

Hızlandırıcı Tasarımında Demet Optiğinin Önemi ve Uygulaması

Avni Aksoy

İçerik

- Başlanıç
- Hareket denklemleri
- Hızlandırma
- Yönlendirme
- Lineer demet optiği
- Linner olmayan etkiler
- Bazı simulasyon sonuçları..
- Ve sonuç

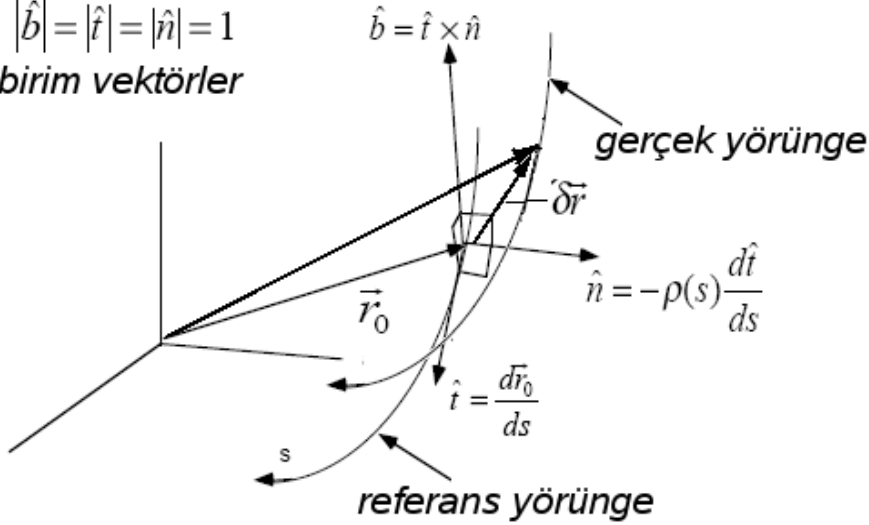
Başlangıç

$$\frac{d}{dt} \vec{P} = \underbrace{q \vec{E}}_{\text{Hızlandırma}} + \underbrace{q \vec{v} \times \vec{B}}_{\text{Yönlendirme}}$$

- Parçacıkları hızlandırma için parçacığın hareketi doğrultusunda parçacığın bulunduğu ortama elektrik alan uygulanır,
- Parçacıkları yönlendirmek için ise parçacığın hareketi doğrultusuna dik uygulanan manyetik alanlar uygulanır.
- Elektrik alan statik yada değişken alanlar olabilir
- Yönlendirmek 2-kutup manyetik alanlar kullanılır
- Odaklamak için 4-kutup, 6-kutup manyetik alanlar kullanılır

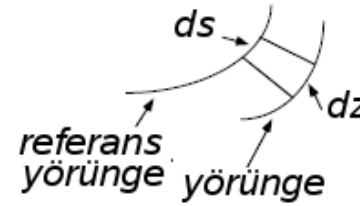
Tek parçacık hareket denklemleri

$|\hat{b}| = |\hat{t}| = |\hat{n}| = 1$
birim vektörler



$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0(t) + \delta \vec{r}(t) \quad \vec{v} = \dot{s} \hat{t} (1 + x/\rho) + \dot{x} \hat{n} + \dot{y} \hat{b}$$

$$f' = \frac{df}{ds} \Rightarrow \frac{df}{dt} = f' \dot{s}$$



$$\frac{dz}{dt} = v \Rightarrow z' = \frac{v}{\dot{s}}$$

$$\hat{b} \equiv \hat{y} \quad \hat{n} \equiv \hat{x} \quad \hat{t} \equiv \hat{s}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m_0 \gamma \vec{v}) = \vec{F} = e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

$$\frac{p}{z'} x'' + x' \frac{d}{ds} \left[\frac{p}{z'} \right] = \frac{p}{\rho z'} \left(1 + \frac{x}{\rho} \right) + y' e B_s - \left(1 + \frac{x}{\rho} \right) e B_y + e E_x \frac{z'}{v}$$

$$\frac{p}{z'} y'' + y' \frac{d}{ds} \left[\frac{p}{z'} \right] = \left(1 + \frac{x}{\rho} \right) e B_x - x' e B_s + e E_y \frac{z'}{v}$$

$$\left(1 + \frac{x}{\rho} \right) \frac{d}{ds} \left[\frac{p}{z'} \right] + \frac{p}{z'} \frac{d}{ds} \left[1 + \frac{x}{\rho} \right] = -\frac{p x'}{\rho z'} + x' e B_y - y' e B_x + e E_s \frac{z'}{v}$$

Yüklü parçacık nasıl hızlandırılır?

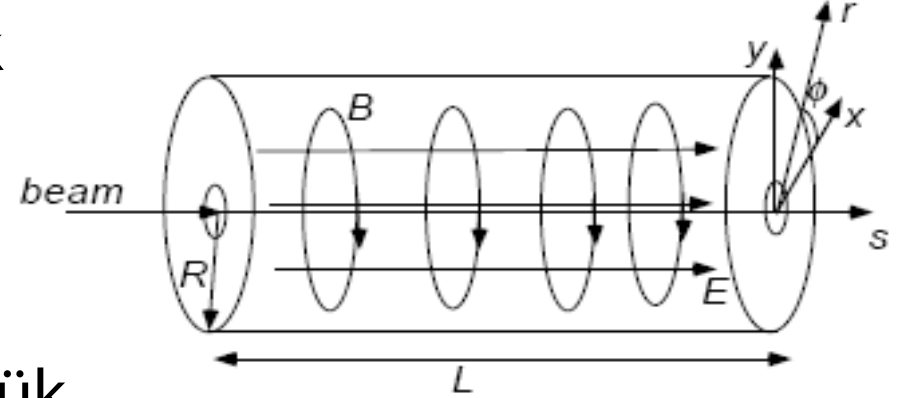
En basit hızlandırma biçimi bir statik potansiyel farkına bırakılan yüklü parçacığın hızlandırılmasıdır.

Ancak gerilim boşalması limitleri nedeni ile hızlandırma gradyeni düşük olmaktadır.

Yüksek gradynelere ulaşmak için elektromanyetik dalgalar kullanılır.

EM alanları özel yapılar içerisinde pompalanarak boyuna E alanı enine B alanı elde edilir.

Elektromanyetik alanın salınım frekansı radyo dalgası mertebesinde olduğundan bu yapılara RF oyukları denir



$$E_s(r, t) = E_0 J_0(kr) \cos \omega t; \quad \sigma = \epsilon_0 E_{\perp}$$

$$B_{\phi}(r, t) = \frac{E_0}{c} J_1(kr) \sin \omega t; \quad K = \frac{B_{\parallel}}{\mu_0}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = ck$$

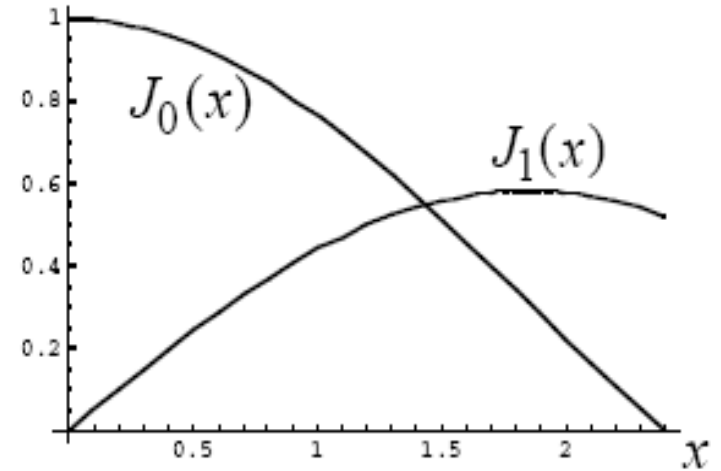
$J_0(x)$ · $J_1(x)$ · Bessel functions,
 σ and K are surface charge and current.

Yüklü parçacık nasıl hızlandırılır?

