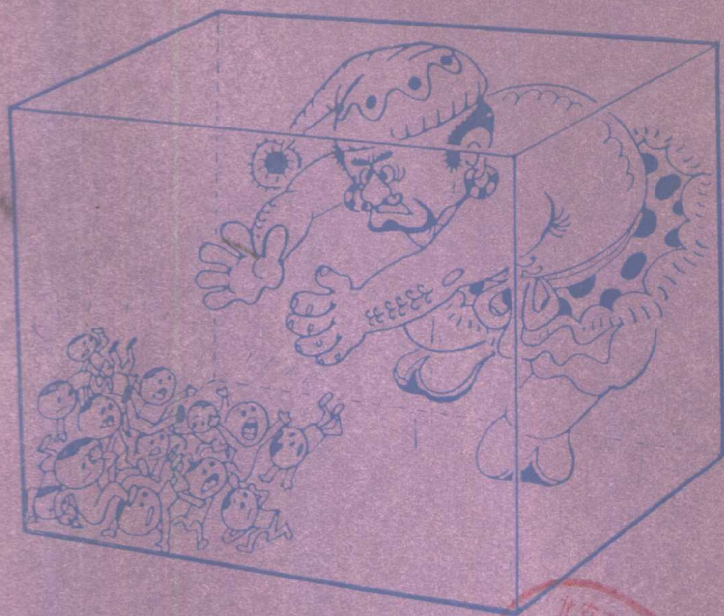


物
理
学
基
础
知
识
丛
书



许 定 安 编著
史 新 奎

能

科学出版社

物理学基础知识丛书

能

许定安 编著
史新奎

科学出版社

1986

内 容 简 介

能量、物质、信息是现代科学的主要内容。本书从现代物理学的角度对“能”的理论作了系统深入的介绍。从物质与运动入手，相继叙述了能量的基本形式，能量守恒和转换定律，能量概念发展史，振动、波、电磁场中的能量，概率、质量、物质结构与能量的关系，能量的量子化，微观世界的能量及能量守恒的本质。最后概括了世界上的能源问题。

本书行文流畅，叙述生动，插图优美，可供高中以上文化程度广大读者阅读。

物理学基础知识丛书

能

许定安 编著

史新奎

责任编辑 姜淑华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年8月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年8月第一次印刷 印张：6 3/8

印数 0001—4,000 字数：140,000

统一书号：13031·3224

本社书号：4705·13—3

定 价：1.20元

代 序

1978年8月，中国物理学会在庐山召开年会，不少物理学工作者有感于物理学在提高全民族科学文化水平和实现“四化”中的伟大作用，建议中国物理学会与科学出版社合作，编辑出版一套《物理学基础知识丛书》，有计划有系统地普及物理学的基础知识和物理学的新发展。这一倡议当即得到了广泛的响应。为此，中国物理学会理事会进行了认真讨论，积极热情地支持了这一建议，于是，就在风景秀丽的庐山，在中国物理学会和科学出版社的共同主持下，正式成立了本丛书的编委会，讨论和制定了丛书的编辑方针和选题计划，正式开始了丛书的编辑出版工作。

物理学研究物质的运动规律，物质的结构及其相互作用，它是许多科学技术的基础。从本世纪开始，物理学经历了极其深刻的革命，从宏观发展到微观，从低速发展到高速，由此诞生了量子物理学和相对论，并在许多科学技术领域引起了深刻的变革。本世纪以来，物理学在认识和改造物质世界方面不断取得伟大成就，不断揭开物质世界的奥秘。原子能的利用，使人类掌握了新的能源；半导体科学技术的发展，导致了计算技术和自动控制系统的革命；激光的出现焕发了经典光学的青春；凝聚态物理学的发展，使人们不断创造出许多性能大大提高的材料……；因此，向广大读者宣传物理学的基础知识以及物理学的新发展，乃是提高全民族科学文化水平和实现“四化”的需要。我们编辑出版本丛书的目的，就是试图在这方面贡献一份力量。

本丛书将着重介绍现代物理学的基础知识，介绍物理学的最新发展，要求注重科学性。我们希望作者发扬创新精神，力求做到题材新颖，风格多样，勇于发表独创性、探索性的见解，以活跃读者思路。在文风上则要求做到准确、鲜明、生动，深入浅出、引人入胜，以说透物理意义为主，尽量少用数学公式。

在编辑出版丛书工作中，我们得到了广大物理学工作者的热情支持和鼓励，还得到老一辈物理学家严济慈、钱临照、**陆学善**等同志的热情赞助和关怀。美国加州大学热斐尔学院院长吴家玮教授应邀积极参加编委会工作，并约请了美籍学者为丛书撰稿。我们一并在此致以谢意。

