



普通高等教育“十二五”规划教材

下册

大学物理学

UNIVERSITY PHYSICS

姜广军 程彦明◆主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

013027941

04-43

210
V2

普通高等教育“十二五”规划

大学物理学

下册

主 编 姜广军 程彦明

副主编 付 静 邹晓威

参 编 袁明霞 杜秀国

主 审 宗占国



机械工业出版社



北航

C1635131

04-43

211

V2

13050810

本套教材依据教育部高等学校物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版),主要针对全国民办普通高校非物理专业大学物理课程教学需要编写而成。全书涵盖了《理工科类大学物理课程教学基本要求》规定的核心内容。在内容的编写上力争加强趣味性,突出基本概念和基本原理,适当弱化数学推演,加强应用,轻装简约,摒弃冗长繁琐和面面俱到。在编写风格上强调兴趣化,追求贴近学生、贴近实际、便于教学、引发思考和助推创新的教学效果。

本套教材分上、下两册,本书是下册,主要内容包括:真空中的静电场,静电场中的导体和电介质,稳恒磁场,电磁感应、电磁场、电磁波,波动光学和近代物理基础共六章。本书为教学计划80~120学时的非物理专业大学物理课程教学用书,也可作为非全日制本科生的自学教材和参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 下册/姜广军,程彦明主编. —北京:机械工业出版社, 2013.3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-41747-7

I. ①大… II. ①姜…②程… III. ①物理学—高等学校—教材
IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第043826号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李永联 责任编辑:李永联 任正一