R oyuk yarıçapı oyuk duvarlarında
EM alan bileşenleri $E_{\parallel} = B_{\perp} = 0$ olmalı

$$J_0(kR) = J_0(2.405) = 0,$$

$$R = 10\text{cm} \rightarrow \lambda = 26\text{cm} \rightarrow f = 1.15\text{GHz}$$



L uzunluklu oyukta kazanılan enerji

$$V_{acc} = \int_{-L/2}^{L/2} ds E_0 \cos \omega t = E_0 \frac{2v}{\omega} \sin \frac{\omega L}{2v}$$

Hızlandırıcı içinde tek parçacık hareket denklemleri

- Elektrik alan bileşenleri $\mathbf{E}(\mathbf{r},t)=\mathbf{E}(s,t)$
- Manyetik alan bileşenleri $\mathbf{B}(\mathbf{r},t)=\mathbf{B}(\phi,t)$
- Parçacık doğrusal ilerler $\rho=\infty$

$$v^2 = \dot{s}^2 \left[\left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 + x'^2 + y'^2 \right] \quad z' = \frac{v}{\dot{s}} = \sqrt{\left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 + x'^2 + y'^2}$$

$$x'^2, y'^2 \ll 1 \quad z' \approx 1 + \frac{x}{\rho} = 1 \quad x' \frac{z''}{z'} \text{ ve } y' \frac{z''}{z'} \text{ ihmal}$$

$$B_x = -\sin \phi B_\phi$$

$$B_y = -\cos \phi B_\phi$$

$$x'' = e \frac{B_y}{p}$$

$$y'' = e \frac{B_x}{p}$$

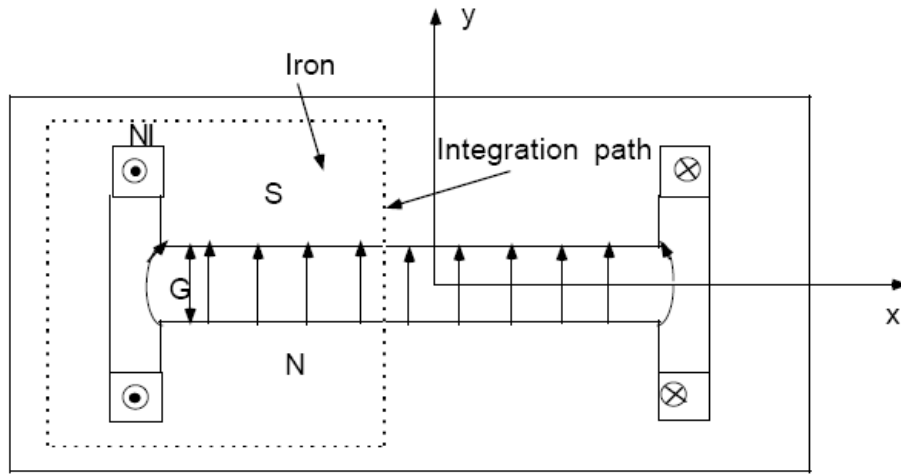
$$z'' = -x' e \frac{B_y}{p} + y' e \frac{B_x}{p} + e \frac{E_s}{\gamma m c^2}$$

Bir basit pill-box oyuk içerisinde her bir parçacığın hareketi diferansiyel denklemlerin çözümü ile elde edilir.

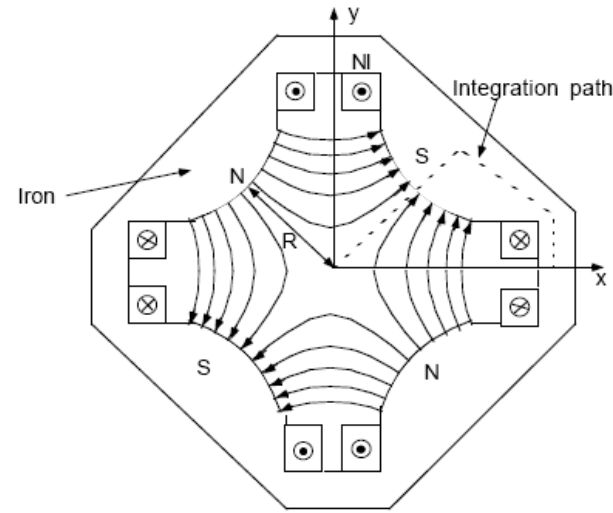
Unutulmamalıdır ki parçacıkların birbirleri ile etkileşimleri dahil edilmemiştir.

Yüklü parçacıklar nasıl taşınır?

Vakum uygulanmış borular içersinde istenilen yerde bükmek için iki kutup manyetler odaklamak için solenoid, 4-kutup yada 6-kutup manyetler kullanılarak taşınır. Genel olarak parçacıklar x-s düzleminde yönlendirilir ve x-y düzleminde odaklanır.



$$\vec{B}(\vec{r}) = B_y = B_0 \hat{y}$$



$$\vec{B}(\vec{r}) = B_x + B_y = B' x \hat{y} + B' y \hat{x}$$

Elektrik alansız ortamda hareket denklemleri

- Elektrik alan bileşenleri $\mathbf{E}(\mathbf{r},t)=\mathbf{0}$
- Parçacık doğrusal yada eğrisel ilerleyebilir; doğrusal bölmelerde $\rho=\infty$..
- Manyetik alan bileşenleri

$$B_y = B_0 + B'x + \Delta B_y(x, y, s)$$

$$B_x = B'y + \Delta B_x(x, y, s)$$

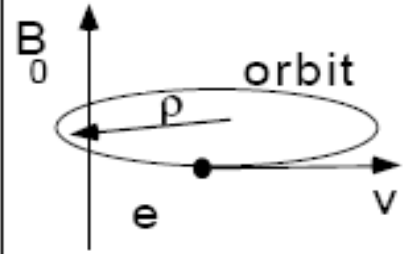
$$B_s = \Delta B_s(x, y, s)$$

$$\left. \begin{array}{l} x'^2, y'^2 \ll 1 \\ x' \frac{z''}{z'} \text{ ve } y' \frac{z''}{z'} \text{ ihmal} \end{array} \right\} \begin{array}{l} x'' = \frac{1}{\rho} \left(1 + \frac{x}{\rho}\right) - \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 \frac{e}{p} [B_0 + B'x + \Delta B_y(x, y, s)] + y' \frac{e \Delta B_s(x, y, s)}{p} \left(1 + \frac{x}{\rho}\right) \\ y'' = \left(1 + \frac{x}{\rho}\right)^2 \frac{e}{p} [B'y + \Delta B_x(x, y, s)] - x' \frac{e \Delta B_s(x, y, s)}{p} \left(1 + \frac{x}{\rho}\right), \quad z' = \left(1 + \frac{x}{\rho}\right) \end{array}$$

Dipole, quadrupol sextupole veya solenid ortamlarında parçacığın hareket denklemleri

Unutulmamalıdır ki parçacıkların birbirleri ile etkileşimleri dahil edilmemiştir.

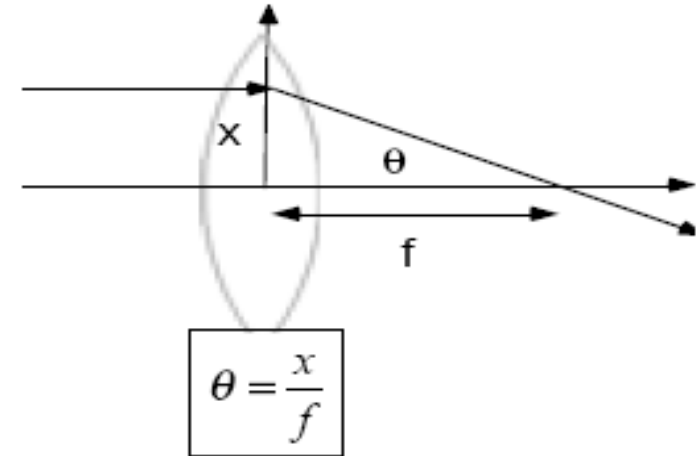
Bükme ve odaklama



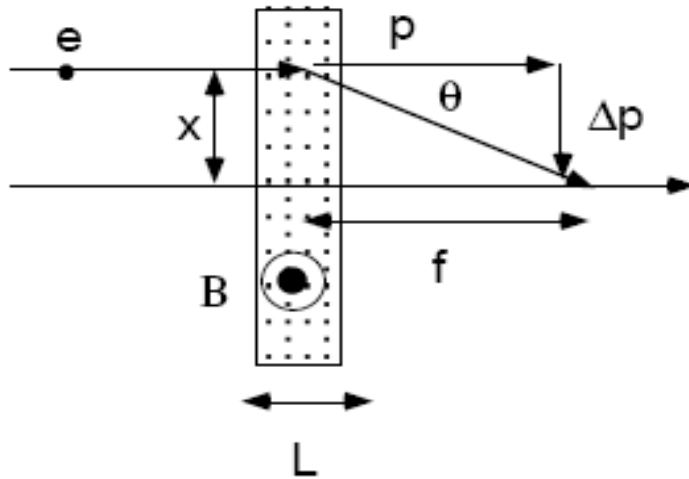
$\frac{v^2}{\rho} = \frac{evB_0}{m}, \quad \frac{1}{\rho} = \frac{eB_0}{mv}$

