

目 录

目录	1
第一章 Neutron Star(LGS)	1
1.1 SLOWLY ROTATING RELATIVISTIC STARS. III. STATIC CRITERION FOR STABILITY	2
1.2 NEUTRON STAR MATTER.....	3
1.3 NEUTRON STAR ACCRETION IN A STELLAR WIND MODEL FOR A PULSED X-RAY SOURCE.....	4
1.4 NEUTRON STAR MATTER AT SUB-NUCLEAR DENSITIES ...	5
1.5 BLACK-HOLE NEUTRON-STAR COLLISIONS	6
1.6 ACCRETION BY ROTATING MAGNETIC NEUTRON STARS. II. RADIAL AND VERTICAL STRUCTURE OF THE TRANSITION ZONE IN DISK ACCRETION	7
1.7 ACCRETION BY ROTATING MAGNETIC NEUTRON STARS. III. ACCRETION TORQUES AND PERIOD CHANGES IN PULSATING X-RAY SOURCES.....	8
1.8 NEUTRON STARS ARE GIANT HYPERNUCLEI	9
1.9 THE BIRTH OF NEUTRON STARS	10
1.10 EQUATION OF STATE AND THE MAXIMUM MASS OF NEUTRON STARS	11
1.11 NUCLEOSYNTHESIS, NEUTRINO BURSTS AND GAMMA-RAYS FROM COALESCING NEUTRON STARS	12
1.12 SUPERNOVA MECHANISMS	13
1.13 FORMATION AND EVOLUTION OF BINARY AND MILLISECOND RADIO PULSARS	14
1.14 RECONCILIATION OF NEUTRON-STAR MASSES AND BINDING OF THE LAMBDA IN HYPERNUCLEI.....	16
1.15 DIRECT URCA PROCESS IN NEUTRON-STARS	17
1.16 A GENERALIZED EQUATION OF STATE FOR HOT, DENSE MATTER	18

1.17 NEUTRON-STAR AND BLACK-HOLE BINARIES IN THE GALAXY	19
1.18 THE RATE OF NEUTRON-STAR BINARY MERGERS IN THE UNIVERSE - MINIMAL PREDICTIONS FOR GRAVITY-WAVE DETECTORS	20
1.19 LIGO - THE LASER-INTERFEROMETER-GRAVITATIONAL- WAVE-OBSERVATORY	21
1.20 TIDAL INTERACTIONS OF INSPIRALING COMPACT BINA- RIES	22
1.21 FORMATION OF VERY STRONGLY MAGNETIZED NEUTRON- STARS - IMPLICATIONS FOR GAMMA-RAY BURSTS	23
1.22 1ST-ORDER PHASE-TRANSITIONS WITH MORE THAN ONE CONSERVED CHARGE - CONSEQUENCES FOR NEUTRON- STARS	24
1.23 MAGNETIC-FIELD DECAY IN ISOLATED NEUTRON-STARS .	25
1.24 GAMMA-RAY BURSTS AS THE DEATH THROES OF MAS- SIVE BINARY STARS	26
1.25 Millisecond Pulsars with Extremely Strong Magnetic-Fields as a Cosmological Source of Gamma-Ray Bursts	27
1.26 Neutron star crusts	28
1.27 Neutron-Star Dynamos and the Origins of Pulsar Magnetism	29
1.28 Gamma-Ray Bursts from Stellar Mass Accretion Disks around Black- Holes	31
1.29 Rapidly Rotating Neutron-Stars in General-Relativity: Realistic Equations of State	32
1.30 Gravitational-Waves from Merging Compact Binaries - How Accu- rately Can One Extract the Binary Parameters from the Inspiral Wave-Form	33
1.31 High Birth Velocities of Radio Pulsars	34
1.32 The R-Process and Neutrino-Heated Supernova Ejecta	35
1.33 On the Nature of Core-Collapse Supernova Explosions	36
1.34 Comparing Models of Rapidly Rotating Relativistic Stars Con- structed by 2 Numerical-Methods	38
1.35 The Soft Gamma-Repeaters as Very Strongly Magnetized Neutron- Stars .1. Radiative Mechanism for Outbursts	39

1.36	Nucleosynthesis in neutrino-driven winds .1. The physical conditions	40
1.37	Hyperon-rich matter in neutron stars	41
1.38	The ultra-metal-poor, neutron-capture-rich giant star CS 22892-052	42
1.39	Millisecond X-ray variability from an accreting neutron star system	43
1.40	The soft gamma repeaters as very strongly magnetized neutron s- tars .2. Quiescent neutrino, X-ray, and Alfven wave emission.....	44
1.41	Model neutron star atmospheres with low magnetic fields .1. At- mospheres in radiative equilibrium	45

第一章 Neutron Star(LGS)

1.1 SLOWLY ROTATING RELATIVISTIC STARS. III. STATIC CRITERION FOR STABILITY¹

1.1.1 Abstract

本论文提出了一种分析一个慢速的刚性转动的相对论性的恒星模型的径向脉动的稳定性的影响的方法。这个方法只能用于一参数的状态方程 $p = \epsilon(p)$ 的恒星模型，这个模型的绝热指数为 $\Gamma = (\epsilon + p)^{p-1}(dp/d\epsilon)$ ，例如白矮星、中子星。这个方法也能用于一个热的、等熵的(isentropic)恒星模型。这个方法并不涉及求解转动恒星的脉动的全部(full)的动力学方程；而只是对某个特别的非刚性的转动，构建一系列平衡参数(equilibrium configuration)，然后再将这些参数对应的质量或结合能与均匀转动的模型的质量或结合能进行比较。因此，这个方法是对慢速转动的恒星“静态稳定性分析”的一个推广，这种分析被广泛用于非转动的恒星。

1.1.2 Knowledge

在研究一个相对论性的恒星模型(超新星，中子星，致密白矮星)时，只计算平衡参数是不够的，还必须要研究在这些参数下的稳定性，来决定什么样的恒星能在自然条件下存在。(表明存在两个大的方向：[equilibrium configuration](#) 以及[稳定性\(stability\)](#))

1.1.3 Questions

1. Author: Hartle, J. B. Thorne, K. S.

Address: Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, and Department of Physics, University of California, Santa Barbara.

DOI:10.1086/149707

Journal: Astrophysical Journal(1968).

1.2 NEUTRON STAR MATTER¹

1.2.1 Abstract

中子星中的物质基本都是处于基态的，并且其密度可以达到甚至超过 $3 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ 。这里，我们确定了物质密度从 $4.3 \times 10^{11} \text{g/cm}^3$ (此时自由的中子开始从原子核中“滴出”)到 $5 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ (此时标准的核物质理论仍然是可靠的)的范围内物质的基态构成及其状态方程。我们通过一个可压缩的液滴模型来描述自由中子区域的原子核的能量，这个模型考虑了3个重要的特性：(i) 随着密度的增加，核内的核物质基团与核外的纯中子气体变得越来越相似；(ii) 中子气体的存在降低了核的表面能；(iii) 当原子核间的间距变得与原子核的半径相当时，将原子核维持在晶格上的原子核间的库伦相互作用会变得比较显著。我们发现在物质密度达到 $2.4 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ 时，原子核仍然存在；在这个密度以下，我们发现质子没有脱离原子核的趋势。在更高的密度区域内出现的核相与液相之间的相变过程如下所示。(随着密度的增加)原子核的尺寸增大，直到原子核相互接触；剩余密度(the remaining density)的不均匀性随着密度的增加而逐渐减小，直到其达到密度为 $3 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ 的一阶相变点时消失。这表明，均匀液相在密度为 $3 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ 以下时，随着密度的波动是不稳定的；最不稳定的密度波动的波长接近于核相(nuclear phase)的极限晶格常数。

1.2.2 Knowledge

1.2.3 Questions

1. Author: Baym, G. Bethe, H. A. Pethick, C. J.

Address: Nordita(北欧理论原子物理研究院), Copenhagen, Denmark.

DOI:10.1016/0375-9474(71)90281-8

Journal: Nuclear Physics A(1971).

