
电子图书
信息技术的结晶
人类文明的载体
网络的基本资源

前　言

物理学是自然科学中一门重要而范围极其广泛的基础学科，主要研究物质运动的最一般规律和物质的基本结构，以及它们的相互作用。

物理学又是一门不断发展的学科。在欧洲古代，物理学一词是自然科学的总称。直到16世纪后，物理学才开始发展成为一门范围较为明确的学科，并且在19世纪末逐步形成了力学、热学与分子物理学、电磁学、光学等分支，这些分支可统称为宏观物理学。20世纪以来，物理学的发展进一步深入到微观领域，并建立了原子物理学和量子力学、原子核物理学、固体物理学和凝聚态物理学、粒子物理学、宇宙学等分支。物理学的进展，极大地扩展了人们的眼界，有力地增强了人们认识自然和改造自然的能力。

物理学的生命力还表现在能够不断地从它的比较成熟的分支生长分离出工程技术和应用性学科，例如热机学和热工学、材料力学、电工学和电子技术、原子能技术、真空技术、激光和同步辐射技术以及超导技术等。现代物理学的发展，还有力地促进了化学、生物学、天文学、地学的进一步发展，并形成了众多的边缘学科。物理学的这些应用和发展，不断地促进了生产技术和生产力的发展和变革，从而不断地改善了科学研究和人类生产、工作、生活的条件和环境，不断地改变着人们的生活方式和思维方式，甚至还影响到人类自身的演化过程。

由此可见，物理学在人才培养和学校教育过程中，常常起着打好基础和激发创造性智能的重要作用。通过物理学课程的学习，开阔学生的视野，使他们自觉地去接触自然，了解自然，认识自然。通过物理学学习的深入，启发学生从某种复杂的自然现象中抽象出关键和本质的东西，从而促使他们更好地把握其内在规律，培养起提出问题、分析问题和解决问题的能力。

为了适应基础教育的改革、建设与发展的要求和中学图书馆建设的需要，面向世界，面向未来，面向现代化，为提高中学物理教育水平和物理教学质量服务，为提高全民族文化素质和实现社会主义现代化建设服务，我们特编写这部《中学生百科全书·物理卷》。

本卷收入条目约1500条，其主要依据是：(1)从中学物理教育的实际出发，收录了大量覆盖中学物理学课程的条目，对中学物理教学的重点和难点补充了不少有关背景材料的条目，着重阐述普通物理学的基本概念、基本定律和基本原理，说明常见的物理现象以及常用的物理知识，以适应中学物理教育水平的不断提高。(2)从中学物理教师业务提高的需要出发，收录了专门介绍物理学科最新进展和最新成就的条目，酌量选取了有关现代物理学和相应学科以及对中学物理新教材的内容作必要延拓和加深的条目，为提高中学物理教师的素质和物理教学质量服务。(3)从中学生的智能培养考虑，收录了不少物理学中富有启迪思维、侧重社会应用的条目，选收了将物理学史渗入物理教学、把思想教育寓于物理教学中的条目，还为中学开展课外科技活动提供最为适用的材料，以期对中学生的思想境界、物理基础和创造能力的提高会有所促进。

目前无论是国外还是国内，已出版了不少于几十种的物理学辞典、百科、手册，本卷力图在下列几方面体现特色：(1)针对性与系统性相结合。本卷是专为中学物理教师、中学管理人员和中学生编写的中学物理教学工

具书，主要针对目前我国中学物理教育的实际情况，其深度和广度，掌握在略高于中学物理教学用书和教学参考书的程度，并对现行使用的和正在编写的中学物理新教材的内容作必要的延拓和加深。但本卷又立足于满足中学物理教育水平不断提高的需要，因此取材比较广泛、知识较为完备、门类也较齐全，能形成一个较为完整的系统。(2)时代性与新颖性相结合。本卷还立足于当代，立足于改革，既要写出时代气息，表现手法也要力求做到构思新、取材新、形式新。全卷的框架、编排，我们也作了反复的推敲：除按国内外较通行的物理学各主要分支学科体系进行排列外，还从客观发展趋势出发，构建和推出新的排列。全卷内容包含 12 个部分：总论，力学，分子物理，热学，电磁学，光学，近代物理学，环境物理，实验物理，计算机在物理学中的应用，物理学与其它科学技术，物理教学，物理学史和物理学家，以努力适应当前与今后中学物理教学改革的需要。(3)思想性、科学性与实用性相结合。本着为提高中学物理教育水平和物理教学质量服务的宗旨，全卷强调以马克思主义哲学为指导进行编写，在条目的释文方面既要努力体现教育方针的要求，又要力求做到在质量、水平、可读性与实用性上下功夫。释文的内容力求准确、科学，深浅适宜，理论、应用兼顾，并注意体现渗透思想教育的要求。释文的语言力求规范、流畅、生动。本卷卷首附有代表性的物理成果和物理学家的彩色插图。卷末还附有物理学大事年表、诺贝尔物理学奖获得者一览表、经修订的部分物理学名词对照、物理学计量单位等供读者查阅。总之，我们尽力使读者使用起来感到十分便利和颇有收益。

参加本卷编写的有多年在师范大学从事物理教学与科研的正、副教授，也有长期在中学教学第一线，具有丰富物理教学经验的高级教师。我们都是中学时代的过来人，正承担着为基础教育服务的重任，对基础教育有着深厚的体验和感受，对中学教师、中学管理人员和广大中学生不仅寄托着殷切的期望，而且愿把自己的知识和体会都倾注在他们身上，为提高全民族文化素质和实现社会主义现代化建设而积极贡献自己的力量。

在编写过程中，我们曾多次向上海市各区县部分中学物理教师代表征求过意见；并受到著名的老一辈教育家、国家教委和上海教育主管部门有关领导同志的支持和鼓励；也得到出版社领导和编辑同志的指导和帮助；还较多地吸收和参考了国内外物理学辞典、百科、手册的作者们的不少最新的研究成果，在此一并表示感谢。

