

Sıradışı X-Işını Pulsarları, Yumuşak Gama Yineleyicileri ve Radyo Pulsarlar Madde Aktarımı Yapar mı?

Efe Yazgan

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Ankara

Özet

Bu çalışmada yumuşak gama yineleyicilerinin (YGY) parlamaları ve parlayan-yıldızların parlamaları arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları inceledik. Supernova patlamasından sonra nötron yıldızı çevresinde madde kalması olasılığını tartıştık. Aynı zamanda sıradışı X-ışını pulsarları (SXP) ve YGY X-ışını çiftleriyle karşılaştırarak şu anda varolan geri-düşen disk modellerini gözden geçirdik. Eğer pervane mekanizması madde aktarımıyla aynı anda çalışmıyorsa SXP ve YGY'lerin özelliklerinin geri-düşen disk modelleriyle açıklanamayacağını gördük. Aynı zamanda radyo pulsarların periyot-periyot değişimi diyagramını açıklamak için öne sürülen geri-düşen disk modelinin gözlemlerle çeliştiğini bulduk.

Anahtar Kelimeler: Sıradışı X-Işını Pulsarları - Yumuşak Gama Yineleyiciler - Pulsarlar - Süpernova

Abstract

We examined the fall-back disk models, and in general accretion, proposed to explain the properties of anomalous X-ray pulsars, Soft Gamma Repeaters, and radio pulsars. We checked the possibility of some gas remaining around the neutron star after the supernova explosion. We also compared anomalous X-ray pulsars and soft gamma repeaters with the X-ray pulsars in X-ray binaries. We conclude the existing models of accretion from a fall-back disk are insufficient to explain the nature of anomalous X-ray pulsars and soft gamma repeaters, particularly the repeating soft gamma ray bursts. We also discussed the proposed model of combination of magnetic dipole radiation and propeller torques in order to explain the evolution of radio pulsars on the P-Pdot diagram. We found that the predictions of this model contradict the observational data.

Keywords: Anomalous X-ray Pulsars - Soft Gamma Repeaters - Pulsars - Supernova

Giriş

Bilinen diğer yalnız nötron yıldızlarından ayrı bir tür olarak kabul edilen sıradışı X-ışını pulsarları (SXP) ve yumuşak gama yineleyicileri (YGY) son yıllarda çok fazla ilgi çekmiştir (Mereghetti 2001). SXP ve YGY'ler arasındaki tek önemli fark YGY'lerin tekrar eden gama-ışını parlamalarıdır. Bu nesnelerin şaşırtıcı özelliklerinden biri ise X-ışını parlaklıklarının dönme enerjisi kayıplarından 1-3 mertebe daha fazla olmasıdır. Bunun yanında bu nesneler sınıfının en önemli özelliği tekrar eden gama parlamalarıdır. Bu nesnelerin fiziksel özelliklerini açıklamak için sadece nötron yıldızı fiziğinin sınırlarını aşan teoriler geliştirmek yetmemiş, aynı zamanda başka bir tür olan radyo sessiz nötron yıldızlarını araştırmak gerekmiştir. SXP ve YGY'ler için radyo dalga boylarında sadece üst limitler gözlenebilmiştir (Gaensler 2001). Bu gerçek bu nesnelerin radyoda ışıma vermediklerini göstermez çünkü çoğu pulsarın çok düşük radyo parlaklıklarıyla doğduğu bilinmektedir (Lyne ve diğerleri 1998; Allakhverdiev ve diğerleri 1997). Aynı zamanda hüzme etkeni yüzünden de birçok pulsar gözlenemiyor. Ama bu nesnelerin radyo ışıması yapmadığı bulunursa nötron yıldızları türleri arasında yüksek manyetik alanlara çıkıldıkça radyo parlaklığında bir süreksizlik var demek olacaktır. Radyo ışımasının gerçekten olup olmadığını bilmek çok zordur çünkü SXP ve YGY'ler çok uzak nesnelerdir ve sayıları çok azdır. Thompson ve Duncan (1995) bu nesnelerin doğasını açıklayabilmek için magnetar modelini öne sürdü. Bu modele göre SXP ve YGY'ler yalnız nesneler olup yüzey manyetik alanları 10^{14} - 10^{15} G'tur ve yıldızın ışıması manyetik alan bozunumundan gelmektedir. Buna alternatif olarak öne sürülen model süpernova patlamasından sonra geri-düşen diskten kütle aktarım modelidir (Chatterjee et al. 2000; Alpar 2001). Bu çalışmada asıl olarak kütle aktarım modellerini inceledik.

