

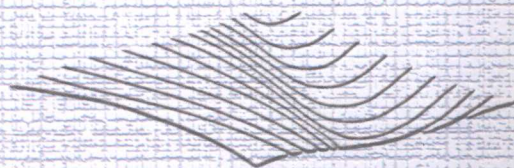
GONGCHENG WULI XUE
JICHU

工程基础物理学

(上册)

许启明 主编

武汉理工大学出版社
WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



高等学校教材

工程基础物理学

(上册)

主 编 许启明
副主编 张普利 杨 选
 史 彭 魏 诺

武汉理工大学出版社

内容提要

本教材是陕西省教委 1998 年立项的“面向 21 世纪工科物理教学内容和教学体系改革与实践”研究课题研究成果,为 110 课时左右的大学公共课程而编写。根据 1995 年国家教委颁布的工科本科学物理课程教学基本要求,结合多年来的教学实践,以及当前国内外教材改革的动态,在充分听取学生建议的基础上编写而成。全书共分上、下两册。上册包括质点系力学、相对论和电磁学;下册包括波和波动光学、量子力学基础和热物理学。

本教材可作为高等工科院校各专业本科、专科物理课教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程基础物理学/许启明编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2003. 1

ISBN 7-5629-1908-9

I. 工…

I. 许…

Ⅲ.-

IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 24085 号

武汉理工大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 122 号 邮政编码 430070)

湖北安陆鼎鑫印务有限责任公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:349 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2500 册

定价:19.50 元

前 言

多年的教学实践使我们深深体会到,传统的工科大学物理教材体系和教学内容存在着以下严重不足:(1)与中学重复太多。例如质点运动学和质点力学,除了使用微积分和矢量代数外,几乎与中学没有差别。(2)教材体系与中学几乎完全相同。力学、热学、电学、光学、近代物理简介。每当学生拿到教材,只要翻开目录一看,就觉得既熟悉又失望,这无疑极大地削弱了学生学好大学物理课的积极性。尽管物理教师作了极大的努力,但同学满意的不多。(3)内容多、课时少。每遇教学改革,物理课时总是被首先列入削减的对象,甚至不开该门课程的危险依然存在。在和专业课教师座谈中,他们普遍认为物理基础很重要,但目前的体系和内容都很陈旧,既满足不了学生的要求,也满足不了专业课的需要。所以,大学物理的课程内容和教材体系已到了非改不可的地步。

在陕西省教委的关怀、支持和资助下,为了寻求改变以上不足的途径,我们对国内外主要物理教材进行了分析比较、对大学工科物理教学基本要求与中学物理教学大纲进行了分析比较。西安建筑科技大学、西安空军工程大学、长安大学等学校进行了大量的教改实验,对三届曾开设过大学物理课程的毕业班学生进行了抽样调查,充分听取了被教育者的意见和建议。在上述工作的基础上,对教学内容作了较大的取舍和调整。

取舍的原则是:某些基本概念、物理规律,在中学阶段已经掌握的,教材中不要过多重复;数学内容是数学课程的教学任务,不过多地纠缠数学,物理就是物理,数学在这里是为物理服务,应着重讲物理思想、物理方法、物理规律;对绝大部分学生来说,本课程是在在校期间最后一次系统学习物理,应尽可能从简单、特殊问题归纳为一般的理论和方法;讲授内容应控制在110课时左右。

根据以上原则,本教材在结构上以及内容的取舍方面作了较大调整。考虑到质点运动学、质点动力学、静电场中的库仑定律、电场强度、电势、理想气体状态方程、热力学第一定律对理想气体等容、等温过程的应用等基本概念和基本规律在中学阶段学生已基本掌握,所以本教材作了较大幅度的调整。在处理方法上,把中学阶段的内容尽可能地作为一般理论的一个特例,例如,质点的直线运动、圆周运动、简谐振动等不再单独设章、设节讨论,而用质点系力学统括了质点运动学和质点动力学,用普遍意义上的运动方程及其一般的求解规律概括了直线运动和圆周运动。这高屋建瓴的处理方法既节约讲授时间又避免了与中学的重复,既复习了中学的内容又把中学内容与大学内容有机地联系起来。在电磁学中,对库仑定律、电场强度、电势等概念,中学阶段已作为重点要求,因此对以上概念的引入不再单独设立章节讨论,而把电场强度与高斯定律、把电势与环路定律联系起来安排教学内容,与中学有较大区别。这样做,从目录上不仅不会使同学感到厌烦,而且还能产生一种新鲜感。在波动光学中,为了克服传统教材中该部分理论层次偏低的缺憾,增加了光的电磁理论、光的反射率和折射率等内容,对光波的叠加、全息照相原理等基本问题作了定量讨论。在量子力学基础中,把里得堡公式作为玻尔量子论的一个推论,既避免了内容的重复又节省了授课时间。在热物理学中,传统教材的重点放在热力学第一定律对理想气体等值过程的讨论上,这与中学及其他专业基础课程重复较大,学生对此

