

能量来源问题;地球极移问题;地球内部的热能积累、地幔对流和地幔柱的形成问题;磁极倒转问题;地球外空场的物理过程对地球内部物质的能量传递和能量转化问题等等。这些重大的地学理论问题都和处于极高压力下的地核物态有关。目前正在对这些内容进行深入的研究。

参 考 文 献

[1] 钱学森,《物理力学讲义》,科学出版社,(1962),167.

- [2] 中国科学院贵阳地球化学研究所编译,《简明地球化学手册》,科学出版社,(1977),5.
[3] A. Ф. 卡普斯金斯基《关于地球的理论》,《地球化学与矿物学问题》,科学出版社,(1958),40.
[4] L.-G. Liu, *J. Geop. Res.*, 78-17 (1973), 3501.
[5] L.-G. Liu, *Nature*, 258(1975), 510.
[6] H.-K. Mao and P. M. Bell, *C. I. W. Year Book*, (1976), 75.
[7] C. G. Fälthammar, *Magnetospheric Phys.*, 44 (1973), 93.
[8] L. P. Block, *Magnetospheric Phys.*, 44(1973), 103.

发展中的宇宙射线天文学

范钦敏 唐孝威

(中国科学院高能物理研究所)

1962年,罗西等人在火箭上放置了几个薄云母窗盖革计数器,本想研究太阳辐射引起的月面荧光X射线,然而观测的结果,却意外地发现,在银河系中心方向有一个奇特的能发射X射线的星体——天蝎座X-1。它发射X射线的本领十分巨大,其X射线辐射功率竟比太阳各种辐射功率的总和还大上千倍。天蝎座X-1的发现,揭开了天文学发展史上新的一页。从此,天文观测开始出现了一个崭新的发展方向。十多年来,已取得了很多重要的进展。

一、从光学天文到全波天文

六十年代以来,随着人造卫星、探空火箭和大型气球等运载工具的发展,突破了大气屏障。同时,把粒子探测技术不断地应用于天文观测,从而使观测波段逐步向短波方向推进,开创了空间X射线和 γ 射线的天文学研究,发现了诸如强X射线源、X射线脉冲星、空间 γ 射线爆发、中高能 γ 射线源等一系列新型天体或新的天体过程。与此同时,宇宙射线荷电粒子及中微子等的观测手段也不断地被引用到天文学研究中来,发现了诸如太阳中微子短缺、宇宙射线

重元素丰度偏高等一些重要的天体物理现象。由此诞生了天文学的一个新分支——宇宙射线天文学。宇宙射线天文学的兴起,又一次开拓了天文学的境界,把天文学研究极大地向前推进了一步。如今,宇宙射线天文学与光学天文学、射电天文学一起已成为现代天文学的三个重要组成部分。

随着宇宙射线天文学的出现,天文学研究开始进入了一个“全波天文”的新阶段。这里所谓“全波”,一方面意味着对空间电磁辐射的观测已经可以从很低的能量起一直延续到很高的能量;另一方面也表示当今天文观测所包罗的粒子种类已十分丰富。凡是从宇宙空间射来的几乎所有的可观测粒子,天文学都可以从中获取相应的信息。全波天文的创立,对于揭示天体过程及其演化规律无疑将是十分有益的。这是因为,通过全波观测,才有可能获得比较完整的天体信息。

宇宙射线天文学的兴起,不过是近十余年的事,但它的发展却很迅速。按照观测对象的不同,如今宇宙射线天文学可以划分为X射线天文学、 γ 射线天文学、中微子天文学以及荷电粒子天文学等。以下我们将分别对宇宙射线天

文学各个分支的现状作一简要的介绍。

二、X 射线天文学

近十多年来,空间X射线的研究取得了很大的进展。在揭示许多天体现象方面,X射线天文学已显示出十分独特的威力,它所取得的成就对于天体物理学的几乎所有方面都有着巨大的影响。因此,当前X射线天文学受到了天文学工作者极大的注意。

