

高等学校“十三五”规划教材 | 基础课

大学物理学 (上册)

(第二版)

主 编	朱长军	翟学军	
副主编	马保科	吴俊芳	
参 编	常红芳	尹纪欣	张晓娟
	王晓娟	周光茜	张崇辉
	王 晶		

高等学校“十三五”规划教材 | 基础课

大学物理学(上册)

(第二版)

主 编 朱长军 翟学军
副主编 马保科 吴俊芳
参 编 常红芳 尹纪欣 张晓娟 王晓娟
周光茜 张崇辉 王 晶

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书涵盖了教育部非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会制订的《理工科类大学物理课程教学基本要求》中所有的核心内容,并在此基础上选取了相关的扩展内容.本书体系完整、结构合理、深广度适当,同时加强经典与前沿、传统与现代、继承与创新的联系,突出了相关物理学进展以及高新科学技术在实际中的应用.

本书分为上、下两册,上册包括力学和电磁学,下册包括热力学基础、气体动理论、机械振动、机械波和电磁波、波动光学、狭义相对论基础、量子物理基础等.

本书可作为应用型高等学校理工科非物理类专业的教材,也可供文理科相关专业选用.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/朱长军,翟学军主编.—2版

—西安:西安电子科技大学出版社,2017.12

ISBN 978-7-5606-4679-4

I. ①大… II. ①朱… ②翟… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第271197号

策 划 戚文艳

责任编辑 高雯婧 阎彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017年12月第2版 2017年12月第5次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 20

字 数 475千字

印 数 10 501~13 500册

定 价 45.00元

ISBN 978-7-5606-4679-4/O

XDUP 4971002-5

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

本书第一版于 2012 年 2 月由西安电子科技大学出版社出版,得到了广大师生的厚爱,被许多高校选为本科生“大学物理”课程的教材或参考书。

本书第一版出版后,许多读者以各种方式表达了对本书体系、结构以及撰写的肯定,同时,编者也收到了一些宝贵的意见和建议。通过与读者的交流与探讨,编者结合近年教学的新形势、新经验,认真总结了本书第一版在教学使用中的不足之处,并修订、编写了第二版,其中对部分内容进行了修改和补充,也重新编写了少部分内容,对各章的例题和习题进行了更新。

本书在保留第一版基本体系和结构的基础上,新增了“物理学之美”“物理探索”“物理前沿”“物理新进展”等内容,以期反映物理学最新进展,扩大读者知识面。因编者对有关内容理解和把握的水平有限,这部分内容直接参考引用了物理学界有关专家学者的文章,在此对相关作者表示衷心的感谢!这也是我们利用教材这个载体,传播物理思想、激发读者对物理科学的兴趣所作的初步探索,是否恰当,还请读者再次给我们提出宝贵意见。

本书适用于 112 学时的大学物理课教学。

参加本书编写工作的有常红芳、尹纪欣、张晓娟、王晓娟、周光茜、张崇辉、吴俊芳、王晶、翟学军、马保科、朱长军。全书由朱长军、翟学军统稿并担任主编,马保科、吴俊芳担任副主编。

感谢广大读者对本书的关心和帮助,由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,衷心期望读者和同行专家批评指正。

编 者
2017 年 10 月

目 录

矢量及其运算	1	2.1.1 牛顿第一定律	51
物理量的单位和量纲	4	2.1.2 牛顿第二定律	52
阅读材料之物理大师	8	2.1.3 牛顿第三定律	53
第1章 质点运动学	13	2.2 力学中常见的几种力	54
1.1 质点 参考系 坐标系 时空	13	2.2.1 力的基本类型	54
1.1.1 质点 质点系	13	2.2.2 万有引力 重力	54
1.1.2 参考系 坐标系	14	2.2.3 弹性力	56
1.1.3 时间和时空	15	2.2.4 摩擦力	57
1.2 描述质点运动的物理量	17	2.3 牛顿定律的应用	58
1.2.1 位置矢量与运动方程	17	2.3.1 质点的直线运动	59
1.2.2 位移与路程	18	2.3.2 变力作用下的直线运动	61
1.2.3 速度	20	2.3.3 质点的曲线运动	64
1.2.4 加速度	22	2.4 惯性系与非惯性系	66
1.3 几种典型的质点运动	25	2.4.1 惯性系与非惯性系概述	66
1.3.1 直线运动	25	2.4.2 非惯性系中的力学	66
1.3.2 曲线运动(抛体运动)	26	2.4.3 牛顿运动定律的适用范围	67
1.3.3 运动学中的两类问题	28	习题二	68
1.4 速度和加速度在自然	31	阅读材料之物理前沿	75
坐标系中的表示	31	第3章 动量守恒定律和能量	78
1.4.1 圆周运动的切向加速度和	31	守恒定律	78
法向加速度	31	3.1 质点和质点系的动量定理	78
1.4.2 圆周运动及其角量描述	33	3.1.1 质点的动量定理	78
1.4.3 一般曲线运动的切向加速度和	35	3.1.2 质点系的动量定理	82
法向加速度	35	3.2 动量守恒定律	84
1.5 相对运动	39	3.3 动能定理	88
1.5.1 相对运动中的位置关系	39	3.3.1 功	88
1.5.2 相对运动中的速度关系	40	3.3.2 质点的动能定理	91
1.5.3 相对运动中的加速度关系	41	3.4 保守力与非保守力 势能	92
习题一	42	3.4.1 几种常见力的做功特点	92
阅读材料之物理原理	46	3.4.2 保守力与非保守力	95
第2章 牛顿运动定律	49	3.4.3 势能	96
2.1 牛顿定律	49	3.4.4 势能曲线	97

