

GİRİŞ

Kuazarlar, evrende son derece yüksek bir enerjiyle parlayan gök cisimleridir. Milyonlarca, milyarlarca hatta trilyonlarca elektron volt enerjileri yayar. Bu enerji, bir galaksideki tüm yıldızların toplam ışığını aşmaktadır. Evrendeki söz konusu en parlak nesnelere ve Samanyolu'ndan 10 ila 100 bin kat daha parlaktır. Kuazarlar, enerji kaynağı olarak yoğun bir merkez, bunun çevresinde kinetik enerjileri yüksek elektronlardan oluşan daha az yoğun bir elektron kabuğu ve en dışta, hızlı hareket ederek optik soğurma tayf çizgileri veren sıcak gaz hareketlerinin yer aldığı bir zarftan oluşurlar. Merkezlerindeki dev karadeliğin kütle çekim gücüne kapılan büyük miktarda maddeden gelen şiddetli ışınım sahiptirler. Merkezdeki karadeliğin üzerine yığılma bu ışınım sürecini açıklamak için enerji kaynağı olarak kabul edilir.

İLETİŞİM

Safahan BAŞARA
E-posta: s.basara@ogr.iu.edu.tr

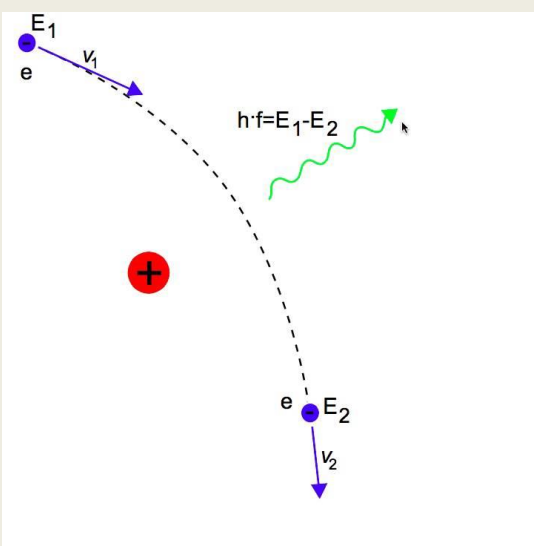
YÜKSEK ENERJİLİ IŞINLARIN OLUŞUM MEKANİZMASI

Yüksek enerjili ışınların oluşum modeli, kütleli karadeliğin etrafında ivmelenmiş gaz ve rölativistik parçacıkların uyarılmalarını içermektedir.

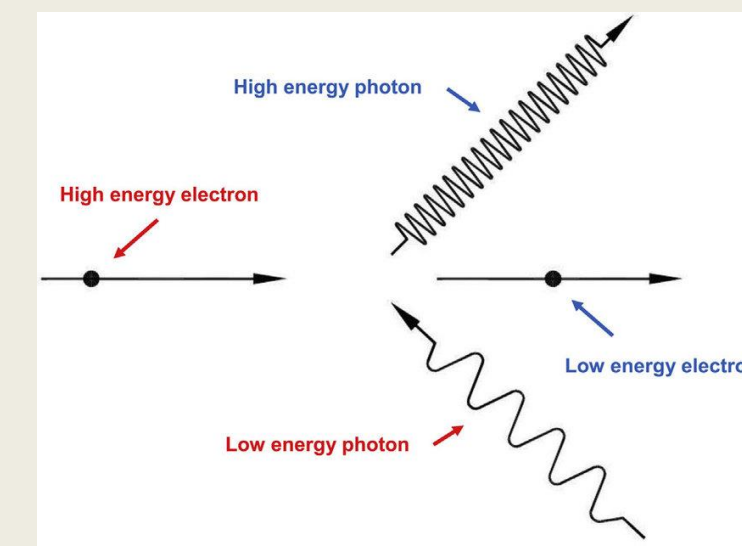
Bu uyarılmanın bir türü Termal Bremsstrahlung ışımaya neden olur. Bu ışımaya sürecinde yüklü parçacıkların diğer parçacıklarla Coulomb etkileşmesine girdikten sonra yavaşlayarak ışınım yaymasını sağlar. Hareket eden parçacığın kinetik enerjisi azalarak radyasyona dönüşmesiyle enerjinin korunumu yasasına uygun bir durum ortaya çıkar.

