

Parçacık Algıları



Gökhan Ünel / UCI

Türk Öğretmenler Programı -1

Şubat 2014

Parçacık Fiziği

Kozmoloji

Nükleer Fizik

Astrofizik

Katıhal Fiziği

Astronomi

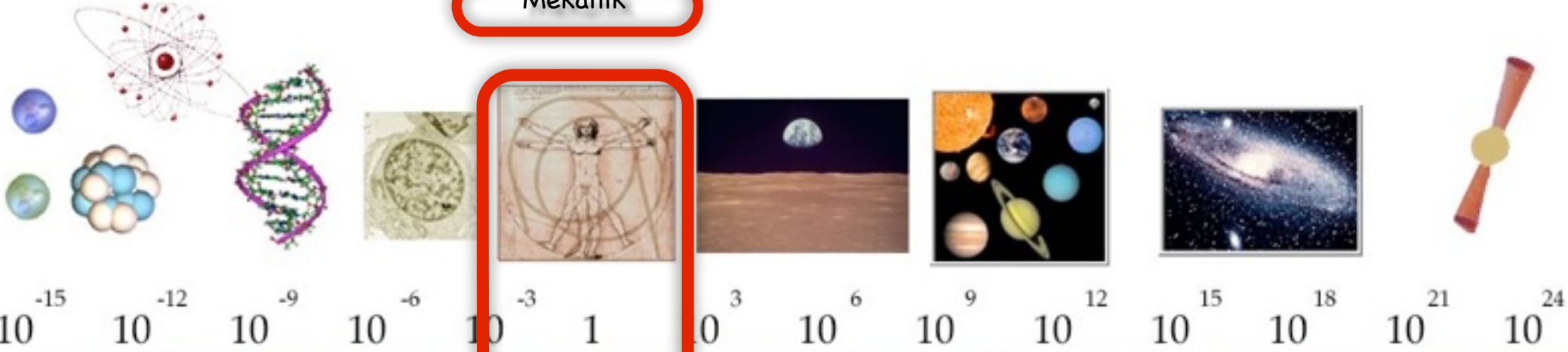
Kimya-Biyoloji

Geofizik

Küçük

Büyük

Mekanik



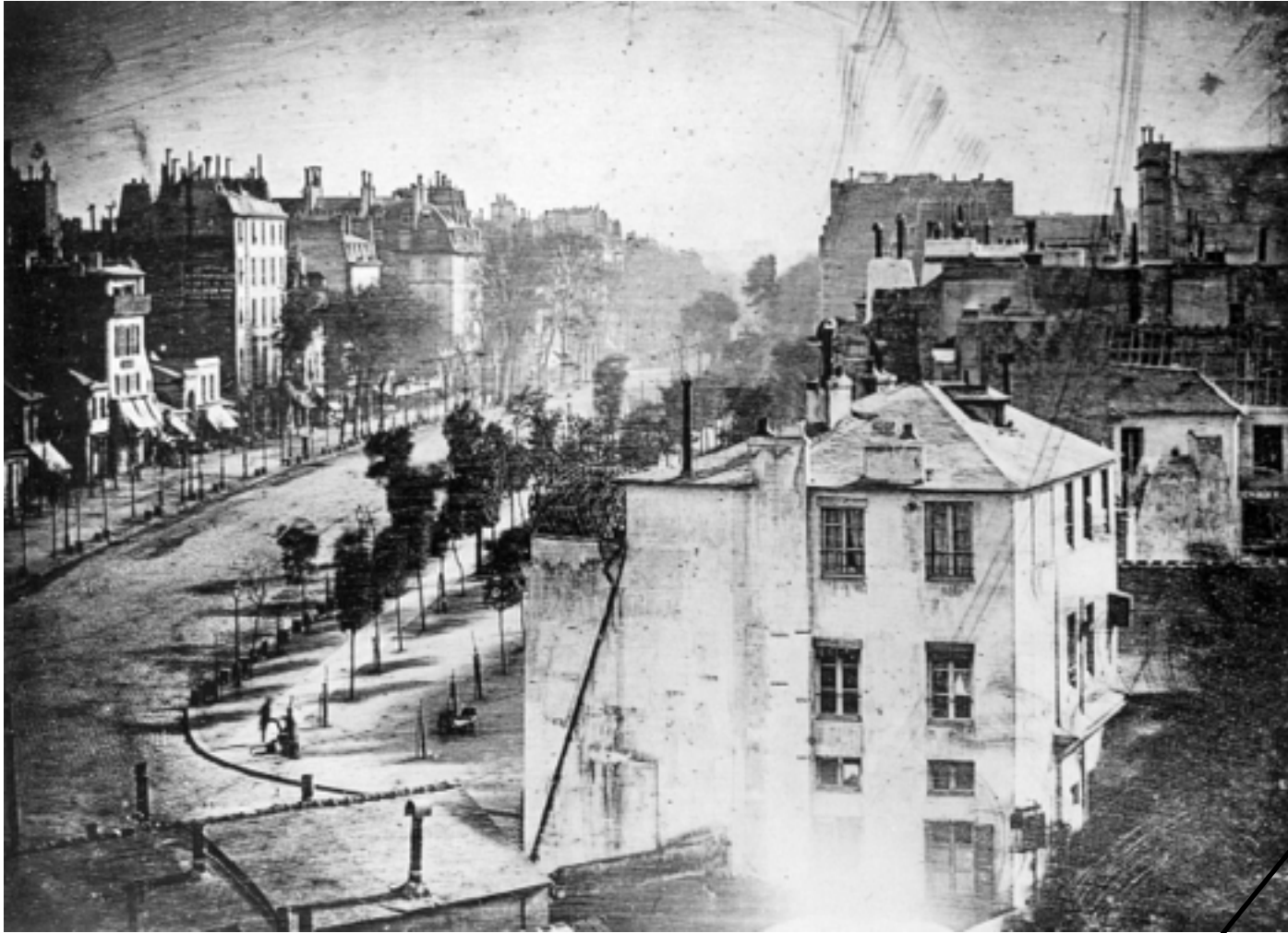
fm pm nm μ m mm m km Mm Gm Tm Pm Em



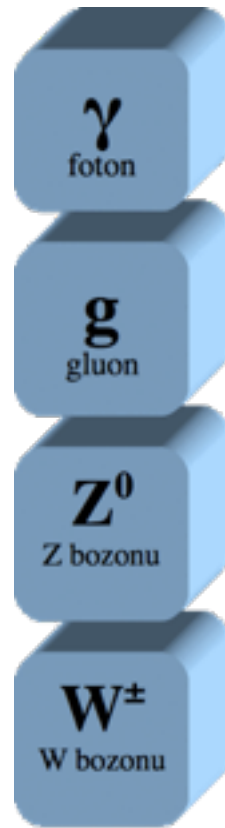
Algılamak hakkında

- Algılamak görmek midir?
- Görmek gerekli ve yeterli midir?
 - ➔ Bilimsel düşünce kesin kanıtlara dayanır.
 - ➔ Deney sonuçları tekrarlanabilir olmalıdır.
 - Deney doğaya soru sormaktır. Deney sonucu da alınan yanıttır.
 - ➔ En basit tanımıyla 'görmek' gerekli değildir: Rüzgarın varlığını yaprakları oynattığı için 'algılıyoruz'.
 - ➔ Görmek yeterli değildir: Deney sonuçlarını kaydetmek ve başka insanlarla paylaşmak gereklidir.
 - Tek boynuzlu at gördüğünü söyleyenler keşke fotoğrafını çekselerdi...
- Algılamak görmekten daha geniş kapsamlıdır.
 - ➔ Doğa(fizik) olaylarını algılamamızı sağlayan gereçler: **Algıç**.

Bu sayfada ne görölüyor?



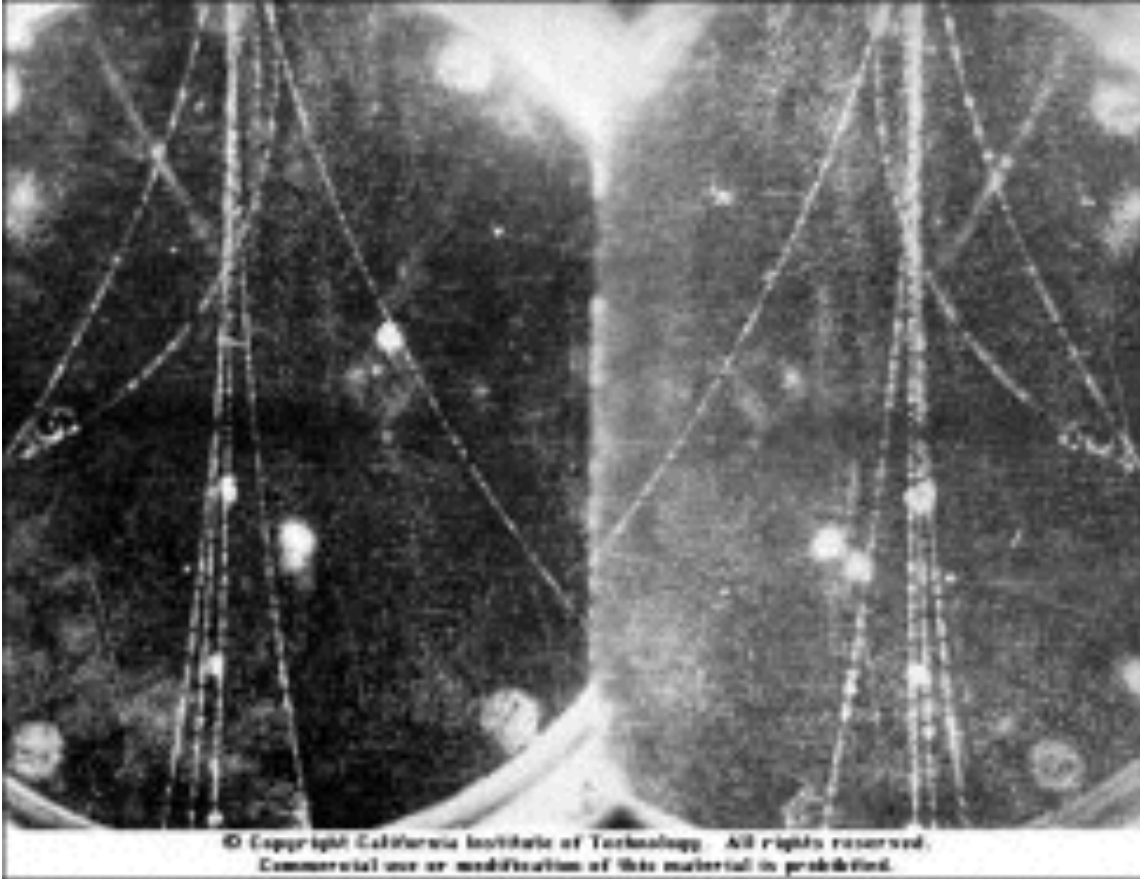
İçinde insan olan ilk fotoğraf,
Daguerre, 1838, Paris.



● Fotoğraf çekmek ne demektir ?

- ➔ fotonları algılamak ve kaydetmek.
- ➔ Burada 1838 yılında Pariste olan fotonlar değil onların bıraktığı izler görölüyor.

Ya bu sayfada ne görülüyor?



$\gamma \rightarrow e^+ e^-$ fotoğrafı, Anderson, 1932, CalTech BO.



Anderson, Bulut Odasında bıraktığı izleri ölçerek 1932 yılında pozitronu buldu.

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

$$E = \pm \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

- Genel olarak parçacık (etkileşim) görmek:
 - ➔ Enerji: E

- ➔ Momentum: p
- ➔ Yük: q
- ➔ Dönü: s
- ➔ Ve başka QM özellikler ...

Kuarklar

Leptonlar



Bulut Odası

- 1911 yılında Wilson tarafından icat edildi. (1927 Nobel)
→ 1920-1950 arasında kullanıldı.