3.5 功能原理 机械能守恒定律	98	第 5 章 静电场	147
3.5.1 质点系的动能定理	98	5.1 电荷及其库仑定律	147
3.5.2 功能原理	99	5.1.1 电荷	147
3.5.3 机械能守恒定律	101	5.1.2 库仑定律	148
3.6 能量守恒定律	102	5.2 电场 电场强度	151
3.7 碰撞	103	5.2.1 电场	151
3.7.1 完全弹性碰撞	104	5.2.2 电场强度	151
3.7.2 完全非弹性碰撞	105	5.2.3 电场强度的计算	152
3.7.3 非弹性碰撞	106	5.2.4 电偶极子	154
3.8 质心 质心运动定律	106	5.3 高斯定理及其应用	159
3.8.1 质心	107	5.3.1 电场线	159
3.8.2 质心运动定律	108	5.3.2 电通量	161
3.9 质点的角动量定理和角动量 守恒定律	108	5.3.3 高斯定理的表述	163
3.9.1 质点对某一定点的角动量	109	5.3.4 高斯定理的应用	165
3.9.2 质点对轴线的角动量定理	109	5.4 静电场的环路定理 电势	169
习题三	113	5.4.1 电场力的功	169
阅读材料之物理谜踪	117	5.4.2 电场强度的环流	170
第 4 章 刚体力学	121	5.4.3 电势及电势差	171
4.1 刚体的运动	121	5.4.4 电势的计算	173
4.1.1 刚体的平动和转动	121	5.5 等势面 电场强度与电势的 微分关系	177
4.1.2 刚体运动的自由度	122	5.5.1 等势面	177
4.1.3 刚体的定轴转动	123	5.5.2 电场强度与电势的微分关系	178
4.2 刚体绕定轴转动的角动量和 转动惯量	125	习题五	181
4.2.1 刚体定轴转动的角动量	125	阅读材料之物理科技(一)	185
4.2.2 刚体的转动惯量	126	第 6 章 静电场中的导体与电介质	188
4.2.3 转动惯量的平行轴定理	129	6.1 静电场中的导体	188
4.3 刚体定轴转动定律	130	6.1.1 物质电性质的分类	188
4.3.1 对定轴的力矩	130	6.1.2 导体的静电平衡	189
4.3.2 定轴转动的角动量定理和 转动定理	131	6.1.3 导体静电平衡的应用	192
4.4 刚体定轴转动的功能原理和 角动量守恒定律	135	6.2 静电场中的电介质	196
4.4.1 力矩的功	135	6.2.1 电介质对电场的影响	196
4.4.2 刚体定轴转动的动能定理	135	6.2.2 电介质的极化	198
4.4.3 刚体的重力势能	136	6.2.3 电极化强度与极化 电荷的关系	200
4.4.4 刚体定轴转动的角动量 守恒定律	137	6.2.4 电介质中的高斯定理	201
习题四	140	6.3 电容和电容器	204
阅读材料之应用物理	144	6.3.1 孤立导体的电容	204
		6.3.2 电容器的电容	205
		6.3.3 几种常见的电容器及其 电容的计算	205

