

21

世纪高等院校教材

物理学导论

(第四版)

上册

敬仕超 主编

陈希明 副主编

 科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

物理学导论

(第四版)

上册

敬仕超 主编

陈希明 副主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书分上、中、下三册.上册首先着重叙述力学的基础地位和衔接作用,接着介绍比较易于接受的统计热力学的物理基础,这样有利于低年级大学生尽快地进入学习上的良性循环和自主学习状态,激发学习兴趣,进一步去学习中册的难点电磁学,提高学习振动、波动、波动光学等经典物理学内容的效率;在此良好的基础上再去学习下册的现代物理和工程技术原理.

本书内容编排上循序渐进、由浅入深,兼容性较好,可以满足重点院校的教学要求,而对于学时较少的普通院校相关专业,下册可选择使用.本书与解放军信息工程学院沈辉奇教授研制的软件“大学物理教学系统”配套使用,教学效果甚佳.

本书适合工科大学学生.

图书在版编目(CIP)数据

物理学导论(上册)/敬仕超主编. —4 版. —北京:科学出版社,2004

(21 世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-013384-6

I. 物… II. 敬… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044590 号

责任编辑:张邦固/责任校对:刘小梅

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1992 年 6 月成都科技大学出版社第一版

1995 年 6 月成都科技大学出版社第二版

1999 年 1 月成都科技大学出版社第三版

2004 年 11 月第 四 版 开本: B5(720×1000)

2004 年 11 月第一次印刷 印张: 21 3/4

印数: 1—3 500 字数: 396 000

定价: 22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序

物理学是研究物质结构和运动基本规律的科学.因此它也是研究自然现象、应用自然规律的一切自然科学和工程技术的基础.正因为如此,作为物理学入门的普通物理学就成为理工农医大学生必须学好的最重要的基础课程之一.学习本门课程,不仅要了解和掌握众多重要的自然现象和规律,更重要的是要使入门者看到和学习到严格而严密的科学方法,使他们终生受益.

如何学好普通物理学,往往是大多数新入学大学生的一大难题,也是教师的难题.这有两个方面原因:一是从中学到大学学习环境变化很大,学习的组织方式很不相同.这种变化实质是在社会上并不是很独立的青少年学生转变为独立的成人大学学生.二是课程内容和相应的学习方法的不同,而这种不同又导致学生不容易尽快地了解和适应.可以说普通物理教学中所出现的问题,是这一难题的集中体现.以牛顿运动定律为例,中学已讲授过,而大学物理一开始又讲它,以致许多大学生不知道如何学习才能深入.

相对而言,前面提到的第一种转变,适应起来还是比较容易的.而第二种变化,则是实质性的困难.困难的原因在于:学生往往不了解中学所学到的,更多侧重于知识,甚而是常识的传播,只是在大学课程中,才真正面对完整而系统的科学内容.具体来说,正是普通物理课,将物理学这门基础科学研究的对象、内容和方法全面而系统地展现给学习自然科学的入门者.因此学习普通物理,不仅仅要学到知识,更要学会得到这些知识的系统的物理学的思想和方法,并将这些思想和方法运用到实际的问题中去.而这种转变或本领,又必须通过对普通物理学的具体学习才能实现或得到.

我十分高兴地看到由敬仕超同志主编,并将由科学出版社出版的《物理学导论》这套教材.因为在编辑这套教材中,作者鲜明地提出:必须针对学生从中学到大学的学习转变中所出现的困难和问题,采取相应的解决办法,核心是如何调动学生的学习积极性,使他们能独立自主地学习.这不仅是教好学好这门课的基本保证,也是能提高教学效率、实现教学内容现代化的基本保证.

本书的第一个特点就是目标明确,要使这套教材有利于引导学生由被动接受向自主学习转变.这就是将课堂讲授的内容和一些常常要学生自己找参考书深入学习内容融合在一起.现在有些教科书,往往更多从“教”的角度来考虑,过多地强调“少而精”.其结果是学生很不容易理解,需到处找参考书或参考资料来补充,这就必然增加学生学习的困难.这套教材内容比较翔实,容易理解,循序渐进,每一章节除提供了大量实例分析,配以思考题和习题外,还提供了相关的“阅读材料”和“课外读物”,利于因材施教.特别是通过各类有针对性的示范例题的分析,教会学生如何运用学到的物理学定理、规律,来解决实际问题.而通常这也正是学生学习的难点.这个特点不仅有利于帮助学生深入学习,提高学生解决问题的兴趣和能力的,而且也更丰富了物理课的内容.

