



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 普通物理学

上册

理工类

习 岗 主编

 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 普通物理学

上册

理工类

习岗主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学.上册/习岗主编.—北京:中国农业出版社,2007.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11711-2

I. 普… II. 习… III. 普通物理学-高等学校-教材  
IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第087642号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 卫洁

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2007年8月第1版 2007年8月北京第1次印刷

开本: 820 mm×1080 mm 1/16 印张: 26.75

字数: 637千字

定价: 38.00元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 内 容 提 要

本书是为高等农林院校理工类非物理专业开设的“大学物理学”公共基础课所编写的教材,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,编写计划学时为90~120学时。包括力学、热学、电磁学、波动与波动光学和近代物理基础五篇共十五章内容,这些内容涵盖了高等院校理工类非物理专业所要求的基本教学内容。本书既注重系统阐述物理学的基础理论,又注意到物理学新思想、新方法和新技术的介绍,同时突出物理学的人文特征,强化物理学在培养学生正确的世界观、自然观和科学发展观中的作用。

本书可作为各类高等院校理工类非物理专业的公共基础课“大学物理学”课程教材或教学参考书,对文科大学生和科技工作者也有参考价值。

## 编写人员

**主 编：**习岗教授（华南农业大学）

**副主编：**武秀荣教授（山西农业大学）

潘建斌副教授（河南农业大学）

**编 委：**习岗教授（华南农业大学）

武秀荣教授（山西农业大学）

潘建斌副教授（河南农业大学）

曹学成副教授（山东农业大学）

郭守月副教授（安徽农业大学）

杨学工副教授（湖南农业大学）

刘军副教授（华南农业大学）

杨初平副教授（华南农业大学）

**主 审：**贾贵儒教授（中国农业大学）

王国栋教授（西北农林科技大学）

# 前言

物理学是整个自然科学的基础,是人类认识自然、改造自然和推动社会进步的动力和源泉,物理学理论及其所创立的世界观和方法论在培养学生的科学素质等方面起着极为重要的作用。因此,“大学物理学”是高等院校一门必修的公共基础课。

21 世纪科技发展的基本特征是交叉与融合,各门学科之间的关系将日益密切,科学与技术将在许多方面获得突破,人类的科技知识总量成几何级数增长,学习将成为人们的终生行为。在这种情况下,高等教育唯有拓宽基础、淡化专业,才能培养出宽口径、厚基础、强适应的高素质人才。

本书是为高等农林院校理工类各专业开设的大学物理公共基础课所编写的教材,编写计划学时为 90~120 学时。当然教材具有很大的伸缩性,若在教学实际中根据具体教学计划在内容上进行适当调整,可以满足理工类各专业的教学需要。本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,也是广东省高等教育教学改革工程项目“高等农林院校物理课程教学内容整体优化的研究与实践”的研究成果之一。

由于 21 世纪科学技术的发展要求高等院校必须培养具备宽厚知识基础、扎实专业技能和较强综合分析能力和适应能力的复合型人才,这就对大学物理课程教学提出了新的要求。我们认为,高等院校非物理专业的大学物理公共基础课程的教学目标应该是:

- 使学生较系统地学习物理学的基本内容和研究方法,建立宽广的知识背景,为后续课程的学习做好准备;
- 提高学生进一步获取知识的能力,为终身教育打好基础;
- 帮助学生树立正确的世界观、自然观和发展观,培养学生的科学素质和对社会发展的高度责任感;
- 以创新教育为核心,激发学生的创新欲望,培养创新精神和创新能力。

为了实现上述目标,本书编排了力学、热学、电磁学、波动与波动光学和近代物理基础五篇共十五章内容,这些内容包括了高等院校理工类各专业所要求的基本教学内容。考虑到高等农林院校的学时数、学生基础等方面的因素,在每章的编写上,本书力求做到表达通俗易懂,内容深入浅出,可读性强。

在保持基本教学内容的前提下,努力扩大信息量,积极引进物理学研究的新思想、新成果和新技术,使教材具有强烈的时代特征是本书编写的一个基本思想。对此,本书通过两种做法来实现:一是在每章阐述物理学基本内容之后,做适当的延伸;二是列出可供深入查阅

