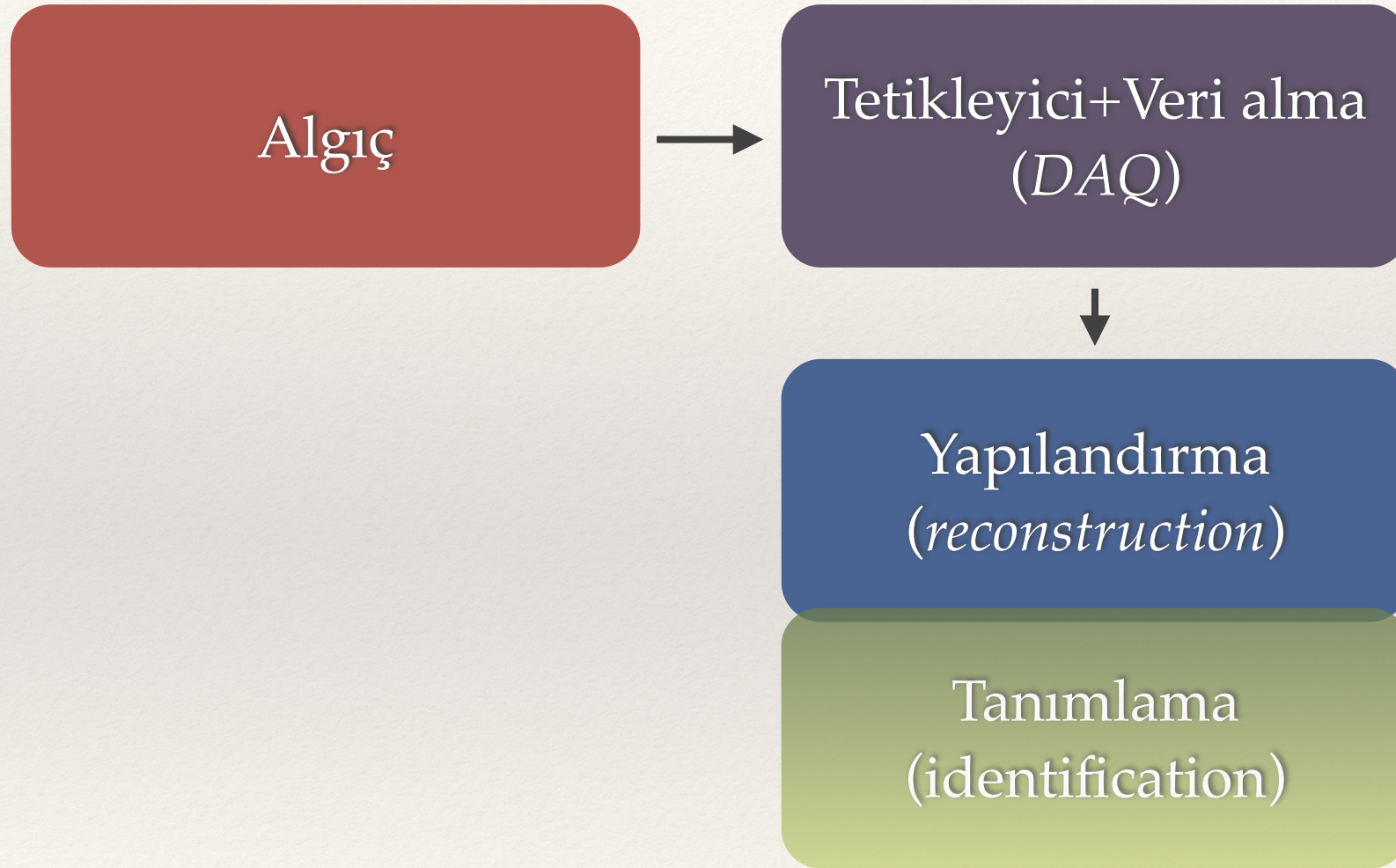


HPFBU4 - Eskişehir

Fizik Nesnesi
Yapılandırma: e γ μ MET

Halil Gamsızkan
05.02.2015

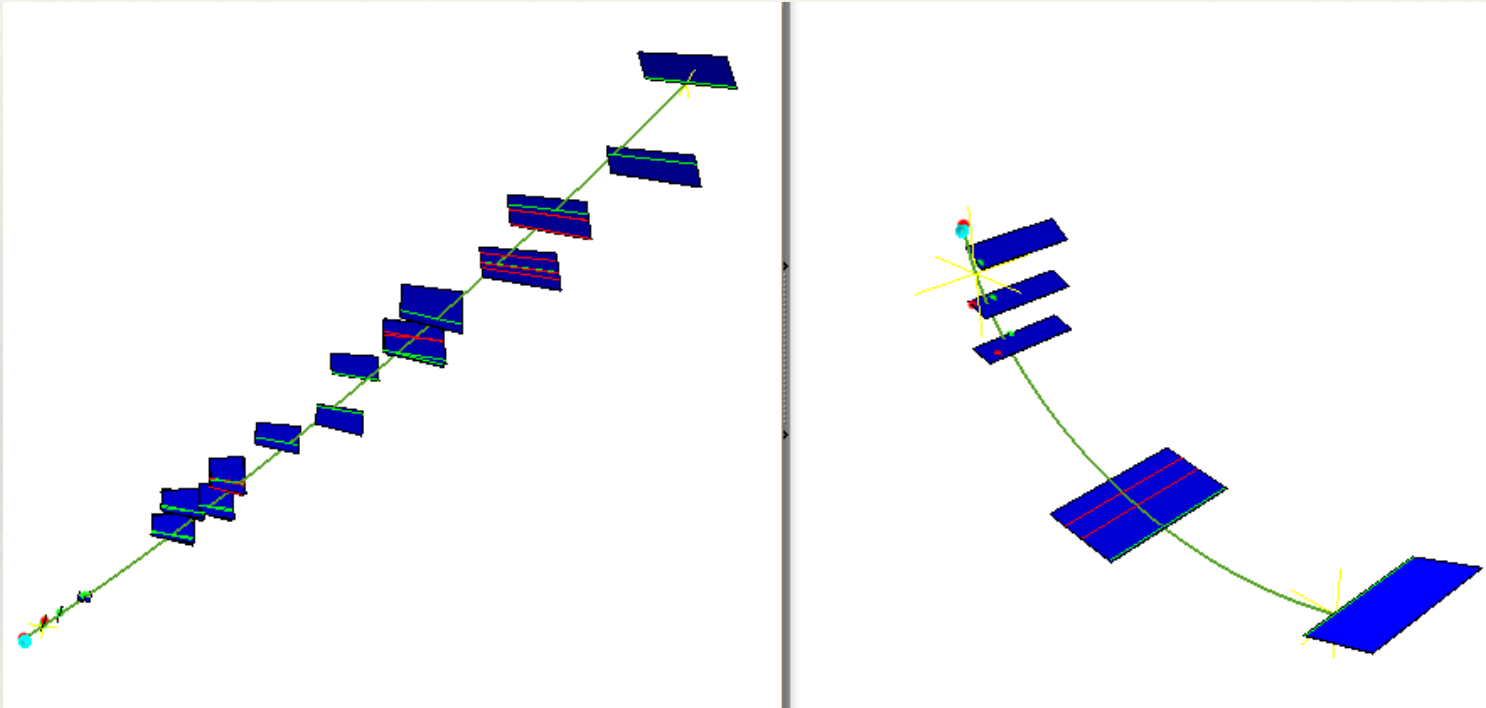
Fizik Nesnesi Yapılandırma Nedir



Fizik Nesnesi Yapılandırma Nedir

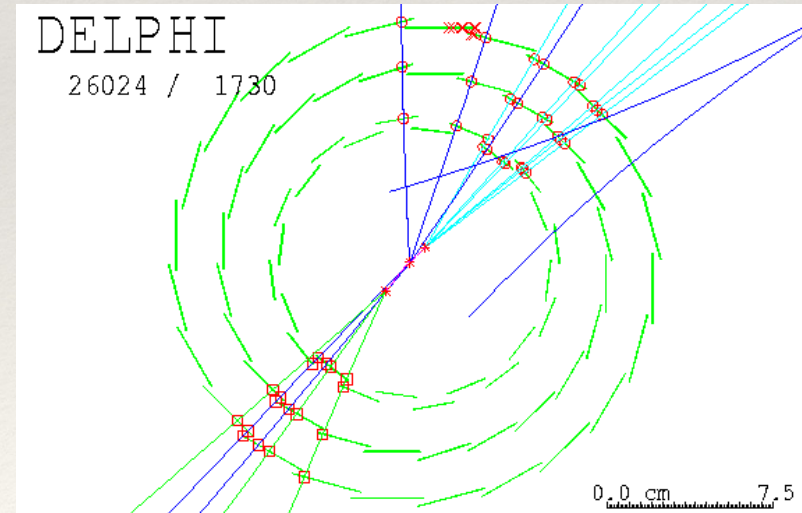
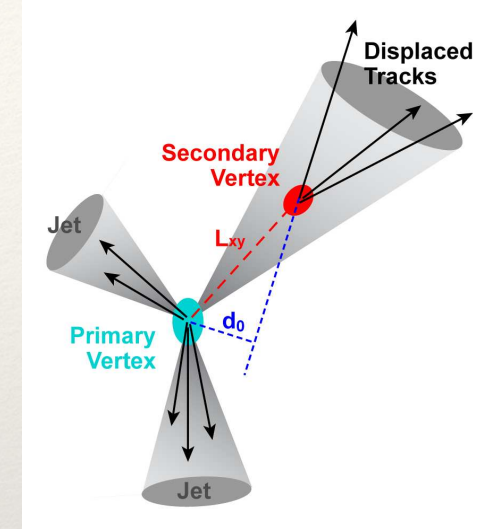
- ❖ Algıç bileşenlerinden (iz yakalayıcı, EKAL..) gelen bilgiler birleştirilerek **analiz nesnelere** oluşturulur. Bu işlem iki yoldan yapılabilir:
 - ❖ **Doğrudan yapılandırma:** Analiz nesnesi odaklı:
Müon, elektron, foton, jet, KDE, tau, b ...
 - ❖ **Parçacık akışı yöntemi** (*Particle Flow*): Olay odaklı.
Tüm algıç bileşenlerinden gelen veriyi kullanarak çarpışma olaylarında ortaya çıkan **her bir parçacığın** tanımlanması ve yapılandırılmasını amaçlar. Başlıca fark jet yapılandırmasındadır. Jeti oluşturan parçacıklar ayrı ayrı yapılandırılır.

Yüklü Parçacık İzleri (*Track*)



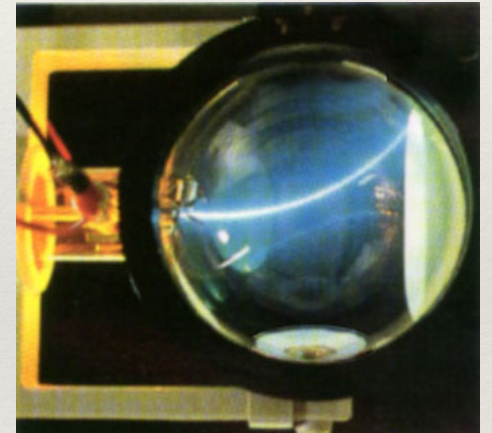
Yüklü Parçacık İzleri

- ❖ Yüklü parçacık izleri elektron, müon, hatta foton yapılandırması için gereklidir.
- ❖ İzler bu nesnelere dışında jet yapılandırmasında, b-etiketlemede ve etkileşim noktası tespitinde de kullanılır.



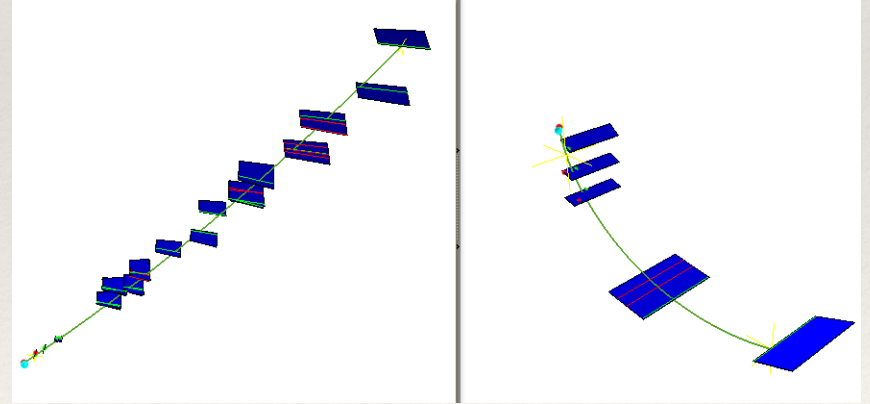
Yüklü Parçacık İzleri (*Track*)

- ❖ Çarpışma olaylarında ortaya çıkan yüklü parçacıkların ilk karşılaştıkları algıç (*detector*) bölümü, **iz yakalayıcıdır** (*tracker*). Yüklü parçacıklar iz yakalayıcıdan geçerken iyonlaştırma yoluyla enerji bırakır. Yakalanıp elektrik işaretlerine dönüştürülen bu enerjilere **vuruş** (*hit*) denir.
- ❖ Eğer algıcın manyetik alanı varsa yüklü parçacıklar Lorentz kuvvetinin etkisiyle **eğri bir yol izler**.
- ❖ Yüklü bir parçacığın algıç içerisinde izlediği yolun, yani **izinin** yapılandırılması vuruşların anlamlı bir biçimde birleştirilmesiyle yapılır. Bu iş için kullanılan yazılım algoritmaları parçacığın yolundaki bükülmeyi ve parçacığın algıç malzemesi ile etkileşiminden doğan enerji-momentum kayıplarını dikkate alır.
- ❖ **Hassas uzaysal çözünürlük**, iz yapılandırmanın olmazsa olmazıdır.