版式设计:陈沛 责任校对:樊钟英

封面设计:马精明 责任印制:张楠

北京振兴源印务有限公司印刷

2013年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·13.25印张·2插页·254千字

标准书号:ISBN 978-7-111-41747-7

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

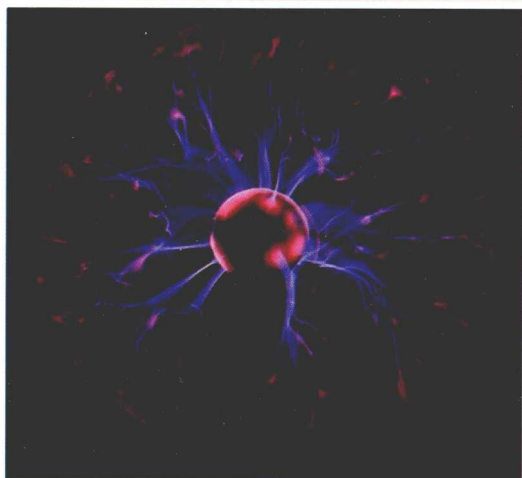
● 闪电击中亚利桑那
州的斯科特斯戴尔

.....●



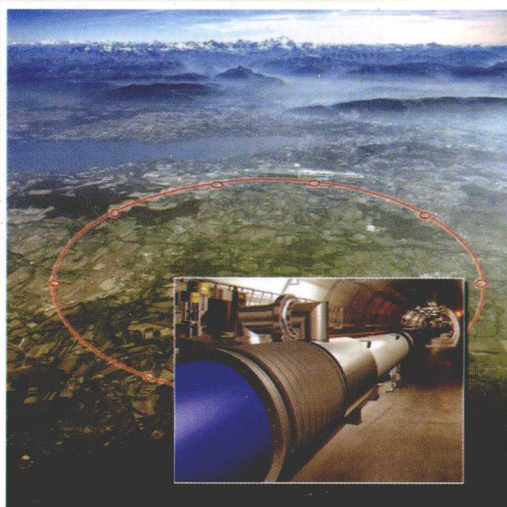
● 静电球

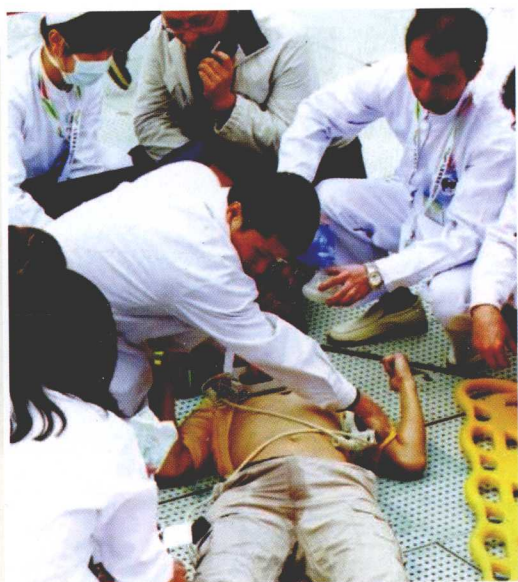
.....●



● 欧洲核子研究中心大型
强子对撞机外景和内景图

.....●





● 心脏电击

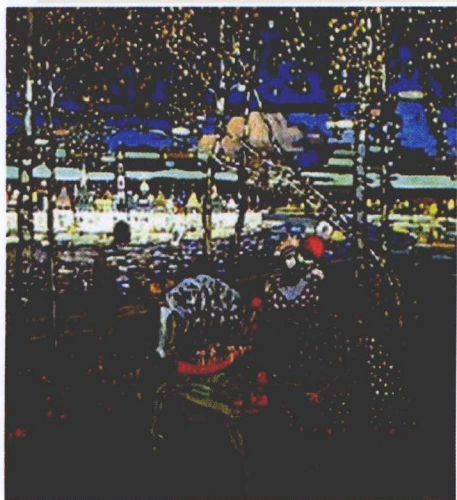


● 20世纪50年代中期，摇滚乐问世之后不久，吉它手们就从弹奏原声吉他转向电吉他。图为吉米·亨德里克斯（Jimi Hendrix）在舞台上纵情地弹拨



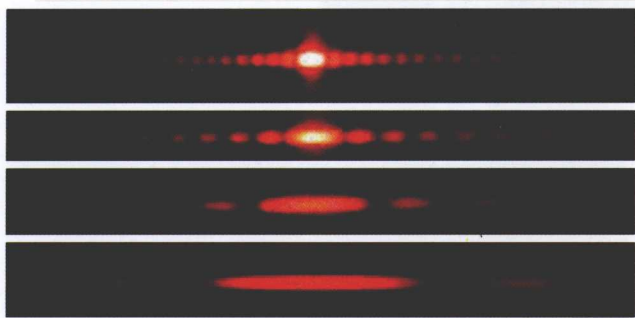
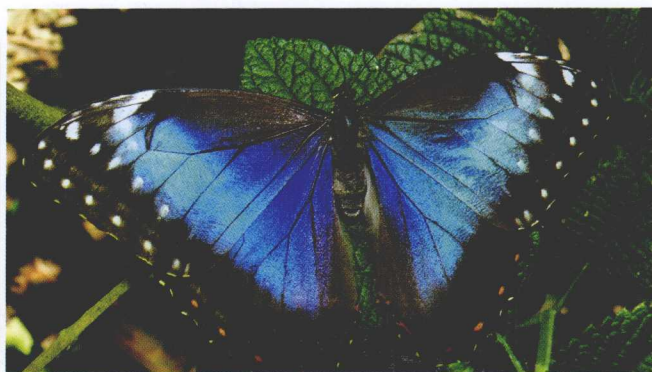
● 上海磁悬浮列车
专线西起上海轨道交通2号线的龙阳路站，东至上海浦东国际机场，专线全长29.8km。

● 极光



● 俄国艺术家康定斯基的《马背上的伴侣》采用的是点画法。当你从远处看画的时候，这些彩色的小点最后会混合起来而不能分辨，而且画面上任何位置的颜色都会改变

● 蓝闪蝶：光的干涉现象



● 单缝衍射条纹



● 照相机安上偏振镜可以产生不同的效果

编委会委员名单

主任委员 宗占国

副主任委员 李永联

委 员 张彦纯 刘亚娟 刘广洲
张铁强 王 千

序 言

大学物理学是高等学校理工科各专学生一门重要的通识性必修基础课。大学物理课程所传授的基本概念、基本理论和基本方法以及推动物理学发展的哲学思想精髓是构成大学生科学素养的重要组成部分，而良好的科学素养是所有科技工作者和工程技术人员所必备的。大学物理课程为培养学生树立科学的世界观和方法论、增强学生分析问题和解决问题的能力、培育学生的创新精神和创新意识，养成科学的观察和思维能力具有不可替代的重要作用。

