

# HPFBU

## Hızlandırıcı Fiziği

### Enine Demet Dinamiği I

Dr. Öznur METE

Hızlandırıcı Fizikçisi

The University of Manchester

The Cockcroft Institute of Accelerator Science and Technology

e-posta: [oznur.mete@cockcroft.ac.uk](mailto:oznur.mete@cockcroft.ac.uk) www: [www.cern.ch/omete](http://www.cern.ch/omete)

- Enine demet dinamik
- Boyuna demet dinamik
- Öğrendiklerimizi simulasyon çalışmaları ile pekiştireceğiz.

# Hızlandırıcılar

Parçacık demetinin yörüngesini magnetik alanlar kullanarak belirliyoruz.

Dairesel Yörünge için koşu

Eğici Miknatis

DİPOLE-ÇİFT KUTUPLU

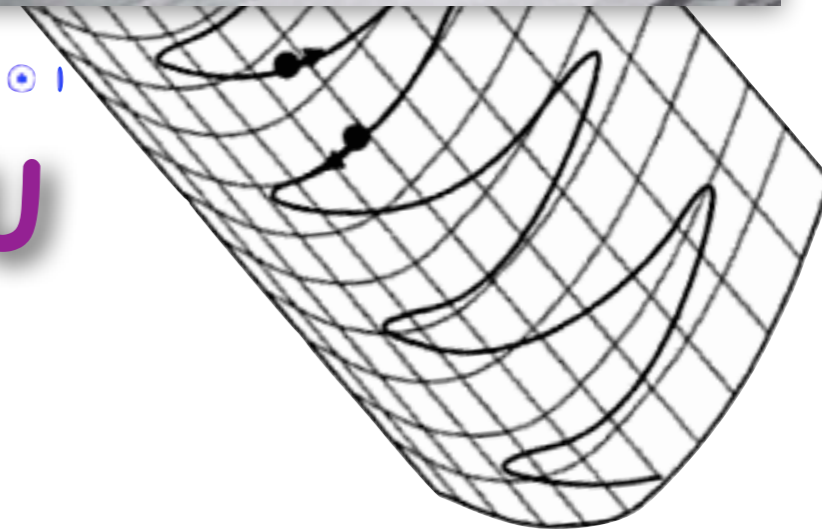
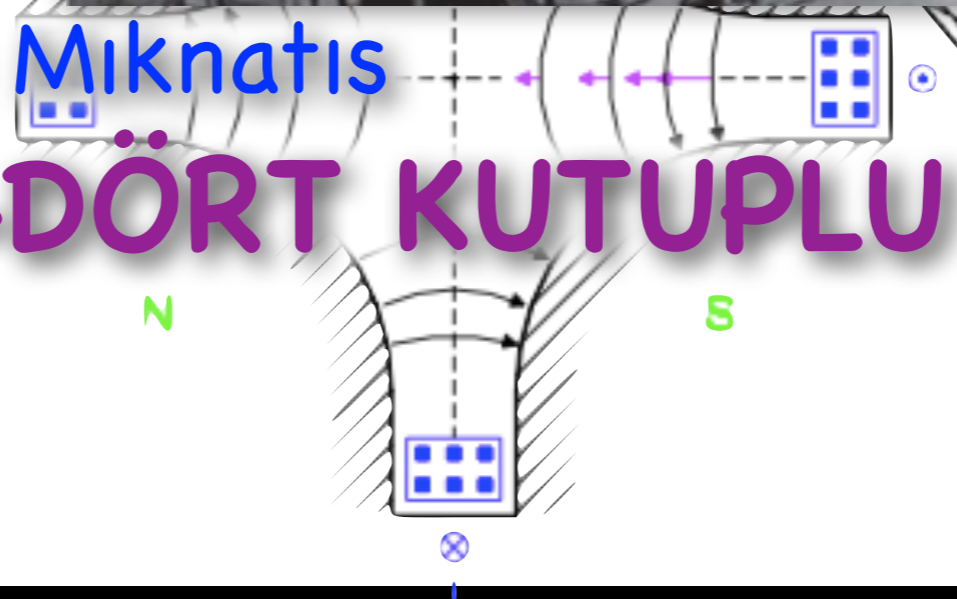
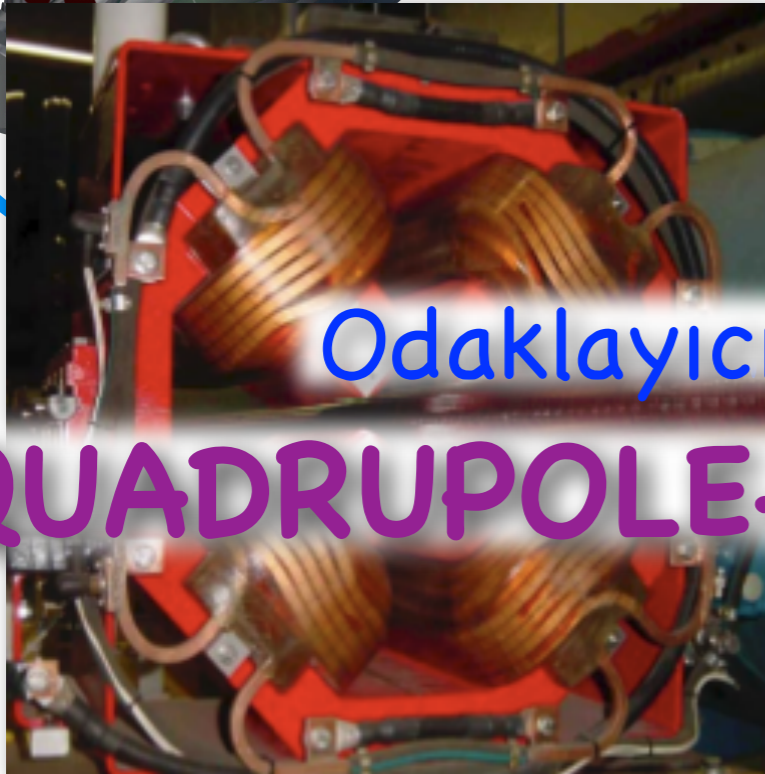
$F_{Lorentz}$



CERN, PS 1959

Odaklayıcı Miknatis

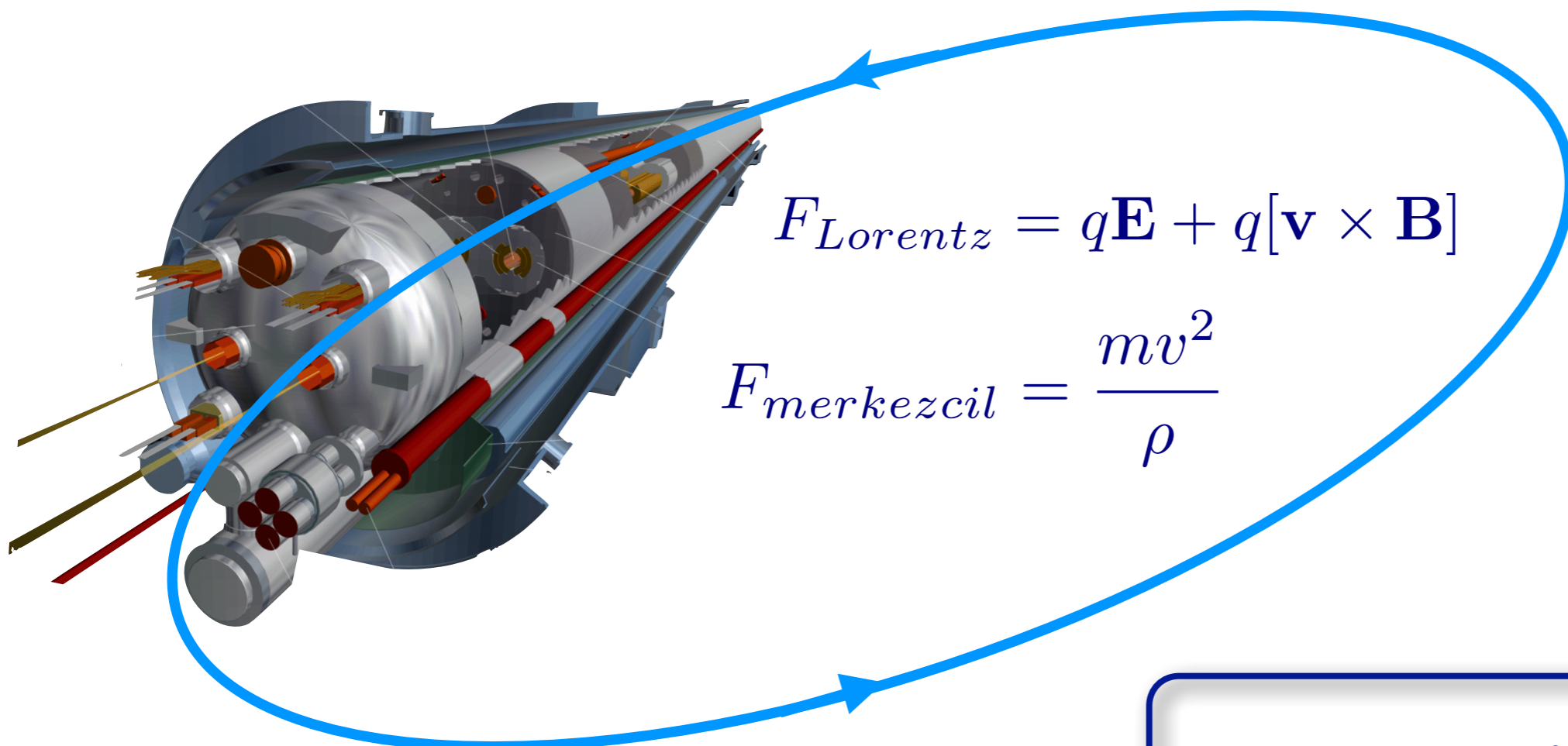
QUADRUPOLE-DÖRT KUTUPLU



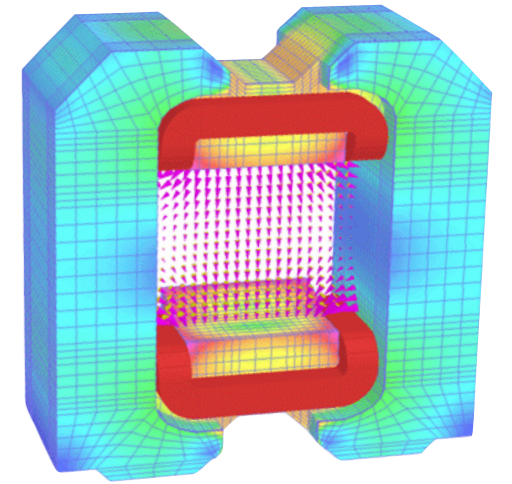
## Demet Bükülmezliği (rigidity)

Hızlandırıcılarda, parçacıklar önceden belirlenmiş yörüngelerde hareket ederler.

