

 普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

主 编 胡祥青 付淑英 黄新华

京一师一职一教
电子信息类一基
础课



北京
师范
大学
出版
集团

 普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理

主 编 胡祥青 付淑英 黄新华
副主编 陈 建 常 林

京一师一职一教
电子信息类一基础课



北京
北京
师范
大学
出版
集团
社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理/胡祥青,付淑英,黄新华主编. —北京:北京师范大学出版社,2015.8

(普通高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-303-19315-8

I. ①大… II. ①胡… ②付… ③黄… III. ①物理学—高等职业教育—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 173463 号

营销中心电话 010-58802755 58800035
北师大出版社职业教育分社网 <http://zjfs.bnup.com>
电子邮箱 zhijiao@bnupg.com

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京新街口外大街 19 号
邮政编码:100875

印刷:北京东方圣雅印刷有限公司
经销:全国新华书店
开本:787 mm×1092 mm 1/16
印张:20.25
字数:480 千字
版次:2015 年 8 月第 1 版
印次:2015 年 8 月第 1 次印刷
定价:35.00 元

策划编辑:周光明 责任编辑:周光明
美术编辑:高霞 装帧设计:高霞
责任校对:李菡 责任印制:陈涛

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:010-58800697

北京读者服务部电话:010-58808104

外埠邮购电话:010-58808083

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-58800825

前言

物理学是在人类探索自然奥妙的过程中形成的学科,它研究物质的最基本、最普遍的运动形式以及物质内部结构的基本规律。物理学是自然科学的基础,是高新技术发展、创新和技术进步的主要源泉,它对其他学科的发展和高新技术的进步提供了巨大的推动力。物理学是一门充满生机和活力的科学,它的创造力日新月异,极其深刻地影响了人类对自然的认识和人类的生活,可以说,物理学是“改变世界”的科学!

大学物理课是理工科的重要基础课,物理学的内容又极其丰富。如何编写出适合高专高职类的大学物理教材,我们注重了内容的精选,尽可能系统地、完整地、准确地讲述物理学的主要进展和成就,包括基本知识、基本概念、基本规律、基本方法,介绍物理学的现代发展,使学生既能掌握物理学的基础知识,又能了解物理学的前沿动态,培养学生的科学素养、科学思维方法和科学研究能力。学习本课程要有一定微积分基础。

本书共 11 章,涵盖了物理学的基本内容,在 2005 版《大学物理》中增加了热力学等内容新增写部分与工程相关的习题,并附录了一些常用物理常数和部分习题参考答案,供学生学习用,选学内容用 * 标出。参加本书编写的有:景德镇学院胡祥青、黄新华(第 1、2、3、4、7 章),韩山师范学院付淑英、南通高等师范学校陈建(第 8、9、10、11 章及附录),西安科技大学常林(第 5、6 章),全书由胡祥青、付淑英、黄新华统稿。胡祥青、付淑英、黄新华担任主编,陈建、常林担任副主编。

本书可作为高职高专学生教材。建议学时数为 72 课时。本书的编写得到了景德镇学院、韩山师范学院领导的关心和支持,并获得韩山师范学院教材资助。在此,谨向他们表达诚挚的谢意!

由于编者的水平和时间所限,本书编撰不精、论述不深之处在所难免,敬请专家学者和读者不吝赐教。

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。本书有电子课件或教案,联系电话 010-58802751。