Yüksek enerjili ışınların oluşumunda termal olmayan süreçlerin termal süreçlerden daha baskın olduğu düşünülmektedir. Bu termal olmayan süreç ters Kompton saçılmasıdır. Bu süreçte yüksek enerjili parçacıklar radyo bölgesinde bulunan düşük enerjili fotonlara çarparak gama bölgesine taşıyacak kadar enerji aktarmaktadır.

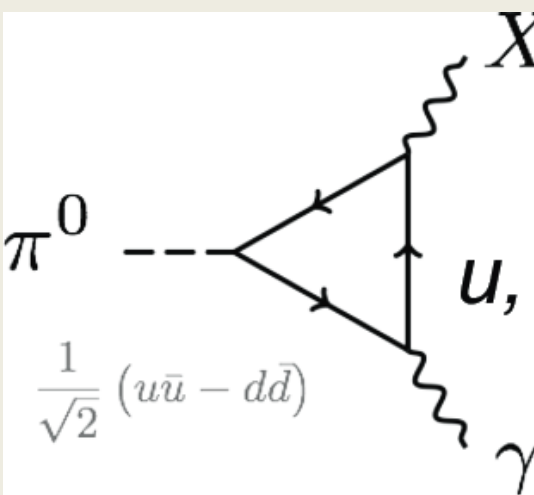
Bir diğer yüksek enerji kaynağı ise pion bozunmalarıdır. Yüksüz pionlar (π^0) 135 MeV/c² kütleli ve 8.5×10^{-17} saniyelik yarı ömre sahip bir mezondur. Oluşan bu yüksüz pionlar kısa sürede bozunarak 2 foton veya bir foton ve bir elektron ile bir pozitron yayınlarlar; $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^- + e^+$.



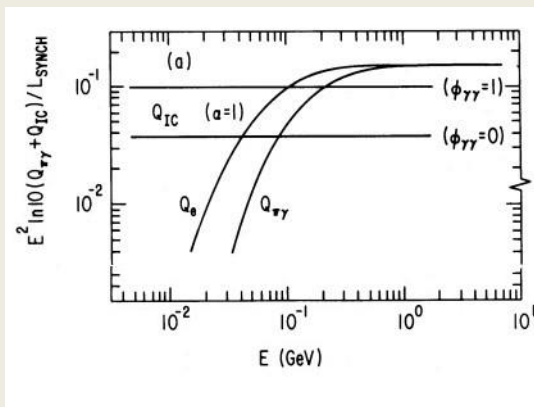
Şekil 1. Termal Bremsstrahlung ışımaya.



Şekil 2. Ters Kompton Saçılması



Şekil 3. Yüksüz bir pionun bozunması. Bu mezon elektromanyetik kuvvet sayesinde bozunur. En temel bozunum şekli (98.798%) iki foton olan bozunumdur.



Şekil 4. Elektronlar tarafından üretilen Spektrum (Q_e). π^0 ışımaya gelen γ ışınları ($Q_{\pi\gamma}$) ve ters Kompton saçılmasından gelen γ ışınları (Q_{IC}).