由于编写时间和编者水平的限制，本卷中难免有不少疏误，敬请广大读者批评指正。中学百科全书物理卷编辑委员会

凡　例

1．全书按学科设卷。一学科为一至二分卷，或两个相近学科合为一分卷。分卷不列卷次。

2．卷由条目组成，条目采用释文体。卷内各学科及其分支的内容份量和轻重主次，根据学科的主干与分支的发展状况和中学教育与管理的实际需要来安排。条目释文之详略，根据本学科内容的需要和在框架结构中的纵横交叉关系来决定。

3．各卷正文之前设本卷条目的分类目录，供读者了解内容全貌，或查一个分支或一个大的主题的有关条目之用。为了保持学科或分支学科体系的完整并便于检索，有些条目可能在几个分类标题下出现。

4．多数分卷正文按音序排列，条目出现先后，按条目标题的第一字的汉语拼音字母顺序排列，第一字同音的按四声的顺序排列，第一字同音同调的，则按第二字的音调顺序排列，余类推。有少数分卷因学科的特殊性，排法与此有所不同。

5．各卷正文之后设本卷拼音索引、笔画索引。笔画索引按条目标题的第一字的画数分别排列，画数相同的字，除一画外均按起笔笔形一（横）、丨（竖）、丿（撇）、丶（点）、■（折，包括■■■■等）的顺序排列。第一字完全相同的，则按第二字的笔画顺序排列。余类推。

6.正文书眉标明双码页第一个条目标题及单码页的最后一个条目标题的第一字的汉语拼音和汉字。

7．一部分条目在释文中配有必要的插图。彩色图片按内容分类编排若干页置于正文之前。

8．具有重要的独立的科学概念，而又在其他条目的释文中解释清楚的，设“参见条”，这种条目不再附释文，只在条题之后用楷体字注明参见的条目标题。

9.在释文中具有独立的科学概念，释义完整的，而不必另设参见条者，作为“索引条”。索引条仅在分类目录中出现。

10．本书所用科学技术名词术语符号等，以各学科有关部门审定的为准，未经审定或尚未统一的从习惯。

11．条目释文中涉及外国人名、地名、机关团体组织名称等的译名时，采取“名从主人，约定俗成”的原则，一般参照有关工具书，采用通行的译法。

总　序

一部十五卷本的《中学百科全书》即将和广大读者见面。这是北京师范大学出版社、华东师范大学出版社、东北师范大学出版社历时四年完成的一项大型工程。相信这套大型工具书的出版，对提高中学教育水平、教学质量，促进基础教育的改革和发展，将起到它应有的作用。

发展教育事业是关系到国家富强、人类文明和社会进步的根本大计。在邓小平同志建设有中国特色社会主义的理论指导下，我们伟大的祖国正在加快实现社会主义现代化的步伐。为把我国建成一个富强、民主、文明的社会主义现代化国家，必须首先加强教育。邓小平同志指出：“四个现代化关键是科学技术的现代化”；“科学技术人才的培养，基础在教育”。深刻阐明了发展教育与发展科学技术、振兴经济的关系，肯定了发展教育是发展科学技术、振兴经济的前提和基础。党的十四大再次强调要把教育摆在优先发展的战略地位，制订了到 2000 年中国教育改革和发展的目标、方针和政策，指出：“科技的进步、经济繁荣和社会发展，从根本上说取决于提高劳动者素质，培养大批人才”，并重申要大力加强基础教育。

在整个教育工作中，基础教育是提高全民族素质的奠基工程。亿万青少年儿童是祖国明天的建设者,到 21 世纪前半期我国能否建成中等的发达国家取决于他们，国家和民族的未来和我国社会主义的前途决定于他们，而决定他们思想品德、科学文化以及身体等方面素质的，是今天对他们施加的教育。振兴国家，教育是基础，而基础教育则是基础的基础。为发展基础教育作贡献，是我们组织编写这套书的根本出发点。

这套百科全书的编撰原则是，以马克思主义辩证唯物主义和历史唯物主义为指导，坚持内容的思想性、科学性，同时力求使本书具有“门类全”、“内容新”和“实用性强”等特点，以便更好地为广大中学教师、管理干部和有关单位研究人员的实际需要服务，为提高中学教育水平、教学质量和管理水平服务。

包括中学这一层次的基础教育，要全面贯彻“教育必须为社会主义现代化建设服务，必须与生产劳动相结合，培养德智体全面发展的建设者和接班人”的方针，使受教育者在品德、智力和体质等方面得到生动活泼的全面发展。这是中学教育应遵循的一个基本原则，也是编这套书的客观依据。为此本书的总体设计，强调内容的全面性。首先要求：重视马列主义毛泽东思想和建设有中国特色社会主义理论的教育、党的基本路线教育、爱国主义教育、集体主义教育和社会主义教育。同时从教学需要出发，以新中国成立以来特别是改革开放以来教学实践经验和各科教学的基本内容为基础，尽可能地反映中国和世界的优秀文明成果，以及当代科学、技术、文化的最新发展。全书的内容结构，除按传统的文理科知识分卷外，新设了体育与卫生保健、音乐美术、劳动技术和学校管理等专卷，以全面地贯彻执行《中国教育改革和发展纲要》。

世界科学技术在不断发展，人类社会在不断进步。邓小平同志高瞻远瞩地指出：教育必须“面向现代化，面向世界，面向未来”。为此，当务之急，是要逐步实现教育本身的现代化。教育现代化实质上是一场意义深远的教育革命，它首先要求教育思想的现代化，同时还要实现教学内容、教学方法和教学条件的现代化。当然，这里的核心问题是课程、教材的现

需要全本请访问 www.ertongbook.com

代化。随着中学教育改革的深化，广大教师必须进行再学习，努力提高自身的知识水平，具有进行科学研究、使用先进教学设备和组织学生参加社会实践等能力。教育的现代化离不开管理的现代化。因此必须使广大的中学管理干部，面对加快改革开放的新形势，努力更新观念，更新知识结构，提高管理水平，从而把我国中学教育管理工作推上一个新的阶段。本书内容要求着眼于一个“新”字，力求做到观点新、材料新、结构新。在认真总结和继承前人文化科学知识的基础上，充分吸收当代国内外文化科学和管理科学的最新成果。要求既不脱离我国当前的实际，又具有一定的前瞻性或超前性，以适应中学教育改革和发展的需要。