Manyetik katılık

$(B\rho)[\text{T} \cdot \text{m}] = \frac{p[\text{GeV} / c]}{0.2998}$



Işığın odaklanması



$$\Delta p = F\Delta t = evB_y \left(\frac{L}{v} \right) = eB_y L$$

$$\theta \approx \frac{\Delta p}{p} = \frac{eB_y L}{p}$$

$$B_y = \frac{\partial B_y}{\partial x} x = B'x \longrightarrow \theta \approx \frac{eB'xL}{p} = \frac{x}{f}$$

Alan odaklama uzaklığı f olan lens gibi davranır

$$\frac{1}{f} \approx \frac{eB'L}{p} = \frac{B'L}{(B\rho)}$$

Enine genel hareket denklemleri

$$\frac{1}{\rho} = \frac{eB_0}{p_0} \quad \delta = \frac{p - p_0}{p_0} \ll 1$$
$$k = \frac{eB'}{p_0} = \frac{B'}{B_0\rho}, \quad k[\text{m}^{-2}] = 0.2998 \frac{B'[\text{T/m}]}{p_0[\text{GeV}/c]} = \text{quad şiddeti}$$

Tanımlarının ardından sadece lineer terimleri tutarsak ($\Delta B_s = 0$) enine genel hareket denklemleri

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

$$y'' - yk = 0$$

$$\frac{d^2 f}{ds^2} + K(s)f = F(s) \quad , \quad f = x \text{ veya } y$$

$$K_x(s) = k + \frac{1}{\rho^2}, \quad K_y(s) = -k, \quad F_x(s) = \frac{\delta}{\rho(s)}, \quad F_y(s) = 0$$

Hareket denklemlerinin çözümleri

$$\frac{d^2 f}{ds^2} + K(s)f = F(s)$$

s_0 giriş pozisyonu o.ü. homojen denklemler önerirsek

$$\left. \begin{array}{l} C(s, s_0) \text{ "cosinelike"} \\ S(s, s_0) \text{ "sinelike"} \end{array} \right\} \begin{array}{l} C''(s, s_0) + K(s)C(s, s_0) = 0, \quad C(s_0, s_0) = 1, \quad C'(s_0, s_0) = 0 \\ S''(s, s_0) + K(s)S(s, s_0) = 0, \quad S(s_0, s_0) = 0, \quad S'(s_0, s_0) = 1 \end{array}$$

Örneğin K sabit ve $K > 0$ ise çözümler

$$C(s, s_0) = \cos((s - s_0)\sqrt{K}), \quad S(s, s_0) = \frac{1}{\sqrt{K}} \sin((s - s_0)\sqrt{K}), \quad CS' - C'S = 1$$

yerine yazarsak yörüngeler

$$x(s, s_0) = C_x(s, s_0)x(s_0) + S_x(s, s_0)x'(s_0) + \delta D_x(s, s_0)$$

$$y(s, s_0) = C_y(s, s_0)y(s_0) + S_y(s, s_0)y'(s_0)$$

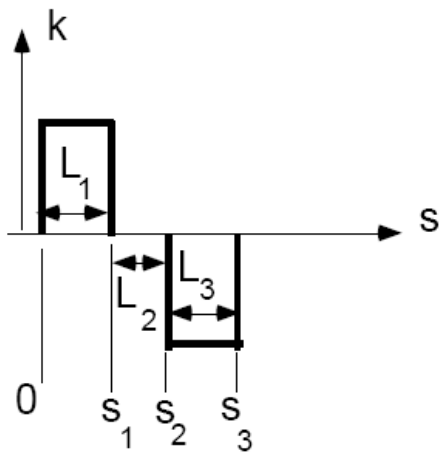
$$D_x(s, s_0) = S_x(s, s_0) \int_{s_0}^s \frac{C_x(t, s_0)}{\rho(t)} dt - C_x(s, s_0) \int_{s_0}^s \frac{S_x(t, s_0)}{\rho(t)} dt$$

$$\frac{dl}{ds} = \delta_l(s, s_0) = x(s_0) \int_{s_0}^s \frac{C_x(t, s_0)}{\rho(t)} dt + x'(s_0) \int_{s_0}^s \frac{S_x(t, s_0)}{\rho(t)} dt + \delta \int_{s_0}^s \frac{D_x(t, s_0)}{\rho(t)} dt$$

Taşıma matrisi

$$\begin{pmatrix} x(s, s_0) \\ x'(s, s_0) \\ y(s, s_0) \\ y'(s, s_0) \\ \delta_l(s, s_0) \\ \delta \end{pmatrix} = \bar{z}(s, s_0) = \begin{pmatrix} C_x(s, s_0) & S_x(s, s_0) & 0 & 0 & 0 & D_x(s, s_0) \\ C'_x(s, s_0) & S'_x(s, s_0) & 0 & 0 & 0 & D'_x(s, s_0) \\ 0 & 0 & C_y(s, s_0) & S_y(s, s_0) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C'_y(s, s_0) & S'_y(s, s_0) & 0 & 0 \\ M_{51}(s, s_0) & M_{52}(s, s_0) & 0 & 0 & 1 & M_{56}(s, s_0) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(s_0) \\ x'(s_0) \\ y(s_0) \\ y'(s_0) \\ \delta_l(s_0) \\ \delta \end{pmatrix}$$

- Demetin çıkış konumunun bulunması için demet örgüsü üzerinde kullanılan her bir elemanın matris elemanının çarpılması gerektir.



$$\bar{z}_1 = \mathbf{M}_1(s_1, 0)\bar{z}_0$$

$$\begin{aligned} \bar{z}_2 &= \mathbf{M}_2(s_2, s_1)\bar{z}_1 = \mathbf{M}_2(s_2, s_1)\mathbf{M}_1(s_1, 0)\bar{z}_0 \\ &= \mathbf{M}_2(s_2 - s_1, 0)\mathbf{M}_1(s_1, 0)\bar{z}_0 = \mathbf{M}_2(L_2, 0)\mathbf{M}_1(L_1, 0)\bar{z}_0 \end{aligned}$$

$$\bar{z}_3 = \mathbf{M}_3(s_3, s_2)\bar{z}_2 = \mathbf{M}_3(L_3, 0)\mathbf{M}_2(L_2, 0)\mathbf{M}_1(L_1, 0)\bar{z}_0 = \mathbf{M}(s_3, 0)\bar{z}_0$$

$$\mathbf{M}(s_3, 0) = \mathbf{M}_3(L_3, 0)\mathbf{M}_2(L_2, 0)\mathbf{M}_1(L_1, 0)$$

Temel örgü elemanları matrisi

L uzunluklu drift $1/\rho \rightarrow 0, k \rightarrow 0$

$$\mathbf{M}(L, 0) = \begin{pmatrix} 1 & L & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Saf sector dipol $k \rightarrow 0$ $\phi = \frac{L_D}{\rho} = \text{bükme açısı}$

$$\mathbf{M}(L_D, 0) = \begin{pmatrix} \cos \phi & \rho \sin \phi & 0 & 0 & 0 & \rho(1 - \cos \phi) \\ -\frac{1}{\rho} \sin \phi & \cos \phi & 0 & 0 & 0 & \sin \phi \\ 0 & 0 & 1 & \rho \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \phi & \rho(1 - \cos \phi) & 0 & 0 & 1 & \rho(\phi - \sin \phi) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

