

- (1953), 1043.
- [10] Sanford, P., et al., *Proc. of I. A. U. Symposium*, No. 37, Rome, (1969), 36.
- [11] Walenta, A., et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **92** (1971), 373.
- [12] Kobayashi, S., *Nucl. Instr. and Meth.*, **81** (1970), 72.
- [13] Metz, W., *Science*, **179** (1973), 986.
- [14] Giacconi, R., et al., *Astrophys. J.*, **167** (1971), L67.
- [15] Frye, G., et al., *Proc. 12th Int. Conf. on Cosmic Rays*, Hobart, **1** (1971), 70.
- [16] Clark, C., et al., *Proc. of I. A. U. Symposium*, No. 37, Rome, (1969), 269.
- [17] Claverie, A., et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **97** (1971), 161.
- [18] Hughes, E., et al., *IEEE Trans. on Nucl. Sci.*, NS-19 (1972), 126.
- [19] Grindlay, J., *Proc. 12th Inter. Conf. on Cosmic Rays*, Hobart, **1** (1971), 67.
- [20] 菅浩一, «宇宙线研究»(武谷三男编), 东京, (1970), 66.
- [21] 李惕碛, «科学通报», 1973.
- [22] Davis, R., et al., *Phys. Rev. Letters*, **20** (1968), 1205.
- [23] 北村崇, «宇宙线研究», **15** (1970), 69.
- [24] 三宅三郎, «宇宙线研究»(武谷三男编), 东京, (1970), 137.
- [25] 西村纯, «宇宙线研究», **16** (1971), 221.
- [26] Yuan, L. C. L., et al., *Phys. Letters*, **40B** (1972), 689.
- [27] Kniffen, D., et al., *Proc. 11th Inter. Conf. on Cosmic Rays*, Budapest, **1** (1969), 181.
- [28] Greenhill, J., et al., *Nature*, **230** (1971), 170.
- [29] Buffington, A., et al., *Nature*, **236** (1972), 335.

# 近代空间天文学的进展

张和祺

(中国科学院紫金山天文台)

## 一、概况

以人造卫星为标志的太空研究已经经历了十五年以上的历史。如果从探空火箭算起,太空研究的历史还可以追溯到本世纪四十年代。空间科学技术的迅速发展,给空间天文事业开辟了十分广阔的前景。空间天文当今作为天文学中一个独特领域,已经发展成为一门相当齐全的综合性学科。

### 1. 外空天文观测的优越性

首先,它能够在不同程度上越过地球大气这个屏障,开拓了天文观测波段,取得由外层空间进入地球的整个电磁谱的可能性。各类天体发射着波长从  $10^8$  厘米到  $10^{-11}$  厘米范围内的辐射。但是地面天文观测主要地局限在可见光区域内。由于大气中臭氧、氧、氮等分子对紫外线的强烈吸收,以致无法观测到天体的紫外光谱。在红外区,则由于水汽、二氧化碳等分子的振动、转动所造成的强烈吸收,只留下为数很少的几个天文观测的“窗户”。在射电区域,低层大气的水汽和氧气构成短波主要的吸收因素;而电离层的折射效应将反射较长波段的辐射。由于分子瑞利散射和大质点散射的存在,地球大气还起着非选择性消光作用。而外空天文观测,将在很大程度上消除这些缺陷。

其次,外空观测将减轻或消除由于地球大气的非均匀性的变化造成的光线抖动。以太阳为例,到目前为止,经过严格选址的地面台站要经常获得小于1弧秒细节的天象是十分困难的;原因在于地面附近温差效应所致的对流运动,它造成成像质量的下降。而外空观测,只要仪器的分辨本领和导向稳定性有保证,成像细节将大大提高。

不仅如此,今天已经能够直接获取观测客体的样品,开辟了直接探索太阳系附近天体的新时代。例如现在已经能够取得行星际介质的不同粒子成分、月球和行星表面的各种物理参量、免受地球大气和磁场歪曲的各类天体发射出来的粒子辐射,以及太阳各类粒子辐射的流强、能谱、空间几何分布和时变函数等等。在不久将来,有可能捕获彗星的气体尘埃和星际气体的粒子样品。