1.3 NEUTRON STAR ACCRETION IN A STELLAR WIND MODEL FOR A PULSED X-RAY SOURCE¹

1.3.1 Abstract

X射线脉冲源Cen X-3 和Her X-1 的许多特征都可以用一个简单的模型来解释。一个旋转的磁化中子星绕着一个质量稍大的恒星转动，并且从这个恒星发出的恒星风中吸积质量。通过潮汐瓦解问题的分析表明，X射线源的周期、速度振幅、掩蚀的持续时间允许中子星的质量达到 $1M_{\odot}$ ，轨道的倾角为 $70^{\circ} - 90^{\circ}$ ，并且要求X射线脉冲源Cen X-3 和Her X-1 的伴星的距离(separations)、质量、半径以及光谱型分别接近于 $(18R_{\odot}, 8R_{\odot})$ 、 $(20M_{\odot}, 2M_{\odot})$ 、 $(12R_{\odot}, 4R_{\odot})$ 以及(B2III,F5III)。

在任何事例(any case)中，吸积率都被限制小于 $10^{-7.4}M_{\odot}$ 每年。通过爱丁顿极限(Eddington limit)，计算可以得到吸积率为 $10^{-9}M_{\odot}$ 每年，比要求的中等质量恒星的恒星风小3个数量级。

下落气体与中子星磁层(magnetosphere)的相互作用导致其自传周期接近于一个平衡值，当表面磁场强度为 10^{12} gauss时，这个值在秒的数量级上。来自于每个磁极附近确定区域内的X射线光谱也由系统参数确定。应用于Cen X-1的理论(计算结果)也与 10^{12} gauss的表面磁场强度以及 $10^{36.5}$ ergs/s的X射线光度一致。

1.3.2 Knowledge

1.3.3 Questions

1. Author: Davidson K. Ostriker J. P.
Address: Princeton University Observatory.
DOI:10.1086/151897
Journal: Astrophysical Journal(1973).

1.4 NEUTRON STAR MATTER AT SUB-NUCLEAR DENSITIES¹

1.4.1 Abstract

从核子-核子的两体相互作用过程中推导出了核多体系统的能量密度的一个极简形式，这个形式被用来确定处于亚核密度区域范围内的物质的基态参数。随着重子密度的增加，原子核逐渐变得越来越丰中子，直到中子最终逸出，产生一个由束缚中子和质子团簇组成的由被稀释的中子气体包裹的库伦晶格(Coulomb lattice)。随着密度的增加，团簇会变大，晶格常数会减小，在核物质密度附近会接近形成一个完全均匀的状态。

1.4.2 Knowledge

1.4.3 Questions

1. Author: Negele, J. W. Vautherin, D.

Address: Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

DOI: 10.1016/0375-9474(73)90349-7

Journal: Nuclear Physics A(1973).

1.5 BLACK-HOLE NEUTRON-STAR COLLISIONS¹

1.5.1 Abstract

研究了黑洞附近中子星的潮汐破裂。计算了一个简单的相互作用模型，结果表明中子星物质射入星际介质的量可能很大。利用合理的恒星统计，推测的喷射物质量与r过程物质的丰度大致相当。

1.5.2 Knowledge

1.5.3 Questions

1. Author:Lattimer, J. M. Schramm, D. N.

Address: Departments of Astronomy and Physics, The University of Texas at Austin

DOI:10.1086/181612

Journal: Astrophysical Journal(1974).

1.6 ACCRETION BY ROTATING MAGNETIC NEUTRON STARS. II. RADIAL AND VERTICAL STRUCTURE OF THE TRANSITION ZONE IN DISK ACCRETION¹

1.6.1 Abstract

我们研究了恒星磁场与中子星从吸积盘中吸积物质时的磁层边界处的吸积等离子体之间的相互作用。恒星磁场穿过吸积盘的内部，通过开尔文-亥姆霍兹不稳定性、湍流扩散以及重组(reconnection)，形成一个宽的过渡区域，将远离中子星的未受中子星扰动的盘状流与接近中子星的磁层流连接起来。利用两维的磁流体动力学方程，我们计算了这个区域中内径以及外径的径向和垂直方向的结构。过渡区域由两个明显不同的区域组成，一个宽的角速度满足开普勒定律的外层区域，和一个窄的角速度明显偏离开普勒定律的内层区域或者叫边界层。中子星的磁场在边界层仅稍微变形，但是在更大的半径处变形会增加。

我们讨论在这里发现的吸积X射线源的中子星模型的流动解(flow solutions)的含义，依次考虑物质从吸积盘内边缘到恒星表面的流动、产生的吸积扭矩，以及恒星表面等离子体下降的模式。因为有20%的中子星磁通量穿过边界层以外的吸积盘，所以受磁场引导的等离子体落入一个在磁极处的圆环中。

1.6.2 Knowledge

1.6.3 Questions

1. Author: Ghosh, P. Lamb, F. K.

Address: Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign

DOI: 10.1086/157285

Journal: Astrophysical Journal(1979).

1.7 ACCRETION BY ROTATING MAGNETIC NEUTRON STARS. III. ACCRETION TORQUES AND PERIOD CHANGES IN PULSATING X-RAY SOURCES¹

1.7.1 Abstract

我们利用之前得到的二维磁流体动力学方程的解来计算磁化中子星从开普勒吸积盘中吸积物质时的转矩。我们发现中子星与吸积盘边界层外存在明显的磁耦合。由于这种耦合，在（吸积盘）快速旋转的部分的扭矩要远小于慢速旋转部分的自旋扭矩。对于足够高的恒星自转角速度或足够低的吸积率，这种耦合导致在吸积盘内边缘处的等离子体以及磁场阻尼(breaking)中子星的转动，所以即使在吸积时，也能够继续产生X射线发射。

我们将这些结果应用于脉冲X射线源，发现所有已经测量过的脉冲X射线源的长期自旋上升率(secular spin-up rates)都能够得到定量的解释，如果假定这些脉冲X射线源都正在从开普勒吸积盘中吸积物质并且它们的磁矩都是 $10^{29-31}\text{gauss}/\text{cm}^3$ 。这个在高自旋部分的自旋上升率的减小，很自然的解释了Her X-1的自旋上升率比期望的低自旋部分的自旋上升率小得多。我们还发现，长期自旋上升速率 $-\dot{P}$ 与量 $PL^{3/7}$ 之间的简单关系充分地代表了几乎所有的观测数据， P 和 L 分别是脉冲周期和光源的亮度。这种“通用”关系使得我们可以估计给定源的参数 P 、 \dot{P} 和 L 中的任意一个，如果另外两个是已知的。我们发现，由于传质速率(mass transfer rate)波动引起的扭矩变化，在Her X-1、Cen X-3、Vela X-1和X Per中观察到的短期周期波动可以相当自然地解释。我们还发现了在低亮度下自旋下降扭矩是如何解释大量具有短自旋上升时间尺度的长周期源的悖论的存在的。最后，我们强调需要对每个源同时进行周期和光度测量。这些测量将直接检验我们的理论，以及关于脉冲源的自旋演化和X射线双星吸积过程中传质过程的时间变化的有价值的信息。

1.7.2 Knowledge

1.7.3 Questions

1. Author: Ghosh, P. Lamb, F. K.

Address: Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign ; and Astrophysics Branch, Space Science Laboratory, NASA Marshall Space Flight Center. Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign; and California Institute of Technology.

DOI:10.1086/157498

Journal: Astrophysical Journal(1979).

1.8 NEUTRON STARS ARE GIANT HYPERNUCLEI¹

1.8.1 Abstract

在平均场近似下，利用核子、超子以及介子相互作用的拉格朗日场理论框架来研究中子星。这个理论仅限于考虑核物质的4个关键性质：饱和密度、饱和结合能(saturation binding)、可压缩性和电荷对称能。发现较重的中子星的核心主要由超子组成，这类星的超子总数占15%-20%，这取决于 π 介子是否凝聚。产生同位旋对称能的 ρ 介子对重子的数量有重要影响。轻子的数量被强烈抑制，强子间实现了电荷中性。文中还提到了脉冲星磁场的衰减时间及其有效寿命的可能结果。

1.8.2 Knowledge

1.8.3 Questions

1. Author: Glendenning, N. K.

Address: Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign ; and Astrophysics Branch, Space Science Laboratory, NASA Marshall Space Flight Center. Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign; and California Institute of Technology.

DOI:10.1086/163253

Journal: Astrophysical Journal(1985).

1.9 THE BIRTH OF NEUTRON-STAR¹

1.9.1 Abstract

我们给出了中子星诞生的开尔文-亥姆霍兹相的第一个详细的数值模拟结果。研究了从一个热的、膨胀的、丰电子的残骸到一个冷的、致密的中子化的物体的转化过程。我们研究了这个过程开始的20s的行为。讨论了与该问题相关的物理及其探索，导出许多有用的公式。重点介绍了一个 $1.4M_{\odot}$ 的恒星坍缩残骸的演化的基线计算(baseline calculation)。结果通过一系列图表和图形来表达，这些图表和图形描述了核心经历的热、结构和组成变化。

1.9.2 Knowledge

1.9.3 Questions

1. Author: Burrows, A. Lattimer, J. M.

Address: Department of Physics, State University of New York at Stony Brook; Department of Earth and Space Sciences, State University of New York at Stony Brook.