6.3.4 电容器的串联和并联	207	7.7.3 磁力的功	251
6.4 静电场的能量和能量密度	208	7.8 磁介质中的安培环路定理	253
6.4.1 电容器的储能	208	7.8.1 磁介质	253
6.4.2 静电场的能量 能量密度	209	7.8.2 弱磁质的磁化 磁化强度	254
习题六	211	7.8.3 磁介质中的安培环路定理	
阅读材料之材料物理	215	磁场强度	256
第7章 稳恒磁场	219	7.8.4 铁磁质	259
7.1 稳恒电流 电动势	219	习题七	261
7.1.1 电流与电流密度	219	阅读材料之物理争鸣	266
7.1.2 恒定电场	220	第8章 电磁感应	269
7.1.3 欧姆定律的微分形式	221	8.1 电磁感应定律	269
7.1.4 电源电动势	222	8.1.1 电磁感应现象	269
7.2 磁场 磁感应强度	223	8.1.2 楞次定律	270
7.2.1 磁现象与磁场	223	8.1.3 法拉第电磁感应定律	271
7.2.2 磁感应强度	224	8.2 动生电动势与感生电动势	274
7.3 毕奥-萨伐尔定律	225	8.2.1 动生电动势	274
7.3.1 毕奥-萨伐尔定律的定义	225	8.2.2 感生电动势	278
7.3.2 毕奥-萨伐尔定律的应用举例	226	8.2.3 涡电流	281
7.3.3 运动电荷的磁场	230	8.2.4 感应与能量转换	282
7.4 磁通量 磁场中的高斯定理	232	8.3 自感和互感	283
7.4.1 磁感应线	232	8.3.1 自感	283
7.4.2 磁通量 磁场中的高斯定理	232	8.3.2 互感	284
7.5 安培环路定理	234	8.4 磁场能量	287
7.5.1 安培环路定理	234	8.5 麦克斯韦电磁理论简介	290
7.5.2 安培环路定理的应用举例	236	8.5.1 位移电流 全电流安培	
7.6 带电粒子在电场和磁场中的运动	241	环路定理	290
7.6.1 洛伦兹力	241	8.5.2 麦克斯韦方程组的积分形式	292
7.6.2 带电粒子在磁场中的运动	241	习题八	294
7.6.3 带电粒子在电场和磁场中		阅读材料之物理科技(二)	299
运动的应用	243	参考答案	303
7.7 磁场对载流导线的作用	246		
7.7.1 磁场对载流导线的作用	246		
7.7.2 均匀磁场对载流线圈的作用	249		

矢量及其运算

1. 标量和矢量

1) 标量

有些物理量, 只具有数值大小(包括有关的单位), 而不具有方向性. 这些量之间的运算遵循一般的代数法则. 这样的物理量称为标量.

2) 矢量

有些物理量, 既要有数值大小(包括有关的单位), 又要有方向才能完全确定. 这些量之间的运算并不遵循一般的代数法则, 而遵循特殊的运算法则. 这样的物理量称为矢量.

2. 矢量运算

1) 矢量加法

矢量加法是矢量的几何和, 两个矢量的几何和服从平行四边形规则, 如图 1 所示. 表示为

$$C = A + B \quad (1)$$

矢量加法也可以用矢量三角形表示, 如图 2 所示, 矢量 A 的头和矢量 B 的尾相接, 得矢量 C .

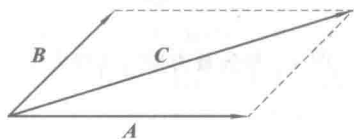


图 1 矢量加法的平行四边形规则

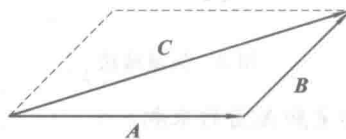


图 2 矢量加法的三角形规则

同理, 矢量 B 的头和矢量 A 的尾相接, 也得矢量 C . 可见, 矢量加法和矢量排列次序无关, 即服从交换律

$$C = A + B = B + A \quad (2)$$

矢量加法也服从结合律

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C} + \mathbf{D} = (\mathbf{A} + \mathbf{B}) + (\mathbf{C} + \mathbf{D}) \quad (3)$$

矢量加法是几个矢量的合成问题,反之,一个矢量也可以分解为几个矢量。

具体计算中,利用坐标系往往能够简化计算。例如,在直角坐标系中,矢量 \mathbf{A} 可以分解为 \mathbf{A}_x 、 \mathbf{A}_y 和 \mathbf{A}_z 。这样,矢量 \mathbf{A} 就可以表示为

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_x + \mathbf{A}_y + \mathbf{A}_z \quad (4)$$

在直角坐标系中,三个轴方向上的单位矢量分别为 i 、 j 和 k 。矢量 \mathbf{A}_x 、 \mathbf{A}_y 和 \mathbf{A}_z 的模分别为矢量 \mathbf{A} 在 x 、 y 和 z 轴方向上的投影,用 A_x 、 A_y 和 A_z 表示,则

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$$

可见, \mathbf{A} 的模为

$$A = |\mathbf{A}| = (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2)^{1/2} \quad (5)$$