编 者

目 录

物理学导论	(1)
-------------	-----

撬动地球——力学篇

第 1 章 质点运动学	(10)
-------------------	------

1.1 质点运动的描述	(10)
-------------------	------

1.1.1 参考系与质点	(10)
--------------------	------

1.1.2 位置矢量、速度、加速度	(11)
----------------------------	------

1.1.3 几种常用的坐标	(15)
---------------------	------

1.2 运动学的基本问题	(19)
--------------------	------

1.3 运动的叠加	(20)
-----------------	------

* 1.4 相对运动	(21)
------------------	------

第 2 章 牛顿运动定律	(28)
--------------------	------

2.1 牛顿运动定律	(28)
------------------	------

2.1.1 牛顿第一定律	(28)
--------------------	------

2.1.3 牛顿第三定律	(29)
--------------------	------

2.2 几种常见力	(31)
-----------------	------

2.3 物理量的单位和量纲 ...	(40)
-------------------	------

2.4 牛顿定律的应用举例 ...	(40)
-------------------	------

* 2.5 力学相对性原理 惯性系和 非惯性系	(47)
----------------------------------	------

* 2.5.1 力学相对性原理	(47)
-----------------------	------

* 2.5.2 惯性系和非惯性系	(47)
------------------------	------

第 3 章 动量守恒定律和能量守恒 定律	(52)
-------------------------------	------

3.1 质点和质点系的动量 定理	(52)
---------------------------	------

3.1.1 冲量 质点的动量定理	(52)
---------------------------	------

3.1.2 质点系的动量定理	(53)
----------------------	------

3.2 动量守恒定律	(54)
------------------	------

* 3.3 火箭飞行原理	(56)
--------------------	------

3.4 动能定理	(58)
----------------	------

3.4.1 功	(58)
---------------	------

3.4.2 质点的动能定理	(60)
---------------------	------

3.5 保守力与非保守力 势能	(61)
--------------------------	------

3.6 功能原理 机械能守恒 定律	(65)
----------------------------	------

3.6.1 功能原理	(65)
------------------	------

3.6.2 机械能守恒定律	(67)
---------------------	------

3.7 碰撞问题	(69)
----------------	------

第 4 章 刚体转动	(78)
------------------	------

4.1 刚体的定轴转动	(78)
-------------------	------

4.1.1 刚体的平动与转动	(78)
----------------------	------

4.1.2 刚体绕定轴转动的角速度 和角加速度	(79)
----------------------------------	------

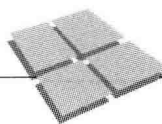
4.2 力矩 转动定律	(81)
-------------------	------

4.2.1 力矩	(81)
----------------	------

4.2.2 转动定律	(82)
------------------	------

4.3 角动量 角动量守恒定律	(86)
--------------------------	------

4.3.1 质点的角动量 刚体定轴 转动的角动量	(86)
-----------------------------------	------



4.3.2	质点的角动量定理及 角动量守恒定律	(87)
4.3.3	刚体定轴转动的角动量定理 及角动量守恒定律	(88)
4.4	力矩做功 刚体绕定轴 转动的动能定理	(91)
4.4.1	力矩做功	(91)
4.4.2	转动动能 刚体绕定轴 转动的动能定理	(92)
4.4.3	定轴转动的功能原理 ..	(93)
* 4.5	综合训练	(94)
* 4.6	力学在工程中的应用 ..	(96)
第5章	机械振动与机械波	(101)
5.1	简谐振动	(102)
5.1.1	简谐振动定义	(102)
5.1.2	简谐振动的描述方法	(105)
5.1.3	简谐振动实例	(111)
5.1.4	简谐振动的能量	(112)
5.1.5	简谐振动的合成现象	(114)
5.2	机械波的几个概念	(116)
5.2.1	机械波的形成与传播	(117)
5.2.2	横波与纵波	(117)
5.2.3	波长 波的周期和频率 波速	(119)
5.3	平面简谐波	(120)
5.3.1	波动过程的几何描述	(120)
5.3.2	平面简谐波的表达式	(122)
5.4	波的能量 声强级	(127)

5.4.1	波动能量的传播	(127)
* 5.4.2	声强级	(129)

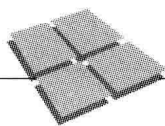
温暖人类——热学篇

第6章	热力学基础	(136)
6.1	温度热力学第零定律	(136)
6.1.1	状态参量 平衡态	(136)
6.1.2	温度	(138)
6.2	热力学第一定律	(142)
6.2.1	准静态过程功热量	(142)
6.2.2	热容量	(144)
6.2.3	热力学第一定律 内能	(146)
6.2.4	热力学第一定律对理想 气体的应用	(148)
6.2.5	循环过程 卡诺循环	(151)
6.3	热力学第二定律	(156)
6.3.1	热力学第二定律的两种 表述	(156)
6.3.2	可逆与不可逆过程	(157)
6.3.2	卡诺定理	(158)
* 6.4	热工	(158)
6.4.1	热加工和冷加工	(158)
6.4.2	金属热处理	(159)
6.4.3	金属热处理的工艺	(159)
6.4.4	冷处理	(161)

触动世界——电磁学篇

第7章	静电场	(168)
7.1	电荷的量子化 电荷守恒 定律	(168)