反映强烈。根据学生的建议,我们压缩了这部分内容,增加了熵的定量计算,给出了热力学第二定律的定量表示和热力学基本方程,给后续课程及毕业后的继续学习提供了一个更高、更新的基础平台。近代物理部分(相对论和量子力学)由于课时的限制和扩招后教育的需要,内容暂不增加,但在内容的编排上有了一些新的突破。

在例题的选取和编写中,我们尽可能结合日常生活和工程实际选题。为了便于讨论,同一道题尽可能用多种方法求解,以便开阔思路,掌握各种方法的特点及相互联系。为了扩大覆盖面,安排的例题较多,有利于教师选择和学生复习。有些例题只给出启发性的提示,希望学生能自主地解答,以便加强对相关内容的理解。

本教材内容分必讲、选讲和阅读三种类型。选讲内容在相应章节前加“*”表示;阅读内容安排在对应章节的后面;必讲内容同选讲和提高的内容可以相互剥离,保证必讲内容自成体系,教师可根据学生的具体情况灵活处理。

本教材的绪论、论大学物理改革的几个问题和第一篇由许启明(西安建筑科技大学)执笔,第二篇由张普利(长安大学)执笔,第三篇由杨选(西安空军工程大学)执笔,第四篇由史鹏和魏诺(西安建筑科技大学)执笔,第五篇由许启明和史鹏(西安建筑科技大学)执笔。

西安建筑科技大学教师冯小娟、凌亚文两位老师参与了教材的两轮试用,王占民、张引科老师参与了教材的一轮试用,并提出了宝贵的修改意见,编者在此表示衷心的感谢。

在编写过程中,课题组长、西安交通大学张孝林老师给予了大力支持和协助,西安理工大学施伟、西安工程科技学院张捷民老师为编写和试用提供了很多帮助,特在此表示感谢。

限于编者的水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者不吝赐教。

感谢武汉理工大学出版社在出版过程中赋予的辛勤劳动和为本教材的出版提供的方便条件。

编者

2002年10月

论大学物理教材改革中几个值得注意的问题*

——代序言

(2001年2月)

工科物理作为工程类专业的公共必修课,在进入 21 世纪的今天,不论从物理学的发展,还是从学生的物理基础、学生的知识面以及现代工程技术的发展、专业基础课程和专业课程的改革等各个方面,都与半个世纪前有了根本性的改变。但是现行工科物理无论从内容的取舍,还是从体系的安排,与半个世纪前相比,虽有一些改革,但大的突破似乎并不明显。主要表现在与中学重复太多,与专业基础课和专业课重复太多,特别是质点力学部分尤为严重,极大地影响了学生学习的积极性。质点力学,作为首章教学的失败,给历时一年的工科物理教学带来极大的不利影响。面对新的变化,工科物理内容的取舍和体系的重构,不仅关系到物理教学如何适应当今社会人才的需求特征,关系到后续内容的改革思路,更重要的是直接影响到学生对物理学的改革看法和学习兴趣。所以,大学物理内容的取舍和体系的重构成为改革的关键问题。本课题组就此问题进行了较为深入的调查研究,充分考虑到同学们提出的建设性建议,结合多年的教学和教改经验,指导现行教材的编写。