目前中国的大学按学生的入学录取成绩分类大体可分为三个层次，第一层次是教育部所属的重点大学，第二层次是省属的普通本科大学（学院），第三层次是我国在实施高等教育大众化中兴办的独立学院。这三个层次学校学生的学员结构和认知水平差异很大，目前，虽然适用于第一层次和第二层次典型学生的大学物理教材有很多，但是适用于第三层次独立学院学生的大学物理教材却很少，据悉正在编写和探索的也不是太多。

机械工业出版社面对以上状况，倡议部分学校编写适应第三层次独立学院的大学物理教材，得到了国内几所独立学院的积极响应。吉林农业大学发展学院、吉林建筑工程学院城建学院、长春理工大学光电信息学院、海口经济学院、长春职业技术学院等 5 所独立学院积极地参加了这项工作。

这套教材的作者，他们有这样的共识：大学物理学是一门科学，大学物理课程的内容应该尽可能系统、完整、准确地讲清楚基本知识、基本概念、基本规律和基本方法，同时要适当介绍物理学的现代发展和在现代科技中的应用。

本教材在内容取舍上，力争压缩经典、适当反映现代，突出主干、摒弃繁琐，淡化推演、偏重应用。在理论推导上，避免运算过程复杂和数学处理繁琐的内容。在习题的选择上，对那些物理思想不突出、怪异、偏难的习题大量删减。在编写风格上，强化理论联系实际，追求贴近学生、贴近实际、贴近生活，使学生学得进、记得住、用得上。在物理概念表述和基本理论解读中，力求做到科学



准确、语句通顺、文字简练、形象生动、引人入胜、启发思考。

可以说,这套教材是作者从事第三层次独立学院大学物理课程教学多年积累的教案和教学经验,同时吸收兄弟院校大学物理教材之所长,并充分利用网络教学资源的结果。

这是一部探索性的教材,适用于独立学院的非物理专业的大学物理教材,值得向独立学院推荐。

宗占國

2012年11月

前言

物理学是自然科学的基础学科，也是新技术诞生的源泉，甚至可以说，早期的物理学发展史便是世界科技发展史。物理学在发展进程中，无时无刻不在汲取丰富的哲学营养，因而才具有旺盛的生命力。在物理学发展遇到困难，特别是经典物理遇到前所未有的挑战时，是哲学的灵魂和科学家们创新性的思维使物理学天空重现明朗。科学的发展、科技的进步无不与物理学理论的创新息息相关：上至火箭、“神州”飞天，下到地矿、石油钻探，大至浩瀚宇宙探秘，小到基本粒子研究，凡此种种，它们都只不过是物理学天空中的凡辰小斗，其中的物理思想无处不在，物理规律无所不及。总之，离开物理，人类那些美好的愿望与期待将是永远的遐想。正因为如此，才有了与之相匹配的《大学物理学》课程的恰当定位，即通过物理学教学，着力实现培养学生科学的自然观、宇宙观和辩证唯物主义的世界观，培养学生的探索、创新意识和创新精神，培养学生科学的思维、思辨能力，使他们渐进地掌握科学的思维方法和研究方法，并最终促进学生实现自主学习、自觉思考、自我完善、自行超越的终极目标。这也是作者经常提倡的“教思想”、“教方法”、“练内功”、“强技能”的基本内涵。

我们充分注意到，由于我国高等教育大众化步伐加快，作为高等教育机构有机构成部分的民办普通高校异军突起，成为我国高等教育的一支生力军，但同时也导致学生的生源结构趋于复杂化。经济社会的发展又促使学生的兴趣和发展目标的取向更加多元化。这些新特点的出现，使民办普通高校大学物理课的教学面临新的挑战，尤其是作为高校基础性建设的教材配套建设仍远远落后，这在某种程度上制约着民办普通高校的长远发展。