İz Bulma

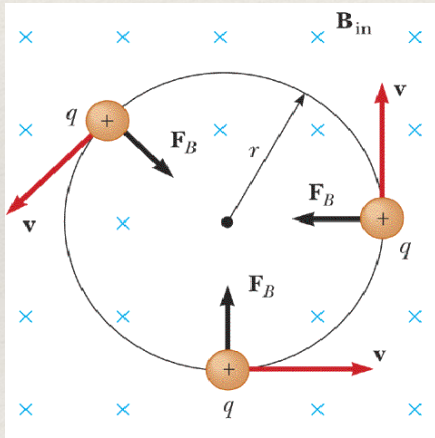
- ❖ İz bulma 3 aşamada gerçekleşir:
 - ❖ **Tohumlama**: İz oluşturmaya başlamak için **tohum vuruşlar** tespit edilir
 - ❖ **Şekil tanımlama** (*pattern recognition*): Vuruşlar izlerle ilişkilendirilir.
 - ❖ **İz oturtma** (*track fitting*): Kinematik değişkenlerin belirlendiği son aşamadır
- ❖ İz yakalayıcı şu parametreleri ölçebilir:
 - ❖ Momentum (p)
 - ❖ Elektrik yükün işareti ($\text{sign}(q)$)
 - ❖ Yaşam süresi (*lifetime*): İkincil köşe (*secondary vertex*) bulunarak yapılır



Manyetik Alanda Yüklü Parçacık

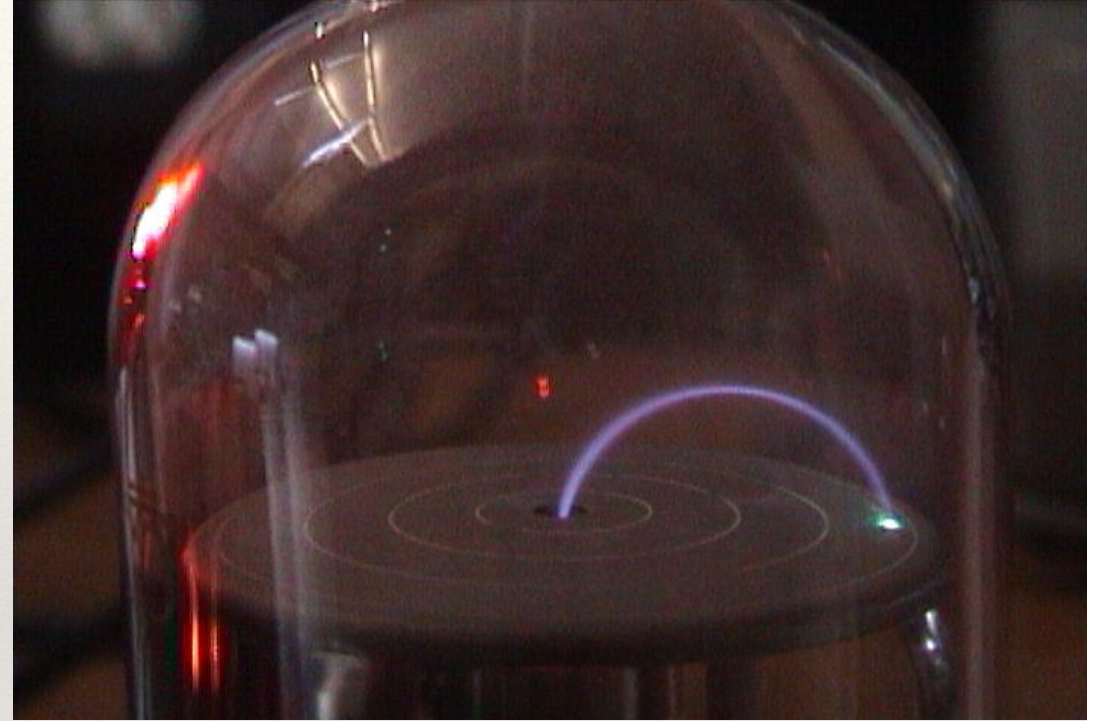
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Bir parçacığın hızı manyetik alan ile θ açısı yaparsa yarıçapı r olan sarmal bir yol izler



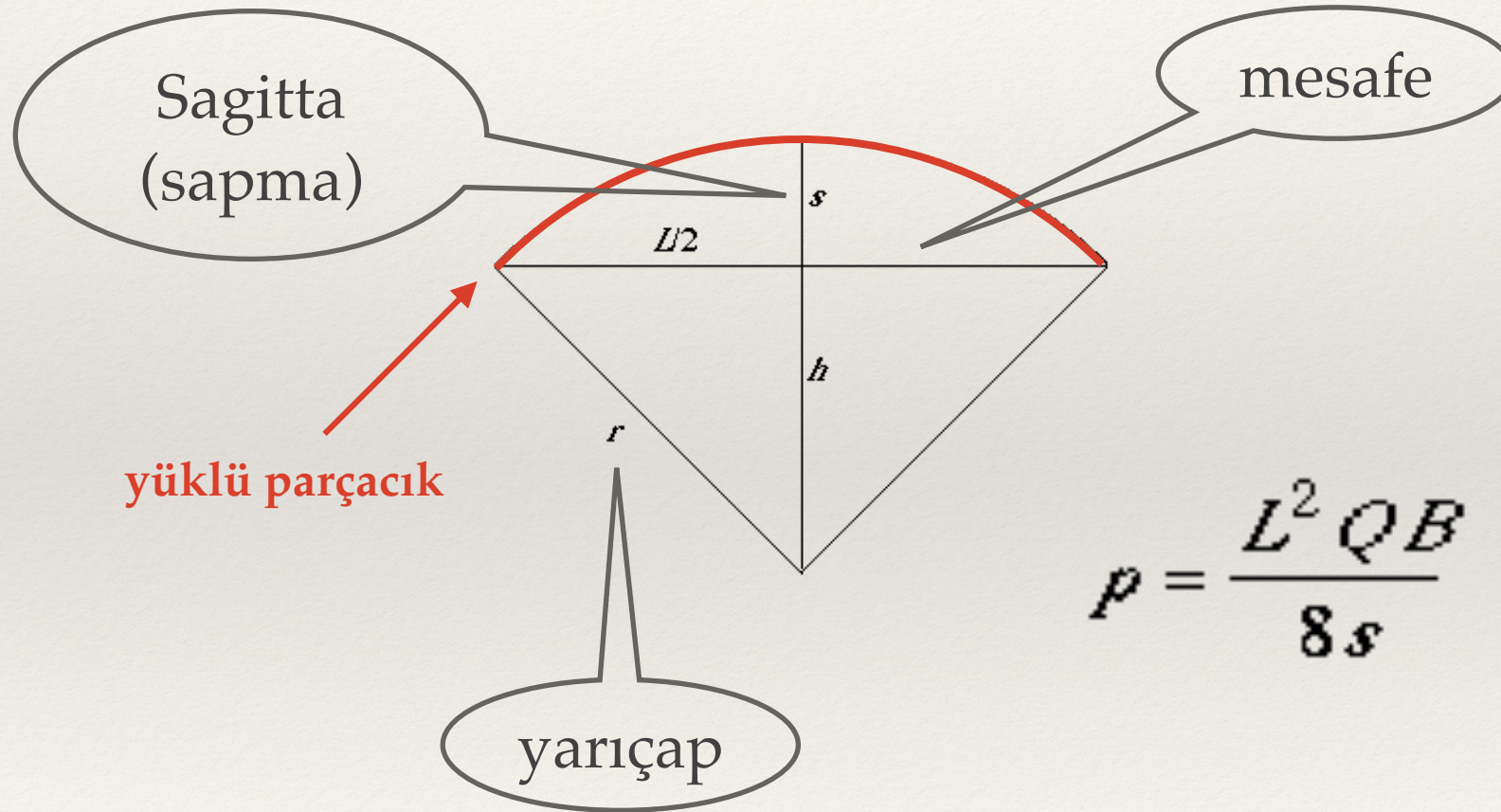
sarmal'ın yarıçapı ise (ödev1):

$$r = \frac{p \sin \theta}{QB}$$



^^^ resimdeki düzenek için manyetik alanı çiziniz (ödev2)

İz - Momentum İlişkisi



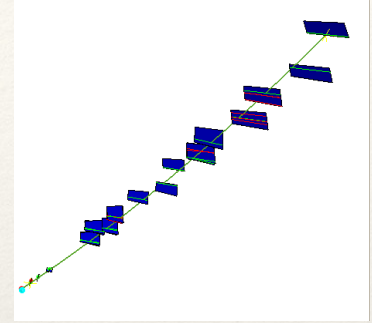
İz Yapılandırma Algoritmaları

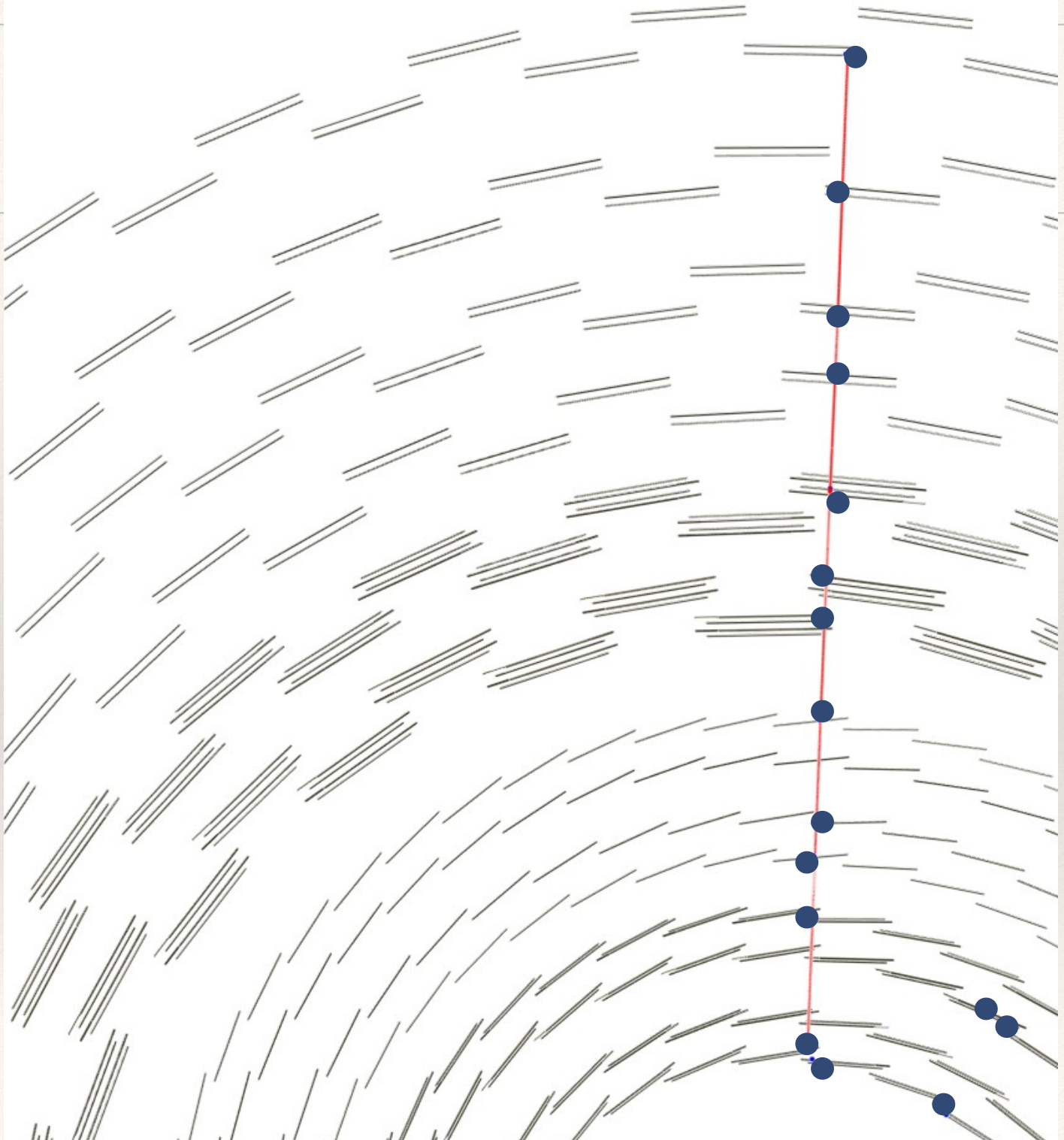
❖ Kalman-Filtresi (KF):

- ❖ İz yakalayıcının en iç katmanından bir vuruş grubu **tohum** olarak alınır.
- ❖ Bu vuruşlar kullanılarak parçacığın **uçuş yönü** konusunda kaba bir tespit yapılır.
- ❖ İz tohumundan yola çıkıp, uçuş yönü takip edilerek, sıradaki katmanlarda mevcut izle uyumlu vuruşlar aranır. Katmandan katmana geçilirken manyetik alandan kaynaklanan sapma ve madde etkileşimi kaynaklı enerji kayıpları dikkate alınır. Mevcut izle uyum gösteren birden fazla vuruş olabileceğinden birden fazla iz adayı oluşturulur.
- ❖ Oturtma (*fit*) işlemi yapılarak işlemin kalitesine göre bir iz adayları oluşturulur.

❖ Kalman filtresinin dezavantajı:

- ❖ Işınım kayıplarını dikkate almak için momentumda her katmanda bırakılan enerjiye göre düzeltme yapılır ve momentumun varyansı enerji dağılımının varyansı ile artar. Dolayısıyla Kalman filtresi sadece olasılık dağılımları gaus dağılım olduğunda optimaldir.
- ❖ Aksi durumda daha detaylı bir algoritma gerekir. Örneğin elektronlar *bremstrahlung* mekanizmasıyla çokça enerji yayar. Bu enerji kaybı tek bir gaus dağılımıyla hassas bir biçimde ifade edilemez.



