

物理  
(三)

中学生探索学习丛书

# 穿越时空

主编 张世远

TAN SUO XUE XI

江苏科学技术出版社



A 1388

物理(二)

# 穿越时空

TAN SUO XUE XI

中学生探索学习丛书

主编 张世远

江苏科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

物理. 2, 穿越时空/张世远主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2000. 8

(中学生探索学习丛书)

ISBN 7-5345-3202-7

I. 物... II. 张... III. 物理学-青少年读物  
IV. 04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 46576 号

中学生探索学习丛书·物理(二)

### 穿越时空

---

主 编 张世远  
责任编辑 熊亦丰

---

出版发行 江苏科学技术出版社  
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

经 销 江苏省新华书店  
照 排 南京展望照排印刷有限公司  
印 刷 如东县印刷厂

---

开 本 850mm×1168mm 1/32  
印 张 6.625  
字 数 170 000  
版 次 2000 年 9 月第 1 版  
印 次 2000 年 9 月第 1 次印刷  
印 数 1—6 000 册

---

标准书号 ISBN 7—5345—3202—7/0·138

定 价 9.00 元

---

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

## 写在前面

“路曼曼其修远兮，吾将上下而求索”，几千年前，我们的先人就发出了如此体现人之生命价值的慨叹。综观人类历史的发展，每一个足迹，都是以探索为前提的。正是因为人有了探索之精神和勇气，人的生命才不同于一般的生命，人才成为万物之灵。探索，使我们在有形的世界里，领略到了无限的风光。

如今的时代，是以人的素质发展为主题的时代，对人的探索精神提出了前所未有的要求。由传统因袭下来的“模式化”教育，已不能适应信息时代对人成长的需要。提高国民的素质，成为当务之急。素质的一个综合性的体现就是科学素养，即探索事物的心理品质。科学可以塑造人类思维和感觉的模式，并使他们的行为受到微妙的影响，而“微妙的影响”就是科学探索的精神。这种精神，应当从人的幼时开始培养。青少年更应当有意识地在探索学习中，塑造创新的个性，投入创新的世界，参与创新的竞争。

《中学生探索学习丛书》抖落“应试”的尘土，带着丝丝沁人心脾的清新，向中学生走来！



本套丛书立足课内知识,用心在课外探索,以中学各年级已开设的主要课程为线索,适应教育部关于中学各学科新教学大纲的思路,以“四新”(新材料、新观点、新视野、新发现)、百家争鸣、热门话题为基本架构,反映各学科研究领域多元化的、辩证的、前沿的观点、思想和方法等,为研究性学习提供了丰富的背景材料,从而引导学生进行知识创新、思想创新、方法创新。

博学资深的院士,才思敏捷的年轻博士,为中学生奉献了他们的学识、才华和智慧,也正因为他们的强强联手,还给本套丛书增加了知识含量和欣赏品味。

拥有《中学生探索学习丛书》,你一定会鼓起探索的勇气,进入课本之外的大千世界、未知天地!

我们期待着!

江苏科学技术出版社

江苏人民出版社

2000年9月

2000/7/6/01

## 前 言

今天,科学技术已与你的生活、学习和工作息息相关,无论是家用电器、交通、通信、教学和办公设施,还是日常的衣、食、住等方面,总之,我们所看到的、听到的、触摸到的东西几乎都有高技术的产品。很难想象,一旦失去这些东西,我们的生活将会变得怎样。此时,我们不由得会想到给予我们如此恩惠的古往今来的那些献身于科学事业的人们,正是他们敢于探索、勇于创新的精神,科学技术才能不断进步、发展,才会有今天如此辉煌的成就。