Manyetik Etkinliklerden Oluşan Parlamalar

Genelde parlamalar, özelde de gama-ışını parlamaları astrofizikte çok görülen olaylardandır. Bu bölümde YGY parlamalarının astrofizikte diğer çok iyi bilinen parlamalarla karşılaştıracağız. Parlamalar Güneş'te, parlayan yıldızlarda (UV-Cet) ve T-Tauri yıldızlarında gözlenmiştir. Parlamaların çıkış evresi çok hızlıdır ve bunu daha yavaş bir sönme evresi takip eder. Parlayan (flare) bütün nesnelerde parlamalar manyetik etkinliklere bağlıdır. Parlamaların karakteristik zaman ölçeği kısadır,

ve UV Cet tipli yıldızlar için dakika mertebelerindedir. Çok güçlü parlamalar, daha zayıf parlamalar tarafından takip edilir. YGY parlamalarının karakteristik zaman ölçekleri (10 ms-10 s) nötron yıldızının yarıçapı hesaba katıldığında normal parlayan yıldızlarınkine çok yakındır. Normal parlamalarla YGY parlamalarının farkı dışarı verilen güç miktarı ve de parlamalar arasındaki zaman farkıdır. YGY'lerinkilerle karşılaştırıldığında normal parlamaların zaman aralıkları 10-100 kat daha kısadır. Parlama ışımasının sürekli ışımaya oranı YGY'lerde normal parlayan yıldızlara göre 10000 kat daha fazladır. SXP'ier ve YGY'ler tek bir kümenin elemanları olarak düşünüldüğü için SXP'lerden de parlamalar beklenir. YGY parlamalarının enerjileri 10^{40-44} erg ve karakteristik zaman ölçekleri 10 ms-10 s'dir. Bu tür parlamaların varolan kütle aktarım modelleriyle elde edilmesi imkansızdır ve de bu tür parlamalar parlaklıkları SXP ve YGY'lerden 2 mertebe daha çok olan kütle aktarımı yapan sistemlerde bile gözlenmemiştir. Şunun belirtilmesinde yarar var; küçük kütleli X-ışını çiftlerindeki parlamalar kütle aktarımı sonucu termonükleer tepkimeler sonucu yaşlı nötron yıldızların yüzeyinde olur ve bunları olabilmesi için nötron yıldızının manyetik alanının düşük olması gerekir (Lipunov 1992). Büyük kütleli X-ışını çiftlerinde parlamalar gözlenmemiştir. Geçici X-ışını çiftlerinde parlamaların sebebi birim zamandaki kütle aktarım miktarının değişmesidir. Bu tür parlamaların kaynağı manyetik alan değil kütle aktarımıdır. Bunun yanında parlamaların X-ışını çiftlerinde ve YGY'lerdeki tayfı birbirlerine kıyasla çok farklıdır. Şu anda varolan kütle aktarım modelleri YGY parlamalarını açıklamalarının dışında tutuyorlar ve bu da bu modellerin en büyük eksikliğidir.

Süpernova Patlamasından Sonra Nötron Yıldızı Çevresinde Bir Disk Kalabilir Mi?

SXP ve YGY'lerin X-ışınması miktarı kütle aktarımıyla elde edilebilir, ancak bunun olabilmesinin nedeni kütle aktarım oranı ve manyetik alanın kütle aktarım modellerinde ayarlanabilir parametreler olmalarıdır. Geri-düşen disk (GDD) modellerinde süpernova patlamasından sonra geriye ne kadar madde kaldığını bilmek çok önemlidir. Bir Güneş kütlelik bir nötron yıldızının kütleçekim enerjisi yaklaşık $(1-2) \times 10^{53}$ erg'dir. Bu enerji süpernova patlaması sırasında nötrino ve antinötrino enerjisine dönüşür (Zeldovich ve Guseinov 1965, Guseinov 1966). SNK'ları çalışmalarından biliniyor ki kinetik enerji 3×10^{49} ile 10^{51} erg arasındadır. Süpernova gözlemlerinden de patlama enerjisinin 10^{50-51} erg ve de 0.4-4 Güneş kütlelik maddenin dışarıya atıldığı biliniyor. Bu da gösterir ki nötrinoların enerjisinin sadece küçük bir kısmı patlama enerjisine dönüşür, ama bu bile nötron yıldızı çevresindeki maddeyi dışarıya süpürmek için yeterlidir. Bunun yanında, bir GDD kalıp kalmayacağı dışarı fırlatılan maddenin hız dağılımına bağlıdır. Kütleçekimsel enerjinin ne kadarının dönme enerjisine dönüşeceğini çökmüş yıldızın ilk açısal momentumunun dağılımı belirler. Ama bunu bilsek bile, nötron yıldızının dönüş enerjisini bilebilmek için manyetik sürtünmenin değerini ve de çökmenin dinamiğini bilmek gerekir. Bu noktada bir sürü belirsizlik vardır, bu yüzden nötron yıldızlarının ilk hız değeri, pulsarların ilk hızlarından elde edilmelidir. Pulsarların ilk dönüş periyotlarının 10 ms olduğu bilinir. Bu 5×10^{51} erg'lik bir dönme enerjisine eşdeğerdir. Çökme nötron yıldızının açısal momentumunu dışarıya taşır ve bu da çevredeki maddeyi süpürmek için başka bir mekanizmadır (Bisnovatyi-Kogan 1971; Amnuel ve diğerleri 1973). Aslında, gözlemler 10^{10} G'dan fazla manyetik alanı olan yalnız pulsarların çevresinde gezegenler ve gaz diskleri olmadığını göstermiştir. Kaplan ve diğerlerinin (2001) yaptığı optik gözlemlerle YGY 0526-66 çevresinde de kütle aktarım diski olmadığı görüldü. Yalnız pulsarlarda disk olsaydı diskteki inhomojenlikler veya yalpalamalar sayesinde dağılım miktarlarında (DM) değişimler gözükürdü. Bütün bu sebeplerden dolayı SXP ve YGY'ler çevresinde bir kütle aktarım diski olduğunu gösterecek bir kanıt yoktur. Ama yine de gözlenemeyecek kadar az miktarda madde nötron yıldızı çevresinde kalabilir.