DOI: 10.1086/164405

Journal: Astrophysical Journal (1986).

1.10 EQUATION OF STATE AND THE MAXIMUM MASS OF NEUTRON STARS¹

1.10.1 Abstract

我们探究了中子星的最大质量与状态方程的可观测参量之间的关系。特别的，我们考虑了核的不可压缩性以及对称能。我们得到了对于现实的对称能量和压缩模量本身不能被观测到的中子星质量严格限制的结论。我们建议了几个可以进一步研究的方向。

1.10.2 Knowledge

1.10.3 Questions

1. Author: Prakash, M. Ainsworth, T. L. Lattimer, J. M.

Address: Physics Department, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York 11794; Physics Department University of Illinois at Urbana Champaign, Urbana, Illinois 61801; Earth and Space Sciences Department, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York 11794.

DOI:10.1103/Phys. Rev. Lett.61.2518

Journal: Physical Review Letters(1988).

1.11 NUCLEOSYNTHESIS, NEUTRINO BURSTS AND GAMMA-RAYS FROM COALESCING NEUTRON STARS¹

1.11.1 Abstract

当两个中子星相互做螺旋形的运动是，由于引力波辐射的阻尼，它们的碰撞是不可避免的。这种碰撞会产生一种特征的引力波辐射暴，这可能是最有希望的能够被已经提出的探测器观测到的可观测源。这种信号足够独特和强大，足以作为一种确定哈勃常数的手段被提出来。然而这种中子星碰撞的比率非常的不确定。这里我们注意到，把这考虑为一个快中子俘获的过程(r过程)，这样的事件也应该合成丰中子的重元素。此外，这些碰撞也应该产生中微子暴以及由此而来的 γ 射线暴。后者应该包括在可观测 γ 射线暴的一个子类中。我们认为观测到的r过程的丰度以及 γ 射线暴的(发生)率预示了这些碰撞的(发生)率，这两者(的结果)都是显著的并且与其他的评估是一致的。

1.11.2 Knowledge

1.11.3 Questions

1. Author: Eichler, D. Livio, M. Piran, T. Schramm, D. N.
Address: (Too Long)See Details In The Paper.
DOI:10.1038/340126a0
Journal: Nature(1989).

1.12 SUPERNOVA MECHANISMS¹

1.12.1 Abstract

II型超新星爆发出现在大质量恒星演化的最后阶段。当恒星的铁核心的质量超过钱德拉塞卡极限质量时这种现象开始发生。这个在引力作用下核心的塌缩已经被很好的研究过了，并且(这个过程)只花了几分之一秒。为了理解这个现象，我们需要知道在相关的密度及温度下详细的状态方程。在塌缩过后，冲击波向外传播，但是可能并不能导致恒星质量的减小。能做到这一点的最有可能的机制是来自于核心的中微子被中等距离处的材料吸收。讨论了与SN 1987A 相关的观测和理论，以及在塌缩前的环境和来自于核心塌缩的中微子发射。

1.12.2 Knowledge

1.12.3 Questions

1. Author: Bethe, H. A.

Address: Newman Laboratory of Nuclear Studies, Cornell University, Ithaca, New York 1485.

DOI:10.1103/RevModPhys.62.801

Journal: Reviews of Modern Physics(1990).

1.13 FORMATION AND EVOLUTION OF BINARY AND MILLISECOND RADIO PULSARS¹

1.13.1 Abstract

我们回顾了形成双脉冲星、毫秒脉冲星以及在球状星团中的脉冲星的各种方式。为此讨论了在相互作用的双星系统中中子星的形成过程，以及这类系统的后续演化。

第2节简要介绍了单星以及双星射电脉冲星系统的观测性质。双星和毫秒脉冲星的高速自旋与相对较弱的磁场的独特组合以及在毫秒脉冲星中双星系统高的发生率强烈表明，它们当中许多(或许不是全部)都是在发生质量转移的双星系统中通过吸积质量和角动量被再次激活(recycled)的古老的中子星。再激活的脉冲星被认为是观测到的各种类型的双星X射线源的后期演化阶段。

第3节总结了各种类型的双星X射线源的观测性质，并综述了近的双星系统形成X射线双星的演化过程。鉴于与X射线双星后期演化为毫秒双脉冲星相关，在这一节我们还讨论了各种吸积类型(恒星风吸积和Roche-lobe 溢流)对吸积磁化中子星的自旋演化的影响。接着讨论了X射线双星的后期演化和最终的演化产物。大质量X射线双星系统最终可能留下：(i)具有椭圆轨道的、由两个中子星组成的非常接近的双脉冲星系统或者是具有圆轨道的一个中子星和一个大质量白矮星；(ii)两颗相互远离的脉冲星，一颗是新形成的、一颗是古老的“再激活”的；(iii)单个的“再激活”的低速脉冲星。第质量的X射线双星可能留下相对较远的具有圆形轨道的、由一个低质量的白矮星($0.2 - 0.4M_{\odot}$)和一个“再激活”的中子星组成的双星系统，或者是一个将其伴星蒸发或并合了的“再激活”中子星。在这一节中我们还讨论了观测到的单射电脉冲星的速度与磁场相关性的可能的起源。这个相关性可以通过结合近双星系统的演化和超新星爆发中质量喷射的不对称性来得到，或也可以选择通过结合近双星系统的演化和年轻脉冲星对低质量伴星的蒸发来得到。

第4节主要讨论了在球状星系团中发生的中子星近双星系统的形成和演化过程。讨论了在球状星系团中脉冲星(主要是双星系统和毫秒脉冲星)高的出现率以及在它们之中单脉冲星所占相对较大的比例($\geq 50\%$)。从第4节和第5节的讨论我们得出结论：到目前为止没有明确的证据表明——也不需要——在球状星系团中的中子星(毫秒脉冲星)是通过吸积诱导的白矮星塌缩形成的，尽管我们不能

1. Author: Bhattacharya, D. Vandenhoevel, E. P. J.

Address: Astronomical Institute ‘Anton Pannekoek’, Kruislaan 403, 1098 SJ Amsterdam, The Netherlands, Centre for High Energy Astrophysics, NIKHEF-H, Kruislaan 409, 1098 SJ Amsterdam, The Netherlands, and Institute for Theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106, USA.

DOI: 10.1016/0370-1573(91)90064-s

Journal: Physics Reports-Review Section of Physics Letters(1991).

排除这种形成机制。然而这种机制可能对星系盘中的低质量X射线源的形成有重要的贡献。

第5节讨论了在球状星系团和在一般的星系中的双星系统和毫秒脉冲星与中子星磁场演化相关的统计学性质。其结论如下：

(i)没有明确的证据表明孤立中子星（射电脉冲星）的磁场确实衰变了。

(ii)近双星系统中通过“再激活”的中子星有明确的证据表明其磁场存在衰变。这个场的衰变可能是由于(a)由于吸积过程自身所导致的；(b)双星系统的中子星的自旋演化影响到了中子星内部液相物质所携带的磁场。

(iii)所有观测到双星系统中(大部分是大质量的)的单射电脉冲星中的很大一部分(百分之几十的量级)可能被“再激活”。在一般的脉冲星中存在的这一类脉冲星可能导致了单中子星的磁场确实会衰变的假象。

第6节对前面的章节进行了总结并列出了一些开放性的问题。

1.13.2 Knowledge

1.13.3 Questions

1.14 RECONCILIATION OF NEUTRON-STAR MASSES AND BINDING OF THE LAMBDA IN HYPERNUCLEI¹

1.14.1 Abstract

通过将超子的标量耦合和矢量耦合与推测的饱和核物质中 Λ 超子的经验结合能联系起来，我们得到了该结合能与中子星质量的相容性。使用观测上的对中子星最大质量下边界的限制和与超核能级兼容的耦合的上界，对由超子产生的中子星质量的减少进行了限制。对于最近的对核物质性质最好的估计，由于核子转化为超子引起的质量减少约为 $(0.75 \pm 0.15)M_{\odot}$ 。中子在质量为 $1.5M_{\odot}$ 的中子星中占少数。

1.14.2 Knowledge

1.14.3 Questions

1. Author: Glendenning, N. K. Moszkowski, S. A.

Address: Nuclear Science Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, One Cyclotron Road, Berkeley, California 94720. University of California at Los Angeles, Los Angeles, California 90024.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.67.2414

Journal: Physical Review Letters(1991).