空间 X 射线流

对空间X射线流的观测,除了极软的部分(≤ 100 电子伏)有可能继续沿用聚焦、分光等一类办法外,其它X射线的测定都需要用粒子探测器。常用的探测器大致可以分为两类。一类是较低能量(约1—50千电子伏)的X射线探测器。例如,带薄窗的正比计数管。这类探测器的有效面积可以做得较大,从而有可能探测空间的弱X射线流。另一类是较高能量($> 35-50$ 千电子伏)的X射线探测器。例如用NaI(Tl)或CsI(Tl)晶体制成的闪烁计数器以及用Si(Li)作的半导体探测器等。

由于地球大气对空间X射线有强烈的吸收,因此,通常把探测装置用运载工具带入高空进行观测。六十年代期间,利用火箭和气球作运载工具,在空间找到了一些能发射强X射线流的天体。因为这些天体类别很多、形状也很不一样,因此将它们通称为X射线源。七十年代以来,由于发射了专门用来研究空间X射线的天文卫星(如乌呼鲁卫星、水怪V号卫星、SAN-3卫星、ANS卫星等),进而观测到许多先前所不知道的空间X射线源,使这类源的观测数目从十几个急增到近二百个。所观测到的X射线源,大部分都位于我们的银河系内,而且在银道面附近集中得比较多。在银河系以外,近年来也曾找到过一些X射线源。此外,X射线观测还发现,在宇宙空间存在着一种弥漫的X射线本底辐射,它与3K的微波背景辐射有着密切的关系。

一些新的发现

在X射线天文学中,近年来发现的“X射线爆发源”十分引人注目^[1]。这类爆发所辐射的X射线功率十分巨大,为太阳总辐射功率的 10^6 倍以上。爆发持续的时间很短,仅为数秒到数十秒。持续时间过后,X射线流便急速下降。爆发流的X射线能量绝大部分都低于50千电子伏。不少爆发源在经过数小时到数十小时之后爆发又会再现。关于这类爆发是如何产生的?与什么样的天体过程相联系?这是今日天体物理学中一个令人不解的问题。

1971年以来,还发现了一批“X射线脉冲星”^[2]。从这些脉冲星上可以记录到强的X射线脉冲,而射电脉冲却非常微弱。因此,X射线脉冲星并不就是射电脉冲星。另外,射电脉冲星的脉动周期是很稳定的,但X射线脉冲星的脉动周期却常有变化,有的甚至愈来愈短。因此,这是一类新型的X射线源。关于这类X射线源是怎样形成的?遵循什么样的演化规律?这些是当今X射线天文学中极为重要的研究课题。

X射线天文学诞生以来,在短短的十余年时间内,揭示了一系列前所未有的新型天体,获得了很多用光学天文或射电天文手段所无法得到的天体信息,从而极大地扩展了天文学的研究领域,取得了十分可喜的成就。

三、 γ 射线天文学

1960年用气球观测高空 γ 辐射,发现了来自银河平面处的 γ 射线流,在银河中心方向特别强烈。后来的观测表明,一些发射强烈无线电辐射的射电源,如天鹅座A源、蟹状星云等都同时发射 γ 射线流。近十多年来,用气球或人造卫星对来自宇宙空间各种能量的 γ 辐射进行了细致的观测,获得了很多重要的天体信息。

空间 γ 射线流

空间 γ 射线流是多种多样的,它们有各种不同的来源。很多天体上都在进行着原子核或

基本粒子的转化反应,其中包括激发核的退激、粒子的俘获、正反粒子的湮没、不稳定粒子的衰变等。这些过程通常都会产生 γ 射线。拿 π^0 介子来说,它是高能宇宙线粒子与星际物质核作用过程中大量出现的一类中性介子,这类介子的衰变便是较高能量空间 γ 射线的一个重要来源。空间质子流和反质子流的湮没也能贡献出较高能量的特征 γ 射线。一部分较低能量的空间 γ 射线,它们通常也是某些核过程的产物。例如,最常见的高能质子与碳、氧等原子核的非弹性散射所产生的受激核(C^* 和 O^*),会分别出射4.38和6.2兆电子伏的谱线。在扩展的 γ 射线谱中,还包括有2.23兆电子伏谱线,它是由于星际氢俘获自由中子所产生的 γ 辐射。在分立的星体 γ 射线源上,由星体爆发产生的放射性核素的衰变,也能出射各种 γ 射线。此外,在某些星体过程中会出现大量的电子-正电子湮没,从而出射0.511兆电子伏 γ 射线谱线。