KUAZARLARDA YÜKSEK ENERJİLİ NÖTRİNO RADYASYONU

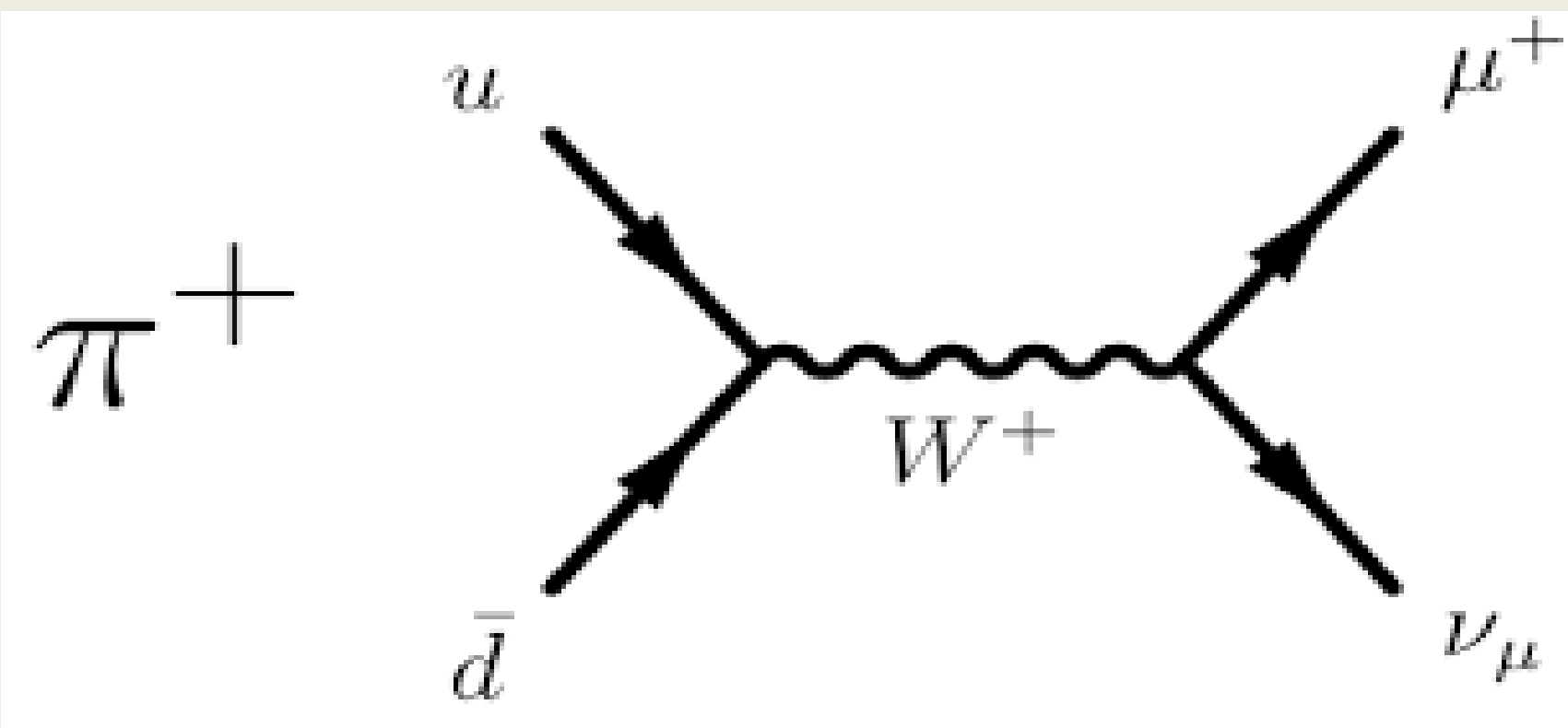
Nötrinolar, ışık hızına yakın hızda sahip olan, elektriksel yükü sıfır olan ve maddelerin içinden neredeyse hiç etkileşmeden geçebilen temel parçacıklardır. Astrofiziksel şartlarda yüksek enerjili nötrinolar, yüklü piyonların bozunmasında ortaya çıkarlar. Bu süreç, 70 MeV'tan büyük enerjili gama ışınlarının yayılmasına neden olur.

Merkezdeki karadeliğin etrafında parçacıklar çok yüksek hızlara ulaşmaktadırlar. Bu şartlar altında çarpışan protonlar yüklü pionları yaratır ve kısa süre sonra bozunurlar.