这样,两个矢量 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 在直角坐标系中的矢量和为

$$\begin{aligned} \mathbf{A} + \mathbf{B} &= A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k} + B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k} \\ &= (A_x + B_x) \mathbf{i} + (A_y + B_y) \mathbf{j} + (A_z + B_z) \mathbf{k} \end{aligned} \quad (6)$$

在矢量的分解中,应注意到分解的不唯一性。例如,同一个矢量在不同的坐标系中,分解的情况是不同的。

2) 矢量减法

矢量减法可以视为矢量加法的特例,即

$$\mathbf{A} - \mathbf{B} = \mathbf{A} + (-\mathbf{B}) \quad (7)$$

通常称 $-\mathbf{B}$ 为矢量 \mathbf{B} 的逆矢量,它的模等于矢量 \mathbf{B} 的模,但方向与矢量 \mathbf{B} 相反,如图 3 所示。

由矢量加减法运算规则可知,如果三个矢量 \mathbf{A} 、 \mathbf{B} 和 \mathbf{C} 头尾相连组成封闭三角形,其矢量和为零,如图 4 所示,表示为

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C} = \mathbf{0} \quad (8)$$

同理可推断,若多个矢量头尾相连组成封闭的多边形,其矢量和必为零。

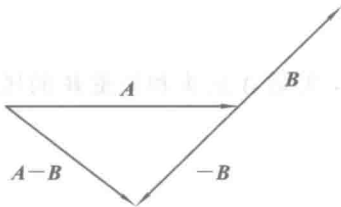


图 3 矢量减法

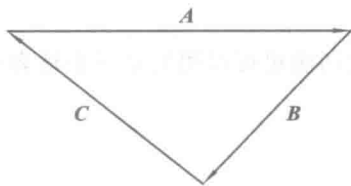


图 4 和矢量为零的几何表示

3) 标量和矢量的乘积

一个标量 m 和矢量 \mathbf{A} 相乘,得矢量 \mathbf{B} ,即

$$\mathbf{B} = m\mathbf{A} \quad (9)$$

显然, \mathbf{B} 的大小等于 \mathbf{A} 的大小的 m 倍,二者方向相同或相反。若 $m > 0$,则 \mathbf{B} 与 \mathbf{A} 同方向;若 $m < 0$,则 \mathbf{B} 与 \mathbf{A} 反方向。

4) 两矢量的标量积

两矢量的标量积亦称点积,定义为:一个矢量在另一个矢量方向上的投影与另一矢量

模的乘积, 结果是一个标量. 可表示为

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \cos\theta \quad (10)$$

式中, θ 为两矢量的夹角.

点积的基本性质服从交换律, 即

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \quad (11)$$

以及分配律, 即

$$\mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} + \mathbf{A} \cdot \mathbf{C} \quad (12)$$

在直角坐标系中, 三个轴方向上的单位矢量 i 、 j 和 k 相互正交, 根据标量积定义得

$$\begin{aligned} i \cdot i &= j \cdot j = k \cdot k = 1 \\ i \cdot j &= j \cdot k = k \cdot i = 0 \end{aligned}$$

两矢量的标量积可表示为

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = (A_x i + A_y j + A_z k) \cdot (B_x i + B_y j + B_z k) = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \quad (13)$$

这表明两矢量的标量积等于其对应的分量的乘积之和.

5) 两矢量的矢量积

两矢量 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 的矢量积亦称叉积, 其结果仍是一个矢量, 用矢量 \mathbf{C} 表示, 矢量 \mathbf{C} 的大小为 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 组成的平行四边形的面积, 方向垂直于矢量 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 构成的平面, 并且 \mathbf{A} 、 \mathbf{B} 和 \mathbf{C} 三者符合右手螺旋法则, 其数学表达式为

$$|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \sin\theta \quad (14)$$

式中, θ 为两矢量的夹角, $0 \leq \theta \leq \pi$.

根据矢量积的定义和右手螺旋法则可以看出

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = -\mathbf{B} \times \mathbf{A} \quad (15)$$

表明矢量积不服从交换律, 但服从分配律, 即

$$\mathbf{A} \times (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = \mathbf{A} \times \mathbf{B} + \mathbf{A} \times \mathbf{C} \quad (16)$$

显而易见, 矢量积不服从结合律, 即

$$\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) \neq (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \times \mathbf{C} \quad (17)$$

直角坐标系中, 由矢量积定义可得到单位矢量之间的关系为

$$\begin{aligned} i \times i &= j \times j = k \times k = 0 \\ i \times j &= k \\ j \times k &= i \\ k \times i &= j \end{aligned}$$