除上述之外,某些超新星爆发及超新星遗迹也是较高能量空间 γ 射线的重要来源。另外,宇宙线粒子在传播过程中与星际介质作用引起的康普顿散射、韧致辐射以及同步加速辐射,同样是空间 γ 射线的重要来源。

由于 γ 射线流与物质作用时,常常会出射某些荷电粒子流,因此,一般的荷电粒子探测器都可以用来作为 γ 射线探测器。有时为了对空间 γ 射线进行细致的观测,可以将几种不同类型的探测器组合起来使用。图1是一种实用的

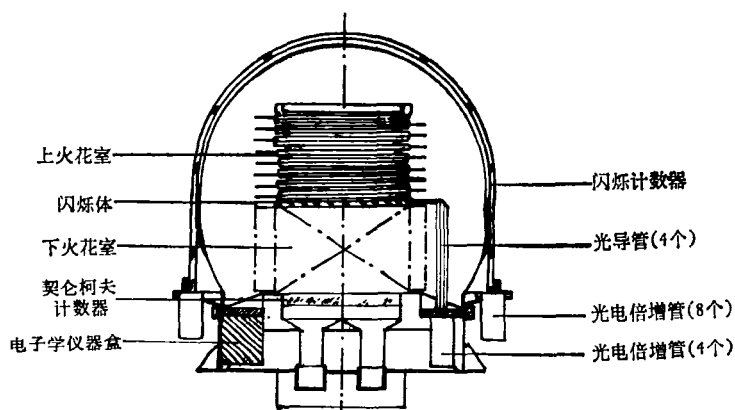


图1 一种组合型空间 γ 射线探测器

组合型空间 γ 射线探测器。

新的进展

近几年来,随着运载工具及探测装置的不不断发展, γ 射线天文观测取得了不少新的进展。例如,(1)确认了各向同性的 γ 背景辐射的存在,在1-10兆电子伏能区还观测到这类背景辐射光子流存在着某种涨高现象^[3]。这可能与原初宇宙线粒子能谱在 $\sim 10^{15}$ 电子伏附近变陡有关。(2)对银面高能(> 100 兆电子伏) γ 射线流以及它们沿银径方向的分布进行了细致的观测^[4]。因为这类分布与银河系 γ 射线起源、银河系宇宙射线密度分布以及物质密度分布等都有直接的关系,因此这类观测很重要。测得的银径分布支持宇宙线起源于超新星的假设。(3)对银河中心区域的 γ 射线能谱进行了细致的测定。在连续谱的背景上,清楚地分辨出若干条特征能量的 γ 射线谱线^[5]。这些谱线对于研究银河中心区域的核过程甚为重要。(4)近年来,在卫星的符合观测中发现了一种空间 γ 射线流突然猛增的现象,即所谓的“ γ 射线爆发”^[6]。爆发光子能量集中在0.1-0.2兆电子伏范围内,爆发持续的时间很短,约为数秒到数十秒之间。迄今所记录到的这类爆发事例已达数十次之多。目前对爆发产生的机制争议很大,已成为 γ 射线天文学中一个十分引人注目的课题。(5)近年来的观测发现,从一些射电脉冲星(如

PSR 0531 + 21、PSR 0833-45、PSR 1747-46、PSR 1818-04等)上可以记录到脉冲 γ 射线流^[7]。而且,有些脉冲星(如蟹状星云脉冲星)还在持续不断地发射 10^{11} - 10^{12} 电子伏的高能 γ 射线流。这些 γ 射线流是如何产生的?与什么样的天体过程相联系?这些也是今日 γ 射线天文学需要着力研究的问题。

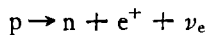
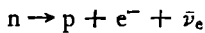
四、中微子天文学