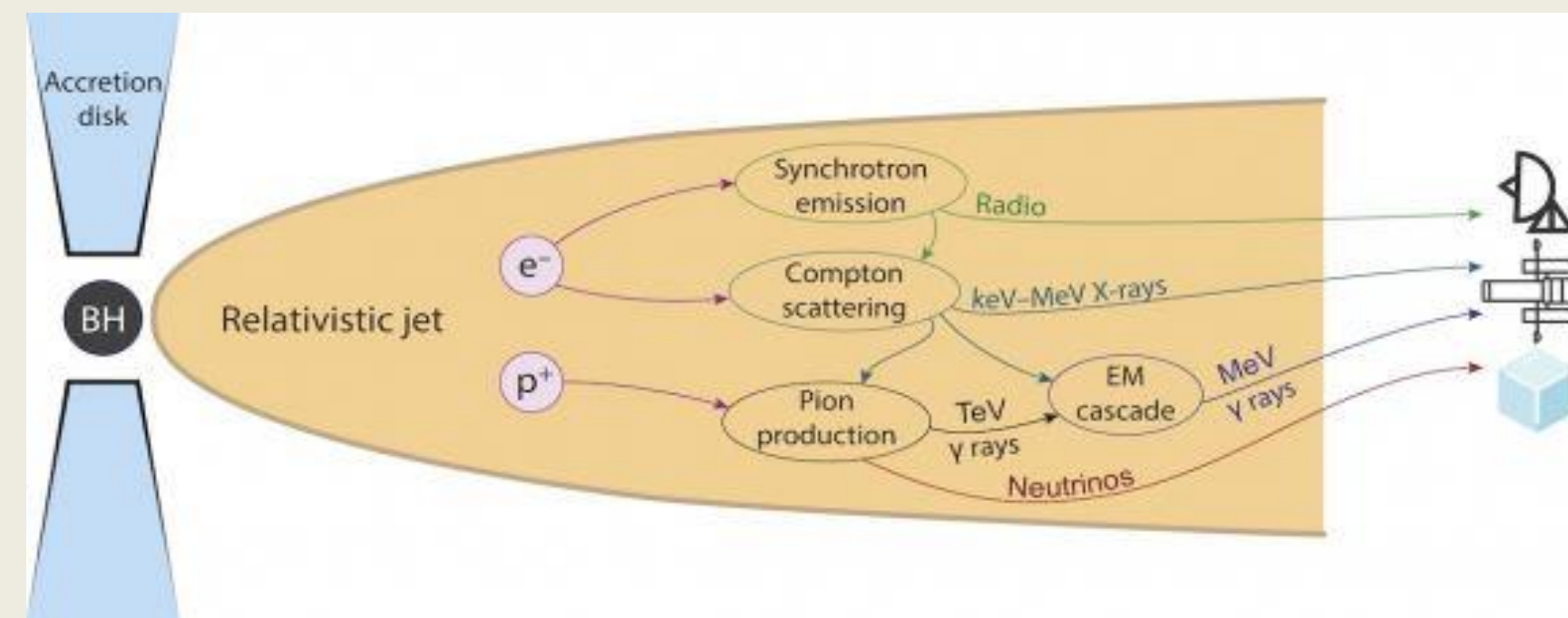
Oluşan yüklü pionların dallanma oranı 0.999877 ise bozunmanın sonucunda müon ve müon nötrinosu yayılır (pion yükü negatifse müon antinötrinosu).

Yüklü pionların dallanma oranları 0.000123 ise yayılan parçacıklar elektron ve elektron nötrinosu olacaktır (pion negatifse elektron antinötrinosu)

Diğer bir ihtimal ise dallanma oranının 10^{-8} olmasıdır. Bu durumda yüklü pionların bozunmasından yüksüz pion, elektron ve elektron nötrinosu çıkacaktır.



Şekil 5. Artı yüklü bir pionun bozunumu.