- ▶ Nasıl? Saptırıcı magnetik alanlar kullanılarak.
- ▶ Ne kadar? Parçacıkların merkezciil kuvvetleri ve Lorentz kuvveti arasındaki dengeye bağlı olarak.



Iki Kutuplu Magnet



$$B \cdot \rho = \frac{p}{q}$$

Demetin enine ölçüleri, demetin gezinge yarıçapına ( $\sim$  hızlandırıcının çevresi) göre küçük olduğu için magnetik alanı ideal gezinge (trajectory) civarında seriye açabiliriz.

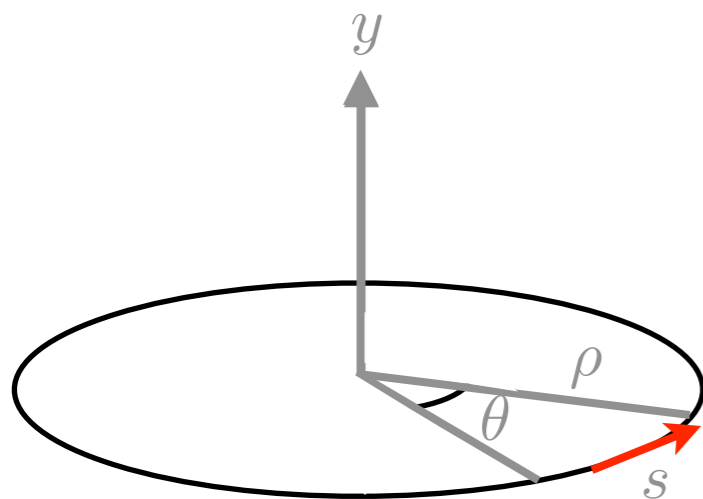
Taylor Açılımı: 
$$f(x) = f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x - x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \dots$$

**B magnetik alanının demetin ilerleme eksenine dik eksen civarında Taylor açılımına bakalım:**

$$B_y(x) = B_{y0} + \frac{dB_y}{dx} x + \frac{1}{2!} \frac{d^2 B_y}{dx^2} x^2 + \frac{1}{3!} \frac{d^3 B_y}{dx^3} x^3 + \dots$$

momentuma normalize edelim,  $p/e$

$$\frac{B(x)}{p/e} = \frac{B_0}{B_0 \rho} + \frac{g}{p/e} x + \frac{1}{2!} \frac{g'}{p/e} x^2 + \frac{1}{3!} \frac{g''}{p/e} x^3 + \dots$$



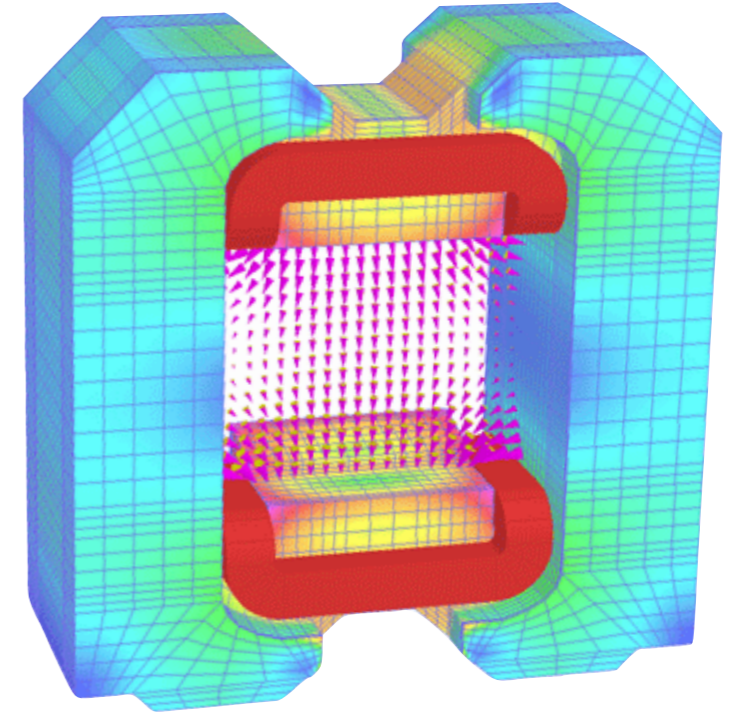
dairesel koordinat sistemi

$$\frac{B(x)}{p/e} = \frac{1}{\rho} + kx + \frac{1}{2!} mx^2 + \frac{1}{3!} ox^3 + \dots$$

<i>Magnetin kutup sayısı</i>	<i>Magnetik yetkinliği</i>	<i>Etkisi</i>
<i>iki-kutuplu (dipole)</i>	$\frac{1}{\rho} = \frac{e}{p} B_{z0}$	<i>yönlendirme (steering)</i>
<i>dört-kutuplu (quadrupole)</i>	$k = \frac{e}{p} \frac{dB_z}{dx}$	<i>odaklama (focusing)</i>
<i>altı-kutuplu (sextupole)</i>	$m = \frac{e}{p} \frac{d^2 B_z}{dx^2}$	<i>renklilik karşılama (chromaticity compensation)</i>
<i>sekiz-kutuplu (octupole)</i>	$o = \frac{e}{p} \frac{d^3 B_z}{dx^3}$	<i>alan hataları ve hata karşılama (field errors and compensation)</i>
<i>v.b.</i>	<i>...</i>	<i>...</i>

$$\frac{B(x)}{p/e} = \frac{1}{\rho} + kx + \frac{1}{2!} mx^2 + \frac{1}{3!} ox^3 + \dots$$

## İki Kutuplu Magnet



# Bir İki Kutuplunun (Dipolun) Alan Kuvveti (yetkinliği)

$$\frac{1}{\rho} = \frac{e}{p} B \quad \dots \rightarrow \quad \frac{1}{\rho} = \frac{e}{\gamma m v} B \quad \dots \rightarrow \quad \frac{1}{\rho} = \frac{ec}{\gamma m \beta c} B \quad \dots \rightarrow \quad \frac{1}{\rho} = \frac{ec}{E\beta} B$$

Hatırlatıcı  
 $p = \gamma m v$   
 $v = \beta c$

$$B\rho[T.m] = \frac{1}{ec} \beta E \quad \dots \rightarrow \quad B\rho[T.m] = \frac{1}{0.2998} \beta E [GeV]$$

“normalize alan kuvveti”

$$\frac{1}{\rho} [m^{-1}] = \frac{0.2998 \cdot B_0(T)}{p(GeV/c)}$$



## Bir Dört Kutuplunun (Quadrupole) Odaklama Kuvveti (yetkinliği)

Doğrusal olarak artan bir Lorentz kuvveti gerekiyor:  $B_x = gy \quad B_y = gx$

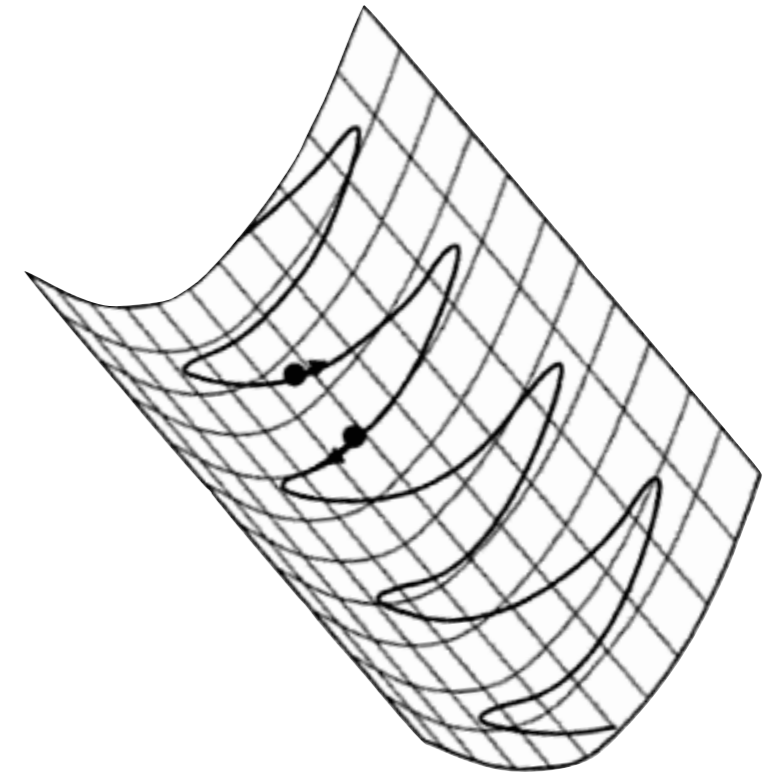
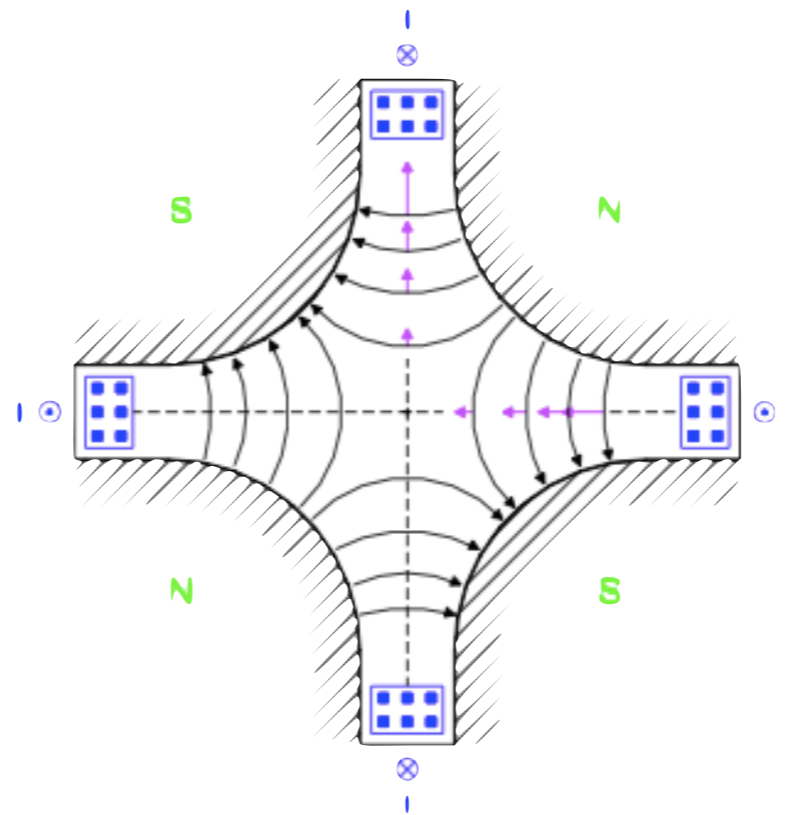
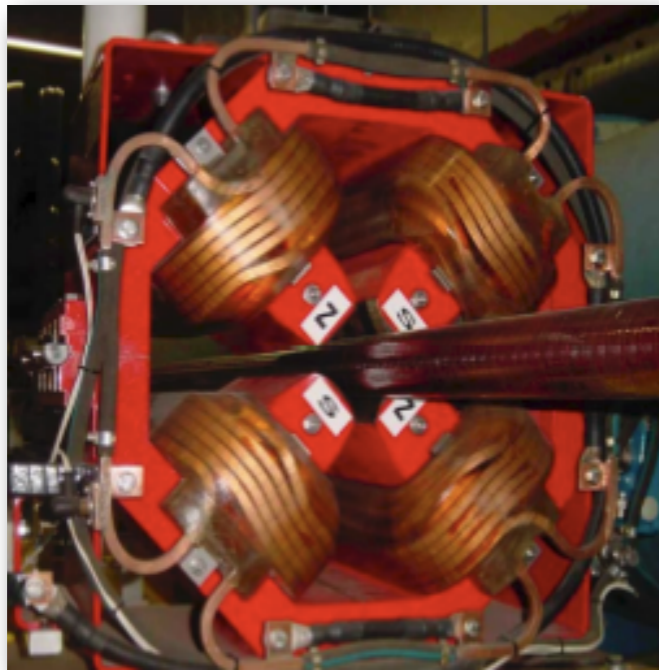
“normalize alan kuvveti”