7.1.1 电荷的量子化	(168)	第9章 恒定电流的磁场	(210)
7.1.2 电荷守恒定律	(169)	9.1 恒定电流	(210)
7.2 库仑定律	(169)	9.1.1 电流强度与电流密度	(210)
7.3 电场 电场强度	(170)	9.1.2 电源电动势	(212)
7.3.1 电场	(170)	9.2 磁场磁感应强度	(214)
7.3.2 电场强度	(171)	9.2.1 电流与磁场	(214)
7.3.3 场强的计算	(171)	9.2.2 磁感应强度	(215)
7.4 电通量 高斯定理	(175)	9.3 毕奥—萨伐尔定律	(216)
7.4.1 电场线 电通量	(175)	9.3.1 毕奥—萨伐尔定律	(217)
7.4.2 高斯定理	(177)	9.3.2 毕奥—萨伐尔定律的 应用	(218)
7.4.3 高斯定理的应用	(179)	9.4 磁场的高斯定理	(222)
7.5 静电场的环路定理	(181)	9.4.1 磁感线	(222)
7.5.2 静电场的环路定理	(182)	9.4.2 磁通量 磁场的高斯 定理	(223)
7.5.3 电势能	(182)	9.5 安培环路定理	(225)
7.6 电势	(183)	9.5.1 安培环路定理	(225)
7.6.1 电势和电势差	(183)	9.5.2 安培环路定理的应用	(227)
7.6.2 电势的计算	(183)	9.6 磁力 磁力矩	(230)
7.6.3 等势面	(186)	9.6.1 洛伦兹力	(230)
第8章 静电场中的导体	(193)	9.6.2 安培力	(232)
8.1 静电场中的导体	(193)	9.7 霍耳效应	(234)
8.1.1 静电感应	(193)	第10章 电磁感应	(242)
8.1.2 静电屏蔽	(195)	10.1 电磁感应	(242)
8.2 电容和电容器	(197)	10.1.1 电磁感应现象	(242)
8.2.1 孤立导体的电容	(197)	10.1.2 楞次定律	(244)
8.2.2 电容器及其电容	(197)	10.1.3 法拉第电磁感应定律	(245)
8.2.3 电容器的并联和串联	(199)	10.2 动生电动势和感生 电动势	(248)
8.3 电场的能量 静电的一些 应用	(202)	10.2.1 动生电动势	(248)
8.3.1 电容器的储能	(202)		
8.3.2 电场的能量 能量密度	(203)		
8.3.3 静电的一些应用	(204)		



10.2.2 感生电动势	(250)
10.3 磁场的能量	(252)
* 10.4 麦克斯韦电磁场理论 简介	(254)
10.4.1 位移电流	(255)
10.4.2 麦克斯韦方程组	(258)
* 10.5 电磁波与人类文明 ...	(259)

点亮文明——光学篇

第 11 章 光学基础	(270)
11.1 几何光学简介	(271)
11.1.1 光的传播规律	(271)
11.1.2 光在平面上的反射和折射 光学纤维	(273)
11.2 光的干涉	(275)
11.2.1 光的电磁理论	(275)
11.2.2 杨氏双缝干涉	(277)
11.3 光的衍射	(281)
11.3.1 光的衍射现象	(281)
11.3.2 惠更斯—菲涅耳原理	(282)
11.3.3 单缝夫琅和费衍射 ...	(282)
11.3.4 光学仪器的分辨率 ...	(285)

11.4 光的偏振	(286)
11.4.1 自然光与偏振光	(286)
11.4.2 起偏与检偏	(288)
11.4.3 马吕斯定律	(288)
11.4.4 布儒斯特定律	(290)
附录 A 一些常用的物理常数	(296)
A.1 通用常数	(296)
A.2 电磁常数	(296)
A.3 物理化学常数	(296)
A.4 原子常数	(296)
A.5 电子、 μ 介子常数	(296)
A.6 质子常数	(297)
A.7 中子常数	(297)
附录 B 矢量基础	(298)
B.1 矢量概念	(298)
B.2 矢量合成	(299)
B.3 矢量乘法	(300)
B.4 矢量函数的微分	(301)
B.5 矢量函数的积分	(302)
附录 C 微积分初步	(303)
部分参考答案	(304)
参考目录	(314)

物理学导论

中国自古就有一个美丽的传说——嫦娥奔月，多少年来，多少代中国人孜孜不倦地探求，终于神话变成了现实。2003年10月，由宇航员杨利伟(1965—)驾驶“神舟”5号飞船，环绕地球14圈，圆了中国人的千年飞天梦。从意大利航海家哥伦布(C. Colombo, 1446—1506)的帆船航海，到美国莱特兄弟的飞机上天，直至今天的宇宙飞船漫游天际，人类就像插上了翅膀，在浩瀚的宇宙间翱翔。回首过去，我们不禁感叹，世界变化得多么快！我们不禁要问，谁使我们这个世界变化得这么快？这就是现代科学技术，是现代科学的基础——物理学！

在中学，同学们已经学习了一些基础的物理知识和基本的物理方法。现在你们迈入了大学，将会见识更为丰富多彩的物理现象，学到更为深刻的物理知识，进一步掌握科学研究的方法，领悟科学的真谛，受到科学精神的陶冶，培养较高的科学素养。