《物理学基础知识丛书》编委会

前 言

构成物理学的要素，是用以表述物理定律的物理量。在为数众多的物理量中，能量占有突出重要的地位。

回顾物理学的发展史可以发现：许多物理定律的建立和验证，离不开“能”；不少新粒子的预言及发现，要依赖“能”；一些物理理论的重大突破，也得借助于“能”。事实上，“能”以及关于“能”的基本定律已经成为现代物理学分析问题和处理问题的出发点。假若撇开了“能”，许许多多的物理问题，譬如物质的运动规律，物质运动形态的转化，物质的内部结构以及物质间的相互作用等等，无一能够表述清楚。

“能量”不仅在物理学中占有极其重要的地位，而且在化学、生物学，乃至在所有自然科学中同样举足轻重。可以说，整个人类文明都是与“能量”息息相关的。

在自然科学历史的长河中，“能量”的概念却姗姗来迟。“能量”概念问世之前，“力”曾凑合着扮演过“能量”的角色。随着物理学的发展，“力”遇到了种种困难，愈来愈显得“无能为力”。因此，到了十九世纪中叶，“能量”终于应运而生，取代了“力”的地位。“能量”在科学的舞台上一露头角，立即就放射出夺目的光彩。

凡是懂得一些物理知识的人，没有不知道“能”的鼎鼎大名的。不过，事情有时好象显得有些离奇：有人虽然十分熟悉“能”，但却并不深刻地理解“能”，如果让其中一些人用科学的语言把“能”的概念表述出来，不少人恐怕就要

张口结舌了。

这本小册子顺着“能量”概念产生和发展的历史进程，逐步向读者介绍现代物理学中关于“能”的丰富而深刻的理论。由于“能”的概念涉及面甚广，加上作者水平有限，难免在问题的深度和广度上顾此失彼，甚至挂一漏万，因此，希望广大读者能予以批评指正。

作为普及读物，这本小册子力求做到通俗易懂，趣味生动，但它毕竟是本科学书籍，书中难免出现一些费解之处，因而“为理解任何一页，必须细读前面的每一页。”只有这样，你才可能对现代物理学中关于“能”的理论有系统而深刻的理解。

編著者

1984.8.于珞珈山

目 录

第一章	物质与运动	1
一、世界的物质性	1	
二、永恒的运动	2	
三、运动的形态	3	
四、运动形态的转化	5	
第二章	运动的量度	7
一、问题的提出	7	
二、功的定义	7	
三、功的计算	10	
四、一把量度运动变化的“尺”——功	11	
五、又一把量度运动变化的“尺”——热量	13	
六、热功当量	15	
七、运动的量度——能量	17	
八、过程量和状态量	19	
第三章	能量的两种基本形式——动能和势能	21
一、能量的形式	21	
二、宏观能量与微观粒子的能量	22	
三、平动动能	24	
四、转动动能	26	
五、动能定理	27	
六、有势力	29	
七、势能	30	
八、维里定理	33	
九、功能原理和机械能守恒	34	

十、势能曲线.....	36
第四章 伟大的运动基本定律	39
一、热的本质.....	39
二、内能.....	41
三、第一类永动机的破产.....	42
四、热力学第一定律.....	45
五、吉布斯方程.....	46
六、能量守恒和转换定律.....	47
第五章 能量概念发展简史	50
一、萌芽时期.....	50
二、笛卡儿-莱布尼兹论战	51
三、功、能概念的引入	52
四、热质说的兴衰.....	53
五、对运动转化的认识.....	55
六、能量守恒和转换定律的建立.....	57
七、死力、活力之争的小结.....	59
八、“能”理论的继续发展.....	60
第六章 概率与能量	61
一、概率.....	61
二、统计规律和涨落现象.....	62
三、能量均分定理.....	63
四、玻尔兹曼佯谬.....	65
五、第二类永动机.....	67
六、热力学第二定律.....	70
七、再谈热力学第一定律.....	71
八、能量转换的方向.....	72
九、麦克斯韦妖精.....	74
十、封闭系统的熵增加原理和稳定平衡状态势能最小原理...	77
第七章 振动·波·能量.....	78
一、简谐振动中的能量.....	78