本书的另一特点是对大量实验的描述和相应实验结果的分析.换句话说,在现象学上介绍得较为详尽,这正符合低年级大学生的认知特点.物理学是一门实验的科学,物理学中所有规律、定律都以现象学为基础,并由实验严格检验的.在普通物理学中必须学习那些重要的实验,这不仅是因为这些实验结果直接推动着物理学的发展和进步,还因为这些实验本身构思设计都十分严密而巧妙.分析这些实验本身就是学习物理学的最好方法之一,因为这些例子恰好生动地说明了怎样通过现象找到它背后起作用的普遍规律,这正体现了物理学实验是研究物理现象的最基本的科学方法.只有通过对这些科学实验的学习和分析,学生们才能体会到什么是真正的科学方法,怎样用科学实验的方法去解决实际问题.

本书的第三个特点是增加了不少重要的物理学发展史料,这在通常的教科书中比较少见.我以为这正反映了编者的独具匠心,是本书的一大优点.总的说来,科学史(包括物理学史)的发展是遵循人们的认识规律的,但是这一过程并不平坦.学生学习的过程也需要遵从认识规律,但不是也不可能重复这一历史过程,而是这一历史认识过程在逻辑上改造后的缩写.了解这些物理学史发展到关键时刻,某些关键概念是怎样建立的,对加深学生对现代物理一些重要理论、规律的理解十分有益,它能启发思维,提高兴趣,这对于自学者很重要.

我和敬仕超同志素不相识,也不是普通物理的教学专家,此前也从未和他交换过有关普通物理应如何教和学的看法和意见.但是,敬仕超同志破门而入,送我看了这套教材,并就普通物理教学中的种种问题与我交换了看法后,让我深感《物理学导论》这套教材确实具有如上所述种种优点,对帮助和提高我国普通物理教学大有益处.由于这是一本好书,所以我欣然命笔为其作序,推荐给可能用到、读到或注

意到这套书的老师和学生.对于这套书,一是希望今后再版时能完善得更好,二是希望有更多的同志来关心和研究我国大学物理的教学工作.因为物理课学得好与坏,直接影响到所学专业与物理科学有关的学生的学习质量.

何祚麻

2004年8月于北京^①

① 何祚麻院士1927年出生于上海,1951年清华大学物理系毕业后在中共中央宣传部工作,任干事.1956年起先后在中科院原子能研究所、二机部九院、中科院高能物理研究所、理论物理研究所工作,任助理研究员、研究员、副所长等职务,从事粒子理论、原子弹和氢弹理论的研究,于1980年当选为中国科学院院士.1981年以后任中国科学院研究员、理论物理专业博士生导师,北京大学科学与社会研究中心兼职教授,自然辩证法专业和科学技术哲学专业博士生导师,是我国科学方法论研究事业的早期开拓者.曾任第八届、第九届全国政协委员.近十几年来一直关注社会现实问题,就科技政策、教育政策、文艺理论,建设有中国特色社会主义等若干理论问题,以及当代经济建设所应关注的重大科学技术问题发表文章,如倡导磁悬浮列车技术,电动汽车技术,锂离子电池技术等;积极参加捍卫科学尊严,揭露和反对伪科学等活动,并做出了重要贡献.主要著作有《量子复合场论的哲学思考》、《从元气说到粒子物理》、《何祚麻与法轮功——1999年夏天的报告》、《我不信邪——何祚麻反伪科学论战集》.

目 录

物理学单位和量纲	1
绪论	7
1. 物理学是一门重要的知识性、基础性很强的学科	7
2. 物理学是现代科学技术的先导	8
3. 物理学的研究方法是普遍适用的科学方法	10
4. 物理学的演化及其内容	11
5. 工科物理教学的地位和作用	15