全书以国家教委审定的现行普通中学教学计划、教学大纲和新编教材为依据，对现在中学的课内知识作了必要的拓宽和加深，但都要求从中学教师、中学管理工作者当前和长远的需要着眼，无论是分卷设立，条目确定；或材料选用，释文撰写；乃至编排方式，检索方法，都突出了它对中学的实用性，力求使这部百科知识总集，成为中学常备多用独具特色的工具书，这是广大的读者和编者的共同要求，也是我们实际编写过程中力求做到的。

当然，就整个基础教育事业来说，编一部中学工具书只是其中很小的一部分，但从组织和编撰这套百科全书的本身来说，却是一项相当宏大、相当复杂的工程。全书 15 卷，涉及 19 个大学科，收条目近 40000 个，共 2500 万字，铢积寸累，绝非轻而易举之事。同时作为一套大部头的百科全书，既要有每卷内部的合理结构，又要有卷与卷间的相互联系和全书的整体性与规范性。全书各卷之间，在内容上力求做到相互照应，以反映各学科之间的广泛联系。各卷内部的框架结构，采取历史与逻辑相统一的原则，力求总体内容能够反映各学科发展的基本进程和基本规律。条目与条目之间，要求反映本学科主干和分支的纵向从属关系与横向并列交叉关系，尽量避免内容重复，其必须重复出现者。根据学科的特点和中学教育的要求，在内容处理上各有不同的侧重面，并注意防止论点相悖。

这套百科全书在上级主管单位关怀指导下，得到了教育界、科技界和文化学术界许多专家、学者的热情支持，特别是得到北京师范大学、华东师范大学、东北师范大学的领导和广大教师的支持与帮助。本书聘请长期从事教学与科研并熟悉中学教育的专家担任分卷主编、副主编；又请几十所高等院校、科研单位的教授、副教授；研究员、副研究员；中学特级教师和高级教师近 800 人为全书撰稿、审阅词条与释文。大家齐心协力，几经寒暑，数易其稿，终于完成了这项艰巨工程。三家出版社担负了繁重的组织工作，并投入大量人力和财力；编辑、校对和出版人员，日夜兼程，埋头苦干，为本书如期出版付出了辛勤劳动。现在，让我们代表全书编审委员会，向关心和支持这项工作的单位与个人；向工作在第一线的所有同志表示亲切慰问和衷心感谢！

四年前，三家出版社约请我们牵头，组编这套大型工具书，我们三人或年事已高，或事务繁重，实难再担此重任，但事关基础教育，对于我们多年从事教育的人来说，却又义不容辞，因此，愿就力所能及为基础教育的建设添砖加瓦。现在这套大书即将面世，虽然经过几年的努力，但学海无涯，书中不足或不妥之处在所难免，望读者不吝赐教，以便再版时改正。

苏步青

刘佛年
柳　斌

1993 年 4 月

A

α射线（α-ray） 放射性原子核所发生的α粒子流。α粒子即氦原子核^4_2He，由两个中子和两个质子构成，其质量是4.001509原子质量单位，电量是两个正电子电量。

在α射线中，α粒子的动能可以达到几兆电子伏特。不同的放射性物质放射出的α粒子流，其速度各不相同。由于α粒子的质量比电子质量大得多，通过物质时极易使其中的原子电离而损失能量，所以它穿透物质的本领比β射线弱得多，例如用一张纸常常就可以挡住α射线。

ADC 和 DAC（analog-digitalconverterand digital-analogconverter） 模数转换器和数模转换器。将在时间上和幅值上都连续的模拟信号，转换成在时间上和幅值上离散、且按一定方式编码的一组脉冲或电平信号——数字信号，将这一转换的操作称为模数转换，可写成 A/D，执行这一操作的装置称为模-数转换器，常写成 ADC 或者 A/D 转换器。将数字信号转换成模拟信号的操作称为数模转换，可写成 D/A，执行这一操作的装置称为数-模转换器，常写成 DAC 或者 D/A 转换器。

A/D 和 D/A 在其它方面的应用（applicationofA/DandD/Aintheotherfields） 在通信和信号分析系统中，诸如时间的展阔、超前和滞后；瞬态现象的存贮和记录；信号波形的合成和分析；传递函数的合成和分析；卷积；数字滤波；利用相关技术和快速傅里叶变换从噪声中提取有用信号；加密和解密编码传输等，都需要使用 A/D 和 D/A 转换器。

在图形显示系统，数字通讯系统，医疗设备以及多其他系统或设备中，都使用着各种高精度低速或者低精度高速或者两者兼顾的数-模、模-数转换器。

在物理实验中广泛采用着 3/2 位数字电压表和 41/2 位数字电压表，以及 8 路 8 位或者 8 路 12 位的通用 ADC 集成电路芯片，它们连接实验仪器与计算机后，就可以研究许多长周期和短瞬间的物理变化的规律，使人们的“反应”速度和“持久”能力有了质的提高。

A/D 和 D/A 在数字控制系统中的应用（applicationofA/DandD/Ainthedigitalcontrol system） 数-模与模-数转换技术是由数字测量和数字控制的要求而产生和发展起来的，特别是微型机的迅速普及更加速了这一技术的进展。下图是典型的数字控制系统的框图，控制对象可能是一个物理实验或者生产过程，也可能是一个自动控制装置。反映其运动状态的各项参数（如温度、压力、流量、角度、位移、速度和加速度等）大都是非电模拟量，通过相应的传感器可以变换成电压或电流信号。调节其状态参数的各种执行元件绝大多数也需要电压或电流信号驱动。然而数字计算机只能接受和处理数字信号，其输出结果也是数字信号。这就是说数字计算机和控制对象之间不能直接交换信息。只有使用采样器和 A/D 转换器把模拟传感器输出的电压或电流信号转换成适合计算机需要的数字信号，并通过 D/A 转换器和保持器把计算机输出的数字信号转换成时间上连续的电压或电流信号才能实现计算机对控制对象的闭环控制。显然，是 ADC 和 DAC 搭起了两者之间的语言桥梁。没有转换器，数字计算机只能是一个计算工具，而不能执行控制功能，因而也就不能构