基于上述思考，我们积极响应机械工业出版社的倡议，由机械工业出版社、吉林农业大学发展学院、吉林建筑工程学院城建学院、长春理工大学光电信息学院、空军航空大学和海口经济学院联合，共同组织编写了这套《大学物理学》教材。

本套教材分上、下两册，本书是下册。

本书作者以从事一线教学近 30 年积累的教案和教学经验为基础，以培养创新人才为核心，在充分吸收各兄弟院校同类教材之所长和充分利用网络资源的基础上编写而成。

本套教材的指导思想：以教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建



设的若干意见》为指导,注重教材在引导育人方向中的辅助功能,充分发挥教材在提高人才培养质量中的基础性作用。以学以致用为原则,力求通过教学实践,达到培养学生的创新素质和创新能力的目的。

本套教材的特点:依据教育部高等学校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》(2010年版),针对民办独立院校学生的特点,在内容的编写上力争突出基本概念和基本原理,适当弱化数学推演,加强应用,轻装简约,摒弃冗长繁琐和面面俱到。在编写风格上加强趣味性,追求贴近学生、贴近实际、便于教学、引发思考和助推创新效果。具体表现在以下几个方面:

1. 在坚持把握思想性、科学性和系统性的同时,适当压缩文字信息;相关阅读内容尽量适合学生的认知水平;在理论推导和问题探讨以及习题难度上不盲目攀高。考虑到独立学院大学物理课时有限,习题量有所压缩,怪异、偏难、运算过程复杂、数字处理繁琐而思想性不突出的习题被大量删减。

2. 注重经典理论的现实应用。尽可能做到削枝强干、突出重点、应用为先。根据课文表述内容,在每个章节开头或结尾,大多都配有问题提出、问题思考和问题讨论,这些问题有的在文中恰当位置予以说明或解释,给出结论;有的则留给学生在课后自行研讨。同时根据需要,结合理论阐述,在相关章节之后配有参考或阅读文献,体现学以致用原则,大大增强理论应用的针对性和时效性。

3. 在概念表述以及理论解读、剖析的过程中,充分关注大学生在这一时期的认知发展水平和心理发展特点,力求做到文字简练,语句通顺,形象生动,引人入胜,诱发思考。避免门槛过高,书面语言生僻,理论与现实脱钩,使学生学得进、记得住、用得上。

寄语教师:高等学校的根本职能在于发展科技、培养人才和服务社会。如果把高校比做一个工厂,那么,教师便是为将来的社会培养人才产品的工程师。由于社会需求的多样性,我们所生产的人才产品就不可能像普通工业产品那样规格统一,教师要努力做到把握这一时期学生身心发展的脉搏,理性地对待学生的诉求,尽最大可能满足他们的个性化需要。我们的教学对象虽然不是全才,更不是天才,但要相信他们人人有才,都是待发现的金子和待点燃的火种。教师便是掘金者和点火者。相信通过广大同行的共同努力,一颗颗金子都将闪闪发光,一个个火种必将被先后点亮。

寄语学生:学好物理学,成功获取开启未知世界之门的钥匙,并不像同学们想象的那样难不可及。它取决于你对自然的认知态度,对事物的思维方法,对实践的执着与付出。运动的普遍性和运动形式的多样性,要求同学们在学习和实践的过程中,既不能简单应付,更不能急于求成;既要有激情,更要有理性。对待一切事物要身临其境,仔细观察,积极感受,活化思维,科学求证,大胆预测,



实事求是，知错必改。要善于捕捉和发现物理现象与物理规律中美的元素，例如简单的朴素美、和谐的对称美、奇异的创新美等，使我们在追求和探索物质世界完美、和谐、统一和对称这一美好的情境中，激活自身潜能，诱发求知欲望，变被动学习为主动求索，最终助推自己走向成功。

本书由姜广军、程彦明主编。以章节为序，编写的具体分工如下：袁明霞（吉林建筑工程学院城建学院）编写第九章；姜广军（吉林建筑工程学院城建学院）编写第十章、第十二章；付静（吉林建筑工程学院城建学院）编写第十一章；程彦明（长春理工大学光电信息学院）、邹晓威（海口经济学院）编写第十三章；杜秀国（吉林农业大学发展学院）编写第十四章。

