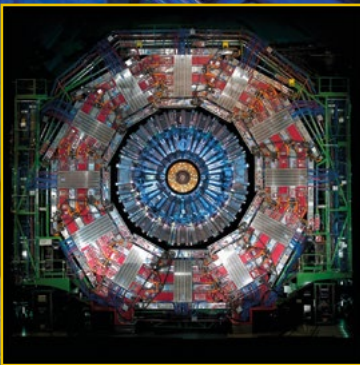


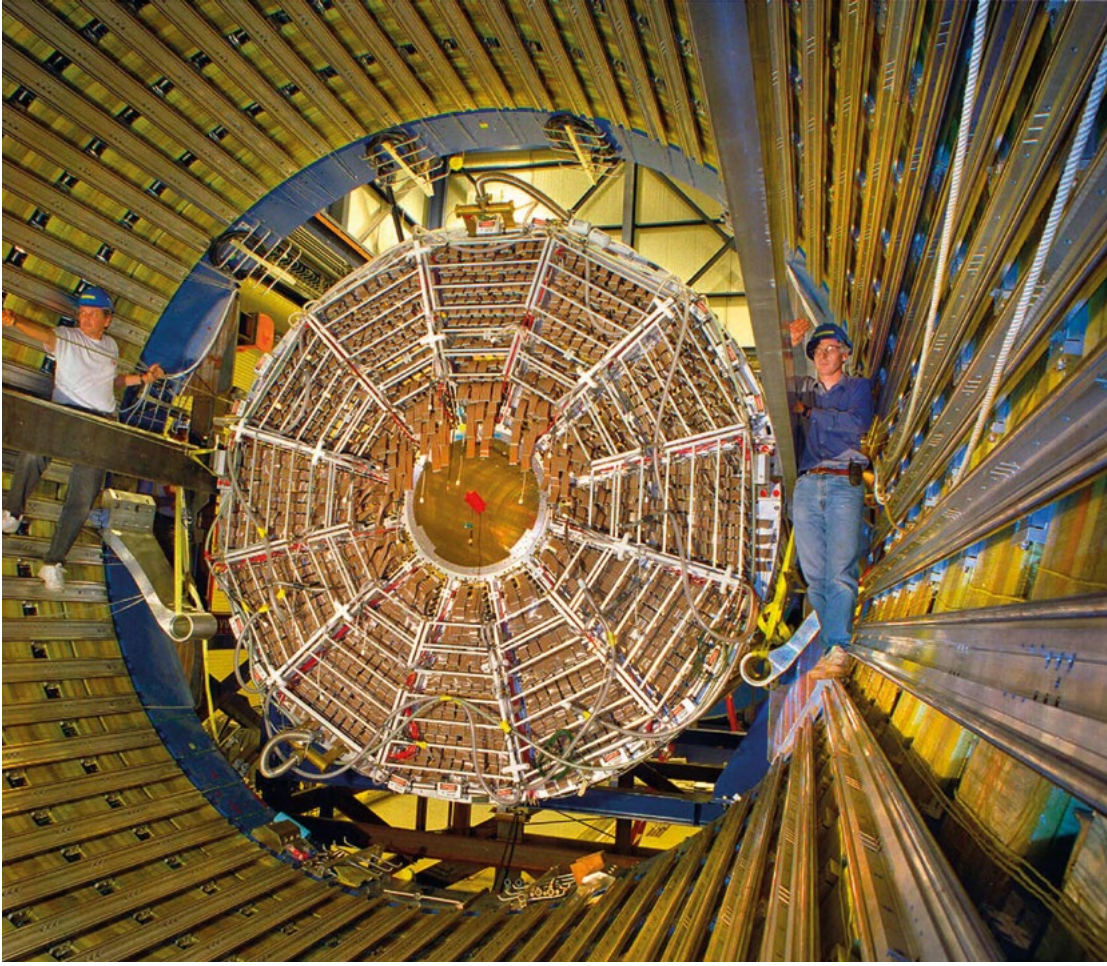


İyon Çarpıştırma Deneyleri ve Kuark Gluon Plazması

Bugünlerde parçacık fiziği ile ilgilenenlerin gözü CERN'de yapılan ağır iyon çarpıştırma deneyinde. 25 Kasım'da Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda bilinen en ağır kararlı element olan kurşun atomları, elektronlarından arındırıldıktan sonra ışık hızına yakın hızlarda çarpıştırılmaya başlandı. Bu ağır iyon çarpıştırma süreci bir ay devam edecek. Elde edilecek verinin CERN bünyesinde bulunan ATLAS, CMS, ALICE ve LHCb deneylerinde analiz edilmesi sonucunda,

