

太空物理学当代前沿及其交叉特点*

刘 振 兴[†]

(中国科学院空间科学与应用研究中心 北京 100080)

摘 要 文章对 21 世纪太空物理学的发展趋势及其与物理学交叉的特点作了论述. 主要内容包括 (1) 太空物理学的地位和作用 (2) 21 世纪太空物理学的发展趋势和前沿问题 (3) 物理学与太空物理学交叉的特点 (包括太空物理探测与物理学的交叉, 太空物理与等离子体物理的交叉, 太空物理与高能物理的交叉, 太空开发利用与物理学的交叉)

关键词 太空物理 物理 交叉

THE INTERPLAY OF PHYSICS AND SPACE PHYSICS

LIU Zhen-Xing[†]

(Center for Space Science and Applied Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract The future development of space physics and the interplay between physics and space physics are reviewed. The contents include (1) The role and effect of space physics; (2) New developments and frontiers of space physics; (3) The main characteristics of the intersection between physics and space physics.

Key words physics, space physics, intersection

太空物理学是随着太空技术的发展而迅速发展起来的一门新兴学科, 它主要是利用天基和地基手段探测和研究太空中的自然现象、物理状态及其发生和发展的物理过程, 以及太空环境变化对人类活动和生存环境的影响. 太空物理学的分支学科包括: 日地空间物理, 太阳行星空间物理和恒星空间物理.

太空物理学是一门交叉性很强的学科, 特别是与物理学的一些分支学科有十分密切的交叉. 本文将在介绍太空物理学的地位和发展趋势基础上, 论述太空物理学与物理学的交叉特点.

1 太空物理学的地位和作用

1.1 在太空知识和技术创新中的地位和作用

1957 年人造卫星的首次发射成功, 开创了人类探测和认识宇宙的新纪元. 利用卫星和飞船对太空进行探测, 从地面人工实验室的试验发展到太空天然实验室中的试验, 极大地开拓了人类的科学试验领域和科学视野. 太空探测和试验, 可获得在地面实验室中观测不到的新的自然现象和物理过程, 在知识创新中占有重要的地位, 起着重要的作用.

太空探测和研究的发展与太空技术和其他高技术的发展是相辅相成的. 太空技术的发展, 推动了太

空物理的发展. 太空科学探测会对太空技术提出新的要求、新的启示和新的思路, 从而推动太空技术的不断发展. 40 多年来, 太空物理和太空技术发展的事实, 充分证实了这一点.

1.2 对推动学科发展的地位和作用

日地空间物理和太阳行星空间物理的探测和研究, 是认识宇宙现象和规律的重要窗口. 日地空间和太阳-行星空间是理想的天然实验室, 这里存在着人工实验室所不能产生的条件, 如超高真空、微重力、强辐射等. 这个天然实验室中, 存在着各种不同能量、密度和成分的粒子, 存在着丰富的物理现象和过程, 如磁场重联、多种形式的等离子体不稳定性 and 波动、粒子的加热和加速、无碰撞激波和无碰撞等离子体边界层等. 这些物理现象和过程在宇宙其他天体空间中大都也存在着. 由于太空物理学与多门学科密切交叉, 太空物理学研究不但推动本部门学科的发展, 而且对相邻学科, 如天体物理、太阳物理、大气科学、地球物理以及等离子体物理和磁流体力学等学科的发展也有推动作用. 通过这些学科的交叉研

* 国家自然科学基金(批准号: 49834040)重大项目

2002-01-08 收到

[†] E-mail: Liu@center.cssar.ac.cn

究,还会产生新的学科生长点。

1.3 在国家社会、经济和国防建设中的作用

随着人类经济、社会和国防建设发展的需求,人类活动的空间范围日益扩大,太空已成为人类经济活动和空间开发利用的重要场所,各种应用卫星,如通信、气象、资源、导航和定位、太阳能发电以及各种试验(生命、微重力、材料等)卫星等都是地球空间环境中运行的。地球空间环境直接受太阳活动的控制,经常发生一些爆发性的扰动,如磁层亚暴、磁暴、热层暴、电离层暴和电离层骚扰等。这些空间暴会引起地球空间环境的剧烈变化,对各种应用卫星产生破坏性的影响。磁层中的各种粒子事件会使卫星系统产生不同形式的故障,如单粒子反转事件、辐射损伤和卫星充电和放电等致使卫星系统不能正常工作,甚至完全失灵。电离层扰动会引起通信中断,显著影响导航和定位的精度。高层大气密度的变化严重影响飞行器的轨道寿命;高层大气的氧原子会使飞行器表面和太阳能电池受到剥蚀损伤。近年来发现,地球电磁环境的变化,可使高压输电系统、长距离的输油管道和输气管道受到损伤。