$$k[m^{-2}] = \frac{0.2998 \cdot g}{p(\text{GeV}/c)}$$

“bir dört-kutuplunun odak uzaklığı”

$$f = \frac{1}{k \cdot l_q}$$

Dört Kutuplu Magnet



## Bundan sonrası için yapacağımız yaklaşımlar:

► Hesapları **ideal parçacığı** ve **tasarım yörüngesini** göz önünde bulundurarak yapalım.

► Diğer parçacıkların demet içinde sayılması için gereken koşul:

$$x, y \ll \rho$$

► Magnetik kılavuz alan için koşul: Alanın x,y bileşenler cinsinden **sadece doğrusal terimleri** göz önünde bulundurulacak.

## Yarıçapsal ivmelenme

$$a_r = \frac{d^2 \rho}{dt^2} - \rho \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2$$

## ideal yörünge

$$\rho = \text{constant} \quad \frac{d\rho}{dt} = 0$$

$$F = m\rho \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 = m\rho\omega^2$$

$$F = mv^2 / \rho$$

## genel gezinge

$$\rho \rightarrow \rho + x$$

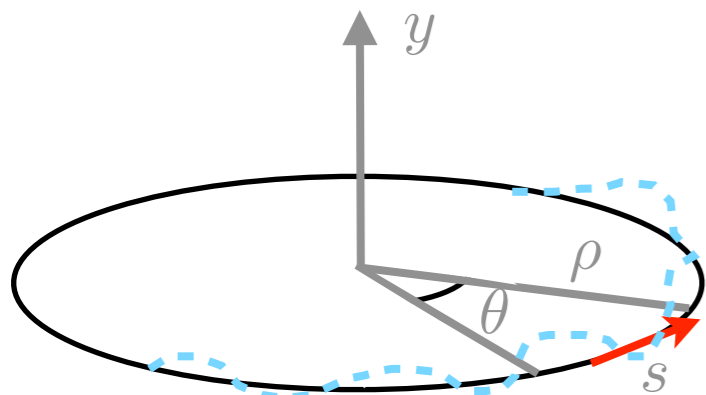
$$F = m \frac{d^2}{dt^2} (x + \rho) - \frac{mv^2}{x + \rho} = eB_y v$$

$$\frac{d^2}{dt^2} (x + \rho) = \frac{d^2}{dt^2} x$$

$$x \approx \text{mm} \quad \rho \approx m$$

$$\frac{1}{x + \rho} \approx \frac{1}{\rho} \left( 1 - \frac{x}{\rho} \right)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left( 1 - \frac{x}{\rho} \right) = eB_y v$$



dairesel koordinat (eşgüdüm) sistemi

► doğrusal yaklaşıma göre kılavuz alan

$$B_y = B_0 + x \frac{\partial B_y}{\partial x}$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = ev \left(B_0 + x \frac{\partial B_y}{\partial x}\right) \quad :m \quad \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{v^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{evB_0}{m} + \frac{evxg}{m}$$

► bağımsız değişkenin değişimi:  $t \rightarrow s$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt} \right) = \frac{d}{ds} \left( \frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt} \right) \frac{ds}{dt}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = x'' v^2 + \frac{dx}{ds} \frac{dv}{ds} v$$

$$x'' v^2 - \frac{v^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{evB_0}{m} + \frac{evxg}{m} \quad :v^2$$

$$x'' - \frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{eB_0}{mv} + \frac{exg}{mv} \quad mv=p$$

$$x'' - \frac{1}{\rho} + \frac{x}{\rho^2} = \frac{B_0}{p/e} + \frac{xg}{p/e} \quad g/(p/e)=k$$

$$x'' + x \left( \frac{1}{\rho^2} - k \right) = 0$$

## Özetle

- ▶ doğrusal yaklaşım altında kılavuz alanı,
- ▶ bağımsız değişken değişimi, parçacık momentumuna normalizasyon,
- ▶ ve bazı hesaplamalar,

[önceki sayfa...](#)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = eB_y v$$

$$x'' + x \left( \frac{1}{\rho^2} - k \right) = 0$$

$$k = 0, x'' = -\frac{1}{\rho^2} x$$

**YORUM: Dört-kutuplu magnetler olmaksızın bile iki-kutuplu magnetin eğme düzleminde bir geri-çağırıcı kuvvet var.**

**"Zayıf odaklama".**

## Özetle

- ▶ doğrusal yaklaşım altında kılavuz alanı,
- ▶ bağımsız değişken değişimi, parçacık momentumuna normalizasyon,
- ▶ ve bazı hesaplamalar,

[önceki sayfa...](#)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = eB_y v$$

$$x'' + x \left( \frac{1}{\rho^2} - k \right) = 0$$

Equation for the vertical motion

$$\frac{1}{\rho^2} = 0 \quad \text{no dipoles...in general...}$$

$k \leftrightarrow -k$  quad field changes sign

$$y'' + ky = 0$$

$$x'' + x\left(\frac{1}{\rho^2} - k\right) = 0$$

**Tanım:**

Yatay düzlemde:  $K = \frac{1}{\rho^2} - k$

Dikey düzlemde:  $K = k$

$$x'' - Kx = 0$$

Harmonik salıncının hareket denklemi!

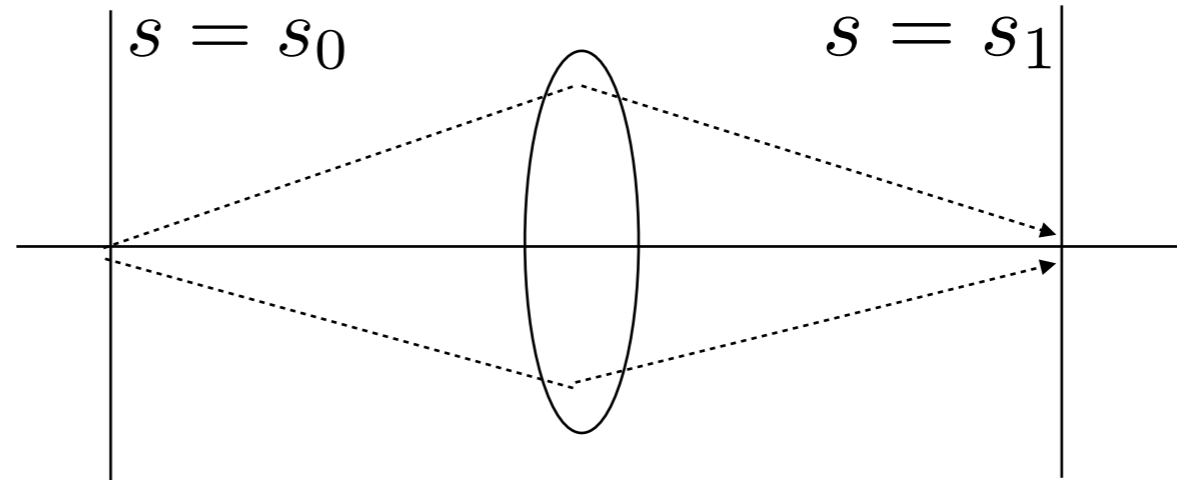
Harmonik salıncı denklemini genel çözümlü:

$$x(s) = x_0 \cos(\sqrt{K}s) + \frac{x'_0}{\sqrt{K}} \sin(\sqrt{K}s)$$

$$x'(s) = -x_0 \sqrt{K} \sin(\sqrt{K}s) + x'_0 \cos(\sqrt{K}s)$$

$$M = \begin{pmatrix} \cos \sqrt{|K|}s & \frac{1}{\sqrt{|K|}} \sin \sqrt{|K|}s \\ -\sqrt{|K|} \sin \sqrt{|K|}s & \cos \sqrt{|K|}s \end{pmatrix}$$

**Odaklama**  $K > 0$



Bir parçacığın,  $s_0$  konumundaki  $(x, x')$  noktalarını  $M$  matrisini kullanarak  $s_1$  konumu için hesaplayabiliriz. Bu  $M$  matrisine "iletim matrisi" denir.

$$\begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_{s_1} = M * \begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_{s_0}$$



$$M = \begin{pmatrix} \cos\sqrt{|K|}s & \frac{1}{\sqrt{|K|}}\sin\sqrt{|K|}s \\ -\sqrt{|K|}\sin\sqrt{|K|}s & \cos\sqrt{|K|}s \end{pmatrix}$$