人类文明史告诉我们,社会发展与科学技术的进步密不可分。近代科技史上发生的三次技术革命,即18世纪中叶以蒸汽机为代表的机器大工业代替传统的手工工场;19世纪70年代以电力、化工、自动化等为代表的产业代替机械化产业;20世纪40年代以原子能、计算机、新材料等一系列新兴产业代替传统产业。这三次技术革命都使生产力得到了飞速发展。我们不难看出,物理学在这三次技术革命中起了十分重要的作用。可以预料,物理学及物理学与其他学科相互渗透的交叉学科,将会在今后的技术革命中发挥更加重要的作用。因此,物理学各领域的研究现状及发展方向,物理学家在干些什么,受到人们的关注。为此,物理分册撷取了物理学各领域中具有前沿性的一部分新理论、新技术、新观点以飨读者,同时介绍物理学家在研究

中的探索过程,使读者不仅学到物理学理论知识,还能学习科学研究方法。

物理分册在编写过程中得到了王业宁和张淑仪两位中科院院士及南京大学原教务长欧阳容百教授的积极支持、关怀和指导,并亲自撰文。在组织和编写过程中,南京大学物理系主任张世远教授、电子科学与工程系主任高敦堂教授和原系主任孙广荣教授、东南大学物理系主任黄洪斌教授、南京师范大学物理系主任童培庆教授和袁启荣副教授等给予了有力支持。江苏省物理学会副理事长陈坤基教授,秘书长王永新副教授、副秘书长张尧培副教授,常务理事、学会静电专业委员会主任吴宗汉教授和常务理事、学会科普工作委员会主任杨松龄教授等积极参与本书各项工作。在此,我谨向他们表示衷心的感谢。

徐龙道  
2000年9月

# 目 录

苍穹的归宿·····	1
“失踪质量”何处寻·····	7
引力波的探测·····	12
星系质量的分布·····	17
红移论争·····	21
基本粒子面面观·····	28
加速器及其应用·····	34
当代新能源——核电·····	44
量子物理 ABC·····	54
你知道二元光学元件吗·····	63
奇妙的全息照相·····	69
计算全息的奥秘·····	77
光信息,慢点走·····	82
打破冯·诺依曼瓶颈——未来的光计算机·····	85
现代科学的中枢神经系统——传感器·····	88
信息技术的基础——微电子学·····	95
数字化时代:软件还是硬件·····	102
静电学的现状及未来·····	106
离子摄入与生命代谢·····	115
揭开地球驻极态的面纱·····	125



趣谈生物信息 .....	133
浅说神经信息过程 .....	156
驻极体探秘 .....	163
21 世纪材料科学的一个新亮点 .....	173
漫谈 21 世纪的功能建筑 .....	183
半导体太阳能电池 .....	199

## 苍穹的归宿

当你凝望着星汉灿烂的夜空,听老一辈们讲述牛郎织女凄美动人的故事,你有没有对那隐藏在苍穹深处的奥秘,发出过不由自主的遐想?

天空何处有尽头,还是根本就没有尽头?

年复一年看星空,看不到星星位置有什么改变,苍穹是不是永恒不变的?

人的一生与天长地久的宇宙相比,是名符其实的一瞬,人能解读宇宙的奥秘吗?

实际上,这些问题和人类社会的发生同样的古老。关于宇宙的演化,每个民族都产生过许多美丽的神话和传说。中国的盘古开天地,西方的耶稣创世说,印度的神龟背宇宙等等,都是宇宙起源的故事。神话和传说也许非常美丽动人,但却不是科学意义上的真理。只有建立在广义相对论基础上的现代宇宙论,才真正开始了对宇宙演化过程的科学认知。