让我们感到十分荣幸的是，我们邀请到了宗占国先生审阅了全书。宗占国先生是教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会成员、国务院特殊津贴获得者、国家有突出贡献中青年专家，曾先后担任吉林师范大学校长、长春大学校长，现任吉林农业大学发展学院院长、博士研究生导师。

宗占国教授以饱满的热情和高度负责的态度审阅书稿，同时提出了许多宝贵的建设性意见，让我们获益匪浅。在此，向宗占国先生表示由衷的感谢和崇高的敬意！

致谢：本教材由机械工业出版社倡议并组织，由全国五所民办普通高校联合编写，在编写和修改过程中得到了很多教师和友人的大力支持，如吉林建筑工程学院城建学院张彦纯教授和王千教授、吉林农业大学发展学院刘亚娟教授、吉林大学博士生导师刘广洲教授、教育部高等学校物理基础课程教学指导分委员会委员，吉林大学张铁强教授等，在此致以深深的谢意！

由于经验不足，加之水平所限，书中瑕疵和错误在所难免，诚挚希望广大读者指正并提出改进建议，我们将不胜感激。

编者
于长春

目 录

序言

前言

第九章 真空中的静电场	1
第一节 电荷 库仑定律	1
第二节 电场强度	5
第三节 静电场中的高斯定理	13
第四节 静电场的环路定理 电势	20
第五节 电场强度与电势的关系	26
本章小结	28
思考与练习	28
第十章 静电场中的导体和电介质	32
第一节 静电场中的导体	32
第二节 电容 电容器	37
第三节 静电场中的电介质	41
第四节 电流 稳恒电场 电动势	49
第五节 静电场的能量	53
本章小结	55
思考与练习	56
第十一章 稳恒磁场	59
第一节 磁场 磁感应强度	59
第二节 毕奥-萨伐尔定律及其应用	64
第三节 磁通量 磁场的高斯定理	68
第四节 安培环路定理	71
第五节 带电粒子在电场和磁场中的运动	76
第六节 磁场对载流导线的作用	84
第七节 磁场中的磁介质	88
本章小结	98



思考与练习	99
第十二章 电磁感应 电磁场 电磁波	103
第一节 电磁感应的基本定律	103
第二节 动生电动势 感生电动势	105
第三节 自感与互感	110
第四节 磁场的能量	113
第五节 电磁感应现象的应用	116
第六节 位移电流 麦克斯韦方程组	119
第七节 电磁波	122
本章小结	127
思考与练习	128
第十三章 波动光学	130
第一节 光波 光程	131
第二节 光的干涉现象 相干光	133
第三节 杨氏双缝干涉	134
第四节 薄膜的等倾干涉	137
第五节 薄膜的等厚干涉	142
第六节 迈克尔逊干涉仪	145
第七节 光的衍射	149
第八节 单缝衍射	150
第九节 光学仪器的分辨本领	153
第十节 光栅衍射	156
第十一节 光的偏振性 马吕斯定律	159
第十二节 反射光和折射光的偏振 布儒斯特定律	163
本章小结	165
思考与练习	166
第十四章 近代物理基础	169
第一篇 狭义相对论	169
第二篇 量子物理	181
思考与练习	193
习题参考答案	195
参考文献	199

电磁运动是物质的基本运动形式之一。电磁运动的规律不仅是人类深入探索自然的理论武器，而且被广泛应用于工程技术中。

在带电体周围存在着电磁场，由电荷量不变的静止电荷产生的场称为静电场。场是客观实体，有质量、能量和角动量，是一种具有特殊形态的物质。爱因斯坦说过“我们有两种存在，实物和场，场是物理学中出现的新概念，是自牛顿时代以来最重要的发现。用来描述物理现象最重要的不是带电体，也不是粒子，而是在带电体之间的空间——场，这需要用很大的科学想象力才能理解。”