矢量积在直角坐标系中可表示为

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \times \mathbf{B} &= (A_x i + A_y j + A_z k) \times (B_x i + B_y j + B_z k) \\ &= (A_y B_z - A_z B_y) i + (A_z B_x - A_x B_z) j + (A_x B_y - A_y B_x) k \end{aligned} \quad (18)$$

物理量的单位和量纲

1. 物理量的单位

1) 单位制

物理学是一门实验科学,需要对各种物理量进行测量和计量,这就要求确定物理量的单位.由于各物理量之间存在着规律性的联系,这样便可选取少数物理量作为基本物理量,简称基本量,并为每个基本量规定一个基本单位.其他物理量的单位则可按照它们与基本量之间的关系式导出,这些物理量称为导出量物理量,简称导出量,其单位称为导出单位.按照这种方法制定的一套单位,称为单位制.

单位制的建立涉及基本量的选取和基本单位的规定,由于二者都带有一定程度的任意性,所以物理学中曾经出现过许多单位制,为了建立一种简洁、科学、实用的计量单位制,国际米制公约各成员国(我国政府 1977 年参加该公约)于 1960 年通过了采用一种以米制为基础发展起来的国际单位制.

2) 国际单位制简介

(1) 国际单位制(SI)的基本单位及其定义(见表 1).

表 1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

① 长度单位米(m)是光在真空中在 $1/299\,792\,458$ 秒的时间间隔内所行进路径的长度(这是 1983 年 10 月第十七届国际计量大会通过的米的定义).

② 质量单位千克(kg)等于国际计量局保存的铂铱合金国际千克原器的质量.

③ 时间单位秒(s)是铯-133 原子基态的两个超级精细能级之间跃迁所对应的辐射的

9 192 631 770 个周期的持续时间。

④ 电流单位安培(A)简称安,若在真空中使相距一米的两条长度无限而圆截面可以忽略的平行直导线内保持一恒定电流,此电流在这两条导线之间产生的力,在每米长度上等于 2×10^{-7} 牛顿时的电流强度。

⑤ 热力学温度单位开尔文(K)简称开,等于水的三相点的热力学温度的 $1/273.16$ 。

⑥ 物质的量单位摩尔(mol)简称摩,用于一个系统物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合体。

⑦ 发光强度单位坎德拉(cd)简称坎,是在 101 325 帕斯卡压力下,处于铂凝固温度的黑体的 $1/600\,000$ 平方米表面垂直方向上的光强度。

(2) 国际单位制的辅助单位及其定义(见表 2)。

① 1 弧度就是在一圆内两条半径间的平面角,这两条半径在圆周上截取的弧长与半径相等。

② 1 球面度是一个顶点位于球心、在球面上截取的面积等于以球半径为边长的在该球面上的正方形面积的立体角的大小。

表 2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

(3) 国际单位制导出单位。

① 力学中常见的物理量在国际单位制中的单位见表 3。

表 3 力学中常见的物理量在国际单位制中的单位

物理量名称	单位名称	量纲式	单位代号	
			中文	国际
面积	平方米	L^2	米 ²	m^2
体积	立方米	L^3	米 ³	m^3
旋转频率	1 每秒	T^{-1}	1/秒	1/s
频率	赫兹	T^{-1}	赫	Hz
密度	千克每立方米	ML^{-3}	千克/米 ²	kg/m^3
速度	米每秒	LT^{-1}	米/秒	m/s
加速度	米每秒平方	LT^{-2}	米/秒 ²	m/s^2
角速度	弧度每秒	T^{-1}	弧度/秒	rad/s
力	牛顿	MLT^{-2}	牛	N
力矩	牛顿米	MLT^{-2}	牛·米	$N \cdot m$
动量	千克米每秒	MLT^{-1}	千克·米/秒	$kg \cdot m/s$
压强、应力	帕斯卡	$ML^{-1}T^{-2}$	帕	Pa
功	焦耳	ML^2T^{-2}	焦	J
能	焦耳	ML^2T^{-2}	焦	J
功率	瓦特	ML^2T^{-3}	瓦	W
动量矩	千克米平方每秒	ML^2T^{-1}	千克米 ² /秒	$kg \cdot m^2/s$
转动惯量	千克米平方	ML^2	千克米 ²	$kg \cdot m^2$

② 热学中常见的物理量在国际单位制中的单位见表 4.