Gezinge boyunca magnet yoksa...  $K = 0$

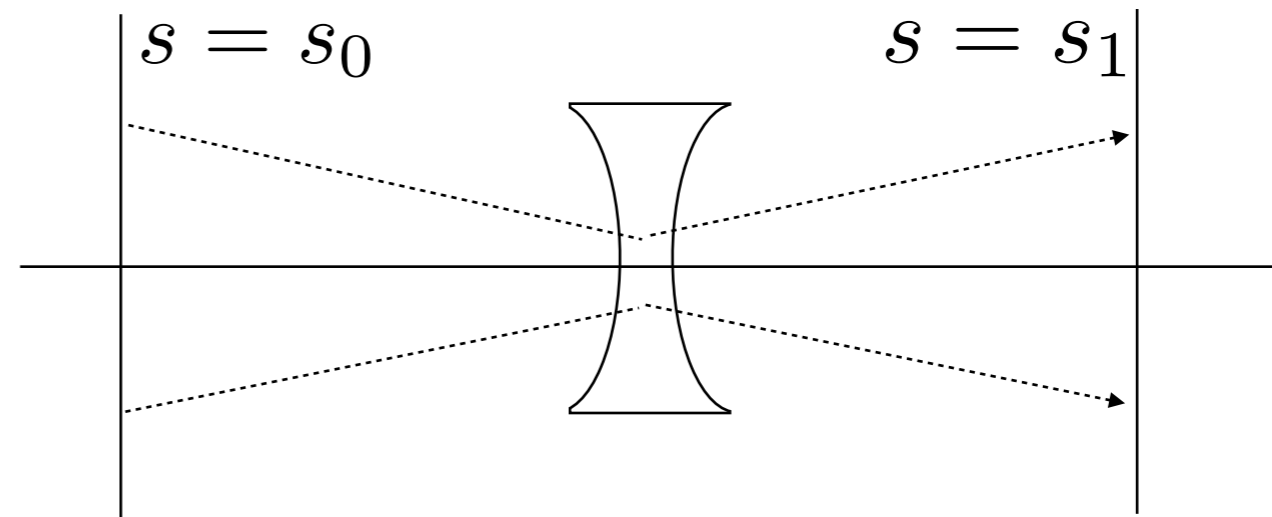
$$M = \begin{pmatrix} 1 & s \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**Sürüklenme boşluğu için iletim matrisi.**

$$M = \begin{pmatrix} \cos\sqrt{|K|}s & \frac{1}{\sqrt{|K|}}\sin\sqrt{|K|}s \\ -\sqrt{|K|}\sin\sqrt{|K|}s & \cos\sqrt{|K|}s \end{pmatrix}$$

Dağıtma

$$K < 0$$



$$\begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_{s_1} = M * \begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_{s_0}$$

Kullanışlılık açısından aşağıdaki gibi bir durum incelenebilir:

$$f = \frac{1}{kl_q} \gg l_q$$

Genellikle bir magnetin uzunluğu odak uzunluğundan mertebeye küçüktür.

$$l_q \rightarrow 0$$

$$kl_q = \text{constant}$$

matrix of a  
focusing quadrupole

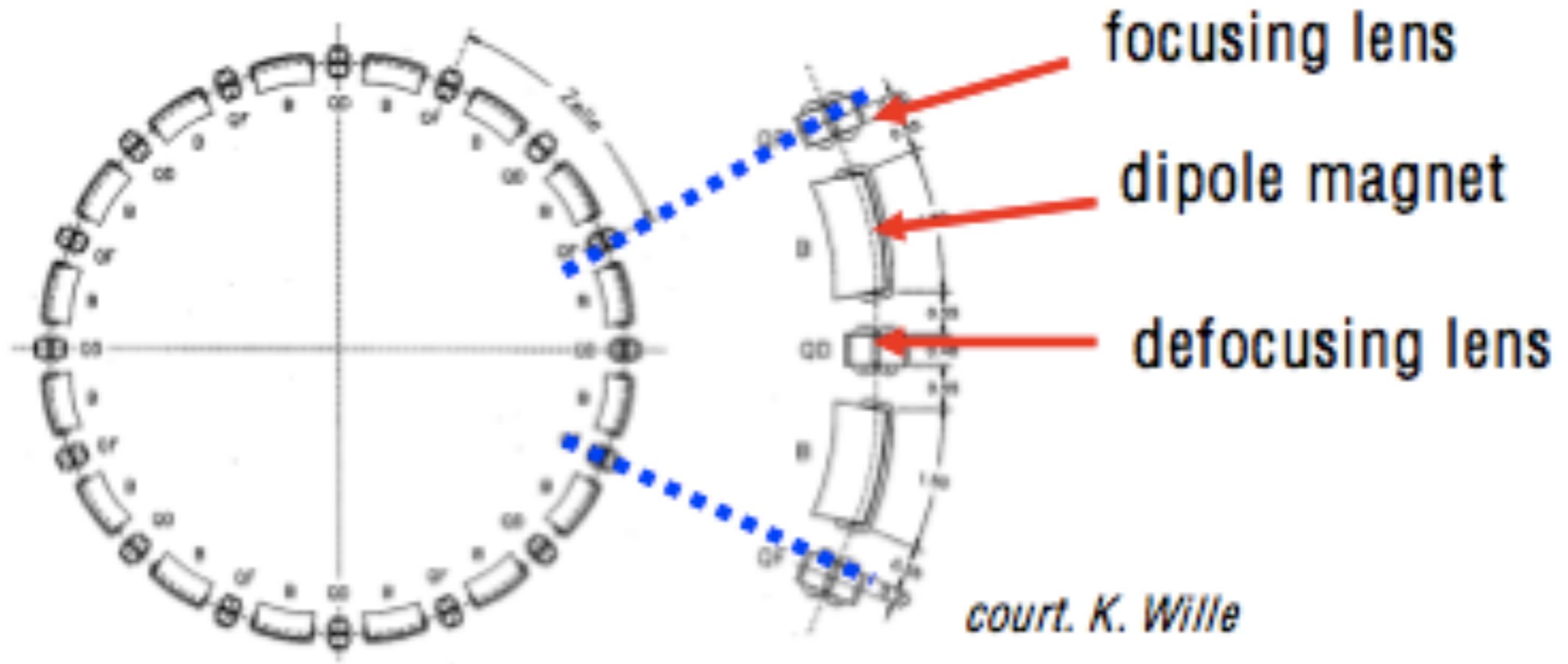
$$M_{QF} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix}$$

matrix of a  
defocusing quadrupole

$$M_{QD} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix}$$

Tek örgü birimleri için ayrı ayrı bulunmuş sonuçlar, bu birimlerin iletim matrislerinin çarpılması ile birleştirilir.

$$M_{total} = M_{QF} * M_D * M_{Bend} * M_D * M_{QD} * M_D * M_{Bend} * M_D * \dots$$



Tek örgü birimleri için ayrı ayrı bulunmuş sonuçlar, bu birimlerin iletim matrislerinin çarpılması ile birleştirilir.

$$M_{total} = M_{QF} * M_D * M_{Bend} * M_D * M_{QD} * M_D * M_{Bend} * M_D * \dots$$

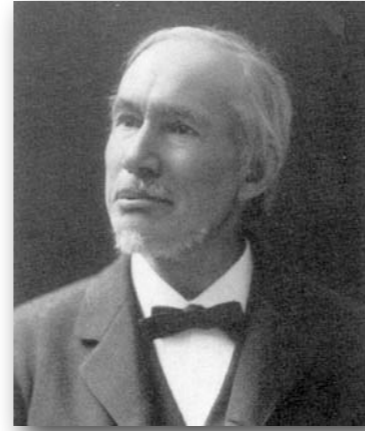
example: FoDo Lattice

$$M_{FoDo} = M_{QF} * M_D * M_{QD} * M_D * M_{QF}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{2f} & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{2f} & 1 \end{pmatrix}$$

matrix of a FODO lattice

$$M_{FoDo} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{l^2}{2f^2} & 2l(1 - \frac{l}{2f}) \\ -\frac{l}{2f^2}(1 + \frac{l}{2f}) & 1 - \frac{l^2}{2f^2} \end{pmatrix}$$



## Periyodik odaklama koşulları altında hareket denklemi...

George William Hill (1838 - 1914) Mathematician - Astronomer

<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Hill.html>

### Hill Denklemi

$$x''(s) - k(s)x(s) = 0$$

$k(s)$  demek, odaklama özellikleri hızlandırıcı boyuncaki konuma bağlı demektir.

### Genel Çözümü

$$x(s) = \sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta(s)} \cos(\psi(s) + \phi)$$

$$(1) \quad x(s) = \sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta(s)} \cos(\psi(s) + \phi) \quad x'(s) = -\frac{\sqrt{\epsilon}}{\sqrt{\beta(s)}} [\alpha(s) \cos(\psi(s) + \phi) + \sin(\psi(s) + \phi)]$$

$$(2) \quad \cos(\psi(s) + \phi) = \frac{x(s)}{\sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta(s)}} \quad \sin(\psi(s) + \phi) = -\frac{\beta x' + x \alpha}{\sqrt{\beta(s)} \sqrt{\epsilon}}$$

$$(3) \quad \cos^2(\psi(s) + \phi) = \frac{x^2(s)}{\epsilon \beta(s)}$$

$$\sin^2(\psi(s) + \phi) = \frac{1}{\epsilon \beta} (\beta^2(s) x'^2(s) + 2\beta(s) \alpha(s) x'(s) x(s) + \alpha^2(s) x^2(s))$$

$$(4) \quad \sin^2(\psi(s) + \phi) + \cos^2(\psi(s) + \phi) = 1$$

$$(5) \quad \epsilon = \gamma(s) x(s)^2 + 2\alpha(s) x(s) x'(s) + \beta(s) x'(s)^2$$