如今,对于从空间来的各

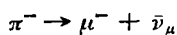
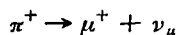
种光子流及荷电粒子流，天文学都可以进行细致的观测，并从中获取相应的天体信息。但是，在这类观测中，有一个共同的缺陷，那就是只能看到星体表面的情况，而无法了解星体内部的真实图象。这是因为，从星体内部发出的光子流或荷电粒子流，很容易与星体物质发生相互作用，从而无法原封不动地到达星体表面并放射出去。这样凭借这些粒子流就得不到星体内部真实信息。例如，从太阳内部发出的光子，由于与太阳物质发生次数极多的碰撞而需要经过大约几百万年甚至上千万年的时间才能到达太阳表面。因此，在地球上看到的太阳光子流，它们所携带的信息，是它们在太阳表面附近发生的最后一次碰撞所赐予的，和这些光子在太阳内部热核反应过程中产生时的情况相比是很不一样的。因此，观测太阳表面的光子流，并不能反映太阳核心部分正在进行着的反应过程。然而，有一种粒子——中微子，即使产生在非常致密的星体内部，它们也能够比较迅速地几乎原封不动地跑出来。例如，在太阳内部由热核过程所产生的中微子，由于它们的平均自由程比太阳半径还大，因此，可以很容易地穿透太阳。它们从太阳中心到达地球所需的时间仅约 8 分钟。因此，在地球上通过太阳中微子的观测可以获知太阳中心部分的宝贵信息。

空间中微子流

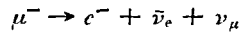
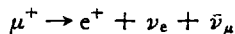
就目前所知，中微子有两类，一类是电子中微子 (ν_e)，一类是 μ 子中微子 (ν_μ)。 ν_e 及其反粒子 ($\bar{\nu}_e$) 往往在 β 衰变中产生。



另外，在一些低能核反应过程中，也经常产生电子中微子。例如太阳的热核过程就能产生大量的中微子。 ν_μ 及其反粒子 ($\bar{\nu}_\mu$) 往往在 π 介子衰变中产生。



此外， μ 子衰变能够同时产生两类中微子



上述中微子产生过程，在宇宙空间是经常出现的，由此形成大量的空间中微子。图 2 列举了空间中微子的几种主要来源。例如，在很多天体上，通过各种原子核或基本粒子的反应，常常会产生中子、 π 介子及 μ 子等，它们衰变时就会放出中微子来，从而形成从空间直接射来的中微子流。类似的过程也会在高能宇宙射线与星体物质或星际介质相互作用时产生，从而在这些过程中也会发射出中微子流来。从太阳直接射来的中微子也是很多的。此外，高能宇宙射线进入地球大气层时，与大气层物质发生相互作用，也会产生 π 介子和 μ 子等，从而形成起源于大气层的中微子流。

从某些快速演化星体（如超新星）上，预期也会发射出十分强大的中微子流。我们知道，从这些星体上可以发射十分强大的光子流。但是，在有些情况下，它所发射的中微子流的辐射功率甚至比光子辐射功率还要强得多。可见，中微子流在这类星体演化过程中起着特别重要的作用。

中微子是一种不带电的轻子，它们仅参与弱相互作用。正因为如此，它们的穿透本领极强，因而可望成为星体内部信息的最可靠传递

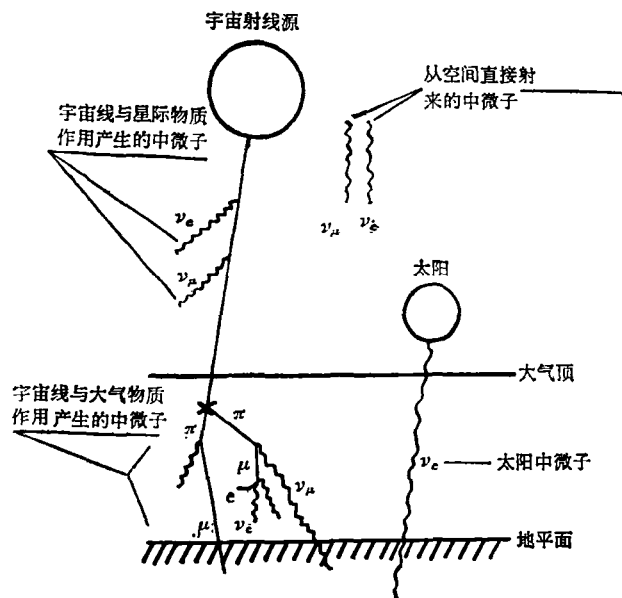
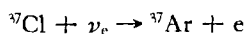