一、大学生对工科物理教改的看法

教改的主要力量是教师,特别是具有丰富教学经验的物理学专家、教授。但是脱离教学对象,任何教改都变成了无本之木。教改的成功与否,主要体现在学生的满意程度和接受程度上。鉴于这一原因,我们对近年来工科大学物理中力学教学情况进行了调查,以便了解学生对该门课程改革的看法和建议,为工科物理的改革提供依据。以下是本次调查的有关信息。

调查对象:西安建筑科技大学材料学院、机电学院、土木工程学院和市政与环境工程学院等四年级和少量三年级学生。

调查人数:399人。

调查方式:无记名问卷调查。

调查时间:1999.9~2000.12

调查内容及调查结果:

1. 你对现行“大学物理”课程的总体看法(最多选两项)

调查项	满意	基本满意	没兴趣	太难	学了无用	教学手段落后	教师水平 需要提高	知识陈旧
所选人数	8	80	92	60	72	196	58	102
%	2	20	23	15	18	49	15	25

2. 你认为“大学物理”课程改革亟待解决的问题是(最多选两项)

* 本课题得到陕西省教委的资助。

调查项	优化教学内容	提高教师水平	改善教学手段	改革考试方法
所选人数	211	79	239	132
%	53	20	60	33

在本项调查中,之所以让同学最多选两项,是为了在改革中便于抓主要矛盾。

3. 因 5 天工作制及减轻学生负担总学时减少 20% 的情况下,你认为哪些章节的内容应该优先删去(可多项选择)

调查项	同意人数	%	删去理由		
			与中学重复较多	内容陈旧	其他
质点运动学	172	43	170	2	
质点动力学	88	22	88		
刚体力学	48	12	3		45
分子运动论	34	9	22		12
热力学	62	16	39	22	1
振动和波	27	7	18		9
电磁学	21	5	8		13
光学	18	5	2		16
近代物理	6	2	1		5

4. 在课时减少 20% 的情况下,你认为哪些章节的内容应该部分删去(可多项选择)

调查项	同意人数	%	部分删去理由		
			与中学重复较多	内容陈旧	其他
质点运动学	116	29	116		
质点动力学	96	24	96		
刚体力学	52	13	13		39
分子运动论	48	12	42		6
热力学	76	19	57		19
振动和波	23	6	18		5
电磁学	44	11	23		21
光学	21	5	5		16
近代物理	2	1	1		1

5. 在新形势下的人才培养中,你认为哪些方面的内容应该加强(可多项选择)

调查项	同意加强人数	%
质点运动学	40	10
质点动力学	52	13

调查项	同意加强人数	%
刚体力学	60	15
振动和波	20	5
分子运动论	56	14
热力学	96	24
静电学	95	24
磁学	100	25
电磁感应	148	37
电磁场	112	28
波动光学	68	17
量子力学基础	188	47
相对论基础	176	44
近代物理简介	164	41

二、工科物理与中学理科物理的比较

根据上述调查结果,“大学物理”课程中的质点运动学、质点动力学、热力学以及分子运动论部分,与中学理科物理严重重复。为了验证这一结论,并确定重复的内容点,为教学内容的改革提供依据,我们以质点力学为例对现行中学理科物理教材中质点运动学、质点动力学和与一般院校中普遍执行的工科物理基本要求进行了比较,其结果如下:

1. 中学理科物理所包含的概念及知识点有:质点、参照系、位移、路程、平均速度、即时速度、加速度、向心加速度、宇宙速度、自由落体、各种抛体运动、曲线运动、匀速圆周运动、运动合成。简单介绍了角量描述。

工科物理中重复了以上所有概念及知识点。不同点仅仅在于使用了矢量及微积分,因而增加了矢径、切向加速度和法向加速度,加强了圆周运动的角量描述。在直线运动和各種抛体运动及圆周运动的讨论中远不及中学详细。

2. 工科物理中的质点动力学与中学理科物理的比较

中学理科物理所包含的概念及知识点有:牛顿运动定律、常见的力、力学单位制、动量、动量定理、动量守恒定律及其应用、反冲运动及其应用、功、功率、动能、势能、机械能守恒定律及其应用、弹性碰撞、能量转换和守恒定律。