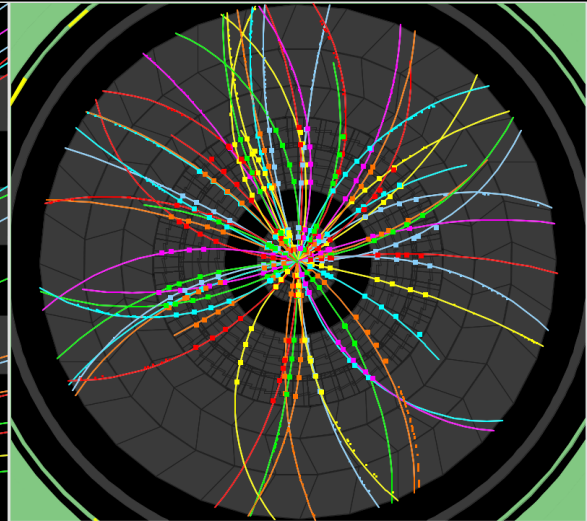
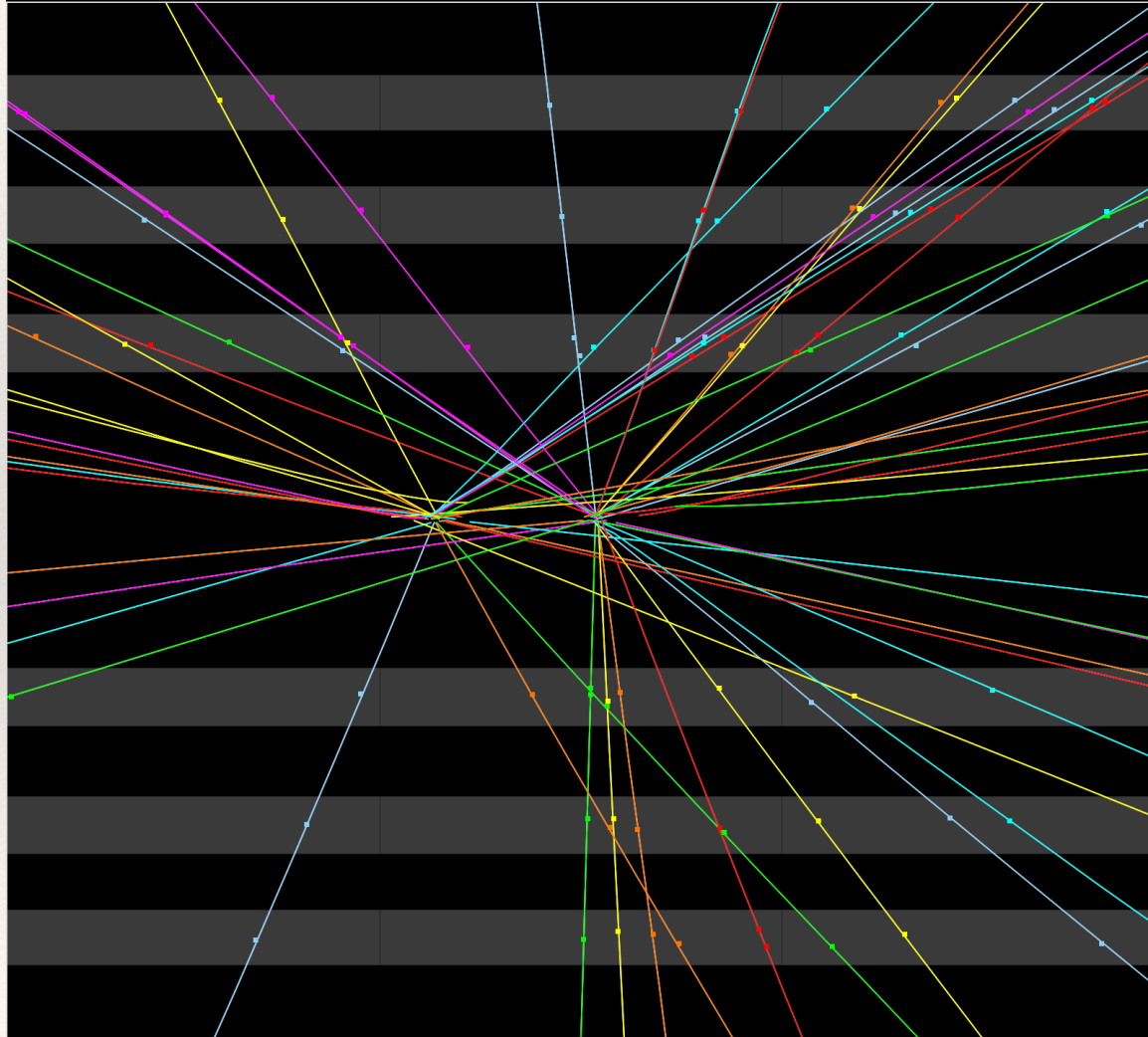


İz Yapılandırma Algoritmaları

- ❖ Gausyen Toplamı Filtresi (GSF):
 - ❖ Enerji kaybı olasılık dağılımlarını daha hassas ifade edebilmek için Gausyen toplamı filtresi kullanılır.
 - ❖ Bu algoritma elektronların enerji kaybını bir dizi gaus dağılımının ağırlıklı toplamı ile ifade eder. Bu da sıradaki katmandaki doğru vuruşların tespiti yeteneğini artırır ve elektronlar için daha doğru iz yapılandırma imkanı sağlar.
 - ❖ Yüksek momentumlu parçacıklarda KF ile yakın sonuçlar verir.

Köşe Yapılandırma

Collision Event at 7 TeV with 2 Pile Up Vertices



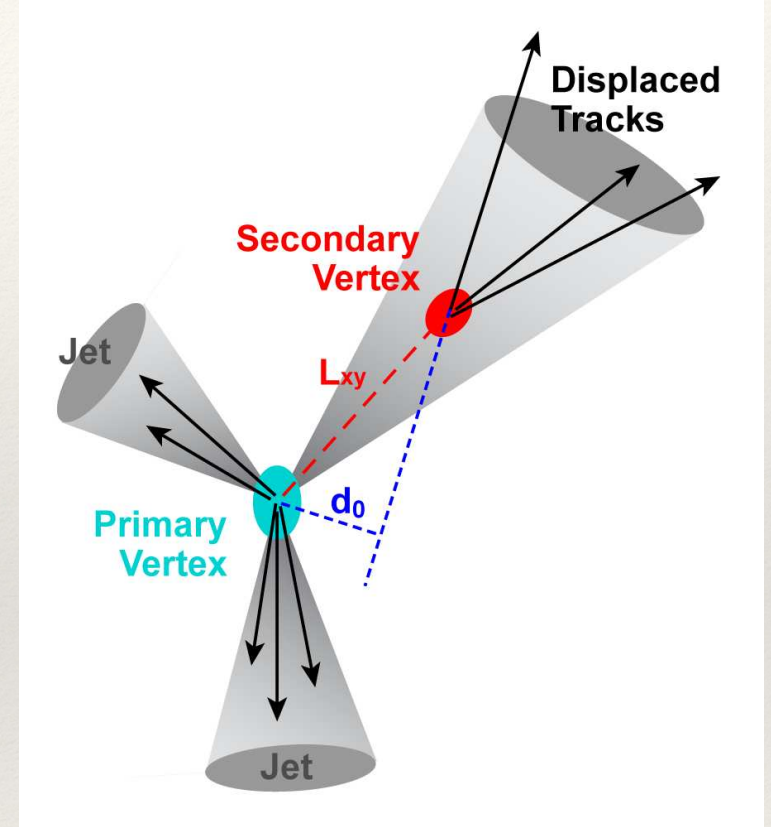
Run Number: 152166, Event Number: 467774

Date: 2010-03-30 13:31:46 CEST

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

Köşe Yapılandırma

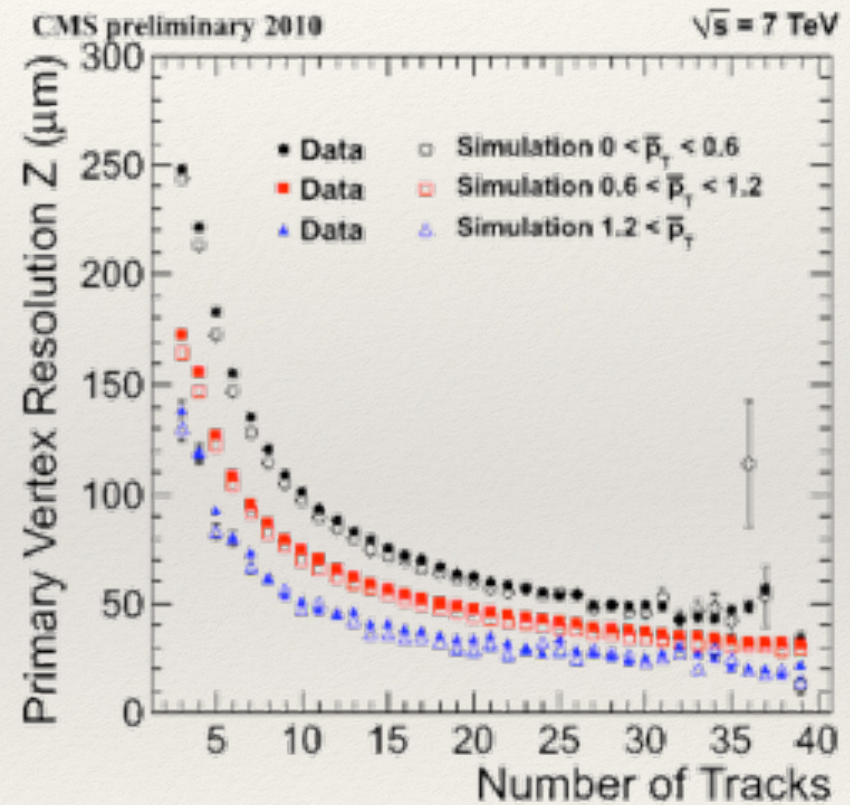
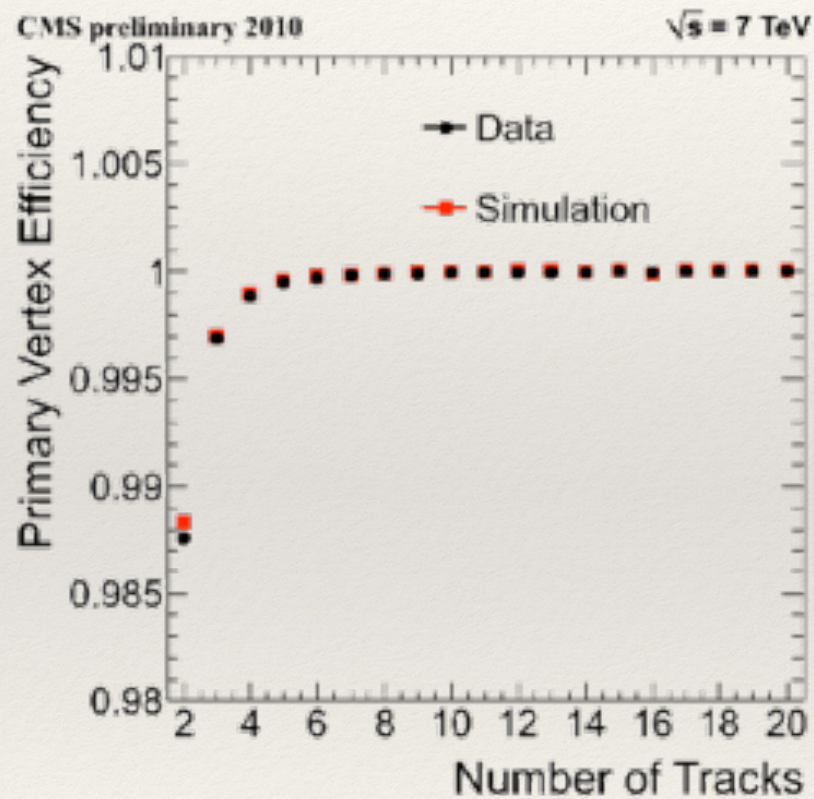
- ❖ Bir etkileşimin gerçekleştiği nokta **köşe** (*vertex*) olarak adlandırılır.
- ❖ Başlıca etkileşimin gerçekleştiği noktaya birincil köşe denir.
- ❖ Uzun ömürlü parçacıkların (ör. c ve b kuarklar) bozunma noktalarına ikincil köşeler denir.
- ❖ Köşe yapılandırma için izler kullanılır. İki aşamadan oluşur.
 - ❖ İzler köşe adaylarını belirlemek üzere gruplandırılır.
 - ❖ Köşe uydurma: Köşe parametreleri (konum) için en iyi değeri ve uydurma kalitesi göstergeleri χ^2 belirlenir.



Köşe (*Vertex*) Yapılandırma

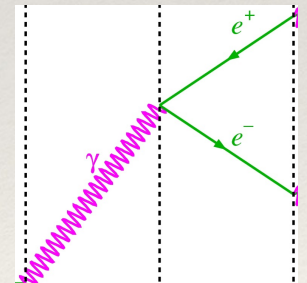
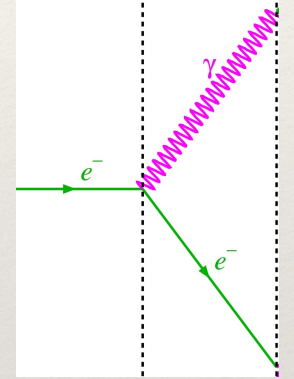
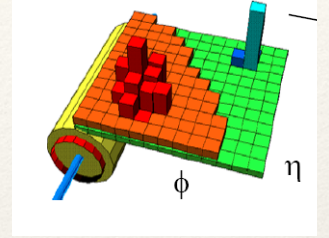
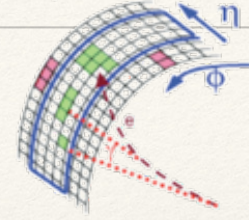
- ❖ Genel olarak bir köşe iki veya daha fazla iz yolunun kesişme noktasındadır. Sert proton-proton etkileşiminin gerçekleştiği konum **birincil köşe** (*primary vertex*) olarak adlandırılır. **İkincil köşeler** genellikle b-kuark bozunum noktalarına karşılık gelir ve bazı b-etiketleme algoritmaları tarafından kullanılır.
- ❖ **Adaptif köşe Uydurma (*Adaptive vertex fitting*) yöntemi:**
 - ❖ Değiştirilmiş bir Kalman filtresi yöntemidir.
 - ❖ Tüm izlere aday köşe ile uyumluluk χ^2 değerine bağlı bir ağırlık verilir.
 - ❖ Sonra köşe adayları tekrarlı olarak yeniden fit edilir ve ağırlıklar her adımda güncellenir.
 - ❖ Elde edilen köşeler kümesi ilgili izlerin P_T değerlerinin toplamına göre sıralanır.
- ❖ Yığıntı (*pile-up*) etkileşimlerden ötürü bir olayda genellikle birden fazla köşe bulunur. En yüksek ağırlıklı P_T toplamına sahip olan köşe sert etkileşim noktası olarak belirlenir.