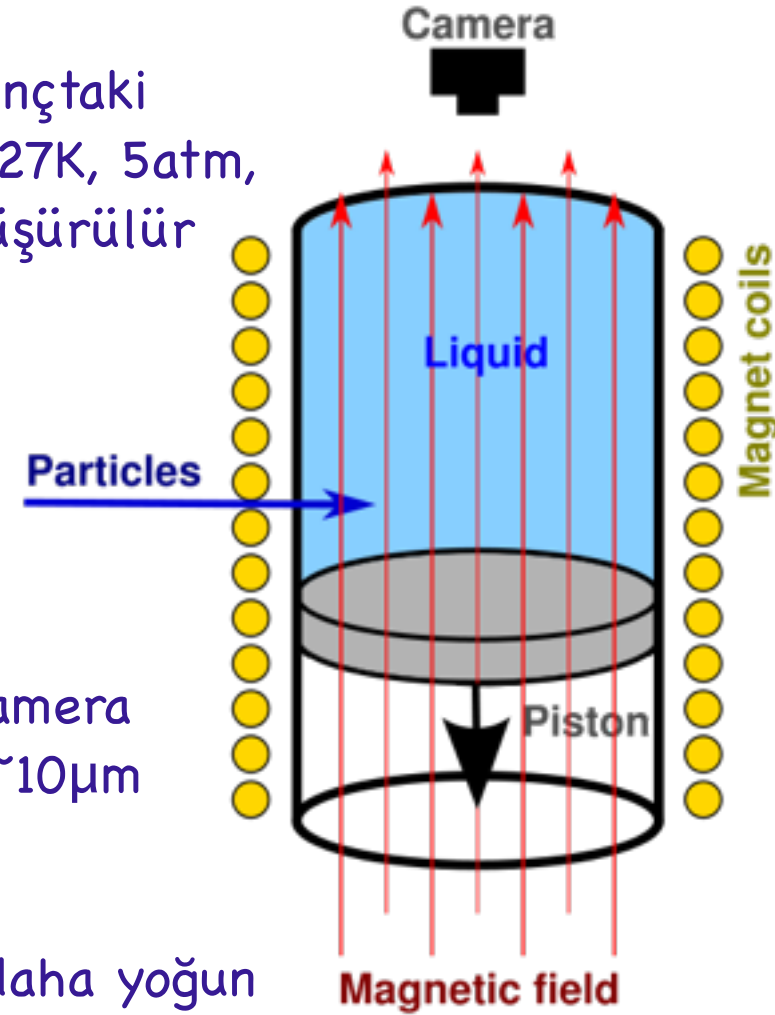
- Aşırı doymuş alkol buharı içeren kapalı bir ortamdır. İçeri giren yüklü parçacıkların yolu boyunca buhar yoğunlaşır ve bulut gibi izler bırakır.



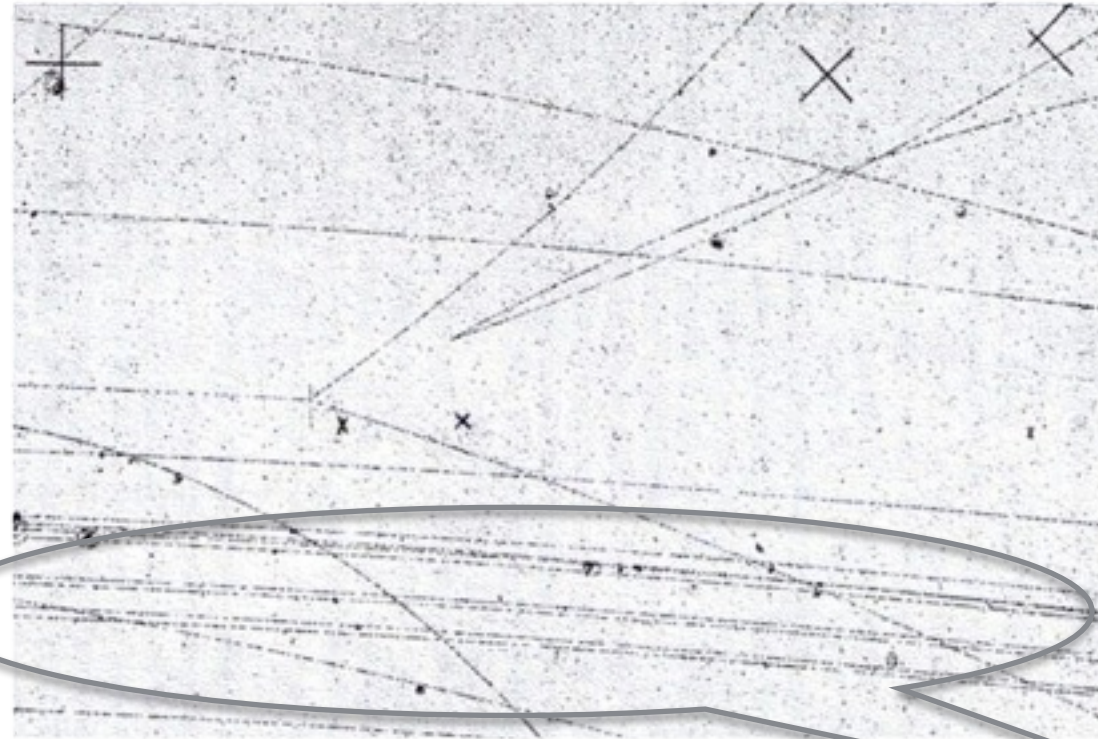
- Oluşan izlerin fotoğrafları çekilir.
- Parçacık demeti yönüne dik olarak uygulanan manyetik alanla iz bırakan parçacıkların yükü ve momentumu ölçülebilir.
- Bu algıç sayesinde Pozitron (1932), Muon (1936) ve Kaon (1947) bulunmuştur.

Köpük Odası

- 1950'lerin başında Glaser tarafından keşfedildi. (1960 Nobel) 
- İçi sıvı dolu bir silindir veya küre. Sıvı belli bir basınçtaki kaynama sıcaklığının hemen altında tutulur (örnek 27K, 5atm, sıvı H). Parçacık demeti geldiğinde basınç aniden düşürülür (3atm) ve sıvı üstünısıtılmış olur.
- Yüklü parçacıklar iyonizasyon ile enerji kaybederler. Bu enerji dengesiz durumdaki sıvıyı buharlaştırıp baloncuk çekirdekleri yaratır.
- 1-2 ms içerisinde fotoğraflar çekilir. Birden fazla kamera stereo çekim yapmayı sağlar. Konum çözünürlüğü $\sim 10\mu\text{m}$ seviyesine indirilebilir.
- Bulut odasından daha büyük hacimli yapılabilir ve daha yoğun sıvı içerdiğinden daha yüksek enerjili parçacıkları algılayabilir.
- Zayıf yüksüz akımların keşfine yol açmıştır. (Gargamelle, BEBC)

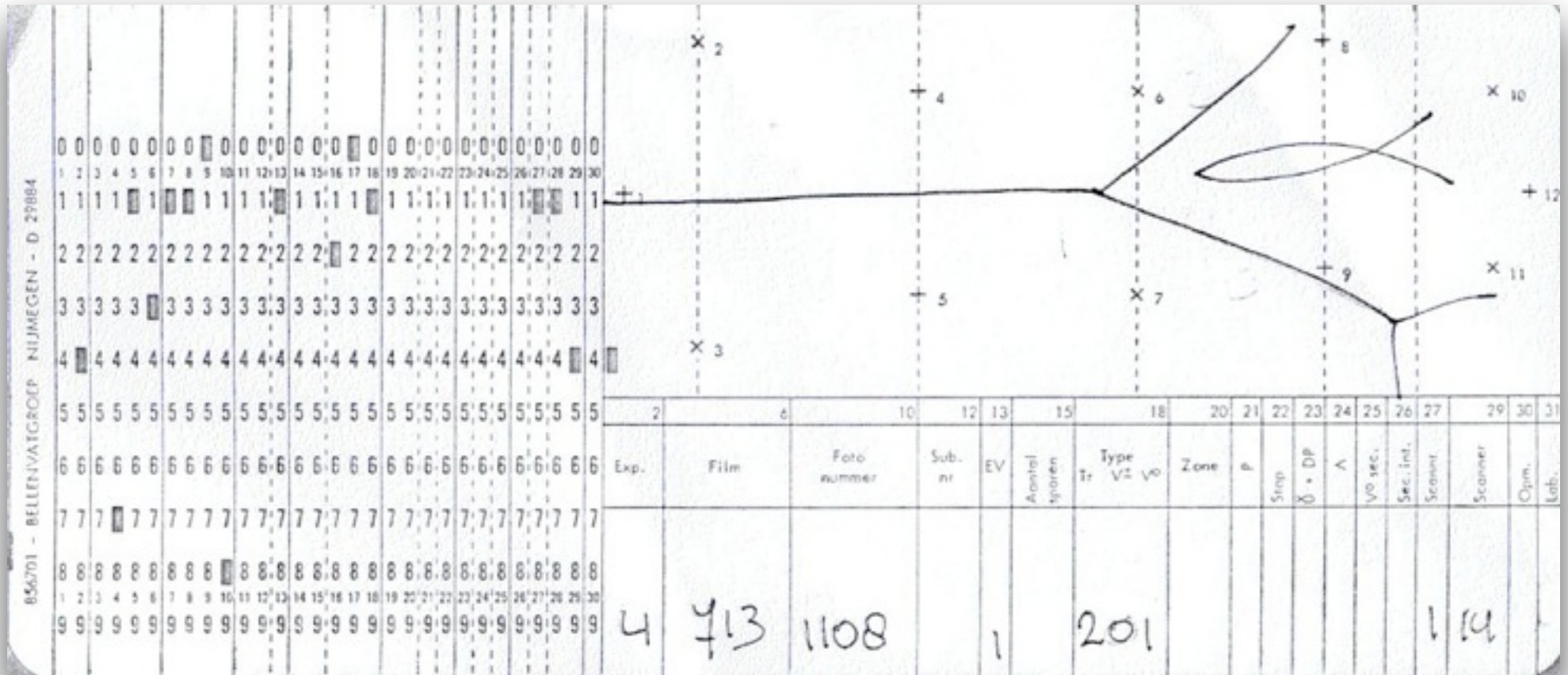


Fotoğrafın Çekilmesi, Resimlerin Ayıklaması



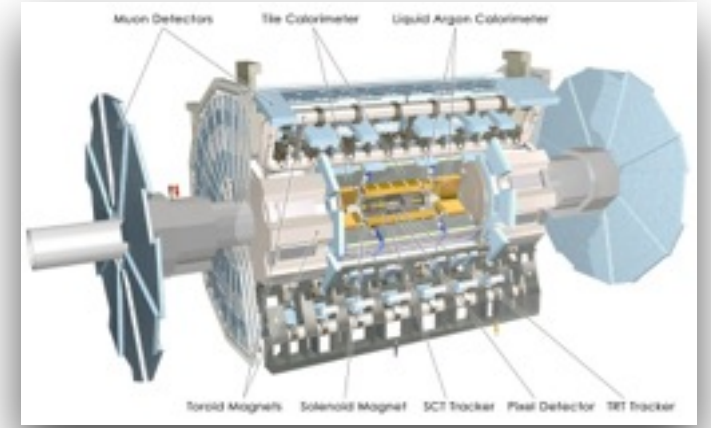
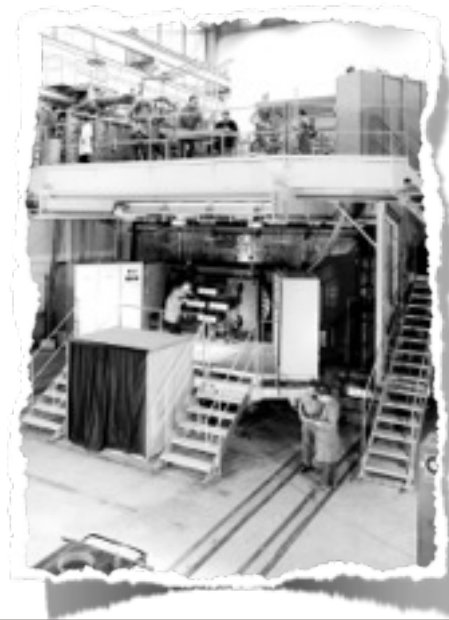
- Aynı demet bohçasında oluşan ama ilginç bulunmayan diğer etkileşimler de vardır.
- Algıcın hazırlanması ve fotoğrafın çekilmesinin zamanlaması parçacık demetinin gelmesiyle çakışmalıdır: tetikleyici lazım.

Ham Verinin Kaydı + Sayısallaştırma



- Eski günlerde sayısallaştırma ham verileri elle ölçüp kartlara delmekle ve bu kartları bilgisayara okutmakla yapılıyordu.

