

## **MADX III**

(**M**ethodical **A**ccelerator **D**esign)

## Yöntemli Hızlandırıcı Tasarımı Programı

---

Dr. Öznur METE

University of Manchester

The Cockcroft Institute of Accelerator Science and Technology

**İletişim Bilgileri**

[oznur.mete@cockcroft.ac.uk](mailto:oznur.mete@cockcroft.ac.uk)

[oznur.mete@manchester.ac.uk](mailto:oznur.mete@manchester.ac.uk)

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

## Neredeyiz?

► Buraya kadar edindiğimiz bilgilere (enine dinamik I ve II, MADX I dersleri) dayanarak:

### Alıştırma 1

❖ Düzenli bir örgü hesaplarını ve tasarımını yapabiliriz.

❖ Temel hızlandırıcı parametreleri ile oynayabiliriz (ayar, renksellik, beta fonksiyonu, ...). (MADX IV)

► Bundan sonrası için bizi neler bekliyor?

❖ Hızlandırıcılarda bulunabilecek kusurlar ve bunların düzeltilmesi. (MADX V)

❖ Çok düşük beta fonksiyonu gerektiren eklentilerin düzenli örgü içine yerleştirilmesi: Dağılım bastırıcı tasarımı örgüleri. (MADX VI)

## Bu aġıřtırmada...

- ▶ 20 GeV/c momentumlu gercekci bir proton hızlandırıcısı tasarlayınız. Aşağıda verilen parametreleri kullanınız:
  - ❖ Çevre = 1000 m
  - ❖ Kullanılacak dört-kutuplu magnetlerin uzunluğu = 3.0 m
  - ❖ Hızlandırıcınızı 8 tane FODO hücresi kullanarak tasarlayınız.
  - ❖ Kullanılacak eğici magnetlerin uzunluğu 5 m, maksimum alanları 3 T
- ▶ Önceki derslerde öğrendiklerinizi kullanarak:
  - ❖ Sınır koşullarına göre (eğici ve odaklayıcı magnetlerin konumu) bir örgü tanımlayınız.
  - ❖ Maksimum beta fonksiyonu değerinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değerlerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.  $\beta_{max} \equiv \hat{\beta}$
  - ❖ Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

- **Adım 1-** Maksimum beta fonksiyonu değeriinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değeriilerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Eldekiler:**

Çevre = 1000 m

Odaklayıcı uzunluğu = 3.0 m

8 FODO hücresi

Eğicilerin uzunluğu = 5 m

Eğicilerin maksimum alanı = 3 T

**Koşul:**

$$\beta_{max} \equiv \hat{\beta} \approx 300m$$

- Hücre başına kaç tane eğici magnet kullanmalıyım?

- **Adım 1-** Maksimum beta fonksiyonu değerinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değerlerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Eğici Magnetlerden başlayalım.**