1.15 DIRECT URCA PROCESS IN NEUTRON-STAR¹

1.15.1 Abstract

当质子浓度在（11-15）%范围内超过某个临界值时，中子星可发生直接URCA过程。质子浓度是由我们还知之甚少的在核密度之上的物质的对称能决定的，在许多当前的计算中它超过了临界值。如果它发生了，那么与先前考虑的任何过程相比，直接URCA过程可以大大提高中微子发射和中子星冷却速率。

1.15.2 Knowledge

1.15.3 Questions

1. Author: Lattimer, J. M. Pethick, C. J. Prakash, M. Haensel, P.
Address: NaN.
DOI: 10.1103/PhysRevLett.66.2701
Journal: Physical Review Letters(1991).

1.16 A GENERALIZED EQUATION OF STATE FOR HOT, DENSE MATTER¹

1.16.1 Abstract

给出了一个描述热的、致密的物质的状态方程，其可以方便的直接用于类似于恒星塌缩过程的流体动力学的模拟计算。它包含一个可调的核力，这个核力可以精确的拟合了势场与平均场的相互作用，并且还允许输入各种还没有实验确定的核参数。包括体积不可压缩性参数、体积和表面对称能、对称物质表面张力和核子有效质量。这可以允许我们参数化的研究在天体物理情况下的状态方程。状态方程是根据Lattimer, Lamb, Pethick和Ravenhall的LLPR可压缩液滴模型建立的，并考虑了核外核子相互作用和简并的影响。还考虑了亚核密度下的核变形和从核到均匀核物质的相变。与LLPR模型和Cooperstein-Baron状态方程的计算结果进行了比较。还研究了改变体不可压缩性的影响。

1.16.2 Knowledge

1.16.3 Questions

1. Author: Lattimer, J. M. Swesty, F. D.

Address: Department of Earth and Space Sciences, State University of New York at Stony Brook,
Department of Physics, State University of New York at Stony B Sony Brook, NY 11794, USA

DOI: 10.1016/0375-9474(91)90452-c

Journal: Nuclear Physics A(1991).

1.17 NEUTRON-STAR AND BLACK-HOLE BINARIES IN THE GALAXY¹

1.17.1 Abstract

我们对双中子星的数量和诞生率进行了统计分析。我们估计在银河系中大约有 $10^{4.5} z_0$ 个这样的系统，其诞生率约为 $10^{-5} z_0 \text{ yr}^{-1}$ ，其中 $z_0(\text{kpc})$ 是高度标度，其期望值为几kpc。我们发现通过引力辐射损失而并合的双中子星系统，在 $200/h \text{ Mpc}$ 的星系中，应该大约每年发生一次。我们还估计大约在每 $10^2 z_0$ 个大质量恒星的近双星系统中会有一个最终演化为双中子星系统。

质量大于 $50M_\odot$ 的原初恒星有可能形成黑洞。我们估计在银河系中的BH-NS双星系统的数量以及形成率与预计的BH-BH双星系统的是相当的。并且我们预测在脉冲星观测中可能会发现BH-NS双星。这样的天体可能是一个比PSR 1913+16或PSR 1534+12更好的广义相对论实验室。BH-NS双星系统可能也是强的引力辐射源。

1.17.2 Knowledge

1.17.3 Questions

1. Author: Narayan, R. Piran, T. Shemi, A.

Address: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA 02138, Department of Physics and Astronomy, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

DOI: 10.1086/186143

Journal: Astrophysical Journal(1991).

1.18 THE RATE OF NEUTRON-STAR BINARY MERGERS IN THE UNIVERSE - MINIMAL PREDICTIONS FOR GRAVITY-WAVE DETECTORS¹

1.18.1 Abstract

在许多引力波观测站可能观测到的源中，并合中子星双星是最可预测的。它们在可观测频率下的波形很容易计算。已经观测到三个将在不到哈勃时间内并合的双星脉冲星系统：两个在银河系盘中，一个在球状星团中。从这些星系的寿命和位置，我们信心十足地推断出银河系和球状星团系统的并合率的下限。利用其他星系的并合率与恒星形成率成比例，我们计算局部宇宙中预期的并合率。一个超保守的下限率为每年在1Gpc 内有三个。我们最好的估计，仍然保守，因为它只考虑那些已经观测到的系统，给出了在每200Mpc中每年三个以内。根据Ib型超新星的速率，在每年23/h Mpc内三次并合的上限。BH-BH双星系统并合和BH-NS双星系统并合的速率是依赖于模型的，但是与给定的NS-NS双星系统并合的速率是相当的。

1.18.2 Knowledge

1.18.3 Questions

1. Author: Phinney, E. S.

Address: Theoretical Astrophysics, 130-33, Caltech, Pasadena, CA 91125; and Institute for Theoretical Physics, University of California, Santa Barbara.

DOI: 10.1086/186163

Journal: Astrophysical Journal(1991).

1.19 LIGO - THE LASER-INTERFEROMETER- GRAVITATIONAL-WAVE-OBSERVATORY¹

1.19.1 Abstract

激光干涉引力波天文台(LIGO)项目的目标是观测和研究天体物理中的引力波，并且将这些数据应用于物理和天文学方面的研究。LIGO将会促进涉及到引力的性质及其非线性动力学，黑洞的结构以及核物质的状态方程等方面的研究。它也能测量宇宙中的黑洞及中子星的质量、诞生率、碰撞及其分布，详细调查超新星的核心和极早期宇宙。LIGO的技术是最近20年才发展起来的。将会从1992年开始搭建，并且根据目前的计划安排，LIGO将会从1998年开始引力波的研究。

1.19.2 Knowledge

1.19.3 Questions

1. Author: Abramovici, A. Althouse, W. E. et al.
Address: LIGO Science Steering Group.
DOI: 10.1126/science.256.5055.325
Journal: Science(1992).

1.20 TIDAL INTERACTIONS OF INSPIRALING COMPACT BINARIES¹

1.20.1 Abstract

我们讨论NS-NS和BH-NS双星系统的潮汐相互作用，并且认为它们在引力激励(gravitational inspiral)下不会被潮汐锁定。更具体的说，我们发现，对于一个受引力激励的质量为 $1.2M_{\odot}$ 的中子星，最短的潮汐同步时间超过了其原理衰减的时间，也就是说，不管其内部黏性如何，这个中子星在它被潮汐裂解之前都不能被潮汐锁定。对于一个质量更小的中子星，发生潮汐锁定需要一个大到难以置信的运动黏滞系数——接近光速再乘以恒星的半径。我们还认为当中子星(轨道半径)达到潮汐半径时出现的质量转移在NS-BH双星系统中会变得不稳定，并且这个不稳定性会在几个轨道周期以内破坏中子星。除了质量小于 $0.5M_{\odot}$ 的中子星以外，NS-NS双星系统的命运也一样。我们还讨论了关于我们的工作对于LIGO和其他引力波天文台探测这类源的意义，以及对 γ 射线暴探测器Paczynski的意义。

1.20.2 Knowledge

1.20.3 Questions

1. Author: Bildsten, L. Cutler, C.

Address: Theoretical Astrophysics Mail Code 130-33 California Institute of Technology Pasadena, CA 91125.

10.1086/171983

Journal: Astrophysical Journal(1992).

1.21 FORMATION OF VERY STRONGLY MAGNETIZED NEUTRON-STARs - IMPLICATIONS FOR GAMMA-RAY BURSTS¹

1.21.1 Abstract

在引力塌缩后的几秒内当环境刚好满足有效螺线发电机作用(efficient helical dynamo action)时, 可以形成具有异常强的磁偶极场($10^{14} - 10^{15}$ G)的中子星。这样一个强磁场的中子星即“磁星”, 其初始的转动周期约为1ms, 但是通过磁制动很快的丧失大部分转动动能, 将大量能量注入相关的超新星。有几种独特的机制可以产生约1000km/s的反冲速度。这包括磁感应的各向异性中微子发射、核心转动的不稳定性 and 碎裂以及/或各向异性磁风。

磁星的探测相对比较难, 因为它们会比一般的脉冲星更快的降到射电死亡线(radio death line)以下, 并且它们可能不能被束缚在双星系统中。我们推出它们主要的可观测信号是由它们巨大的磁场能量所驱动的伽马射线暴。如果它们获得了巨大的反冲, 那么大多数的磁星都不能被束缚在星系中或驻留在一个扩展的星系的日冕中。有证据表明, 软伽马repeater源就是磁星。

最后, 我们注意到, 在中子星双星并合之后, 当并合后的恒星存活长达10-100ms时, 对流发电机也能够产生非常强的偶极场。

1.21.2 Knowledge

1.21.3 Questions

1. Author: Duncan, R. C. Thompson, C.

Address: Department of Astronomy and McDonald Observatory, University of Texas, Austin TX 78712. Canadian Institute for Theoretical Astrophysics, University of Toronto, 60 St. George Street, Toronto, Ontario, Canada M5S 1A1.