### 宇宙可知与否

对于渺小的人如何能够揭开深不可测的宇宙奥秘,有位科学家作过生动的描述。有一种特别的昆虫叫蜉蝣。它既被赋予极大的智慧,却又被咒以短命的一生。这些聪明的小虫每个仅

存活 24 小时。在这段时间里,它们参与社会的科学和艺术活动,为了后代的享受与欣赏,作出某些小贡献。这些昆虫居住在大森林里。它们面对的是一个似乎深不可测的世界。巨大的树木高耸入云,枯亡的朽木杂乱地躺着,树根旁散布着一些种子,附近又有许多幼小的绿苗。由于这些聪明的小虫寿命太短,穷其一生也看不到周围环境的任何改变,所以它们确信森林是永存的和不变的。但是这种情况渐渐地有了改变,因为老年的昆虫告诉它们的子孙,在它们的祖父母、曾祖父母那早几天的时候,那森林又是怎样的。经过如此的世代相继,一个惊人的故事开始出现。它们开始领悟到,周围世界的东西,那些树木、嫩芽、幼苗和朽木,并不是不相干和不变的。前人的报告和资料,清楚地指出,它们经历着一个巨大规模上的生命循环。蜉蝣中的科学家,更是大胆地作出了森林演化的理论。撒在地上的种子发芽,长成幼苗。当数以千计的蜉蝣后代生生灭灭时,幼苗长高了,长成了参天大树。最后,树木变得年老力衰,最老的树木因枯亡而忽然倒地,又腐烂成后代肥沃的土地。森林之所以给出不变的幻觉,只是因为昆虫的寿命是如此绝望的短促而已。

这个故事形象地说明了人类对宇宙的认知过程。认识在个别的人身上的实现,其能力无疑是有限的;但对于人类而言,其认识能力却是无限的。有思维能力的人类,创造了自己的文明。他们把对周围世界的观察,记录成资料。又通过分析和思考,将对客观世界的认识写成报告。后辈在接收先人成果的基础上,又作出新的发展,再一并传给后人。如此世代相继,到了一定的时机,认识必将产生飞跃。从 20 世纪 60 年代中期以来,一个早期的宇宙理论,已经被广泛地接受。这个现代的科学宇宙论,称为宇宙的“标准模型”。

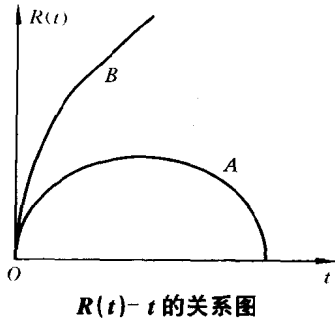
## 标准模型预言

前人对于宇宙演化的认知成果,传给我们的是如下几条:宇宙在空间上是均匀的,宇宙中所有位置本质上都是等价的,当然这要在星系团级的尺度上来理解这种“抹平”;宇宙是各向同性的,星系的分布是各向同性的,每单位立体角的恒星数目在各个方向上均相同;河外星系发出的光存在普遍的红移,即我们观察到的星系光线的频率,相对于它发出时的频率存在移动,频率变低,波长变长。因为可见光谱中,红光在低频端,故频率变低称为红移。这一现象用多普勒效应很易解释,红移的产生是由于星系都在离我们向后退行,就像离我们急驶而去的火车的鸣笛声发生的频率变化那样。因此,宇宙在不断地膨胀。宇宙的尺度,用所谓“宇宙标度因子  $R$ ”来描述,我们可以直观地将其理解为宇宙中两个典型星系之间的距离。宇宙在膨胀就意味着  $R(t)$  是时间  $t$  的增函数。因为这种红移的宇宙学意义,故称其为宇宙学红移;天空中到处都有微波传向我们。这个宇宙微波背景构成一个辐射场,它的温度只有绝对温度 3 度。宇宙均匀各向同性构成所谓“宇宙学原理”,大多数的现代宇宙论均奠基于此之上。标准模型就是一种建立在宇宙学原理上,同时认为宇宙物质内容受爱因斯坦引力场方程的制约的宇宙论。

膨胀的宇宙,将来的命运如何呢?数学家弗里德曼最早得出了标准模型中宇宙动力学方程的解,即宇宙标度因子  $R(t)$  随时间的变化规律。以时间  $t$  为横坐标,以  $R(t)$  为纵坐标,画成的函数图如图所示。