同运动学一样,工科物理中重复了以上所有概念及知识点。仅仅使用了矢量及微积分,因而给出牛顿第二定律的微分表示,增加了量纲和功能原理。常见的力作为阅读内容。

从内容安排来看,不论中学还是大学,都是先讲质点运动学再讲质点动力学,并且各自独立成章。

结论:工科物理除使用了矢量及微积分外,在教学内容和教材体系上与中学理科物理几乎没有差别。

三、结果分析

1. 本次调查工作主要在四年级中进行,考虑到这些学生通过三年多的大学生活,各方面都比较成熟;在学完“大学物理”课程之后,又学了专业基础课和大部分专业课,反过头来审视“大学物理”课程的有关改革问题,更有发言权。临近毕业,对未来社会人才需求情况有一定的了解,参与教改的意识较强;再加上采用了无记名问卷调查方式,调查结果的可信度高。当然,不排除个别同学由于基础较差,学习困难而在调查中对本课程厌烦作出的反应。

2. 在“大学物理”课程教学的总体看法中,基本满意和满意的仅占 22%,没兴趣的占 23%。认为教学手段落后的占 49%,而认为知识陈旧、学了无用的占 43%。大部分学生对这门课程持不满意态度。这里需要强调的是,并不是物理基础没有用,而是从教学效果来看,给学生造成一种学了无用的感觉。出现这一问题的主要原因,学生认为亟待提高教师水平的仅占 20%,亟待改善教学手段的占 60%,亟待优化教学内容的占 53%。近年来通过多种渠道,教育经费有了较大的投入,但要全面改变教学设备和教学手段落后的现状,还需要一定的时间,但是优化教学内容不能不说是摆在每一位物理教师面前的大事情,是可及又可为的事。

3. 要求删去质点运动学整章、节内容或部分内容的高达 72%,要求删去质点动力学整章、节内容或部分内容的占 46%;要求优先删去或部分删去热力学内容的占 35%,要求优先删去或部分删去刚体力学的占 25%,要求优先删去或部分删去分子运动论的占 21%,认为电磁学部分与中学重复过多要求优先删去或部分删去的占 8%。要求加强相对论基础、量子力学基础和近代物理简介内容的分别为 44%、47%和 41%。长期以来,不少教师认为,一般院校的学生基础较差,物理相对难学,是“大学物理”课程不受学生欢迎的主要原因。调查结果表明,学生一方面对教学内容严重重复十分厌烦,同时对近代物理十分渴求。这为我们提出了优化教学内容的具体方向。

4. 大学物理内容及体系与中学物理严重重复,从学生拿到教材的那一时刻起,看一看教材目录就容易使学生产生了厌倦情绪。开课后的前两章教学实践,又加深了这种厌倦情绪,这为历时一年的大学物理教学留下了隐患。调动学生学习物理的积极性也只能是事倍功半。

5. 过去不少人认为,我国工业是以传统产业为主,而传统产业是以经典物理为主,所以经典物理不但不能减少,反而应该加强。现在看来,这种看法不仅学生难以接受,也不符合我国高新技术和现代大工业飞速发展的现状。在授课课时不能增加并有所减少的前提下,只有对经典内容体系作大的改变,才能把课时减下来,把学生欢迎的、与高新技术和现代大工业发展相适应的近代物理内容加上去。在教学内容的安排方面,只有做好“减法”才能做好“加法”。近年来很多教材越编越厚,增加的内容无法进入课堂,其主要原因就是该减的内容没有减下来,该压缩的课时没有压缩下来的缘故。在课时不但不能增加,反而要减少的情况下,做不好“减法”,“加法”实际上成了虚设。

四、大学物理改革与实践

在调查研究的基础上,我们找到了大学物理改革的关键问题是内容的取舍和体系的重构。哪些内容应该删掉,哪些内容应该保留,保留的内容与增加的内容如何重构,两年来,该课题组在西安建筑科技大学材料学专业 4 个教学班进行了教改尝试,收到了很好的效果。例如,我们用质点系力学基础替代原来的质点运动学、质点动力学和刚体的转动。用质点系的质心运动定

