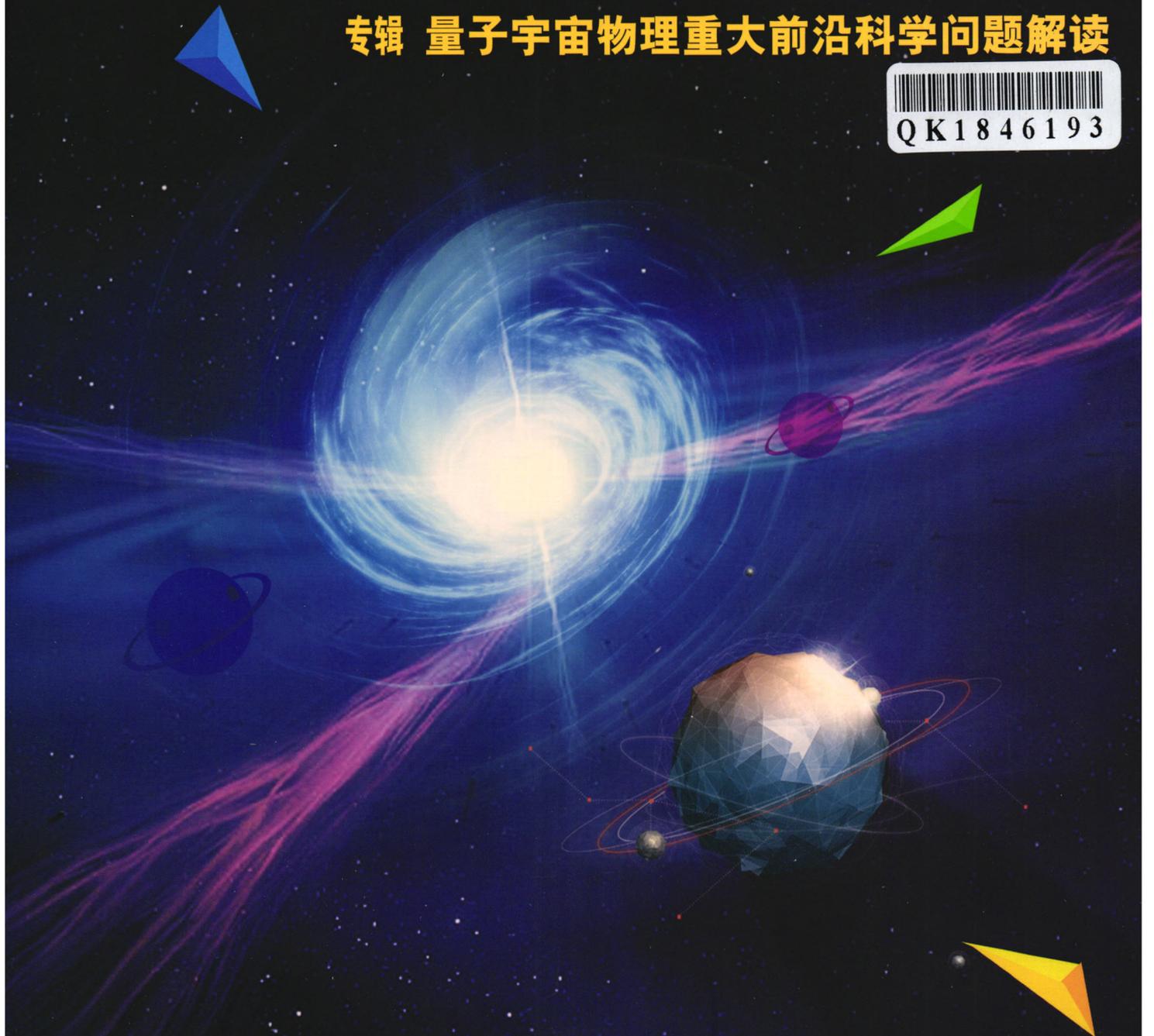


# 科学通报

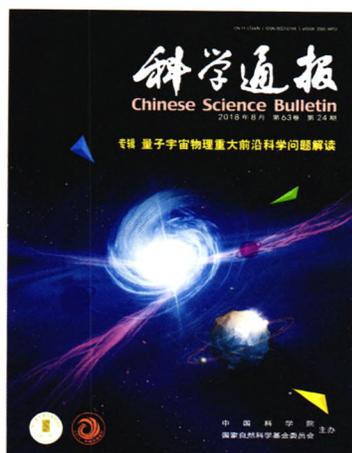
## Chinese Science Bulletin

2018年8月 第63卷 第24期

专辑 量子宇宙物理重大前沿科学问题解读



中国科学院 主办  
国家自然科学基金委员会



## 封面说明

暗物质属性和暗能量本质以及与时空结构相关的引力和宇宙起源是21世纪亟待突破的重大物理科学问题之一. 在由美国国家科学研究委员会的知名物理学家和天文学家联合执笔完成的21世纪“最重大的11个悬而未决的物理问题”中, 这些问题占据最重要位置. 本专辑以这些物理问题为主线, 结合中国科学院数学学部批准启动的“暗物质、暗能量与粒子宇宙物理研究”学科前沿发展战略研究咨询项目, 遴选出15个重大科学问题进行解读. 通过介绍和解读这些基本科学问题, 一方面可更好地展望这些前沿科学问题未来的发展趋势并寻找突破口; 另一方面可根据我国在相关领域的研究基础, 部署重点研究的领域和优先发展的方向, 为我国基础科学的前沿交叉发展提供参考. 详见本期专辑.

## 目次

2018年8月, 第63卷, 第24期

### 专辑: 量子宇宙物理重大前沿科学问题解读

#### 编者按

2411 量子宇宙物理前沿——21世纪基础科学革命的突破口  