图 2 空间中微子的几种主要来源

者。但是，中微子极强的穿透性同时也给实验工作带来很大的困难。例如，能量为 10 亿电子伏的中微子，在穿过整个地球直径的物质层时，与地球物质发生相互作用的几率只有 $\sim 10^{-11}$ ，即一千个中微子中，只有一个能发生相互作用，其它的都毫无阻挡地直接穿透出去了。对于直接穿出的这些中微子，由于没有发生任何作用，因此在地球范围内是无法进行探测的。可见，中微子的探测是一项十分艰巨的工作。目前，中微子天文学的实验成果甚少，主要就是受中微子探测方法的限制。

太阳中微子

太阳中微子的实验观测是由戴维斯等人首先开始的^[8]。他们用大体积的四氯化碳作靶，借助于下列反应



所生成的放射性核素 ^{37}Ar 来探测太阳中微子。靶被放在离地面四千多米深的矿井内，以减少宇宙线本底。他们曾用 39 万立升约 610 吨四氯化碳做实验，用活性炭吸附所产生的 ^{37}Ar 气体分子，并用低本底正比计数管记录 ^{37}Ar 的 β 衰变。戴维斯等人经过二十余年的努力，太阳中微子实验的精度有了很大的提高，但至今实验值与理论值之间仍不一致。若将实验中每个 ^{37}Cl 核每秒钟俘获 10^{-36} 个中微子定义为 1 个 SNU (太阳中微子单位)，则按照目前最流行的太阳热核过程理论所预期的太阳中微子俘获率应为 5.5 SNU^[9]，而 1976 年报道的实验测量值还不到 1 SNU^[10]。近年来，不少人从天文学和物理学的不同角度对这个问题进行了论述，提出了各种可能的解释。这件事表明，太阳中微子的研究对于认识太阳内部过程乃至了解中微子自身的特性等都是很有意义的。

中微子天文学诞生以来，由于它具有区别于其它天文学的独特之点，因此正在逐渐地引起人们的注意。虽然，目前探测中微子的方法还有很多困难。但是可以相信，随着物理学和天文学的不断发展，中微子天文学终将会成为天体物理学的一种得力工具。

五、荷电粒子天文学

在地面上用荷电粒子探测器可以观测到来自地面之外的荷电粒子流。这些荷电粒子有的是从宇宙空间直接射来的，称为原初宇宙射线荷电粒子；也有的是原初宇宙射线进入地球大气层后，通过与大气物质相互作用产生的，称为次级宇宙射线荷电粒子。

宇宙线荷电粒子流

原初宇宙射线的大致组成为：质子 85%， α 粒子 12.5%，其它原子核 1.5%，电子 1%。如今，元素周期表上几乎所有的元素都已经在原初宇宙射线中找到了。原初宇宙射线粒子在地球大气层外的总通量约为 $1/(\text{厘米})^2 \cdot \text{秒}$ ，与此相应的能量密度约为 1 电子伏/厘米³。粒子的强度通常都随着能量的增高而迅速减弱。对原初宇宙射线荷电粒子流的观测，通常都在卫星、气球等运载工具上进行。常见的荷电粒子探测器，如乳胶、固体径迹探测器、半导体探测器、闪烁计数器及契仑柯夫计数器等，都可以用作荷电粒子天文学的探测工具。有时也可以把几种探测器组合起来使用，以对荷电粒子作较为详尽的描述。