理和质点系的动能及动能定律重构质点运动学和质点动力学两章内容。从质点的运动方程引入了向心加速度和切向加速度,引入了线量与角量的关系,很自然地解决了圆周运动、一般曲线运动问题。把简谐振动作为质点运动的一个特例,使内容的编排更紧凑。整个教材无论从章节目录,还是从体系安排,都给学生一种全新的感觉。从第一节课开始,就将学生紧紧地吸引到讲授的内容中,有效地调动了学生学习的积极性。使学生强烈地意识到大学物理就是“大学物理”,不再是高中物理的重复。力学课时减少了60%,为加强近代物理内容提供了时间保证。第二章,我们又紧接着安排了狭义相对论基础。这样做,不仅加强并强化了近代物理基础,又为后续课程内容的安排和讲解留下了极大的空间,缩小了近代物理与普通物理的差距。这种改革既突出了质点力学的基础地位,又避免了与高中物理内容的重复,内容体系有了新的突破。得到了学生的普遍好评,教学效果好。

目 录

论大学物理教材改革中几个值得注意的问题	(1)
绪论	(1)
一、物理学的研究对象	(1)
二、物理学与其他学科间的关系	(3)
三、物理学与社会发展的关系	(4)
四、物理学与高新科技的关系	(5)
五、物理学作为工科基础课的必要性和重要性	(9)

第一篇 力 学

第一章 质点系力学基础	(12)
第一节 质点系的质心和质心运动定理	(12)
一、质心、质心运动定律	(12)
二、质心的运动方程、速度和加速度	(13)
三、平均速率与瞬时速率	(18)
四、向心加速度与切向加速度	(18)
五、任意曲线运动的描写	(20)
第二节 质点的简谐振动	(22)
一、简谐振动及运动方程	(22)
二、简谐振动的物理量	(25)
三、简谐振动的旋转矢量表示法	(28)
四、简谐振动的能量	(30)
五、两个同方向同频率简谐振动的合成	(31)
第三节 质点系的动量定理和动能定理	(33)
一、质点系的动量定理和动量守恒定理	(33)
二、质点系的动能定理和功能原理	(36)
三、机械能守恒定律	(38)
第四节 刚体的定轴转动	(40)
一、刚体转动的角速度和角加速度	(42)
二、线量与角量的关系	(42)
三、匀变速转动公式	(43)
第五节 刚体的转动定律	(45)
一、力矩	(45)
二、转动定律	(46)
三、转动惯量	(47)

四、刚体的平衡条件	(52)
第六节 动量矩和动量矩守恒定律	(53)
一、刚体定轴转动的动量矩和动量矩定理	(53)
二、刚体定轴转动的动量矩守恒定律	(53)
第七节 刚体绕定轴转动的动能 动能定律	(57)
一、刚体绕定轴转动的动能	(57)
二、力矩的功	(58)
三、刚体绕定轴转动的动能定理	(58)
本章提要	(63)
思考题	(65)
习题	(68)
阅读材料(一) 对称性 因果关系 守恒律	(73)
一、对称性	(73)
二、因果关系和对称性原理	(74)
三、守恒律与对称性	(75)
四、物理学定律的层次性	(75)
第二章 狭义相对论基础	(76)
第一节 牛顿相对性原理和伽利略变换	(76)
一、牛顿相对性原理	(76)
二、伽利略变换	(77)
第二节 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	(78)
一、爱因斯坦假设	(79)
二、洛伦兹变换	(79)
三、相对论速度变换公式	(80)
第三节 狭义相对论的时空观	(81)
一、同时的相对性	(81)
二、时间膨胀	(83)
三、长度收缩	(85)
※ 四、相对论视角形象	(87)
第四节 狭义相对论动力学简介	(88)
一、相对论质量	(88)
二、狭义相对论力学的基本方程	(89)
三、相对论动能	(89)
四、质能关系	(90)
五、相对论能量和动量关系	(91)
※ 第五节 相对论力的变换关系	(92)
一、相对论动量能量变换	(92)
二、相对论力的变换公式	(93)
本章提要	(94)

思考题	(96)
习题	(97)
阅读材料(二) 广义相对论简介	(98)
一、广义相对论的等效原理	(99)
二、广义相对论时空特性的几个例子	(99)