表 4 热学中常见的物理量在国际单位制中的单位

物理量名称	单位名称	量纲式	单位代号	
			中文	国际
热力学温度	开尔文	K	开	K
摄氏温度	摄氏度	K	摄氏度	°C
热量	焦耳	ML^2T^{-2}	焦	J
热容量	焦耳每开尔文	$ML^2T^{-2}K^{-1}$	焦/开	J/K
比热	焦耳每千克开尔文	$L^2T^{-2}K^{-1}$	焦/千克·开	1/kg·K
线胀系数	1 每开尔文	K^{-1}	1/开	1/K
体胀系数	1 每开尔文	K^{-1}	1/开	1/K
热导率	瓦特每米开尔文	$LMT^{-3}K^{-1}$	瓦/米·开	W/m·K
扩散系数	平方米每秒	L^2T^{-1}	米 ² /秒	m ² /s

③ 电磁学中常见的物理量在国际单位制中的单位见表 5.

表 5 电磁学中常见的物理量在国际单位制中的单位

物理量名称	单位名称	量纲式	单位代号	
			中文	国际
电流强度	安培	I	安	A
电量	库仑	TI	库	C
电荷线密度	库仑每米	$L^{-1}TI$	库/米	C/m
电荷面密度	库仑每平方米	$L^{-2}TI$	库/米 ²	C/m ²
电荷体密度	库仑每立方米	$L^{-3}TI$	库/米 ³	C/m ³
电势(电位)	伏特	$L^2MI^{-3}I^{-1}$	伏	V
电场强度	伏特每米	$LMI^{-3}I^{-1}$	伏/米	V/m
电位移	库仑每平方米	L^2TI	库/米 ²	C/m ²
电通量	伏特米	$L^3MT^{-3}I^{-1}$	伏·米	V·m
电容	法拉	$L^2M^{-1}T^4I^2$	法	F
介电常数	法拉每米	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	法/米	F/m
电阻	欧姆	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	欧	Ω
电阻率	欧姆米	$L^3MT^{-3}I^{-2}$	欧·米	Ω·m
电导	西门子	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$	西	S
电导率	西门子每米	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	西/米	S/m
电偶极矩	库仑米	LTI	库米	C·m
电极化强度	库仑每平方米	$L^{-2}TI$	库/米 ²	C/m ²
磁场强度	安培匝每米	$L^{-1}I$	安·匝/米	A/m
磁通量	韦伯	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	韦	Wb
磁感应强度	特斯拉	MT^2I^{-1}	特	T
电感	亨利	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	享	H
磁导率	亨利每米	$LMT^{-2}I^{-2}$	享/米	H/m
磁矩	安培米平方	L^2I	安·米 ²	A·m ²
磁极化强度	特斯拉	$MT^{-2}I^{-1}$	特	T
磁化强度	安培每米	$L^{-1}I$	安/米	A/m
磁偶极矩	韦伯米	$L^3MT^{-2}I^{-1}$	韦·米	Wb·m
磁导率	亨利每米	$LMT^{-2}I^{-2}$	享/米	H/m

④ 振动与波及光学中常见的物理量在国际单位制中的单位见表 6.

表 6 振动与波及光学中常见的物理量在国际单位制中的单位

物理量名称	单位名称	量纲式	单位代号	
			中文	国际
周期	秒	T	秒	s
频率	赫兹	T ⁻¹	赫	Hz
振幅	米	L	米	m
圆频率	弧度每秒	T ⁻¹	弧度/秒	rad/s
位相	弧度	L	弧度	rad
波长	米	LT ⁻¹	米	m
波速	米每秒	L	米/秒	m/s
入射角	弧度	cd	弧度	rad
焦距	米	L ⁻² cd	米	m
光强度	坎德拉	L ⁻² cd	坎	cd
光照度	勒克司	cd	勒	lx
光亮度	坎德拉每平方米	L ⁻² cd	坎/米 ²	cd/m ²
光通量	流明	cd	流	lm

⑤ 原子物理及核物理中常见的物理量在国际单位制中的单位见表 7.

表 7 原子物理及核物理中常见的物理量在国际单位制中的单位

物理量名称	单位名称	量纲式	单位代号	
			中文	国际
坎尔磁子	焦耳每特斯拉	L ² I	焦/特	J/T
普朗克常数	焦耳·秒	L ⁻² MT ⁻¹	焦·秒	J·s
半衰期	秒	T	秒	s
衰变常数	1 每秒	T ⁻¹	1/秒	1/s

除国际单位制以外, 还有其他的单位制, 在此不作介绍.

2. 物理量的量纲

在物理学中, 导出量与基本量间的关系可以用量纲来表示. 将一个导出量用若干个基本量的乘方之积表示出来的表达式, 称为该物理量的量纲式, 简称量纲.

在国际单位制中, 七个基本物理量长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量、发光强度的量纲符号分别是 L、M、T、I、Θ、N 和 J. 导出量的量纲用若干个基本量的乘方之积表示. 物理量 Q 的量纲记为 dimQ, 国际物理学界沿用的习惯记为 [Q].