本章主要内容有：静电场基本定律——库仑定律，静电场的两条基本定理——高斯定理和环路定理，描述静电场的两个基本物理量——电场强度和电势等。

重点：通过基本定律和定理等，学习场的概念和研究方法，通过对电场强度和电势的计算，加强学生解决物理问题能力的训练。**难点：**定理内容的理解。

第九章 真空中的静电场

第一节 电荷 库仑定律

一、电荷

大家知道，用丝绸或毛皮摩擦过的玻璃、火漆、硬橡胶等都能吸引轻小物体，这表明它们在摩擦后进入一种特别的状态——带电，我们把处于这种带有电荷状态的物体叫做带电体，即它们带有电荷。

通过对电荷的各种相互作用和效应的研究，人们认识到电荷的基本特性有以下几方面。

（一）电荷的正负性

大量实验表明，物体或微观粒子所带的电荷有两种，即正电荷和负电荷。带同种电荷的物体（简称同号电荷）相互排斥，带异种电荷的物体（简称异号电荷）相互吸引。由物质的分子结构可知，宏观物体都是由分子、原子组成的，任何化学元素的原子，从微观上看都含有一个带正电的原子核和若干带负电的电子。在正常状态下，原子里所有电子所带的负电荷的总量与原子核所带的正电荷



相等,即原子内的静电荷为零。不同原子束缚其外围电子的能力是不同的,对电子束缚弱的原子易失去电子而变成正离子,对电子束缚强的原子易得到电子而变成负离子,这种现象称为电离。

(二) 电荷的量子性

表示电荷多少的量叫做**电荷量**。在国际单位(SI)制中,电荷量的单位是库仑,符号为C。需要强调的是,库仑是一个导出单位, $1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$,即1C等于1A的电流在1s内流过某截面的电荷量。

1897年,汤姆逊(J. J. Thomson)从实验中测出电子的荷质比(即电子的电荷与质量之比 e/m)。通过数年努力,1913年密立根(R. A. Millikan)终于从实验中测定所有电子都具有相同的电荷,而且带电体的电荷是电子电荷的整数倍。如以 e 代表电子的电荷绝对值,则带电体的电荷为 $q = ne$, n 为1, 2, 3, ...。这是自然界存在不连续性(即量子化)的又一个例子。电荷的这种只能取离散的、不连续的量值的性质,叫做**电荷的量子性**。电子电荷的绝对值 e 称为元电荷,或称电荷的量子。

根据1999年发布的数据,电子电荷的量值为 $e = 1.602176462(83) \times 10^{-19}\text{C}$ 。

现在知道的自然界中的微观粒子,包括电子、质子、中子在内,已有几百种,其中带电粒子所具有的电荷或者是 $+e$, $-e$,或者是它们的整数倍。因此,电荷的量子性是一个普遍的量子化规律。量子化是近代物理中的一个基本概念,当研究的范围达到原子线度大小时,很多物理量如频率、能量等也都是量子化的。

随着人们对物质结构认识的不断深入,发现基本粒子并不基本,它们由更小的粒子如夸克和反夸克组成,并预计夸克和反夸克的电荷量为 $\pm \frac{1}{3}e$ 或 $\pm \frac{2}{3}e$ 。

现在一些粒子物理实验已间接证明了夸克的存在,只是由于夸克禁闭而未能检测到单个自由的夸克。随着科学技术的发展和人类对物质微观结构认识的提高, e 是电荷量最小单元这句话可能要被修正,但电荷的量子性是不可动摇的。

(三) 电荷的守恒性

大量试验证明,在一个孤立系统中,系统所具有的正、负电荷电荷量的代数和保持不变,这一性质称为**电荷守恒定律**。电荷守恒定律与能量守恒定律、角动量守恒定律一样,是自然界中的基本定律。无论是在宏观领域里,还是在原子、原子核和粒子范围内,电荷守恒定律都是成立的。根据电荷守恒定律,电荷不能被创造或消灭,只能被迁移或中和。摩擦起电过程实际上是电荷从一个物体转移到另一个物体的过程,虽然两物体的电中性状态都被打破,各显电性,但一方带正电,另一方就带负电,两个物体构成的一个系统仍呈电中性。

(四) 电荷的运动不变性

大量实验表明,电荷的电荷量与它的运动状态无关。例如加速器将电子或质