Köşe Yapılandırma



EKAL ve Hücre Kümeleri

- ❖ EKAL: Elektromanyetik kalorimetre
- ❖ Bir parçacığın tüm enerjisini soğurarak ölçecek şekilde tasarlanır.
- ❖ Elektronlar **Bremsstrahlung** ile, fotonlar **çift dönüşümüyle** enerji kaybeder.
- ❖ EKAL sinyal üreten hücrelerden (*cell*) oluşur. Gövde (*barrel*) bölgesinde phi-eta'ya göre bölmelerden oluşur.
- ❖ Çözünürlük: $dE/E < 1\%$ (CMS)
- ❖ Enerji birikimi gösteren hücreler bir araya getirilerek kümeler (*cluster*) oluşturulur.
- ❖ Kümeleme işlemi elektron ve fotonlar için aynıdır. Pek çok kümeleme algoritması bulunur. Bu algoritmalar genellikle en yüksek enerjiyi taşıyan hücreleri "tohum" olarak alır, komşu hücreleri ekler ve gruplar oluşturur.



The Island algorithm

The island algorithm starts by a search for seeds. Seeds are defined as crystals with an energy above a certain threshold. This threshold is currently defined on transverse energy. A list of seeds is prepared and ordered in decreasing energy. The algorithm then loops over seeds and removes those seeds that are adjacent to higher energy ones.

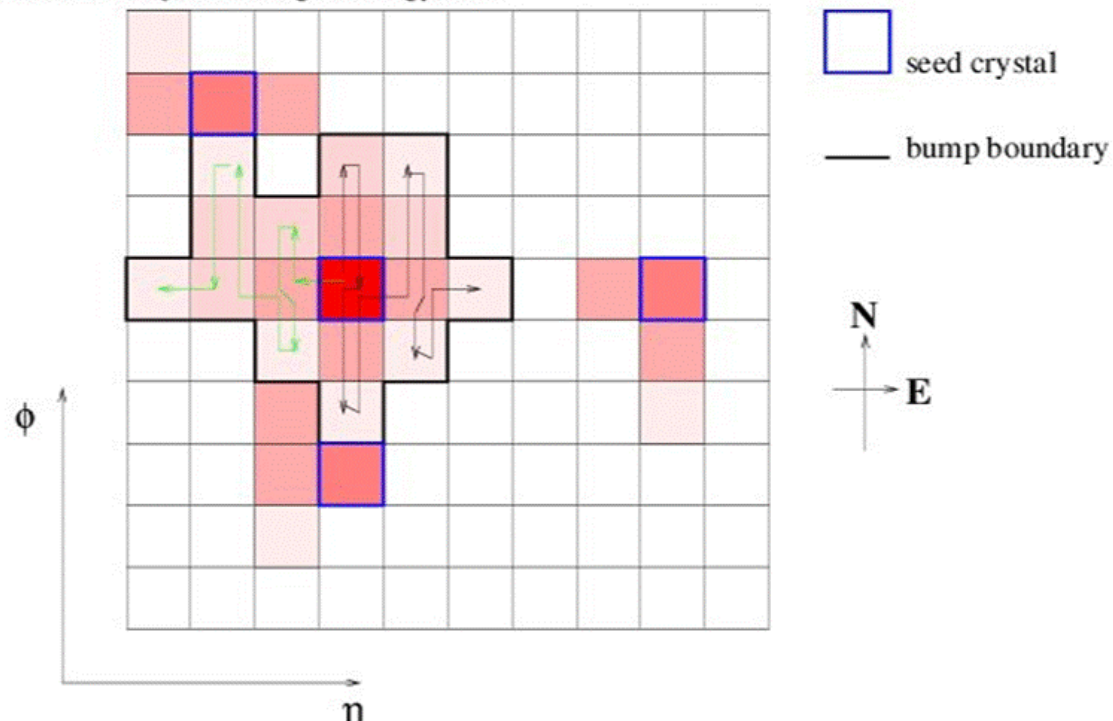
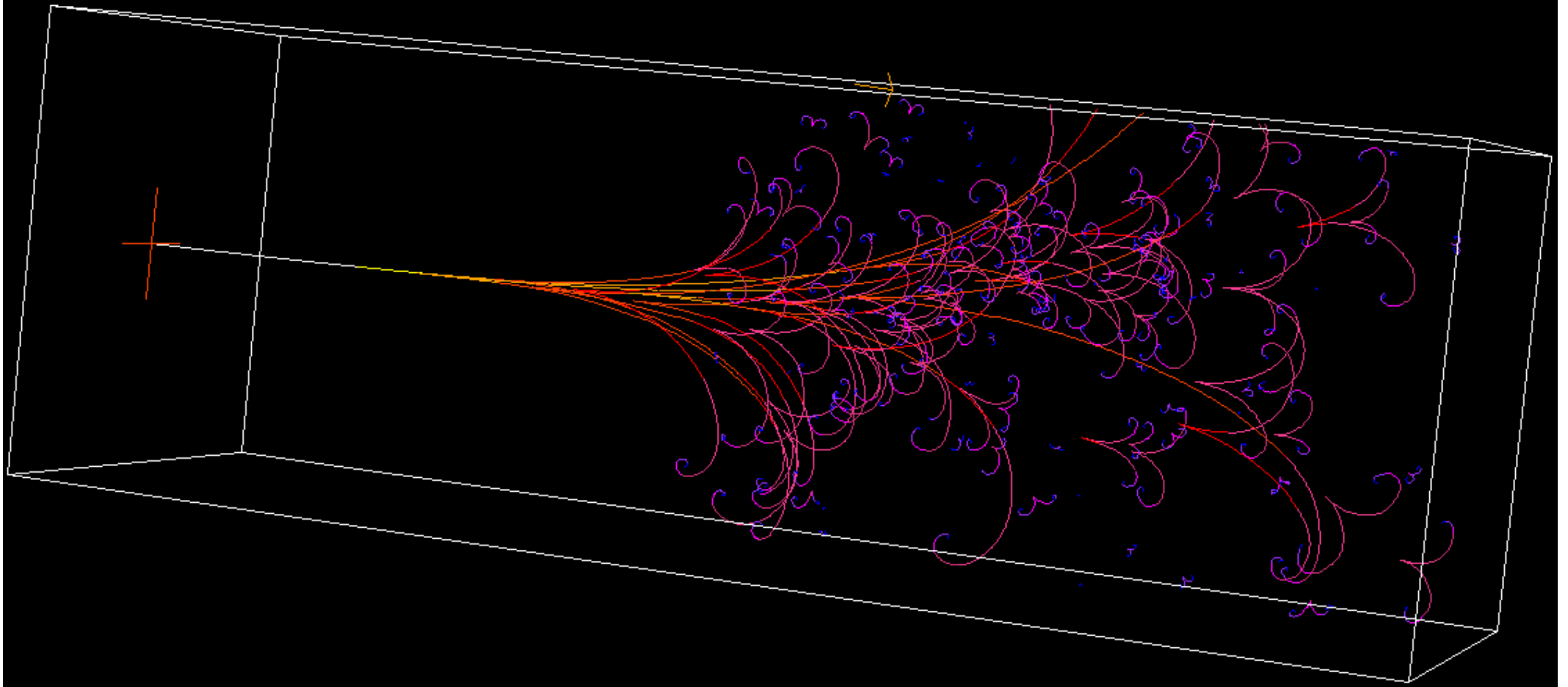


Fig. 1: Illustration of the Island clustering algorithm in the Barrel ECAL.

Starting from the most energetic seed, the algorithm collects crystals belonging to a certain cluster. The sequence is sketched in Fig. 1: starting from the seed position, the algorithm moves in both directions in ϕ and collects all crystals until it sees a rise in the energy, or a hole⁴. The possibility of a 'hole' exists because of the zero-suppression currently applied to the simulated data production. The algorithm then moves one step in η and makes another ϕ search. The η -steps are stopped when a rise in energy, or a hole, is encountered. When one direction in η is completed, the algorithm goes back to the seed position and works in the other η direction. All the collected crystals are marked as belonging to that one cluster and cannot be used anymore. If a seed is included in one cluster it cannot subsequently be used to seed another. This procedure guarantees that there is no double counting of crystal energy. The algorithm has the following features: 1) it will not split two showers due to an

electron and a radiated soft photon if the two showers are close enough; 2) it will split two showers coming from the two legs of a π^0 decay if the opening angle is sufficiently large; 3) energy deposited in crystals below the seed threshold may remain unclustered: this energy loss may be significant, depending on the seed threshold, on the other hand, small deposits of energy due to noisy hits or low-energy particles from pileup events will not be clustered either.

Elektron Yapılandırma



<https://www.mppmu.mpg.de/~menke/elss/pic1.shtml>

Elektron Yapılandırma

- ❖ Elektronun özgün özellikleri:
 - ❖ Elektrik yükü var (iz): İz yakalayıcı
 - ❖ EM parçacık yağmuru (*shower*): Kalorimetre
- ❖ Örnek $Z \rightarrow ee$, $W \rightarrow ev$, $Z \rightarrow ee$, and $J/\psi \rightarrow ee$

Elektromanyetik Yağmur

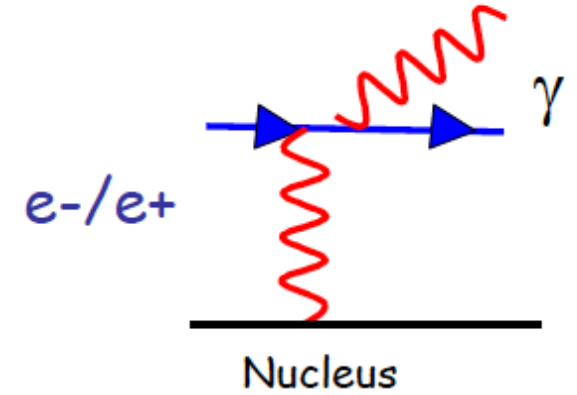
Bethe-Heitler
yöntemi ile
incelenir

- ❖ Yüksek enerjili ($> O(\text{MeV})$) foton ve elektronların madde ile etkileşmesi sonucunda ortaya çıkan parçacıklar toplamıdır.

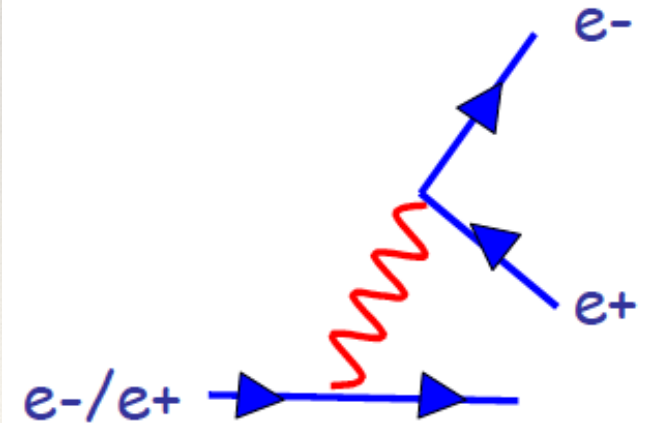
- ❖ Süreçler:

- ❖ Elektron / pozitron:
Bremsstrahlung

- ❖ Foton: **Çift dönüşümü**

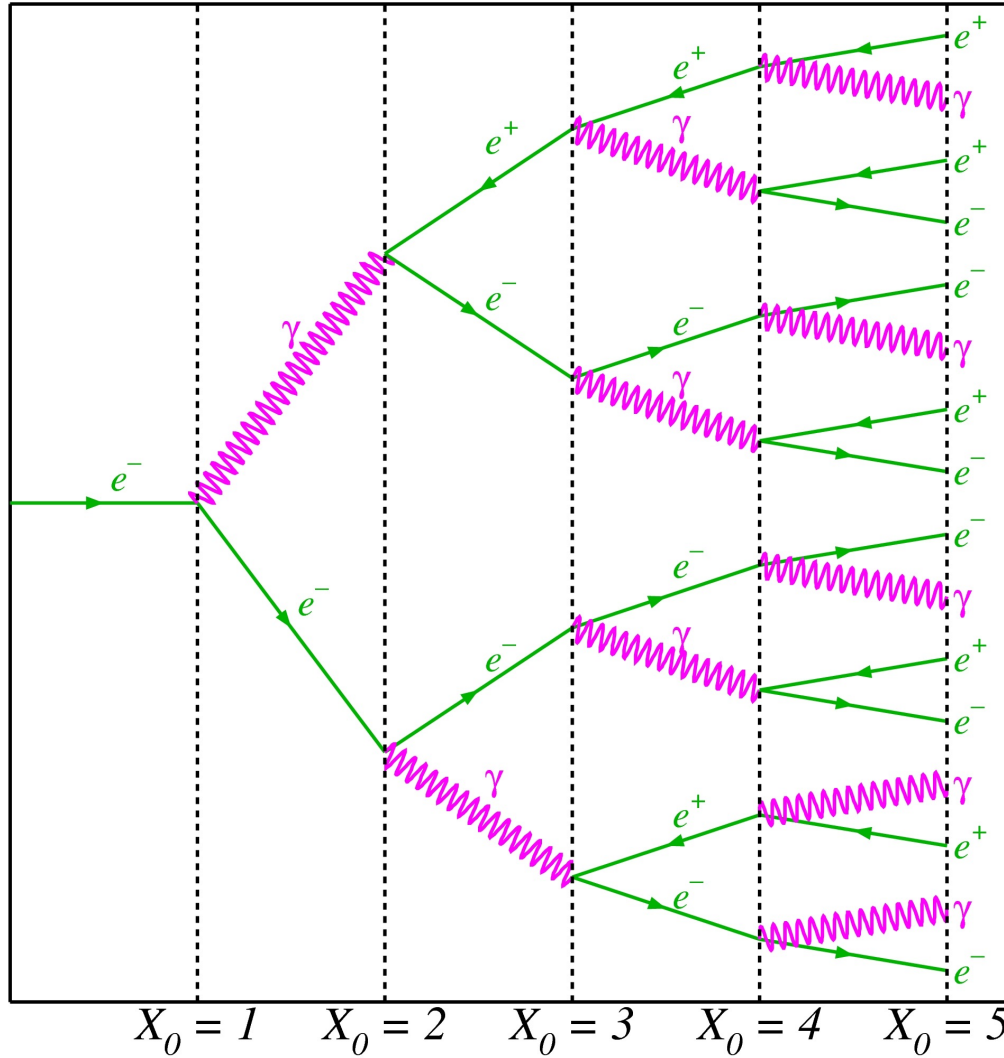


Bremsstrahlung
(radiation of photon)