第一篇 力学的物理基础

概述	17
1. 力学的研究对象	17
2. 机械运动的类型	18
3. 力学研究的主要内容	18
4. 本篇教学的基本目标	19
第1章 运动学	20
引言	20
§ 1-1 描述物体运动的基本方法	20
1-1-1 物体的理想化模型——质点和刚体； 1-1-2 参考系和坐标系； 1-1-3 时间和时刻； 1-1-4 运动的绝对性和运动描述的相对性； 1-1-5 时空观的概念； 思考和习题	
§ 1-2 描述质点运动基本物理量和运动方程	24
1-2-1 质点的位置矢量、位移矢量和运动方程； 1-2-2 质点的速度矢量和加速度 矢量；1-2-3 应用举例 运动方程是很重要而又活跃的概念； 1-2-4 自然坐标系 切向加速度和法向加速度； 思考和习题	
§ 1-3 运动的叠加原理和相对运动	39
1-3-1 运动的独立性、叠加性和运动叠加原理； 1-3-2 运动的叠加性的两种类型； 1-3-3 相对运动； 1-3-4 脚标顺序特点分析； 1-3-5 伽利略变换； 1-3-6 应 用举例 1-3-7 伽利略时空变换和牛顿的时空观； 思考和习题	
§ 1-4 质点运动基本问题的求解	47

1-4-1 加速度矢量决定了运动的性质; 1-4-2 直线运动(一维情况); 1-4-3 平面曲线运动(二维情况); 1-4-4 圆周运动 特殊的曲线运动; 思考和习题	
§ 1-5 刚体运动学	64
1-5-1 刚体的平动; 1-5-2 刚体定轴转动的特点和处理方法; 1-5-3 描述刚体定轴转动的物理量; 1-5-4 定轴转动的规律性; 思考和习题	
本章教学基本要求	68
运动学检测题	69
第2章 动力学	73
引言	73
§ 2-1 力、惯性质量和力的瞬时作用定律——牛顿运动定律	74
2-1-1 人类在对“力和运动”关系认识上的曲折过程; 2-1-2 力的种类和常见的几种力; 2-1-3 牛顿运动定律的逻辑陈述; 2-1-4 应用牛顿运动定律解决质点动力学问题中的三种基本类型; 2-1-5 解决力学问题的基本理论依据和方法; 2-1-6 应用举例; 2-1-7 牛顿运动定律在非惯性参考系中的形式 惯性力; 思考和习题	
§ 2-2 力矩、转动惯量和力矩的瞬时作用定律 转动定律	94
2-2-1 力矩及其计算; 2-2-2 转动惯量及其量度; 2-2-3 力矩的瞬时作用规律—转动定律; 2-2-4 定轴转动定律的应用; 思考和习题	
§ 2-3 力的时间积累效应 冲量 质点的动量 动量定理和动量守恒定律	107
2-3-1 冲量; 2-3-2 质点的动量和动量定理 2-3-3 动量定理的应用; 2-3-4 质点系的动量定理和动量守恒定律; 2-3-5 动量守恒定律的应用	
§ 2-4 力矩的时间积累效应 冲量矩 角动量定理和角动量守恒定律	118
2-4-1 冲量矩和角动量; 2-4-2 角动量定理; 2-4-3 应用举例; 2-4-4 角动量守恒定律; 2-4-5 应用举例; 思考和习题	
§ 2-5 力的空间积累效应 功 动能和动能定理	124
2-5-1 功的定义和计算公式; 2-5-2 功率; 2-5-3 质点的功能定理; 2-5-4 关于功、功能和动量及相关概念的说明;	
§ 2-6 力矩做功和定轴转动动能定理	132
2-6-1 力矩做功; 2-6-2 刚体绕定轴转动的动能定理; 2-6-3 应用举例; 思考和习题	
§ 2-7 保守力做功和势能定理	137
2-7-1 重力做功的特点和重力势能; 2-7-2 万有引力做功的特点和引力势能; 2-7-3 弹性力做功的特点和弹性势能; 2-7-4 重力、万有引力、弹力做功的共同特点和势能定理; 2-7-5 各种势能函数的几何图示分析	
§ 2-8 功能原理和机械能守恒定律	145