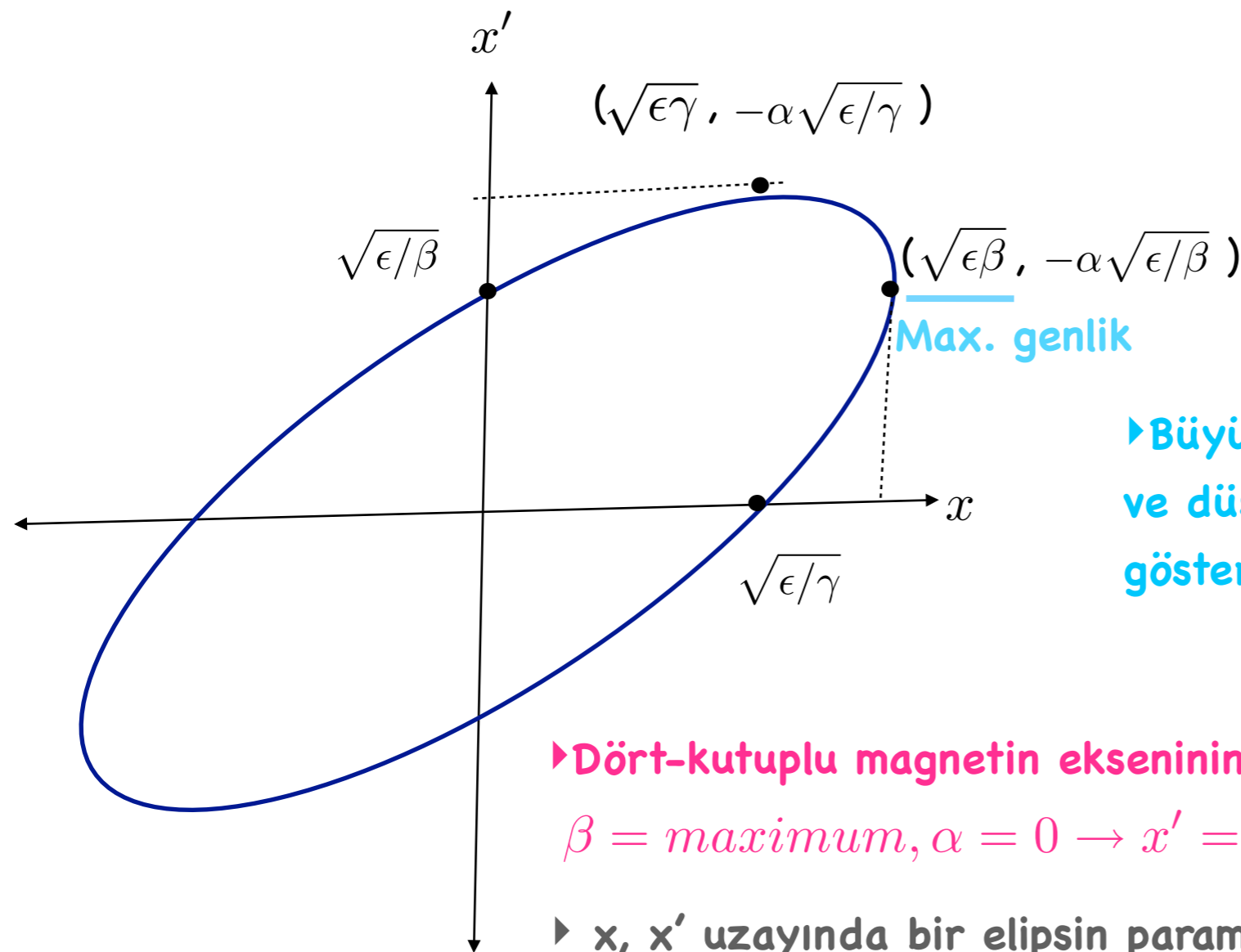
**Ek olarak:**

$$\alpha(s) = -\frac{1}{2} \beta'(s) \quad \gamma(s) = \frac{1 + \alpha^2(s)}{\beta(s)}$$

## Demetin evre uzayındaki yayımı (emittance) korunumludur.

► Demetin  $x-x'$  uzayındaki davranışı,  $s$  konumuna göre parametrik bir elips ile tanımlanır.

$$\epsilon = \gamma(s)x^2(s) + 2\alpha(s)x(s)x'(s) + \beta(s)x'^2(s)$$



► Büyük beta fonksiyonu geniş bir demetin ve düşük açılmanın (divergence) göstergesidir. Tersisi de doğrudur.

► Dört-kutuplu magnetin ekseninin ortasında,

$$\beta = \text{maximum}, \alpha = 0 \rightarrow x' = 0$$

►  $x, x'$  uzayında bir elipsin parametrik gösterimidir.

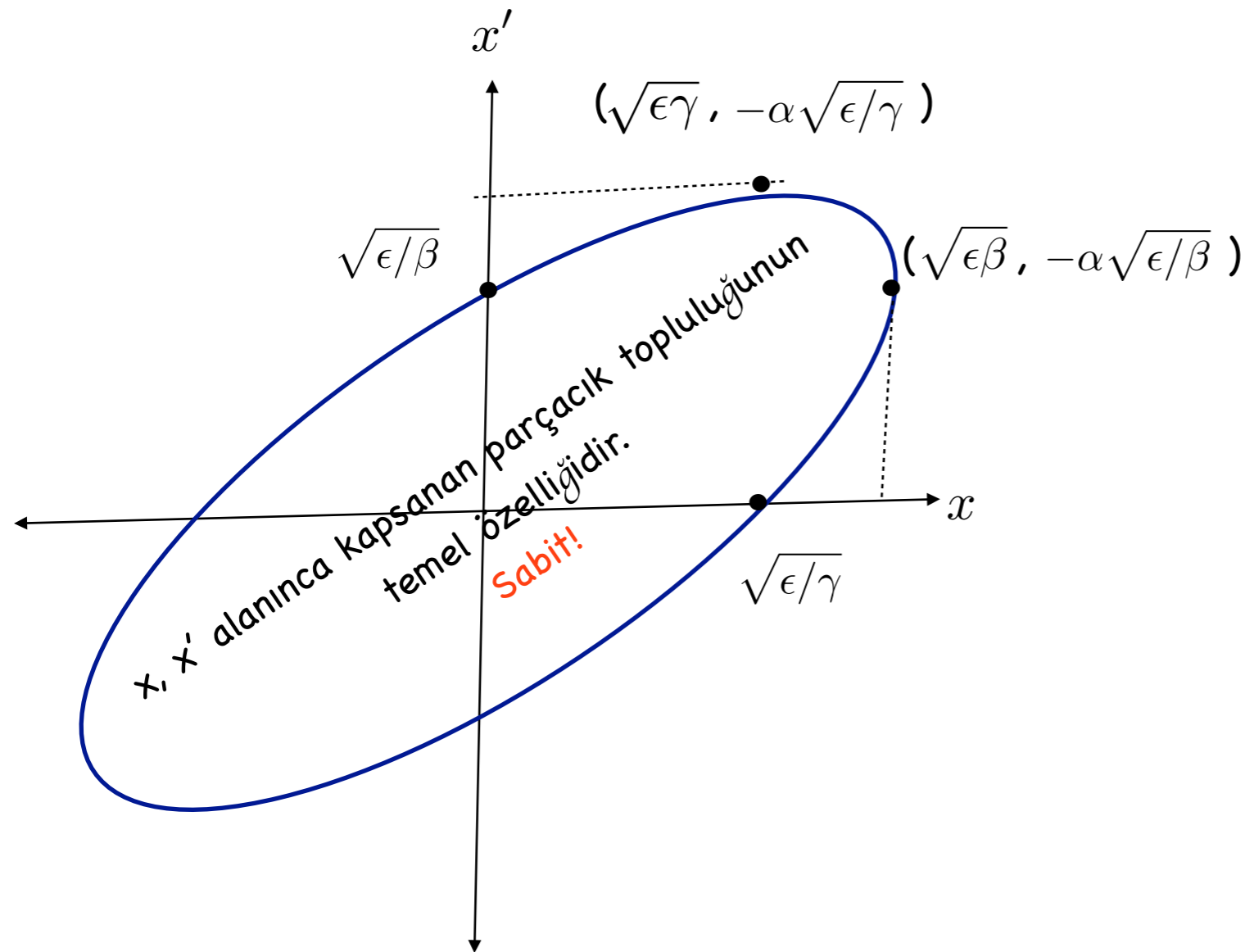
► bu elipsin şekli ve yönelimi  $\alpha, \beta, \gamma$  parametrelerince (Twiss parametreleri) belirlenir.



## Demetin evre uzayındaki yayımı (emittance) korunumludur.

► Demetin  $x-x'$  uzayındaki davranışı,  $s$  konumuna göre parametrik bir elips ile tanımlanır.

$$\epsilon = \gamma(s)x^2(s) + 2\alpha(s)x(s)x'(s) + \beta(s)x'^2(s)$$

**Liouville Teoremi:**

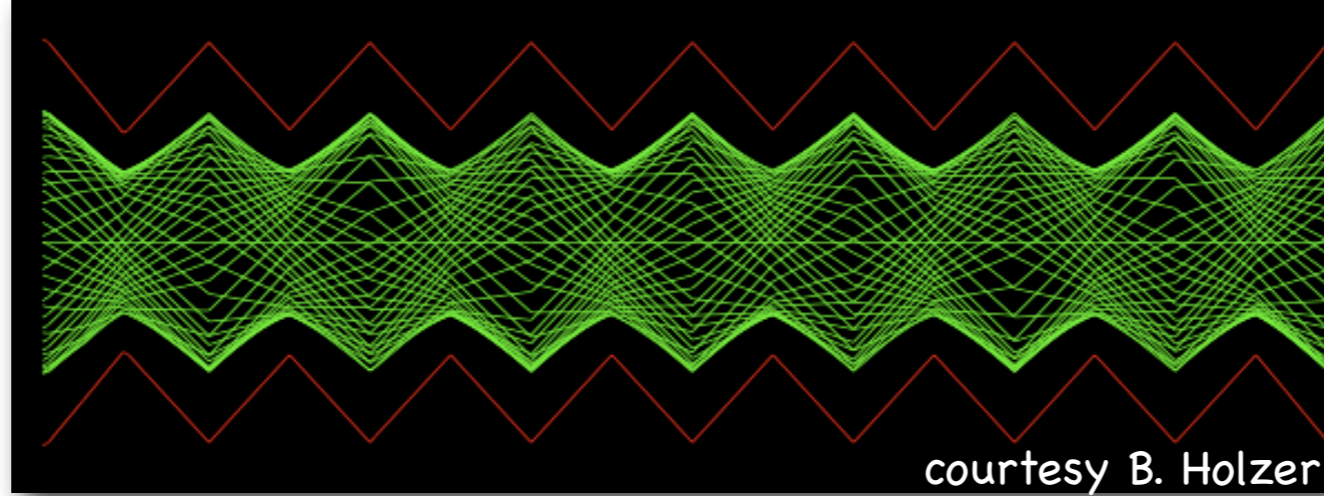
Faz uzayında demet tarafından kaplanan alan sabittir.

$$\epsilon \propto \frac{1}{\beta_r \gamma_r}$$

**Normalize yayınım (emittance):**

$$\epsilon^* = (\gamma_r \beta_r) \epsilon$$

Daha önce görmüş olduğumuz matris formalizmi, çok parçacıktan oluşan bir sistemin, yani demetin, bileşke davranışı hakkında bilgi vermez.



$x(s)$  ile tanımlanan ideal yörünge civarında gerçekleşen enine salınımlara "**Betatron salınımları**" denir.