Pair Production

Elektromanyetik Yağmur



Yağmur derinliği

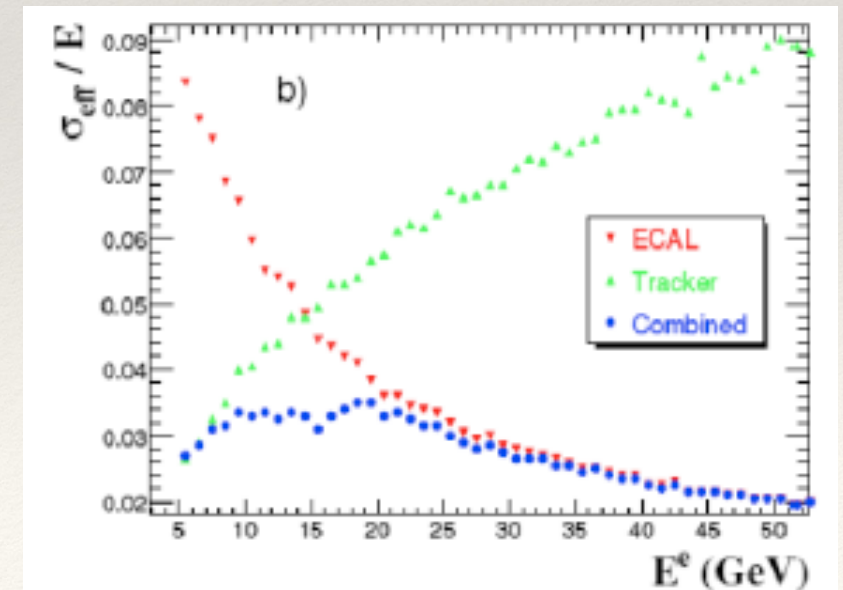
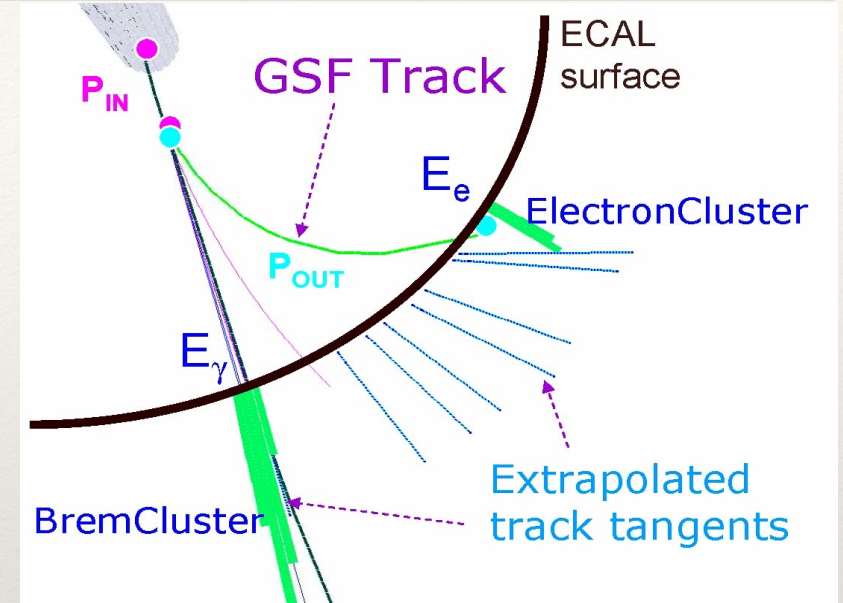
http://www-zeus.physik.uni-bonn.de/~brock/feynman/vtp_ws0506/

Elektron Yapılandırma

- ❖ CMS elektron yapılandırması foton yapılandırmayla yakından bağlantılıdır, çünkü ikisi de EKAL'da parçacık yağmuru üretir.
- ❖ Kalorimetre önünde iz yakalayıcı malzemesi bulunur, bu nedenle elektron ve pozitronlar bremstrahlung ışınımı yayar ve yakalayıcıda iz bırakır. Aynı nedenle pek çok foton EKAL'a ulaşmadan önce elektron-pozitron çiftlerine dönüşür.
- ❖ Bu durum EKAL'a ulaşan ilave fotonlar üretir ve bunlar iz bükülmesinden ötürü ϕ yönünde yayılır. Bu enerji-momentum kaybı elektron/ pozitronların manyetik alandaki izine etki eder, bu nedenle izler için GSF algoritması kullanılır.
- ❖ CMS'de elektronlar birincil köşeden çıkan tek bir iz ve eşleşen EKAL süperkümelerinden oluşur. Bir süperküme, EKAL kümeler grubudur.

Elektron Yapılandırma

- ❖ Yapılandırma basamakları
- ❖ EKAL küme tohumlama
- ❖ Elektron izlerinin bulunması (KF / GSF)
- ❖ İz-küme Eşleştirme
- ❖ Elektron 4-momentum bulunması



Elektron Yapılandırma

- ❖ Küme-iz eşleşmesi: $P_T > 0.5$ GeV olan izler, son ölçüm noktasından EKAL'ın orta katmanına ekstrapole edilir. Kesişme noktasının ekstrapole η ve ϕ koordinatları ile bu katmanda eşleşen bir küme olup olmadığına bakılır.
- ❖ Eğer iz temas noktası ile EM kümesinin kütle markezi (*barycentre*) arasındaki mesafe $|\Delta\eta| < 0.05$ ise iz ve küme eşleşmiş sayılır.
- ❖ Azimuttaki *bremsstrahlung* kayıplarının etkisini dikkate almak için $\Delta\phi$ iz-küme eşleşme penceresinin belli bir değerin altında olması şart koşulur.
- ❖ En az bir iz, bir tohum küme ile eşleşirse elektron adayı yapılandırılmış sayılır.
- ❖ Kümeyle eşleşen birden fazla iz varsa, piksel algıcında vuruşları olan izlere öncelik verilir ve kümeyle en küçük mesafeye sahip olan iz seçilir $\Delta R^2 = (\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2$.
- ❖ Eşleşen bir iz olmaması durumunda küme bir foton adayı olarak sınıflandırılır.
- ❖ Elektronların dönüşmüş fotonlardan ayrılması: İzin yakınında başka izler var mı diye bakılır. Yakın iz çiftlerinin etkileşim noktasından farklı bir köşeden gelip gelmedikleri kontrol edilir. Tekil izlerin yolundaki ilk vuruş nokta konumlarına bakılır.

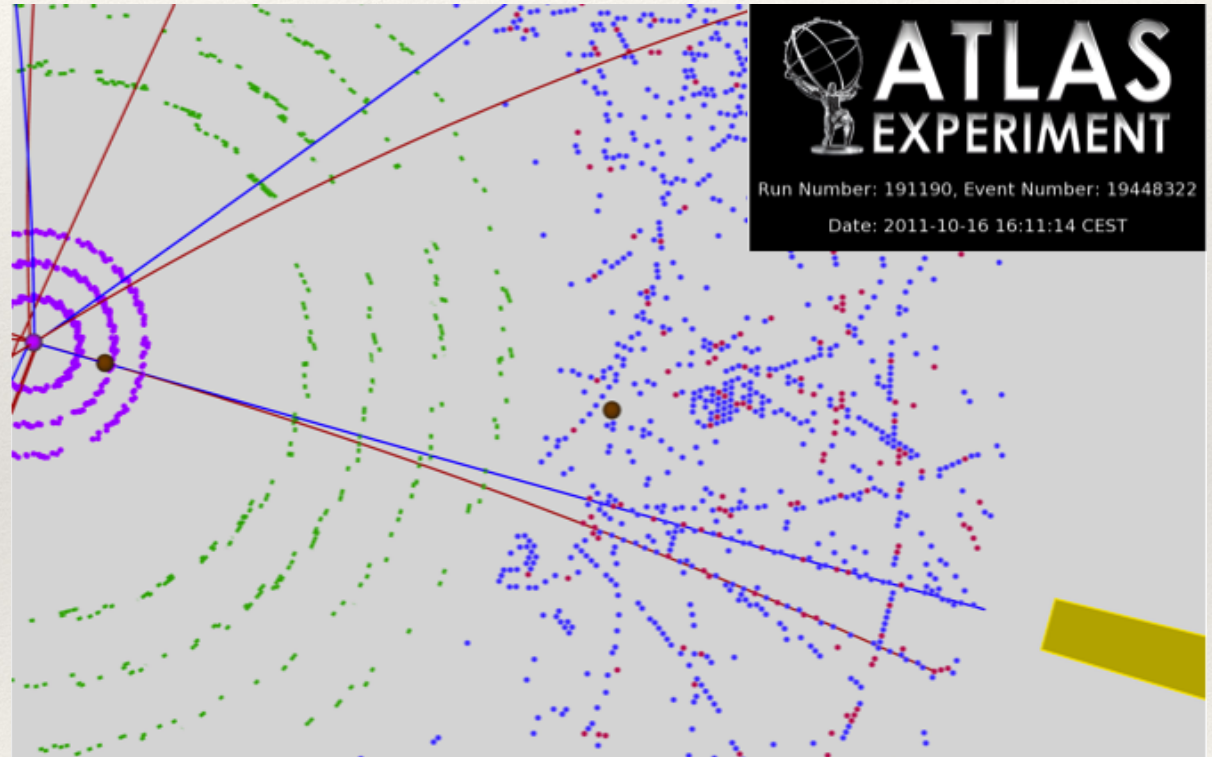
Elektron Tanımlama

- ❖ Elektron tanımlama gözlemlenen nesnenin elektron işaretiyle ne kadar uyumlu olduğunu belirlemek ve sahte elektronları tespit etmek için kullanılır.
- ❖ Bazı değişkenler: küme biçimi, yağmur biçimi, HoE, iz-küme yakalama değişkeni.

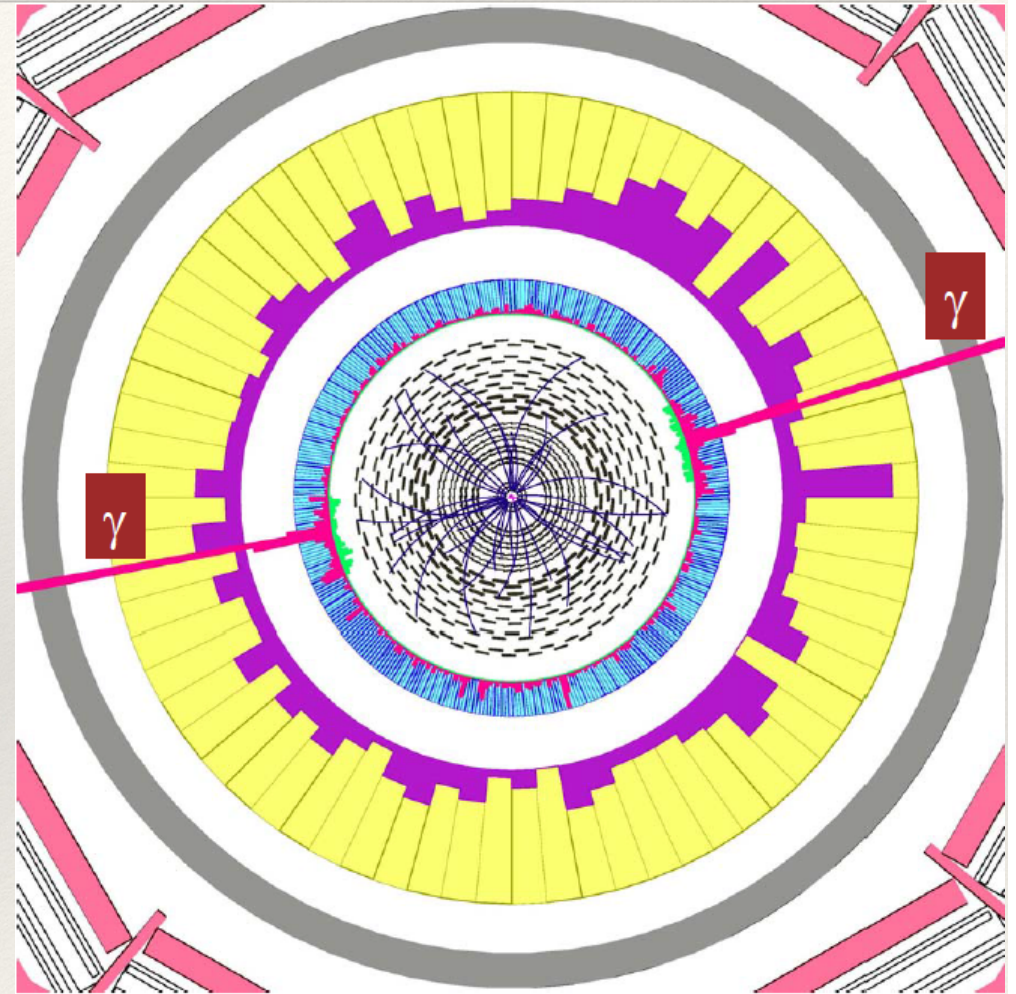
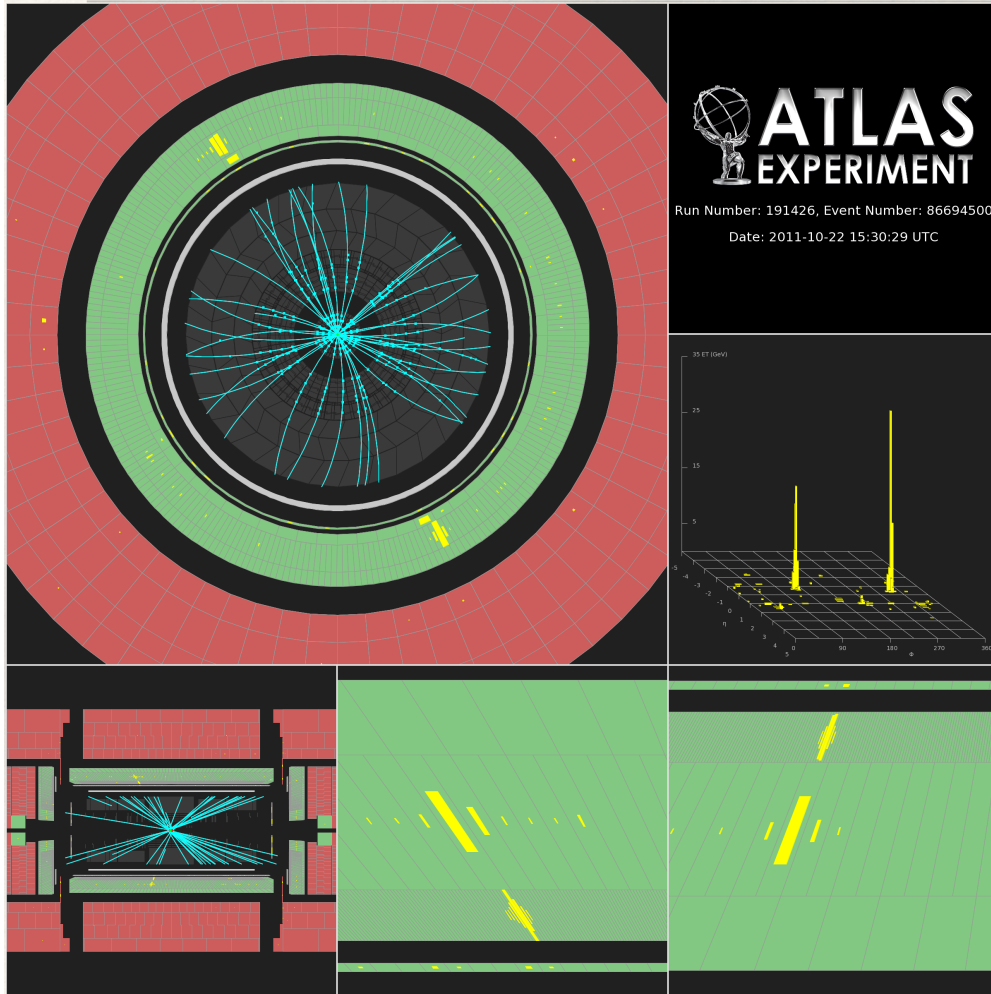
Elektronlar Tanımlama