2-8-1 质点系的动能定理; 2-8-2 功能原理; 2-8-3 功能原理的应用举例;	
2-8-4 质点系的机械能守恒定律及其应用; 思考和习题	
§ 2-9 碰撞	156
2-9-1 碰撞的定义和特点; 2-9-2 碰撞的类型; 2-9-3 碰撞定律 恢复系数;	
2-9-4 应用举例; 思考和习题	
阅读材料 引力场简介	163
本章教学基本要求	167
动力学检测题	168
课外读物 守恒定律和对称性简介	171
第 3 章 相对论基础	175
引言	175
§ 3-1 伽利略变换 力学相对性原理 牛顿的绝对时空观	175
3-1-1 伽利略变换; 3-1-2 力学相对性原理; 3-1-3 牛顿的绝对时空观;	
3-1-4 几点基本认识	
§ 3-2 爱因斯坦的狭义相对性原理和洛伦兹变换	181
3-2-1 相对性原理的实验基础; 3-2-2 爱因斯坦的两个基本原理; 3-2-3 洛伦兹变换;	
3-2-4 洛伦兹速度变换关系; 附 洛伦兹时空变换式的推证; 思考和习题	
§ 3-3 狭义相对论运动学基础-时空的相对性	190
3-3-1 同时的相对性; 3-3-2 长度收缩效应(长度的相对性); 3-3-3 运动的时钟变慢(时间间隔的相对性); 思考和习题	
§ 3-4 狭义相对论动力学基础	198
3-4-1 相对论中的质量和速度的关系; 3-4-2 牛顿运动定律的相对论形式;	
3-4-3 质量和能量的关系; 3-4-4 能量和动量的相对论关系; 3-4-5 本节小结;本章结束语; 思考和习题	
本章教学基本要求	205
狭义相对论检测题	206
阅读材料 科学家系列简介(一)和力学的发展	207
课外读物 广义相对论简介	210
第二篇 统计热力学的物理基础	
概述	215
1. 热学的形成和发展简介	215
2. 热学的两种理论和两种研究方法	216
3. 本课研究的主要内容和研究方法	216
第 4 章 气体动理论	217

引言	217
§ 4-1 平衡态、理想气体状态方程	217
4-1-1 热力学系统的平衡态; 4-1-2 状态参变量 热力学坐标; 4-1-3 理想气体的状态方程	
§ 4-2 气体动理论的基本概念	221
4-2-1 气体动理论的基本观点; 4-2-2 理想气体分子的微观模型和统计性假设; 4-2-3 统计规律性; 4-2-4 统计平均法	
§ 4-3 理想气体的压强和温度	226
4-3-1 理想气体压强公式的推导; 4-3-2 温度的统计意义; 4-3-3 理想气体状态方程的另一形式 4-3-4 应用举例	
§ 4-4 能量均分定理 理想气体的内能	230
4-4-1 自由度的概念; 4-4-2 能量按自由度均分原理; 4-4-3 理想气体的内能; 4-4-4 应用举例; 思考和习题	
§ 4-5 麦克斯韦速率分布定律	236
4-5-1 分子的速率分布函数; 4-5-2 麦克斯韦速率分布律; 4-5-3 速率分布函数 $f(v)$ 的基本特点; 4-5-4 速率分布函数的应用; 4-5-5 麦克斯韦速率分布律的实验验证 4-5-6 应用举例	
§ 4-6 玻尔兹曼分布律	242
4-6-1 气体分子的速度分布律; 4-6-2 玻尔兹曼能量分布律; 4-6-3 重力场中气体分子按高度的分布; 思考和习题	
本章教学基本要求	245
气体动理论检测题	246
第 5 章 热力学的物理基础	249
引言	249
§ 5-1 热力学过程 做功 传热和系统的内能	249
5-1-1 热力学过程; 5-1-2 准静态过程; 5-1-3 准静态过程的功; 5-1-4 热量的传递 5-1-5 系统的内能与做功、传热的关系	
§ 5-2 热力学第一定律 气体的摩尔热容量	253
5-2-1 热力学第一定律; 5-2-2 气体的摩尔热容量	
§ 5-3 热力学第一定律对理想气体的应用	257
5-3-1 等体过程; 5-3-2 等压过程; 5-3-3 等温过程; 5-3-4 绝热过程; ※5-3-5 多方过程; 5-3-6 应用举例; 思考和习题	
§ 5-4 循环过程 卡诺循环	269
5-4-1 循环过程; 5-4-2 正循环、热机效率; 5-4-3 逆循环、致冷系数; 5-4-4 卡诺循环; 5-4-5 应用举例; 思考和习题	
§ 5-5 不可逆过程和热力学第二定律	277
5-5-1 可逆过程和不可逆过程; 5-5-2 热力学第二定律; 5-5-3 热力学第二定	