### 2. 外空观测的成就

目前,外空天文观测广泛地使用高空飞机、平流层气球、探空火箭、人造卫星、宇宙飞船等作为运载工具。特别是人造卫星和宇宙飞船,是空间天文中进行长时期综合性考察的主要手段。自六十年代以来,各国已经发射了一系列“轨道天文台”以及许多小型天文卫星、射电天文卫星和行星际空间考察站。1970年发射的“乌呼鲁”(Uhuru)卫星专门用来探测河内、河外X射

线源。还正在发展载人飞船的空间天文观测技术，最近发射的“空间实验室”就是这方面的一次尝试。看来今后外空天文观测，将主要地利用环绕地球轨道运行的永久性观测站来进行。

十多年来，空间天文的不断发展已经产生了许多新的分支学科，诸如紫外天文、X射线天文、γ线天文和红外天文等等，大大地增加了人们对宇宙天体的了解。外空天文首先在近地空间、行星际空间和高空太阳物理方面取得了重大突破。例如，发现日冕稳定地向外膨胀，热电离气体连续地从太阳向外流，形成所谓“太阳风”。太阳风把太阳本体的磁场带到地球轨道附近和更远的地方。磁场在行星际空间中随着太阳一起转动，构成所谓“旋臂结构”。由于磁场起源于太阳，所以磁力线又呈现出扇形结构状态。而地球磁场和气体壳却象彗星的一种尾巴一样，背离太阳方向，它被太阳风吹至几百万公里之远。所有这些改变了原来的日地空间概念。同时，在月球、行星表面的以及非太阳起源的紫外、X射线和γ线天文方面，同样取得了很大进展。到目前为止已见报导的X射线天体达120个以上，它们有不少被证认与强射电星系、超新星遗迹、脉冲星——中子星有关。这对于了解天体演化规律和高能天体物理方面的问题，都是非常重要的。

## 二、行星际空间物理

### 1. 行星际介质(太阳风)

卫星观测首先在近地空间第一次证实有太阳风存在，日冕不是处在稳定静止状态，而是连续地向外膨胀。卫星观测结果表明，几乎所有观测到的太阳风等离子体参量经历着一种起伏，它是日面上发生的高能物理现象在行星际空间中的反映。相对宁静的太阳风只有在太阳活动低年才会存在。下表给出宁静太阳风基本物理参量的统计观测结果。

流速	320 公里/秒
质子或电子密度	8/厘米 <sup>3</sup>
质子温度	4×10 <sup>4</sup> K
质子的热各向异性比值	2
电子温度	1—1.5×10 <sup>4</sup> K
磁 场	5 高斯

太阳风化学成份测量的最有趣结果是，氦氢密度平均比值低于光球。这意味着氦在日冕膨胀过程中比氢更容易从太阳中逃逸。太阳风中氦氢密度比值的激烈变化，已为《维拉-3》(Vela 3)和《探险者-34》(Explorer 34)所观测到。这种比值的涨落可达一个数量级之多。高氦量等离子体常常在行星际激波或地磁扰动突然开始后5—12小时内出现，说明它与太阳爆

发有关。将观测到的氦氢密度比值按太阳自转周期求平均，仍然存在起伏，这种起伏的成因至今还是一个谜。除去氢、氦之外，太阳风中也观测到了氧、碳、硅、铁等元素的不同离子。

太阳风不会无限地向外“吹刮”出去，它最后将同星际气体压力、银河磁场和宇宙线压力相平衡，而实现某种激波过渡<sup>[1]</sup>。近来，OGO-5卫星的观测结果证实，可能在行星际空间有低密度原子氢存在；因此，六十年代有过研究的关于太阳风与星际介质互相作用的问题，又重新引起人们巨大的兴趣。霍尔泽(Holzer)已建立起一个表示太阳风和星际气体中性成份互相作用的模型<sup>[2]</sup>。他发现中性气体对于远离地球轨道的太阳风的膨胀有着减速、加热等效应。考虑到这些因素，他求得的激波过渡区的形成距离在25个到50个天文单位之间。