maddenin pek de bilmediğimiz bir hali olan kuark gluon plazması hakkında bilgi edinilecek ve kim bilir belki de on yıllardır heyecanla aranan süpersimetrik parçacıkların izine rastlanacak. Peki, günlük yaşantımızdan hayli uzak bir alanda gerçekleşen bu son derece uç fiziksel durumların araştırılması ve aydınlığa kavuşturulması bizim için neden önemli? Milyarlarca dolar yatırım sadece fizikçilerin merak duygusunu tatmin için mi yapılıyor, yoksa bu yatırımın pratik faydalarını da görecek miyiz?





Evrenin En Görkemli Gizemi: Güçlü Etkileşim

Bildiğimiz evreni oluşturan madde, elektron bulutuyla çevrili bir çekirdekten ibaret olan atomlardan oluşur; çekirdek ise birbirine sıkı sıkıya bağlanmış proton ve nötronlardan. Aslında birbirini itmesi gereken protonları ve yüksüz nötronları bir arada tutan kuvvetin gizemini fizikçiler uzun zamandır merak ediyor. Özellikle, proton ve nötronların temel parçacık olmadığını anladığımız 1960'lı yıllardan sonra, fizikçiler güçlü etkileşim adını verdikleri bu kuvvete yoğunlaşmış durumda. Çünkü güçlü etkileşim asıl görkemini çekirdeği bir arada tutmasında değil, proton ve nötronları oluşturan kuarkları bir arada tutmasında sergiliyor. Kuarklar öylesine güçlü bir şekilde bağlanmış durumda ki, insanoğlu henüz serbest halde tek bir kuark bile gözleyebilmiş değil. Öyle ki, çekirdek içinde proton ve nötronların birlikte durması, güçlü etkileşimin sadece dolaylı bir etkisinden ibaret!

Bu kadar etkin bir kuvvetin onu anlaşılmasız yapan garip bir davranışı da var: Kuarklar bir protonun (veya nötronun) içindeyken ve birbirlerine çok yakınken adeta birbirlerini görmez, hissetmez ve serbest parçacıklar gibi davranır. Ama protonun sınırlarına geldiğinde, yani kuarklar arasındaki mesafe bir proton çapı mertebesinde olduğunda güçlü etkileşimi olanca şiddetiyle hissederler. Tıpkı birbirlerine yaylarla bağlı cisimler gibi ayrılmaz, proton sınırından dışarı çıkamazlar. Deneyimli bir hocamız bu durumu yıllardır evli olan yaşlı çiftlerin durumuna benzetmişti: Aynı evdeyken birbirlerine ilgisiz dursalar bile, kısa süreliğine ayrıldıklarında dahi diğerinin yokluğunu şiddetle hisseder ve bu yüzden hiç ayrılmazlar.