次级宇宙射线中包括的粒子种类很多。其中有 π^0 、 π^\pm 、 μ^\pm 、 e^\pm ，还有部分质子、中子以及

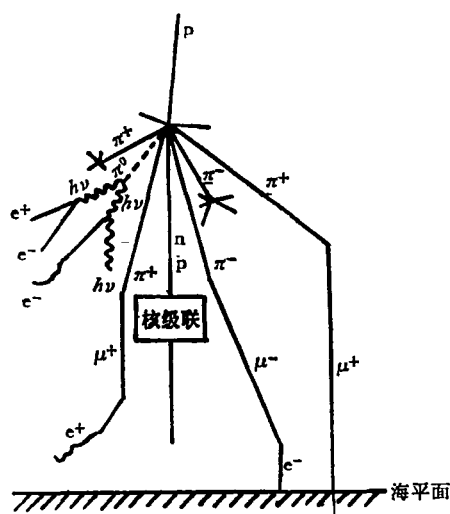


图 3 原初宇宙射线在大气中的传播

各种能量的光子、中微子等。原初宇宙射线在大气中的传播及其次级粒子的产生情况可参看图 3。

宇宙线荷电粒子的天文学研究

宇宙射线粒子可以看作是从空间射到地面上来的一种物质流。由于这些物质流绝大部分起源于太阳系之外,因此,它们是地球上迄今所能获得的唯一的银河系物质样品。荷电粒子天文学正是利用这些样品来研究银河系星体物质的运动形态的。例如,近年来对原初宇宙射线中各种元素的丰度、元素的各种同位素丰度以及它们随能量的变化,都进行了仔细的观测^[11]。根据观测的结果,可以对宇宙射线起源处各种元素的生成过程进行细致的描述。另一方面,根据原初宇宙射线中重元素的相对丰度显著地高于太阳系丰度这一观测事实,可以认为,宇宙射线主要起源于恒星演化晚期,因为晚期爆发的合成反应才能生成较多的重元素。这样,通过宇宙射线中元素丰度的观测,便为恒星晚期演化过程的研究开创了一条重要的途径。

宇宙射线中有一些轻原子核(如锂、铍、硼等),它们并不是最初的宇宙射线,而是最初的宇宙线重核通过星际空间时与星际物质作用发生散裂反应的产物。根据散裂反应的截面以及这些轻核的丰度,可以估计出它们是在重核穿过平均厚度约为 5—7 克/厘米²物质层时所产生的。这个物质层可以视为宇宙射线粒子自产生后在空间飞行所穿越的平均射程。若取星际物质的平均密度为 1 氢原子/(厘米)³,则由此即可推算出宇宙射线粒子的平均寿命约为数百万年^[12]。近年来,对宇宙射线中一些同位素(如¹⁰Be)的相对丰度又作了进一步的观测^[13]。发现宇宙线粒子的平均寿命要 $\geq 10^7$ 年。这个结果对于研究宇宙线的传播以及星际介质的密度等都是很有意义的。

新的探索

宇宙射线是天体物理过程提供给我们的一个丰富多彩天然粒子源。其中,有许多宝贵

的东西值得去探索。

多年来一直在原初宇宙射线中寻找反物质。虽然,至今还没有反物质存在的确实证据,但反物质的寻找一直在持续地进行着。因为,如果在宇宙射线中找到了比较重的反核(反物质原子核),则将证明宇宙中存在着反物质世界。这对于宇宙论和天体演化学无疑都是一桩重大的事件,因此很值得予以重视。

宇宙射线粒子是宇宙空间天体演化过程的一种产物。在各种复杂的天体物理过程中,在地球上目前还无法实现的各种极端无体条件下,有可能在某些星体上产生一些新的物质粒子。例如,目前物理学正在积极寻找的磁单极子、分数电荷粒子等。如果产生的这些新粒子和其它宇宙线粒子一样能从星体上发射出来,并且它们的寿命比较长,足以从产生处来到地球空间,那末,在原初宇宙射线观测中,就有可能找到这些宇宙起源的新粒子。

现在知道,很多天体物理过程都能发射大量的高能粒子,其中有些是目前加速器还无法得到的超高能粒子。例如,现今观测到的宇宙线粒子的最高能量已达 10^{20} 电子伏,而目前加速器加速粒子的最大能量约为 10^{12} 电子伏。这些宇宙线高能粒子,在传播过程中,在与地球大气层的作用过程中,由于其初始能量非常高,因此很可能打出一些质量很重的新粒子,例如理论上所预言的层子、中间玻色子等。无论在原初宇宙射线中还是在次级宇宙射线中,寻找目前在地球上还无法得到的新的物质粒子,都是很有意义的工作。如果在宇宙射线中确实找到了这类新粒子,那将对物理学和天文学产生深远的影响。