从资源开发利用的长远发展趋势来看,太空资源开发利用不仅是限于地球空间,21世纪对月球和火星探测的最终目标将是开发和利用月球和火星。

现代战争已从陆、海、空部队发展到太空部队,地球空间已成为现代战争的主要战场。地球空间环境对现代军事活动有重要影响,如侦察目标与空间背景的认识,通信干扰和人工辐射带攻击手段等。

1.4 对维护人类生存环境的作用

除天然活动(太阳活动和火山爆发等)对地球空间环境有重要的影响外,人类的地面活动和空间活动也对地球空间环境产生显著的影响,这是一个值得十分重视的问题。

随着工业的发展,煤炭、石油的燃烧及氟氯剂致冷电冰箱的使用日益增加,这些人为活动向大气排放大量的 CO_2 和氟氯烃等化合物。 CO_2 可引起大气的温室效应,而氟氯烃化合物则显著影响大气中的臭氧含量。现已确认,南北极的臭氧洞和中层大气中臭氧含量的减少主要是由氟氯烃对臭氧层的破坏引起的。另外,大型的平流层超声速运输机队逐日增加,这些大型飞机排出的氧化物和水汽也可引起平流层臭氧含量的显著减少。由于臭氧几乎吸收了进入大气层的全部潜在致命的太阳紫外辐射,因此它在保护地球上的生命方面起着重要的作用。特别是波长范围为280—320nm的B紫外辐射(也称生物紫

外辐射),能直接杀伤生命细胞。如臭氧减少,到达地面的B紫外线增加,这对地面上的生命有机体起破坏作用,影响人类的生存环境和生态。必须指出,随着空间活动的日益增加,空间活动对地球空间环境也会产生显著的影响,例如,空间太阳能发电卫星即将成为现实,运载发电卫星的巨型助推器所造成的平流层和电离层的化学扰动是严重的。将太阳能发电卫星由低轨推入同步轨道的离子发动机对磁层和电离层的影响,以及数十亿瓦的微波能量通过磁层和电离层时对地球空间环境的影响等,这些问题都是需要认真研究的。

太空物理研究,可对人类生存环境的维护提供科学依据和防护对策。

2 21世纪太空物理学发展展望

人类已跨进21世纪,在新的世纪,太空探测和研究,将是国际上竞争的一个重要焦点之一,太空开发和利用,将会更加影响着人类经济社会和人民的日常生活。在知识经济时代,太空探测在太空开发和应用中起着越来越大的作用。太空科学和技术发展的水平,是衡量一个国家科技、经济发展水平和创新能力的一个重要标志。

21世纪日地空间物理学的发展趋势和前沿:

经过40多年的探测和研究,人们逐渐认识到,日地系统是一个密切联系着的整体,像一条锁链一样,一环扣着一环。这条联锁变化的源头是太阳活动。20世纪90年代实施的国际日地物理探测(ISTP)计划中的一些卫星,第一次探测到了日地系统联锁变化现象。1997年1月6日,SOHO(太阳和日球层探测卫星)首先观测到在太阳上发生了日冕物质抛射,到1月10日,太阳风卫星(Wind)和SOHO观测到了日冕物质抛射引起行星际空间的变化,到1月11日,在磁层中的极区卫星(Polar)和磁尾卫星(Geotail)及地面设备观测到磁层中发生了一系列的变化和地磁、电离层变化。目前,对日地系统联锁变化的机理还不够了解。要揭示日地系统联锁变化的奥秘,需要对一些关键科学问题进行探测和研究。

20世纪90年代末,国际上各太空国家都制订了21世纪20年代前的太空物理研究和探测计划。美国NASA提出的2000—2020年日地空间物理战略计划“太阳—地球联接(Solar—Earth Connection)计划”是有代表性的。该计划的主要研究内容分为三大方面:

(1) 太阳变化的原因和过程. 重点研究: 太阳内部动力学; 太阳等离子体和磁场的相互作用; 日冕和太阳风的起源和演化; 太阳风与行星际介质的相互作用.

(2) 地球和行星对太阳变化的响应过程. 重点研究: 太阳与地球空间环境的相互作用; 地球空间环境和行星空间环境的比较研究; 太阳变化对地球上生命的影响.