Yanıt Bekleyen Sorular

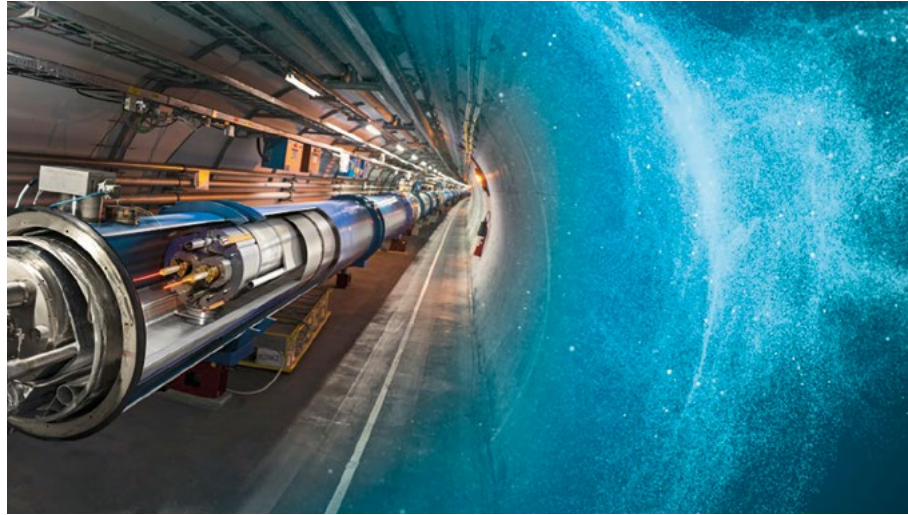
Bugün güçlü etkileşime dair pek çok bilginimiz olsa da, bu hapsolme özelliğinin nedenini anlamış değiliz. Anlaşılmaz bir diğer özellik de, Kasım sayımızdaki "Kütlenin Gizemi" başlıklı yazıya konu olan proton ve nötron gibi parçacıkların nasıl kütle kazandığı. Bunun dışında, maddenin (birkaç yüz milyon derece sıcaklıklara kadar) görece soğuk ortamlardaki hallerini biliyorken trilyon mertebesinde yüksek sıcaklıklarda hangi hallerin var olduğunu henüz tam olarak bilmiyoruz. Özetle, güçlü etkileşime dair yanıtlanması gereken daha çok soru var: Görece çok hafif kuarklardan oluşan proton ve nötronlar nasıl oluyor da içeriklerinden yüz kat daha ağır hale geliyor? Madde nötron yıldızları, süpernova patlamaları veya evrenin ilk saniyelerinde olduğu gibi aşırı yoğun ve aşırı sıcak ortamlarda nasıl davranıyor? Proton ve nötron içindeki kuarklar serbest parçacıklar gibi gözlenebilir mi? Maddenin başka hangi fazları var? Bu fazların fiziksel özellikleri neler? Yüksek sıcaklıklarda güçlü etkileşim ile diğer kuvvetler birleşir mi? Doğadaki bu kuvvetler aynı gerçekliğin farklı yansımalarından mı ibaret?

Evrenin Başlangıcına Yolculuk

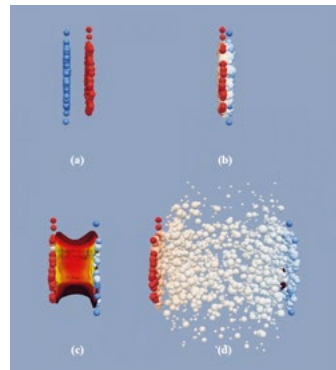
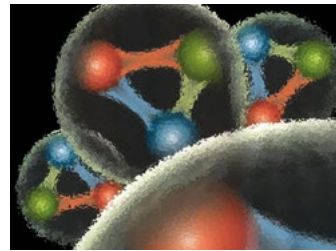
Güçlü etkileşimin bugün kabul gören kuramına göre, kritik bir sıcaklığın üzerinde kuarklar birbirlerine bağlanarak proton veya nötron gibi kompozit parçacıklar oluşturamaz. Bunun yerine, serbestçe dolaşabildikleri ve maddenin yeni bir hali olan kuark gluon plazması oluştururlar. Maddenin kuark gluon plazma fazına geçme sıcaklığı kabaca iki trilyon derece olarak tahmin ediliyor. Bu sıcaklık, Güneş'in merkezindeki sıcaklıktan tam yüz bin kat daha yüksek. Doğada, evrenin ilk var olduğu andan itibaren böyle yüksek sıcaklıklar görülmemiştir. Ancak evreni oluşturan maddeyi ve evrende hüküm süren kuvvetlerin doğasını anlamak için, bu sıcaklıkta maddenin nasıl davrandığını gözlemlememiz gerekiyor. Evrenin ilk var olduğu an simüle edildiğinde, belki de bu yüksek sıcaklıklardaki madde ve dört temel etkileşimin birbirleri arasındaki ilişki daha net görülecek.

Doğada rastladığımız tüm maddenin, yani kuarklardan oluşan proton, nötron veya mezonlar gibi tüm kompozit parçacıkların en genel adı hadrondur. Yaşadığımız evrende gözlemlediğimiz tüm maddeye hadronik madde adını veriyoruz. Yapılan kuramsal çalışmalar, sıcaklık arttıkça hadronların fiziksel özelliklerinin de değiştiğini gösteriyor.