Sahte elektron kaynakları:

- ❖ Hadronik faaliyet
- ❖ c-b kuarkların yarıleptonik bozunumları
- ❖ Erken aşama foton dönüşümü

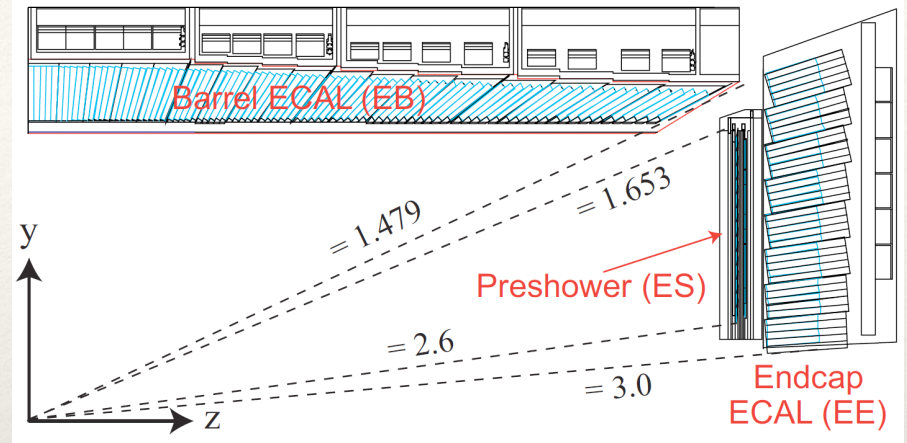


Foton Yapılandırma



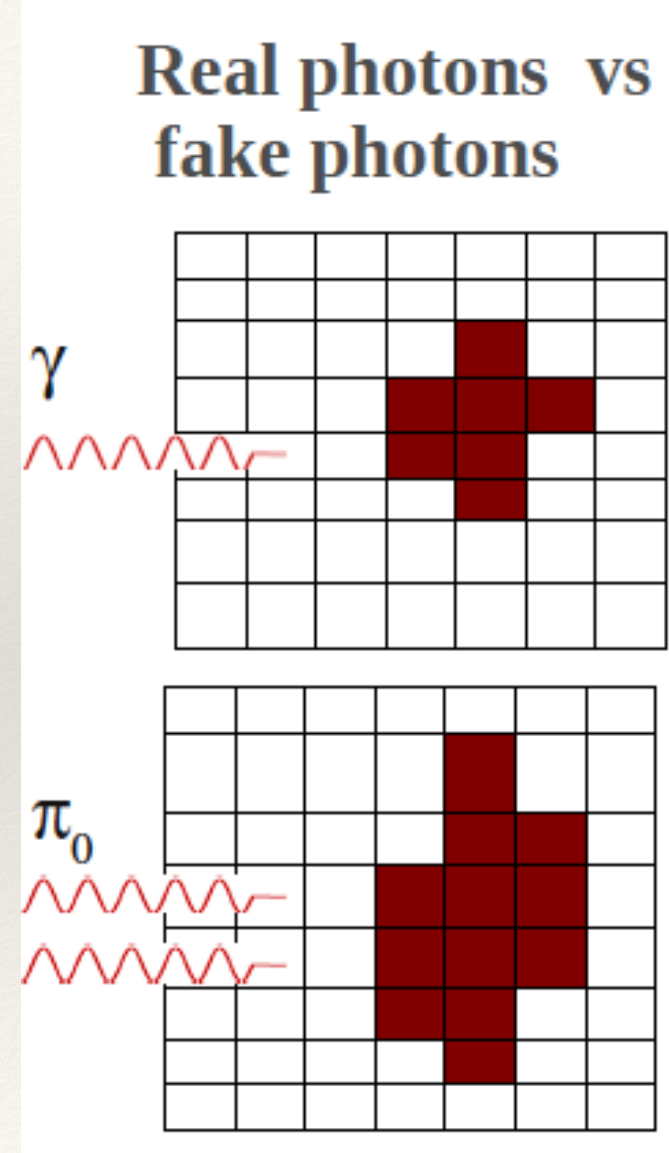
Foton Yapılandırma

- ❖ EKAL'daki yerel enerji birikimleri toplanarak süperkümeler oluşturulur
- ❖ İzlerle eşleşmeyen, yalıtılmış süperkümeler belirlenir.
- ❖ Süperkümeler birincil köşe ile ilişkilendirilerek foton adayları belirlenir.
- ❖ Yalıtılmış fotonlar π^0 ve η gibi parçacıklardan yağmur (*shower*) şekline bakılarak ayırd edilebilir.



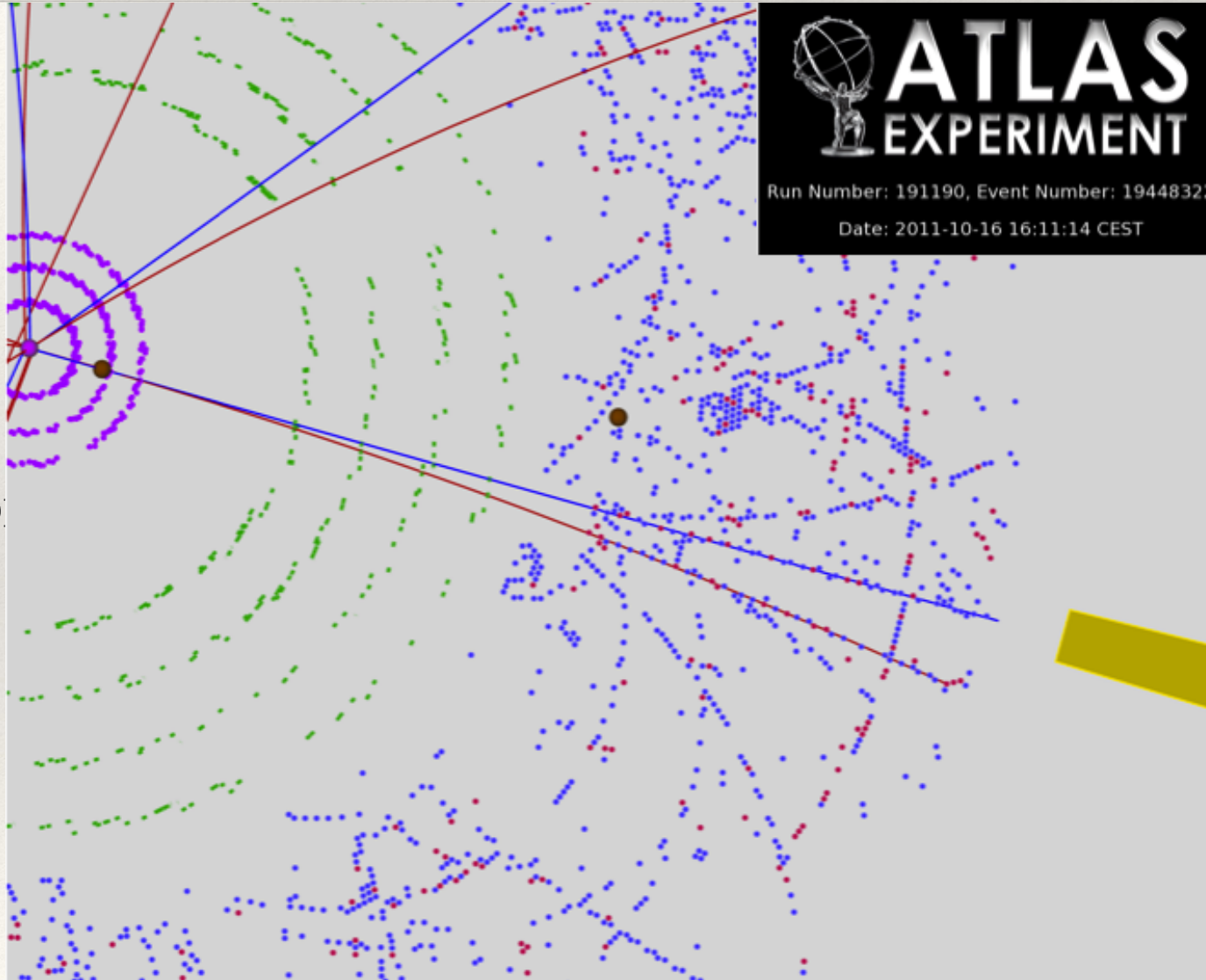
Sahte Fotonlar

- ❖ Başlıca sahte foton kaynağı:
Jetler

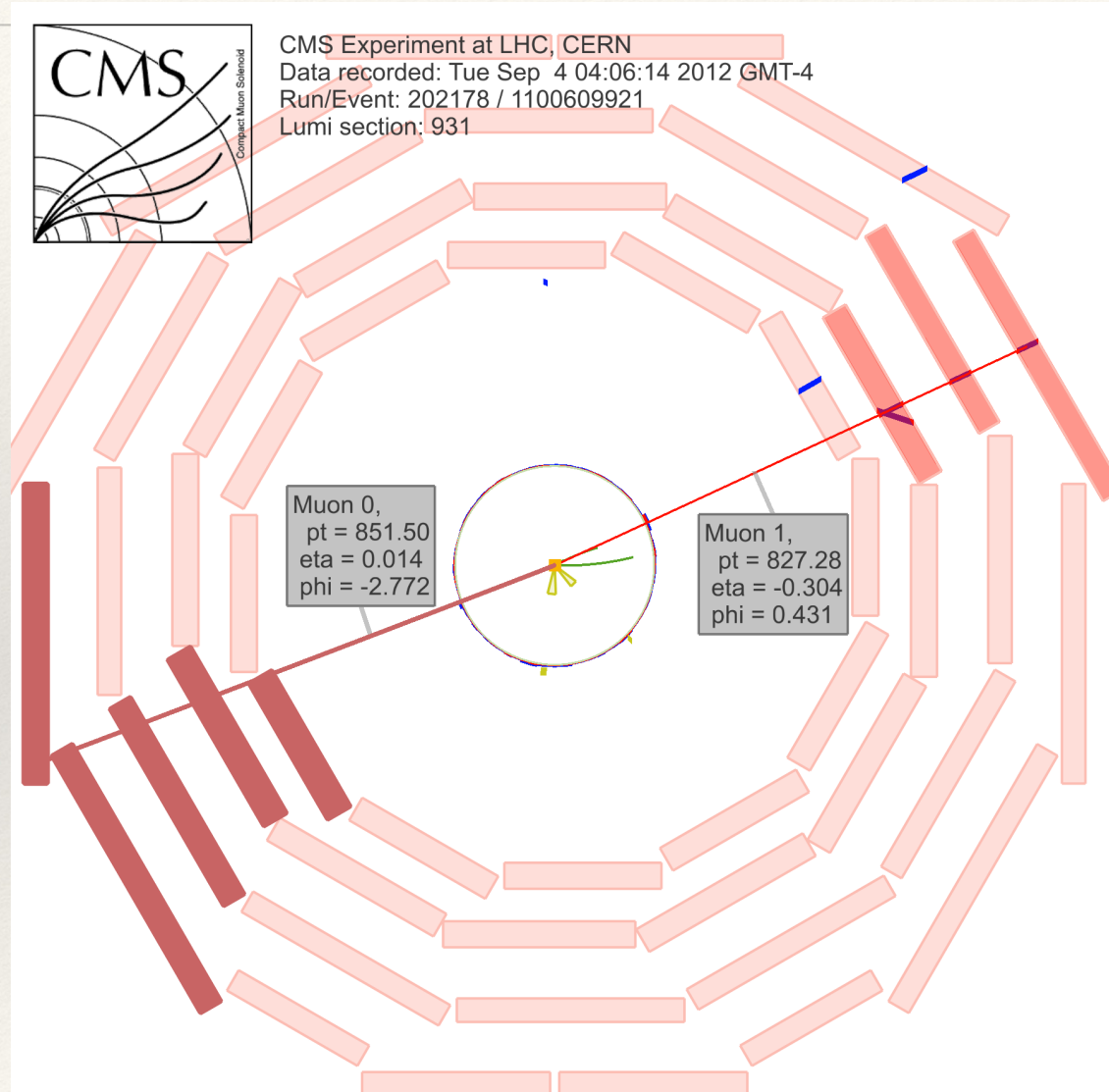


Dönüşmüş Foton

❖ Photo.