L uzunluklu gradyen quad $\phi = L_Q \sqrt{k}, k > 0$

$$\mathbf{M}(L_Q, 0) = \begin{pmatrix} \cos \phi & \frac{1}{\sqrt{k}} \sin \phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sqrt{k} \sin \phi & \cos \phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cosh \phi & \frac{1}{\sqrt{k}} \sinh \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{k} \sinh \phi & \cosh \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Transport matrix



$$R_{ij} = M9.M8.M7.M6.M5.M4.M3.M2.M1$$

$$\vec{w} = (x, x', y, y', t, \delta)$$

$$w_i(s_2) = \sum_{j=1}^6 R_{ij} w_j(s_1)$$

linear matrix elemanları

Periyodik sistemler ve Twiss matrisi

C çevre uzunluklu halkada giriş matrisi ile çıkış matrisi eşit olmalı

$$\bar{x}(s_0 + C, s_0) = \mathbf{M}(s_0 + C, s_0)\bar{x}(s_0)$$

$$1. \mathbf{M}(s + C, s) = \mathbf{M}(s, s - C)$$

$$2. \text{Det } \mathbf{M}(s + C, s) = 1$$

$$3. \text{Trace } \mathbf{M}(s + C, s) = \mathbf{M}_{11} + \mathbf{M}_{22} \quad s\text{'den bağımsız}$$

$$\mathbf{M}(s + C, s) = A\mathbf{I} + B\mathbf{J}(s)$$

$$\mathbf{I} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{J}(s) = \begin{pmatrix} \alpha(s) & \beta(s) \\ -\gamma(s) & -\alpha(s) \end{pmatrix}$$

A B sabit

$\alpha(s), \beta(s), \gamma(s)$ *twiss parametreleri*

s 'e bağlı kısım sabit olmalı ise

$$-\alpha(s)^2 + \beta(s)\gamma(s) = \text{constant} = 1$$

$$A^2 + B^2(-\alpha(s)^2 + \beta(s)\gamma(s)) = 1$$

$$A = \cos \mu, \quad B = \sin \mu: \quad \longrightarrow \quad \mathbf{M}(s + C, s) = \mathbf{I} \cos \mu + \mathbf{J}(s) \sin \mu =$$

$$\begin{pmatrix} \cos \mu + \alpha(s) \sin \mu & \beta(s) \sin \mu \\ -\gamma(s) \sin \mu & \cos \mu - \alpha(s) \sin \mu \end{pmatrix}$$

TWISS MATRISI

Hill denklemi

$$\frac{d^2 z}{ds^2} + K(s)z = 0 \quad \text{Hill denklemi} \longrightarrow z(s) = af(s) \cos(\Phi(s) + \delta)$$

Periyodik bir sistemde twiss matrisi ile...

$$\mathbf{M}(s+C, s) = \begin{pmatrix} \cos \mu + \alpha(s) \sin \mu & \beta(s) \sin \mu \\ -\gamma(s) \sin \mu & \cos \mu - \alpha(s) \sin \mu \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} z(s+C) \\ z'(s+C) \end{pmatrix} = \mathbf{M}(s+C, s) \begin{pmatrix} z(s) \\ z'(s) \end{pmatrix}$$

$$z(s+C) = z(s)[\cos \mu + \alpha(s) \sin \mu] + z'(s)\beta(s) \sin \mu \longleftrightarrow z(s+C) = af(s+C) \cos(\Phi(s+C) + \delta)$$

$$\beta(s) = f(s)^2$$

$$\alpha(s) = -f(s)f'(s) = -\frac{\beta'(s)}{2}$$

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

$$\mu = 2\pi Q = \oint_C \frac{ds}{\beta(s)}$$

Hill denklemi çözümü

$$z(s) = a\sqrt{\beta(s)} \cos(\Phi(s) + \delta)$$

Courant-Snyder invariant ve emittance

Yörünge denklemine geri dönersek

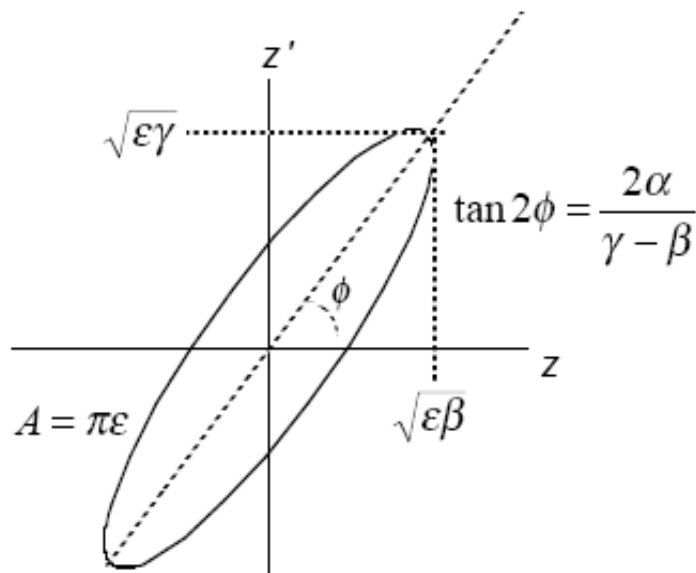
$$\theta = \Phi + \delta \quad z = a\sqrt{\beta} \cos\theta \quad z' = -\frac{a}{\sqrt{\beta}}(\alpha \cos\theta + \sin\theta)$$

Twiss parametrelerini kullanarak

$$\gamma z^2 + 2\alpha z z' + \beta z'^2 = a^2 \beta \gamma \cos^2 \theta - 2\alpha a^2 \cos\theta(\alpha \cos\theta + \sin\theta) + a^2 (\alpha \cos\theta + \sin\theta)^2 = a^2$$