太阳风中动力学现象，一类是同日面上长寿命的活动区有关；另一类同日面上爆发过程有关，常以激波形式出现，马赫数一般为3左右，日地间传输时间约50小时。

行星际空间就是一个天然的等离子体实验室，它提供了实验室条件下无法比拟的规模和尺度。一些在近代等离子体物理学中所预言过的效应，在这里能明显地表现出来。太阳风作为行星际无碰撞等离子体，是宇宙等离子体物理学中最引人注目的研究课题之一。不少作者已经研究了太阳风的各种性质。观测理论研究表明，认为唯一能量传输来自热传导和对流是不够的，激波、磁流波或湍流可能起着重要作用。陈(Chen)等人<sup>[3]</sup>在乔克(Jocker)的基础上首次考虑到行星际旋臂结构磁场的因素，在他们的模型中电子温度认为近似地服从多方方程  $T_e n^{1-\alpha} = \text{常数}$ ，求得了比较符合观测的质子热各向异性比值。

### 2. 行星际空间磁场

行星际磁场的大尺度结构，如早年帕克(Parker)所指出的那样，是一种旋臂状的结构，在太阳赤道面上有经典的阿基米德旋臂形式。卫星测量结果证实，行星际磁场成双地分成若干小区域，一般分为四个分区，在相邻的区域中磁场取相反极性，构成扇形结构。当它处在最有规则的时候，也造成等离子体流、循环太阳宇宙线和地磁暴等十分有组织的图象。

尼斯(Ness)和威尔考克斯(Wilcox)首次提出，这种扇形结构，是太阳有规则的光球背景的反映。他们发现光球背景场的极性和尺度同行星际磁场是一致的。扇形结构的磁场极性完全由光球场径向分量的大尺度平均值所决定。

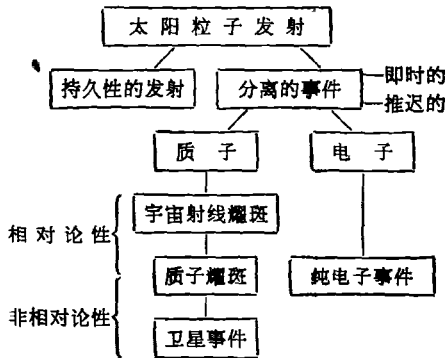
既然行星际磁场起源于太阳，对太阳光球背景场的研究自然引起了天体物理学家的兴趣。一些作者指出，太阳磁场扇形边界在相当长时期中显得十分稳

定<sup>[4]</sup>。研究表明,这种边界近似地象刚体一样转动,而不受星体自转影响。同贝勃柯克的恒星磁场理论相反,太阳磁场的扇形结构及其边界性质,并不在太阳赤道两侧呈现相反规律;同时,星体自转在磁场放大过程中起着重要作用。所有这些都对贝勃柯克理论是一个挑战。

卫星测量表明,太阳风中具有明显的磁流间断。这种现象曾是磁流力学中所预言过的。似乎其中的切向间断能导致地磁脉冲的发生。宇宙射线的方向不连续性,也间接地反映了行星际磁场存在着磁流间断。

### 三、太阳高能辐射

太阳经常发射能量极不相同、其特征和性质也有很大的区别的各类粒子辐射。这同太阳活动区的磁结构、粒子的加速机构和行星际空间的传播条件有着密切关系。下图可以作为这方面的总结。



范等人 (Fan, et al.)<sup>[5]</sup>第一次报导了与特殊活动区有关的非耀斑粒子事件,它是长寿命的,具有宽束特征,可以连续地存在一个太阳自转周以上。在太阳活动极小年份里,它的27天循环性变得十分明显。

在分离事件中,引人注目的是同太阳光学爆发(耀斑)相伴随的高能粒子辐射。一些著名的光学大爆发常常发射能量高达几十 BeV 以上的近光速粒子,构成特大的宇宙射线事件。这种高能粒子的加速机制迄今还没有得到适当的物理说明。目前还没有发现光学爆发中有任何热核反应。另外,在非相对论性能量范围内观测到了纯电子事件;这种使质子和电子自动分离并给以加速的机构,也是难以想象的。