第二篇 电磁学

第三章 静电场	(103)
第一节 电场强度 静电场的高斯定律	(103)
一、电场强度、场强叠加原理	(103)
二、电通量、静电场的高斯定律	(108)
第二节 静电场的环路定理 电势	(115)
一、静电场力的功 环路定理	(115)
二、电势能、电势和电势差	(116)
第三节 电场强度与电势梯度的关系	(121)
一、等势面	(121)
二、电场强度与电势梯度的关系	(121)
第四节 静电场中的导体	(123)
一、导体的静电平衡	(123)
二、电容和电容器	(125)
三、几种常见电容器及其电容	(126)
※ 四、电容器的连接	(127)
第五节 静电场中的电介质	(129)
一、电介质的极化	(129)
二、极化强度和极化电荷	(130)
三、电介质中的电场强度、极化电荷与自由电荷的关系	(131)
四、电位移、有电介质时的高斯定理	(132)
第六节 静电场的能量	(135)
一、带电体系的静电能	(135)
二、电场的能量和能量密度	(137)
本章提要	(141)
思考题	(143)
习题	(144)
阅读材料(三) 静电的应用	(148)
一、范德格拉夫静电起电机	(148)
二、静电除尘	(148)
第四章 稳恒磁场	(151)
第一节 真空中稳恒电流的磁场	(151)
一、稳恒电流	(151)

二、磁场、磁感应强度	(152)
三、毕奥-萨伐尔定律	(153)
四、运动电荷的磁场	(158)
第二节 稳恒磁场的高斯定理和安培环路定理	(159)
一、磁通量、磁场的高斯定理	(159)
二、安培环路定理	(160)
第三节 磁场对电流的作用	(164)
一、磁场对载流导线的作用	(164)
二、磁场对载流线圈的作用	(166)
三、磁力的功	(167)
四、带电粒子在磁场和电场中的运动	(170)
※第四节 电磁场的相对论性变换	(175)
一、电场力和磁场力的相对论变换	(175)
二、电场强度 E 和磁感应强度 B 的相对论变换	(176)
三、匀速运动电荷的电场和磁场之间的关系	(177)
第五节 磁场中的磁介质	(181)
一、介质的磁化	(181)
二、有磁介质时的高斯定理和安培环路定理	(184)
三、磁介质的磁化规律	(185)
本章提要	(189)
思考题	(190)
习题	(191)
阅读材料(四) 地球和行星的磁场	(195)
第五章 电磁感应和电磁场	(197)
第一节 电磁感应定律	(197)
一、电动势	(197)
二、法拉第电磁感应定律	(198)
三、楞次定律	(199)
第二节 动生电动势和感生电动势	(200)
一、动生电动势	(200)
二、感生电动势	(204)
※三、感应电动势的相对性	(209)
第三节 互感和自感	(210)
一、互感	(210)
二、自感	(211)
※三、LR 电路的暂态过程	(214)
四、磁场的能量	(216)
第四节 麦克斯韦电磁场理论	(219)
一、位移电流、全电流安培环路定理	(219)

二、麦克斯韦方程组	(222)
本章提要	(223)
思考题	(225)
习题	(225)
参考文献	(229)

绪 论

一、物理学的研究对象

简单地讲,物理学是研究“物”和“理”的学问。所谓物,指物质的结构和性质。所谓理,指物质的运动、变化和演化的规律及原因。物理学的英文名称是 physics,来源于希腊文,原意是自然,即物理学是研究自然(基本规律)的科学。自然由物质组成,物质存在的形式是运动,而运动又是发生在时间和空间范围内。要了解物理学的研究对象,首先必须对物质有一个大概的了解。即对物质的空间尺度、时间尺度和质量的大小有一个基本的了解。

从物质的空间尺度来说,人类本身就是一个最基本的空间尺度,他的线度按米计算,其数量级为零。与人类本身的线度相比,一切天然物质(或物体),最小的是已发现的基本粒子,它们的线度小于 10^{-15}m ;最大的物质为宇宙,目前人们已经观察到的宇宙的线度(哈勃半径)为 10^{26}m 。由此可见,物质层次按其线度的大小相差 10^{41} 倍。为了对差别如此大的范围有一个较为具体的了解,表 1 给出一些典型(物体的)长度的数量级。