成多种闭环数字控制系统。

未做图

■数字控制系统框图

许多系统并不需要如图所示的所有环节，如果系统只包含传感器、采样器、A/D 转换器和计算机，它就是一个典型的数据采集系统。若系统中没有传感器、采样器和 A/D 转换器，它就是程序控制系统，大多数数控机床都属这类系统。

未做图

■数字遥测系统方框图

A/D 和 D/A 在数字遥测系统中的应用（appli-cation of A/D and D/A in the digital remotecontrol system） 上图是一个典型数字遥测系统。在定时器的控制下，信号发送端的多路切换器和接收端的多路分配器同步切换，A/D 转换器把被测对象的各个模拟参数分别转换成数字信号，并经发射机发射出去，接收端的 D/A 转换器把接收的数字信号转换成与原始模拟信号等效的电压或电流，并馈送到指定通道去驱动相应的模拟元件。遥测、遥控技术在航天、气象、军事、通信和工业部门中占有十分重要的地位。

A/D 与 D/A 在测量和测试设备中的应用（application of A/D and D/A in the measureequipments） 当今广泛使用的各种数字电压表和其他数字测量仪器，其核心环节是 A/D 转换器。随着单片机的出现和发展，出现了许多自动测试系统。这些系统可以对大规模集成电路、高度复杂的系统或设备的各种参数进行自动测试，并能对测量数据进行处理、存贮、读出和打印。使用这种系统可在时间、成本和可靠性等方面，远远胜过人工测试。在自动测试系统中包含着大量的 D/A 和 A/D 转换器。D/A 转换器被用来制造程控电源、脉冲发生器、扫描发生器和波形发生器等，它还被用作校正失调或增益误差的“电位器”、电桥平衡电源以及作为 A/D 转换器、采样/保持器和峰值跟随器的部件。而 A/D 转换器则被用来完成模拟量-数字的变换。

APPLE Ⅱ计算机系统（APPLE Ⅱ computer system） 以它的结构简单、新颖，配有标准接口可以连接各种外部设备，特别是具有较强的图形处理功能及较完整的软件配备而流行全世界。

APPLE Ⅱ微型计算机整体设计合理，灵活，扩展性好。主机板上以 6502 微处理器为 CPU，基本指令 56 条，有 13 种寻址方式，因此实际操作有 151 种。系统时钟频率为 1 兆赫，指令时间为 2～7 微秒，定点加法速度可达 50 万次。RAM 最大可达 48K 字节，ROM 最大可达 12K 字节，还可扩充 128K 字节 RAM。主机板上带有彩色图像信号发生器，可直接连结彩色监视器和单色监视器，显示方式灵活多样。主机板带有键盘、盒式磁带机接口、送话器和游戏机插座等。系统中各部件通过 APPLE Ⅱ总线进行连结与通讯。此外在主机板上还有 8 个外围 I/O 插座，用于扩充内存板和增加其他语言固件板，连接调制器和家用电视机，以及其他的发展和扩充。

APPLE Ⅱ机的外围配置齐全，现在已开发功能插件 120 多种，外设 30 多种。功能插件主要包括模拟量的输入输出，各种输入输出接口，内存扩充，实时时钟，Z80、MC6809、MC68000 微处理器和 BASIC、FORTRAN、COBOL-80 等语言固定板。它带有 RS-232C 和 IEEE-488 接口，并有行式打印机、绘图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

仪、图形输入板以及两个 $5\frac{1}{4}$ 英寸软磁盘驱动器，每个容量为 143K 字节。APPLE 机还可以配置 8 英寸软盘驱动器，6～20 兆温氏硬磁盘，光笔，时间记录仪，实时音频频谱分析仪等外设。

APPLE Ⅱ机系统软件丰富，兼容性好。它配有 DOS3.3 磁盘操作系统，CP/M2.2 操作系统。它的系统监控程序和整数 BASIC 常驻 ROM。它支持汇编、PASCAL、 COBOL、 FORTRAN 以及 LISP、 FORTH 等语言。

APPLE Ⅱ微型机开发了丰富的应用软件，配备了汉字卡。由于它的功能齐全，结构灵活，扩展方便和价格便宜，因此它的应用之广远远超过了其它 8 位微机。主要应用于商业管理、企业管理、科学计算、数据处理、辅助教学、工程学、家庭医药、实验室、游戏和过程控制等领域。

APPLE Ⅱ微机可以与 Omninet 局部网络和 Nestar Cluster/One“ mode1 A ”局部网络联网，开拓了新的使用途径。

APPLE Ⅱ总线 （APPLE-Ⅱ bus）以 6502 微处理器为核心的系统所开发和应用的。该总线比较简单、灵巧，共有 50 条引线，其中 48 条引线已经定义，8 条双向数据总线，16 条地址总线，4 条电源线，1 条信号和电源公共地线，2 条中断请求线和 2 条用于实现中断优先级链状电路的中断入和中断出引线,1 条 DMA 线和 2 条用于实现 DMA 优先级的链状电路的 DMA 入和 DMA 出引线，3 条时钟线以及读/写线，准备就绪线，I/O 选通线，设备选择线，输入/输出选择线，禁止线，复位线以及 1 号用户线等各 1 条。

APPLE Ⅱ微型计算机系统的各部件通过 APPLEⅡ总线进行连接和通讯。APPLE 公司提供了各种各样的扩充插件板插在计算机母板的八个插座上，以扩充存储器或外部设备及联网。

阿尔哈曾（Alhazen 965～1039） 阿拉伯物理学家、数学家。生于巴士拉。长期在埃及开罗生活和工作。当时眼病流行，医师们用手术治疗眼病，他就根据医师的经验和通过自己的实验，仔细研究了人眼结构和人的视觉。

阿尔哈曾的重要贡献是在光学方面。他用实验证明，古希腊学者（柏拉图、欧几里得）的视觉论（即光是从眼睛发出的理论）是没有根据的。提出自己的视觉理论，认为“ 自然光和彩色光线作用在眼睛上 ”、“ 借助于可见物体发出的、进入眼睛的光线而形成视觉形象 ”。还认为被观察物体上的每一点对应于眼睛的某一感觉点，给出了双眼视觉的正确说明。明确了光的反射定律，指出入射光线与反射光在同一平面内，并详细讨论了光经过曲面镜的反射而成像，改进了古希腊人对光经过球面镜、圆锥面镜和柱面镜成像位置的认识。分析了光通过不同媒质界面的折射，设计出测定入射光线与折射光线的方法，阐明玻璃球有放大图像的作用并提出光以有限速度传播的看法。汇集上述研究成果的著作《光学宝鉴》曾由意大利光学家维泰洛译成拉丁文于 1270 年发表，其后以手抄本的形式传播，1572 年里斯内在瑞士巴塞尔出版了更完整的版本。