由于卫星的广泛观测,现在对高能粒子在行星际空间中的传播特征比较清楚了。粒子流看来不能直接到达地球,而是在太阳附近有一个储存过程。在传播过程中,行星际磁场的散射效应可能是重要的。强粒子事件将有明显的东西不对称效应。

除粒子辐射之外,太阳还发射高能电磁辐射。卫星观测表明,太阳 X 辐射主要由三种成分组成。它们是: (1) 温度为  $10^4\text{K}$  的日冕高温等离子体的自由-自

由跃迁所产生的连续辐射以及其它线发射,称为宁静支量; (2) 温度在  $10^7\text{K}$  以上的日冕凝聚区的超热等离子体所产生的辐射,称为缓变支量; (3) 太阳活动区产生的 X 射线爆发,称为突变支量。

随着 X 射线探测器的空间分辨本领和时间分辨本领的提高,现在已经比较明确地认定, X 射线源大约处在光球之上几万公里区域,可能位于厘米波段射电辐射源之下。X 射线爆发的流量变化在短波段最快,具有非常明显的脉冲特征。这说明爆发机制是非热性质的。在长波区域,这种特征逐步消失,并且衰减时间大大地增大。近十年来最大的 X 射线爆发,是在 1966 年 7 月 7 日特大的质子耀斑发生时刻观测到的,估计光子能量在  $10^3\text{KeV}$  左右。

多年来太阳物理学家探测  $\gamma$  线辐射的工作一直没有中断过,但是确切的观测数据仍然不多。据最近报导,OSO-7 卫星记录到了太阳耀斑暴发过程中正负电子对湮没所产生的  $0.51\text{MeV}$   $\gamma$  线和  $2.1\text{MeV}$  的氘辐射线。太阳耀斑  $\gamma$  线物理的详细研究近来已为多兰 (Dolan), 程 (Cheng) 等人<sup>[6,7]</sup>所完成。他们的研究表明,典型的强耀斑其  $\gamma$  线辐射,在  $1-10\text{MeV}$  区域主要由连续谱和发射线组成,耀斑加速的相对论性电子的韧致辐射、正负电子对的湮没、核的消激等过程均起重要作用。在  $50-100\text{MeV}$  范围内,中性  $\pi^0$  介子衰变将起重要作用。显然, $\gamma$  线的探测,将给我们带来有关耀斑高能等离子体的物理状态、粒子加速机构和核反应过程等方面的情报。

X 射线分光观测中一个最重要的观测事实是,在一些 X 射线爆发中有 FeXXVI 高度电离线存在。不少作者认为 X 射线爆发具有非热频谱特征,近似地按幂指数谱分布。但是低能部分在衰减期有热谱特征。若用热等离子体来解释,则根据卡勒 (Kahler) 等人<sup>[8]</sup>的计算,得到的电子温度为  $3.7 \times 10^6\text{K}$ 。Takakura<sup>[9]</sup>对日冕上能量范围  $10-15\text{KeV}$  的 X 射线爆发有过理论说明。他认为在爆发阶段,少量热电子得到加速。热电子和非热电子都发射韧致辐射。非热电子的热化造成硬 X 射线分量的快速衰减。软 X 射线分量的缓慢衰减,则是由于电子的热分量的贡献。

### 四、非太阳起源的 X 射线天文

随着类星体、脉冲星和各种宇宙背景辐射的相继发现,天体物理发展的一个重要方面是从 X 射线区域取得对宇宙天体运动规律的认识。由于 X 射线辐射常常是高能物理过程在短波区的直接反映(在长波区则为射电辐射),带有大量丰富的信息,它的研究对于高能天体物理和天体演化过程的了解有重要意义。从 1962 年 6 月第一次发现在天蝎座方向有 X 辐射起至 1972 年底为止,非太阳起源的 X 射线天文已经历了十