Ülkemizde de ODTÜ, Doğuş ve Kocaeli üniversitelerinin fizik bölümlerinde süregiden kuramsal çalışmalar bu alana çok ciddi katkı yapıyor. Elde edilen sonuçlara göre yüksek sıcaklıklarda hadronların kütlelerinin ve etkileşme şiddetlerinin azaldığı görülüyor. Özellikle iki trilyon derece sıcaklığa yaklaşıldıkça, hadronları tanımlayan nicelikler âdeta eriyor. Bu da, kuark gluon plazma fazı dediğimiz bambaşka bir fiziksel durumun işareti olarak yorumlanıyor. Ancak bunu doğrulamanın tek yolu, bu sıcaklıkta maddenin davranışını deneylerle sınamak. Peki bu kadar uç bir ortam laboratuvarlarda oluşturulabilir mi?



Bilim insanları parçacık hızlandırıcılarda ağır iyonları çarpıştırarak, atom ölçeğinde de olsa, böyle bir ortam oluşturulabileceğini düşündü. Bu amaç için kullanılacak iki büyük çarpıştırıcı var. Birincisi ABD'deki Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nda inşa edilen Relativistik Ağır İyon Çarpıştırıcı (RHIC), diğeri ise İsviçre'deki CERN'de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcı (LHC). Bu laboratuvarlarda altın, kurşun gibi ağır çekirdeğe sahip atomlar, çok güçlü elektrik alan altında elektronlarından ayrıştırılıyor. Geriye artı yüklü altın veya kurşun iyonları (çekirdekleri) kalıyor. Daha sonra bu iyonlar zıt yönlere hızlandırılarak çarpıştırılıyor. 2010 yılında ABD'liler bu yöntemle atom ölçeğinde bir kuark gluon plazması ürettiklerini duyurdu. 2012 yılında ise CERN'deki ALICE deneyi bundan çok daha yüksek sıcaklıklara ulaştığını duyurdu. Rekor yaklaşık 5,5 trilyon derece ile CERN'e ait. Tam da bugünlerde gerçekleşen iyon çarpışmaları ise çok daha yüksek enerjide ve yoğunlukta gerçekleşiyor. Yaklaşık bir ay sürecek olan deney sonunda CERN'deki tüm büyük algılayıcılar elde ettikleri verileri analiz etmeye başlayacak. 2016 yılı bu anlamda önemli sürprizlere gebe.



İyon çarpışma süreci
a) çarpışma öncesi
b) çarpışma anı
c) kuark gluon plazma süreci
d) hadronlaşma süreci

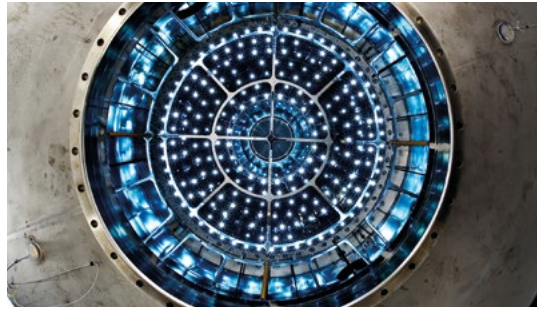
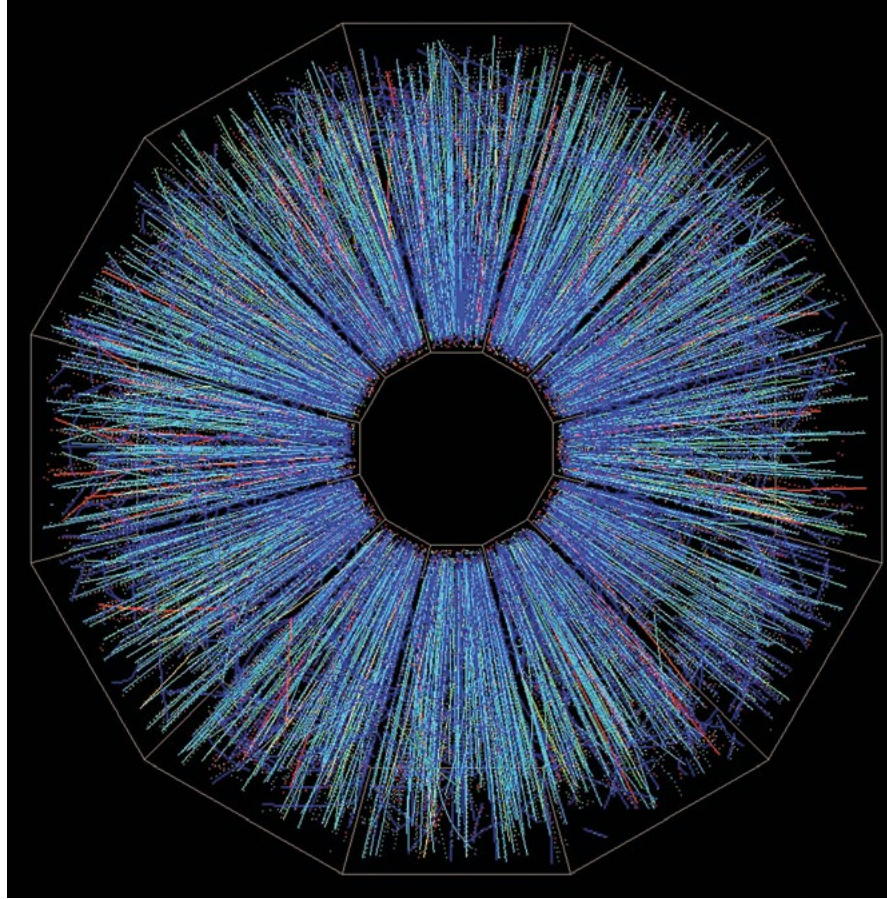
Ağır İyon Çarpışması ve Kuark Gluon Plazma