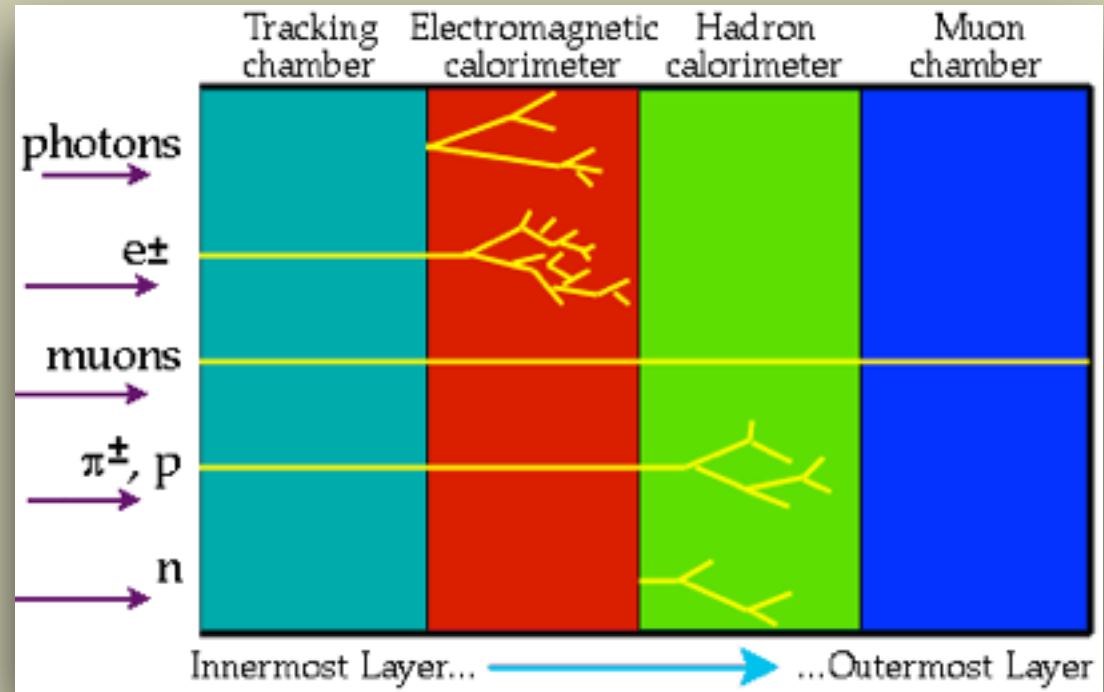
Son 50 yılda ne değişti?



	PS Deneyi HBC200 (1965-1977)	LHC Deneyleri (2009-)
Kütle Merkezi Çarpışma enerjisi (\sqrt{s})	≈ 3 GeV	8TeV (tasarlanan 14TeV)
İlgilenilen Parçacıklar ("Ağır" tanımı)	Mezonlar, baryonlar, tuhaf ve tılsımlı parçacıklar	Higgs, yeni boyutlar, süpersimetri, leptokuarklar, ...
Veri Miktarı	12 yılda 40 milyon fotoğraf [yaklaşık 20000 km uzunluğunda fotoğraf filmi]	Saniyede 40 milyon olayı inceleyip 100-200 kadarını kayıt. [Benzetimlerle birlikte 15PB/yıl]
Verinin Taşınma Şekli	Fotoğraf filmlerini alıp yanında taşıma	10 Gbps'lik fiber optik kablolar, GRID altyapısı
Büyük Uluslararası İşbirliği Tanımı	20-50 kişi	3000 kişi

Günümüzde algıçlar

- Tekparça bir algıç ile tüm parçacıkları gözleme dönemi kapandı.
 - ➔ Farklı malzemedan yapılmış, amaca özel algıçları birleştirerek tümleşik algıç dönemi başladı.
 - ➔ Değişik parçacıklar bazı malzemelerde farklı izler bırakırlar.



- Enerji Ölçümü

- ➔ EM kalorimetre
- ➔ Hadron kalorimetre

- Momentum Ölçümü

- ➔ manyetik alan altında bırakılan izlerin takibi
- ➔ izlere bakarak parçacıkların tanınması

- Hızlı cevap verip "ilginç" olayların seçimini sağlayan algıçlar



Muon Spectrometer

Muon

Neutrino

Hadronic Calorimeter

Proton

Neutron

The dashed tracks are invisible to the detector

Electromagnetic Calorimeter

Electron

Photon

Solenoid magnet

Tracking {
Transition
Radiation
Tracker

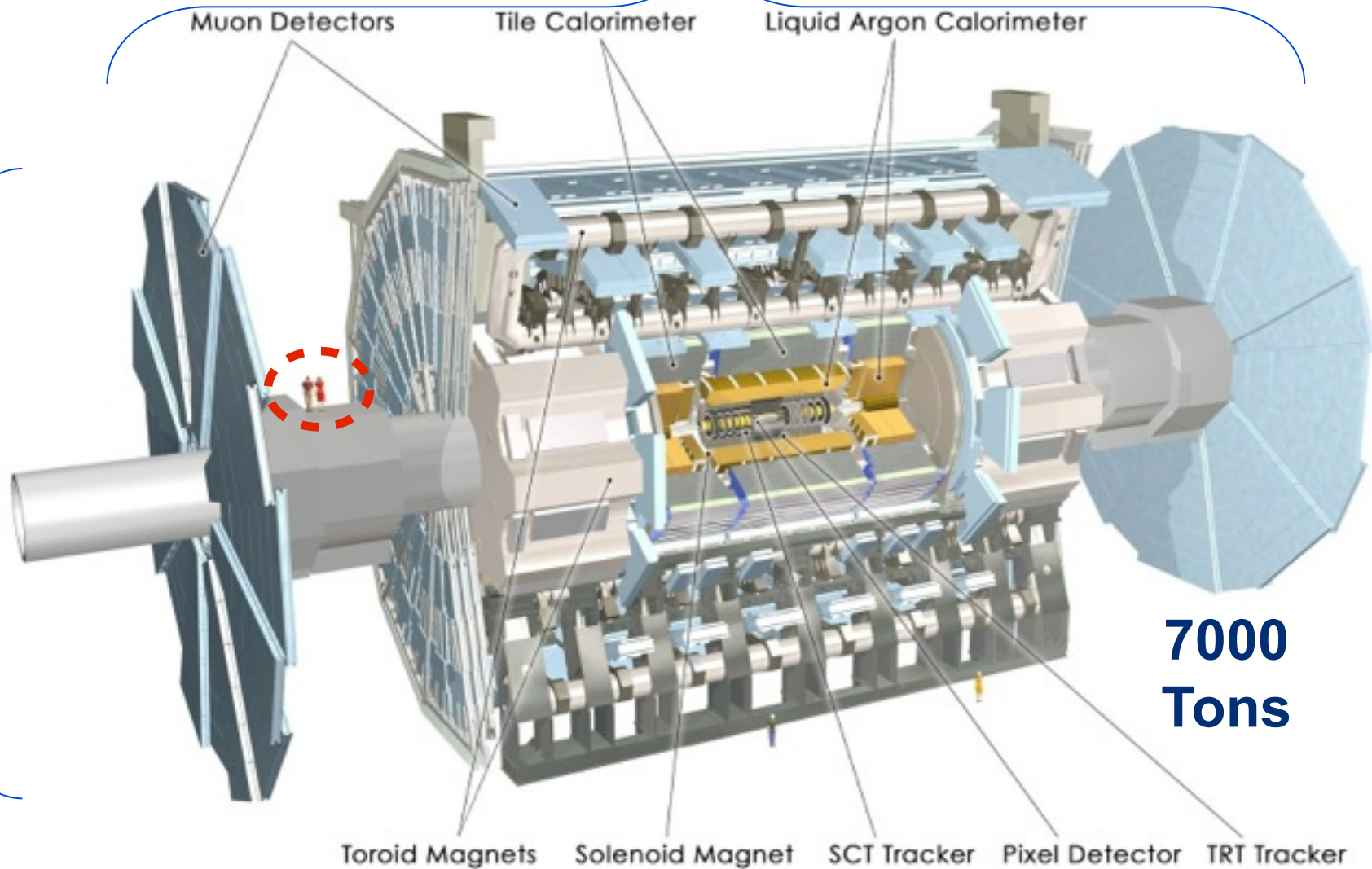
Pixel/SCT
detector

ATLAS Alg1c1

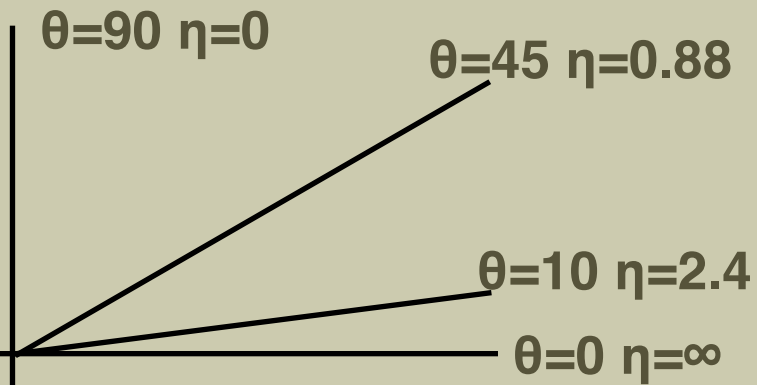
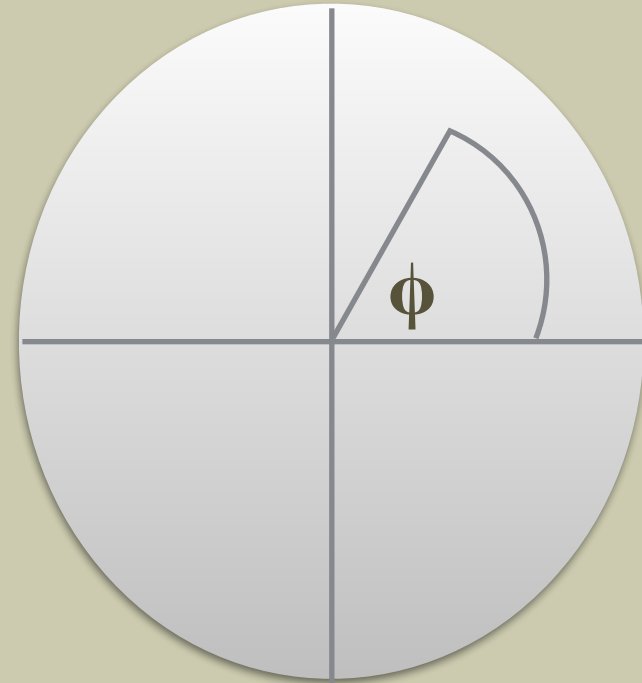
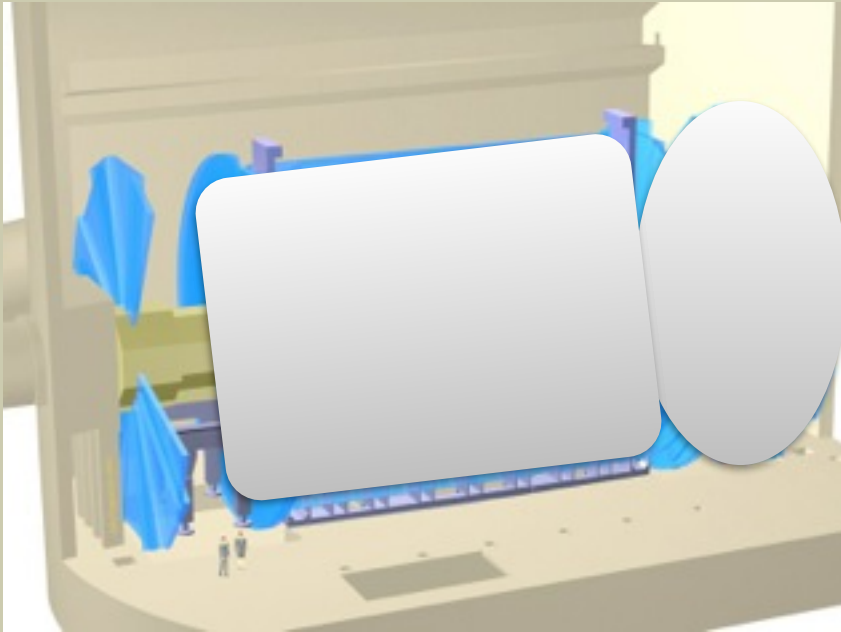
45 m