的参考文献,供有兴趣的读者进一步追踪。这种做法使教材具有很大的伸缩性,既突出了必须掌握的基本内容,又给教师和学生提供了较大的知识扩展空间。

如何在大学物理教学中安装了解现代科学技术发展“窗口”是教材编写和课程教学中的一个难点,涉及内容太多会冲淡基本教学内容,“蜻蜓点水”又会使学生不知所云,达不到扩展知识的目的。本书的做法是在每章正文部分讲清物理学知识以后不失时机地联系与之相关的现代科技中的问题。同时在每章结束后以阅读材料的形式较全面地讨论与本章教学内容相关的一些热点问题和科技前沿。当然,为了不冲淡基本教学内容的主导地位,这些部分仅供选读。

近年来,大力实施 STS(科学、技术与社会)教育已成为教育科学的发展趋势。STS 教育的基本精神是:把科学教育和当前社会发展、社会生产和社会生活紧密结合起来,既培养了解社会、致力于社会发展的科学家和技术人才,又培养通晓科学技术及其后果、能够参与涉及科学技术决策的公民。STS 教育强调教育不再是单纯地传授知识,而是科学教育和人文教育的双重教育。因此,在物理教学中体现 STS 精神,突出物理学的人文特征是物理教育发展的必然趋势,本书在这方面做出了努力。采取的办法是在教学内容中采取夹叙夹议和在每章后以结束语的方式对相关的科学思想、人文佚事以及重大社会问题进行介绍、阐述和评论,希望这些内容能使教材生动有趣,具有很强的可读性和亲和力。我们认为,在课程教学中要充分体现以人为本,在传授物理知识的同时,不仅要见物,还要见人,要在教学中充分发挥物理学的课程优势,大力进行世界观和人生观教育。在教材中我们努力向读者传达一个信息:物理学就在你的身边,物理知识是现代人所必备的知识基础,物理教育是素质培养中极为重要的方面。我们希望,摆在学生面前的物理教科书不再是冷冰冰的“大部头”,不再是严肃枯燥的概念、公式和定律的集合,而是娓娓动听、妙趣横生、博大精深的科学长卷,是了解人类历史和科学发展、学习物理知识和科学技术、树立正确世界观和人生观以及社会责任感的一座桥梁。

21 世纪的社会和科技发展日新月异,高等院校人才培养观念和培养模式在不断变化,课程教材也在不断改革。我们认为,在过去长期的教学实践中形成的大学物理教学基本内容和体系是合理的,并为广大教师习惯和认可,因此,本书尊重这一点,在基本内容体系上没有做太大的变化,但是,在文字表达和内容新颖上下了很大的功夫。我们希望本书是一部教师好教、学生好学、特色明显、可读性强和适用面广的教材。当然,本书的编写思路和具体做法是否恰当,有待于在教学实践中检验。

本书的编写分工如下:

前言、绪论、第十一、十二章由习岗编写,第一章、第二章由武秀荣编写,第三章、第十四章部分内容刘军编写,第四章和第十四章部分内容杨学工编写,第五章、第六章由郭守月编写,第七章、第八章由曹学成编写,第九章、第十章由潘建斌编写,第十三章、第十五章由杨初平编写。最后,由习岗对各章内容进行修改与补充,总纂定稿。在教材的编写过程中,华南农业大学应用物理系的刘岩博士和徐海涛老师也编写了一些章节的部分内容,

并对全书做了仔细的校对。中国物理学会教学委员会农林水分委员会主任委员、西北农林科技大学教务处长王国栋教授和中国农业大学应用物理系主任贾贵儒教授担任本书的主审。

由于本书是一本公共基础课教材，在编写过程中我们借鉴和吸纳了许多相关教材和参考文献的内容，在此不能一一列出，我们对这些教材和文献的作者表示衷心的感谢。

对于本书中的缺点和不足之处，恳望读者指正。

编 者

2007年4月

# 目录

## 前言

|                 |   |
|-----------------|---|
| 绪论              | 1 |
| 一、物理学的研究对象      | 1 |
| 二、物理学与技术和社会的关系  | 2 |
| 三、物理学的研究模式      | 4 |
| 四、为什么学习和怎样学习物理学 | 5 |