Hızlandırıcı boyunca magnetik örgünün odaklama özelliklerinin tanımlandığı periyodik fonksiyondur.

$$\beta(s + L) = \beta(s)$$

"0" ve "s" noktaları arasındaki "**evre ilerlemesi**"  
(phase advance)

$$\psi(s) = \int_0^s \frac{ds}{\beta(s)}$$

Tam bir devir için,  
tur başına salınım sayısına "**ayar**" (tune) denir.

$$Q = \frac{1}{2\pi} \oint \frac{ds}{\beta(s)}$$

"0" ve "s" noktaları arasındaki "evre ilerlemesi"  
(phase advance)

$$\psi(s) = \int_0^s \frac{ds}{\beta(s)}$$

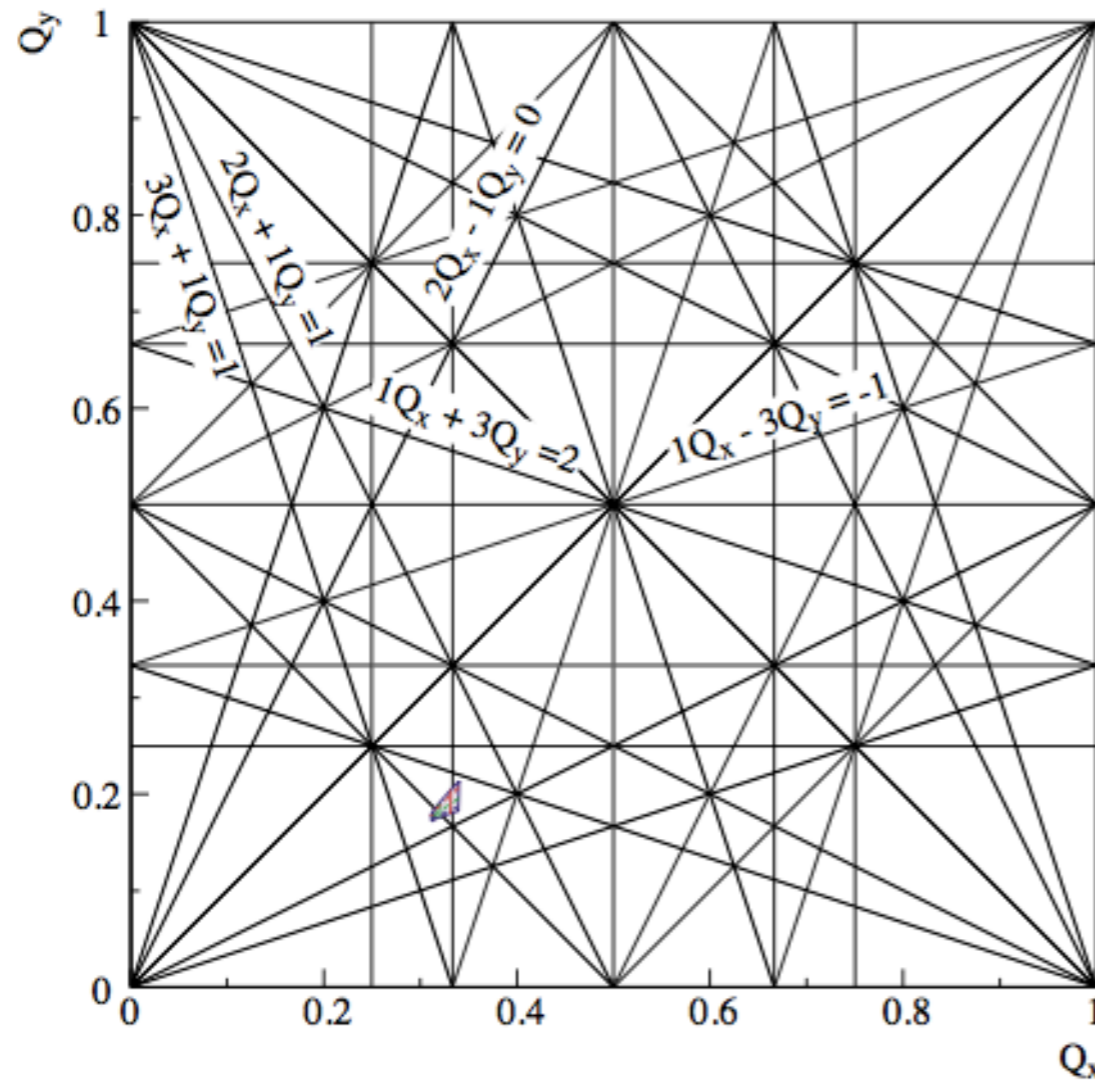
Tam bir devir için,  
tur başına salınım sayısına "ayar" (tune) denir.

$$Q = \frac{1}{2\pi} \oint \frac{ds}{\beta(s)}$$

Betatron ayarı enine düzlemde parçacık hareketini tanımlamak için kullanılan önemli bir parametredir. İdeal bir hızlandırıcı (ideal magnetler ve hizalama) ve tamamen monochromatic bir demet için betatron ayar değerleri sistemdeki quadropollerin kuvvet değerlerine uygun herhangi bir değer olabilir. Ancak gerçekte, magnetik alanlarda ve bileşenlerin hizalanmasında ufak hatalar oluşması kaçınılmazdır. Bu tür kusurlardan kaynaklanan karasızlıklardan kaçınmak için hızlandırıcının betatron ayarı çok dikkatli seçilmelidir.

**Basit bir örnek verelim:** Ayarın tamsayı bir değer olduğu bir hızlandırıcıda dipole alanında bir hata olduğunu düşünelim. Bu durumda parçacık perturbasyon bölgesine her turda aynı faz ilişkisi ile varacaktır. Alan hatasında kaynaklanan tekme ("kick") parçacıkların her turunda sistematik olarak eklenecek, salınımın genliği ta ki parçacıklar hızlandırıcının duvarlarında yok olana dek artacaktır.

## Rezonans Diagramı



$$pQ_x + qQ_y = m$$

Rezonanslara sebep olan istenilmeyen ayar kombinasyonları bir ayar diagramında gösterilebilir. Demetin ayar uzayında kapladığı alana "ayar ayakizi (tune footprint)" denir.

Hızlandırıcının performansı ve deneylerdeki parçacık ardalanı ayar diagramındaki ayakizine hassas bir şekilde bağlıdır.

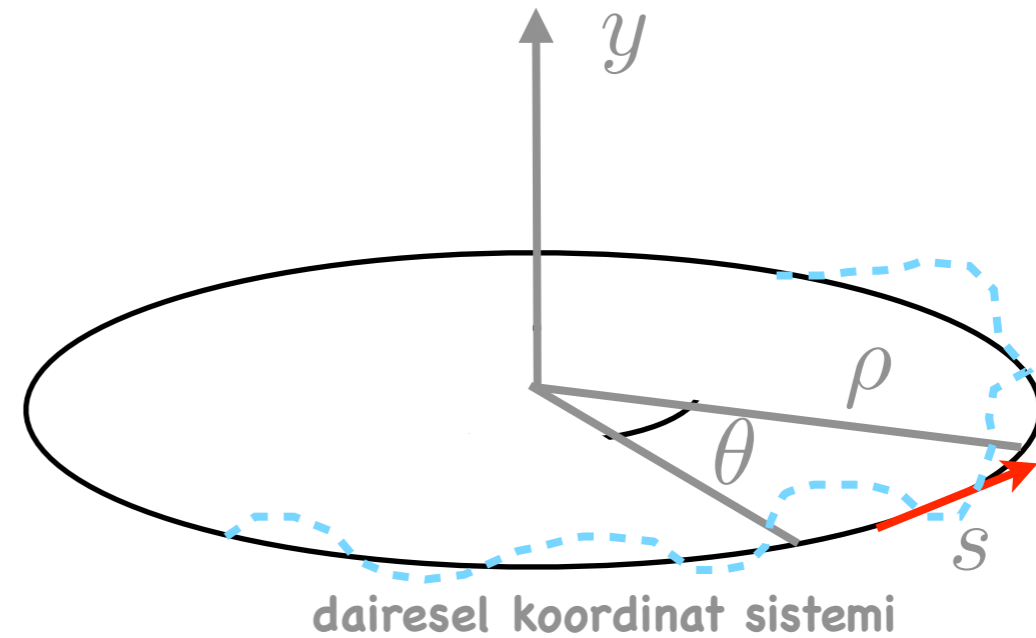
Figure 7: Illustration of a tune diagram for resonances up to 4th order. The typical tune area, occupied by a colliding beam at LEP1 is also shown as shaded area ( $Q_x \approx 0.31 - 0.34$  and  $Q_y \approx 0.17 - 0.214$ ).

CERN-SL-2000-037-DI

## Homojen olmayan hareket denklemi için parçacık gezingeni

$$\Delta p/p \neq 0$$

► Demet içinde momentum yayılımının sıfırdan farklı olduğu durumu inceleyelim.



$$x'' + x\left(\frac{1}{\rho^2} - k\right) = \frac{\Delta p}{p_0} \frac{1}{\rho}$$

[Sonraki sayfaya gidiniz. -->](#)

## Homojen olmayan hareket denkleminin çözümü

$$x(s) = x_{\beta}(s) + D(s) \cdot \frac{\Delta p}{p}$$

## Homojen olmayan hareket denkleminin türetilmesi

Türetim 2'den hatırlayalım:

$$x'' - \frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{eB_0}{mv} + \frac{exg}{mv}$$

$p = p_0 + \Delta p$

Hesabımızı küçük bir momentum hatası olduğunu göz önüne alarak yineleyelim:

$$\Delta p \ll p_0 \rightarrow \frac{1}{p_0 + \Delta p} \approx \frac{1}{p_0} - \frac{\Delta p}{p_0^2}$$

$$x'' - \frac{1}{\rho} + \frac{x}{\rho^2} \approx \underbrace{\frac{eB_0}{p_0}}_{-\frac{1}{\rho}} - \frac{\Delta p}{p_0^2} eB_0 + \underbrace{\frac{exg}{p_0}}_{k * x} - \underbrace{xeg \frac{\Delta p}{p_0^2}}_{\approx 0 \text{ (} x, \Delta p \rightarrow \text{small)}}$$

$$x'' + x \left( \frac{1}{\rho^2} - k \right) = \frac{\Delta p}{p_0} \frac{1}{\rho}$$

Momentum yayılımı hareket denkleminin sağ tarafına ek bir terim getiriyor.

## Homojen olmayan hareket denklemi için parçacık gezingeni

### matris formalizmi

$$x(s) = x_{\beta}(s) + D(s) \cdot \Delta p/p$$

$$x(s) = C(s) \cdot x_0 + S(s) \cdot x'_0 + D(s) \cdot \Delta p/p$$

$$\begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_s = \begin{pmatrix} C & S \\ C' & S' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ x' \end{pmatrix}_0 + \frac{\Delta p}{p} \begin{pmatrix} D \\ D' \end{pmatrix}$$

### veya

$$\begin{pmatrix} x \\ x' \\ \Delta p/p \end{pmatrix}_s = \begin{pmatrix} C & S & D \\ C' & S' & D' \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ x' \\ \Delta p/p \end{pmatrix}_0$$

- ▶ İdeal parçacığın sahip olduğu yörünge  $dp/p = 0$  için tanımlıdır.
- ▶ Herhangi bir parçacığın yörüngesi ise  $x_{\beta}$  ve dağılımdan gelen terimin toplamına eşittir.
- ▶  $D(s)$ , örgünün odaklama özelliklerine bağlı diğer bir yörüngeyi tanımlar.
- ▶ Dağılıma iki-kutuplu magnetler sebep olur.
- ▶ Çarpıştırıcıların etkileşme noktalarında dağılım değeri sıfır olmalıdır.

## Homojen olmayan hareket denklemleri için parçacık gezingeni

### Momentum Sıkıştırma (compaction) Katsayısı

Dağılım (dispersion) fonksiyonu aracılığı ile parçacığın momentum dağılımı ve boyuna hareketini ilişkilendirir.