吴岳良

2413 什么是暗物质?  
毕效军, 范一中, 岳嵩, 周宇峰

虽然暗物质的存在已经得到了大量的天文观测的支持, 但是暗物质的属性是什么仍然是个未解之谜. 近期暗物质探测的实验和理论研究均取得了长足的进展. 本文从暗物质问题的提出讲起, 介绍了暗物质的基本特点和可能的粒子物理候选者以及暗物质研究的最新进展.

2422 暗能量和加速膨胀的宇宙  
赵公博

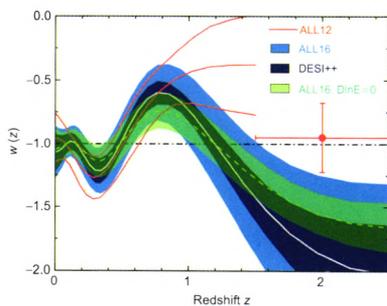
从宇宙加速膨胀的实验发现谈起, 简述暗能量和修正引力这两大可能引起宇宙加速膨胀的物理机制. 文章介绍了研究宇宙加速膨胀的天文观测手段, 以及国内外发展现状, 并展望了未来5~10年本领域的发展趋势.

2429 宇宙中铁以上的重核是如何合成的?  
何建军, 郭冰, 柳卫平, 赵刚

针对21世纪尚未解决的11个重大物理问题之一, 即“宇宙中从铁到铀的元素是如何产生的?”进行了系统的阐述, 包括问题提出的背景和重要性、主要研究内容、国内外进展以及将来的发展趋势.

2440 超高能宇宙线从何而来?  
胡红波, 王祥玉, 刘四明

从实验和理论两个角度简单介绍了宇宙线研究的历史、现状及其展望. 围绕宇宙线的起源、加速和传播问题, 内容覆盖了宇宙线能谱、宇宙线各向异性、高能伽马射线、高能中微子观测及激波加速理论等方面.