## 第一篇 力 学

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一章 质点运动学                 | 9  |
| 第一节 质点运动的描述               | 9  |
| 一、时间与空间                   | 9  |
| 二、坐标系与质点                  | 11 |
| 三、位置矢量与位移                 | 14 |
| 四、速度与加速度                  | 15 |
| 第二节 曲线运动                  | 21 |
| 一、圆周运动                    | 21 |
| 二、抛体运动                    | 29 |
| 第三节 相对运动                  | 32 |
| 一、伽利略坐标变换                 | 32 |
| 二、伽利略速度与加速度变换             | 33 |
| 三、结束语                     | 35 |
| 阅读材料 全球定位系统 (GPS) 的原理及其应用 | 35 |
| 一、GPS 的组成与基本原理            | 35 |
| 二、GPS 的物理基础               | 37 |
| 三、GPS 的应用                 | 37 |
| 参考文献                      | 38 |
| 思考题                       | 38 |
| 练习题                       | 39 |
| 第二章 质点动力学                 | 41 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一节 牛顿运动定律 .....         | 41  |
| 一、历史的回顾 .....            | 41  |
| 二、牛顿运动定律 .....           | 43  |
| 三、几种常见的力 .....           | 46  |
| 四、牛顿运动定律的应用 .....        | 52  |
| 第二节 动量定理和动量守恒定律 .....    | 57  |
| 一、冲量与动量定理 .....          | 57  |
| 二、质点系的动量定理 .....         | 62  |
| 三、质点系的动量守恒定律 .....       | 63  |
| 第三节 动能定理和能量守恒定律 .....    | 65  |
| 一、功与动能定理 .....           | 65  |
| 二、势能与机械能守恒定律 .....       | 71  |
| 三、能量守恒定律 .....           | 75  |
| 第四节 经典力学的局限性 .....       | 78  |
| 一、惯性系与非惯性系 .....         | 78  |
| 二、低速运动与高速运动 .....        | 81  |
| 三、确定性与随机性 .....          | 81  |
| 四、能量的连续性与能量量子化 .....     | 81  |
| 五、结束语 .....              | 82  |
| 阅读材料 航天中的力学 .....        | 83  |
| 一、航天中的宇宙速度 .....         | 83  |
| 二、人造卫星的发射 .....          | 84  |
| 三、航天中的超重与失重 .....        | 86  |
| 四、同步通信卫星 .....           | 87  |
| 参考文献 .....               | 88  |
| 思考题 .....                | 88  |
| 练习题 .....                | 89  |
| 第三章 刚体力学 .....           | 92  |
| 第一节 刚体定轴转动的转动定律 .....    | 92  |
| 一、刚体运动的描述 .....          | 92  |
| 二、刚体定轴转动的转动定律 .....      | 95  |
| 三、转动定律的应用 .....          | 100 |
| 第二节 刚体定轴转动的动能定理 .....    | 102 |
| 一、力矩的功与转动动能 .....        | 102 |
| 二、刚体定轴转动的动能定理 .....      | 104 |
| 第三节 刚体定轴转动的角动量守恒定律 ..... | 105 |
| 一、刚体定轴转动的角动量定理 .....     | 105 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 二、刚体定轴转动的角动量守恒定律    | 107 |
| 三、结束语               | 111 |
| 阅读材料 自然界的对称性与守恒律    | 113 |
| 一、自然界的对称性           | 113 |
| 二、对称的分类             | 114 |
| 三、物理定律的对称性          | 115 |
| 四、对称性是基本规律之上更高层次的法则 | 116 |
| 参考文献                | 117 |
| 思考题                 | 117 |
| 练习题                 | 118 |
| <b>第四章 连续体力学</b>    | 121 |
| 第一节 固体的弹性           | 121 |
| 一、应变与应力             | 121 |
| 二、固体的拉伸与压缩          | 124 |
| 三、固体的弯曲             | 129 |
| 第二节 流体静力学           | 132 |
| 一、流体的压强             | 132 |
| 二、液体的表面性质           | 135 |
| 第三节 理想流体的流动         | 141 |
| 一、流体的定常流动           | 141 |
| 二、连续性原理             | 142 |
| 三、伯努利方程             | 143 |
| 第四节 黏滞流体的流动         | 149 |
| 一、黏滞流体的基本规律         | 149 |
| 二、泊肃叶公式             | 152 |
| 三、斯托克斯公式            | 156 |
| 四、雷诺数和流体相似率         | 159 |
| 五、结束语               | 161 |
| 阅读材料 液氮的超流性         | 162 |
| 一、相变                | 162 |
| 二、液氮的性质             | 163 |
| 三、超流的解释与应用          | 165 |
| 参考文献                | 166 |
| 思考题                 | 166 |
| 练习题                 | 166 |