(3) 太阳变化对人类的影响. 重点研究: 太空天气(太空环境变化)对太空活动、技术系统和人类生存的影响; 太阳变化对地球大气变化的影响; 生命起源; 太空中的可居住性.

总的来看, 2002—2020 年国际上日地太空物理的发展趋势是:

- (1) 进一步开展日地系统整体联系过程的研究;
- (2) 将地球空间环境和行星空间环境结合起来进行比较研究, 了解地球空间环境未来的演化过程;
- (3) 重视日地空间环境变化对航天活动、人类生存环境、人类在空间可居住性影响的研究;

(4) 在太空探测方面的发展趋势是:

- 发展探测地球空间环境的小卫星星座探测技术;
- 发展轻小型的场和粒子的探测仪器;
- 发展集成的、轻小型的紫外、X 射线和中性原子成像仪器, 发展抗辐射的加固包.
- 进一步开展国际合作.

21 世纪前 20 年, 在日地空间探测方面将有一些新的举措, 主要表现在:

(1) 在太阳和日球探测方面, 发射靠近太阳(3 个太阳半径)的太阳探测器(Solar probe), 了解日冕加热和太阳风加速过程及日冕物质抛射(CME)和太阳风的产生机制; 发射太阳极区成像卫星(Solar polar imager), 探测太阳高纬度的变化, 对日冕物质抛射的动力学效应进行整体的成像; 发射太阳风警戒卫星, 监测太阳风扰动的三维结构、行星际激波的三维结构及日冕物质抛射在行星际空间的演化过程; 发射日地关系观测器(STEREO), 追踪日冕物质抛射从太阳到地球的行踪, 监测高能粒子加速的机制及其位置.

(2) 在地球磁层探测方面, 发射小型的磁层星座卫星(10—100 个), 分辨磁层的时空变化, 研究磁层亚暴过程、磁层对流、三维电流体系和磁层能流的传输过程; 发射磁层多尺度探测器, 研究磁层顶边界层和磁尾等离子体片区的磁场重联, 磁层亚暴过程和

大、中小尺度的相互作用; 发射立体的磁层成像卫星, 进行整体磁层动力学的可视化观测, 了解磁层亚暴的发展过程, 跟踪磁层耦合链的因果关系.

(3) 在中高层大气探测方面, 发射电离层、热层、中层(ITM)动力学卫星, 研究中高层大气和电离层质量、能量耦合的动力学过程; 发射中层耦合卫星, 了解中层大气的动力学和光化学过程及人为活动的效应; 发射全球的电动力学卫星, 研究磁层—电离层—低层大气间的电动力学过程.

通过上述的卫星探测, 可全面了解日地系统连锁变化链的机理和因果关系.

3 卫星、行星和恒星际探测与研究前沿

21 世纪, 人类对太空探测有一些新的创举. 人类将在月球上建成有生命保障系统的月球基地; 人类将登上火星, 在火星上建立观测站, 为开发利用火星作准备; 飞出太阳系, 对恒星际空间进行探测.

3.1 建立月球基地

1969 年 7 月至 1972 年 12 月, 美国执行了“阿波罗(Apollo) 载人登月计划, 在这之后, 月球探测沉寂了 20 多年. 20 世纪 90 年代以来, 又兴起了重返月球的新高潮. 月球是离地球最近的天体, 是地球惟一的一颗天然卫星. 21 世纪, 月球探测已发展到人类在月球上建立基地的阶段.

月球探测具有重要的科学意义和开发应用前景. 月球探测可深化人类对月球、地球和太阳系形成和演化的认识; 月球可作为对地观测和深空探测的天然平台, 在月球上建立对地监测站、天文观测站、深空探测前哨站和转运站及科学试验站; 在月球上建立太阳能发电站, 对核聚变燃料(^3He)进行开发; 开发利用月球上的水冰, 为人类在月球上的生存提供条件; 为开发利用月球岩石和土壤中蕴藏的丰富矿产资源提供依据. 预期在 2015 年左右人类可在月球上建成第一个有生命保障系统的月球基地.

3.2 人类将登上火星

20 世纪 90 年代中期以来, 国际上对火星探测又掀起一个新的高潮. 火星探测的主要目标是: 探寻火星是否存在或曾经存在过生命; 火星表面是否存在过大面积的水体及对两极冰盖和地下水的估计; 火星大气的形成、演化及天气和气候特征; 火星磁层和电离层特征; 火星表面的矿物, 火星地质、地化和内部结构特性; 探寻火星可能开发和利用的资源.