Hızlandırıcılarda neredeyse ışık hızında birbirine yaklaşan iyonlar, görelilik kuramına göre, hareket ekseninde boyut kışalmasından dolayı dıştan bakınca disk gibi görünür. İyon diskler çarpıştığında binlerce kuarktan ve gluondan oluşan trilyonlarca derece sıcaklıkta bir parçacık çorbası oluşur. Bu ortama kuark gluon plazması (KGP) denir. KGP genişleyerek soğur ve serbest haldeki kuarklar yaklaşık iki trilyon derece sıcaklık civarında bildiğimiz maddeyi, hadronları oluşturmaya başlar. Bu süreç yaklaşık 10^{-23} saniye gibi hayal etmesi çok güç, çok kısa bir zaman aralığında gerçekleşir. İki çekirdeğin çarpışmasıyla binlerce yeni parçacık bu şekilde yaratılır. Algılayıcıların içine doğru saçılan bu yeni parçacıklar incelenerek KGP hakkında bilgi edinilir. Yapılan ilk incelemelere göre, KGP fazındaki madde tıpkı viskozitesi çok düşük bir sıvı gibi davranıyordu. Ancak enerji yükseldikçe, KGP fazındaki madde gazların davranışını sergilemeye başladı. Tıpkı suyun sıvı ve gaz hallerinde bulunması gibi, KGP fazının da kendi içinde farklı halleri olabilir.

Süpersimetrik Parçacıklar

Parçacık fiziğinin standart modeli şimdiye kadar başarıyla oluşturuldu. Fakat fizikçilerin resmin bütününün henüz netleşmediğine dair çok güçlü gerekçeleri var. Dirac'ın 1927'de anti-maddeyi öngörmesiyle ve hemen ardından anti-parçacıkların keşfedilmesiyle parçacık dünyasında müthiş bir açılım gerçekleşmişti. Şimdilerde ise fizikçiler her bir parçacığın bir süper eşi olduğuna yönelik süpersimetri kuramları geliştiriyor. Dirac'ın modelinde her yüklü parçacıkla aynı fiziksel özellikleri taşıyan, fakat zıt yüke sahip anti-parçacıklar vardı ve keşfedildiler. Süpersimetri kuramına göre ise bildiğimiz her parçacığın, farklı spine sahip bir süpersimetrik parçacık eşi olduğu öngörülüyor. Bu süper parçacıkların tahmin edilen kütleleri şimdiye dek keşfettiğimiz en ağır parçacıklardan bile kat kat fazla. Bu ise onların çok çok kısa ömürlü olmaları ve çarpıştırıcılarda çok zor oluşturulabilmeleri demek. Bu yüzden henüz süpersimetrik tek bir parçacık dahi gözlemlenmedi.