Courant-Snyder invariant

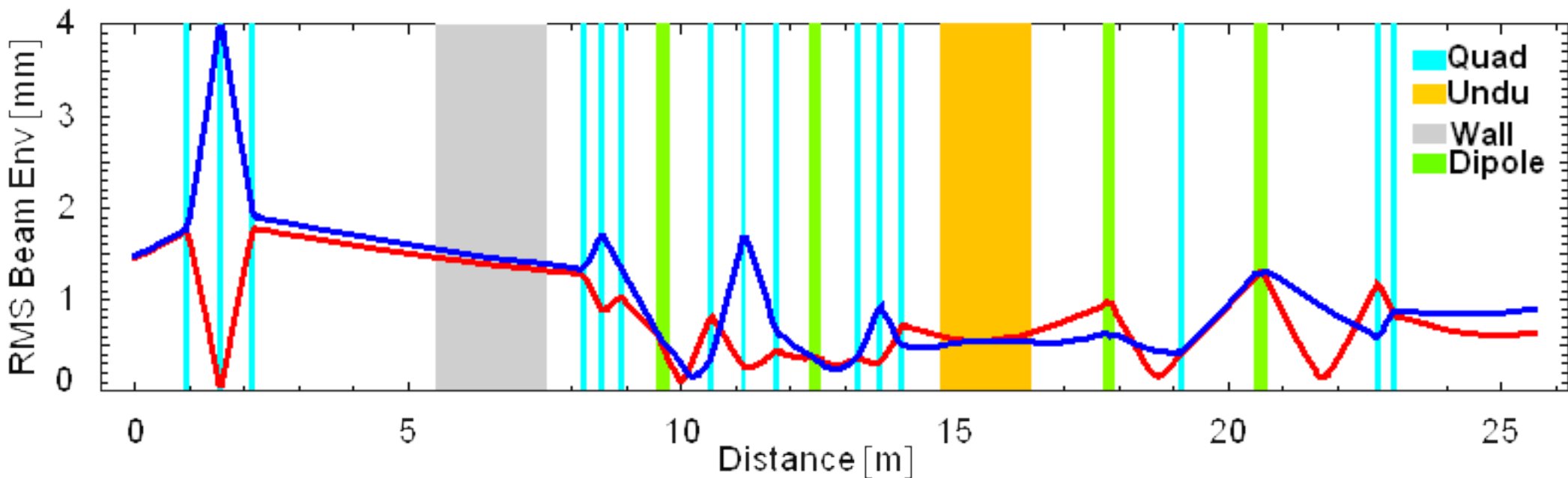
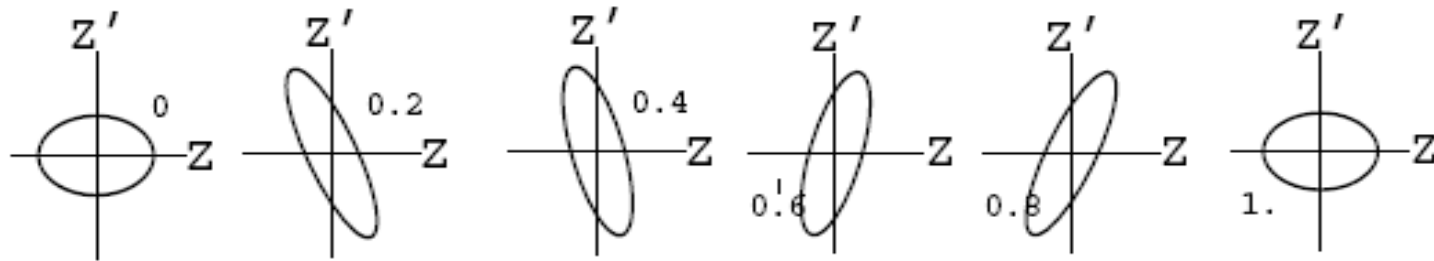
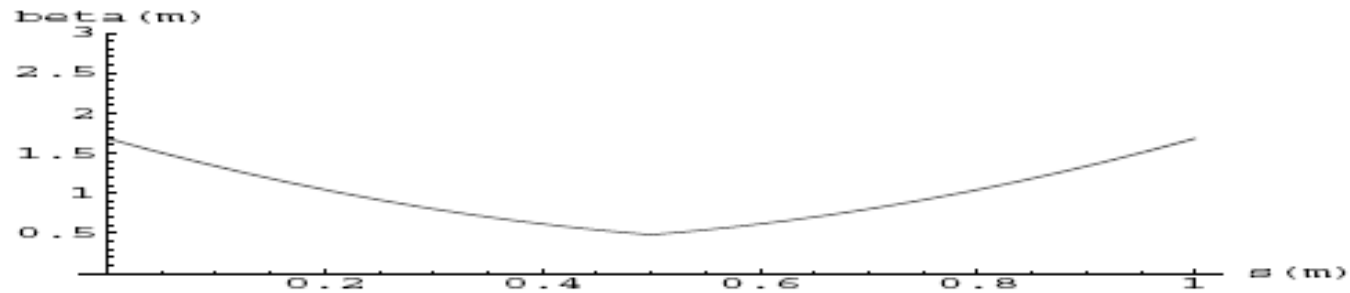
$$\gamma(s)z(s)^2 + 2\alpha(s)z(s)z'(s) + \beta(s)z'(s)^2 = a^2$$



$$a^2 = \frac{\text{Elipsin alanı}}{\pi}$$

$$z = \sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta} \cos\theta$$

Emittance korunumu ve demet zarfı



Çarpıştırıcılar ne ister?

Yüksek enerji \longrightarrow Yüksek gradyen kısa hızlandırma boyu

Yüksek ışıklık \longrightarrow Limitli demet gücü P_b
Çok küçük demet aebadı (**nanobeams**)

$$P_b = E \cdot [N_e \cdot N_b \cdot f_{rep}] e$$

Max enerji

$$L = \frac{N_e^2 \cdot N_b \cdot f_{rep}}{4\pi \sigma_x^* \cdot \sigma_y^*} \cdot H_D \propto H_D \frac{N}{\sigma_x \sigma_y} \eta P.$$

Min demet kesiti

$\sigma_x^* \sigma_y^*$ çarpıma bölgesinde demet kesiti

N_b atmadaki paket sayısı

N paketteki elektron sayısı

f_{rep} saniye başına atma sayısı

η demet gücü etkinliği

$P.$ güç

Demet optiğinin etkisi

Demet optiği çalışmaları ile

- elde edilebilecek demet kesitinin limitleri
- minimum emittance büyümesi,
- demetin tam eksende tutulması gibi limitler belirlenir

$$w_i(s_2) = \sum_{j=1}^6 R_{ij} w_j(s_1) + \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 T_{ijk} w_j(s_1) w_k(s_1) + \text{daha yüksek optik matrisler}$$

↓ ↓

Lineer matrisler ikincil dereceden matrisler

Liner matrisler altında sabit kalan Courant-Snyder kuralı ikincil etkilerle bozulmaktadır

İkincil ve daha yüksek mertebeli matrisler

- Kuadrupol hataları;
 - Quadrupoller keskin köşeli ve keşkin uzunluklu varsayıldı ancak gerçekte böyle değildir. Yada quadrupoller tam aksenal konumlandırılmamıştır.

Örneğin s_k nontasında quad Δx kadar kaymış ise

$$\theta = \frac{\Delta(BL)}{(B_0\rho)} = \frac{B' \Delta x L_Q}{(B_0\rho)} = \frac{\Delta x}{f}$$

$$z(s_k) = a\sqrt{\beta(s_k)} \cos(\Phi(s_k) + \delta) + \underbrace{\frac{\beta(s_k)}{2} \theta \cot \pi Q}_{\text{ek terim}}$$

İkincil ve daha yüksek mertebeli matrisler

- Benzer durum dipoller için de geçerlidir.
 - Dipol alanlarındaki hata
 - Dipol konumlarındaki kayma
 - Dipol uçlarında alanların keskin olmaması gibi etkiler ..

$$x'' + x \left(k + \frac{1}{\rho^2} \right) = - \frac{\Delta B_y(s)}{B_0 \rho}; \quad y'' - yk = \frac{\Delta B_x(s)}{B_0 \rho}$$

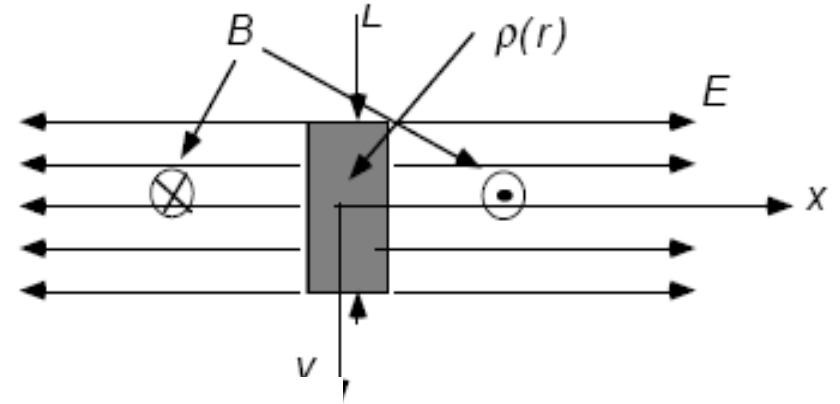
Genel olarak dipol hatalarından s_k noktasında gelen katkı $z=x,y$ o.ü

$$z(s_k) = \frac{\beta(s_k)}{2} \theta \cot \pi Q$$

Uzay yükü etkileri

Demetin kendi alanının demet içindeki parçacıklar etkisi ilk adımda incelenebilir

Hareket denklemlerine gelecek katkı



$$x'' = -\frac{e}{p} \left(B_y - \frac{E_x}{v} \right) = \frac{F_x}{vp} \quad y'' = \frac{e}{p} \left(B_x + \frac{E_y}{v} \right) = \frac{F_y}{vp}$$

Ne parçacıktan bir diğer parçacığa etkiyen kuvvet

$$F_x(x, y) = \frac{Ne^2}{2\pi\epsilon_0\gamma^2 L} \frac{x}{(x^2 + y^2)} \left(1 - \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2} \right) \right)$$

$$F_y(x, y) = \frac{Ne^2}{2\pi\epsilon_0\gamma^2 L} \frac{y}{(x^2 + y^2)} \left(1 - \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2} \right) \right)$$