Momentumu sapmış parçacıklar için yörüngenin uzaması:

$$\alpha_{cp} = \frac{1}{L} \oint \frac{D(s)}{\rho(s)} ds$$

$$\frac{\delta l_{\epsilon}}{L} = \alpha_{cp} \frac{\Delta p}{p}$$



## Homojen olmayan hareket denklemleri için parçacık gezingeni

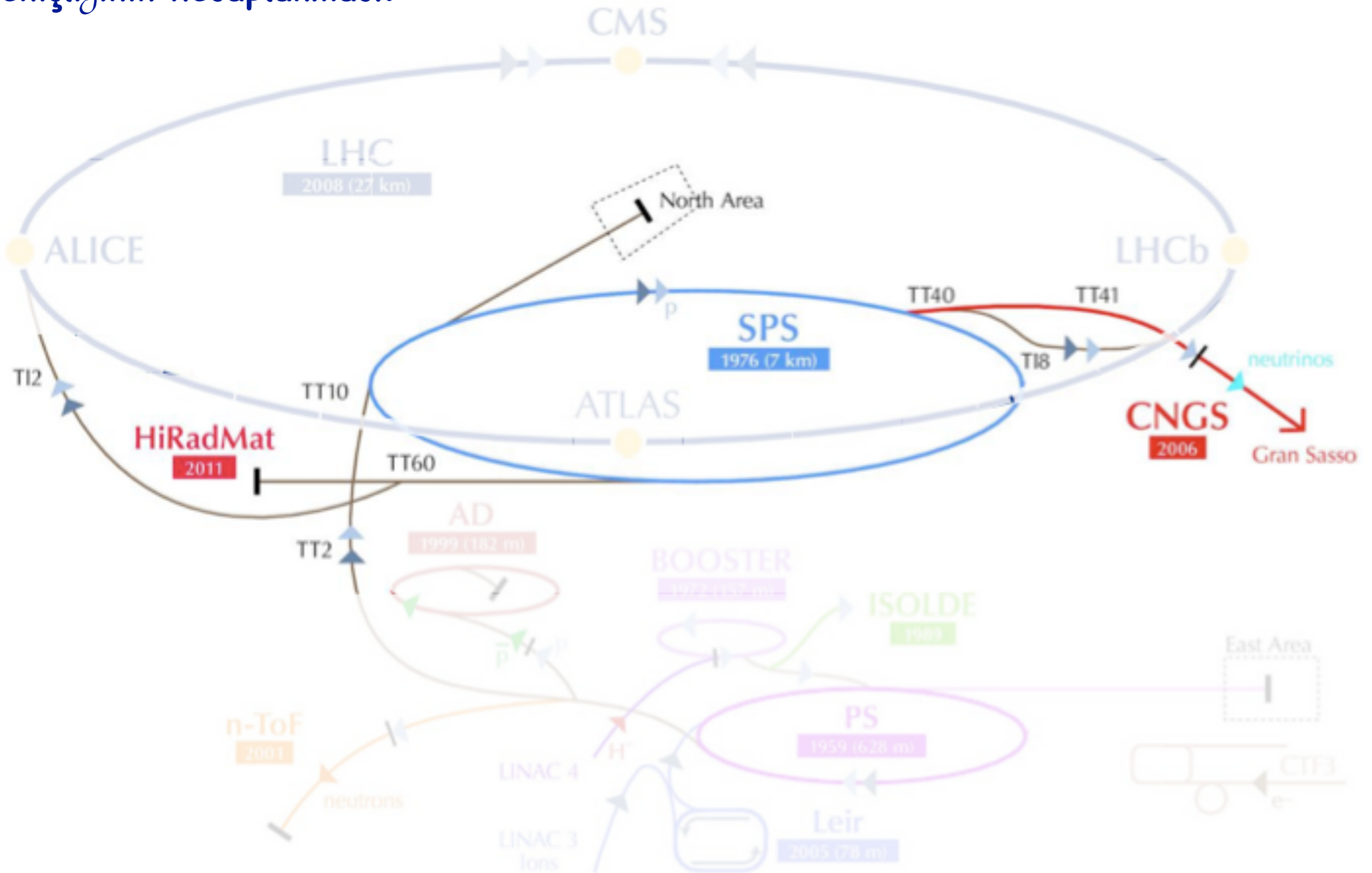
## Dört Kutuplu Hataları ve Renklilik (Quadrupole Error and Chromaticity)

- ▶ Quadrupole hataları ayar (tune) kaymasına sebep olur.
- ▶  $\Delta Q$ , quadrupole içindeki  $\beta$  fonksiyonu ile orantılıdır.
- ▶ Renklilik momentumdaki hatayı ayar kayması ile ilişkilendiren katsayıdır.

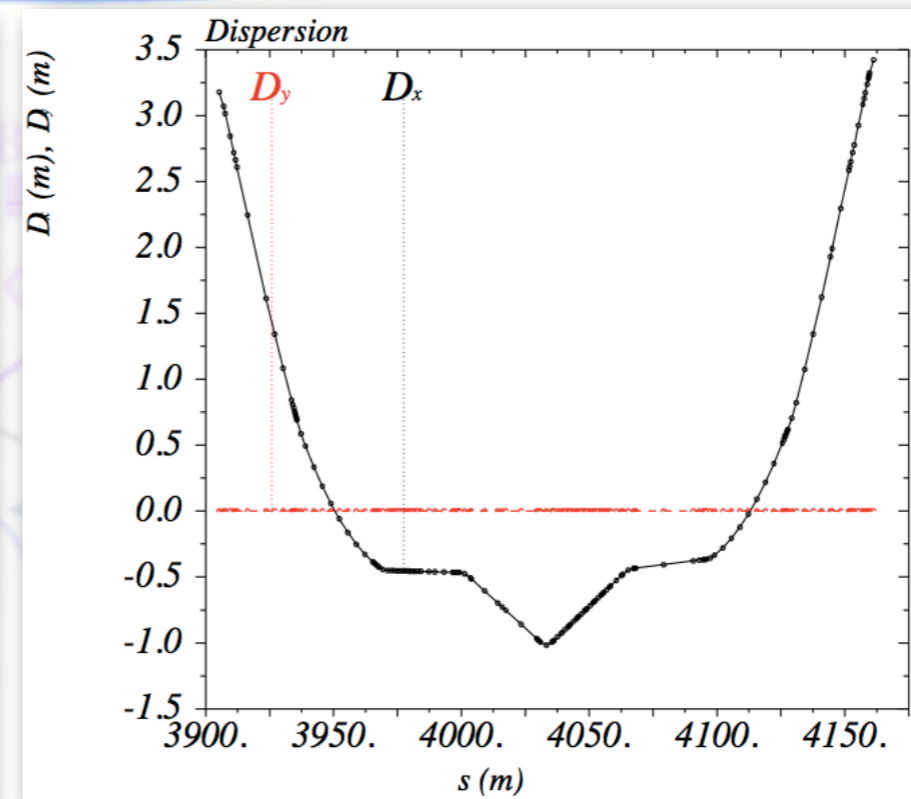
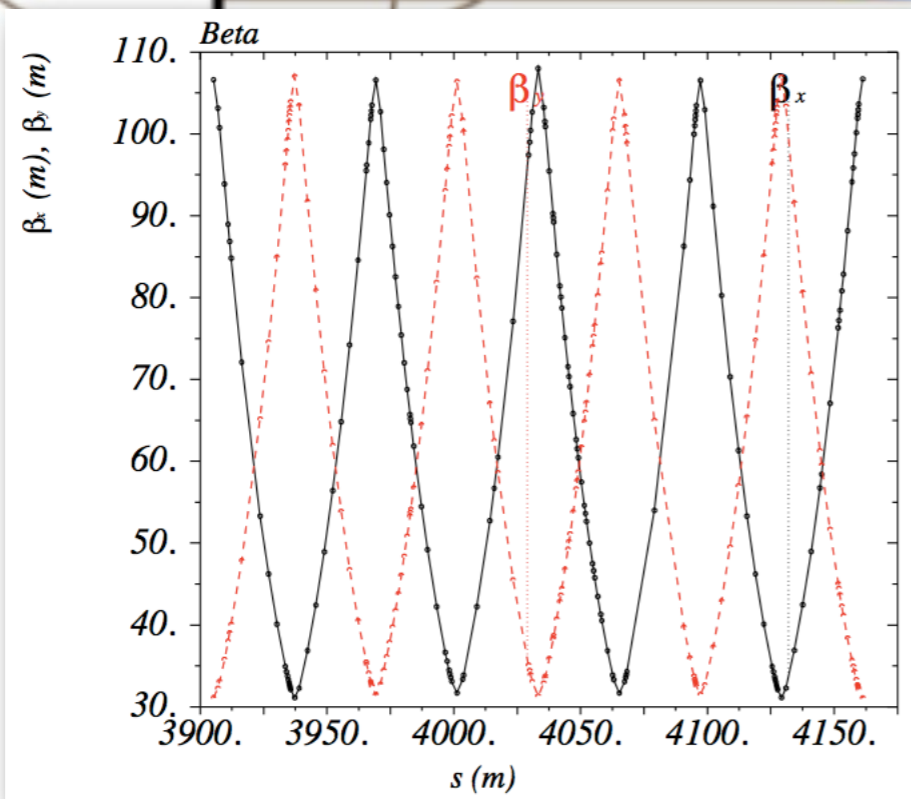
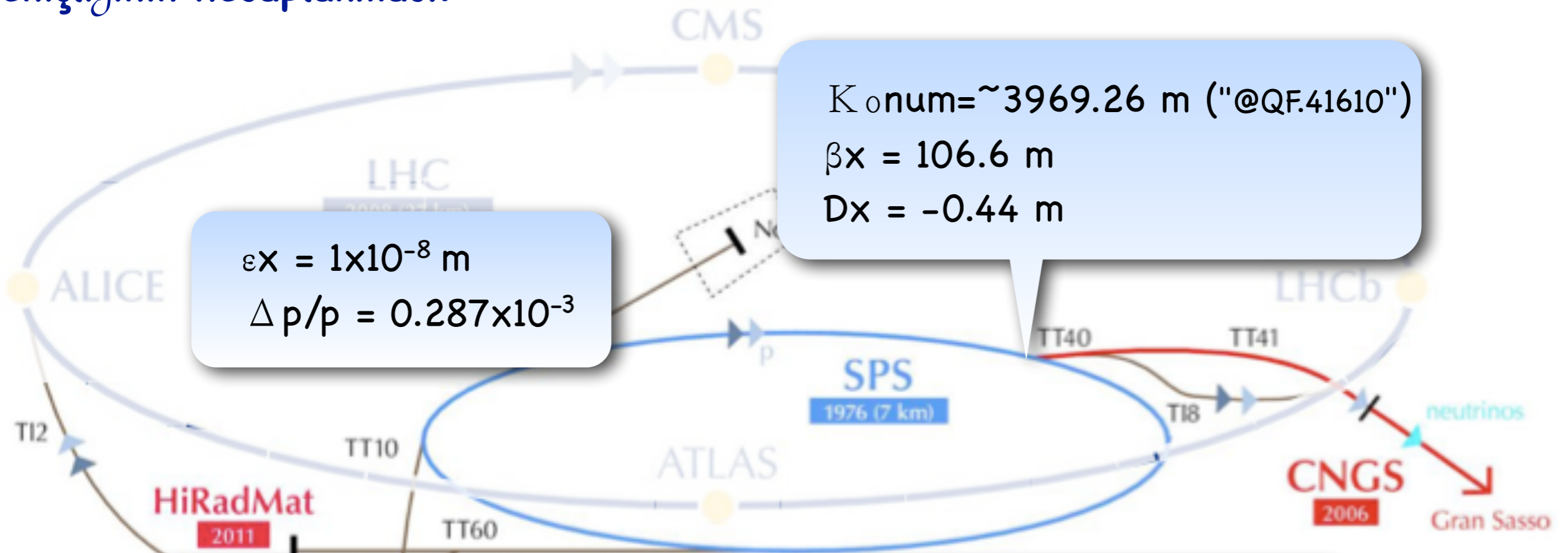
$$\Delta Q = \int_{s_0}^{s_0+l} \frac{\Delta K(s)\beta(s)ds}{4\pi} \quad Q' = -\frac{1}{4\pi} \oint K(s)\beta(s)ds$$

$$\Delta Q = Q' \frac{\Delta p}{p}$$

CERN'de bulunan Super Proton Synchrotron'undan LHC'ye aktarılabacak demetin enine genişliğinin hesaplanması.