## 第二篇 热 学

|                  |     |
|------------------|-----|
| <b>第五章 气体动理论</b> | 171 |
|------------------|-----|

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第一节 气体动理论的基本概念 .....                | 171 |
| 一、原子与分子 .....                       | 171 |
| 二、分子力 .....                         | 173 |
| 三、分子的热运动 .....                      | 174 |
| 四、统计规律及分布函数 .....                   | 176 |
| 第二节 理想气体的压强和温度 .....                | 179 |
| 一、理想气体的分子模型与统计假设 .....              | 179 |
| 二、理想气体的压强 .....                     | 180 |
| 三、理想气体的温度 .....                     | 183 |
| 第三节 实际气体的状态方程 .....                 | 186 |
| 一、实际气体的等温线 .....                    | 186 |
| 二、范德瓦耳斯方程 .....                     | 189 |
| 第四节 气体分子的速率分布规律 .....               | 192 |
| 一、麦克斯韦速率分布规律 .....                  | 192 |
| 二、气体分子速率的三种统计值 .....                | 194 |
| 三、麦克斯韦速率分布规律的实验验证 .....             | 198 |
| 第五节 玻耳兹曼分布律 .....                   | 200 |
| 一、玻耳兹曼分布律 .....                     | 200 |
| 二、重力场中分子数按高度的分布 .....               | 202 |
| 第六节 能量按自由度均分定理 .....                | 203 |
| 一、自由度 .....                         | 203 |
| 二、能量按自由度均分定理 .....                  | 204 |
| 三、理想气体的内能 .....                     | 206 |
| 第七节 气体分子的输运规律 .....                 | 207 |
| 一、气体的黏滞现象 .....                     | 207 |
| 二、气体分子的扩散 .....                     | 208 |
| 三、气体的热传导现象 .....                    | 209 |
| 四、结束语 .....                         | 210 |
| 阅读材料 生物圈中臭氧、二氧化碳和水的生态学意义与新自然观 ..... | 211 |
| 一、太臭氧的生态学意义 .....                   | 211 |
| 二、大气二氧化碳和水的生态学意义 .....              | 213 |
| 三、气候变化与盖娅假说 .....                   | 214 |
| 参考文献 .....                          | 215 |
| 思考题 .....                           | 216 |
| 练习题 .....                           | 216 |
| 第六章 热力学 .....                       | 218 |
| 第一节 热力学的基本概念 .....                  | 218 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、系统              | 218 |
| 二、平衡态与状态参量        | 219 |
| 三、准静态过程与可逆过程      | 220 |
| 四、内能、功与热量         | 221 |
| 五、热容量             | 223 |
| 第二节 热力学第一定律       | 224 |
| 一、热力学第一定律         | 224 |
| 二、理想气体在等值过程中的热功转换 | 225 |
| 第三节 热力学第二定律       | 232 |
| 一、卡诺循环            | 232 |
| 二、热力学第二定律         | 241 |
| 第四节 熵             | 245 |
| 一、卡诺定理            | 245 |
| 二、克劳修斯不等式 熵       | 246 |
| 三、熵的微观本质          | 248 |
| 四、熵的计算            | 249 |
| 五、结束语             | 251 |
| 阅读材料 熵、信息与生命      | 252 |
| 一、熵与信息            | 252 |
| 二、熵与生命            | 254 |
| 参考文献              | 255 |
| 思考题               | 255 |
| 练习题               | 257 |