美国制订了 21 世纪前 20 年的火星探测计划,

包括火星全球勘测者系列(其中包括着陆器、巡视车、轨道器和探头),火星表面台站,载人火星计划和火星样品返回地球探测器。美国计划每两年发射一次火星探测器,大约在2010年左右实施载人火星计划,在2015年左右发射火星样品返回地球探测器。欧洲空间局计划在2003年发射“欧洲快车”火星探测器。

未来的火星探测,将采取“多快好省”和“一星多用”的方针,即将轨道探测、登陆器探测、巡视车探测和探头探测结合起来。

3.3 水星和木星探测

计划在2002年发射水星轨道器(200—10000km的椭圆极轨)。该探测器的科学目标是研究行星磁场的起源和性质,磁层的结构和动力学,磁层等离子体与水星表面的相互作用,外层大气的来源和成分及水星表面成分,近太阳行星的生长及对太阳日冕和高能粒子的观测。

计划发射木星极轨道器(倾角 90° ,1.05—30个木星半径)。该探测器的科学目标是:就地探测木星磁层的场和粒子,利用紫外和X射线波段成像测量极光的形态,利用近红外成像研究热层风,利用能量原子成像测量近磁层和中磁层的热粒子,研究辐射带与大气的相互作用。

3.4 彗星尘探测

科学家们一直对彗星很感兴趣,因为彗星被认为是太阳系中最古老的天体,它的物质构成与太阳系形成前的星云相似,因而它含有46亿年前太阳和行星形成前的尘埃和气体。有些科学家认为,产生地球生命的原始物质很可能是在彗星撞击地球时带到地球上来的。彗星探测可为研究太阳系和地球上生命的起源提供重要的途径。

1999年2月10日,美国宇航局发射了一颗“星尘号”探测器,它将于2004年与围绕太阳运行的怀尔德-2彗星相会。在离彗星的距离不到100km处,对彗星尘埃和气体取样,预计于2006年1月15日携带样品返回地面。这是人类第一次利用探测器直接对彗星取样,并将取样带回地面。这次选择怀尔德-2彗星作为探测对象,一是因它是在太阳系中保存最完好的一颗彗星,它保留着绝大部分的原始尘埃和气体;二是它位于最适当的时间和位置,便于探测器能以比较慢的速度飞过彗星对其采集样品。

发射星尘探测器的主要科学目标是:就地收集太阳系和其他星系中形成太阳系和行星的原始物质,并将它们带回到地面,利用显微镜和其他科学仪

器对其进行原子水平上的分析研究;近距离拍照彗星图像,并用其他仪器探测研究彗星所需的其他数据;研究太阳及其行星的形成、地球上生命的起源和演化过程。

3.5 飞出太阳系探测恒星际空间

过去的深空探测器都是探测日球层(太阳系)内部,到目前为止,还未曾发射过恒星际探测器。虽然过去发射的先驱者10号和11号飞船及旅行者1号和2号飞行器现已飞出太阳系,但不能对恒星际进行探测。像行星一样,太阳也有磁层,称为日球层。日球层的边界称为日球层顶,日球层顶是太阳风和恒星际等离子体的交界面。目前日球层顶的尺度还不确定。按最近的估计,太阳风流的终止激波可能在80—90个日地距离(AU),日球层顶比终止激波的距离还远一些。

21世纪计划发射恒星际探测器,飞行器贴近木星和太阳到达200AU的距离。飞行器的速度是每年10AU,到200AU大约需20年的时间,这是深空探测的一个新的里程碑。恒星际飞行器的主要科学目标是:确定恒星际空间的性质及其与银河系物质起源和演化的联系,探测日球层的结构及其与恒星际介质的相互作用,研究发生在日球层和恒星际介质中的基本物理过程。这些研究,对了解太阳系的起源和演化过程具有重大科学意义。

3.6 开展行星空间环境比较研究

地球是太阳系中惟一生存着人类的行星,因而地球可作为一个独特的行星系统。太阳活动对地球的影响,直接涉及人类的生存和社会经济的发展,因此,日地系统也可作为独特的恒星系统。人类利用人造卫星对空间进行探测,首先是从日地空间开始的。随着空间探测技术的发展,扩大了人类对地球整体认识的视野和观测能力。40多年来,人类对日地空间和地球系统(包括日地空间环境、地球气圈、水圈、岩石圈和生物圈)已有一些了解,从而认识到,要全面地了解地球不同时间尺度的变化,必须将这些圈层联系起来进行整体的研究。

21世纪,空间探测研究的一个重点是发展比较行星学。地球只是太阳系中行星家族的一个成员,日地空间环境和地球系统的特性和变化,与这个行星家族的其他成员有密切的联系。人们逐渐认识到,单是从地球系统本身来认识地球,还有些局限性,应该对这个行星家族联系起来进行地球与其他行星的比较研究。自20世纪60年代末以来,国际上就非常重视对行星的探测和研究。到目前为止,太阳系9个行

星除冥王星还未进行过探测外,其余 8 颗行星都已进行过探测,对行星环境已有初步的了解.

