 m 的物体 M 拴在一根水平的螺旋弹簧的一端, 弹簧的另一端是固定的。弹簧的质量与物体 M 的质量相比可以忽略不计, 它的倔强系数为 K , 这样的振动系统就称为弹簧振子。当物体 M 静止于点 O 时, 弹簧处于松弛状态, 既没有受到拉伸, 也没有受到压缩, 因此对物体 M 没有弹力作用。这时物体 M 的重力与水平桌面对它的支承力平衡, 弹簧振子处于平衡状态, 点 O 就称为弹簧振子的平衡位置。如果用手把物体 M 自点 O 往右拉到点 B , 然后放手 (图 1.1b); 弹簧振子就沿着水平桌面在平衡位置点 O 附近来回振动起来。

仔细分析弹簧振子的振动过程。当物体 M 被拉到点 B 时, 弹簧也被拉长了, 就对物体 M 有个方向往左的弹力

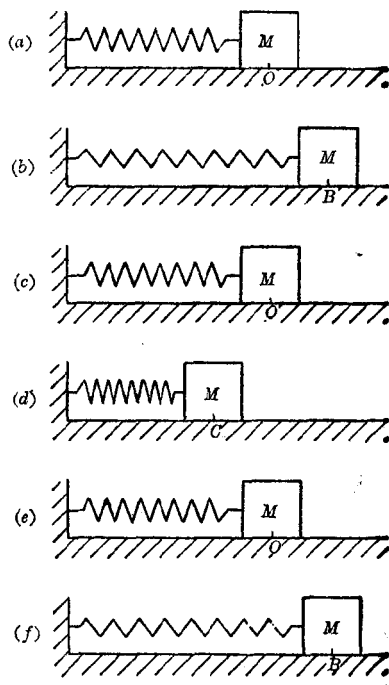


图 1.1 弹簧振子的振动

F 。于是物体 M 就在弹力 F 的作用下开始往左作加速运动。当物体 M 到达点 O 时，弹力 F 已减小为零。但物体 M 这时仍具有方向往左的速度 v (图 1.1c)，由于惯性作用继续越过点 O 往左运动。这以后，弹簧开始受到压缩，对物体 M 有个方向往右的弹力 F 。物体 M 就在这个弹力 F 的作用下，继续往左作减速运动，直到点 C 就停止继续往左 (图 1.1d)。接着物体 M 又在这个弹力 F 的作用下往右作加速运动。回到点 O 时，弹力 F 又已减小为零 (图 1.1e)，物体 M 又由于惯性继续越过点 O 往右运动。这时弹簧又被拉伸，又对物体 M 有个方向往左的弹力 F ，起着阻力作用，使物体 M 作减速运动。当物体 M 到达点 B 时，速度已减小为零。这样，弹簧振子就完成了一次全振动。物体 M 以后的运动是不断重复上述过程。总之，在这过程中，弹簧的弹力不断使物体趋向平衡位置，而物体的惯性不断使它离开平衡位置，因此弹簧振子就在平衡位置附近不断地来回振动。很明显，如果不存在摩擦阻力，弹簧振子只要一经振动，就不会静止。象这种不存在摩擦阻力的振动称为自由振动。

根据胡克定律，在弹簧的弹性形变中，弹力的数值与弹簧的形变成正比，而弹力的方向与形变的方向相反。于是对于弹簧振子说来，如图 1.2 所示，可以列出：

$$F = -Kx \quad (1.2)$$

式中 F 是弹簧的弹力， x 是弹簧的形变，实际上就相当于

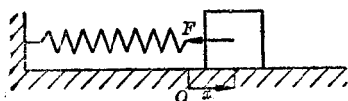


图 1.2 弹力与位移的关系

弹簧振子 M 的位移，而比例常数 K 则是弹簧的倔强系数，它决定于弹簧本身的性质。在国际单位制中，弹簧倔强系数 K 的单

位是牛/米。由于弹力 F 、位移 x 的方向都可以用正、负号

表示, 因此上式中的 F 、 x 都可以用标量表示, 而上式中的负号则表示弹力 F 与位移 x 方向始终相反。由此可见, 弹簧振子在振动过程中, 弹力的方向始终指向平衡位置点 O , 或者说, 弹力起着回复力的作用。

回复力与位移成正比而方向相反的振动称为简谐振动

通常把在与位移成正比而方向相反的回弹力作用下的振动称为简谐振动。简谐振动就是最简单、最基本的周期性振动。

为了进一步研究简谐振动的加速度的变化规律, 我们根据牛顿运动定律把公式(1.2)改写为

$$ma = -Kx$$

式中 m 为弹簧振子的质量, 即

$$a = -\frac{K}{m}x \quad (1.3)$$

这就是弹簧振子的即时加速度公式。对于任何弹簧振子说来, K 、 m 都是固定不变的。由此可见: 简谐振动的加速度与位移在数值上成正比, 但方向始终相反; 简谐振动的加速度方向总是指向它的平衡位置的。这个规律虽然是从弹簧振子的运动中推导出来的, 但对于任何简谐振动都适用。它是简谐振动的基本特征。

简谐振动的特征: 加速度与位移成正比, 但方向始终相反, 总是指向平衡位置

3. 竖直放置的弹簧振子

将重物拴在一根竖直放置的螺旋弹簧的一端, 弹簧的另一端是固定的。这样就构成了一个竖直放置的弹簧振子。只要使这个弹簧振子稍为离开它的平衡位置, 它就沿竖直方向上下振动起来。

竖直放置的弹簧振子的振动是简谐振动吗? 这就要看

• 5 •