律的实质	
§ 5-6 卡诺定理	281
5-6-1 卡诺定理的表述; ※5-6-2 卡诺定理的证明; ※5-6-3 克劳修斯等式和不等式	
※ § 5-7 熵和熵增加原理	284
5-7-1 态函数熵的引入; 5-7-2 熵增加原理; 5-7-3 不可逆过程的熵变	
§ 5-8 热力学第二定律的统计意义	288
5-8-1 熵与无序性; 5-8-2 热力学第二定律的统计意义; 5-8-3 热力学第二定律的适用范围; 思考和习题	
本章教学基本要求	291
热力学基础检测题	292
课外读物 熵概念的演变和发展	296
第 6 章 实际气体	299
§ 6-1 分子的平均碰撞频率和平均自由程	299
6-1-1 研究分子碰撞的意义; 6-1-2 平均碰撞频率和平均自由程	
§ 6-2 气体的输运过程	302
6-2-1 内摩擦; 6-2-2 热传导现象; 6-2-3 扩散现象	
§ 6-3 范德瓦耳斯气体	306
6-3-1 真实气体的等温线; 6-3-2 范德瓦耳斯方程; 6-3-3 范德瓦耳斯方程的等温线和真实气体的等温线比较	
※ § 6-4 真空的获得	312
6-4-1 真空的量度和真空区域的划分; 6-4-2 真空的获得; 6-4-3 真空度的实验测定; 思考和习题	
本章教学基本要求	316
阅读材料 科学家系列简介(二)和热学的发展	316
附录 物理学发展简史大事记	319

物理学单位和量纲

1. 国际单位制

物理学中各种物理量都有单位制,有的物理量有几个单位制,物理量很多,单位之间没有规律,势必带来单位换算上的麻烦和不便,影响交流.统一单位制成为国际要求.1960年11届国际计量大会正式通过国际单位制(SI),并推荐使用.1977年5月我国国务院颁发了《中华人民共和国计量管理办法》,决定采用SI制,不再使用别的单位制.本教材全部采用SI制.

1-1 基本单位

国际单位制(SI)规定了七个基本单位和两个辅助单位,其他单位都是由它们导出来的,它们分别是:

(1) **长度单位——米** 国际符号规定为 m. 该规定经过了多次改变,于1983年第17届国际计量大会规定:1国际米等于真空中光线在 $(1/299\,792\,458)$ 秒时间间隔内所经过的距离.历次新规定并未改变标准长度,只是使长度标准更为精确,并不受环境的影响.

(2) **质量单位——千克** 国际符号规定为 kg,等于保存在巴黎国际计量局的铂铱合金国际千克原器的质量.

(3) **时间单位——秒** 国际符号规定为 s. 1960年规定1秒为铯-133原子基态的两个超精细结构能级之间跃迁时所辐射的电磁波周期的 $9\,192\,631\,770$ 倍.

(4) **电流单位——安培** 国际符号规定为 A. 1948年第9届国际计量大会规定:在真空中相距1米的两根无限长平行直导线中维持的恒定电流,忽略导线圆形截面的影响,若两导线间产生的相互作用力在每米长度上等于 2×10^{-7} 牛顿时,则该恒定电流的大小为1安培(A).

(5) **温度单位——开尔文** 国际符号规定为 K. 经过多次修改后,1968年规定:1开尔文等于水的三相点热力学温度的 $1/273.15$.

(6) **物质的量的单位——摩尔** 国际符号规定为 mol. 1971年第14届国际计量大会规定:摩尔是系统物质的量,该系统包含的基本单元数与 0.012kgC-12 的原子数相同.使用摩尔时必须指明基本单元是什么,它们可以是原子、分子、离子、电

子、核子或其他粒子的特定的组合。

(7) **发光强度单位——坎德拉** 国际符号规定为 cd. 1979 年第 16 届国际计量大会对坎德拉作了新的定义: 坎德拉是发出 540×10^{12} Hz 的单色辐射源在给定方向上的发光强度. 该方向上的辐射强度为 $(1/683)$ 瓦特/球面度 (W/sr).

1-2 国际单位制的两个辅助单位

(1) **平面角单位——弧度** 国际符号规定为 rad. 弧度是一个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) **立体角单位——球面度** 国际符号规定为 sr. 球面度是一个立体角, 其顶点位于球心, 它在球面上截取的面积等于以球半径为边长的正方形的面积.