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\epsilon} N^{\zeta} J^{\eta}$$

比如: 速度 $v = ds/dt$, 量纲为 LT^{-1} ; 加速度 $a = dv/dt$, 量纲为 LT^{-2} ; 力 $F = ma$, 量纲为 MLT^{-2} .

量纲是物理学中的一个重要概念. 它可以定性地表示出物理量与基本量之间的关系; 可以有效地应用它进行单位换算; 可以用它来检查物理公式的正确与否; 还可以通过它来推知某些物理规律.

阅读材料之物理大师

改变人类文明历史的伟人

物理无处不在，“物理”取自“格物致理”，即考察事物的形态和变化，研究并总结它们的规律。

正是凭借“格物致理”的追求，判天地之美，析万物之理，我们看到遥远的宇宙边缘，发现了巨大的黑洞；探索微观世界的粒子成分，惊叹于原子力量的强大。

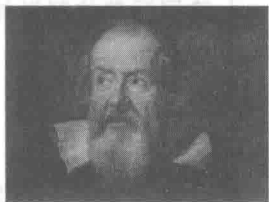
物理学作为超越国界的基础自然科学，其中之大师泽荫人类、跨越时空、影响久远。从比萨斜塔上掉落铁球，从砸在头顶的苹果，从电与磁随意转换，到量子力学的发现，相对论的诞生，还有薛定谔的那只猫，每一次都在刷新人类对自然的认知，推动着人类社会进步。

他们天才般的智慧与思想，让我们深深地陷入了物理学这个美妙的世界。

伽利略

伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642)，意大利物理学家、天文学家和哲学家，近代实验科学的先驱者。其成就包括改进望远镜和其所带来的天文观测，以及支持哥白尼的日心说。当时，人们争相传颂：“哥伦布发现了新大陆，伽利略发现了新宇宙。”

1590年，伽利略在比萨斜塔上进行自由落体实验(真实性存疑)，将两个重量不同的铁球从相同的高度同时扔下，结果两个铁球同时落地，由此发现了自由落体定律，推翻了此前亚里士多德认为重的物体会先到达地面，落体的速度与其质量成正比的观点，他证明了进行自由落体运动的物体都有相同的加速度，换句话说，如果没有空气阻力的影响，羽毛和铁球将会同时到达地面。霍金说：“自然科学的诞生要归功于伽利略。”



牛顿

牛顿(Isaac Newton, 1643—1727)，英国皇家学会会员，是一位英国物理学家、数学家、天文学家、自然哲学家和炼金术士。

“自然和自然的法则隐藏于黑夜之中，上帝说：‘让牛顿来吧！’于是，一切都被照亮”——英国诗人亚历山大·蒲柏(Alexander Pope)。



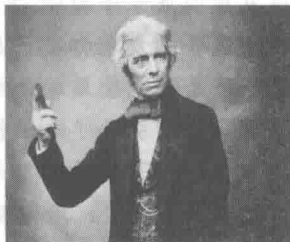
牛顿在1687年发表的论文《自然哲学的数学原理》中,对万有引力和三大运动定律进行了描述,把地球上物体和天体力学统一到一个基本力学体系中,实现了自然科学的第一次大统一,奠定了此后三个世纪里物理世界的科学观,这是人类对自然界认识的一次飞跃。在光学领域,他发明了反射式望远镜,并基于对三棱镜将白光发散成可见光谱的观察,发展出了颜色理论。在数学领域,牛顿与戈特弗里德·莱布尼茨分享了发展出微积分学的荣誉。

《自然哲学的数学原理》将成为一座永垂不朽的纪念碑,它向我们展示了最伟大的宇宙定律,是高于(当时)人类一切其他思想产物之上的杰作,这个简单而普遍定律的发现,以它囊括对象之巨大和多样性,给予人类智慧以光荣——拉普拉斯这样评价。爱因斯坦说:“要理解这样的人,唯有把他看成是为争取永恒真理而斗争的战士。”

法拉第

法拉第(Michael Faraday, 1791—1867),一个贫苦英国铁匠的孩子,最高学历为小学二年级,凭借自身的勤奋和天才的动手能力及思考能力,成为著名的物理学家和化学家,在电磁感应、电磁磁场关系、苯的发现和研 究等诸多方面,用简单而又精巧的实验揭示了自然伟大的奥秘。

1831年10月17日,法拉第首次发现电磁感应现象,改变了人类文明。他的发现奠定了电磁学的基础,是麦克斯韦的先导;1839年,他提出了电学和磁学之间存在着基本关系,向世人建立起“磁场的改变产生电场”的观念,电的发明使人类进入工业社会。