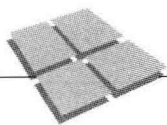
一、物理学的形成与发展

本节我们将沿着物理学发展的历程，介绍经典物理学的建立过程，以及20世纪物理学的革命，使大家对物理学的理论体系、研究方法及其作用有一个初步的了解。

1. 从自然哲学到物理学

物理学的前身称为自然哲学。早期的物理学含义非常广泛，它在直觉经验基础上探寻一切自然现象的哲理。中国作为发明指南针、火药、造纸和印刷术的文明古国，在哲学思考上很有特色。我国春秋战国时代的《墨经》是一本最古老的科学书籍，里面记载了许多关于自然科学问题的研究。其中有一句话：“力，刑之所以奋也。”“刑”即“形”，可解释为“物体”，“奋”可解释为“运动的加速”，这与牛顿第二定律($F=ma$)有一定的联系。书中并载有万物都是由“不可斫”的“端”即“点”所构成。(斫, zhuó, 用刀斧砍的意思)与差不多同时的希腊“原子”说，是世界上关于物质组成问题的最早文字记载。但是这些观察和分析，仅仅是定性的，没有系统化、量化。

公元前7—前6世纪，古希腊文化进入一个繁荣时期，人才辈出。其杰出的代表——亚里士多德(Aristoteles, 公元前384—前322)，这位百科全书式的学者，系统研究了运动、空间和时间等物理及相邻自然科学方面的问题，著有《物理学》、《力学问题》、《论天》及14本巨著《玄学》等书籍。他的著作处于古希腊及整个中世纪自然哲学的皇冠地位，其中《物理学》一书，是physics一词最早的起源(虽然今天含义已不同了)。他提出了许多概念，但有一些观念是错误的。例如“在地球上重物比轻物落得快”的观念，直到伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642)在1590年登上比萨(pisa)一座八层楼高的斜塔(建于1174年)，用实验证明了一个100磅重和一个半磅重的两个球体几乎同时落地，才纠正过来。又如他的“地心说”，认为地球位于整个宇宙的中心，月亮、太阳、星星围绕其做完美的圆周运动。当然，用今天的知识我们很容易指出其错误，但昨天终归不是今天。在两千年前，亚里士多德敢于主张“地球是球形”，较之远古人的“大地是平坦的”，客观地说，那是人类认识上的一大飞跃。但后来被神学所利用，



在封建和教会的统治下，欧洲中世纪的科学发展十分缓慢。直到 15 世纪后，工业革命使得科学技术获得了快速的进步，为科学实验开展提供了前所未有的条件，带动了科学理论的飞速发展。

2. 经典物理学的建立

波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus, 1473—1543)，在他的不朽著作《天体运行论》中，提出“太阳是宇宙的中心，地球是围绕太阳旋转的一颗行星”的日心说，引起了宇宙观的大革命。日心说使教会感到恐慌，因为若地球是诸行星之一，那么圣经上所说的那些大事件就完全不能够在地面上出现了。“日心说”被称为“邪说”，《天体运行论》被列为禁书。为捍卫真理，当时的科学家进行了不屈不挠、可歌可泣的斗争。意大利天文学家布鲁诺(G. Bruno, 1548—1600)为此付出了生命。这种科学的精神和崇高的胸怀永远让人崇敬，值得我们永远学习。

在 15 世纪以后，科学空前发展，逐步建立了比较完整的系统理论。物理学先驱伽利略研究了落体和斜面运动，做了著名的比萨斜塔实验，发展了科学实验方法，并提出了物质惯性等重要概念。到 17 世纪，杰出的英国物理学家牛顿(I. Newton, 1642—1727)在前人工作的基础上，于 1678 年发表了他的名著《自然哲学的数学原理》，提出牛顿三大定律，这成为经典力学的理论基石。后来，他在开普勒(J. Keppler, 1571—1630)提出的行星运动三定律的基础上，提出了万有引力定律，这是牛顿对物理学的两大杰出的贡献。牛顿还是位数学家，他和莱布尼茨同时创立了微积分，并应用于力学，使力学与数学不断结合。后来，欧勒等人进一步使力学沿分析方向发展，建立了分析力学。至此，在常速情况下宏观物体的机械运动所遵循的规律——经典力学已建立起来了。我们常把经典力学称为牛顿时力学，它的建立被认为是第一次科学革命。牛顿也被誉为科学史上的一位巨人，因为他代表了整整一个时代。

1850 年左右，在大量实验的基础上，确立了能量转化和守恒定律，其另一种表达形式是热力学第一定律，这是和进化论以及细胞学说并列为当时的三大自然发现。能量的转化和守恒是一回事，但能量的可利用性是另一回事，这种研究导致了 1851 年热力学第二定律的建立。另外，对于低温的研究，于 1848 年了解到“绝对零度”即 -273°C 是不可能达到的，这就是热力学第三定律。同时，物理学家意识到热现象的基本规律是热现象的基础，是一切热现象的出发点，应列入热力学定律。因为这时热力学第一、第二定律都已有了明确的内容和含义，有人提出这应该是第零定律。于是，热力学形成了一个以四个定律为基础的系统完整的体系。