$$\alpha = \frac{1}{\rho} (m^{-1}) = 0.3 \frac{B(T)}{p(GeV/c)} L(m)$$

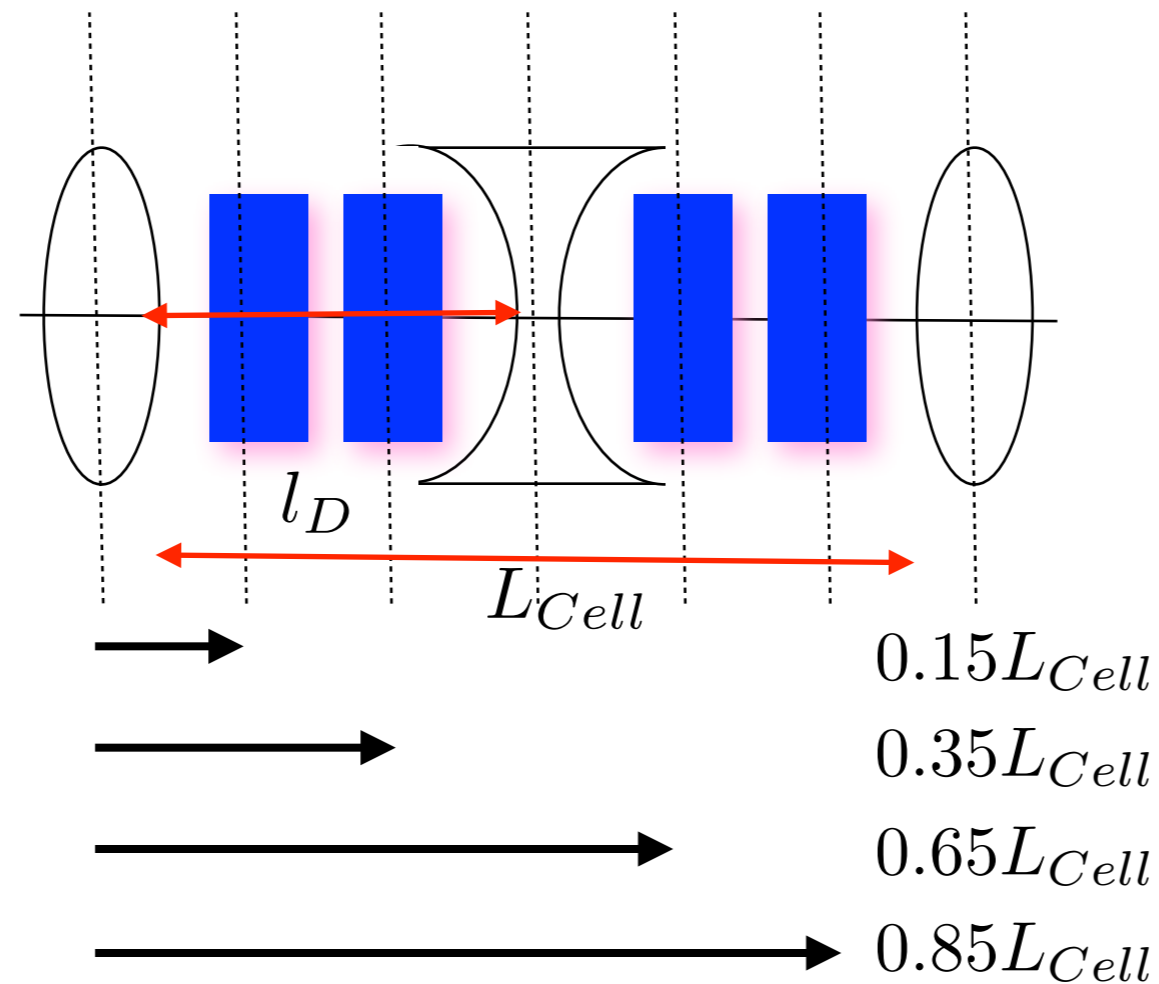
$$\alpha = 0.3 \frac{3(T)5(m)}{20(GeV/c)} = 0.225(rad)$$

Kullanmamız gereken

$$\text{toplam eğici magnet sayısı} = \frac{2\pi}{0.225} = 28 \rightarrow 3.5 \approx 4/Cell$$

► **Adım 1-** Sınır koşullarına göre (eğici ve odaklayıcı magnetlerin konumu) bir örgü tanımlayınız.

► Eğici magnetler arasındaki uzaklıkları olabildiğince eşit ayarlayalım.



- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değeriinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değeriilerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Eldekiler:**

Çevre = 1000 m

Odaklayıcı uzunluğu = 3.0 m

8 FODO hücresi

Eğicilerin uzunluğu = 5 m

Eğicilerin maksimum alanı = 3 T

**Koşul:**

$$\beta_{max} \equiv \hat{\beta} \approx 300m$$

- ▶ Hücre başına kaç tane eğici magnet kullanmalıyım?

❖ Toplam 32 eğici magnet, hücre başına 4 eğici magnet kullanmalıyım.

- ▶ Her bir hücrenin uzunluğu ve evre ilerlemesi ne olmalıdır?