ATLAS superimposed to
the 5 floors of building 40

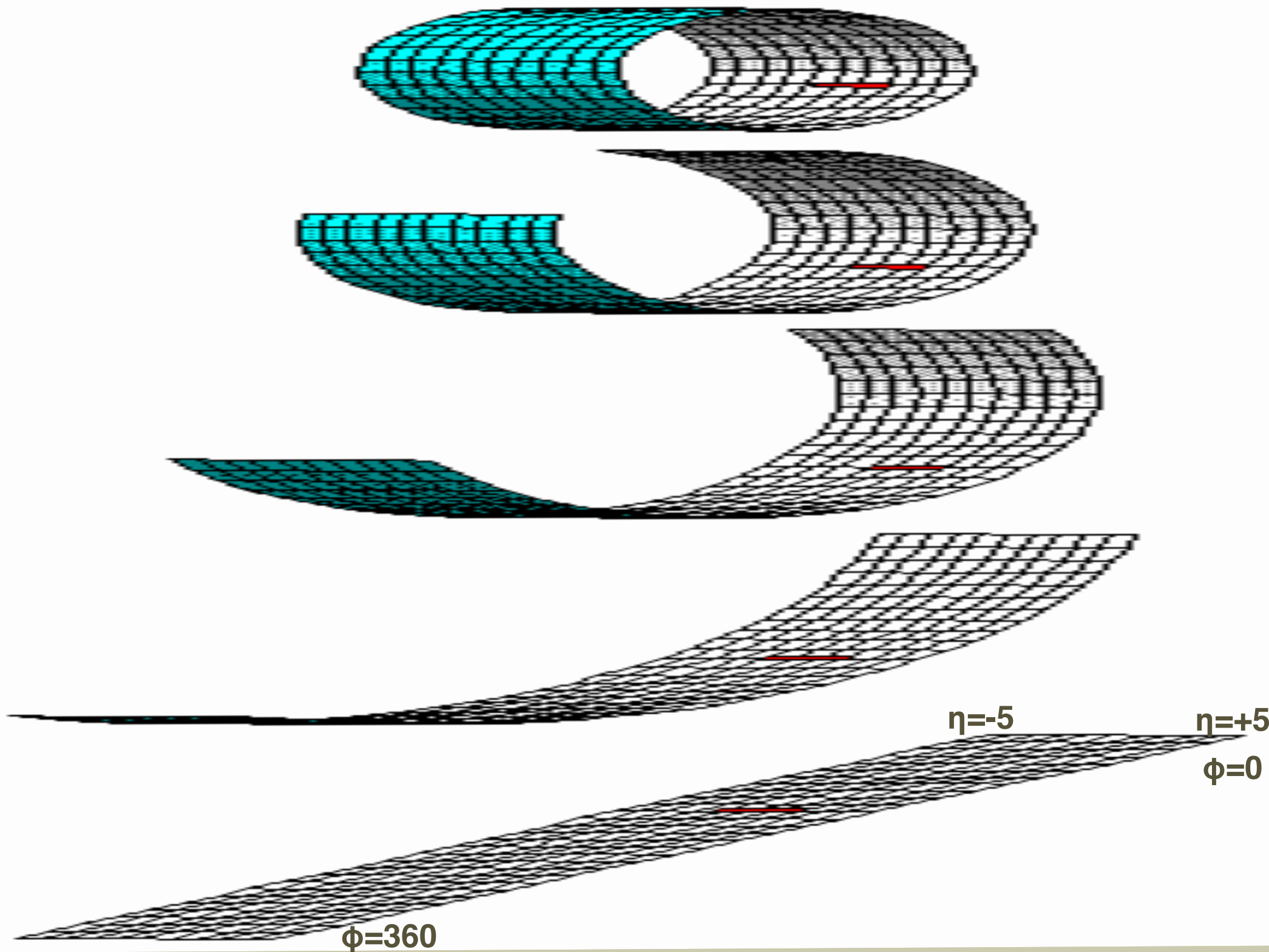
24 m



İsimlendirme

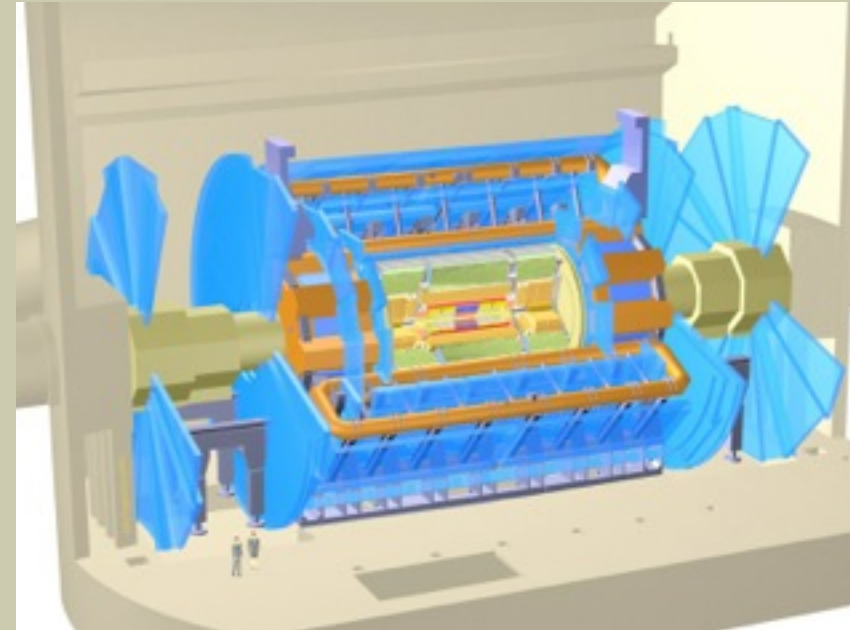


$$\eta = -\ln\left(\tan \frac{\theta}{2}\right)$$

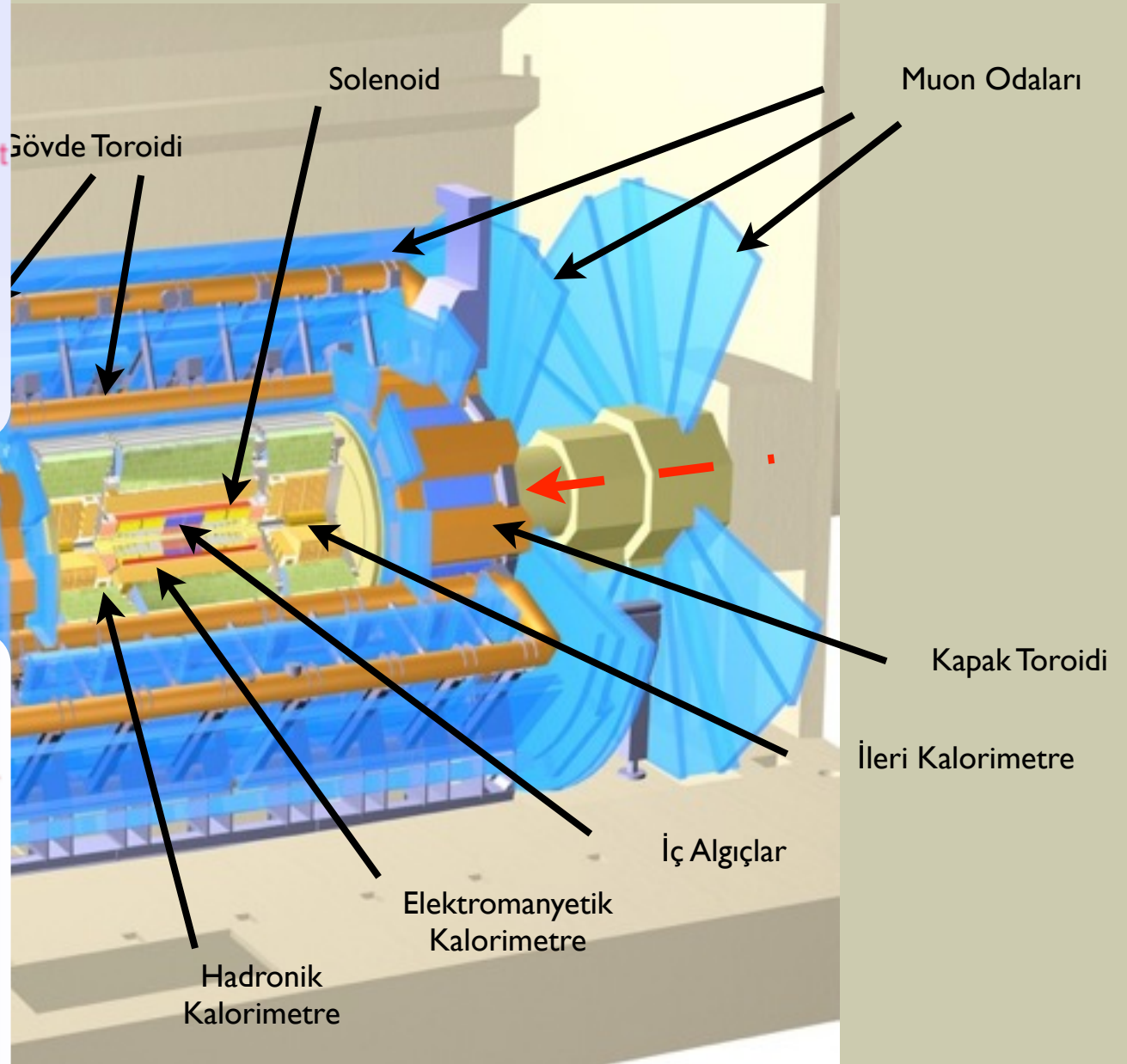
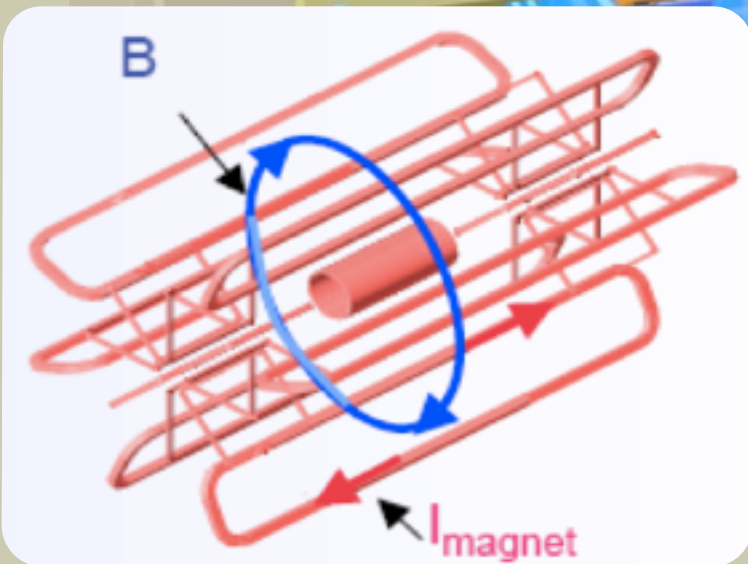
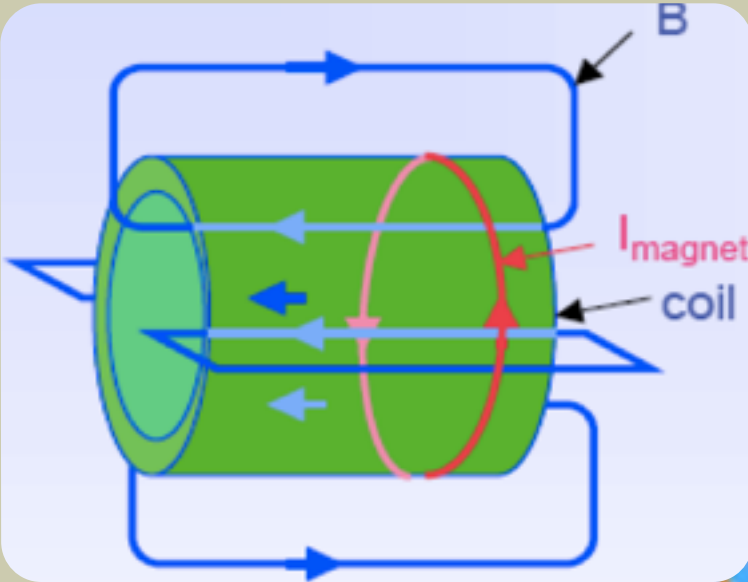


ATLAS Algıcınının parçaları

- İz sürme (İç Algıç) $|η| < 2.5$
 - ➔ 2T solenoid ile
 - ➔ silicon (pixel + strip) izsürücü
 - ➔ geçiş ışınımı izsürücüsü (TRT) e/π ayrışımı
- Enerji Ölçümü $|η| < 5.0$
 - ➔ EM kalorimetre : Pb-LAr, akordiyon şeklinde
 - ➔ Hadron kalorimetre : Fe/Sci (merkez), Cu/W-LAr (ön kısım)
- Muon Ölçümü $|η| < 2.7$
 - ➔ 4T toroid spektrometre
 - ➔ MDT ve CSC : iz sürmek için
 - ➔ RPC ve TGC : hızlı tetikleme için