▲ 赵公博 p2422

**2450 如何理解高能伽玛射线暴?**

戴子高, 吴雪峰, 梁思维

伽玛射线暴是来自宇宙深处的、短时标的伽玛射线闪耀现象, 是宇宙大爆炸之后最猛烈的爆发. 本文评述伽玛射线暴及其引力波和余辉辐射(包括GW170817和短暴GRB170817A)的最新研究进展.

**2465 高温高密度时的新物质形态**

姜寅, 马永亮, 庄鹏飞

从量子色动力学(QCD)的基本对称性出发, 介绍了研究QCD相变的各种方法, 阐述了相变发生的物理机制和条件, 讨论了实现QCD相变的两种物理系统——相对论重离子碰撞和致密星体.

**2474 大统一理论和质子衰变**

李田军

自然界存在4种基本相互作用, 基于所有基本相互作用具有共同起源的猜想, 物理学家们提出了高能标的大统一模型, 即万物理论. 原则上它们能解释宇宙中所有的物理现象, 故是物理学的终极目标.

**2484 引力的本质**

蔡荣根, 王少江, 杨润秋, 张云龙

从牛顿引力和爱因斯坦引力两个方面回顾了关于引力本质的两次重大历史飞跃. 从修改引力、量子引力和全息引力3个方面介绍了关于引力本质的最新进展.

**2499 额外维存在性的理论探讨**

李田军, 刘玉孝, 吕宏, 卢建新

介绍了统一引力与电磁力的5维卡鲁扎-克莱茵理论、超对称和超引力理论、超弦/M-理论等以及它们与额外维的关联. 如果超弦/M-理论是描述物质和相互作用的基本理论, 额外维就一定存在.

**2509 宇宙如何起源?**

黄庆国, 朴云松

宇宙起源是一个十分深邃的问题. 随着现代宇宙学的发展, 这个问题不再仅仅是一个哲学问题, 而是可以实证的科学问题. 宇宙很可能起源于极早期由真空能推动的近指数的暴胀.

**2518 质量起源和自然性问题**

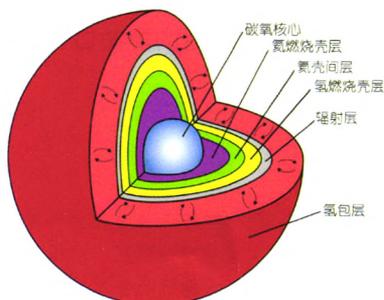
舒菁

质量起源和电弱对称破缺的自然性是粒子物理的一个很重要的基本问题, 本文对解决希格斯自然性问题的理论挑战、研究现状以及解决方案进行详细阐述.

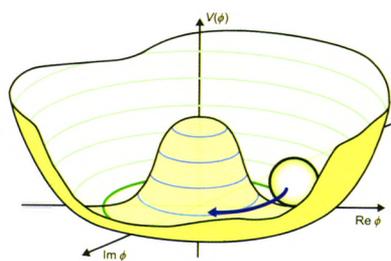
**2525 宇宙中正(重子)物质如何起源?**

舒菁

物质反物质不对称或者重子类物质的起源是一个长久以来未能得到圆满解决的宇宙学难题. 本文对该问题的研究现状、最新动态、与粒子物理的关系以及相关的引力波物理进行了深入解读.



▲ 何建军等 p2429



▲ 舒菁 p2525

## 2530 量子场论的新形式

冯波

在理论计算和高能散射实验数据对比中, 散射振幅的计算是至关重要的一步. 本文对近十年来这个领域的飞速发展作了一个比较概略性的总结, 特别强调了这些进展后面蕴含的物理思想、物理概念的突破.

## 2536 重味物理: 通往新物理之门

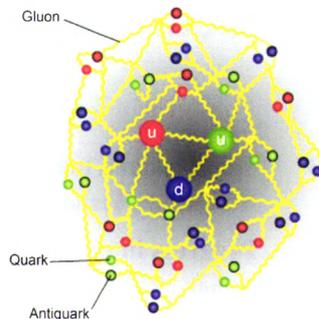
李莹, 吕才典, 杨亚东

重味物理在精确检验标准模型和间接探测新物理信号方面发挥着重要作用. B介子系统衰变中的CP破坏有助于进一步研究宇宙中正反物质不对称性; 中性正反粒子的质量差有助于进一步判定新物理的能标, 最新重味物理中出现的各种反常可能是新物理存在的信号. 如果实验精度进一步提高, 将有助于进一步判断新物理是否存在以及新物理的类型.