- **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değerinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değerlerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Hücremizi daha iyi tanımlayalım.**

**Hücre Uzunluğu**

$$L_{Hücre} = \frac{1000m}{8} = 125m$$

**FODO Hücresi için  
Maksimum Beta  
Fonksiyonu**

$$\hat{B} = \frac{(1 + \sin \frac{\mu}{2}) L_{Cell}}{\sin \mu} = 300m$$

**Faz ilerlemesini  
hesaplamalıyız...**

$$\frac{\hat{\beta}}{L_{1/2}} = \frac{1 + \sin \frac{\mu}{2}}{\sin \frac{\mu}{2} \cos \frac{\mu}{2}}$$

**Ama nasıl?**

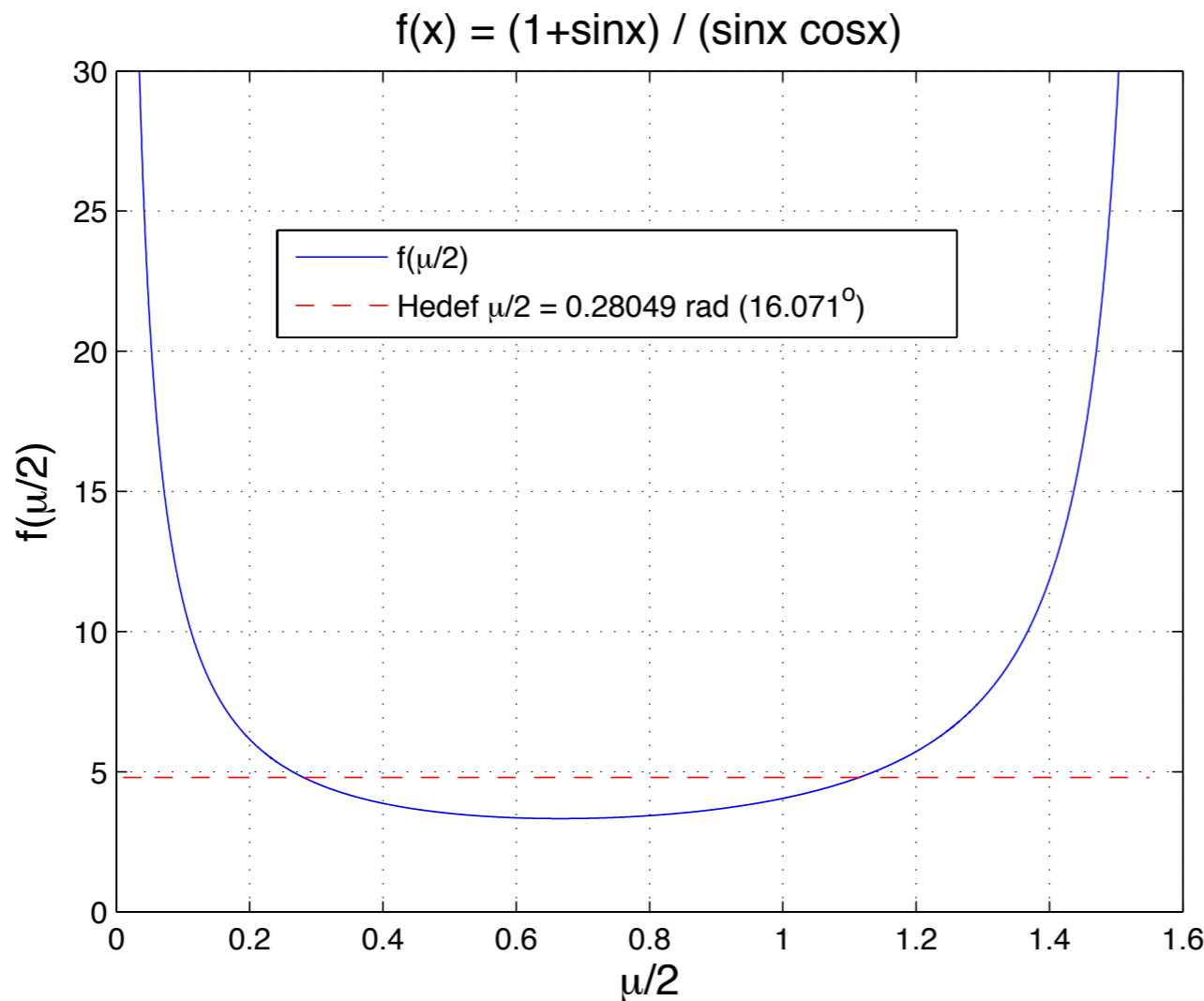


- **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değęerinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değęerlerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Faz ilerlemesini hesaplamalıyız...**

$$\frac{\hat{\beta}}{L_{1/2}} = \frac{1 + \sin \frac{\mu}{2}}{\sin \frac{\mu}{2} \cos \frac{\mu}{2}}$$

- Faz ilerlemesini dolaylı yoldan,  $f(\mu/2)$ 'nin çözümlünün  $\beta_{\max}/L_{1/2}$  olduğu  $\mu/2$  değęerini bulabiliriz.