DOI: 10.1086/186413

Journal: Astrophysical Journal(1992).

1.22 1ST-ORDER PHASE-TRANSITIONS WITH MORE THAN ONE CONSERVED CHARGE - CONSEQUENCES FOR NEUTRON-STAR¹

1.22.1 Abstract

我们考虑具有多于一个守恒量(conserved charges)的系统(多组分系统)的一阶相变如何区别于仅具有一个守恒量的系统的。在这两种情况下,相变的性质一般是不同的。也许最重要的是,压力随着相在平衡中的比例而连续变化,并且与我们熟悉的比如单组分系统中的气液转变不同,在混合相中不是常数。我们确定这个差异是由粒子物理引起的。在电荷是守恒量之一的情况下,预期在混合相中会存在几何结构。例如,提出中子星的一个可能的结构,在这种结构中其核心处发生了到夸克物质的转变。本文还指出在存在三个守恒量(重子、电荷和奇异性)的所谓的阻停或丰重子区域发生的相对论性核碰撞的一般性结果,并且影响了对于有限强子物质到夸克物质的相变(作为假设是由压力驱动的)的预期。这里讨论的物理也与低能核碰撞中正在研究的亚核气液相变有关。

1.22.2 Knowledge

1.22.3 Questions

1. Author: Glendenning, N. K.

Address: Nuclear Science Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, One Cyclotron Road, Berkeley, California 94720

DOI: 10.1103/PhysRevD.46.1274

Journal: Physical Review D(1992).

1.23 MAGNETIC-FIELD DECAY IN ISOLATED NEUTRON-STAR¹

1.23.1 Abstract

我们研究了促进孤立中子星磁通量损失的三种机制。欧姆衰变产生磁场相对于带电粒子的扩散。它以与电导率成反比、与磁场强度无关的速率进行。欧姆衰变发生在中子星的流体核和固体壳中，但它太慢而不能直接影响恒星尺度的磁场。

偶极扩散涉及磁场和带电粒子相对于中子的漂移。如果质子形成正常流体，则漂移速度与磁场强度的第二次方成正比。偶极扩散的变化包括浮力上升和磁通量管的超流体中子涡的拖曳。偶极扩散作用在流体核的外部，其中带电粒子组成是均匀的，(带电粒子)只存在质子和电子。与偶极扩散相关的带电粒子流分解为有旋分量和无旋分量。两个部分都受到摩擦力的阻尼。无旋分量会扰乱中子、质子和电子之间的化学平衡，从而产生压力梯度，其能够有效的阻尼这个(无旋分量)。其有旋分量能够在短时间内将磁通量从外核心传输到壳层。穿过带电粒子组成不均匀的内核的磁通量将永久地被捕获，除非粒子相互作用能够迅速阻尼掉对化学平衡偏离。

磁场会受到一个与霍尔电场有关的霍尔漂移效应的影响。漂移速度与磁场强度成正比。霍尔漂移能贯彻整个中子星。与欧姆衰减和偶极扩散不同，霍尔漂移是非耗散的。霍尔漂移的磁场能量保持守恒。所有它本身并不能造成磁场的衰减。但是他可以提高欧姆耗散率。在固体壳层中，只有电子是可移动的，并且霍尔角的正切很大。在这里，磁场的演化类似于在不可压缩流体中大雷诺数的涡旋。这让我们推测受到湍流级联影响的磁场，会在小尺度内被欧姆耗散消耗掉。小尺度内的磁场分量也由霍尔漂移波将其从欧姆耗散较慢的内壳层传播到欧姆耗散极快的外壳层。穿过壳层的磁通量扩散为 $5 \times 10^8 / B_{12} \text{yr}$ ，其中 B_{12} 是壳层的磁场强度，单位是 10^{12}G 。

1.23.2 Knowledge

1.23.3 Questions

1. Author: Goldreich, P. Reisenegger, A.

Address: California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125

DOI: 10.1086/171646

Journal: Astrophysical Journal(1992).

1.24 GAMMA-RAY BURSTS AS THE DEATH THROES OF MASSIVE BINARY STARS¹

1.24.1 Abstract

我们提出伽马射线暴是产生于宇宙尺度上的双中子星系统以及BH-NS双星系统的并合。这两个不同的过程为爆发提供了电磁能量：在并合过程中中微子-反中微子湮灭为正负电子对，以及在并合后不同转动的盘的Parker不稳定性产生的磁耀斑(flare)。在这两种情况下，初始产生了一个100km大小的可见光范围内的厚的火球，它在开始辐射前会超相对论的膨胀到一个很大的半径。目前这个方案只是定性的（讨论），但是已经排除了先前许多对宇宙并合模型的异议。应该在星系中心附近，但不是中心处探测到最强的爆发，并且应该伴随有能够被LIGO探测到的来自于双星并合的引力辐射的爆发。

1.24.2 Knowledge

1.24.3 Questions

1. Author: Narayan, R. Paczynski, B. Piran, T.
Address: NaN
DOI: 10.1086/186493
Journal: Astrophysical Journal(1992).

1.25 Millisecond Pulsars with Extremely Strong Magnetic-Fields as a Cosmological Source of Gamma-Ray Bursts¹

1.25.1 Abstract

由康普顿 γ 射线天文台上的BATSE设备观测到的 γ 射线暴的空间和亮度分布, 为爆发源是在宇宙尺度上的观点的复兴提供了支持。我提出了一个在宇宙尺度上的 γ 射线暴新的模型, 其基于具有量级在 10^{15}G 的表面磁场的中子星的快速转动的中子星的形成。这样的天体就像磁暴双星(magnetic cataclysmic binaries)一样, 可以通过吸积双星系统中具有异常高的磁场的白矮星后引力塌缩形成。一旦形成, 这样一个快速转动的强磁化的中子星会灾难性地在秒或更短的时标内损失其转动动能: 磁场转动产生强电场, 从而产生正负电子等离子体, 其将具有光学厚度和准热力学平衡。这种等离子体以相对论性的速度溢出中子星, 并且在这种相对论性的风的光球处发射 γ 射线和X射线, 或许然后会再产生 γ 射线暴的可观测特性。

1.25.2 Knowledge

1.25.3 Questions

1. Author: Usov, V. V.

Address: Physics Department, Weizmann Institute of Science Rehovot 76100 Israel.

ISSN: 0028-0836

Journal: Nature(1992).

1.26 Neutron star crusts¹

1.26.1 Abstract

我们用改进的核哈密顿量计算了中子星物质在亚核密度下的性质。在密度约为 $0.6n_s$ 时，核消失，物质变得均匀，其中 $n_s = 0.16 \text{ fm}^{-3}$ 是核物质的饱和密度。因此，中子星壳层中的物质质量只有先前估计的一半大。在大约一半的壳层物质中，核物质以与普通的低密度球状核非常不同的形状出现。较薄的壳层和不寻常的核形状对中子星的旋转和热演化理论，特别是glitch理论有重要的影响。

1.26.2 Knowledge

1.26.3 Questions

1. Author: Lorenz, C. P. Ravenhall, D. G. Pethick, C. J.

Address: Department of Physics, University of Illinois at Urbana Champaign, 1110 West Green Street, Urbana, Illinois 61801.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.70.379

Journal: Phys Rev Lett(1993).