阿伏伽德罗（Amedeo Avogadro 1776～1856） 意大利物理学家、化学家。生于都灵。曾受法学教育，1796 年获法学博士后，当过几年律师。1800 年起开始自学数学和物理学。1803 年发表第一篇科学论文。1806 年起在都灵科学院附属学院任演示员。1809 年任韦尔切利学院教授。1819 年当选为都灵科学院院士。1820～1822 年和 1834～1850 年，任都灵大学物理学教授。

主要研究分子物理学和原子论。从盖-吕萨克定律得到启发，于 1811 年在题为《论物体分子的相对质量和它们组成化合物的比例的测定方法》的论文中，提出分子假说，奠定了分子学说的基础。与此同时，提出一个对近代科学有深远影响的假说：在相同的温度和相同的压力条件下，相同体积中的任何气体总具有相同数目的分子。这个假说被称为阿伏伽德罗定律。根据这个定律，他详细研究了测定分子量和原子量的方法，对当时物理学和化学的发展，起了重大的推动作用。著有《有重量的物体的物理学》（共 4 卷，1837～1841）。

阿伏伽德罗定律（Avogadro law） 参见理想气体。

阿基米德 （Archimedes 公元前 287～前 212）

古希腊物理学家、数学家、发明家。生于西西里岛的叙拉古（今意大利锡拉库萨）。11 岁起被送到埃及的亚历山大里亚学习和工作，曾是欧几里得的学生。公元前 240 年回到叙拉古，当了国王亥洛厄的顾问。

阿基米德在科学的许多方面都有卓越的贡献。在力学方面的成就尤为突出，是公认的古代最伟大的力学家。他是静力学的奠基人，在其著作《论平面图形的平衡》中，引入重心和相对于直线和平面的力矩的概念，确定各种平面图形的重心，并对杠杆平衡条件作了严格的数学证明。得出重物的重量和它们离支点的距离成反比的杠杆定律。运用这一定律，阿基米德设计过杠杆滑轮系统，创造了用小力把大船推到水里等奇迹。他还奠定了流体静力学的基础，在其著作《论浮体》中，详细阐述了关于浮体问题的重大发现。得出著名的阿基米德原理：放在液体中的物体受到向上的浮力，其大小等于物体所排开的液体重量。借助这一原理，阿基米德解决了亥洛厄王关于鉴定纯金王冠是否掺假的问题。

和他的前辈及同时代的一些学者相比，阿基米德的学术活动有一个显著的特点，就是他既极为重视科学的严密性、准确性，要求对每一个问题都进行精确的、合乎逻辑的证明；又非常注意科学知识的实际应用，曾创造了许多仪器和机械，特别是在工程和军事上的发明甚多，开创理论研究和实际应用密切结合的学风。因此，他被誉为“有巨大的独创和真正的发现的重视实验的发明家”，是当之无愧的。

阿基米德定律（Archimedes law） 参见浮力。

阿基米德原理（Archimedes PrinciPle） 由阿基米德发现的关于浮力的基本原理。该原理表述为：放在液体中的物体受到向上的浮力，其大小等于物体所排开的液体重量。传说当时的亥厄洛王召见阿基米德，让他鉴定纯金王冠是否掺假。他冥思苦想多日，在跨进澡盆洗澡时，看见水面上升而得到启示，从而作出了浮力原理的重大发现，即通过王冠排出的水量解决了国王的疑问。在他的《论浮体》一书中，详细阐述了这一原理的发现和内容，从此使人们对物体的沉浮有了科学的认识。

阿特武德机（Atwoodmachine） 早期测量重力加速度的器械。由英国数学家和物理学家阿特武德于 1784 年制成。他将质量同为 M 的重物用绳连接后，放在光滑的轻质滑车上，再在一个重物上附加一质量 m（m<<M）的重物。这时，由于小重物的重量而使体系作初速度为零的缓慢加速运动，所产生的微小加速度可表示为

$$\alpha = \frac{m}{2M + m} g,$$

从实验测得α后，即可算出重力加速度 g。

未做图

■阿特武德机

爱因斯坦（AlbertEinstein1879～1955） 20 世纪最伟大的自然科学家，物理学革命的旗手，自哥白尼、伽利略、牛顿以来在物理科学领域中最为杰出、最有影响的革新家。

生平 1879 年 3 月 14 日生于德国乌耳姆一个经营电器作坊的小业主家庭。一年后，随全家迁居慕尼黑。13 岁那年，一部唯物主义无神论著作《力和物质》对他的世界观产生极大影响，使他中止了宗教信仰，形成了强烈的热爱科学的理想。1894 年，全家又迁居意大利米兰，他因不满“那种依赖训练、外界权威和追求名利的教育”，离开慕尼黑中学，于次年春天也来到米兰。同年转学到瑞士阿劳市的州立中学。在此期间，他琢磨了下列理想实验：假若一个人以光速跟着光波跑，将会发生什么样的事情？在阿劳求学时，他还下定决心，不做工程师，要当物理教员，于是在 1896 年入苏黎世联邦工业大学师范系学习物理学。大学期间，以极大兴趣去听物理学的课程，常常去物理实验室工作，并以极大的热忱在家里向理论物理学的大师们学习。目标专一、独立自主、勤奋自学，成为他的学习特点。他在自学中视野宽广，认为不应该把学习局限在一个狭窄的专门方面，要基础雄厚，才可能有高深的建树。爱好沉思则是他的突出性格。1900 年大学毕业，两年后才找到固定职业。1902 年来到瑞士伯尔尼专利局工作。在这里他不用为生活操心；从事发明专利申请的技术鉴定工作，又迫使他进行多方面的思考；再则他又充分抓紧时间，埋头于科学研究。因此这几年是他最愉快的年代，也是他最富有创造性活动的年代。1905 年在物理学三个不同领域中取得了历史性成就，特别是狭义相对论的建立和光量子论的提出，推动了物理学理论的革命。同年获苏黎世大学的博士学位。1909 年离开专利局，任苏黎世大学理论物理学副教授。1912 年任母校苏黎世联邦工业大学教授。1915 年建立了广义相对论。他所作的光线经过太阳引力场要弯曲的预言于 1919 年被证实，引起世界范围的轰动，爱因斯坦和相对论在西方成了家喻户晓的名词。爱因斯坦并不把自己的注意力囿于自然科学领域，而是以极大的热忱关心社会、关心政治。他说：“人只有献身于社会，才能找出那实际上是短暂而又风险的生命的意义。”他秉性正直，具有强烈的社会责任感；一生酷爱和平、民主和自由，与法西斯主义作了毫不妥协的斗争；积极参加争取和平民主的进步运动，成为全世界科学家的楷模。