### 第三篇 电磁学

|              |     |
|--------------|-----|
| 第七章 静电场      | 263 |
| 第一节 电荷与库仑定律  | 263 |
| 一、电荷         | 263 |
| 二、库仑定律       | 266 |
| 第二节 电场强度     | 268 |
| 一、静电场        | 268 |
| 二、电场强度       | 268 |
| 三、电场强度的计算    | 269 |
| 第三节 静电场的高斯定理 | 272 |
| 一、电通量        | 272 |
| 二、高斯定理       | 274 |
| 三、高斯定理的应用    | 275 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第四节 电势               | 278 |
| 一、电势能与静电场的环路定理       | 278 |
| 二、电势                 | 280 |
| 三、电场强度与电势的微分关系       | 284 |
| 第五节 静电场对导体和电介质的作用    | 286 |
| 一、静电场对导体的作用          | 286 |
| 二、静电场对电介质的作用         | 291 |
| 三、电介质中的高斯定理          | 293 |
| 第六节 电容器与电场的能量        | 296 |
| 一、电容器的电容             | 296 |
| 二、电容器的能量             | 299 |
| 三、电场的能量              | 301 |
| 四、结束语                | 302 |
| 阅读材料 静电的危害与利用        | 303 |
| 一、静电的危害              | 303 |
| 二、静电的利用              | 303 |
| 参考文献                 | 306 |
| 思考题                  | 306 |
| 练习题                  | 307 |
| 第八章 恒定电流             | 311 |
| 第一节 电流与电阻            | 311 |
| 一、电流                 | 311 |
| 二、欧姆定律的微分形式          | 315 |
| 三、电阻                 | 317 |
| 第二节 电动势              | 319 |
| 一、电动势的物理概念           | 319 |
| 二、化学电池               | 321 |
| 三、接触电动势              | 322 |
| 四、温差电动势              | 323 |
| 第三节 电路的基本定律          | 324 |
| 一、含源电路的欧姆定律          | 324 |
| 二、基尔霍夫定律             | 325 |
| 三、基尔霍夫定律的应用          | 327 |
| 四、结束语                | 329 |
| 阅读材料 大气电场及其对生物和农业的影响 | 330 |
| 一、大气电场               | 330 |
| 二、大气的电容器模型           | 331 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 三、大气电场对生物和农业的影响    | 331 |
| 参考文献               | 332 |
| 思考题                | 332 |
| 练习题                | 333 |
| 第九章 稳恒磁场           | 336 |
| 第一节 磁场             | 336 |
| 一、历史的回顾            | 336 |
| 二、磁感应强度            | 337 |
| 三、毕奥-萨伐尔定律         | 340 |
| 四、运动电荷的磁场          | 344 |
| 第二节 磁场的高斯定理与安培环路定理 | 345 |
| 一、磁场的高斯定理          | 345 |
| 二、安培环路定理           | 346 |
| 第三节 磁场对电流和运动电荷的作用  | 350 |
| 一、安培力              | 350 |
| 二、洛伦兹力及其应用         | 354 |
| 第四节 磁介质            | 361 |
| 一、磁介质的分类 弱磁质       | 361 |
| 二、磁场强度             | 363 |
| 三、磁介质中的安培环路定理      | 364 |
| 四、铁磁质              | 366 |
| 五、结束语              | 368 |
| 阅读材料 超导及其应用        | 369 |
| 一、超导现象             | 369 |
| 二、超导现象的理论解释        | 371 |
| 三、高温超导             | 372 |
| 四、超导的应用            | 372 |
| 参考文献               | 373 |
| 思考题                | 373 |
| 练习题                | 373 |
| 第十章 电磁感应与电磁场       | 377 |
| 第一节 法拉第电磁感应定律      | 377 |
| 一、电磁感应现象           | 377 |
| 二、法拉第电磁感应定律        | 378 |
| 三、楞次定律             | 379 |
| 第二节 感应电动势          | 380 |
| 一、动生电动势            | 380 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 二、感生电动势与感生电场 ..... | 381 |
| 第三节 电感 磁场的能量 ..... | 384 |
| 一、自感 .....         | 384 |
| 二、互感 .....         | 385 |
| 三、磁场的能量 .....      | 386 |
| 第四节 电磁场和电磁波 .....  | 388 |
| 一、位移电流假说 .....     | 388 |
| 二、麦克斯韦电磁方程组 .....  | 390 |
| 三、电磁波 .....        | 393 |
| 四、结束语 .....        | 397 |
| 阅读材料 微波及其应用 .....  | 397 |
| 一、微波及其特点 .....     | 397 |
| 二、微波应用 .....       | 398 |
| 三、展望 .....         | 401 |
| 参考文献 .....         | 401 |
| 思考题 .....          | 401 |
| 练习题 .....          | 401 |
| 参考答案 .....         | 404 |