图中的曲线 A 代表着一种宇宙演化模式,它预言:宇宙由最初的无限密度开始膨胀,这种宇宙起源的图像与“大爆炸”理

论很相似。这种爆炸和发生在地球上某一确定地点的爆炸不同,它是在过去的某个时刻,在各处同时发生,爆炸中每一个粒子都离开其他粒子而飞奔。这一图像可用二维球面来想像,爆炸后宇宙开始膨胀,就如同半径增大的球面那样,上面的每一点向四周看去,周围的点都在离它而去。宇宙膨胀,标度因子  $R(t)$  随时间  $t$  而增加。到某一时刻,标度因子  $R(t)$  达到其极大值。从那时起,宇宙停止膨胀,转而开始收缩,最后又回到密度无限、温度极高的状态。显然,这样的宇宙是封闭的、有限的,但却是无界的,就像二维球面那样虽有限却无边界。



曲线  $B$  代表另一种宇宙演化模式,它预言,宇宙从大爆炸后开始膨胀,虽然膨胀的步伐在变慢,但却永远也不会停止,要一直膨胀下去。显然,这是一种开放的、无限的宇宙。

由于当时历史的局限,一般都相信所谓“稳恒态模型”的宇宙论,认为宇宙过去、现在、将来都是一样的。爱因斯坦为了求得与此相符的静态解,不得不在他的引力场方程中外加进一个所谓宇宙项  $\lambda g_{\mu\nu}$ ,由此预言不会有红移。后来,普遍红移被证实,宇宙在膨胀,爱因斯坦对于自己这种画蛇添足之举后悔莫及。

宇宙演化的将来命运,也就是宇宙有限还是无限的回答,在标准模型中,将取决于宇宙的平均密度  $\rho$ ,或与宇宙减速膨胀有关的一个减速参数  $q$ 。它们各有一个临界值:临界密度  $\rho_c$ ,临界减速参数  $q_c$ 。标准模型预言,如实际的宇宙平均密度  $\rho$  大于

$\rho_c$ , 即  $\rho > \rho_c$ , 或  $q > q_c$ , 宇宙就是有限的; 若  $\rho < \rho_c$ , 或  $q < q_c$ , 则宇宙将是无限的。这种图像, 可用牛顿力学的例子来比拟。宇宙中任何典型星系的运动, 就像从地面向上抛出的一块石头, 如果初速不够快或地球质量足够大(这两者一样), 石头升高到一定高度后将重新跌回地面, 这就相当于  $\rho > \rho_c$  的宇宙演化模式; 如果石头具有足够的初速或地球质量不够大, 石头的运动虽然逐渐变慢, 但却会跑到无限远处去, 这相当于  $\rho < \rho_c$  的宇宙演化模式。宇宙的膨胀是由于过去某一时刻的爆炸(相当于石头的初速), 膨胀过程中受引力作用而减速, 减速程度由减速参数  $q$  来描述。

## 悬案仍未解决

实际的宇宙平均密度  $\rho$  和减速参数  $q$ , 要由天文观测来确定。由观测宇宙中所有星系的质量, 可得出宇宙平均密度  $\rho$ 。星系质量的观测本身就不是一件容易的事。想用一杆秤来称重那样确定星系质量当然是很荒唐的。天文学家是通过一些特殊的办法来估计星系质量的, 他们用一个公式来估算星系质量:

$$M = \frac{\mu V^2 D}{G}$$

其中,  $V$  是星系某个内部特征速度, 它直接从星系的红移围绕其平均值  $z$  的分布来测定;  $D$  是星系的某个特征距离, 它用相应的角尺度  $\delta$  和宇宙学红移  $z$  按一个公式来计算;  $G$  是万有引力常数,  $\mu$  是一个数量级为 1 的无量纲数。由估计所观测到的宇宙一切星系质量而得出的宇宙平均密度  $\rho$ , 要比临界值  $\rho_c$  小两个数量级, 由此推断宇宙应是无限的。