科学贡献 综观爱因斯坦的一生，他在狭义相对论、广义相对论、光量子论、分子运动论、宇宙学和统一场论等现代物理学的 6 个领域都作出了巨大的贡献。

狭义相对论 1905 年 6 月，爱因斯坦写了著名的《论动体的电动力学》的论文，完整地提出了狭义相对性理论。这是他 10 年酝酿和探索的结果。狭义相对论的创立，是物理学理论的一场革命，它变革了传统的空间、时间、质量、动量、能量等基本概念，不仅揭示了作为物质存在形式的空间和时间的统一性，而且揭示了各种物理运动形式的统一性：力学运动和电磁运动的统一性，以及两种运动量度（能量和动量）的统一性。

广义相对论 在多数物理学家还不理解狭义相对论的时候，爱因斯坦

却继续努力把他的理论向前推进。1907 年提出了均匀引力场与均匀加速度的等效原理。以后经过 8 年艰苦的探索，中间得到了他的老同学格罗斯曼的帮助，应用了黎曼在半个多世纪前建立的曲面几何，终于在 1915 年 11 月建立了广义相对论。广义相对论进一步揭示了作为空间和时间统一体的四维时空同物质的统一关系，揭示了空间和时间不可能离开物质而独立存在，空间的结构和性质取决于物质的分布，物质之间的引力不过是空间曲率的一种表现。

光量子论　早在 1905 年 3 月，就写了《关于光的产生和转化的一个启发性的观点》的论文，提出光量子假说，把普朗克的量子概念扩充到辐射在空间的传播上去。爱因斯坦的光量子论揭示了光的量子本性，光不仅仅被看成是一种波动，它同时也是一种粒子，是粒子和波的综合。揭示了对于统计的平均现象，光表现为波动；对于瞬时的涨落现象，光表现为粒子，从而揭示了微观粒子的波粒二象性。光量子论的提出，也遭到几乎所有老一辈物理学家的反对，迟至 1913 年普朗克还认为这是爱因斯坦的一个失误。尽管如此，爱因斯坦还是孤军奋战，坚持贯彻量子论思想。1906 年发表论文《普朗克的辐射理论和比热理论》，把量子概念扩充到物体内部的振动上去，成功地说明了低温时固体的比热同温度的关系。1916 年发表论文《关于辐射的量子理论》，是量子论发展第一阶段的理论总结，它从玻尔的原子构造假说出发，用统计力学的方法导出普朗克的辐射公式，提出受激辐射理论。这不仅对 20 年代量子力学的创立有重要作用，也为 60 年代蓬勃发展起来的激光技术准备了理论基础。1924 年德布罗意的物质波假说刚提出，就首先得到爱因斯坦的热情支持，而且爱因斯坦立即用来研究单原子理想气体，同印度青年物理学家玻色合作，提出玻色—爱因斯坦统计法。由于受了爱因斯坦这项工作的启发，薛定谔才试图去发展德布罗意理论，终于在 1926 年建立了波动力学。

分子运动论　1905 年的 4 月和 5 月，爱因斯坦发表了两篇关于分子运动论的论文，试图通过对悬浮粒子运动（即 1827 年发现的布朗运动）的观测来测定分子的实际大小。4 月写的一篇是他向苏黎世大学申请博士学位的论文。他从事这项研究，是为了解决半个多世纪来科学界和哲学界长期争论不休的原子和分子是否存在的问题。3 年后，法国物理学家佩兰以精密的实验证实了爱因斯担的理论预测，这就以无可辩驳的事实证明了原子和分子的存在。

现代宇宙学　爱因斯坦在建立广义相对论后，就开始有关宇宙学问题的探索。1917 年，发表题为《根据广义相对论对于宇宙学所作的考查》的论文，提出宇宙空间是有限无界的假说，这是现代宇宙学的开创性文献。后来，由于荷兰天文学家德西特和苏联大气物理学家弗里德曼的工作，发现宇宙空间可能是在不断膨胀着，预见到各个星系之间存在着相互分离（远退）的运动。这一预见为美国天文学家哈勃于 1929 年发现河外星系谱线的红移而得到了有力的支持。

统一场论的研究　从 20 年代开始直至晚年，爱因斯坦把主要的科学创造精力用于统一场论的研究。企图建立一种包括引力场和电磁场的统一理论，用广义相对论的推广形式来概括所有各种物理运动形式，用场的概念来解释物质结构和量子现象。他认为这是相对论发展的第三阶段。虽然这一研究探索当时未取得具有物理意义的结果，但近年来正以新的形式显示

它有着不可估量的生命力。正如爱因斯坦自己在晚年时所说：“我完成不了这项工作了；它将被遗忘，但是将来会被重新发现。”事实正是如此，1967 年，巴基斯坦物理学家萨拉姆和美国物理学家温伯格各自独立地提出了电弱统一理论。电弱统一理论的成功又进一步促进了强、弱和电磁三种相互作用统一的所谓大统一理论的研究，以及包括引力在内的四种相互作用统一的所谓超统一理论的研究。