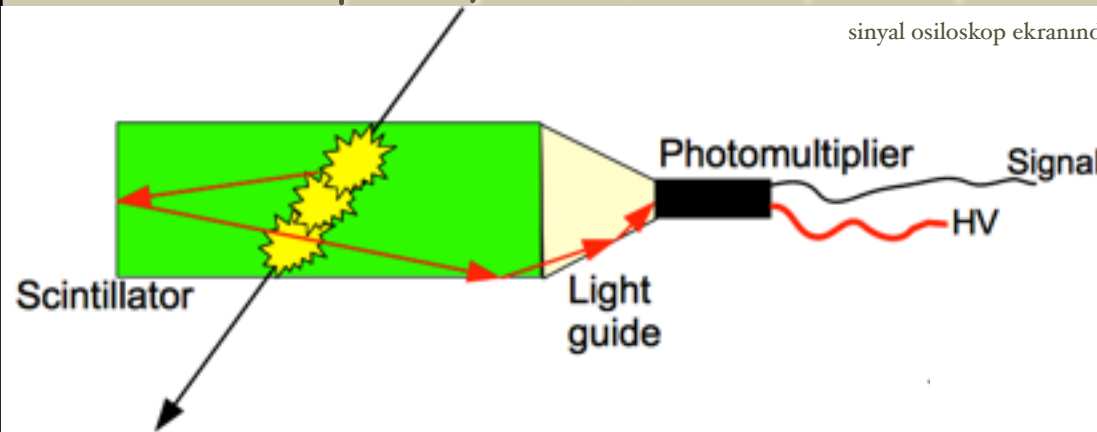
ATLAS Algıcının parçaları



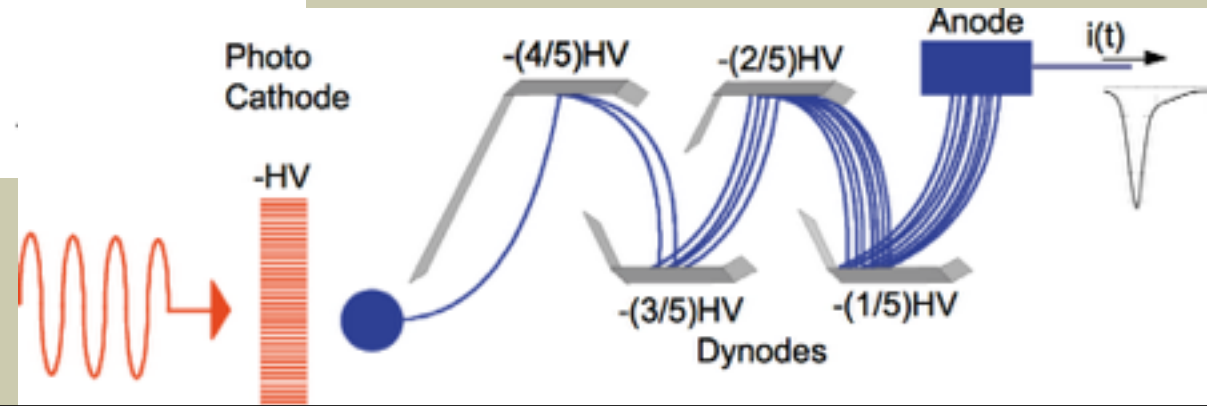
En basit örnek: Pırlıltıcı

- Plastik veya Kristal Pırlıltıcı - W. Crookes 1903, ZnS ekran
 - ➔ geçen parçacıkların bıraktığı enerjiyi ışığa çevir: pırlıltı
 - ▶ ≈ 40 foton/keV NaI(Tl), ~ 10 foton/keV plastik pırlıltıcı, ~ 4 foton/keV BGO
 - ➔ Kendi ürettiği ışık için saydamdır
 - ➔ ışığın elektrik yüke döndürülmesi \rightarrow fotoelektrik etki \rightarrow fotoçoğaltıcı tüp.
 - ➔ Sonuçta okunması gereken elektrik sinyal
 - ▶ toplam yük: $Q = k E (+k'E^2)$

sinyal osiloskop ekranında görülebilir, ölçülebilir.



fotoçoğaltıcı



ADC ile sinyali sayısallaştırmak

t - zaman



$$V=IR \quad I=\Delta Q/\Delta t \rightarrow V \Delta t/ R = \Delta Q$$

$$R_{nim} = 50\Omega$$

- sinyal bölgesinin alanı = toplam yük miktarı = k E

➔ oscilloscope ile bu alanı ölçüp, beklenen yükü tahmin ederim

➔ genelde picocoulomb mertebesinde.

ölçülecek olan



'metre'

- ADC okuma sonucu = sonucu yansıtan sayı

➔ ADC'nin özelliklerine bağlı: kaç bit, yani kaç birim ölçer?

▶ Örnek 2 bit

▶ 2bit = 256pc, daha çok yük (Q) verilirse, 3. bit overflow verir.

- Pedestal (altlık) sinyal olmasa da okunan ADC değerleridir.

'okuma aralığı' kavramı

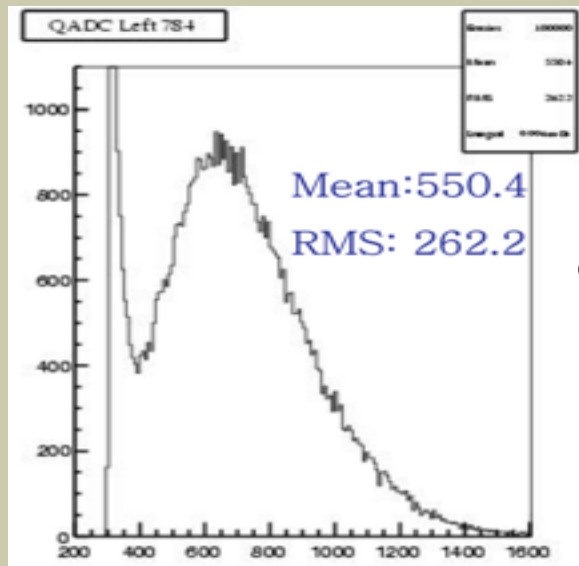
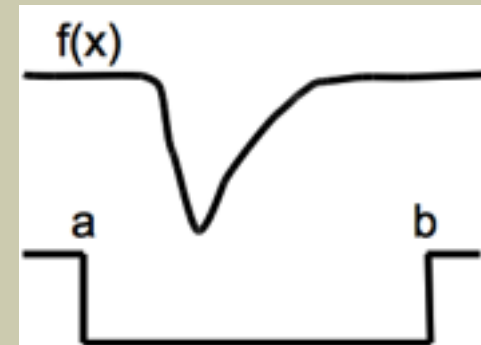
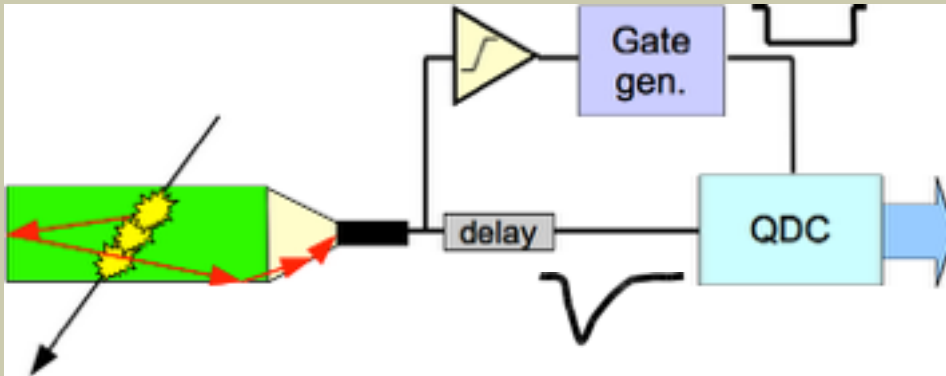
● Devamlı okuma yapamam

➔ gürültü = altlık okurum,

➔ ölü zamanım artar.

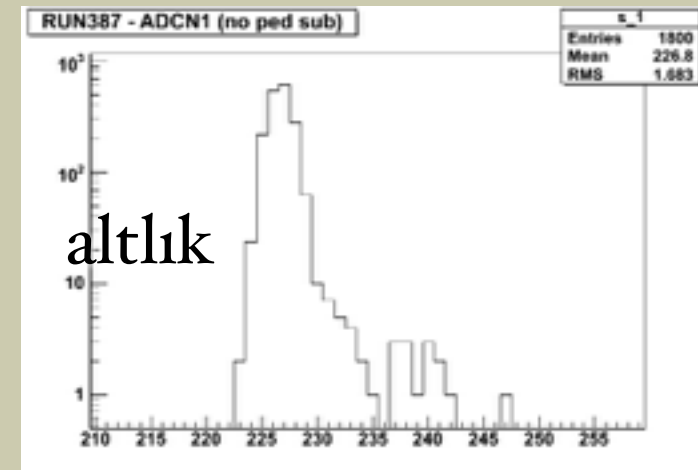
➔ O zaman okuma yapacağım sınırları belirlemeliyim: a, b.

$$I = \int_a^b f(x) dx$$



doğru
sonuç =

ölçüm -
altlığı
çıkartmak
(pedestal subtraction)



altlık

Pırlıltıcı kalorimetrenin temel taşıdır

● Enerji ölçümü: kalorimetre

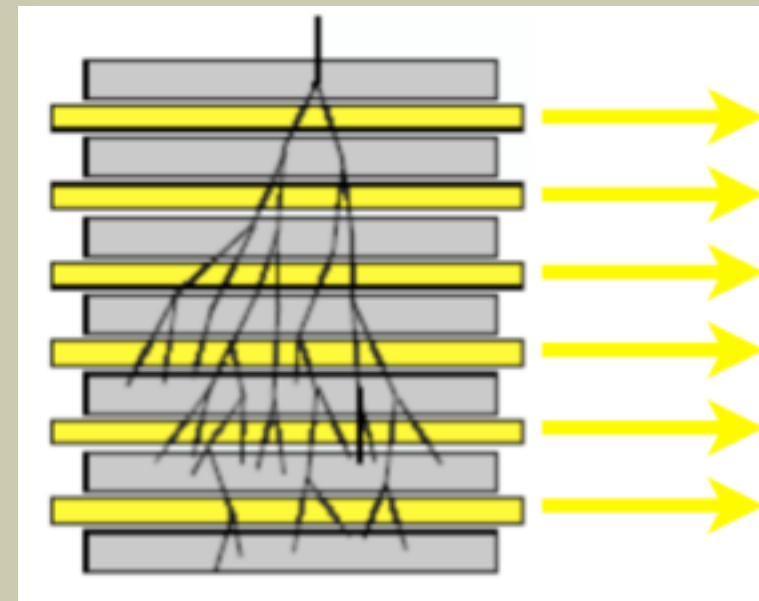
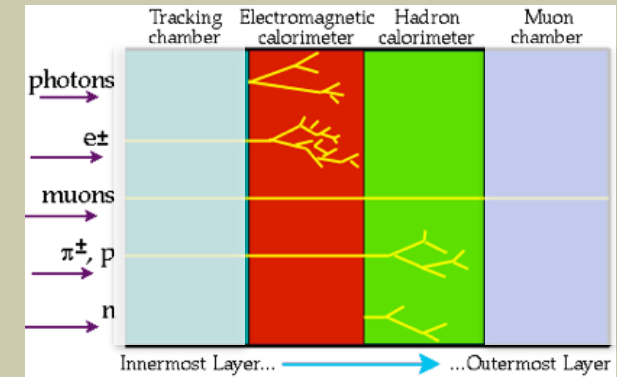
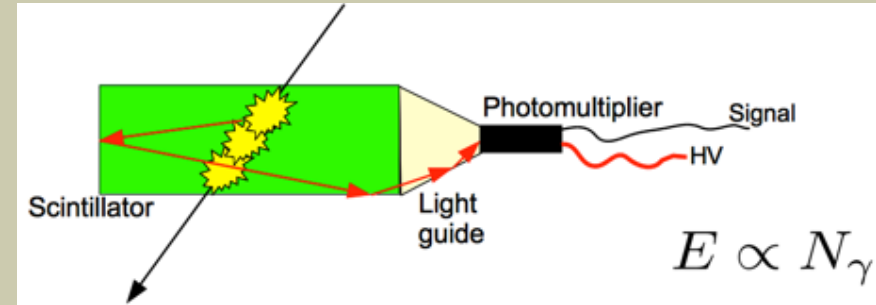
➔ Pırlıltıcı ile geçen yüklü parçacığın bıraktığı enerjiyi ölçebiliriz

➔ Çelik, pirinç, kurşun, vb gibi ağır malzemeye çarptırılarak geçen birincil parçacığın daha düşük enerjili ikincil, üçüncül parçacıklara bölünmesi sağlanır. Buna sağanak denir.