**Hücrenin faz ilerlemesi:**

$$\mu/2 = 16.07^\circ$$

**Odev**

Bu fonksiyonu matlab ile çizdirerek evre ilerlemesini siz de elde ediniz.

- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değeriinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değeriileri (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Eldekiler:**

Çevre = 1000 m

Odaklayıcı uzunluğu = 3.0 m

8 FODO hücresi

Eğicilerin uzunluğu = 5 m

Eğicilerin maksimum alanı = 3 T

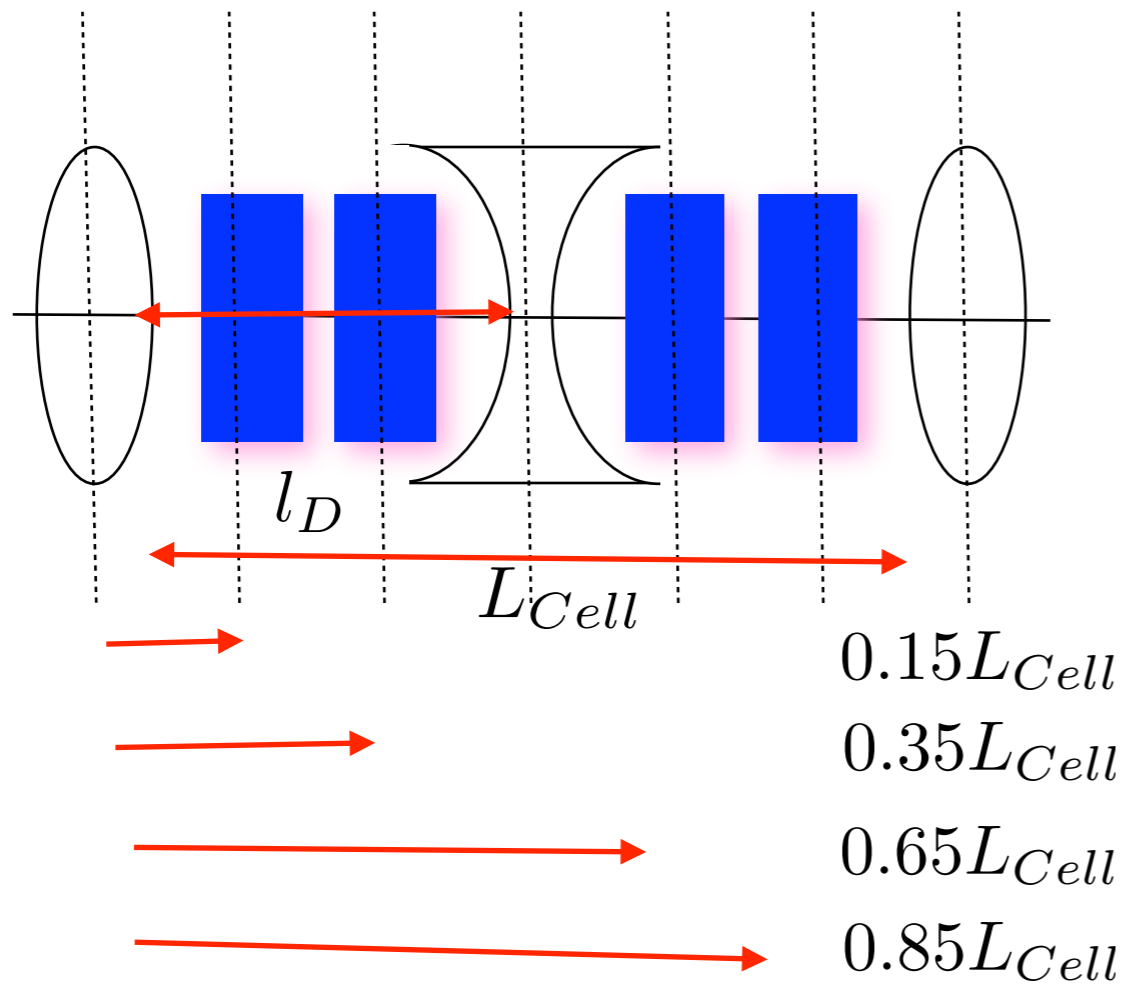
**Koşul:**

$$\beta_{max} \equiv \hat{\beta} \approx 300m$$

- ▶ Hücre başına kaç tane eğici magnet kullanmalıyım?
  - ❖ Toplam 32 eğici magnet, hücre başına 4 eğici magnet kullanmalıyım.
- ▶ Her bir hücrenin uzunluğu ve evre ilerlemesi ne olmalıdır?
  - ❖ Her hücrenin uzunluğu 125 m ve evre ilerlemesi 32.1° olmalıdır.
- ▶ Odaklayıcıların kuvveti ve odak uzaklıkları ne olmalıdır?

- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değerinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değerlerini (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.
- ▶ Bir odaklayıcı magnet için odak uzunluğunu ve magnetik kuvveti içeren ifadeleri hatırlayalım:

$$\sin \frac{\mu}{2} = \frac{L_{Cell}}{4f_Q} \quad f_Q = \frac{1}{k_Q l_Q}$$



$$f_Q = 112.9m$$

$$k_Q = 2.9 * 10^{-3} (1/m^2)$$

- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değeriinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değeriileri (eğici ve odaklayıcıların kuvveti) hesaplayınız.

**Eldekiler:**

Çevre = 1000 m

Odaklayıcı uzunluğu = 3.0 m

8 FODO hücresi

Eğicilerin uzunluğu = 5 m

Eğicilerin maksimum alanı = 3 T