二、阻尼振动中的能量.....	79
三、共振现象中的能量.....	80
四、波.....	82
五、能量密度.....	83
六、能流密度矢量.....	85
七、媒质对能量的吸收.....	87
八、驻波.....	88
第八章 电磁场的能量	90
一、场的物质性.....	90
二、电动势.....	91
三、电容器储能与电场的能量.....	93
四、电感器储能与磁场的能量.....	96
五、 W_e 与 W_m 的相互转化.....	98
六、电磁振荡辐射与电磁波.....	99
七、坡印廷矢量.....	101
八、磁单极与地磁能.....	104
九、辐射能.....	106
十、再谈场的物质性.....	107
第九章 能量的量子化	109
一、能量连续吗?	109
二、黑体辐射.....	110
三、热辐射定律.....	112
四、紫外灾难.....	114
五、“匡脱姆”	115
六、光电效应.....	117
七、场能的量子化.....	119
八、玻尔假设.....	120
九、薛定谔方程与哈密顿算符.....	122
十、能级图.....	124
十一、吸收与辐射的本质.....	125

十二、光子的“色彩”	127
第十章 质量与能量	129
一、相对论中的质量和动能	129
二、质能关系	130
三、静能量	132
四、质能守恒	133
五、质量可以转变为能量吗?	134
六、相互作用系统的总能量	137
七、零静质量粒子和速度极限 c	138
第十一章 奇妙的微观世界	140
一、波粒两象性	140
二、隧道效应	141
三、测不准的能量	143
四、能量还守恒吗?	146
五、狄拉克的困难——负质量状态	148
六、产生和湮灭	149
七、量子场的能量	152
八、相互作用能量子——“虚”粒子	154
第十二章 能量阶梯与物质结构	156
一、一个重要的事实	156
二、宏观物体的三态	156
三、结合能	160
四、能量阶梯	162
五、玻尔兹曼的错误	164
第十三章 能量守恒的本质	165
一、对称性和不可观察量	165
二、对牛顿第二定律的剖析	166
三、时间平移对称性和能量守恒	168
四、题外话：对称和守恒	171
五、弯曲时空与时间平移不对称性	171

第十四章	能源問題	176
一、	第一类能源	176
二、	第二类能源	177
三、	第三类能源	179
四、	能源危机	180
五、	原子能	181
六、	核的裂变反应	183
七、	核的聚变反应	185
八、	能源展望	187
結 束 語		191

第一章 物质与运动

一、世界的物质性

自然界是一个无限神奇美妙的统一体，组成自然界的“东西”堪称形形色色，景象万千。无论是浩瀚无垠的宇宙，还是直径不足费米（ 10^{-15} 米）的“基本”粒子；无论是有生命的生物（如动物、植物和微生物），还是无生命的非生物（如水、空气、铁和岩石等）；从风雨雷电到花草鸟兽，从山岳湖海到日月星辰，它们都有一个共同的特点，即都是存在于我们主观意识之外的客观存在。

所有的客观存在都是物质，整个自然界就是由各种各样的物质组成的。

物理学上把所有能为我们感官直接感觉到的物质称为实物（或叫物体）。实物的一个重要特征是：两个以上的实物不能同时占有同一空间位置。

那么，实物的四周是什么呢？例如，在星体之间的“太空”中，在分子之间的“空隙”中，是否是虚无一物呢？不！在实物的四周，充满着一种特殊的“东西”。物理学上称这些“东西”为“场”（如大家熟悉的电磁场等）。场与实物不同之处在于：两个以上的场可以同时占有同一空间位置（正是这样，我们才可以在一个位置收到多个广播电台和电视台发射的电磁波）。然而场仍具有一切物质所应有的重要属性，有质量、动量、能量等等。场与实物一样是存在于我们主观意识之外的客观实在，所以场也是一种物质，它是

一种与实物有所区别具有一定特性的特殊物质。

世界的真正统一性就在于它的物质性。我们周围的世界（包括人类自身）充满了实物和场（不是实物，便是场）。没有不占据空间的物质，也没有不存在物质的空间，世界是物质的世界。

二、永恒的运动

物质世界绚丽多采，物质存在形态千差万别，如此繁多的物质，有无什么共同的属性呢？

现代自然科学以大量无可争辩的事实，证明了古希腊哲学家一个天才的观点：“整个自然界从最小到最大的东西，从非生物到生物，都处于永恒的、无休无止的运动和变化之中。”当然，我们所指的运动，决不意味着仅仅是指物体的位置发生了变动，位置不发生变化的物体同样也在运动之中。