表 1 典型(物体)长度的数量级

长度	数量级(m)	长度	数量级(m)
质子的半径(强作用力程)	10^{-15}	地球的半径	10^7
电子的康普顿波长	10^{-12}	太阳的半径	10^9
原子的半径	10^{-10}	地球轨道的半径	10^{11}
病毒的半径,可见光波长	10^{-7}	太阳系的半径	10^{13}
巨型阿米巴的半径	10^{-4}	到最近恒星的距离	10^{16}
昆虫的长度	10^{-2}	银河系的半径	10^{21}
人体的高度	10^0	星系团的半径	10^{23}
红杉树的高度	10^2	超星系团的半径	10^{24}
珠穆朗玛峰的高度	10^4	宇宙已观测到的半径	10^{26}

从物质存在的时间尺度来看,人的寿命的数量级为 10^9s ,一切天然物质(或客观实体)的寿命,最小的数量级为已知 Z^0 和 W^\pm 粒子,其数量级为 10^{-25}s ,最大的数量级可谓质子,它的寿命为 10^{39}s 。就其时间跨越的间隔来讲,大小相差 10^{64} 倍。为了对差别如此大的时间间隔有一个较为具体的了解,表 2 给出一些典型物质(物体)时间间隔的数量级。

运动是物质存在的形式,不同物质,改变其运动状态的难易程度不同,也就是说物质惯性大小不同。通常我们用质量来描述物体惯性的大小。为了从不同的方面对物质有一个大概的了解,我们需要考察一下物质质量大小的分布情况。一些天然物质(或客观实体)就其质量来讲,最小质量的电子的数量级是 10^{-30}kg ,最大质量的物体是宇宙,现在已知的质量数量级是 10^{53}kg ,大小相差 10^{86} 倍。为了对差别如此大的质量范围有一个较为具体的了解,表 3 给出一些

典型物质(物体)质量的数量级。

表 2 典型(物体)时间间隔的数量级

时间间隔	数量级(s)	时间间隔	数量级(s)
Z^0 和 W^\pm 粒子的寿命	10^{-25}	自由中子的寿命	10^3
Σ^0 超子的寿命	10^{-19}	地球自转的周期(天)	10^5
π^0 介子的寿命	10^{-16}	地球公转的周期(年)	10^7
可见光辐射的周期	10^{-15}	人类文明史	10^{11}
Λ 超子的寿命	10^{-10}	古人类出现至今	10^{14}
π^\pm 介子的寿命	10^{-8}	恐龙灭绝至今	10^{15}
μ 子的寿命	10^{-6}	地球的年龄	10^{17}
最高可听见声音的周期	10^{-4}	宇宙的年龄	10^{18}
钟摆的周期	10^0	质子的寿命	10^{39}

表 3 典型(物体)质量数量级

质 量	数量级(kg)	质 量	数量级(kg)
电子	10^{-30}	人体	10^2
质子	10^{-27}	土星 5 号火箭	10^6
氨基酸分子	10^{-25}	金字塔	10^{10}
血红蛋白分子	10^{-22}	海洋中的水	10^{21}
流感病毒	10^{-19}	月球	10^{23}
烟草花叶病毒	10^{-13}	地球	10^{25}
巨型阿米巴	10^{-8}	太阳	10^{30}
雨滴	10^{-6}	银河系	10^{41}
蚂蚁	10^{-4}	宇宙(现在已知的部分)	10^{53}

随着科学技术的发展,人们认识的物质层次还会向更小(小于 10^{-15}m)和更大(10^{26}m)的方向发展,但是现代科技理论和实验已经证明,研究宇宙起源以及发展的理论基础与基本粒子理论基础完全一致。这就是说,从物理学的角度看,物理学已经跨越了全部的物质层次。

物理学的发展,一方面使我们的眼睛看得更远(如天文望远镜,目前可以观察到的尺度为 10^{26}m),需要认识的物体质量更大(如宇宙,其质量为 10^{53}kg);另一方面也使我们的眼睛看得更小(如干涉仪、扫描隧道显微镜等,目前能观察到的最小尺度为 10^{-15}m),需要认识的物质质量也更小(10^{-30}kg);物理学的理论不仅使我们能认识当前的物质世界,而且为确定宇宙、地球及其远古生物体的年代等提供了理论依据和技术手段^①;物理学的理论还使我们的感觉更灵

① 例如,测定同位素的衰减可以确定无机物及有机物的诞生年代。