SXP ve YGY'ler Kütle Aktarımı Yapar mı?

Yukarıda belirttiğimiz gibi çok az miktar madde nötron yıldızı çevresinde kalabilir. Bu bölümde böyle bir maddenin nötron yıldızını yavaşlatacağı mı yoksa hızlandıracağı sorusu tartışıldı. Çökme yavaşlamaya başladığı zaman, süpernova patlaması olur ve nötron yıldızının kabuğu atılır. Açısal momentum korunumu nedeniyle kabuğun açısal hızı kabuk nötron yıldızından uzaklaştıkça azalır. Nötron yıldızının manyetik alanı kabukla birlikte hareket eder (frozen). Bu nötron yıldızını yavaşlatır ve de kabuğu hızlandırır (Bisnovatyi-Kogan 1971 ve Amnuel ve diğerleri 1973). Geriye düşen kabuğun açısal hızı artar ve nötron yıldızı kabukla etkileşimden dolayı hızlanır. Bu da gösteriyor ki, SXP ve YGY'lerin temel özelliklerinden biri olan sürekli dönmenin yavaşlaması eğer pervane mekanizması kütle aktarımıyla aynı anda çalışmıyorsa sağlanamaz. Ama şu anda varolan GDD modelleri GDD'in nasıl açısal momentum kaybetmesi gerektiğini açıklamıyor. SXP ve YGY özelliklerini gerçeğe yakın şekilde açıklamak için GDD modellerinin kütle aktarım ve pervane mekanizmalarını aynı anda çalıştırması gerekir.

SXP ve YGY'lerin X-ışını Çiftlerindeki Pulsarlarla Karşılaştırılması

Bu bölümde pulsarların ve SXP/YGY'lerin X-ışını parlaklıklarının dönme enerjisi kayıplarına oranı karşılaştırıldı. Bu oran $L_x/|\dot{E}|$ olarak gösterilebilir. $L_x/|\dot{E}|$ nötron yıldızına aktarılan maddenin özgül açısal momentumuyla ters orantılıdır (yani açısal momentum/kütle). Periyotlae yaklaşık aynı olan sistemler incelendiğinde yüksek kütleli X-ışını çiftleri için $L_x/|\dot{E}| = 3 \times 10^3 - 3 \times 10^6$, düşük kütleli X-ışını çiftleri için $L_x/|\dot{E}| = (5-7.2) \times 10^2$ olduğu görülür. Nötron yıldızına kütle aktarımı onu hızlandırabilir veya yavaşlatabilir. Ancak, yaklaşık aynı parametrelere sahip olan çift yıldız sistemleri için, kütle aktarım oranı arttıkça periyot değişimi, dönme enerjisi kaybı ve de X-ışını parlaklığı artar. Düşük kütleli X-ışını çiftleri diskten kütle aktarımı yaparlar, bu yüzden aktarılan birim kütledeki maddenin açısal momentumu yüksek kütleli X-ışını çiftlerindekiyle göre daha çoktur. Bu yüzden ortalamada düşük kütleli çiftler için $L_x/|\dot{E}|$ daha düşüktür. Pervane etkisi yoksa SXP'ler için $L_x/|\dot{E}|$ yüksek kütleli sistemlere göre daha az olmalıdır çünkü SXP'lerin GDD'ten kütle aktarımı yaptığını varsayıyoruz. Ama 7 SXP içinden 4 tanesi düşük kütleli X-ışını çiftlerinin $L_x/|\dot{E}|$ değerinden bile daha düşük değerlere sahip. Bu da gösteriyor ki kütle aktarımıyla pervane mekanizması aynı anda çalışmıyorsa gözlemlerle tutarsız sonuçlar elde ediliyor. Bunun yanında pervane etkisi de zayıf olmalıdır çünkü SXP'lerle bağlantılı süpernova kalıntıları dolma (plerionic) tür değildir ve hepsi de kabuk tiplidir (Tagieva ve Ankay 2002).