热学和热力学的微观理论是建筑在分子——原子理论上的。19 世纪末叶，从分子运动论逐渐发展到统计物理学，建立了统计物理学。

从美国的富兰克林(B. Franklin, 1706—1790)首次用风筝把“天电”引入实验室，英国的卡文迪许(H. Cavendish, 1731—1810)精密地用实验证明了静电力与距离的平方成反比，再经过法国人库仑(C. A. Coulomb, 1736—1806)的研究，最后确立了静电学的基础——库仑定律。

电荷的流动显现为电流，电流会对周围产生磁的效应。电能生磁，那磁能否生电呢？英国物理学家法拉第(M. Faraday, 1791—1867)于 1831 年发现并确立了电磁感应

定律，这一划时代的伟大发现是今天广泛应用电力的开端，完整地总结电和磁的联系的工作是由麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)完成的，它建立了微分形式的“麦克斯韦方程组”，该方程组的形式极为对称和优美，被誉为物理学“最美的一首诗”，是19世纪物理学最辉煌的成就。至此，经典电磁学建立起来了。

光的现象是一类重要的物理现象，光的本质是什么？一直是物理学要回答的问题。

17世纪，人们对光的本质提出了两种假说：一是牛顿的微粒说，认为光是发光物体射出的大量的微粒；另一是荷兰科学家惠更斯(Christian Huygens, 1629—1695)的波动说，认为光是发光物体发出的波动。两种学说展开了旷日持久的论战。开始由于牛顿在科学界的威望，以及光在均匀介质中的直线传播、折射与反射现象等实验的支持，微粒说占居有利地位。后来，随着光的干涉、衍射现象的发现，给波动说强有力的支持。最后，由麦克斯韦确认了光实际上是一种电磁波，波动光学由此建立。

到19世纪末和20世纪初，经典物理学理论已经系统、完整地建立，它包括经典力学、热力学、统计物理学、电磁学、光学。至此，经典物理学辉煌的科学大厦建立起来了。

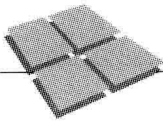
3. 20世纪初物理学的革命

经过力学、热力学与统计物理学、电磁学和光学各分支学科的迅猛发展，到19世纪末，经典物理学看来似乎已经很完善了。英国物理学家开尔文(W. Thomson, 1824—1907)在著名的题为《遮盖在热和光的动力理论上的19世纪乌云》的演说中说：“在已经基本建成的科学大厦中，后辈物理学家似乎只要做一些零碎的修补工作就行了；但是，在物理学晴朗天空的远处，还有两朵令人不安的乌云。”开尔文所说的一朵乌云指的是热辐射的“紫外灾难”，它冲击了电磁理论和统计物理；另一朵乌云指的是迈克尔逊——莫雷实验的“零结果”，它否定了以太的存在。开尔文没料到，正是这两朵小小的乌云，引发了物理学史上一场伟大的革命。

1905年，著名物理学家爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)对高速物体运动进行研究，创立了狭义相对论。爱因斯坦以其独特的思维方式，发动了一场关于时空观的革命。从低速到高速，从小宇宙到大宇宙，爱因斯坦于1915年建立了广义相对论，使人们视野扩展到广阔无垠的宇宙空间。爱因斯坦因他的相对论，作出了划时代的贡献。

在研究微观世界时，经典理论暴露其局限性，从而把物理学的伟大革命推向一个高潮。在研究黑体辐射时，普朗克(M. Planck, 1858—1947)发现：若假设光子能量是量子化的，则理论与实验结果相符。但普朗克摆脱不了经典概念的束缚，竟不敢加以承认。又是爱因斯坦，这位杰出的理论物理学家，第一个勇于承认。尔后，玻尔(N. Bohr, 1885—1962)、薛定谔(E. Schrodinger, 1887—1961)、海森堡(W. K. Heisenberg, 1901—1976)等物理学家建立了量子力学。

20世纪初的30年，相对论和量子论的建立完成了近代物理学的一场深远的革命，从而把物理学的伟大革命推向了一个高潮，把人类认识世界的能力提升到了前所未有的高度，为实践应用开辟了广阔的道路，为20世纪层出不穷、不断涌现的高科技、新学科、新技术的发展准备了基础。19世纪两朵令人不安的乌云转化为近代物理学诞生的彩霞。物理学不仅仍然是自然科学基础研究中最重要的前沿学科之一，而且已发展



成为一门应用性极强、渗透性极强的学科。今天的物理学绝不仅是少数物理学家关起门来埋头研究的专门学问，而是生机勃勃地向一切科学技术，甚至经济管理部门渗透的一种力量，它已经、而且正在继续改变我们这个世界！

二、物质的层次

物理学是研究物质结构和运动基本规律的学科，或者说物理学是关于自然界最基础形态的学科，它研究宇宙间物质存在的各种基本形式、它们的内部结构、相互作用及运动基本规律。物理学研究范围也和它本身的发展一样，经历着历史的变化。物理学对客观世界的描述，已由可与人体大小相比的范围(称为宏观世界)向两个方向发展：一是向小的方面——原子内部(称为微观世界)；另一是向大的方面——天体、宇宙(称为宇观世界)。近年来随着高科技发展，要求器件微型化、超微型化，出现了呈现微观特性的准宏观世界，称为介观世界。