# 绪 论

## 一、物理学研究对象

物理学的英文词 physics 来源于希腊文，它的原意是自然，而中文物理学中的“物”是指物质的结构和性质，“理”则指物质的运动与变化规律。因此，物理学是研究物质结构、性质和变化基本规律的科学。

早期古希腊人把所有对自然界的观察和思考笼统地包含在一门学问里，那就是自然哲学。在牛顿的时代里，科学和哲学还没有完全分家。牛顿划时代的著作名为《自然哲学的数学原理》，就是一个明证。由于物理学最直接地研究自然界的基本规律，所以牛顿把当时的物理学叫做自然哲学。以后，科学分化为天文学、物理学、化学、生物学、地质学等等。

既然物理学是研究物质结构、性质及其变化基本规律的科学。它的研究对象也就十分广泛。从研究对象的空间尺度来看，大小至少跨越了约 42 个数量级，几乎包括了现今所知道的物质世界中一切自然现象。

物理学将接近人体尺度 (m) 附近几个数量级的物质系统叫宏观系统 (macroscopic system)，研究这一系统的物理学称宏观物理学或经典物理学，物理学对物质世界的研究就是从这里开始的。在 19 世纪与 20 世纪之交，物理学开始深入到物质的分子、原子层次 ( $10^{-9} \sim 10^{-10}$  m)，在这个尺度上物质运动的规律与宏观系统有本质的区别，物理学家把分子、原子以及后来发现的更深层次的物质客体 (如原子核、质子、中子、电子、中微子、夸克等) 称为微观系统 (microscopic system)，研究微观系统的物理学包括原子物理、分子物理乃至高能或粒子物理学，粒子物理学研究对象尺度在  $10^{-10}$  m 以下。20 世纪 80 年代以来，人们发现线度在 0.1~100 nm 的系统具有许多特殊性质。这些特殊性质已引起广大科学家的浓厚兴趣，并投以很大的精力进行研究。呈现出微观特征的具有上述样品尺寸的系统称为介观系统 (mesoscopic system)。研究介观系统行为的介观物理学已发展成物理学中一个新分支。介观物理学的发展导致纳米技术的产生，由于纳米材料具有许多奇异特性，它们可在许多学科和技术领域里得到应用，产生新的交叉学科，纳米生物学就是其中之一。不难预见，纳米技术将在 21 世纪得到蓬勃的发展。

再把目光转向大尺度。在物理学中，人们把比宏观系统更大的系统称宇观系统 (cosmological system)。研究宇观系统的物理学包括天文学和天体物理学，研究对象从个别天体到太阳系、银河系，从星系团到超星系团，尺度横跨了 19 个数量级。物理学最大的研究对象是整个宇宙，最远观察极限是哈勃半径，尺度达  $10^{26} \sim 10^{27}$  m 的数量级。此时的物理学可称为宇宙学。在 20 世纪后半叶，宇宙学的巨大成就是建立了大爆炸宇宙模型。按照这个模型，宇宙是在 100 多亿年前的一次大爆炸中诞生的，在宇宙混沌初开时物质的密度和温度都极高，那时没有原子和分子，更谈不上恒星和星系，有的只是极高温的热辐射和在其中隐现的高能粒子。因而，早期的宇宙又成了粒子物理研究的对象。粒子物理学家希望能从宇宙早期演化的观测中获得一些信息和证据来检