无生命的物质在运动，如日月星辰，规律变化；江河奔腾，潮汐涨落；……。

有生命的物质在运动，如人类工作学习；动物谋食求生；植物开花结果；微生物细胞分裂，生生死死，代代相承……。

组成物质的分子，亦在无休止的运动之中。产生布朗运动的原因，就是物体小颗粒所在那个媒质（液体）分子的始终不停地运动。同样，分子内的原子、原子核和电子等也在不停地运动着。

非实物的场也在运动。以电磁波为例，变化的电场激发磁场，变化的磁场激发电场。场与处于场中的实物相互作用着，场与场之间也相互作用着。

总之，自然界里没有不运动的物质，也没有哪种物质不运动。世界不过是物质的运动和运动的物质而已，某种形式的物质消失了，必然有另一种或多种形式的物质来代替它。

物质处于永恒的运动之中。“运动”就是众多形式的物质具有的共同属性。

三、运动的形态

物质处于永恒的运动之中，但物质运动的形态并非千篇一律，在物理学中，运动形态大致可归纳为以下几种类型。

(1) 机械运动

宏观物体位置发生变化的运动，称为机械运动。

机械运动是自然界中一种十分普遍的运动形态。人们日常生活中所遇见的物质运动绝大部分属于这种类型，人类对这种运动形态认识得最早。机械运动是物质最简单也是最基本的运动形态。

机械振动（物体在一定位置附近的来回往复的运动）和机械波（机械振动在介质中的传播）也属于机械运动的范畴。

在物理学中，力学就是研究机械运动的专门学科。

(2) 热运动

宏观物体（固体、液体、气体）内大量微观粒子（分子、原子、电子等）永不停息的无规则运动，称为热运动。

热运动是宏观物体的另一基本运动形态。正是宏观物体内部大量微观粒子的这种无规则运动，产生了温度、压力、密度、热容量等宏观物体的一些基本属性。物质三态（固、液、

气)的存在及相变(蒸发、凝结、熔化、凝固、升华等),宏观物体内部的组织结构及变化等,都是热运动的极好证明。

在物理学中,热力学与分子物理学就是研究热运动的专门学科。

(3) 电磁运动

相对观测者静止的带电体在其周围空间激发电场;
相对观测者运动的带电体在其周围空间激发磁场;
变化的电磁场以波动形式由场源中心向四周空间传播;
处于电磁场中的物体与场发生相互作用;
场与场发生相互作用;

.....

凡此种种,统称为电磁运动。

显然,电磁运动是特殊物质——场有别于机械运动和热运动的又一基本运动形态。人们熟悉的电视机、收音机、电话、电报、发电机、电动机、雷电等都是与电磁运动密切相关的。“光”和“热辐射”在本质上属于电磁运动的范畴。光波就是波长为 $7600 \sim 4000 \text{ \AA}$ 的电磁波($1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ 米)。热辐射就是波长为 $750 \sim 0.76$ 微米的电磁波($1 \text{ 微米} = 10^{-6}$ 米)的传播。

在物理学中,电磁学、光学就是研究电磁运动的专门学科。

(4) 微观运动

微观粒子(分子、原子、基本粒子等)的运动,称为微观运动。

与机械运动、热运动、电磁运动相比,微观运动是一种

别开生面的运动，它会带来与人们日常经验不能相容的新奇现象。人们对这类运动形态认识得较迟，有关这种运动形态的基本特征及其若干奇妙的特性在以后的章节会作专门介绍。

在物理学中，原子物理、原子核物理、粒子物理、量子力学等都是研究微观运动的专门学科。

除了物理学中的这几种运动形态外，还有化学的、生物的等很多运动形态，我们就不再一一详述了。

四、运动形态的转化

我们已经知道，自然界里存在着许许多多的运动形态，它们都有自己特殊的本质。运动形态虽然五花八门，但毕竟都是物质的运动，因此各种运动形态之间必然存在着十分密切的联系。这种联系，不但表现在它们之间一般地相互影响，更重要的是，经常发生着各类运动形态相互间的转化。

例如，摩擦生热或摩擦生电就是机械运动转化为热运动或电磁运动。太阳上亿万度的高温，使原子核发生聚变反应就是热运动转化为微观运动。原子弹爆炸产生巨大的冲击波和热辐射，就是微观运动转化为机械运动、热运动及电磁运动。……

自然界中运动形态转化的事例不胜枚举。事实上，在一定的条件下，任何一种类型的运动形态都可以转化为其他类型的运动形态。

千百年来，人类制造了数不清的动力装置，这里面有简单的，也有复杂的；有效率低的，也有效率高的；有功率小的，也有功率大的。其实，它们都不过是将运动由这一形态向那一形态转化的“运动转换器”而已。人类按照自己的需