1.27 Neutron-Star Dynamos and the Origins of Pulsar Magnetism¹

1.27.1 Abstract

年轻的中子星是对流的，其磁场的放大几乎是不可避免的。如果中子星的平均磁压与湍流压之比等于在太阳对流区上部观察到的，那么在熵驱动的对流期间就会产生强度为 $3 \times 10^{15} \text{G}$ 的磁场。1ms的对流翻转时间可能比典型的脉冲星的初始转动周期短得多。如果初始的转动周期大于30ms(对于明显更短的转动周期可能也成立)，放大场的能量绝大部分都来自于对流，而不是转动差异。因此转动所起的作用比在太阳的动力机制的中更小，所以场放大的主流模型将具有比恒星半径小得多的尺度。自转周期 $P_{rot} \lesssim 30 \text{ms}$ 的原脉冲星(proto-pulsar)在中微子扩散的最后阶段，大尺度的 $\alpha - \Omega$ 动力机制是可能的，并且可能更早，如果在熵驱动对流开始之前存在一个缓慢混合的postbounce 相。

中子星对流，是一种瞬态现象，并且具有极高的雷诺数， $\mathfrak{R}_m \sim 10^{17}$ 。从这种意义上说，中子星的动力机制是一种典型的快的动力机制。在大于中微子的平均自由程 $\sim 10^2 \text{cm}$ 的尺度上，对流只是轻微的湍流，但是在小尺度上湍流会很强。对中子星动力机制的研究引出了几个关于快速动力机制理论的基本问题，特别是在镜像对称湍流中动力机制的可能性。其他问题包括湍流扩散所起的作用、邦迪-金定理的相关性以及产生的场的间歇程度。我们认为，在任何high-dynamo中，当磁场压力超过最小湍流尺度的湍流压力时，大部分磁能都集中在thin flux rope。

年轻的中子星的大部分磁能可能都驻留在比刚诞生的中子星的单个对流单元的尺寸 $\sim 1 \text{km}$ 的尺度上，即使在对流期间产生的场的很小一部分被保留，表面场强度也明显超过简单的偶极模型的预期。中子星的壳层中的场应该有许多不连续的地方，在这些地方它们的重连会被中子星稳定的分层所抑制。壳层中的扩散过程最终允许磁场重新连接，这可能会导致自旋下降速率的产生一个持续、可探测的偏移。这个场应该提供足够的自由能来驱动观测到的最大的glitch。

我们还研究了大质量恒星演化的对流运动的各个阶段的动力机制的可能性，并且还对比了白矮星和中子星的前身的性质。一般来说，对流运动的Rossby数和能量密度都是随着演化过程而增大的。因此，在对流的最初的阶段为 $\alpha - \Omega$ 动力机制提供了最合适的情况，而在对流的最后阶段产生了最强的磁场。在能量基态，对流的主要阶段能够解释中子星的偶极场的强度大于 $10^{12} - 3 \times 10^{13} \text{G}$ 。

1. Author: Thompson, C. Duncan, R. C.

Address: NaN.

DOI: 10.1086/172580

Journal: Astrophysical Journal(1993).

如果这个偶极场是在塌缩后产生的，那么这个场强是当许多强度为 $10^{14-10^{15}}$ G、大小在1km左右的小的偶极场的随机叠加自然产生的。塌缩后的对流应该破坏掉任何以前存在的磁场与转动轴之间的关联。磁场引起的中微子球层的亮度的波动也会给与恒星一个量级似乎在100km/s的反冲。

我们考虑了在新生中子星中产生的强磁场对超新星爆炸的影响，包括通过反应 $\nu \rightarrow \nu + e^+ + e^-$ 在恒星外部沉积能量，通过中子散射捕获在磁通管道中的电子对，以及通过更传统的机制，如磁重整和MHD波。如果乐观假设关于动力学产生的磁场的强度，这些能量源中的一些可能足以恢复失速的超新星冲击波。我们还简要地讨论了极强磁场在产生伽马射线爆发中的可能作用。

1.27.2 Knowledge

1.27.3 Questions

1.28 Gamma-Ray Bursts from Stellar Mass Accretion Disks around Black-Holes¹

1.28.1 Abstract

本文探索了伽马射线爆发的宇宙学模型，其中辐射是沿着一个不断增长的黑洞的旋转轴作为宽射束火球对产生的。这个黑洞可能是由中子星或BH-N并合产生的，但是对于长的复杂的爆发来说，更有可能是来自于具有自旋的Wolf-rayet恒星(“失败的” Ib型超新星)的塌缩。这个吸积盘在几何上是很厚的，并且在吸积盘内100km的范围内具有零点几个太阳质量。对于“失败”的超新星的情况，这个吸积盘被塌缩的恒星喂养了更长的时间。在内边缘，圆盘厚到其自身能够产生中微子发射，并且在几秒的弹性时间尺度内演化。在大约横跨30公里的区域，在吸积盘内部，沿着其旋转轴，由中微子湮灭及中微子-电子散射产生的一对火球，其能量沉积约为 10^{50} erg/s。在重子污染高且膨胀时间尺度增大的情况下，电子散射更为重要。从圆盘上也可能出现广泛的重子质量损失，这可能给硬爆发的产生带来问题。伽玛射线爆发与否，这类事件都应该发生在自然界中，并且应该有一个可观测的对应物。

1.28.2 Knowledge

1.28.3 Questions

1. Author: Woosley, S. E.

Address: NaN.

DOI: 10.1086/172359

Journal: Astrophysical Journal(1993).

1.29 Rapidly Rotating Neutron-Stars in General-Relativity: Realistic Equations of State¹

1.29.1 Abstract

我们构建了处于广义相对论下的中子星的平衡序列。我们比较了14种核状态方程的结果。我们确定了这些中子星的一些重要物理参数，包括最大质量和最大自旋速率。评估了构型的准径向摄动的稳定性。我们采用一种特别适合于处理快速旋转和极大偏离球对称的数值格式。我们提供了广泛的模型表供将来参考。研究了两类固定重子静止质量和熵的演化序列：表现得非常像牛顿演化序列的正常序列和仅仅由于广义相对论效应而存在于中子星中的超大质量(supramassive)序列。能量和角动量的绝热耗散导致恒星沿演化序列以准静止方式演化。超大质量序列的质量超过非旋转中子星的最大质量。超大质量中子星向着最终灾难性塌缩成黑洞的方向演化。在坍塌之前，恒星失去角动量时实际上会自旋加快，这种效应可能提供引力塌缩到黑洞的可观测的预兆。

1.29.2 Knowledge

1.29.3 Questions

1. Author: Cook, G. B. Shapiro, S. L. Teukolsky, S. A.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/173934
Journal: Astrophysical Journal(1994).

1.30 Gravitational-Waves from Merging Compact Binaries

- How Accurately Can One Extract the Binary Parameters from the Inspiral Wave-Form¹

1.30.1 Abstract

对于计划中的千米大小的激光干涉探测器LIGO和VIRGO来说,最有希望的引力波源是并合紧凑的双星,即NS-NS、NS-BH和BH-BH双星。研究了如何用从三个探测器LIGO-VIRGO网络组成的“先进探测器”(将在开工后几年内建成)得到的引力波信号精确地测量到源的距离以及两个星体的质量和自旋。在可观测波形中的大量周期增加了我们对那些可以影响Inspiral率,以及由此而来的波形相位的演化的灵敏度。因此,这些参数比影响波形极化或振幅的参数要精确得多。对于最低阶的牛顿展开,波形的相位的演变只依赖于两个物体的质量 M_1 和 M_2 的组合 $\mathcal{M}_1 \equiv (M_1 M_2)^{3/5} (M_1 + M_2)^{-1/5}$,即所谓的啁啾质量。对于牛顿展开的一阶项,波形相位敏感地依赖于折合质量 $\mu = M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$,原则上能够高精度地测量 M_1 和 M_2 。我们证明了测量 M_1 和 M_2 的主要障碍是post-1.5-Newtonian星体自旋对波形相位的影响与允许我们决定 μ 的效应相似。啁啾质量的测量精度为 $\Delta\mathcal{M}/\mathcal{M} \simeq 0.1\% - 1\%$ 。然这是一个非常小的误差,但是它比先前对忽略后牛顿效应的 $\Delta\mathcal{M}/\mathcal{M}$ 的估计要大约10倍。对于NS-NS和BH-BH双星系统,折合质量 μ 的测量误差约为10%-15%,对于BH-BH(假设黑洞的质量为 $10M_\odot$)双星系统,其误差约为50%。质量与自旋的测量是紧密相关的, μ 和自旋角动量结合的测量精度在1%以内。此外,如果已知它们的自旋都很小(分别 $\lesssim 0.01M_1^2$ 、 $\lesssim 0.01M_2^2$),那么 μ 的误差小于1%。最后,在早期Markovic的工作的基础上,我们导出了对于任意的探测器网络测量到双星系统的距离 D 的误差 ΔD 的近似的解析表达式。这个表达式精确到 $1/\rho$ 的一阶线性项,其中 ρ 是信噪比。我们还发现,与先前预期的相反, $1/\rho$ 的非线性项对 $\Delta D/D$ 的贡献是显著的,并且我们建立了一个包含这些非线性效应的主要部分的近似方案。利用蒙特卡罗模拟我们估计,对于LIGO-VIRGO三探测器网络,当信号探测精度分别为8%和60%时,距离测量的精度分别 $\leq 15\%$ 、 $\leq 30\%$ 。

1.30.2 Knowledge

1.30.3 Questions

1. Author: Cutler, C. Flanagan, E. E.

Address: NaN.

DOI: 10.1103/PhysRevD.49.2658

Journal: Physical Review D(1994).