➔ Ağır malzeme arasına yerleştirilen pırlıltıcılar ile sağanak enerjisi ölçülür.

➔ Yeterince katman ile bütün enerji emilir ve ölçülür.

● Buna örnekleme kalorimetresi denir.



İz sürme algıç

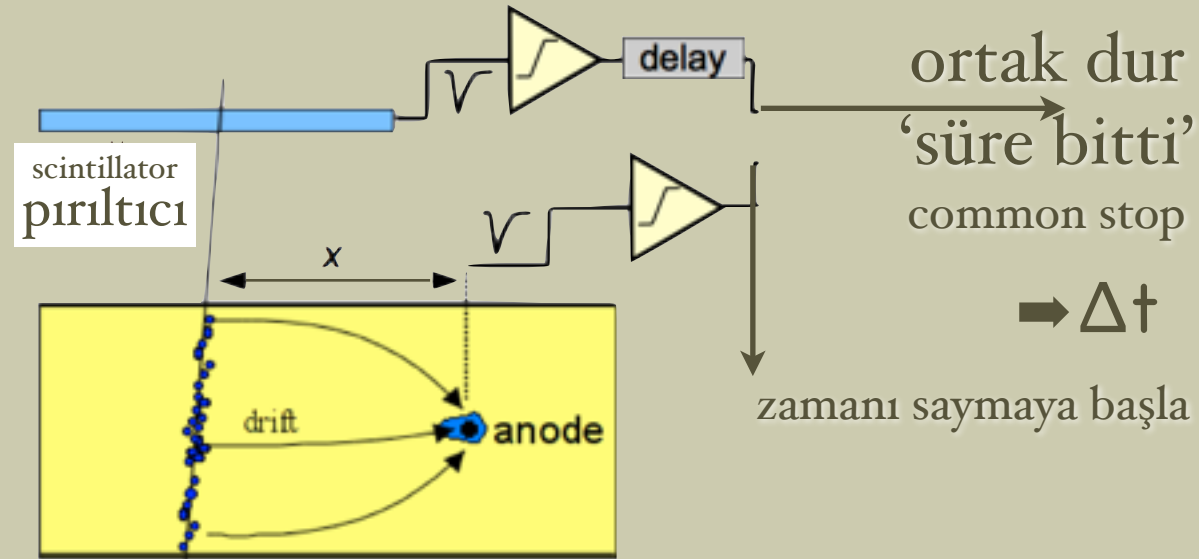
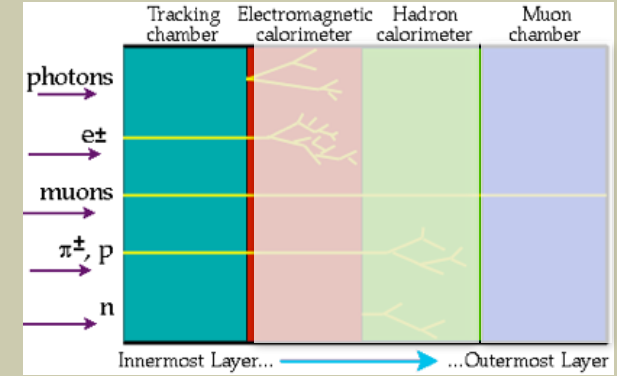
- İz → Momentum ölçümü : spectrometre

➔ gelen parçacığın konumunu bul → manyetik alan altında kıvrılmasından momentumunu ölç

➔ konum: $x = c_0 + c_1\Delta t + c_2\Delta t^2 \dots$

▸ t: TRG'dan sinyale geçen süre

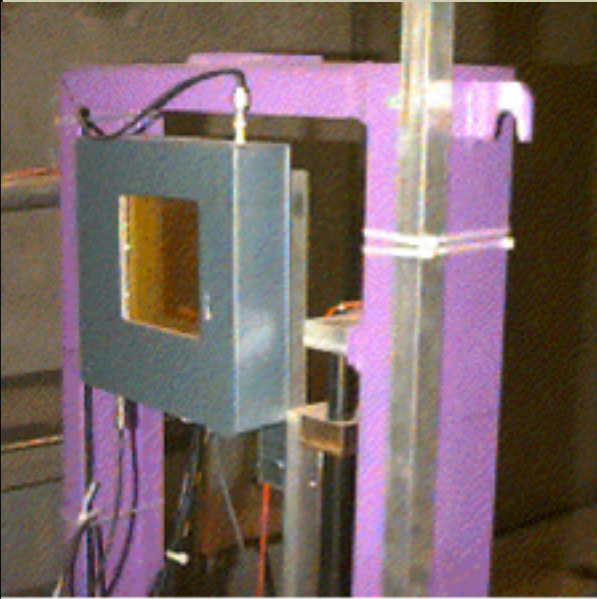
➔ Zaman sayısallaştırıcı : TDC.



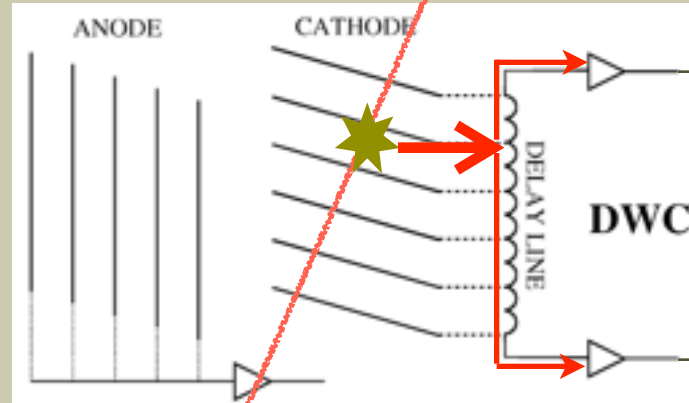
- Sayısal bilgi E / H

➔ parçacık geçti mi?

İz sürme algııcı örneği



piriltıcı: tetikleme



sayısal sinyeller

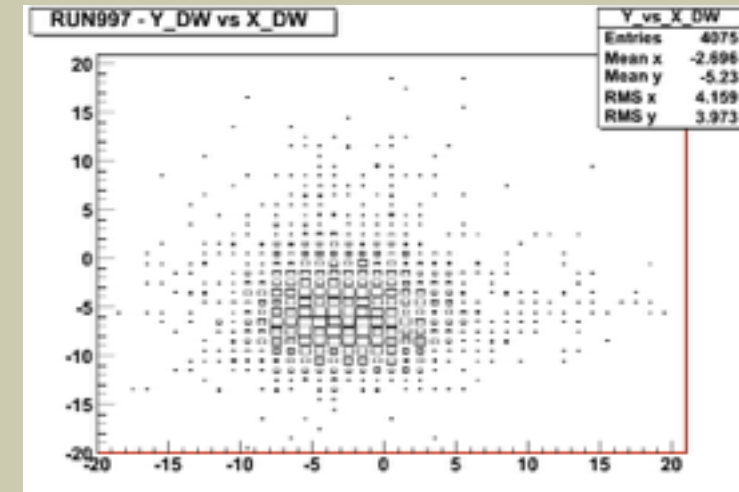
analog sinyaller

Δt

$$y = \alpha \cdot \Delta t + \beta = \alpha \cdot (t_{top} - t_{bottom}) + \beta$$

● DWC: Delay Wire Chamber

- ➔ SPS'den alınan demetin sabit hedef deneylerine verilmeden önce profiline ölçülmesi için basit algıç.
- ➔ gazlı ve çoktelli dir
- ➔ TDC ile okunur 2CH / düzlem.



Silikon algııcı çalışma ilkesi

- Gazlı oda ile aynı ilke

- Artıları

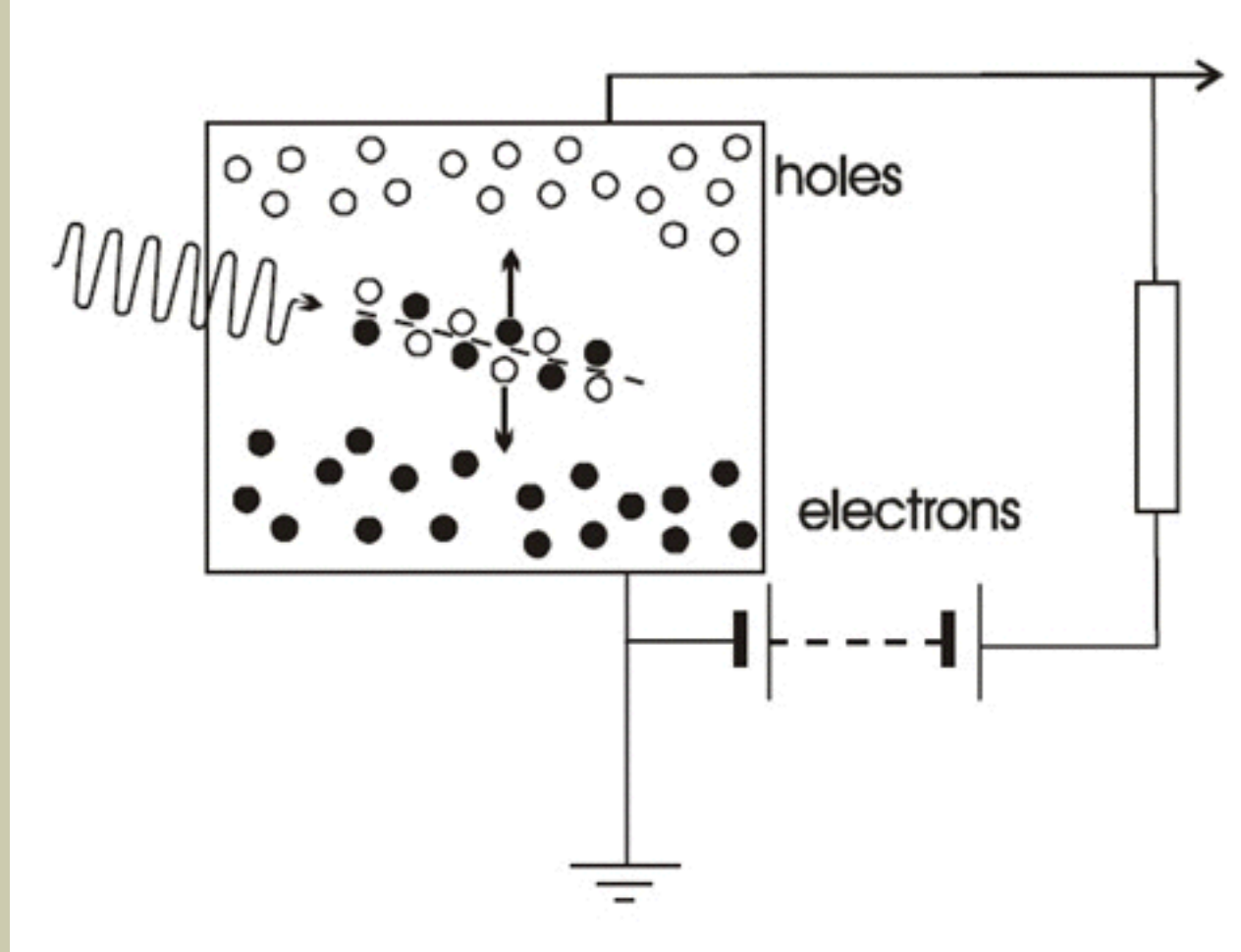
- ➔ daha küçük alanlar
- ➔ daha az gerilim
- ➔ yüksek hassaslık $10\mu\text{m}$

- Eksileri

- ➔ ısı etkilerden sinyal
- ➔ soğutma zorunluluğu
- ➔ ekonomik değer
- ➔ kanal sayısı çok

- Kullanım Tarzı

- ➔ Nokta (pixel) x,y bilgisi
 - Çok kanal, pahalı
- ➔ Şerit sadece x bilgisi
 - Ama birbiri ile açılı 2 şerit koyabilirim, y bilgisi de gelir.