Zayıf Alanlar

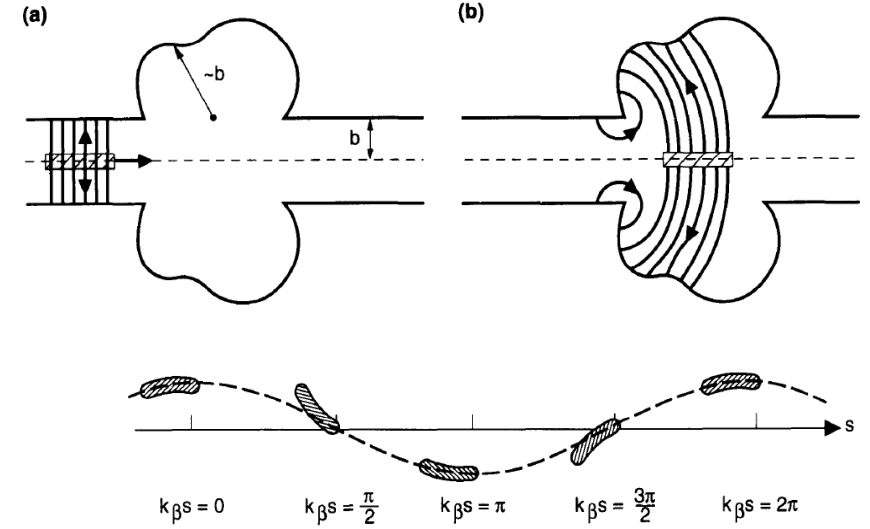
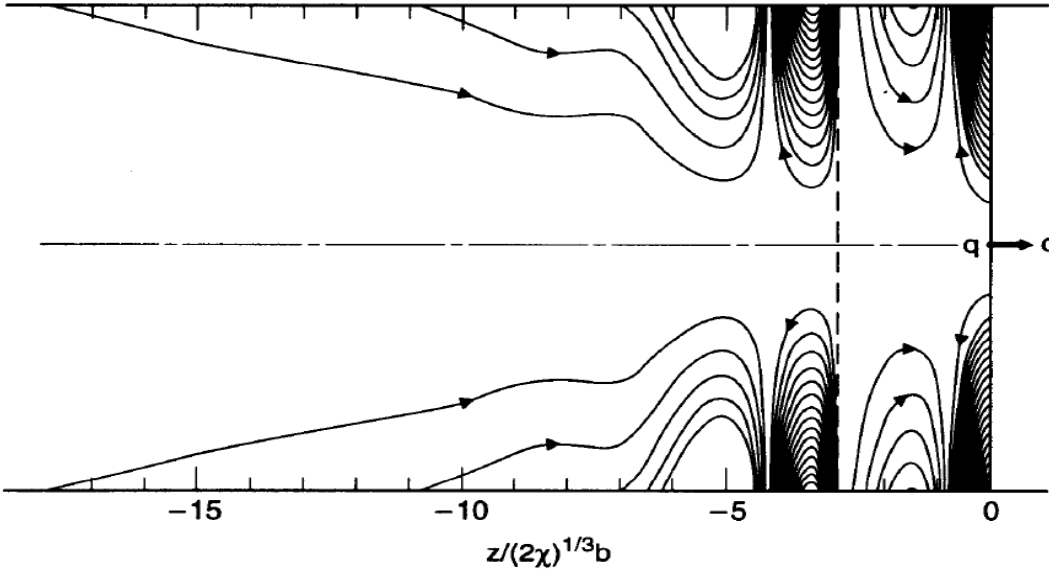


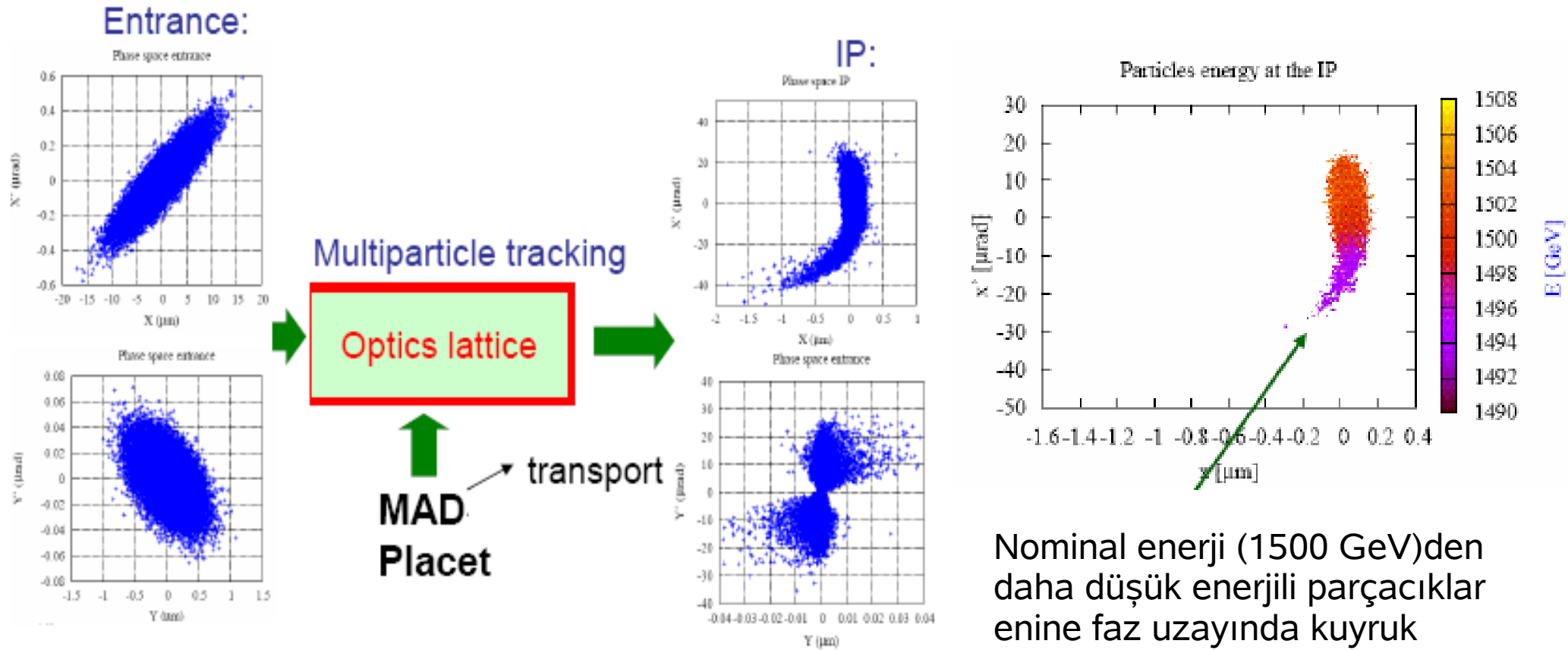
Figure 3.3. Sequence of snapshots of a beam undergoing dipole beam breakup instability in a linac. Values of $k_{\beta s}$ indicated are modulo 2π . The dashed curves indicate the trajectory of the bunch head.

Figure 2.3. Wake electric field lines in a resistive wall pipe generated by a point charge q . The field pattern shows oscillatory behavior in the region $|z| \leq 5(2\chi)^{1/3}b$ (or $|z| \leq 0.35$ mm for an aluminum pipe with $b = 5$ cm). The field line density to the left of the dashed line has been magnified by a factor of 40. (Courtesy Karl Bane, 1991.)

Yüklerin görelî hızlarla hareketi sırasında boru içersinde bırakacakları EM radyasyon en büyük kararsızlık etkisidir. Etkiyi minimuma indirmek için offset minimum tutulmalıdır.

Arkadan gelen paketi doğrudan etkileyen bu etki enine tekme boyuna ise enerji yayılımı etkisi yapar.