年以上历史,其中1970年12月发射了X射线轨道卫星«乌呼鲁»。1972年12月初步编出的有X射线源的«乌呼鲁表»,已载有125个X射线源。

已知的X射线客体到目前为止只有少数几个被证认有光学对应体。由卫星«乌呼鲁»报导,在探测到的源中有多种类型的客体。已知有三个星系(大、小麦哲伦云,仙女座大星云M-31),三个强射电星系(室女座A,武仙座A,天鹅座A),两个赛斐尔特(Seyfert)星系(NGC1275,NGC451)和六个超新星遗迹(如蟹状星云,仙后座A等)。星系丰富的星系团往往是X射线源,如室女、后发、英仙星系团等。室女星系团的最强X射线源广延达 $1^\circ$ ,星系87位于其中,估计每个星系的平均X射线光度在 $10^{44}$ 尔格/秒以上。

有一些X射线源,经光学证认已确定为密近双星的成员星<sup>[10]</sup>,例如半人马 $\chi$ -3,武仙 $\chi$ -1,天蝎 $\chi$ -1,天鹅 $\chi$ -1以及小麦哲伦云中的 $\chi$ -1等等。除了天鹅 $\chi$ -1是分光双星,其余都是食变星,它们的成员星之一是X射线星。

大量射电脉冲星的发现,诱导人们去探索X射线脉冲星的存在。观测的主要困难是,脉冲星的周期可短到数十毫秒。随着新的探测接收技术特别是相位分析、傅利叶分析等方法的发展,使这种发现成为可能。1969年首先报导发现蟹状星云脉冲星NPO532的脉冲X射线,它和对应的光学脉冲几乎有完全相同的周期和双峰现象。以后发现,半人马 $\chi$ -3和武仙 $\chi$ -1等都是著名的X射线脉冲星,其脉冲周期分别为4.8秒和1.24秒,特别有趣的是半人马 $\chi$ -3的脉冲周期在1小时内可增减万分之几,从而对脉冲星机制研究提出了新的问题。应该说,X射线脉冲星的发现是当代天文学领域中重大成就之一,它的发现对双星演化过程有特殊重要意义。

格拉顿(Gratton)<sup>[11]</sup>曾将各种X射线源划分为三种类型:

(1)河内延伸体,如蟹状星云等,这类天体都是超新星爆发后的遗迹;

(2)河内类星体,它们是紧密的客体,具有陡峭的能谱,天蝎座 $\chi$ -1星是其中典型的代表;

(3)河外客体,大、小麦哲伦云,M-31,类星体3C273均属这类客体。据卫星«乌呼鲁»的初步报告,四分之一左右的源离银道面较远,它们可能是河外客体。

X射线源的空间分布是X射线天文中的重要问题之一。美国ASE小组为研究这个问题进行了多次火箭考察,他们的结论是:X射线源与银河旋臂有连系的假设是可疑的;河内X射线客体的大部分来自超新星遗迹的结论也是不适当的。格拉顿的意见是:X射线源的银面聚度和银心聚度都是十分高的,而超新星遗迹的分布却并没有群集在银心方向的倾向;除少数几个

超新星遗迹外,已知的X射线源中绝大多数属于中介子系,它同脉冲星的银道分布很不相同。

X射线分立源有三种特征性的频谱形式:

(1)黑体辐射:为光学很厚的热辐射体所发射,能量分布由普朗克分布表征,能谱形式为

$$dJ(\nu) \sim \nu^2 e^{-h\nu/KT} d\nu.$$

(2)稀薄热等离子体辐射:辐射体的密度很低,这种辐射即是通常所说的热韧致辐射,能谱形式为

$$dJ(\nu) \sim \nu^{-1} e^{-h\nu/KT} d\nu.$$

(3)同步辐射:能谱形状有很大变化,可用幂律谱表征

$$dJ(\nu) \sim \nu^{-(\alpha+1)} d\nu.$$

随着新的观测技术的引进,大量观测资料的累积,为建造理论模型提供了初步的数据。

普伦德盖斯特(Prendergast)等人<sup>[12]</sup>早年提出的双星-气束模型,至今对于一些密近双星系统的X射线源象半人马 $\chi$ -3、武仙 $\chi$ -1等仍然具有重要意义。一般认为,在这种双星系统中,其中紧密的子星已演化到恒星晚期阶段,即白矮星、中子星、黑洞阶段;具有X射线脉冲的双星,其紧密的子星很可能是快速旋转中子星。双星-气束模型中认为气体从较为延伸的子星逃逸,落进在紧密的简并态子星的引力位阱中,这种气体物质被紧密子星俘获后,很快将其动能转化为热能,产生很高的温度并引起很强的X射线发射,而随着辐射的增长,最后,气体物质流将为辐射压所平衡,阻止物质进一步落入到紧密子星。