İz sürme

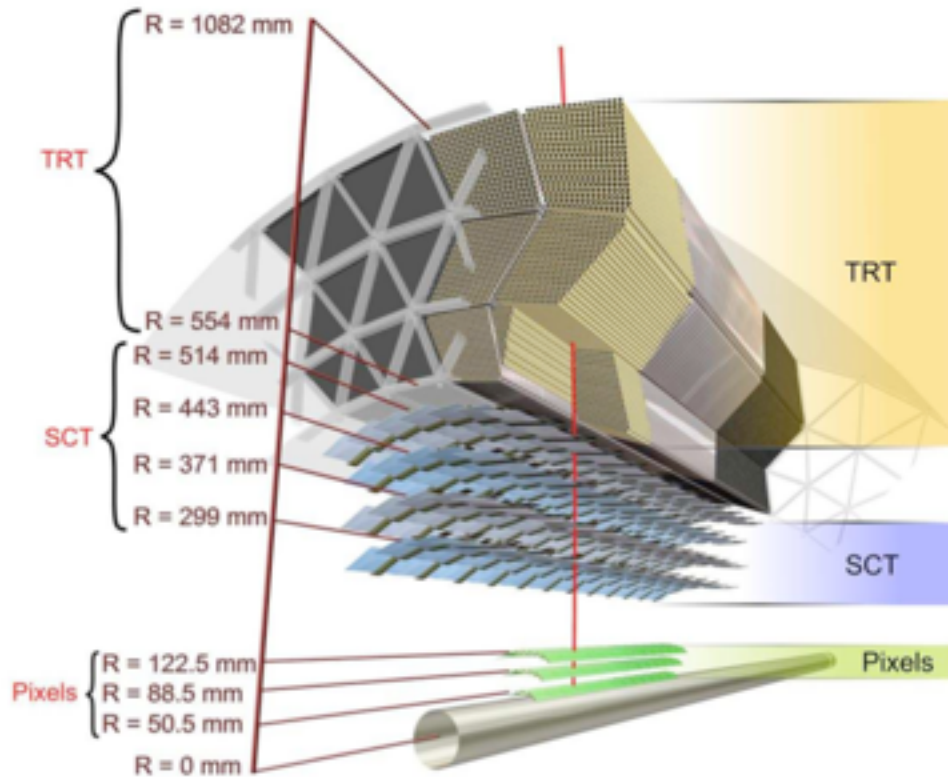
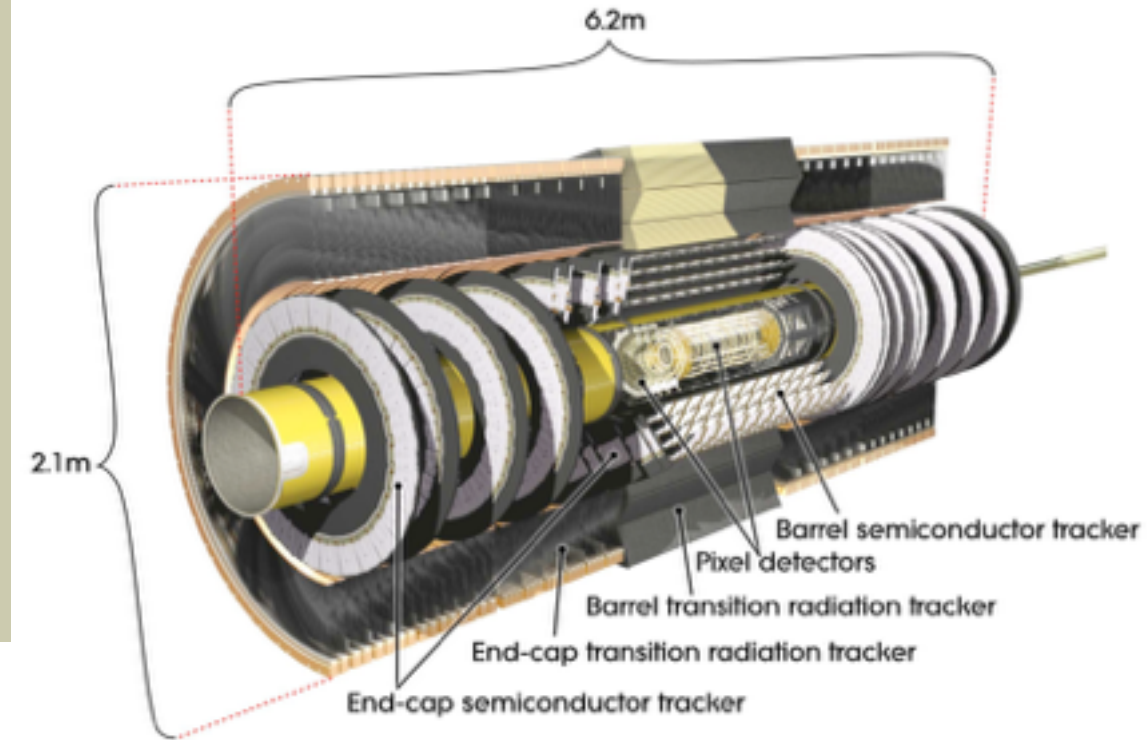
● Silikon algıci

➔ Pixel : $R=12.3\text{cm}$

- ▶ ideal $16\mu\text{m}$, kozmik $24\mu\text{m}$ hassaslık

➔ SCT : $R=51.4\text{cm}$

- ▶ ideal $24\mu\text{m}$, kozmik $30\mu\text{m}$ hassaslık



● TRT algıci $R=108.2\text{cm}$

- ▶ ideal $130\mu\text{m}$, kozmik $187\mu\text{m}$ hassaslık

Geçiş Işıması

● Çalışma ilkesi

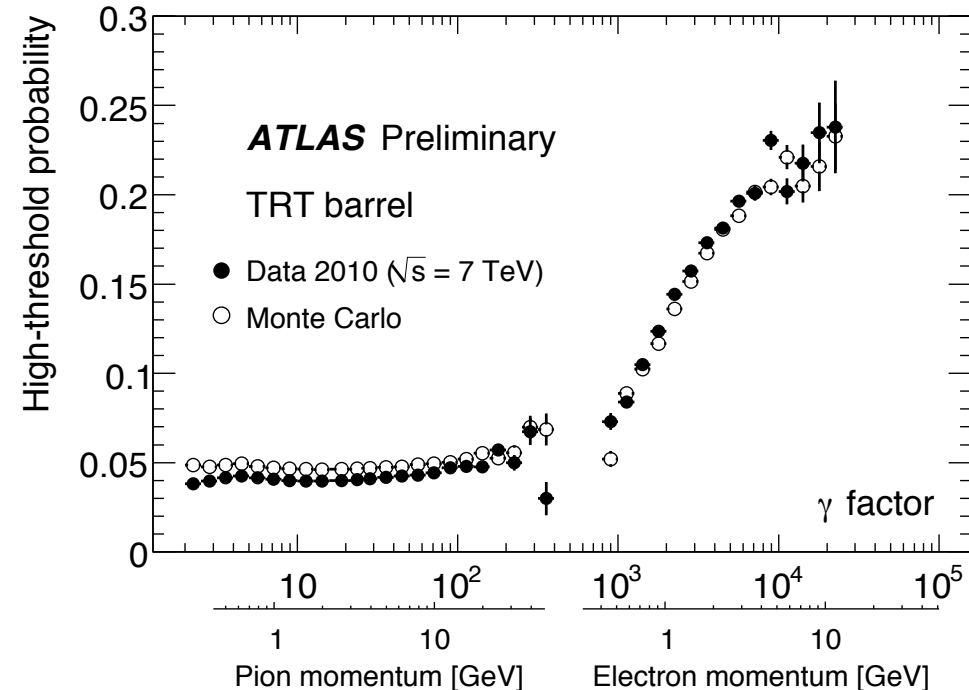
- ➔ Yüksek enerjili bir yüklü parçacık bir malzemedan dielektrik sabiti farklı başka bir malzemeye geçerken küçük bir ihtimalle ışıma yapar.
- ➔ Bu ışıma ile salınan enerji parçacığın yükünün karesiyle ve parçacığın γ faktörüyle doğru orantılıdır.
 - ➔ $\gamma=1000$ seviyelerinde 2-40keV enerjili X-ışınları oluşur.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

● Kullanımı

- ➔ ortasından ince bir tel geçen kamışlar. ATLAS TRT
- ➔ 4mm kalınlıkta, içi gaz dolu: %70 Xe, %27CO₂ %3 O₂
- ➔ Yaklaşık 350bin kanal.
- ➔ 100 μ m hassaslık

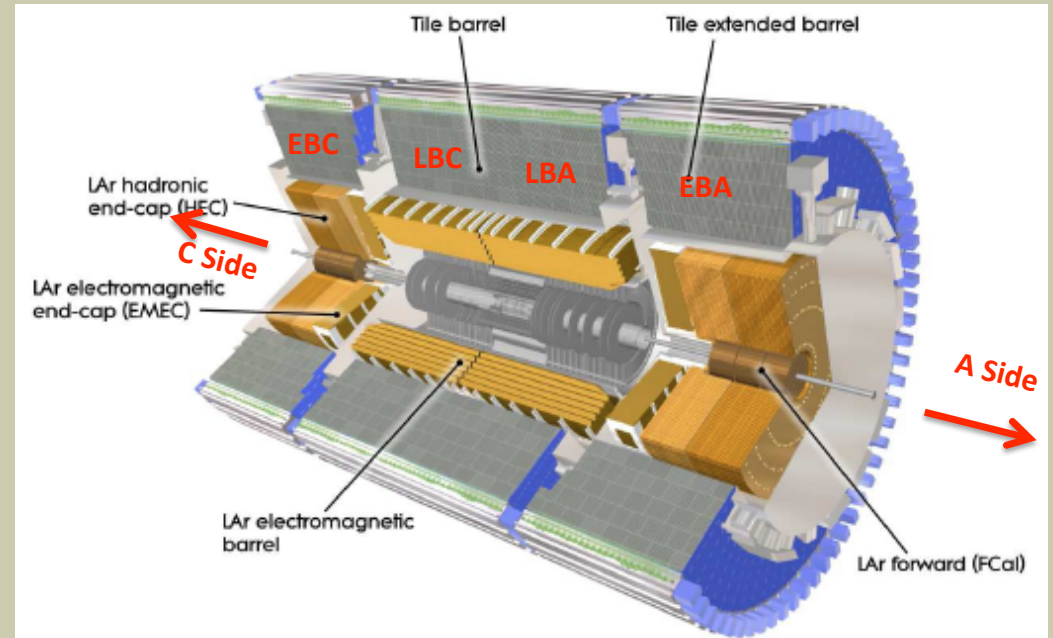
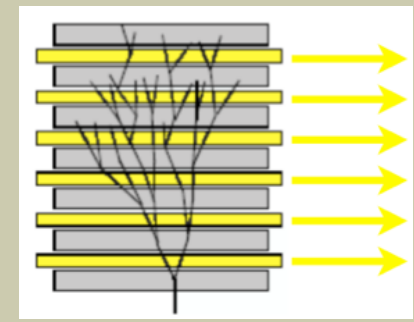
Elektronlar ağır parçacıklardan ayırt edilebiliyorlar.