1-3 国际单位的 10 进倍数和分数

由国际制词头加在国际单位之前构成的. 国际制词头表排列如下:

倍数和分数	词头符号	名 称	倍数和分数	词头符号	名 称
10^{24}	Y	yotta(尧它)	10^{-1}	d	deci(分)
10^{21}	Z	zetta(泽它)	10^{-2}	c	centi(厘)
10^{18}	E	exa(艾可萨)	10^{-3}	m	milli(毫)
10^{15}	P	peta(拍它)	10^{-6}	μ	micro(微)
10^{12}	T	tera(太拉)	10^{-9}	n	nano(纳诺)
10^9	G	giga(吉咖)	10^{-12}	p	pico(皮可)
10^6	M	mega(兆)	10^{-15}	f	femto(飞母托)
10^3	K	kilo(千)	10^{-18}	a	atto(阿托)
10^2	H	hecto(百)	10^{-21}	z	zepto(仄普托)
10^1	da	deca(十)	10^{-24}	y	yocto(幺科托)

例如: $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$; 1MJ (兆焦耳) $= 10^6\text{J}$ 等等.

2. 物理量(导出量)的量纲

2-1 物理量的量纲表示

一般物理量都是根据该物理量的定义和相关的定律由基本量导出来的, 故称导出量. 它们必定以基本量的某种组合形式表示出来, 这种组合形式称该导出量的量纲. 可以用基本量的方程来表示, 现以力学量为例来做介绍.

在国际单位制中, 力学量的三个基本量: 长度、质量和时间分别用大写字母 L、M、T 表示, 那么, 任意力学量 Q 可以根据该力学量的定义组合为如下形式:

$$[Q] = L^p M^q T^s$$

称量纲公式或量纲式,其中 p, q, s 均是常数,它们分别是基本量 L、M、T 的方次、量纲指数。 $[]$ 是某个物理量的代号.例如

$$\text{速度} \quad [v] = \left[\frac{dx}{dt} \right] = \frac{L}{T} = LT^{-1} \quad (p=1, q=0, s=-1);$$

$$\text{加速度} \quad [a] = \left[\frac{dv}{dt} \right] = \frac{L}{T^2} = LT^{-2} \quad (p=1, q=0, s=-2);$$

$$\text{力} \quad [F] = [ma] = LMT^{-2} \quad (p=1, q=1, s=2);$$

$$\text{角} \quad [\varphi] = \left[\frac{S}{R} \right] = L^0 \quad (p=0, q=0, s=0, \text{量纲为 } 0);$$

$$\text{角速度} \quad [\omega] = \left[\frac{d\varphi}{dt} \right] = T^{-1} \quad (p=0, q=0, s=-1).$$

2-2 引入量纲的好处

用量纲表示力学量或物理量有两点好处.

(1) 便于鉴别物理量的性质.例如

$$\left[\frac{v^2}{R} \right] = \frac{L^2 T^{-2}}{L} = LT^{-2} \quad \text{表明:它有加速度的量纲.}$$

(2) 可以验证等式是否正确.任何等式,必须两边物理量的量纲相同,等式才能成立,用“=”号连接并进行加减运算,称为量纲计算法则.例如

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2, \quad \text{左边} \quad [y] = L, \quad \text{右边} \quad \left[v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \right] = L$$

表明等式左右两边量纲相同,故等式成立.又如 $v^2 = v_0^2 + 2aS$, 该等式成立.因为等式左右两边量纲相同,请见如下计算:

$$\text{左边} \quad [v^2] = L^2 T^{-2}, \quad \text{右边} \quad [v_0^2] + [2aS] = L^2 T^{-2}$$

3. 常用的物理量(SI)单位名称表

本表列出本课程常用的物理量的名称、符号;单位名称、符号供读者查阅方便.以后在课文中出现时,将不再作说明.

物理量名称	符号	单位名称	符号	物理量名称	符号	单位名称	符号
长度	l, L	米	m	线加速度	a	米/秒 ²	$m \cdot s^{-2}$
面积	S, A	平方米	m ²	角(平面)	α, β, γ	弧度	rad
体积(容积)	V	立方米	m ³	立体角	Ω	球面度	sr
时间	T	秒	s	角速度	ω	弧度/秒	$rad \cdot s^{-1}$
线速度	v, c	米/秒	$m \cdot s^{-1}$	角加速度	β	弧度/秒 ²	$rad \cdot s^{-2}$