1.31 High Birth Velocities of Radio Pulsars¹

1.31.1 Abstract

中子星通常诞生于大质量恒星的超新星爆发期间。在超新星爆发期间任何微小的不对称性，都会使中子星具有很高的反冲速度。脉冲星(快速旋转的磁化中子星)通常被认为具有很高的空间速度，但是新的对天体固有运动的测量，对脉冲星采用了新的距离尺度，以及认识到以前的速度都会系统性的小两倍(ref. 8)，促使我们重新估测这些速度。这里，考虑到会使观测到的速度与中子星诞生时所需要的速度不相符的强烈的选择效应，我们得到中子星诞生时的平均速度为 $450 \pm 90 \text{ km/s}$ 。这超过了双星系统、球状星系团以及银河系的逃逸速度，所以这会影响我们理解中子星在这些系统中的存留。这些留存在银河系中的中子星的分别将会比我们预想的要更各向同性，这可能产生会类似于 γ 射线暴的分布。

1.31.2 Knowledge

1.31.3 Questions

1. Author: Lyne, A. G. Lorimer, D. R.

Address: NaN.

DOI: 10.1038/369127a0

Journal: Nature(1994).

1.32 The R-Process and Neutrino-Heated Supernova Ejecta¹

1.32.1 Abstract

中子星是由大质量恒星的铁核芯塌缩形成的，其Kelvin-Helmholtz演化的特征是以中微子的形式释放引力结合能。中微子与中子星外面的加热物质相互作用，在大气层中产生了一个近似处于流体静力学平衡的状态的热气泡，并且在大约10s后被加热到熵 $S/N_A k \gtrsim 400$ 。通过气泡向外运动的物质的中子-质子比由核子的中微子和反中微子俘获之间的平衡确定。因为此时的电子反中微子谱比电子中微子谱更热，所以气泡是丰中子的($0.38 \lesssim Y_e \lesssim 0.47$)。先前利用图表模型的方法已经证明在这样的环境中非常适合产生重元素的r-过程。本文将 $20M_\odot$ 的“延时”超新星爆炸的数值模型提高到能够跟踪穿过气泡的物质在适合r-过程核合成的晚一点的时候的演化细节。超新星模型预测，抛射的最终动能为 $1.5 \times 10^{51} \text{erg}$ ，而剩余的重子物质的质量为 $1.5M_\odot$ (引力质量为 $1.4a5M_\odot$)。我们跟踪了最终会被质子-中子星抛射出 $0.03M_\odot$ 的重元素以及在核心塌缩至多18秒内被排出下至 $< 10^{-6}M_\odot$ 的物质的 $\rho(t), T(t), Y_e(t)$ 的对数网格中的40条反应道的热力学的和组分的演化。我们发现，在核合成计算中，在没有可调参数的情况下，获得了对太阳r-过程丰度分布的极好的拟合。此外，这些丰度是以解释当前银河系丰度所需的量产生的。然而，在以前，这个一维模型在熵为 $S/N_A k \sim 50$ 以及 $Y_e \sim 0.46$ 时会抛射出太多的物质。与太阳的丰度相比，这会导致N=50的核，特别是 $^{88}\text{Sr}, ^{89}\text{Y}, ^{90}\text{Zr}$ 出现一个不可接受的过度产生。我们探索了各种方法，在任然产生当前数量的r-过程的物质的情况下，避免前面的N=50的同中子素的过量产生和/或抛射。

1.32.2 Knowledge

1.32.3 Questions

1. Author: Woosley, S. E. Wilson, J. R. Mathews, G. J. Hoffman, R. D. Meyer, B. S.
 Address: NaN.
 DOI: 10.1086/174638
 Journal: Astrophysical Journal(1994).

1.33 On the Nature of Core-Collapse Supernova Explosions¹

1.33.1 Abstract

我们在这篇文章中研究了一维和二维的情况下核心塌缩的超新星爆发机制。利用基于PPM算法的辐射/流体动力学程序，我们验证了中微子驱动的激波与中微子层之间的翻转（对流）在点燃超新星爆炸中的作用。我们这里给出的 $15M_{\odot}$ 的恒星核心的二维模拟表明，球对称性的破缺可能就是爆炸本身的中心，并且大量的弯曲和断裂是喷流的共同特征。如同一维一样，爆炸在数学上似乎是一个临界现象，在通过失速冲击达到临界质量吸积速率之后，从稳定状态演变为爆炸。在二维模拟中，在爆炸前预爆对流相持续了大约30次(100ms)的翻转。二维预爆稳态与一维预爆稳态相似，但在二维预爆稳态中，由于物质在翻转区的停留时间较长，在失速冲击后获得的平均熵较大。此外，对流区的熵梯度更平缓。这些效应与轻的羽状喷流的动力学压力一起似的稳态激波半径 R_s 比在一维情况下增加了30%-100%。对于一个给定的 \dot{M} ，一个大的 R_s 会增大增益区的体积，使激波物质的引力势能更低，并且降低了激波的吸积冲击压力。这样爆发的临界条件就放宽了。由于“逃逸”温度 T_{esc} 随半径的减小比冲击波后的实际温度(T)的减小更快，所以一个更大的 R_s 会更大比例的激波物质超过局部逃逸速度。 $T > T_{esc}$ 是产生热驱动电晕弹射一个恒星的条件。在一维、二维或三维的情况下，因为超新星是由中微子加热驱动的，所以，虽然它们初始是被吸积柱所束缚的，但是它们是一种日冕现象，类似于太阳风。中微子辐射压力是不重要的。

我们发现在超新星爆发前和后，大的涡流和小涡流都是共存的。在超新星爆发前的不稳定区域，柱状下降流是准周期的形成和破灭的。这些羽状流会激发内部的非线性g-模式，其会对对流产生反馈，并且导致羽流在中微子层上弯曲。径向中微子通量随角度和时间而波动，对中微子层的各向异性物质通量的响应高达3倍。冲击波内部不稳定区域的沸腾运动集中于中微子加热的气泡，这些气泡上升并与激波随机碰撞，其半径在角度和时间上的振荡高达30%。角平均中微子发光度以其特有的方式在爆炸后变化高达60%，并下降2倍。

中微子层内部的区域具有弱不稳定的轻子和熵梯度，这些梯度在核芯弹射后驱动持续的对流运动。然而，这种对流对驱动对中微子亮度的影响似乎与对流疏浚效应和变化很大的吸积分量相比就显得很微小了。

我们没有看到任何在爆炸前的能量‘产生’或吸积的迹象，在吸积柱塞衰

1. Author: Burrows, A. Hayes, J. Fryxell, B. A.

Address: NaN.

DOI: 10.1086/176188

Journal: Astrophysical Journal(1995).

减的过程中，动能保持守恒。事实上，在爆炸前，翻转区的总的能量稳定的减小。此外，我们还注意到对中微子输运算法的重要依赖性。当提到对流对塌缩结果的影响时，我们会避开“稳健”等术语。

中微子能量是在激波通过内部的数千公里传播的过程中被注入超新星的，并且不是“瞬间的”。奇怪的是，在爆炸刚被触发后，最终会被喷射出来的物质仍然是被束缚的。此外，对于给定的渐近爆炸能，达到爆炸核合成温度的质量比之前假设的要小。这可能有助于解决以前的爆炸核合成模型中遇到 ^{56}Ni 过多产生的问题。

从我们的模型的核心得到的直接结论似乎是可以很自然的解释在SN 1987A看到的以及在一些超新星遗迹中强烈表明存在的镍抛射团。此外，激波内部强烈的对流运动可以给与残余物质一个反冲速度和自旋。前者的量级可能在观察到的脉冲星正常的运动的范围内，但仍需进行大量新的计算来验证这一点。在爆炸后的100ms内，一股强大的中微子驱动的风正从前生中子星向外吹出，它清除了内部的物质，并且，在这个过程中，不允许物质再回落。在上升的爆炸羽流的基部（在早期风中），喷射出一些高熵(~ 60)团，其随后的演化可能与R过程有关。

1.33.2 Knowledge

1.33.3 Questions

1.34 Comparing Models of Rapidly Rotating Relativistic Stars Constructed by 2 Numerical-Methods¹

1.34.1 Abstract

本文第一次对建立快速旋转相对论性恒星的两种不同的数值方法的代码进行了直接比较。其中一种方法是基于Stergioulas编写的Komatsu-Eriguchi-Hachisu(KEH)方法(Komatsu et al. 1989)，另一种是由Friedman, Ipser, & Parker修正的Butterworth-Ipser 代码(BI)。我们比较了两种方法得到的模型，并评估了两种代码的准确性和有效性。这种一致性出乎预料地好，并且基于BI的公布了数据的在最大频率处的误差条主要不是由代码不准确导致的，而是由用于近似连续恒星序列的模型的数量决定的。BI代码每次迭代的速度更快，并且在低密度区域收敛更快；而KEH在高密度时收敛更快；在BI代码不能收敛的区域，KEH也能收敛，让我们能够计算BI代码无法进行的一些模型在塌缩过程中的不稳定性。一个最近报告的相对较大的基于Friedman-Pandharipande状态方程的模型的差异，被发现是由于使用了两个版本的状态方程。对于两种代表性的状态方程，平衡参数的二维空间被显示为由角动量、质量和中心密度构成的三维空间中的一个面。对于给定的状态方程，我们发现具有最大质量值、重子质量和角动量的平衡模型（一般来说）要么都不稳定，要么都是稳定的。在第一种情况下，具有最大角速度的稳定模也是具有最大质量、重子质量和角动量的模型。在第二种情况下，具有这些量的最大值的稳定模型都是不同的。我们对KEH方法的实现将作为一个公共领域计划提供给感兴趣的用户。

1.34.2 Knowledge

1.34.3 Questions

1. Author: Stergioulas, N. Friedman, J. L.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/175605
Journal: Astrophysical Journal(1995).