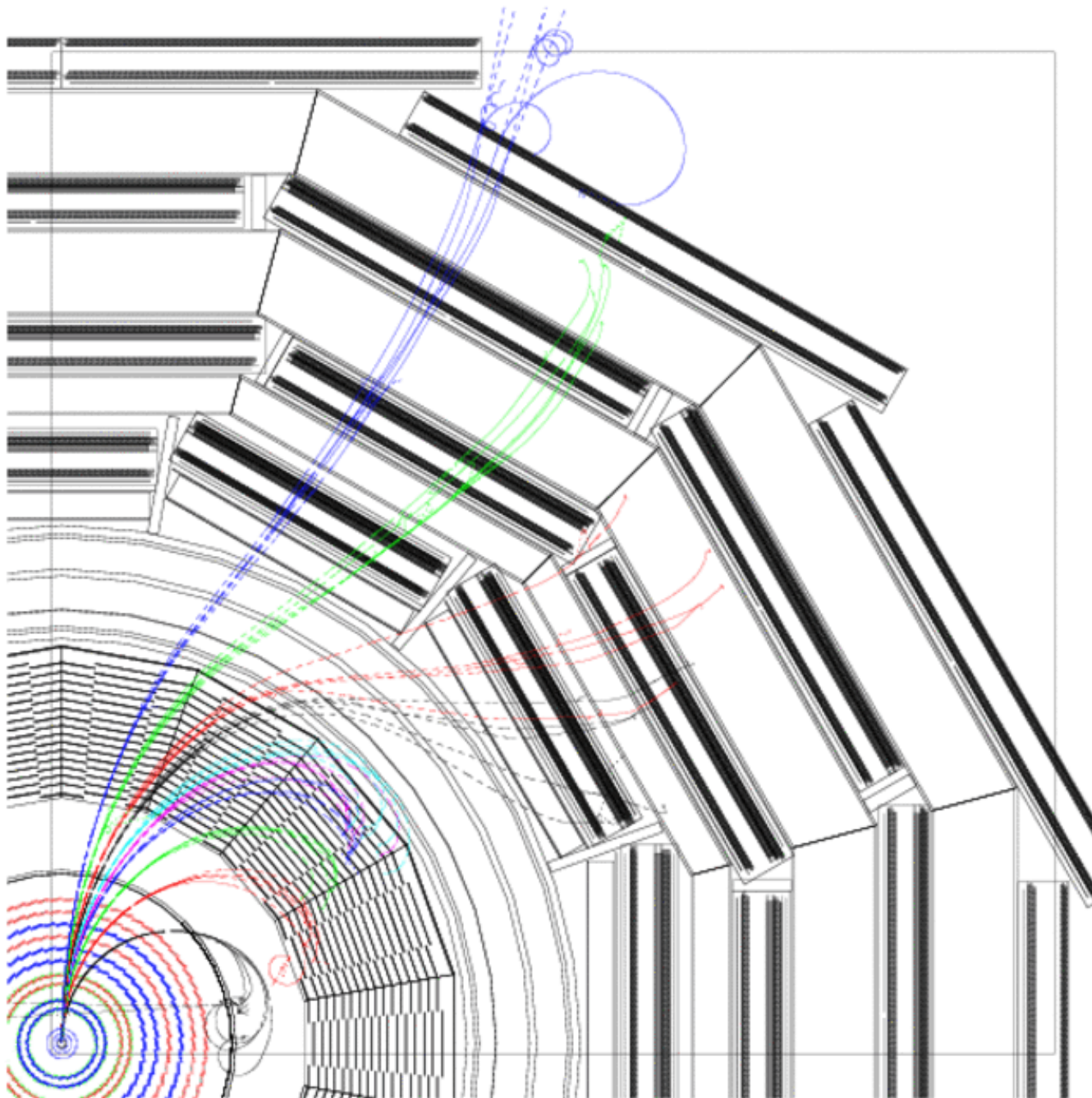
Müon Yapılandırma



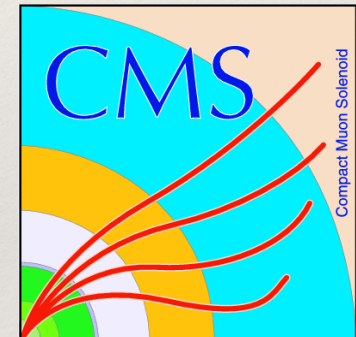
Müon Yapılandırma

- ❖ Müonlar yüksek kütleli parçacıklardır. Enerjilerinin önemli bir kısmını kalorimetrede iyonizasyon yoluyla bırakır. Kalorimetreyi geçtikten sonra müon odacıklarına (*chamber*) ulaşırlar.
- ❖ CMS deneyi söz konusu olduğunda üç tür müon nesnesi yapılandırılır:
 1. **Bağımsız** (*standalone*) **muonlar**, sadece müon sisteminden gelen bilgiyle yapılandırılır.
 2. **İz yakalayıcı müonları**, sadece iz yakalayıcı bilgisi kullanılarak yapılandırılır.
 3. **Bütünsel** (*global*) **müonlar**, müon sistemi ile iz yakalayıcı bilgisi birlikte kullanılarak yapılandırılır.

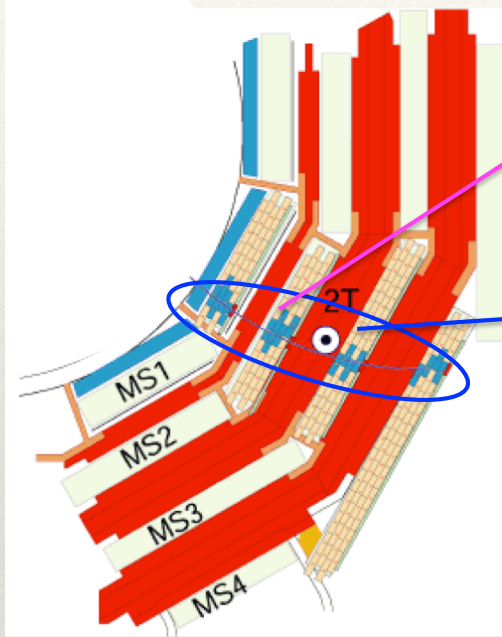
Muon tracks simulated with CMSIM 121
for $\phi = 90$ deg, $\eta = 0.0$, $P_t = 1.0, 1.5,$
 $2.0, 2.5, 2.7, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.5$ GeV/c



[http://home.fnal.gov/
~cplager/log/0904/
log.html](http://home.fnal.gov/~cplager/log/0904/log.html)



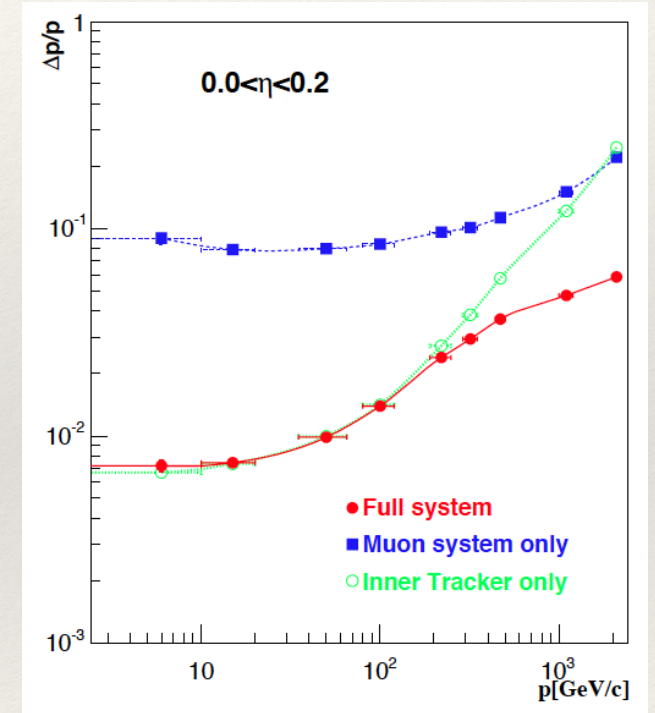
Müon Yapılandırma



Yerel müonlar: bir odacıktaki vuruşları kullanarak iz bölümleri oluşturulur

Bağımsız müonlar: İz bölümlerinin bir odacıktaki vuruşları kullanarak iz bölümleri oluştur

- ❖ İzleyici ve müon sisteminin birlikte kullanılması momentum çözünürlüğünde belirgin bir artışa neden olur.

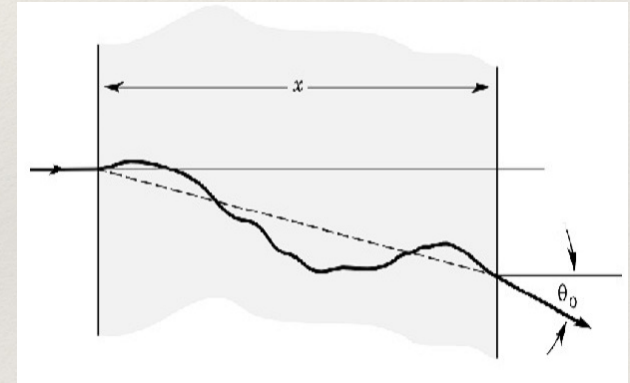


Müon Yapılandırma

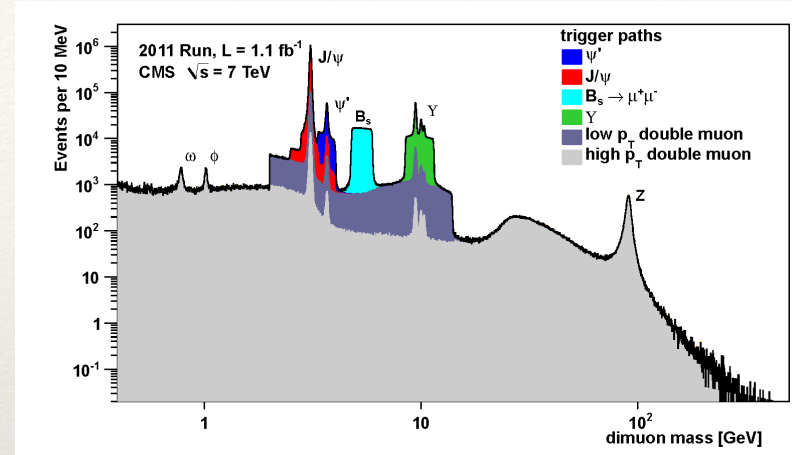
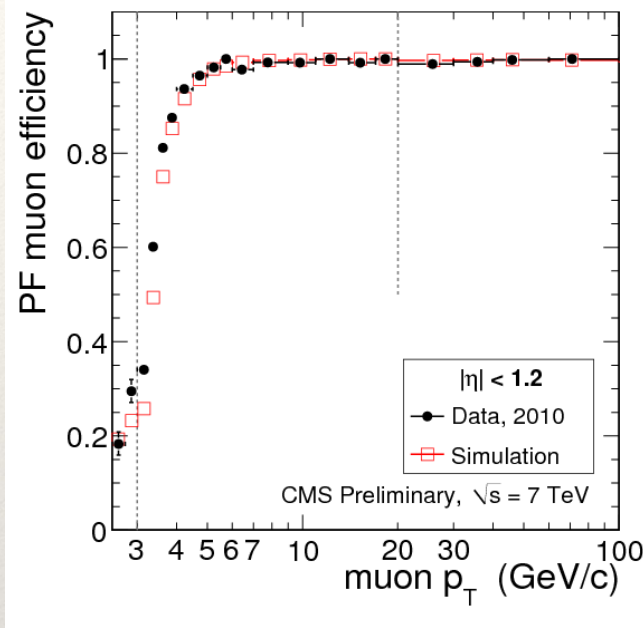
- ❖ Müon sistemindeki vuruşlar, Kalman-Filtresi algoritması kullanılarak iz olarak yapılandırılır.



- ❖ Bütünsel müon için eşleşen bir yakalayıcı izi aranır, bulunması durumunda iki iz bilgisi birleştirilir.
- ❖ Eşleştirme işleminde enerji kaybı ve algıç malzemesinde çoklu saçılım (özellikle bobin ve kalorimetrede) dikkate alınır. Eşleşen izler varsa, her iki algıç üzerindeki izlere karşılık gelen vuruşlar birleştirilerek fit yapılır.
- ❖ Aday nesnelere müon tanımlama işleminden geçerler ve fiziksel / iyi müon olup olmadıkları tespit edilir. Örneğin hadron kalorimetresini aşarak müon sistemine girmiş olan hadronlardan kaynaklanan müon adaylar atılır.