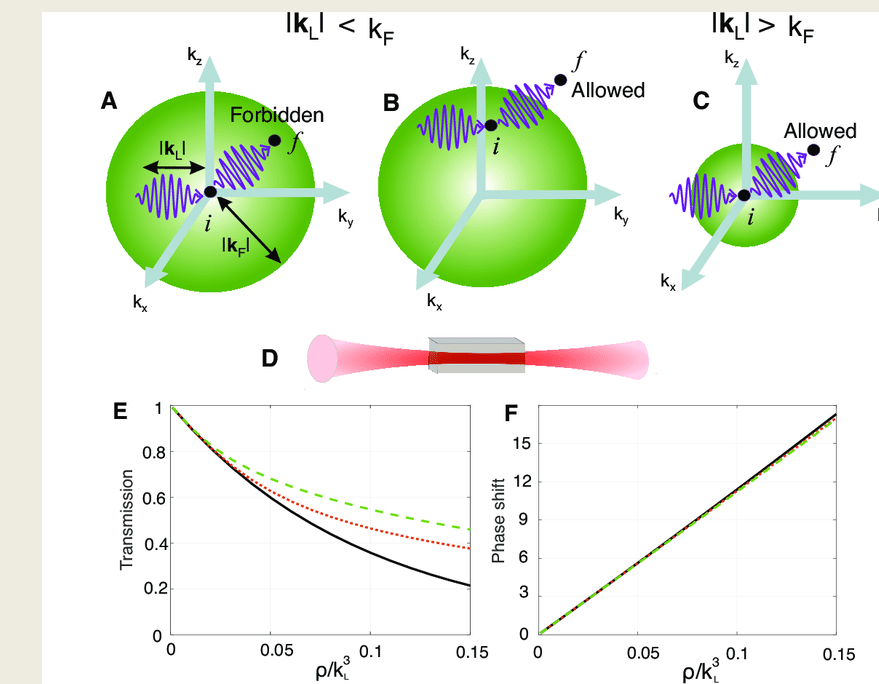


Şekil 6. Kuazarlardan bize gelen radyasyon ve kökenleri.

KUAZAR AKTİVİTELERİNE KUANTUM FİZİKSEL YAKLAŞIM

Kuazar aktivitelerini bremsstrahlung, senkrotron-öz compton ışınları gibi prosesler ile incelediğimiz zaman, gözlemlerde çıkan %30'luk enerji/kütle oranını karşılamamaktadır.

Öne sürülen yeni bir model, kuazarların parlaklığını oluşturan kaynağın, karadeliğin olay ufkunun üstündeki parçacıkların izlediği yollardan yararlanan çembersel yörüngeler içinde bulunabileceğini söylüyor. Merkezdeki tekillik tarafından yönetilen bu yörüngeler, standart Schwarzschild metriği ile modellenebilir. Bu yörüngelerden geçen parçacıkların izlediği klasik yollarındaki değişimler, Pauli dışarlama ilkesince faz geçişlerine neden olur ve bu durum, düşmekte olan plazmada bulunan elektron ve proton sistemlerindeki Fermi kürelerinin ani bir şekilde çökmesine yol açar. Olay ufkunun yakın çevresindeki fermiyonların yerel yoğunluğu kütle çekimi nedeniyle büyük değerlere ulaşır. Bu olaylar neticesinde kütle çekim enerjisinin elektromanyetik radyasyona dönüşümü kuazarların gözlenen parlaklığını açıklayabilmektedir. Olay ufkunun yanında devasa kütle çekimi ile küçük bir hacme sıkışmış yeteri kadar yüksek sayıda parçacıkların olduğu bu ortamda, Fermi kürelerindeki çökme ile meydana gelen enerji/kütle dönüşüm oranı %30'a ulaşabilmektedir. Bu mekanizma, kuazarların parlaklıklarının oluşmasında ana parça olabilir.



Şekil 7. (A-C), k_F yarıçaplı bir küre içindeki tüm durumların dolu olduğu homojen bir Fermi gazı için $T = 0$ 'daki Fermi kürelerini göstermektedir. $|k_L| < k_F$ kürenin merkezine yakın bir atom, A'da gösterildiği gibi, son momentum durumu f işgal edildiğinden, gelen bir fotonu saçamaz. (B)'de gösterilen kürenin yüzeyine yakın bir atom için foton saçılmasına izin verilir. $|k_L| > k_F$, (C)'de olduğu gibi, foton saçılmasına izin verilmesi daha olasıdır.

KAYNAKLAR

1. Protheroe R. J., 1983, 'On the origin of relativistic particles gamma-rays in quasars', *The Astrophysical Journal*, 265:620-624,
2. Plavin, A. V., ve ark., 2021, "Directional Association of TeV to PeV Astrophysical Neutrinos with Radio Blazars." *The Astrophysical Journal* 908.2
3. Jacak J. E., 2021, 'The mechanism of energy conversion in quasars' arXiv:2110.13651v2