爱因斯坦辐射理论（Einstein’s radiation the-ory） 1916 年爱因斯坦在一篇关于辐射定律的论文中，首先提出了受激发射的概念。并认为在辐射场达到稳定时，粒子系统吸收的光子数应等于发射的光子数。假定粒子系统的高、低能级能量分别为 E_2 和 E_1，吸收或发射的光子的能量为 $hv=E_2-E_1$。如果处于高、低能级上的粒子数密度分别为 N_2 和 N_1，外界光场的单色辐射能量密度为 ρv，则单位体积中在时间间隔 dt 内从能级 E_1 吸收光子而跃迁到能级 E_2 的粒子数为 $dN_{12}=B_{12}\rho_v N_1 dt$，其中比例系数 B_{12} 称为吸收系数，$W_{12}=B_{12}\rho_v$ 称为吸收概率。粒子系统吸收的光子数也等于 $B_{21}\rho_v N_1 dt$。类似地，单位体积粒子系统因受激跃迁在时间间隔 dt 内发射的光子数可表示为 $B_{21}\rho_v N_2 dt$，其中 B_{21} 称为受激辐射系数，$W_{21}=B_{21}\rho_v$ 为受激辐射概率。单位体积粒子系统因自发跃迁在时间间隔 dt 内发射的光子数可表示为 $A_{21}N_2 dt$，其中 A_{21} 称为自发辐射系数。辐射场稳定时，每一种频率的光子数应保持不变，这要求如下关系成立：

$$(A_{21}+B_{21}P_v)N_2=B_{12}P_vN_1。$$

假定粒子系统处于热平衡状态，E_2 和 E_1 上的粒子数满足玻耳兹曼分布：

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{g_2}{g_1}e-(E_2-E1)kT=\frac{g_2}{g_1}e-hv/kT,$$

其中 g_1 和 g_2 为能级 E_1 和 E_2 的统计权重，k 为玻耳曼常数。根据普朗克关于黑体辐射的公式

$$\rho_v=\frac{8\pi hv^3}{c^3}\cdot\frac{1}{e^{hv/KT}-1},$$

利用上述各式可得到：

$$\frac{A_{21}}{B_{21}}=\frac{8\pi hv^3}{c^3},$$

$$\frac{B_{12}g_1}{B_{21}g_2}=1,$$

由此可确定 A_{21}、B_{21} 和 B_{12} 的值。

爱因斯坦固体模型（Einstein solid model） 爱因斯坦发展了普朗克的量子假设，于 1907 年首次提出了计算固体热容量的模型，这个模型成功地解释了固体热容量随温度下降的实验事实。

上一世纪根据经典的能量均分定理得到的结论是，固体热容量不随温度改变，且附合杜隆—珀替定律（Cv=3Nk）。然而在低温下由实验测到的固体热容量却随温度降低而减小。为了解决这一矛盾，爱因斯坦提出了一个固体模型：①假设固体晶格中原子的微振动通过引入简正坐标以后可看成一系列互相独立的简谐振子的振动，而且所有简谐振子的频率 ω_D 都相

同。②每一个振子可以沿三个方向振动，整个固体晶格中 N 个原子共产生 3N 个频率为 ω_D 的振动。③每一个振子的能级按照量子理论为

$$\varepsilon_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\omega_D。$$

根据这个模型可得出整个固体热容量为

$$C_v = 3Nk\frac{\left(\frac{\eta\omega_D}{kT}\right)^2 \exp\left(\frac{\eta\omega_D}{kT}\right)}{\left(\exp\left(\frac{\eta\omega_D}{kT}\right)-1\right)^2}$$

设 $\theta_E = \frac{\eta\omega_D}{k}$ 为爱因斯坦特征温度，热容量于是可表示

为 $C_v = 3Nk\left(\frac{\theta_E}{T}\right)^2 \frac{\exp(\theta_E/T)}{(\exp(\theta_E/T)-1)^2}$

上式表明热容量与振动频率 ω_D 有关。在高温极限下，$T>>\theta_E$，有 $C_v \cong 3Nk$，与经典能量均分定理结果相符。它的物理解释是，当 $T>>\theta_E$，即 $kT>>h\omega_D$ 时，能级间距远小于 kT，能量量子化效应可忽略。因而可采用经典近似。在低温极限下，$T<<\theta_E$，有 $C_v \cong 3Nk(\theta_E/T)^2\exp(-\theta_E/T)$，热容量 C_v 随温度降低而下降。它的物理解释是，当 $T<<\theta_E$，即 $kT<<h\omega_D$ 时，能级间距远大于 kT。由此产生的能量量子化使振子必须获得能量 $h\omega_D$ 才能发生能级之间的跃迁。但是在低温下，振子依靠热运动能量跃迁到高激发态的概率很小，平均而言，几乎全部振子都“冻结”在基态，因而对热容量没有贡献。

爱因斯坦固体模型表明，只有量子理论才能较好地提供对固体热容量的描述，但是这个模型的理论结果在低温下随温度降低得很快，与实验事实不符。这是因为爱因斯坦对振子频率作了过分简化的假设。后来德拜修改了这个模型，进一步发展了固体量子理论。

安培（AndréMarie Ampére 1775～1836） 法国物理学家。生于里昂。少年时期主要跟随父亲学习技艺。他的父亲信奉卢梭的教育思想，供给他大量图书，令其走自学成才的道路。于是他博览群书，吸取营养，燃起了对科学的热情，12 岁时已掌握了相当多的数学知识。1799 年开始系统研究数学，并在里昂的布尔学院任教。1809 年任巴黎工艺学校教授。1814 年被选为帝国学院数学部成员。1824 年起任法兰西学院教授。1827 年被选为英国皇家学会会员。他还是柏林科学院和斯德哥尔摩科学院院士。

主要贡献在电磁学方面。1820 年，当奥斯特作出电流磁效应的实验后，他便在当年 9 月至 12 月间一连发表了四篇高水平的论文：9 月 18 日，表述了确定电流的磁场对磁针的作用方向的定则，被称为安培定则；9 月 25 日，发现了两条平行载流导线之间也有相互作用力，当电流方向相同时相互吸引，当电流方向相反时相互排斥；10 月 9 日，主要用各种形状的曲线载流导线，研究了它们的相互作用；12 月 4 日，阐明了两电流之间的作用力与距离平方成反比的定律，即著名的安培定律，也是电磁学的一个基本定律。1921 年，提出分子电流假说，即一切磁相互作用都可归结为隐藏在物体内部的所谓分子电流的相互作用，每一个分子电流相当于一个平面