续表

物理量名称	符号	单位名称	符号	物理量名称	符号	单位名称	符号
周期	T	秒	s	电量	Q, q	库仑	C
转速	n	每 秒	s^{-1}	电荷体密度	ρ_v	库/米 ³	$C \cdot m^{-3}$
频率	ν, f	赫 兹	$Hz(s^{-1})$	电动势	$\mathcal{E}$	伏特	V
角 频 率	ω	弧 度/秒	$rad \cdot s^{-1}$	电位移	D	库/米 ²	$C \cdot m^{-2}$
波 长	λ	米	m	电位移通量	Φ, Ψ	库	C
波 数	λ^{-1}	每米	m^{-1}	电容	C	法拉	$F(C \cdot V^{-1})$
振 幅	A	米	m	电介常数	ϵ	法拉/米	$F \cdot m^{-1}$
相 位	φ	弧 度	rad	(电容率)			
质量	m	千克(公斤)	kg	相对电介常数	ϵ_r	量纲一	
质量体密度	ρ_v	千克/米 ³	$kg \cdot m^{-3}$	(相对电容率)			
质量面密度	ρ_s	千克/米 ²	$kg \cdot m^{-2}$	电偶极矩	P, P_e	库米	$C \cdot m$
质量线密度	ρ_l	千克/米	$kg \cdot m^{-1}$	电流	I, i	安培	A
动 量	p, P	千克米/秒	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$	电流密度	J, δ	安培/米 ²	$A \cdot m^{-2}$
冲 量	I	千克米/秒	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$	磁感应强度	B	特斯拉	$T(Wb \cdot m^{-2})$
动量矩(角动量)	L	千克米 ² /秒	$Kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	磁场强度	H	安培/米	$A \cdot m^{-1}$
转动惯量	J	千克米 ²	$kg \cdot m^2$	磁通量	Φ	韦伯	$Wb(V \cdot s)$
力	F, f	牛 顿	N	自感	L	利亨	$H(Wb \cdot A^{-1})$
力矩	M	牛顿米	$N \cdot m$	互感	M		
压强、压力	P	帕(斯卡)	$N \cdot m^{-2}, Pa$	磁导率	μ	利亨/米	$H \cdot m^{-1}$
功	W, A	焦耳	J	磁矩	P_m, m	安培米 ²	$A \cdot m^2$
能量	E, W			电磁能密度	ω	焦耳/米 ³	$J \cdot m^{-3}$
动能	E_k, T			波印亭矢量	S	瓦特/米 ²	$W \cdot m^{-2}$
势能	E_p, V	电子伏特	eV	直流电阻	R	欧姆	$\Omega(V \cdot A^{-1})$
功率	N	瓦特	$W, J \cdot s^{-1}$	电阻率	ρ	欧姆·米	$\Omega \cdot m$
热力学温度	T, Θ	开(尔文)	K	光强	I	瓦特/米 ²	$W \cdot m^{-2}$
摄氏温度	T, θ	摄氏度	℃	相对磁导率	μ_r	量纲一	
热量	Q	焦耳	J	折射率	n		
热导率	K, λ	瓦特/米开	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	发光强度	I	坎德拉	cd
(导热系数)				电荷面密度	ρ_s	库/米 ²	$C \cdot m^{-2}$
热容量	C	焦耳/开	$J \cdot K^{-1}$	电荷线密度	ρ_l	库/米	$C \cdot m^{-1}$
比热容	c	焦耳/千克开	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	电场强度	E	伏特/米	$V \cdot m^{-1}$
摩尔质量	μ	千克/摩尔	$kg \cdot mol^{-1}$	电势	U, V	伏特	V
等体摩尔热容量	C_{vm}	焦耳/摩尔开	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$	电势差	U_{21}	伏特	V
等压摩尔热容量	C_{pm}			辐射出射度	M	瓦特/米 ²	$W \cdot m^{-2}$
内能	U, E	焦耳	J	辐射照度	I		
熵	S	焦耳/开	$J \cdot K^{-1}$	声强级	L_1	分贝	dB
平均自由程	λ	米	m	核的结合能	E_n	焦耳	J
扩散系数	D	平方米/秒	$m^2 \cdot s^{-1}$	半衰期	τ	秒	s