**Koşul:**

$$\beta_{max} \equiv \hat{\beta} \approx 300m$$

- ▶ Hücre başına kaç tane eğici magnet kullanmalıyım?

- ❖ Toplam 32 eğici magnet, hücre başına 4 eğici magnet kullanmalıyım.

- ▶ Her bir hücrenin uzunluğu ve evre ilerlemesi ne olmalıdır?

- ❖ Her hücrenin uzunluğu 125 m ve evre ilerlemesi 32.1° olmalıdır.

- ▶ Odaklayıcıların kuvveti ve odak uzaklıkları ne olmalıdır?

- ❖ Odaklayıcıların kuvveti  $2.9E-3 \text{ m}^{-2}$  odak uzaklığı ise 119.2 m olmalıdır.

► **Adım 2-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

- ❖ Dizi dosyasını (**ex1.seq**) hazırlayalım.
- ❖ MADX komutları dosyasını (**ex1.madx**) hazırlayalım.
- ❖ Komut satırında **madx < ex1.madx** yazıp sonuçları görelim.

- **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

```
circum=1000.0;
ncell = 8; // Hucre sayisi
lcell = circum/ncell;
lq = 3.00; // Odaklayici uzunlugu

// Bilesenlerin tanimlari;

// Egici magnetleri cok-kutuplu olarak tanimlayiniz.
// Hucre basina 4 egici magnetimiz olacak.
mb: multipole,knl={2.0*pi/(4*ncell)};

// Odaklayicilari cok-kutuplu olarak tanimlayalim
qf: multipole,knl={0,0.295278e-2*lq};
qd: multipole,knl={0,-0.295278e-2*lq};

// Diziyi burada veriyoruz:
hpfbu_hucre1: sequence, refer=centre, l=circum;
start_machine: marker, at = 0;
!
  n = 1;
  while (n < ncell+1) {
    qf: qf, at=(n-1)*lcell;
    mb: mb, at=(n-1)*lcell+0.15*lcell;
    mb: mb, at=(n-1)*lcell+0.35*lcell;
    qd: qd, at=(n-1)*lcell+0.50*lcell;
    mb: mb, at=(n-1)*lcell+0.65*lcell;
    mb: mb, at=(n-1)*lcell+0.85*lcell;
  !
  n = n + 1;
}
end_machine: marker at=circum;
endsequence;
```

- ❖ Dizi dosyasını (**ex1.seq**) hazırlayalım.