磁体——一个小薄磁片；电流从分子的一端流出，通过分子周围空间由另一端注入；非磁化的分子的电流呈均匀对称分布，对外不显示磁性；当受外界磁体或电流影响时，对称性受到破坏，显示出宏观磁性，这时分子就被磁化了。从而最先指出了电过程和磁过程之间的紧密的“起源”联系，结束了磁是一种特殊物质的观点,使电磁学开始走上全面发展的道路。1822年，发现载电流螺线管的磁效应，得出如下结论：通电流的螺线管相当于一个永磁铁。提出在螺线管内部放置软铁制成的铁芯来加强磁场。试图建立一个全面的电动力学的理论，发表了《电动力学的观察汇编》。1827 年，发表了《电动力学现象的数学理论》，这是电磁学发展史上一部重要的经典论著。在电磁理论基础上曾提出过电报的设想，建议用 26 根导线对应 26 个字母，用以传递信息，为电报的发展作出一定的贡献。

安培定律（Ampere law） 亦称“安培环路定律”。描述稳恒磁场性质的定理之一。稳恒磁场中，磁场强度沿任意闭合回路的环流等于该回路所包围的、传导电流的代数和，即

$$\oint_L H \cdot dl = \Sigma I$$

式中电流的正负规定为：电流方向与回路线积分的环流方向呈右手螺旋关系时，电流强度取为正值，反之取为负值。H 是线元 dl 所在处的磁场强度，既包含回路内电流的贡献，也包含回路外电流的贡献。

安培定律是毕奥-萨伐尔定律和磁场叠加原理的必然结果,它表明稳恒磁场是有旋场。使用安培定律，可以方便地计算某些对称分布的载流体系的磁场，如“无限长”直载流导线，“无限长”均匀载流圆柱面、圆柱壳、圆柱体，以及罗兰环等。

安培定则（Ampere rule） 表示电流和由它引起的磁场之间方向关系的定则。由法国物理学家安培总结得出，故名。是右手螺旋定则在电流产生磁场方面的特例。

例如：①直线电流磁场。设想用右手握住载流导线，伸直拇指。若拇指指向电流方向，那么弯曲的四指即表示磁场的环绕方向（图 1）；②螺线管电流磁场。设想用右手握住螺线管，使弯曲的四指表示电流的环绕方向，则伸直的拇指所指方向即为螺线管内部磁场的方向（图 2）；③圆线圈电流磁场。设想用右手弯曲的四指表示圆线圈中电流的环绕方向，则伸直的拇指所指的方向即为轴线上磁场的方向（图 3）。

安培计（ammeter）是测量电流的电表。在中学里都使用指针式安培计。安培计有两个重要参数：量程电流和安培计的内阻，通常分别用 I_g 和 R_g 表示。I_g 与电表的构造有关，特别磁短路的调节，可使 I_g 有 10%～15%的变化；R_g 为电表动圈的阻值，通常是定值，能用表外增加电阻的方法，使电表内阻增加，但不能使内阻减小，除非电表的量程电流变大，即灵敏度降低。安培计有“+”、“-”两个接线端钮的则是直流安培计，在量测电流时，要注意“+”是流进端，“-”是流出端，即串接在测量电路里。

■图 1 长直载流导线的磁场

图 2 载流螺线管的磁场

■图 3 圆电流轴线上的磁场

安培计通常是电流计扩大量程后成为各种量程的电流测量仪器。扩大电流量程有如下两种方法。一种是单电阻并联法（如图 1），另一种是多

电阻串并联法（如图 2）。图中 I_1、I_2 和 I_3 为三种量程的安培计，更多量程的设计可仿此法，不难画出来。

■图 1 单电阻并联法

根据简单计算，单电阻并联法得到的安培计量程电流为：

$$I_m=I_g(1+R_g/R_{sm})；$$

其等效内电阻为：

$$R_im=R_g \parallel R_{sm}=\frac{R_gR_{sm}}{R_g+R_{sm}}。$$

根据简单计算，多电阻串并联法得到的安培计量程电流和等效电阻分别为：

■图 2 多电阻串并联法

$$I_1=I_g\left(\frac{R_a+R_0+R_1+R_2+R_3}{R_1}\right),$$

$R_{i1}=R_1 \parallel (R_2+R_3+R_0+R_g)$；

$$I_2=I_g\left(\frac{R_a+R_0+R_1+R_2+R_3}{R_1+R_2}\right);$$

$R_{i2}=(R_1+R_2) \parallel (R_3+R_0+R_g)$；

$$I_3=I_g\left(\frac{R_a+R_0+R_1+R_2+R_3}{R_1+R_2+R_3}\right);$$

$R_{i3}=(R_1+R_2+R_3) \parallel (R_0+R_g)$。

R_0 为补偿电阻，使 R_g+R_0 为某一合适值。

安培力（Ampereforce）　载流导体在磁场中所受到的作用力。由法国物理学家安培首先通过实验总结得出其规律，故名。电流磁效应的发现促使安培致力于电磁力的研究。1821～1825 年间，他设计了一系列精巧的实验，研究电流间的相互作用。他发现载流直导线在匀强磁场中受到的作用力的大小为

$$F=ILB\sin\alpha,$$

式中 L 为直导线长度，I 为电流强度，B 为磁感应强度，α为电流方向与磁感应强度 B 方向间的夹角。力的方向由左手定则（电动机定则）确定。经进一步分析可得出基本的表示电流元受力的公式（安培力公式）：

$$dF=Idl\times B。$$

这样，任意形状的载流导体在稳恒磁场中受到的作用力，原则上都可以通过上式利用积分计算求得，即

$$F=\int_L Idl\times B,$$

或

$$F=\int_V(j\times B)dV,$$

式中 j 是电流密度，dV 是载流体系的体积元。

安培力实质上是运动电荷在磁场中受到的力。当电流流经导体时，作漂移运动的自由电子受到洛伦兹力作用，获得与电流方向垂直的横向动量。在电子与固体晶格的频繁碰撞中，这种动量不断传递给晶格，宏观上即表现为载流导体受到侧向力的作用，这就是安培力。

需要全本请访问 www.ertongbook.com