4. 常用的物理常量和数据

内 容	名 称	符号	量 值
基本物理常量	万有引力常量	G	$6.672\ 59 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} (\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2})$
	真空中的光速	c	$299\ 792\ 458 \times 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
	真空中的电容率	ϵ_0	$8.854\ 187\ 817 \times 10^{-12} \text{F} \cdot \text{m}^{-1}$
	真空中的磁导率	μ_0	$12.566\ 370\ 614 \times 10^{-7} \text{H} \cdot \text{m}^{-1} (\text{N} \cdot \text{A}^{-2})$
	电子的电量(基本电荷量)	e	$1.602\ 177\ 33 \times 10^{-19} \text{C}$
	电子的静质量	m_e	$9.109\ 389\ 7 \times 10^{-31} \text{kg}$
	阿伏伽德罗常量	N_A	$6.022\ 136\ 7 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$
	气体普适常量	R	$8.314\ 510 \times 10 \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
	玻尔兹曼常量	κ	$1.380\ 658 \times 10^{-23} \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
	普朗克常量	h	$6.626\ 075\ 5 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$
	里德伯常量	R_∞	$10\ 973\ 731.334 \text{m}^{-1}$
	康普顿波长	λ_C	$2.446\ 310\ 58 \times 10^{-12} \text{m}$
	斯特藩-波尔兹曼常量	σ	$5.670\ 51 \times 10^{-8} \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
	质子的静质量	m_p	$1.672\ 623\ 1 \times 10^{-27} \text{kg}$
	中子的静质量	m_n	$1.674\ 928\ 6 \times 10^{-27} \text{kg}$
	1 原子质量单位 = 1u	m_u	$1.660\ 540\ 21 \times 10^{-27} \text{kg}$
	$1\text{u} = m_u = \frac{1}{12} m(^{12}\text{C})$		
地球物理数据	地球质量	M_E	$5.98 \times 10^{24} \text{kg}$
	地球平均半径	R_E	$6.37 \times 10^6 \text{m}$
	地球赤道半径		$6.38 \times 10^6 \text{m}$
	地球极半径		$6.36 \times 10^6 \text{m}$
	平均密度	ρ_E	$5.520 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	重力加速度(海平面)	g	$9.81 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
	自转周期	T_{EE}	1 平均太阳日 = $8.24 \times 10^{-5} \text{s}$
	公转周期	T_{SE}	1 年 = $3.16 \times 10^7 \text{s}$
	地球到太阳的平均距离	d_{SE}	$1.49 \times 10^{11} \text{m}$
	平均轨道速度	v_E	$29.8 \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$
月球物理数据	月球质量	M_M	$7.35 \times 10^{22} \text{kg} (=0.0123 M_E)$
	月球半径	R_M	$1.74 \times 10^6 \text{m} (=0.2728 R_E)$
	平均密度	ρ_M	$3.340 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
月球物理数据	表面引力加速度	g_M	$1.62 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
	自转周期	T_{SM}	$27.3 \times 8.62 \times 10^{-1} \text{s}$
	绕地球公转周期	T_{RM}	$27.3 \times 8.62 \times 10^{-1} \text{s}$
	月球到地球的平均距离	d_{ME}	$3.84 \times 10^8 \text{m}$

续表

内 容	名 称	符 号	量 值
太阳物理数据	太阳质量	M_S	$1.99 \times 10^{30} \text{ kg} (= 3.329 \times 10^5 M_E)$
	太阳半径	R_S	$6.96 \times 10^8 \text{ m}$
	平均密度	ρ_S	$1.410 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	表面引力加速度	g_S	$1.274 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	自转周期	T_{ES}	$\sim 26 \text{ 日}$
大气物理数据	标准状态	T	$= 0^\circ \text{C} = 273.15 \text{ K}$
	$1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$	V_M	22.414 l
	干燥空气密度 (海平面处 0°C)	ρ_A	$1.29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
	干燥空气的平均分子量	M_A	28.97
	空气中声速	v	$331 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	大气成分		$\text{N}_2: 78\%; \text{O}_2: 21\%; \text{Ar}: 1\%$

5. 常用的能量、功、热量单位互换表

	焦耳 (J)	电子伏特 (eV)	兆电子伏特 (MeV)	千克 (kg)	原子质量单位 (u)
1 焦耳 =	1	6.24×10^{18}	6.242×10^{12}	1.115×10^{-17}	6.705×10^9
1 电子伏 =	1.602×10^{-19}	1	10^{-6}	1.783×10^{-36}	1.074×10^{-9}
1 兆电子伏 =	1.602×10^{-13}	10^6	1	1.783×10^{-30}	1.704×10^{-3}
1 千克 =	8.987×10^{16}	5.610×10^{35}	5.610×10^{29}	1	6.025×10^{26}
原子质量单位 =	1.492×10^{-10}	9.310×10^6	931.0	1.660×10^{-27}	1