Radio Pulsarlar İçin Pervane Mekanizması

Alpar, Ankay ve Yazgan (2001) radyo pulsarların P-Pdot dağılımlarının pervane ve dipol torklarının birleşik halde varolmasıyla açıklanabileceğini öne sürmüşler ve bunu pulsarların P-Pdot dağılımıyla karşılaştırmışlardır. Bu model P-Pdot dağılımını açıklamada çok başarılıdır ancak, bu modelin başka gözlemlerle de test edilmesi gerekiyordu. Bunun için modelin yaş tahminlerini gözlenen yaşlarla karşılaştırdık. Bilindiği gibi pulsarların gerçek yaşları (modelden bağımsız) pulsarların Gökada düzleminden uzaklıklarıyla doğru orantılıdır (Lyne ve Graham-Smith 1998). Bu da demektir ki en genç pulsarlar Gökada düzleminde en yaşlıları ise Gökada düzleminden uzaktır. Genel ölçekler verilirse düzleme 200 pc'den yakın olanlar çok genç, düzlemden 400 pc'ten daha uzak olanlar da yaşlı pulsarlardır. Ama gördük ki Alpar, Ankay ve Yazgan'nın modelinin yaşlı pulsarları tahmin ettiği yerde genç pulsarlar, gençleri tahmin ettiği bölgede de yaşlı pulsarlar bulunuyor. Yani modelimiz gözlenen pulsar yaşlarıyla tutarsız, yani radyo pulsarları açıklarken pervane mekanizmasına kesinlikle ihtiyaç yoktur. Bu çalışmayla birleştirildiğinde Alpar, Ankay ve Yazgan'nın (2001) çalışması radyo pulsarlarda pervane mekanizmasının genel P-Pdot evriminde önemli bir rol oynamadığını kesin olarak göstermiştir. Aynı zamanda Allahverdiyev ve Tagieva (2002) göstermiştir ki P-Pdot dağılımı sadece dipol modeliyle çok iyi bir şekilde açıklanabiliyor.

Sonuç

Bu çalışmada değişik yönlerden genel olarak yalnız nötron yıldızlarının kütle aktarımı yapmadığını gösterdik. SXP ve YGY'ler eğer kütle aktarımı yapıyorsa aynı anda pervane mekanizması da çalışmalıdır. Bu çalışmanın ayrıntıları için Tagieva, Yazgan ve Ankay (2002)'ye bakılmalıdır.

Kaynakça

- Allakhverdiyev, A.O., Guseinov, O.H., & Tagieva, S.O., 1997, Astronomy Letters, 23, 628
 Allakhverdiyev, A.O., & Tagieva, S.O., 2002, Astronomical ve Astrophysical Transactions'da yayımlanacaktır
 Alpar, M.A., 2001, ApJ, 554, 1245
 Alpar, M.A., Ankay, A., Yazgan, E., 2001, ApJ Letters, 557, 61
 Amnuel, P.R.ç Guseinov, O.H., & Kasumov, F.K., 1973, Sov. Astr. 16,932
 Bisnovatyi-Kogan, G., 1971, Sov. Astr. 14, 652
 Chatterjee, P.ç Hernquist, L., & Narayan, R., 2000, ApJ, 534, 373
 Gaensler, B.M., Slane, P.D., Gotthelf, E.V., & Vasisht, G., 2001, ApJ, 559, 963
 Guseinov, O.H., 1966, AJ, 43, 772, 1967 Sov. Ast., 10, 613
 Kaplan, D.L., Kulkarni, S.R., van Kerkwijk, M.H., ve diğerleri, 2001, ApJ, 556, 399
 Lipunov, V.M., 1992, Astrophysics of Neutron Stars, Springer-Verlag
 Lyne, A.G., & Graham-Smith, F., 1998, Pulsar Astronomy, Cambridge University Press, p.94-96
 Lyne, A.G., Manchester, R.N., Lorimer, D.R., ve diğerleri, 1998, MNRAS, 295, 743
 Mereghetti, C., 2001, astro-ph/0102017
 Tagieva, S.O. & Ankay, A., 2002, Astronomical ve Astrophysical Transactions'da Yayınlanacaktır
 Tagieva, S.O., Yazgan, E., Ankay, A., 2002, astro-ph/0201068
 Thompson, C. & Duncan, R.C., 1995, MNRAS, 275, 255
 Zeldovich, Ya. B., & Guseinov O.H., ZhETF Pis: Red., 1, 11, 1966, ApJ, 144, 841