蟹状星云X射线分立源(金牛座 $\chi$ -1星)也认为是研究得比较清楚的,它是超新星爆发后的遗迹,目前它的射电、光学和X射线区的能谱都很确定。已知它的X射线辐射至少由两个分量组成:其一来自跨度约1.5到2弧分的广延源,它的谱型在小于1KeV到500KeV以上为幂指数谱;另一为来自脉冲星NP0532的更硬的幂指数谱型辐射。普遍认为X射线辐射最可能起源于磁场中电子的同步加速辐射,并与光学、射电连续谱有着内在的联系。近来发现蟹状星云的X射线辐射也象光学和射电辐射一样,带有偏振<sup>[13]</sup>,这个事实直接支持上述观点。取由光学方法定出的 $10^{-3}$ 高斯磁场值,为了产生所观测到的X射线辐射,估计大约需要 $10^{13}$ — $10^{14}$ eV能量的电子。同步辐射假设的困难在于如何来维持这些相对论性电子的寿命,因为辐射损耗使这种电子只允许存在 $10^7$ 秒的时间。人们早已知道,脉冲星NP0532直接构成蟹状星云X射线总辐射的一部分。蟹状星云的每33ms重现的脉冲X辐射自然可以认为来自旋转的中子星<sup>[14]</sup>,它的2—3光年的发射区域尺度正好相当于相对论性电子的同步辐射寿命,这又有力地支持了蟹状星云的X辐射是同步辐射的假设。

X射线天文观测的另一个课题是关于弥漫的X射

线辐射背景测量。几乎是各向同性的宇宙 X 射线弥漫背景辐射的发现,被认为是六十年代天文学的重大成就之一,它对天体起源和演化都有重大意义。Oda 评述了光子能量在 100KeV 以下区域的弥漫辐射背景测量现状,建立了由指数为  $-1.7 \pm 0.2$  的幂指数谱所表示的能谱。近年来的一些观测表明,在 0.25KeV 处的流量高于 1—100KeV 的能谱外插值, X 射线的频谱形状明显地向上偏离。在 1—100KeV 范围内,许多人指出 Oda 得出的结论过于粗糙,认为在频谱中很清楚有一个“弯折”存在。因此各向同性的背景辐射要用两个幂指数来代表。在 X 射线弥漫背景观测基础上,也进行了  $\gamma$  线弥漫背景的观测和研究。初步测量表明,在  $\gamma$  线区,弥漫背景辐射也呈现幂指数谱,但是和 X 射线背景谱形并非完全一致。在 100KeV—1MeV 区域幂指数大约为  $-2.2$ ,因此这个“弯折”现象进一步得到肯定。但是在 1—5MeV 范围内,谱形却呈现流量过剩。频谱弯折的现象是重要的,近来已广泛地得到讨论,因为它可能得到一河外源模型的重要启示<sup>[11]</sup>。另外有趣的是,银河中的电子谱的斜率在 3BeV 处有改变,这与几百 MHz 波段处星系同步加速背景谱的弯折有联系,相似的倾向在某些其它正常星系的射电谱中也被观测到。Brecher 等人认为,如果在所有的星系,电子谱在 3BeV 处有一弯折存在,则可以合理地解释 X 射线背景谱中的弯折现象。

弥漫背景辐射的起源是一个比较复杂的问题。不考虑宇宙论演化模型,弥漫背景的起源模型主要有两类。一类是将 X 射线背景作为分立源的累积效应来考虑。这类模型不求助于宇宙论演化效应,而用已知类型的分立源来解释,肯定有着难以克服的困难。另一类是期望发射机制在整个星系际空间起作用,在这方面可能有很多辐射过程存在,康普顿辐射将是最重要的。基于星系际空间的大部分辐射存在于  $2.7^\circ\text{K}$  的微波区域, Felten 等人认为各向同性的 X 射线和  $\gamma$  线背景可以用星系际空间广泛存在的微波子的逆康普顿散射来解释,当各向同性的辐射为快速电子散射时,微波子的能量将过渡到 X 射线区域。他们还指出,星系际