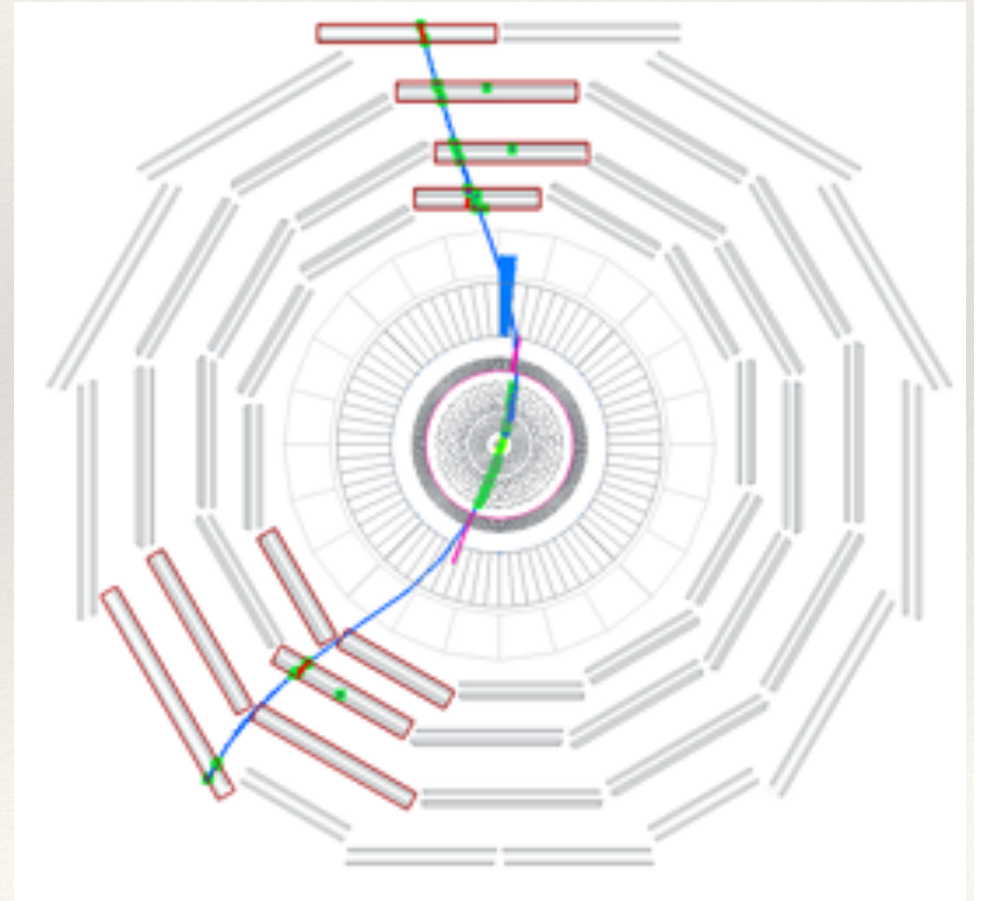
Müon Yapılandırma Performansı

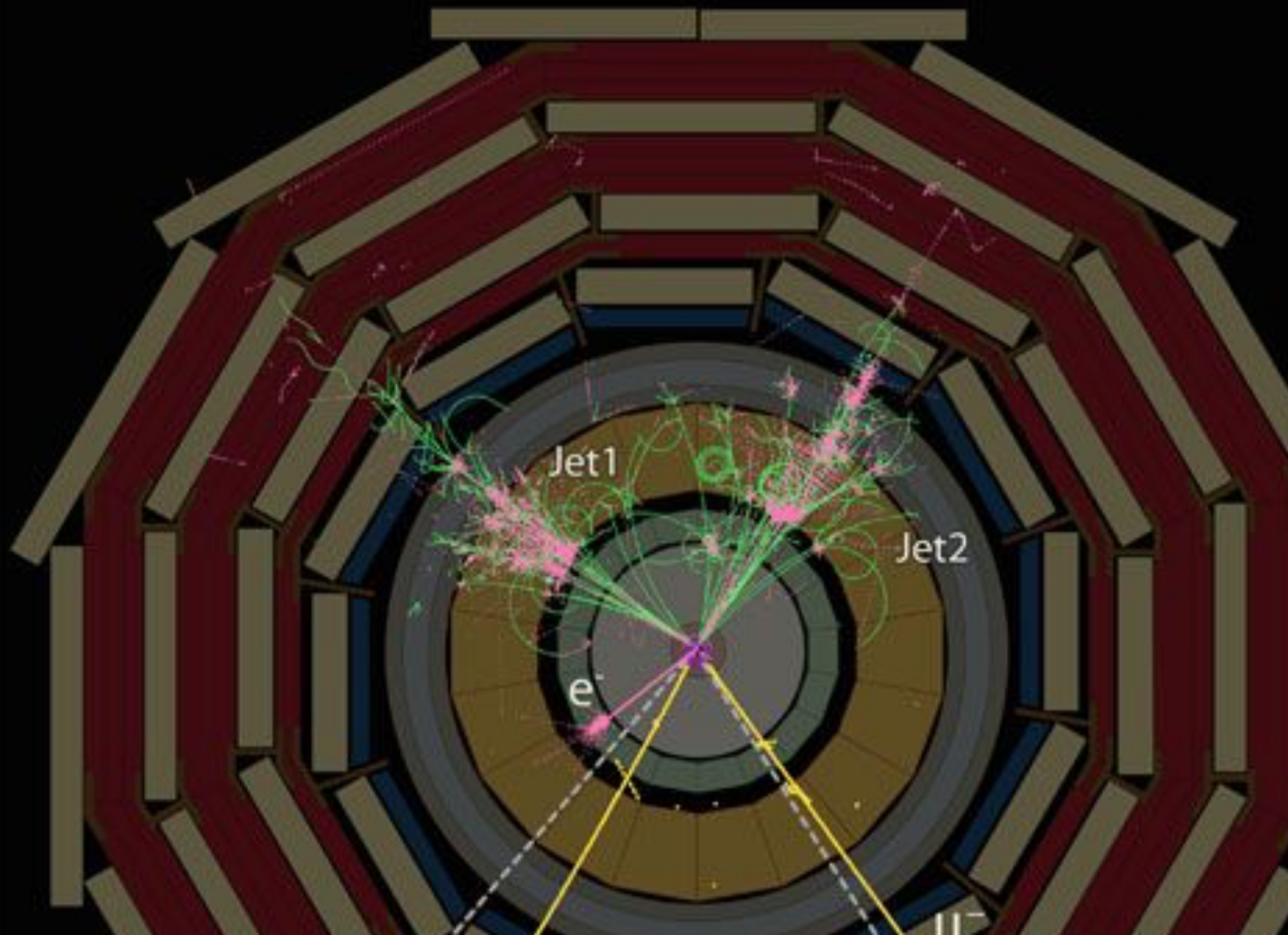


- ❖ Müon yapılandırması tam etkinliğe ~ 5 GeV enerjide ulaşır (CMS). Müon yapılandırma performansı $\mu\mu$ değişmez kütle dağılımındaki tepelere ve W dikey kütle dağılımından görülebilir

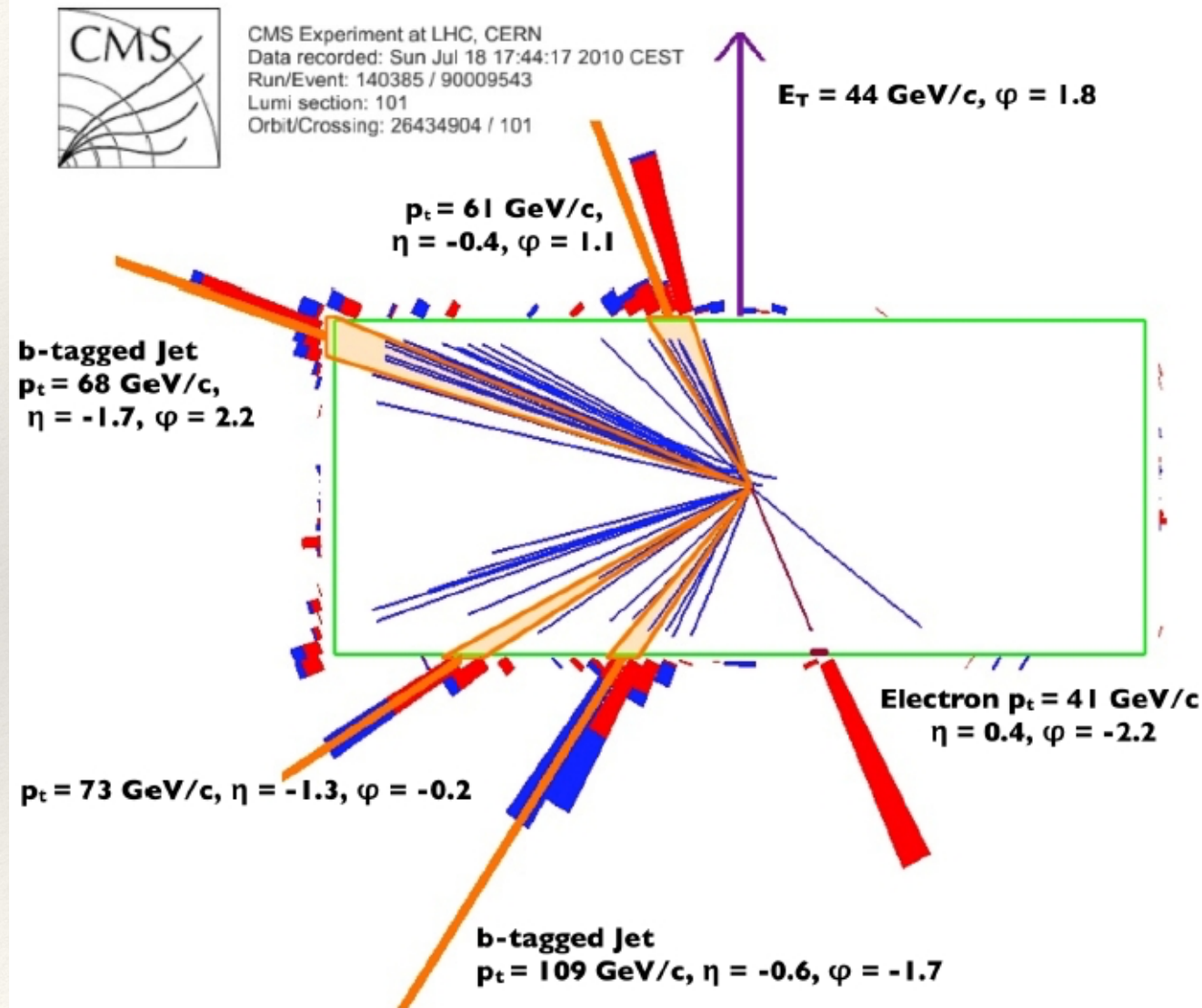
“Sahte” Müonlar

- ❖ Müon yapılandırma etkinliği yüksek olup sahte müon oranı düşüktür
- ❖ Etkileşim köşesi dışından kaynaklanan müonlar çözümlenmeleri etkileyebilir:
 - ❖ Kozmik müonlar
 - ❖ Işın borusu müonları
 - ❖ Jet müonları



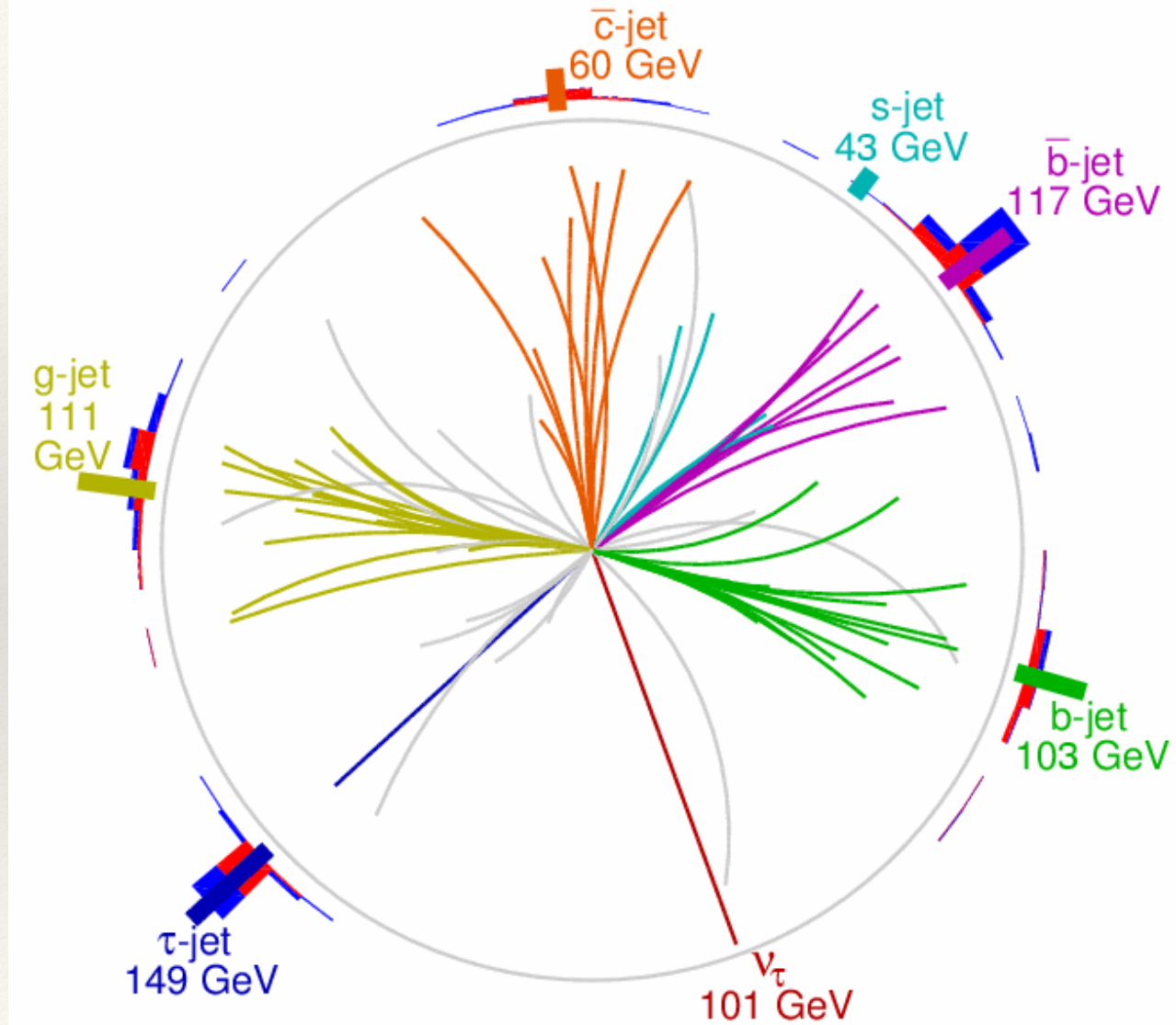


Kayıp Dikey Enerji



KDE

- ❖ veya Kayıp Dikey Enerji (*Missing Transverse Energy, MET*)
- ❖ Nötrino gibi elektrik yükü taşımayan ve zayıf etkileşen / etkileşmeyen parçacıklar algıç tarafından gözlemlenemez.
- ❖ Bu parçacıkların momentumları, algıçta gözlemlenebilen parçacıkların toplam momentumu bilindiği takdirde (çarpıştırma deneylerinde ve ideal durumda $0 \text{ GeV} / c$) tespit edilebilir.



KDE

- ❖ Kayıp dikey enerji, dikey düzlemdeki momentum dengesizliğinden elde edilir.

$$MET(= E_T^{miss}) = \sum_i \vec{p}_T^i$$

- ❖ KDE hesaplama yöntemleri:

1. Kalorimetre enerjilerinden (CaloMET),
2. Kalorimetre enerjileriyle eşleşen izlerin momentumlarından (TCMET),
3. PA nesnelere kullanılarak (PFMET).

ödev: neden LHC'de dikey enerji kullanılıyor?

- ❖ *Kalorimetrelerdeki anormal sinyaller ve demet kökenli fonlar KDE belirleme sonuçlarını etkiler*

Ödev

❖ **En çok 10 cümle ile anlatınız:**

b-etiketleme, ve Tau etiketleme:

- 1. Niçin yapılır?**
- 2. Nasıl yapılır?**