1.35 The Soft Gamma-Repeaters as Very Strongly Magnetized Neutron-Stars .1. Radiative Mechanism for Outbursts¹

1.35.1 Abstract

1.35.2 Knowledge

1.35.3 Questions

1. Author: Thompson, C. Duncan, R. C.

Address: NaN.

DOI: 10.1093/mnras/275.2.255

Journal: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society(1995).

1.36 Nucleosynthesis in neutrino-driven winds .1. The physical conditions¹

1.36.1 Abstract

在它生命的前20秒，中子星巨大的中微子亮度驱动了其表面可观的质量损失。以前的研究表明，这个中微子驱动的风可以出现R过程。这个核合成过程对中微子风的4个参数敏感：质量损失率、每个重子的熵、电子的比率以及动力学时标。不同的作者，使用各种超新星的数值模型，得到大量不同的这些关键参数的值。这里，我们采用解析的方式得到这些值，并且通过使用隐式的流体力学代码进行数值计算来检验我们的解析解。使用我们解析的以及数值的方法，我们还研究了这些变化的参数怎样影响我们的结果。导出的熵通常比产生强R过程所需的值低2-3倍。我们还讨论了各种可能使风的熵更高或膨胀速度更快的各种参数。

1.36.2 Knowledge

1.36.3 Questions

1. Author: Qian, Y. Z. Woosley, S. E.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/177973
Journal: Astrophysical Journal(1996).

1.37 Hyperon-rich matter in neutron stars¹

1.37.1 Abstract

利用扩展的相对论平均场模型研究了中子星中丰超子物质的状态方程。我们特别注意了最近提出的具有与Dirac-Bruckner计算更好的一致性的向量场的非线性行为。超子-超子相互作用也通过引入附加的介子交换来实现。利用这些新术语，我们避免了在高密度下发现的不稳定性，同时保持了对有限核系统的良好描述。我们还证明了在平均场方法中，中子星中的超子的存在和中子星中的超子-超子相互作用使kaon凝聚的开始变得不那么有利。

1.37.2 Knowledge

1.37.3 Questions

1. Author: Schaffner, J. Mishustin, I. N.

Address: NaN.

DOI: 10.1103/PhysRevC.53.1416

Journal: Phys Rev C Nucl Phys(1996).

1.38 The ultra-metal-poor, neutron-capture-rich giant star CS 22892-052¹

1.38.1 Abstract

K巨星CS22892-052是一颗超贫金属恒星($[\text{Fe}/\text{H}] \simeq -3.1$), 但它拥有迄今在任何正常的晕星中发现的中子俘获元素丰度的最大的增强。我们获得了新的高分辨率、高信噪比的CS22892-052光谱, 并确定了 $Z > 30$ 元素的详细丰度分布, 以便于与俘获核合成理论进行精确比较。在3700-6500 Å的波长范围内, 已有超过120个跃迁被用来获取20个这些元素的丰度。我们探测到了几种(Tb, Ho, Tm, Hf, Os)以前从没有在贫金属星中看到过的元素, 我们从一个清晰的、可见的、几乎没有混合的4019Å的特征谱线中推断出Th的丰度。

在CS22892-052中, $56 \leq Z \leq 76$ 的元素与标准的太阳系统尺度的r-过程的元素丰度分布匹配的非常好。标准化的太阳系的s-过程或总的丰度不能很好的与观测数据拟合。Th的丰度与这些元素中其他元素的比率明显小于太阳系, 这建议CS 22892-052的年龄要明显大于4.5Gyr; 通过简单的计算推断出其下限为 $15.2 \pm 3.7 \text{Gyr}$ 。

1.38.2 Knowledge

1.38.3 Questions

1. Author: Sneden, C. McWilliam, A. Preston, G. W. Cowan, J. J. Burris, D. L. Armosky, B. J.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/177656
Journal: Astrophysical Journal(1996).

1.39 Millisecond X-ray variability from an accreting neutron star system¹

1.39.1 Abstract

我们报告了在Rossi X射线定时探测器（RXTE）上用比例计数器阵列（PCA）探测低质量X射线双星4U 1728-34的X射线发射的毫秒变化。在迄今为止分析的8次脉冲中，有6次在363Hz下出现振幅（rms）为2.5%-10%的脉冲。在1996年2月16日记录的两次连续爆发中发现最强的，当时静态计数率接近PCA发现的最高值。在这些爆发中的脉冲显示在开始的前几秒有1.5Hz的频率变化，但是随着爆发的衰减变得有效连贯。我们将363赫兹的脉冲解释为非均匀脉冲发射的旋转诱导调制。这是低质量X射线双星的毫秒自旋周期的第一个令人信服的证据。复杂的是，依赖于强度的、毫秒X射线变异性也存在于所有我们检验的静态通量区间(quiescent flux intervals)中。最有趣的是当计数率接近其最高观测水平时的行为。在650-1100Hz范围内同时观测到了两个准周期的振荡(QPOs)。这两个QPOs的频率一起增加，保持一个几乎恒定的约为363Hz的频率间隔，从脉冲振荡推断出了自旋周期。这一现象强烈地支持了对于在Z源中看到的水平分支振荡(HBOs)而提出的磁层拍频模型。我们讨论了对观测到的X射线变异性的这一个以及一些其他可能的物理解释。

1.39.2 Knowledge

1.39.3 Questions

1. Author: Strohmayer, T. E. Zhang, W. Swank, J. H. Smale, A. Titarchuk, L. Day, C.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/310261
Journal: Astrophysical Journal(1996).

1.40 The soft gamma repeaters as very strongly magnetized neutron stars .2. Quiescent neutrino, X-ray, and Alfven wave emission¹

1.40.1 Abstract

我们计算了一颗具有非常强的磁场的中子星发出的静态X射线、中微子和Alfven波的辐射，辐射量分别为 $B_{\text{dipole}} \sim 10^{14} - 10^{15}\text{G}$ 和 $B_{\text{interior}} \sim (5 - 10) \times 10^{15}\text{G}$ 。这些结果与软伽玛射线重复源以及一小类我们以前发现的异常X射线脉冲星的静态发射观测结果进行了比较。磁场(而不是转动)提供了自由能的主要来源，而衰减的磁场能够为从这些来源观察到的静态X射线发射和粒子发射提供能量。与普通无线脉冲星相关的弱磁场衰变中不存在的新特征包括中子星壳层破裂、其核心强烈加热以及对垂直于磁场方向的热传导的有效抑制。当磁场通过地核的扩散运动被强迫穿过地壳时，会激发出多个小尺度的裂缝，以及一些能够驱动软伽马射线重复源爆发的大裂缝。核芯磁场的衰减率是温度的一个很强的函数，因此也是磁通密度的函数。该模型最有力的预测是，这些光源不会显示出与吸积盘的X射线加热相关的光学辐射。

1.40.2 Knowledge

1.40.3 Questions

1. Author:Thompson, C. Duncan, R. C.
Address: NaN.
DOI: 10.1086/178147
Journal: Astrophysical Journal(1996).

1.41 Model neutron star atmospheres with low magnetic fields .1. Atmospheres in radiative equilibrium¹

1.41.1 Abstract

1.41.2 Knowledge

1.41.3 Questions

1. Author:Zavlin, V. E. Pavlov, G. G. Shibarov, Y. A.
Address: NaN.
ISSN: 0004-6361
Journal: Astronomy Astrophysics(1996).