Enerji Ölçümü

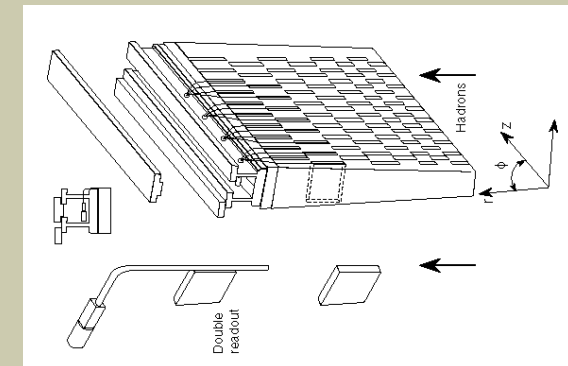
● EM kalorimetre:

- ➔ $\eta:3.2$ veri $\eta:2.5$ tetikleme
- ➔ Cu/Pb Lar karışımı
- ➔ yüksek çözünürlük
 - $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.02 \times 0.02$



● Hadron kalorimetre

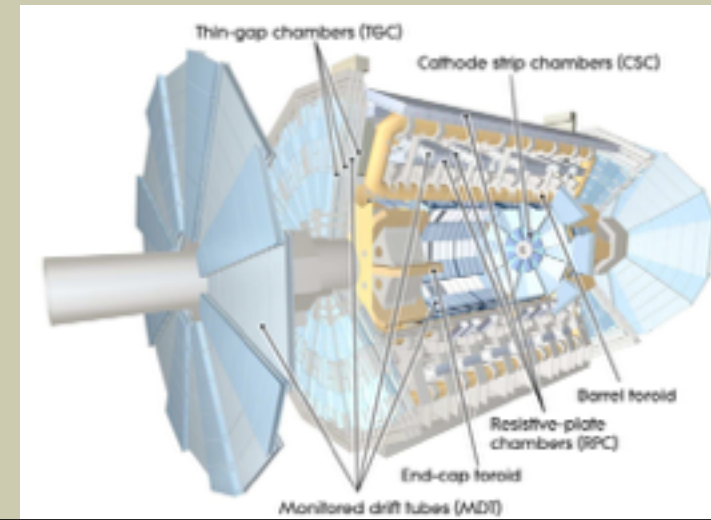
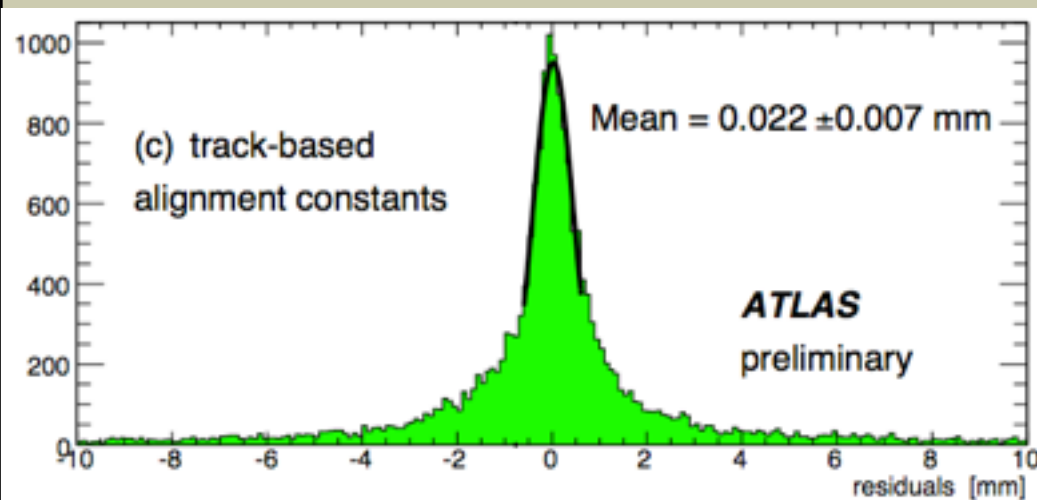
- ➔ $\eta:1.7$ veri
- ➔ Çelik-pırlıltıcı karışımı, 2 yönlü okuma
- ➔ iyi çözünürlük: $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.1 \times 0.1$

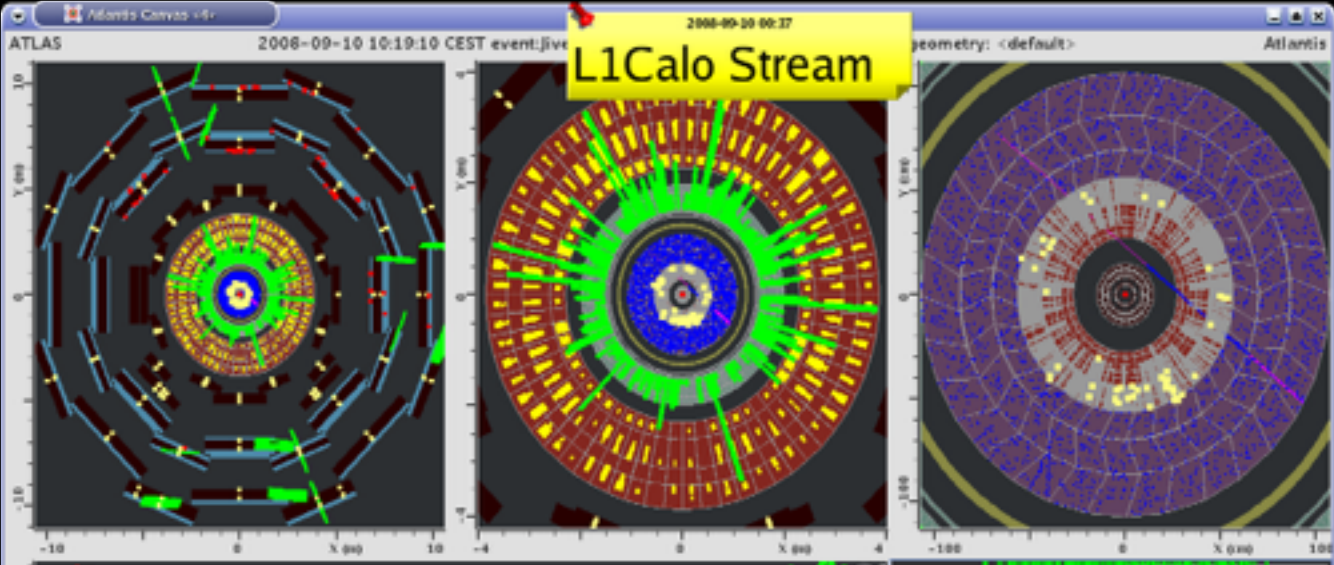


Müon sistemi

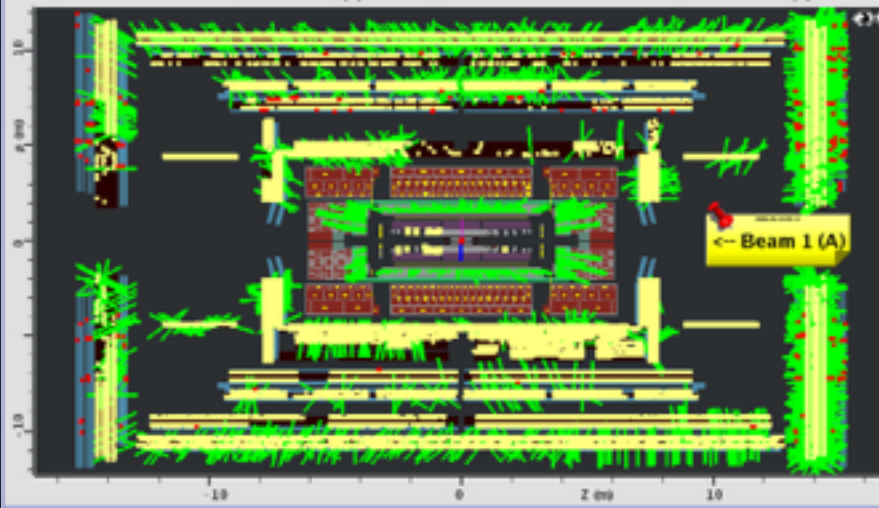
- 4 Farklı algıç
 - ➔ Varil bölgesi
 - tetikleme: RPC, iz sürme: MDT
 - ➔ kapak bölgesi
 - tetikleme: TGC, iz sürme: MDT,CSC
- Yaklaşık 1M kanaldan veri gelir.
 - ➔ 35-40 μm hassasiyet
- 6 GeV ve üstü muonların tetiklenmesi mümkündür.

Monitored drift tubes - Coverage - Number of chambers - Number of channels - Function	MDT $ \eta < 2.7$ (innermost layer: $ \eta < 2.0$) 1088 339 000 Precision tracking
Cathode strip chambers - Coverage - Number of chambers - Number of channels - Function	CSC $2.0 < \eta < 2.7$ 32 31 000 Precision tracking
Resistive plate chambers - Coverage - Number of chambers - Number of channels - Function	RPC $ \eta < 1.05$ 544 359 000 Triggering, second coordinate
Thin gap chambers - Coverage - Number of chambers - Number of channels - Function	TGC $1.05 < \eta < 2.7$ (2.4 for triggering) 3588 318 000 Triggering, second coordinate



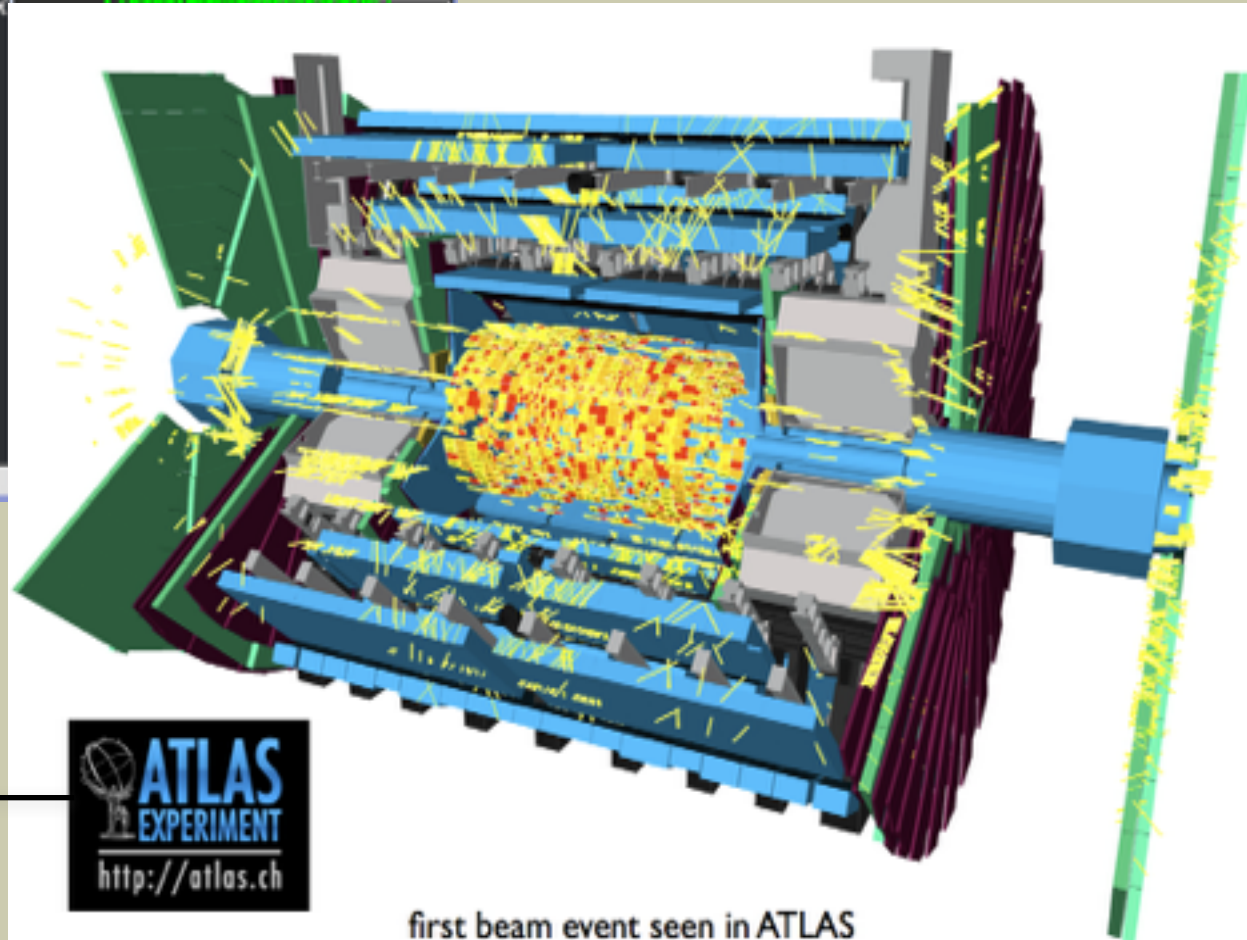
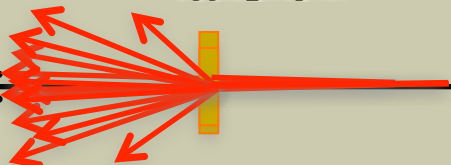
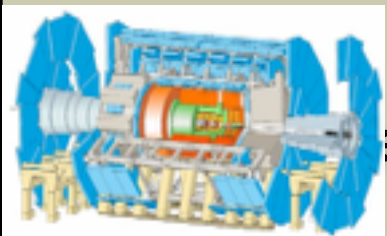


**10 Eylül 2008
ATLAS da ilk demet
saçılması olayı
(saat 10:19)**



Anında (online) görüntüleme

140 m ötedeki
üçüncül
eşizgileyici



first beam event seen in ATLAS

Sonradan (offline) görüntüleme

Teşekkürler