相对论性粒子的流量足以产生 X 射线背景辐射。

上面我们简单地介绍了空间天文近十余年来取得的进展。涉及的方面是有限的,例如我们未介绍红外天文、紫外天文以及宇宙射线物理方面的情况,而这些肯定也是重要的。需要加以指出的是,空间天文虽然取得了一些成果,但是整个地它还处在非常年轻的阶段。犹如四十年代的射电天文一样,真正重大的成就还在后面。随着空间技术和探测手段的进一步改善和发展,我们相信,新的发现将会一个接着一个出现,空间天文将进入一个更加蓬勃发展的时期。

### 参 考 文 献

- [1] Lüst, R., *Interstellar Gas Dynamics* (ed. by H. J. Habing), (1970), 249.
- [2] Holzer, T. E., *J. Geophys. Res.*, **77** (1972), 5407.
- [3] Parker, E. N., *Astrophys. J.*, **128** (1958), 664.
- [4] Chen, W. M., et al., *J. Geophys. Res.*, **77** (1972), 1.
- [5] Schatten, K. H., Wilcox, J. M., and Ness, N. F., *Solar phys.*, **6** (1969), 442.
- [6] Burlaga, L. F., et al., *J. Geophys. Res.*, **76** (1971), 7516.
- [7] Burlaga, L. F., *Space Sci. Rev.*, **12** (1971), 600.
- [8] Fan, C. Y., et al., *J. Geophys. Res.*, **73** (1968), 1555.
- [9] Kondo, I., et al., *Solar Flares And Space Research* (ed. by C. de Jager and Z. Švestka), (1969), 134.
- [10] Dolan, J. F., and Fazio, G. G., *Rev. Geophys.*, **3** (1965), 319.
- [11] Cheng Chung-Chieh, *Space Sci. Rev.*, **13** (1972), 3.
- [12] Kahler, S. W., et al., *Astrophys. J.*, **162** (1970), 293.
- [13] Takakura, T., *Solar Flares And Space Research* (ed. by C. de Jager and Z. Švestka), (1969), 144.
- [14] Pounds, K. A., *The Observatory*, **92** (1972), 193.
- [15] Gratton, L., *IAU Symposium*, —37 (1970), 162.
- [16] Prendergast, K. H., and Burbidge, G. R., *Astrophys. J. (Lett.)*, **151** (1968), L83.
- [17] Linke, R., Novick, R., and Weisskopf, M. C., *Bull. Ann. Astron. Soc.*, **3** (1971), 392.
- [18] Shklovsky, I. S., *Astrophys. J.*, **159** (1970), 77.
- [19] Silk, J., *Space Sci. Rev.*, **11** (1970), 671.

(上接 382 页)

在个别文章中,如“哲学和物理学”栏中,而应该贯彻在一切文章中。《物理》中好些文章中看不出是如何揭露矛盾解决矛盾的。

三、工农兵学员登上科学技术舞台问题。《物理》注意到发表一些工农兵学员的文章,这是可喜的事,但是原封不动地把他们的论文刊登出来还是不够的,需要作一些分析的介绍,或者由工农兵学员讲他们的学习经验体会,作用会更大些。

四、开展物理学重大问题的讨论。这是“小人物”提出来的一个重要问题,应该鼓励大家闯一闯物理学

上的“禁区”,让大家来参与近代物理学(譬如相对论、量子论)中唯物主义和唯心主义的斗争。当然在讨论过程中有些人的意见可能有片面性,但也不要紧,在争论中是能够得到正确解决的。

五、关于批林批孔斗争的问题。这是一个重大和现实的问题。我觉得不一定限于我国科学技术史和我国科学工作的实际。也可以结合外国的,在外国科学史中也有不少“小人物”作出大贡献的事情,有不少反对旧传统的例子。也可以揭露和批判资本主义和修正主义腐朽倒退的社会制度阻碍科学技术发展的事例。

新疆麦盖提扎拉提学校 周石