KGP fazının laboratuvarlarda elde edilmesi, süpersimetri konusunda çalışan fizikçileri de heyecanlandırıyor. Çünkü KGP fazındaki aşırı sıcak ortam, eğer varsa süpersimetrik bir parçacığın görece daha uzun ömürlü olmasına ve daha kolay algılanmasına imkân sağlayabilir. Ayrıca süpersimetrik parçacıkların KGP fazında daha çok sayıda oluşabileceği de öngörülüyor.



Eğer süpersimetrik parçacıklar keşfedilirse bilim dünyasında öyle bir coşku yaşanır ki, Higgs parçacığının keşfi bunun yanında çok sönük kalır. Bununla birlikte, eğer süpersimetrik parçacıklar diye bir kavram gerçekte yoksa, olmayan bir şey üzerinde on binlerce makale yazılmış olması gibi hayli ilginç bir durum doğacak; bu da sosyolojik vaka incelemelerine konu olabilir. Üstelik parçacık fiziğinin standart modelindeki eksikleri giderebilecek yepyeni bir fizik ufkuna ihtiyaç doğacak. Tüm bunlardan bağımsız olarak süpersimetri kuramının matematiksel güzelliği ve tamamlayıcılığı, kuramsal fizikçileri cezbetmeye devam ediyor.

Neden Bu Çaba?

KGP fazını ve hatta henüz meçhul olan maddenin başka hallerini incelemek, keşfetmek ve insanlığın bilgi dağarcığına katmak bize ne kazandıracak? Günlük yaşantımızda hiç de karşımıza çıkmayacak bunca bilginin peşine düşmek de neden? Nasıl oluyor da hükümetler milyarlarca dolar kaynağı bu çılgın bilim insanların hizmetine sunabiliyor? Kuramsal fizik ve hatta teknolojiye doğrudan katkı sağlamadığı düşünülen deneysel fizik çalışmaları çoğu insana beyhude gelebilir. Ancak bu tür araştırmalar sonucu doğayı şekillendiren dört temel kuvvetin mahiyetini anlamak ve kaynağını bulmak mümkün olabilir. İnsanoğlu fiziksel bir kavramı ne kadar iyi anlayıp aydınlatırsa, o kavram üzerindeki hâkimiyetini de o kadar artırdı. Bundan yüz yıl önce ışığın ve elektronun davranışını anlama yönünde yapılan ve o gün için de birilerine gereksiz görünen araştırmalar, önce kuantum fiziğini doğurdu ardından günümüz elektronik devrimine neden oldu. Bugün elektromanyetik etkileşim üzerinde mutlak bir güce sahibiz ve bu kuvveti dilediğimiz gibi yönlendirebiliyor, dilediğimiz küçüklükte ve büyüklükte cihazlar tasarlıyoruz. Bir diğer doğal kuvvet olan zayıf etkileşimi anlamış olmamız sayesinde nükleer enerjiyi kullanabiliyoruz.

Eğer bir gün güçlü etkileşimin doğasını tam olarak anlarsak, ulaşabileceğimiz teknoloji bugünkü bilim kurgu sınırlarını bile zorlayabilir. Aynı şey kütleçekim kuvveti için de geçerli. Burada yıldızlararası yolculuklardan, boşluktan elde edilebilecek sınırsız enerji kaynaklarından, bambaşka iletişim yöntemlerinden ve daha nice düşlerin ötesinde teknolojilerden bahsediyoruz. Henüz tüm yönleriyle doğal kuvvetleri tanımıyoruz. Ancak onların sınırlarını aydınlatığımızda elde edebileceğimizin heyecanı tüm fizikçileri sarmış durumda. İşte bu yüzden merak önemli; meraklı bilim insanları da önemini hiç yitirmemeli.



Kaynaklar

- Veliev, E. V., Yılmazkaya, J., "Maddenin Yeni Hali: Kuark Gluon Plazması", *Bilim ve Teknik*, Aralık 2002.
- Yazıcı, E., Kütlelinin Gizemi, *Bilim ve Teknik*, Kasım 2015.
- Strassler, M., How to Look for Supersymmetry at the LHC, <http://wp.me/P1Fmmu-bf>
- Beinker, M. W., Kampher, B., Soff, G., Estimates of Production Rates of SUSY Particles in Ultra-Relativistic Heavy-Ion Collisions, <http://arxiv.org/abs/hep-ph/9802428>
- Kharzeev, D. E. Ce ark., "Aspects of Parity, CP, and Time Reversal Violation in Hot QCD", <http://arxiv.org/abs/hep-ph/0012012>