宇宙世界的尺度大于 10^7 米，按物体线度从大到小排列有：总星系、星系团、银河系、太阳系、地球、月球等。宏观世界的尺度为 $10^3 \sim 10^6$ 米，人们对它的研究比较透彻，其运动服从经典物理规律。微观世界尺度小于 10^{-8} 米，它是构成宏观物质的基本单元，从外向内有：分子、原子、原子核、强子、夸克或轻子。介观世界的尺度为 $10^{-8} \sim 10^{-6}$ 米，在这个介于宏观和微观的世界里，一方面它表现出微观世界中的量子力学特性；另一方面，就尺度而言，它几乎又是宏观的。就物质结构的尺度来划分，物质的层次如下表所示。

物质的层次

实 体	尺 度	相关的专门科学分支
基本粒子	10^{-15} m 以下	粒子物理学
原子核	10^{-14} m	核物理学
原子	10^{-10} m	原子物理学
分子	10^{-9} m	化学
巨型分子	10^{-7} m	生物化学
固体		固体物理学
液体		液体动力学
气体		气体动力学
植物与动物	$10^{-7} \sim 10^2$ m	生物学
地球	10^7 m	地质学，地球物理学
恒星	$10^7 \sim 10^{12}$ m	天体物理学
星系	10^{20} m	天文学
银河星团	10^{23} m	
宇宙已知部分	10^{26} m	宇宙学

物质的层次以其尺度计从 10^{-15} 米到 10^{26} 米, 大小相差 10^{41} 倍, 却几乎都与物理学密切相关。可见, 物理学在自然科学中占有特殊的地位。

三、物理学的特点

1. 物理学是“普遍”的、“基本”的

我们知道: 物理学几乎和宇宙中各种尺度的物质都有关系, 它的研究范围非常宽广, 所以物理学是普遍的。

物理学是一切自然科学中最基本的, 它的重要性在于物理学努力去澄清“更基础”、“更基本”的含义, 在于它对最基础、最基本内容的理性追求和它对内容作精巧、成熟性的提炼, 从而提供了基本性、理论性的框架, 以及几乎为所有领域可用的理论、实验手段和研究方法。

物理学由于它的普遍性、基本性, 使它在自然科学中占有独特的地位, 渗透性极强, 与许多学科关系密切。在 19 世纪, 力学、热学、电磁学从少得惊人的几条基本原理出发, 引出了众多意义深远的推论, 加强了物理学同数学、天文学、化学和哲学的密切联系。近代科学的发展, 使物理学进一步与其他学科融合。例如, 量子力学是物理化学和结构化学的理论基础, 同时又产生了许多交叉学科, 像生物物理学、量子生物学和生物磁学等。现代计量学多采用物理现象来定义它的基本单位(如时间、长度等), 甚至连考古学、艺术等学科, 也采用了现代物理学的成就和方法。可见, 物理学不仅促进了对自然界的探索, 同时对人类的社会进步作出了较大的贡献。

2. 物理学是“求真”的

物理学研究“物”之“理”, 从哲学的思辨时期开始就具有彻底的唯物主义精神。物理学中的实验方法充分体现了“实践是检验真理的唯一标准”的哲学原则, 物理学发展出一套成功的探求规律的研究方法, 是由相对真理不断逼近绝对真理的充分展示; 物理学家不畏权势、不盲目迷信、勇于牺牲的科学精神, 达到了“求真”的最高境界。

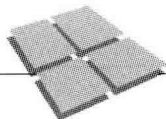
3. 物理学是“至善”的

物理学致力于把人从自然界中解放出来, 导向自由, 帮助人认识自己, 使理论趋于完善, 使人类生活趋于高尚。从根本上说, 它是“至善”的。

人类知识的发展从来是从肯定——否定——否定之否定, 是一种螺旋式上升。这是一种长期而曲折的过程, 这个过程永远不会终结, 使认识不断逼近真理。物理学的发展亦如此。从历史上看, 物理学已经历了几次革命: 力学率先发展完成了物理学的第一次大综合, 这是第一次革命; 第二次是能量转化与守恒定律的建立, 完成了力学和热力学的综合; 第三次是把光、电、磁三者统一起来的麦克斯韦电磁理论的建立; 第四次则是由相对论和量子力学带动起来的。每一次革命都产生了观念上深刻的变革, 每一个新理论都是对旧理论批判的继承和发展, 并把旧理论中经过实践检验为正确的那一部分很自然地包容其中, 从而使理论趋于完善。