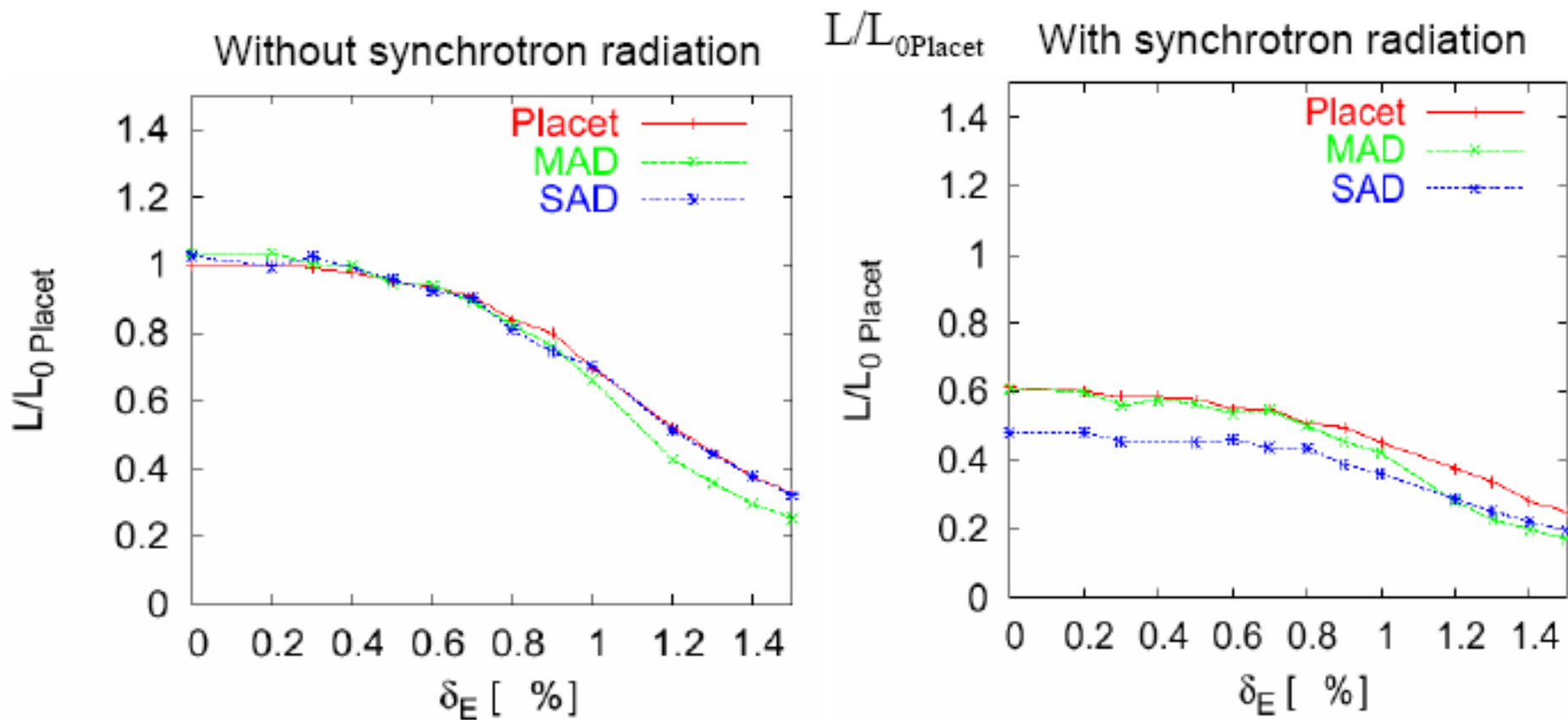
Simulasyon çalışmaları



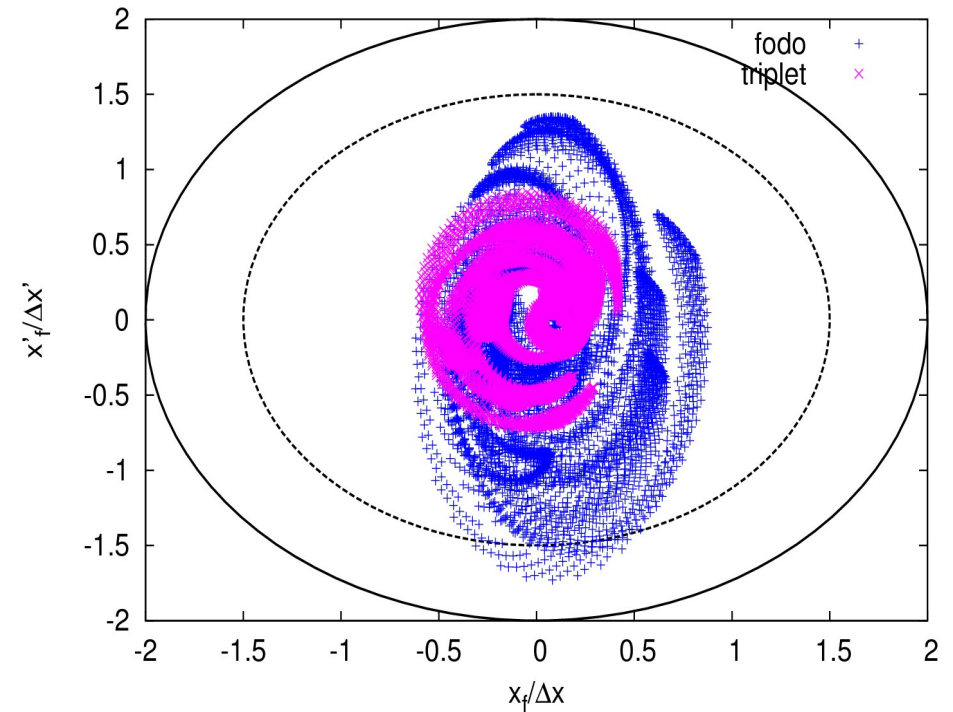
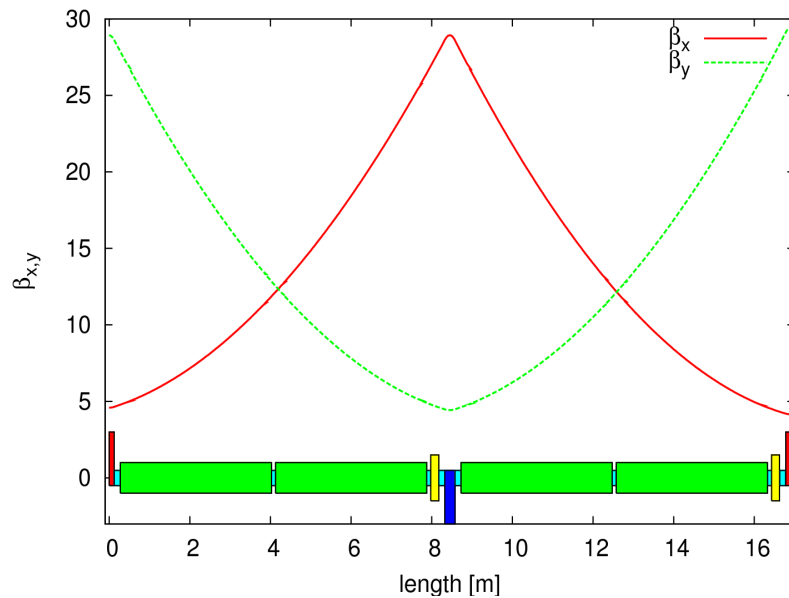
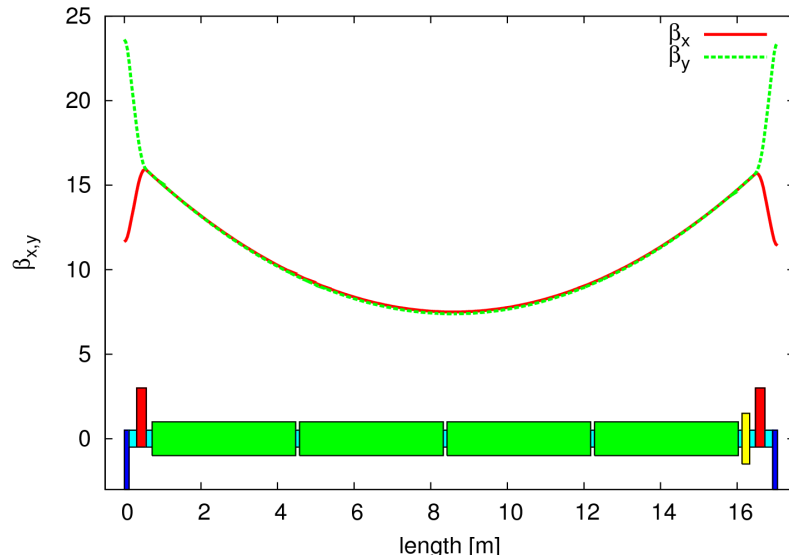
Nominal enerji (1500 GeV)den daha düşük enerjili parçacıklar enine faz uzayında kuyruk oluşturmaktadırlar..