21 世纪的发展趋势是将太阳系行星系统(特别是类地行星)作为一个整体进行探测,对行星进行比较研究,主要目标是发展比较行星学.经过 40 多年的探测和研究的积累,已为比较行星学研究打下了基础.

4 物理学与太空物理学交叉特点

太空物理学是一门交叉性很强的学科,它的主要研究对象是用天基和地基手段探测太空中发生的自然现象,用物理学的原理研究太空现象发生和发展的物理过程.物理学是自然科学中最基本的学科,因而太空物理学的探测和研究,必然与物理学的许多领域有紧密的联系和交叉.太空物理学的发展历史表明,物理学实验和理论的发展,推动了太空物理学的发展,同时,太空物理学的发展,对某些物理学领域的发展也起推动作用.

4.1 太空物理探测与物理学的交叉

太空物理学是在太空探测的基础上发展起来的,自人造卫星发射 40 多年以来,太空物理学的发展表明,太空物理学重要的突破性的发展,都是依赖于太空探测的新数据.太空环境可看作是一个理想的天然物理实验室,在这个天然实验室中的许多条件和现象,是用人工方法所不能实现的,例如超高真空和微重力等.在太空中存在着非常丰富的电磁场和粒子现象及电磁场和粒子相互作用产生的物理过程.进行太空物理研究,首先要对这些太空现象进行探测.太空探测的仪器和方法,大部分是从物理学中的实验和原理发展起来的.太空探测的内容和相应的仪器,大致可分为:不同能量的粒子探测器,包括低能粒子探测器(1eV — 40keV),中等能量粒子探测器(40keV — 1MeV)和高能粒子探测器(1MeV — 1000MeV);磁场探测器;电场探测器;各种频段的电磁波探测器;以及可视化的 γ 射线、X 射线、紫外和中性原子的成像仪器.所有这些仪器都是根据物理学中的基本原理和实验技术发展起来的.

4.2 太空物理学与等离子体物理的交叉

在太空和宇宙中,99% 以上的物质是以等离子体的形式存在的,等离子体是由带电粒子组成的宏观体系,是物质存在的第四种状态(固态、液态、气态和等离子体态).等离子体物理主要是由 20 世纪 50 年代受控热核聚变研究和人造地球卫星上天的推动

下发展起来的一门新兴学科.等离子体物理是太空物理研究的主要基础之一,两者之间直接联系和交叉.

(1) 太空物理与太空等离子体物理

由于太空中的物质状态主要是等离子体形式,因此,太空物理中的许多研究内容,实际上也就是太空等离子体物理的研究内容.从历史上来看,等离子体物理中一些领域的发展,是由太空物理研究推动的.例如,诺贝尔奖获得者 Alfvén 提出的 Alfvén 波,是从太空物理研究的角度提出来的,这一发现推动了等离子体研究的发展.在太空物理中研究的许多前沿问题,诸如磁场重联,等离子体的不稳定性及各种等离子体波,等离子体反常输运,粒子的加热和加速过程,以及无碰撞激波和无碰撞等离子体边界层结构和动力学等,实际上也就是太空等离子体物理需要解决的问题.

(2) 太空物理学与热核聚变等离子体物理的交叉

太空中的等离子体特征,如温度、密度和磁场强度等与热核聚变等离子体虽然不同,但所存在着的一些基本物理问题却是十分相似的,诸如等离子体的不稳定性、磁场对等离子体的约束过程、等离子体的反常输运、粒子的加热和加速等.这两门学科分别对上述问题进行研究,是可以相互启发、相互促进、相辅相成和共同发展的.举例来说,磁层物理中一些问题的研究与托卡马克装置和仿星器中一些问题是相似的,两者结合起来进行交叉研究,是可以相互推动的.