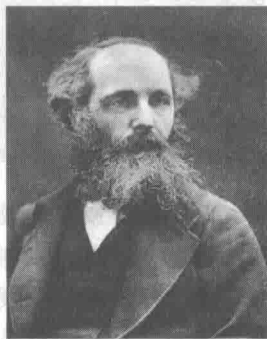


法拉第的成就告诉我们:做好科学研究,出身不是问题,学历也不是问题,贫穷更不是问题,关键是要持久拥有一颗对科学执着热爱的心。法拉第的实验记录几乎没有任何数学公式,只有他实验过程的一张张图表,直观形象地显示了物理图像,因此大胆和创新是科学前进的重要源泉,做一个好的实验物理学家最重要的是对物理图像和物理概念的深刻理解和认识,而不是数学公式的推演和习题的论证。科学是平民的科学,科学知识不是科学家的专利而是大众的财富,让更多的人懂得科学才是科学真正的成功。

麦克斯韦

麦克斯韦(James Clerk Maxwell, 1831—1879),英国物理学家、数学家。麦克斯韦主要从事电磁理论、分子物理学、统计物理学、光学、力学、弹性理论方面的研究。尤其是他建立的电磁场理论,将电学、磁学、光学统一起来,是科学史上最伟大的综合之一。他预言了电磁波的存在,为物理学竖起了一座丰碑。造福于人类的无线电技术,就是以电磁场理论为基础发展起来的。

麦克斯韦大约于1855年开始研究电磁学,在潜心研究了法拉第关于电磁学方面的新理论和思想之后,坚信法拉第的新理论包含着真理。于是他抱着给法拉第的理论“提供数学方法基础”的愿望,决心把法拉第的天才思想以清晰准确的数学形式表示出来。他



在前人成就的基础上,对整个电磁现象进行了系统、全面的研究,将电磁场理论用简洁、对称、完美的数学形式表示出来,经后人整理和改写,成为经典电动力学主要基础的麦克斯韦方程组。

在热力学与统计物理学方面,麦克斯韦也作出了重要贡献,他是气体动理论的创始人之一。麦克斯韦是运用数学工具分析物理问题和精确地表述科学思想的大师,他非常重视实验,由他负责建立起来的卡文迪什实验室,现在仍然是举世闻名的学术中心之一。

美国著名物理学家理查德·费曼(Richard Feynman)曾预言:“人类历史从长远看,好比说从一万年以后回顾历史,19世纪最举足轻重的毫无疑问就是麦克斯韦发现了电动力学定律。”麦克斯韦方程更是被称为上帝之眼看到的光,英国科学期刊《物理世界》曾让读者投票评选了“最伟大的公式”,麦克斯韦方程排名第一。

汤姆逊

汤姆逊(J. J. Thomson, 1856—1940),英国物理学家,在1897年研究稀薄气体放电的实验中,证明了电子的存在,测定了电子的荷质比,轰动了整个物理学界,这是第一个被发现的亚原子粒子。

电子的发现打破了原子不可分的经典的物质观,向人们宣告原子不是构成物质的最小单元,它具有内部结构,是可分的。这一发现也直接引导了电子技术时代的到来。

他和儿子都是诺贝尔奖金的获得者,在他的学生中,有九位获得了诺贝尔奖金。汤姆逊对自己的学生要求非常严格,他要求学生在进行研究之前,必须学好所需要的实验技术。进行研究所用的仪器全要自己动手制作。他认为大学应是培养会思考、有独立工作能力的人才的场所,不是用“现成的机器”投影造出“死的成品”的工厂。他坚持不让学生使用现成的仪器,他要求学生不仅是实验的观察者,更是实验的创造者。



普朗克

普朗克(Max Planck, 1858—1947),德国物理学家,量子力学的奠基者,20世纪最重要的物理学家之一,因发现能量量子而对物理学的进展作出了重要贡献。

1900年12月24日(历史上也把这天认为是量子的诞生日),普朗克发表了《关于正常光谱的能量分布定律》论文。文中提出了一个大胆的假说: $E=h\nu$,引入了一个对量子力学非常重要的物理常数 h ——普朗克常数,在科学界一鸣惊人。

“能量在辐射过程中不是连续的,而是以一份份能量的形式存在的”,这一假说认为辐射能(即光波能)不是一种连续不断的能流,而是由小微粒组成的,他把这种小微粒称为量子。这无疑使整座经典物理大厦开始摇摇欲坠,使物理学发生了一场革命,这也是普朗克自己都难以接受的事实。“当普朗克把量子的幽灵从魔瓶中放出来时,自己却吓得要死”,后人评论道。普朗克像是给一片森林带来火种的人,之后量