Enerji yayılımı ve sinkrotron ışınımın ışınımın ışınığa etkisi

Chromatic limits of the Luminosity in CLIC

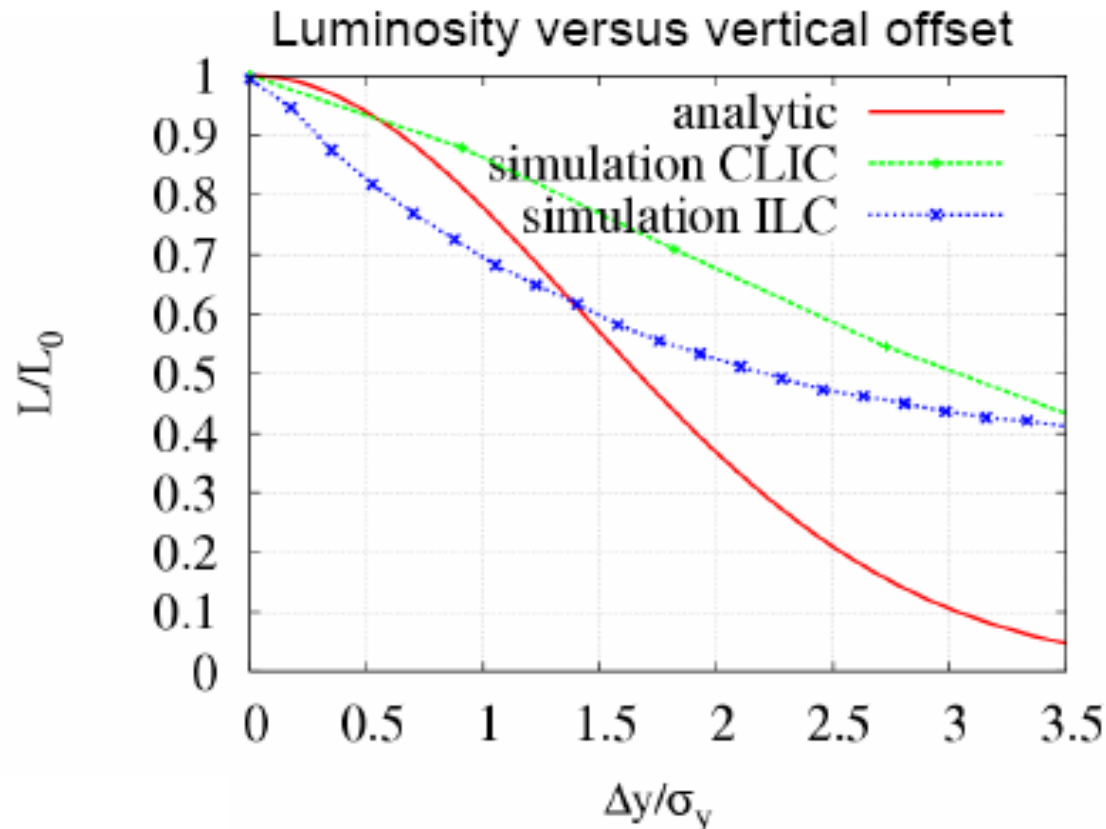


Çeşitli demet hattı tiplerinde demet kaymaları çalışması

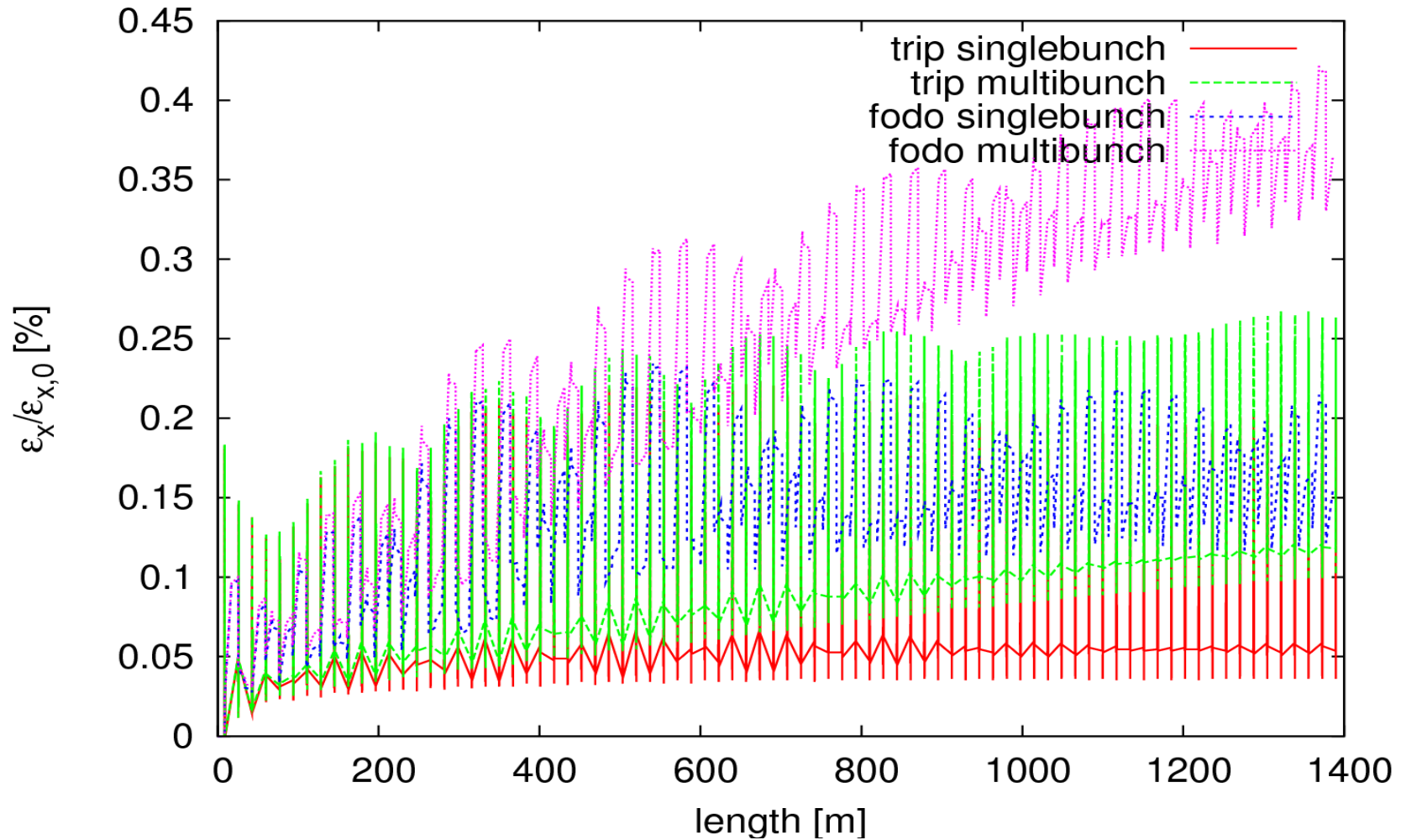


Demet Sıçramasının Luminosityye etkisi

$$\frac{L}{L_0} = e^{-\frac{\Delta y^2}{4\sigma_y^2}}$$



Emittance büyümesi



Sonuç ve tartışma

- Demetin taşınması çalışmaları deneyde gereksinim duyulan parametrelerin limitlerini belirlemektedir.
- Bu tür çalışmalar bir sistem kurulmadan önce deneycilerin gereksinimlerini olabirliğini belirlemektedir.
- Çalışmalarımızı THM IR-SEL montaj aşaması, CLIC Drive beam CDR ve TAC TDR için devam ettirmekteyiz.