天体处于自身历史发展的进程中,不同演化阶段的星体有着各自不同的特点。例如,可见光辐射是太阳一类普通恒星过程的产物,但可见光却很少出现在 X 射线源或 γ 射线源中;宇宙线荷电粒子流是某些高能天体过程的产物,但这些粒子流在普通恒星过程中产生得却很少。像太阳这一类恒星仅能贡献银河系宇宙
(下转第 96 页)

玻璃激光器的中等波长和CO₂激光器的长波上,该方案的主要打靶实验将继续进行.现在,方案的主要任务,是将于1984年在洛斯·阿拉莫斯建立和运转100千焦耳的Antares CO₂激光器,在洛伦斯·利弗莫尔建立和运转300千焦耳的Nova Nd:玻璃激光器.

前 景

系统研究已提出需要解决的工程问题的范围,并且已确定关于反应堆和发电厂设计的关键问题.大量的反应堆的概念设计已被提出,以适应靶的从中等增益到很高增益范围的不同尺寸爆炸室;增殖氘并引入靶中参加循环,完成壁的保护和热传导,以及保护最后的光学系统

(对激光来说)或最终的聚焦元件(对粒子束来说).

因为驱动器效率 η 和靶丸能量增益 Q 的乘积很高,基于靶丸聚变的发电厂的发展显然要经过较长时间的选择.由于 η 大约为5—10%——现在正研制的某些激光器的合理的目标——为了经济生产能量也许将需要100—200的靶丸能量增益.

近几年来大规模聚变研究揭示出:证明几种聚变研究途径的现实性已没有严重的障碍.从80年代初期到中期,在有关证明磁约束聚变和惯性约束聚变现实性的示范方面,应能获得重要的结果.

(边吉摘自“Physics Today”1978年5月号50—58页,聂玉昕校)

(上接第52页)

线荷电粒子总量的百万分之一.如今,宇宙射线天文学已成为研究那些以发射宇宙线为特征的天体过程的一个主要手段.宇宙射线天文学出现以来,天图上增添了一系列新型天体,也发现了不少新的天体物理现象.今后,随着探测手段和研究方法的改进,随着对各种宇宙线成分及各个能量区域进行的更深入细致的观测,可以相信,宇宙射线天文学定将结出更为丰富的硕果.

参 考 文 献

- [1] W. H. G., Lewin, *Mon. Not. R. A. S.*, **179** (1977), 43.
- [2] L. C., Green, *Sky and Telescope*, **53**(1977), 340.
- [3] E. P. Mazets, et al., *Ap. Space Sci.*, **33**(1975), 347;
G. Vedrenne, et al., *Astr. Ap.*, **15**(1971), 50;

- J. I. Trombka, et al., *Ap. J.*, **212**(1977), 925.
- [4] W. L. Kraushaar, et al., *Ap. J.*, **177**(1972), 341.
- [5] R. C. Haymes, et al., *Ap. J.*, **201**(1975), 593.
W. L. Imhof, G. H. Nakano, *Ap. J.*, **214** (1977), 38.
- [6] R. W. Klebesadel, et al., *Ap. J. Lett.*, **182** (1973), L85.
- [7] P. Albats, et al., *Nature*, **240**(1972), 221.
C. E. Fichtel, *Ap. J.*, **198**(1975), 163.
- [8] R. Jr., Davis, *Phys. Rev.*, **97**(1955), 766.
R. Jr., Davis, *Phys. Rev. Lett.*, **12**(1964), 303.
R. Jr., Davis, et al., *Phys. Rev. Lett.*, **20**(1968), 1205.
- [9] J. N. Bahcall, et al., *Ap. J.*, **184**(1973), 1.
- [10] J. N., Bahcall, R. Jr., Davis, *Science*, **191**(1976), 264.
- [11] E. Juliusson, *Ap. J.*, **191**(1974), 331.
- [12] B., Peters, *Pontif. Acad. Sci. Scripta Varia*, **25**(1963), 1.
- [13] M. Garcia-Mounoz, et al., *Ap. J. Lett.*, **201** (1975), L141.