4.3 太空物理学与高能物理的交叉

在太空中存在着能量很高的带电粒子,如银河系宇宙线、太阳宇宙线和辐射带粒子等.银河宇宙线是来自太阳系以外银河系的高能带电粒子,能量范围一般从 10MeV 至 10^5MeV (100GeV).原始银河宇宙线(指未曾与大气相互作用的宇宙线)主要成分是质子,约占总数的 84.30%.其次是 α 粒子,约占总数的 14.4%,其他重核成分约占总数的 1.3%.银河宇宙线几乎包含了元素周期表中所有的元素.太阳宇宙线是太阳上发生太阳耀斑时发射出来的高能带电粒子,其能量范围一般为 10MeV — 10^4MeV ,主要成分是质子,其次是氦核(3%—15%),此外还有 $Z > 2$ 的重核存在,其中 $6 \leq Z \leq 8$ 的核通量约占总粒子通量的 0.05%.

宇宙线粒子的起源和加速机制是太空物理和高能物理共同感兴趣的重要科学问题.利用卫星和太

空飞船,对宇宙线成分、能谱特性进行进一步的探测,不但可推动太空物理的发展,同时也可推动高能物理的发展.太空物理和高能物理进行交叉研究,可使这两个学科相互促进,共同发展.

高能加速器是发展高能粒子物理的重要实验设备.但随着能量的提高,建造费用也越来越大,目前建造费用已增至难以承受的程度.在太空中存在着某些天然的高能加速器,可产生能量非常高的粒子,对太空中天然高能粒子的加速机制和成分特性进行探测和研究,对发展高能物理将起重要作用.

4.4 太空开发利用与物理学的交叉

地球的资源,包括陆地和海洋中的资源总是有

限的,随着人类经济和社会长期的持续发展,单靠地球上的资源是不够的.21世纪,太空将是人类向自然索取资源的主要场所,太空开发利用将会成为21世纪人类太空活动的一个重要目标.在太空开发和利用中,有许多科学问题需要与物理学进行交叉研究,例如,在微重力条件下新材料的研制,太阳能发电站的微波输电问题,以及月球上氦-3(^3He)的利用问题等.

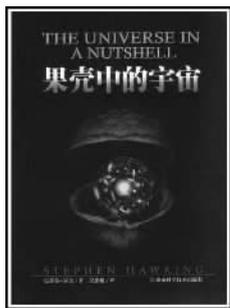
参 考 文 献

- [1] 刘振兴.空间科学学报,2000,28(增刊):[Liu Z X. Chinese Journal of Space Science, 2000, 28(Suppl): (in Chinese)]

· 书评和书讯 ·

细品霍金名著 喜得湘科社奖品

——湖南科学技术出版社举办《果壳中的宇宙》有奖购书活动



《时间简史》的姐妹篇,史蒂芬·霍金教授的最新力作《果壳中的宇宙》的中文版,于2002年2月由湖南科学技术出版社出版.在这部新作中,霍金以他一如既往的平易幽默的风格向我们阐释着迷一般的处于宇宙内核的万物理论,从超对称到超引力,从量子理论到M-理论,从全息论到对偶论.全书共有9章,分别介绍了相对论简史、时间的形态、预言未来、护卫过去、膜的新奇世界,并告诉人们:我们生活的宇宙具有多重历史,每一个历史都是由微小的硬果确定;同时还预期“我们的未来?”《星际航行》可行吗?与《时间简史》相比,本书所描述的理论内容有了更新的发展.书中有200多幅引人注目的彩色插图,这些插图及其说明形成了正文之外的另一个脉络,并且附有框图文字和边注.他擅长于以日常生活的隐喻来诠释复杂的问题,本书的插图生动活泼,如把M-理论比作一个拼图玩具,11-维超引力比作龙,在描述时间的形态和方向时,用了一个互相纠缠的管道和火车头等等.并且,作者本人参与了全部插图的制作,从而保证了该书的插图恰到好处.《果壳中的宇宙》采用国际流行的18开,全彩印刷,图文并茂.上市后,销售火爆.

为了更好地回报读者的厚爱,了解读者的购书动因和购买渠道,该社从2002年4月10日至2002年8月10日举办有奖购书活动,本次活动采取抽奖的形式,奖项为一等奖6名,奖品为价值1000元的天文望远镜一台;二等奖12名,奖品为价值330元的《第一推动丛书》一套;三等奖18名,奖品为价值220元的《星球探秘丛书》一套,幸运奖50名,奖品为《黑洞》一本.

细细品味霍金巨著,品书之后,您还可能得到湘科社幸运的回报,对一个爱书人来说,真是何乐而不为呢!

邮购电话 0731-4375808 定价 42.00元