CERN'de bulunan Super Proton Synchrotron'undan LHC'ye aktarılabacak demetin enine genişliğinin hesaplanması.



CERN'de bulunan Super Proton Synchrotron'undan LHC'ye aktarılacak demetin enine genişliğinin hesaplanması.

$$K_{onum} \approx 3969.26 \text{ m ("@QF.41610")}$$

$$\beta_x = 106.6 \text{ m}$$

$$D_x = -0.44 \text{ m}$$

$$\epsilon_x = 1 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\Delta p/p = 0.287 \times 10^{-3}$$

### Quadratic Toplam

$$\sigma_{x,y} = \sqrt{\epsilon_{x,y} \beta_{x,y} + \left(D_x \frac{\Delta p}{p}\right)^2}$$

### Doğrusal Toplam

$$\sigma_{x,y} = \sqrt{\epsilon_{x,y} \beta_{x,y}} + \left|D_x \frac{\Delta p}{p}\right|$$

### Toleranslar

$$\sigma_{x,y} = \tau \sqrt{\epsilon_{x,y} \beta_{x,y}} + \tau \left|D_x \frac{\Delta p}{p}\right| + c$$

$\tau = 1.1$ ,  $c = 100 \mu\text{m}$  alarak ve doğrusal toplam yolunu kullanarak demetin enini hesaplayınız.



The Cockcroft Institute  
of Accelerator Science and Technology

- Home
- Introduction
- News
- Events
- Research
- Education
- Industry
- Director's Corner
- Sir John Cockcroft
- People and Committees

Latest News on the LHC at CERN [»»CERN public web»»](#)

16 July 2013

### CLARA - Conceptual Design Report

We are delighted to announce that the Conceptual Design Report of the proposed new Free Electron Laser Test Facility, CLARA, has been published on the ASTeC website today and which is available for download here:

<http://www.stfc.ac.uk/ASTeC/Programmes/38749.aspx>

This CDR describes an exciting and ambitious new accelerator test facility for the UK which will be capable of testing many 4th and 5th generation light source techniques and technologies. Our vision for CLARA is that it should be dedicated to the production of ultra-short photon pulses of high-brightness coherent light. In order to achieve this vision, CLARA must be able to implement advanced techniques, such as laser seeding, laser-electron bunch manipulation, and femtosecond synchronisation. These can only be achieved by developing a state-of-the-art accelerator with the capability to drive current FEL designs. CLARA is therefore of direct relevance to the wider international accelerator community and will also ensure that the UK has all the skills required should it choose to develop its own future FEL facility.

#### News

5 July 2013  
BIG BANG 2013

1 July 2013  
CI organizes Grand Challenges in Accelerator Optimization Workshop at CERN

#### SEMINARS

EVENTS  
9-11 September 2013  
6th UK, Europe, China Millimeter Waves and Technology Workshop National Roman Mus

JAI John Adams Institute  
for Accelerator Science

Royal Holloway  
University of London

Imperial College  
London

UNIVERSITY OF  
OXFORD

Home

#### NAVIGATION

About the John Adams Institute

Contacts

More Information

Sir John Adams

What the Adams Institute Does

Discover

## ABOUT THE JOHN ADAMS INSTITUTE

The John Adams Institute for Accelerator Science is a centre of excellence in the UK for advanced and novel accelerator technology, providing expertise, research, development and training in accelerator techniques, and promoting advanced accelerator applications in science and society.

Who can I contact?

Who was John Adams?

What happens at the JAI?

#### LATEST NEWS

The JAI hosts the 3rd Low Emittance Ring Workshop in Oxford  
Posted: 2013-07-29 12:14



CERN Accelerating science®

## Careers at CERN

Work at CERN Join us Apply now Get help News Media Corner Intranet

EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

YOU ARE BY SCHOOL ABOUT EPFL

Find a person

français English

## ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE EPFL

INNOVATION

Science Q&A  
Why do some planets have rings?  
● It's due to dust of their gaseous atmosphere  
● Because they are more than 7 million km from the Sun  
● It's the effect of a powerful tidal force  
Ok

Start-up EPFL  
Startups and the Black Swan

Downloads Boosted by Cooperation  
30.08.13 The technology developed by Shoelace Wireless enables devices connected to a Wi-Fi or...

EPFL EDUCATION

One or two photonics-related startups per year  
28.08.13 Photonics, the study of light in the broadest sense...

A Robot to Beat Humans at Foosball  
26.08.13 Masters students from the Automatic Control Laboratory (LA) have...

Alumni Planet  
Philippe Meier, AR'87

Vaud Futur  
Tomorrow's Technology Together

Show all news RSS

MANCHESTER 1824

The University of Manchester

Website Staff Search

Home | A-Z index

Undergraduate Postgraduate International Our research Business Alumni About us



## Study here

Nearly 40,000 students from 180 countries chose Manchester last year.

Study Research Manchester

#### Courses

Undergraduate

Postgraduate research

Postgraduate taught

#### Search courses

Course keywords

Undergraduate

Postgraduate research

Postgraduate taught

Search courses

## HEP Search

### High-Energy Physics Literature Database

Use "find " for SPIRES-style search ([other tips](#))

[Easy Search](#) [Advanced Search](#)

[find j \\*Phys.Rev.Lett.,105\\*](#) :: [more](#)

#### HOW TO SEARCH

SPIRES syntax is (mostly) supported (requires "find")

find a richter, b and t quark and date > 1984  
 find j phys.rev.,D50,1140 or j jhep,0903,112  
 find eprint arxiv:1007.5048 (Note the plots available on the detailed record)  
 find fulltext "quark-gluon plasma" (Note new "fulltext" operator)  
 find a ellis and refersto a witten (Note "refersto")  
 find a kane and citedby title SUSY and topcite 200+ (Note "citedby")

New techniques:

1985 richter quark multiplicity  
 arXiv:1007.5048  
 citedby:author:ellis -refersto:author:witten  
 author:randall | author:sundrum cited:450->1350

Additional Help:

[More search tips and full help](#)

#### INSPIRE UPDATES

See our blog at [blog.inspirehep.net](http://blog.inspirehep.net) for updates on new features and other news. You can also follow us at [@inspirehep](#) on twitter. To send us feedback use [feedback@inspirehep.net](mailto:feedback@inspirehep.net). The data in INSPIRE is updated daily and should be consistent with what is available from SPIRES, or better. To correct data in INSPIRE (or SPIRES), let us know at [help@inspirehep.net](mailto:help@inspirehep.net).

#### HEP

Additions  
 Corrections  
 Search Tips  
 FAQ  
 Topcites: annual | recent  
 Reviews  
 HEP Citesummary  
 Tools

#### INSPIRE

Anasayfa Home



## ACCTR Hızlandırıcı Canavarları Sanal Eğitim Yapılanması

Sayfa 2012 Mart'ında  
başlatılmıştır.

### Eğitim

- › [Haftalık Ders Gündemi](#)
- › [Haftalık Benzetim Gündemi](#)
- › [Benzetim \(Simulasyon\) Ders Konuları](#)
- › [Hızlandırıcı Fiziği Ders Konuları](#)
- › [CERNTR Haftalık Toplantı Gündemi](#)
- › [Çalıştaylar / Konuşmalar](#)
- › [PhD Öğrencilerinden Posterler](#)
- › [Önerilen Kitaplar](#)
- › [Yerleşkenizden/deneyevinizden haberler](#)
- › [Yararlı bağlantılar](#)
- › [İş İmkanları](#)
- › [Duyurularınız için bize yazın](#)

### Bilgiler

- › [Kayıt](#) için e-posta ile bize ulaşınız.
- › [Yazı sunağı](#)
- › [Yazı yazma konusunda ip uçları](#)

### Hakkımızda

*Bu sanal eğitim yapılanması hızlandırıcı fizikçileri ve alandaki genç araştırmacılar tarafından başlatılmıştır.*

Bu sanal yapılanma, yüksek enerji fiziği, hızlandırıcı fiziği ve teknolojileri konularında düzenli olarak gerçekleşen çeşitli eğitim etkinliklerini bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Bu alanlarda çalışan lisansüstü öğrencilerini, sanal yapılanmamız kapsamında gerçekleşen etkinliklere davet ediyoruz. Belirtilen konulara yönelme isteğinde olan ya da gelecekteki alanlarının seçiminde rehberliğe ihtiyaç duyan lisans öğrencilerine de kapılarımız sonuna kadar açıktır.

Yapılanmanın temel etkinlikleri, internet üzerinden canlı gerçekleşen düzenli dersler, bir/iki haftalık çeşitli okullar, tartışma ortamları, uzmanlık gerektiren ve/veya gözde konularda bilimsel yayınlardan oluşmaktadır. Genç araştırmacıları, yüksek enerji fiziği, hızlandırıcı fiziği ve teknolojileri alanları için heveslendirmeyi, onlara bu alanlarda bir işine kazandırmayı ve verilen alanlara katkı sağlamak için dikkatimizi çekmeyi amaçlıyoruz.

Sanal yapılanmamıza ilişkin tüm işitsel-görsel malzeme ve belgeler Creative Commons altında lisanslıdır ve ticari amaçlar için kullanılamaz.

Yapılanmamızın internet sayfasını ilgililerini çekeceğini düşündüğünüz öğrenciler ve iş arkadaşlarınızla paylaşmanızdan mutlu oluruz.

[www.cern.ch/acctr](http://www.cern.ch/acctr)