## 2546 质子结构与质子自旋组成是什么?

宋玉坤, 周剑, 梁作堂

质子结构是物质结构认识的最前沿, 是量子色动力学基本理论与应用研究的重要基地. 近期实验揭示出著名的“质子半径之谜”与“质子自旋之谜”, 更加推动了该领域研究的深入开展与相关大型装置的建设.



▲ 宋玉坤等 p2546

i 《科学通报》投稿指南

# SciEngine 全流程数字出版平台

助力中国科技期刊走向国际



engine.scichina.com

HTML全文展示

兴趣搜索

邮件推送

统计分析定制

学术社交评价

数据库对接

- 国际标准 XML 制作与排版
- 国际规范出版流程
- 平台交互索引与资源共享
- 一站式运营管理

Volume 63 Number 24 August 2018

## Main Contents

- 2413 **What is dark matter?**  
Xiaojun Bi, Yizhong Fan, Qian Yue & Yufeng Zhou
- 2422 **Progress in understanding the cosmic acceleration**  
Gongbo Zhao
- 2429 **How were the heavy chemical elements beyond iron made in the Universe?**  
Jianjun He, Bing Guo, Weiping Liu & Gang Zhao
- 2440 **Where do the ultra-high energy cosmic rays come from?**  
Hongbo Hu, Xiangyu Wang & Siming Liu
- 2450 **How to understand high-energy gamma-ray bursts?**  
Zi-Gao Dai, Xue-Feng Wu & En-Wei Liang
- 2465 **New matter phases at high temperature and density**  
Yin Jiang, Yongliang Ma & Pengfei Zhuang
- 2474 **Grand unified theories and proton decay**  
Tianjun Li
- 2484 **What is gravity?**  
Ronggen Cai, Shaojiang Wang, Runqiu Yang & Yunlong Zhang
- 2499 **Exploring the existence of extra dimension(s)**  
Tianjun Li, Yuxiao Liu, Hong Lu & Jianxin Lu
- 2509 **The origin of the Universe**  
Qing-Guo Huang & Yun-Song Piao
- 2518 **The origin of particle masses and the naturalness problem**  
Jing Shu
- 2525 **The origin of baryonic matter in the Universe**  
Jing Shu
- 2530 **New formalism of quantum field theory**  
Bo Feng
- 2536 **Heavy flavour physics: A portal to new physics**  
Ying Li, Cai-Dian LÜ & Ya-Dong Yang
- 2546 **What is the structure and spin decomposition of the proton?**  
Yukun Song, Jian Zhou & Zuotang Liang



科学家交流的平台 | 国际科学研究的展台 | 向世界展示的窗口

# 科学通报

CHINESE SCIENCE BULLETIN

第 63 卷 第 24 期 2018 年 8 月 30 日出版

(版权所有, 未经许可, 不得转载)

主 管	中 国 科 学 院	出 版	《中国科学》杂志社
编 辑	中 国 科 学 院 《科学通报》编辑委员会	印刷装订	艺堂印刷(天津)有限公司
	北京 (100717) 东黄城根北街 16 号	总发行处	北京报刊发行局
主 编	高 福	订 购 处	全国各邮电局 《中国科学》杂志社发行部

刊号: ISSN 0023-074X / CN11-1784/N eISSN 2095-9419 代号: 国 外 TM41 / 国内邮发 80-213



《科学通报》官方  
微信订阅号

广告发布登记: 京东工商广登字 20170194 号  
每期定价: 120.00元 全年定价: 4320.00元

ISSN 0023-074X