另一方面,可从星系光谱线的红移观察得出减速参数  $q$ 。早在 1929 年,天文学家哈勃估计了 18 个附近星系的距离,并把结果同斯立佛对它们测得的红移量相对照,画出了距离——红移关系图。虽然数据点在图上有些弥散,但他还是得出了两者之间成“粗略的线性关系”的结论。这就是著名的哈勃定律。这种线性关系只在附近星系的红移上成立,在遥远距离上的星系,两者间的关系偏离了线性。对遥远距离上星系的红移——距离曲线形状的研究,是国际天文学界的大事,称作哈勃计划。由观测曲线和理论预测曲线之间的拟合,可以定出宇宙减速参数  $q$  的数值。从已发表的多数观测结果,得出的  $q$  值均要大于临界值  $q_c$ ,从而推断宇宙应是有限的。

以上的两个结论是完全冲突的。因此,令人不免有些失望,这个从人类诞生几乎就发生的问题,时至今日却依然还是个悬案。看起来,要作肯定的结论,为时尚早,还要作出艰苦的努力。

(徐效海)



## “失踪质量”何处寻

建立在宇宙学原理和爱因斯坦广义相对论基础上的宇宙论——“标准模型”，对膨胀宇宙演化的命运作出的预言，和观测天文学的观测结果出现尖锐的冲突。从宇宙中所有星系的质量估计出的宇宙平均密度  $\rho$  小于临界密度  $\rho_c$ ，宇宙物质的引力不够大，不足以拖住宇宙膨胀的步伐，让它停下来，并开始收缩。因此，宇宙将永远膨胀下去，这样的宇宙当然是无限的、开放的。但是，从对遥远星系光谱线的红移观测的哈勃计划得到的信息，宇宙减速膨胀的参数  $q$  的值，却大于临界值。按照这样的减速趋势，宇宙的膨胀有朝一日终将停止，并继之以宇宙的收缩。因此，这样的宇宙显然是有限的，尽管仍是无界的。

### 理论观测两相异

面对这样的窘境，宇宙论从理论的探索和天文学观测两个方面来说，下面的路该怎么走呢？对出现的矛盾进行认真的分析是完全必要的。用推理的方式，至少可作出如下的结论：

第一，标准模型的宇宙论是正确的，不同的天文观测方法存在误差。改进了测量方法以后，可以指望测量的结果趋于一致，从而解决以上的冲突；

第二，天文观测方法原则上是正确的，方法的改进并不会改

变结果的定性结论,矛盾的出现源于标准模型的宇宙论不正确。冲突的解决应通过完善宇宙模型来达到;

第三,标准模型的宇宙论和不同的天文观测方法都是正确的,出现矛盾是因为在观测中被测量对象的不完备造成的。其中最大的可能是宇宙平均密度的主要贡献者并不是现在观测的星系,而存在着戏称为“失踪质量”的主要部分。

## 失踪质量何处寻

在天空中的无数星星,并不是胡乱散布的,而是有一定规律可寻的。随举一例,我们在天宇中看到的恒星(太阳只不过是它们中间最普通的一颗而已),约有三分之一以上的恒星并非是独行者,而是结伴而行的。也就是说,它们是一种所谓的双星系统,绕着它们共同的质量中心转动。亮度大的称为主星,亮度小的称为伴星。两星之间的距离可以很近,有的近到像一对跳贴面舞的舞伴;而有的可以相距很远,远到像一对伤心欲绝、发誓永不相见的怨偶。这样的双星系统,我们在天宇中永远没有机会同时看到它们,就像唐朝大诗人杜甫形容两个难得一见的好朋友,是“动静如参商”。其中的参商就是这样两颗远离的双星。

1761年,法国科学家朗伯特提出了宇宙中的各种天体,形成不同的等级,一级高于一级,直至无穷。其中,太阳系是第一级,庞大星团是第二级,星系是第三级,许多银河系那样的星系构成第四级……那么,在恒星的层次结构中,还存在要比星系所占空间大得多的空间。那里真的是“空”的吗?失踪质量会不会就隐藏在那里呢?

有一个地方可以去寻找失踪的质量,这就是星系团内部的