4. 物理学是“至美”的

几百年来, 人们对物理学中的“简单、和谐、统一”, 赏心悦目, 赞叹不已。首先, 物理规律在各自适用的范围内有其普遍的适用性、统一性和简单性, 这本身就是一种深刻的美。表达物理规律的语言是数学, 而且往往是非常简单的数学表达式, 这又是



一种微妙的美。如爱因斯坦的“质能关系式”， $E=mc^2$ ，形式极为简单，却揭示了一种巨大的能量——原子核能可从核内释放出来的深刻理论，导致了原子能的利用，因而质能关系式后被称为“改变世界的方程”。其次，说到“和谐”，人们曾经认为，只有将相同的东西放在一起才是和谐的，而物理学特别是量子力学的发展揭示的真理，证明了古希腊哲学家赫拉克利特(Heracleitus，公元前540—前480)的话：“自然……是从对立的東西产生和谐，而不是从相同的东西产生和谐。”爱因斯坦曾说：“从那些看来与直接可见的真理十分不同的各种复杂现象中认识到它们的统一性，那是一种壮丽的感觉。”科学的统一性本身就显示出一种崇高的美。

四、物理学的方法及思想

回顾物理学的发展，我们感到，当今物理学成果实在是太丰富了！一系列重大的突破性成果的取得，充分体现了物理学家勇于探索、不畏艰难的精神，更得益于物理学家的创造性思维及正确科学方法的运用。我们学习物理学，不只是掌握其知识内容，更重要的是掌握其物理思想和物理方法，这才是物理学的精华之所在。对那些杰出的物理学家的丰富的物理思想、绝妙的物理方法，我们不应只是赞叹不止，更重要的是好好领悟，并力求很好掌握。下面仅就重要的物理思想及方法作一简介。

1. 模型方法

物理学研究中发展出一种十分成功的研究方法，叫做“模型方法”。它是一种抓住主要矛盾，暂时除去次要矛盾，从而使问题简化的方法。因它突出本质，亦更深刻、更正确、更完全地反映着自然，这也是物理学建立模型的目的之所在。实际上，全部物理学的原理、定律都是对于一定的模型行为的刻画。例如，力学中的质点、刚体、弹性体等模型；原子结构中的葡萄干面包模型、行星原子模型、原子核的液滴模型等，都是物理模型。

模型方法具有三大特点：一是简单性。物理现象常常是很复杂的，包含的因素很多，要想对某个物理现象直接建立起一套完整的理论进行阐明往往是很困难的。物理学家常用分析的方法把物理对象分解为许多较简单的部分，对这些简单的部分建立模型，再通过对模型的研究建立起基本规律，最后利用综合的方法把各个较简单的部分复合起来，得到总的结果。二是形象性。随着人们的认识深入到微观领域之后，为了更好地说明微观现象，物理学家通过模型把微观的东西宏观化，把抽象的东西形象化，从而使人们得到一个比较直观的认识。例如，汤姆逊的葡萄干面包模型，把原子中的正电荷比作面包，把电子比作嵌在面包中的葡萄干。卢瑟福却提出了大家熟知的行星原子模型，这两种模型都是非常生动和直观的。随着物理学的发展，人们的认识越深入，表现形式也越抽象，模型理论的形象性的意义也就越大。三是近似性。模型只突出了物理对象的主要因素，常常忽略其次要因素，因而利用模型所得到的结论一般是近似的，只有通过一级级作近似，才可能逼近真实。另外，模型常常是一种假说，因而模型的正确性是不确定的，像葡萄干面包模型就是错误的。这就需要不断改进模型，使其逐步向真实逼近。

2. 类比方法

类比方法是物理学研究中常用的一种逻辑推理方法，是根据两个或两类对象之间

某些方面的相似性，从而推出它们在其他方面也可能相似的推理方法。

例如，电磁学中电与磁的相似性不仅反映了自然界的对称美，而且也说明电与磁之间有一种内在联系。法拉第正是从电与磁的对称性出发，由电能生磁大胆猜想磁能生电，发现了电磁感应现象。

类比方法是逻辑推理方法中最富有创造性的一种方法。它是从特殊事物推论另外的特殊事物，这种推论不受已有的知识的限制，也不受特殊事物的数量限制，凭的是预感和猜测，因而最富有创造性，在物理学中得到了广泛的应用。

3. “实验——理论——实验”方法

物理学的一个重要研究方法，也是自然科学所公认的科学工作方法，可概括为“实验——理论——实验”。意即：深入观察自然现象，从复杂因素中选择典型的单个因素进行实验——对观察和实验所得的结果进行分析综合，作出必要的假设，建立恰当的模型，再利用数学工具得出规律，从而形成一套理论——理论结果又回到实践中，得到检验和校正。这个“实验——理论——实验”的研究方法，贯穿于物理学始终，望大家多加体会。

4. 辩证唯物主义思想

物理学中包含了丰富的哲学思想。从上面提到的“实验——理论——实验”研究方法中，我们自然联想到哲学的认识发展规律：“实践——认识——实践，如此循环往复，以至无穷”。物理学对自然的认识遵循同样的规律。其实，早期的物理学是从“哲学的思辨”开始的，它在直觉经验基础上探寻一切自然现象的哲理，所以物理学的前身称为“自然哲学”。因而，学习物理时，应以辩证唯物主义为指导，辩证地、科学地研究问题。

* 五、几何学与物理学

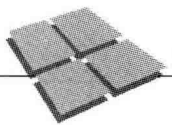
物理学是定量的科学，所以在物理学中广泛地使用数学，可以说，数学是物理学的语言，它为物理学提供了定量表示和预言能力。

1. 欧几里得几何空间

我们研究物体的运动，均是在考虑它随着时间的流逝在空间的变化情况，离不开“空间”概念。对于空间，我们是熟悉的。我们生活的空间是包含在上下、前后、左右之中的。如果需要描述我们所处的空间中的某一位置，就需要用三个方向来表示。

古希腊数学家欧几里得(公元前 330—前 275)将公元前 7 世纪以来希腊积累起来的既丰富又纷纭庞杂的结果整理在一个严密统一的体系中，从最原始的定义开始，引出五条公理和五条公设为基础，通过逻辑推理，演绎出一系列定理和推论，编写出《几何原本》，从而建立了欧几里得几何的第一个公理化的数学体系。

在欧几里得几何中，空间是平直的，它用长、宽、高三个维度来表示立体空间即我们常说的三维空间。另外，欧几里得几何空间还是均匀的和各向同性的，因而具有平移不变性和转动不变性。平移不变性是指空间是均匀的，即从一点到另一点没有什么区别。如果把物体无旋转地从一个位置移到另一位置，它的大小和几何性质都不变，物理性质亦不变。转动不变性是指空间是各向同性的，所有的方向都是等价的。一个物体在空间内改变取向时，它的几何性质与物理性质均不变。平移不变性导致动量守



恒，转动不变性导致角动量守恒，这将在第四章中讨论。

2. 时空观

时间和空间是物质运动的两种基本形式，时间是物质运动的顺序性和持续性，而空间则是物质运动的广延性或延展性。一切运动着的物质都有其时间和空间的存在形式，也只有在一定的时空中才能存在、运动和发展。

在牛顿的经典物理学中，采用欧几里得几何空间，它是平直的、均匀的、各向同性的。假如我们在欧氏几何小尺度范围看，地球上的大地是平直的，因而牛顿的时空观是“绝对的”、“不变的”，物体在“绝对时间”、“绝对空间”中进行“绝对运动”。但爱因斯坦推翻了牛顿的绝对时空观，指出时空是客观存在的，但又是相对的，不是绝对的。在黎曼空间中，地球上的地面实际上并不平直，而是一个弯曲的球面。爱因斯坦相对论把时间、空间和物质运动联系起来、统一起来，把物质运动置于四维时空中。

撬动地球——力学篇

阿基米德曾有一句名言：“给我一个立足点和一根足够长的杠杆，我就可以撬动地球”。

早在 3000 多年前的墨经上就有简单的杠杆原理。阿基米德从杠杆实际应用中的某些经验知识出发，运用几何学通过严密的逻辑论证，在《论平面图形的平衡》一书中最早提出了杠杆原理。即“二重物平衡时，它们离支点的距离与重量成反比。”他还据此原理进行了一系列的发明创造。据说，他曾经借助杠杆和滑轮组，使停放在沙滩上的桅船顺利下水，在保卫叙拉古免受罗马海军袭击的战斗中，阿基米德利用杠杆原理制造了远、近距离的投石器，利用它射出各种飞弹和巨石攻击敌人，曾把罗马人阻于叙拉古城外达 3 年之久。

生活中处处有力学。宇宙中任一物质运动的根本原因——力，它无时不在、无处不在。力与运动共存，小到粒子，大到天体，任何物质的运动都是绝对的。无论是什么物质，以何种运动形式存在，力都是它们运动得以实现的源泉。

力学是研究物质机械运动与力的关系规律的科学，简而言之就是力和运动的科学。人类文明有多久，力学就有多久。在从石头和木棍开始的迄今人类所创造的各种工具中，大部分都是在力学的指导下逐渐改进的。近代工业中的蒸汽机、内燃机、大型水利工程，大跨度桥梁、铁路与机车、轮船、枪炮、航天飞机等，无一不是在力学知识积累基础上产生与发展起来的。还有众多的关系到人类生存和生活质量的宏观现象，如全球的气候问题、环境问题、海洋问题、自然灾害（如台风等）问题等，将会继续不断提出新的力学问题。只要承认人类永远生活在宏观环境中，就不难理解力学的发展对人类生存和社会进步是永远不可缺少的。