- ▶ **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

❖ MADX komutları dosyasını (**ex1.madx**) hazırlayalım.

```
TITLE, 'Ilk Alistirma';
call file="ex1.seq";
option,-echo;

Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_hucre1, energy = 20.0;

use, sequence=hpfbu_hucre1;
!select, flag=twiss, pattern="^q.*", column=name, s, x, y, mux, betx,
!           muy, bety, dx, dy;
select, flag=twiss, column=name, s, betx, bety;

twiss, save, centre, file=twiss.out;
plot, haxis=s, vaxis=betx, bety, colour=100;

Survey, file=survey.out;

stop;
```



- **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

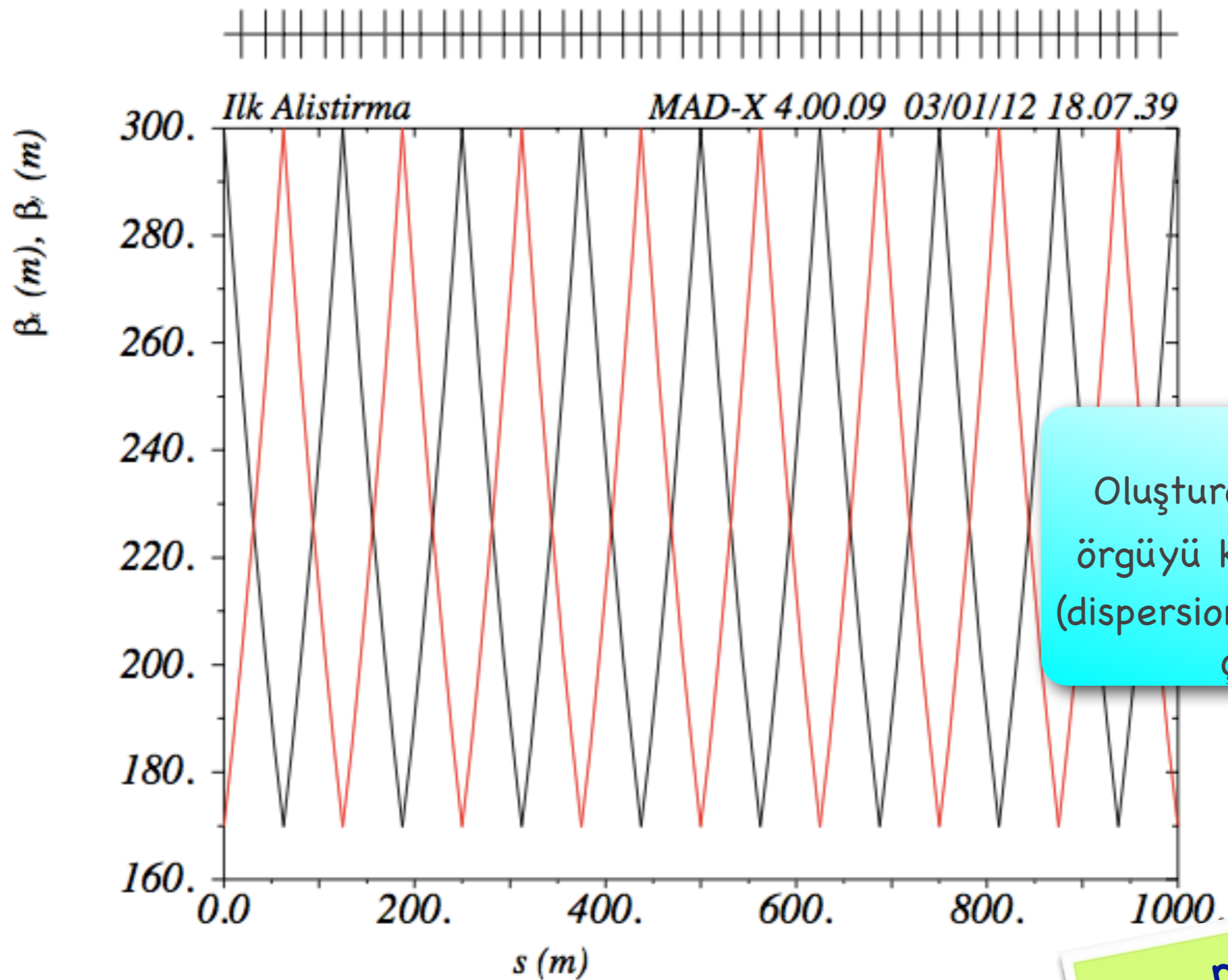
```
+++++ table: summ
      length          orbit5          alfa          gammatr
      1000             -0             1.989271492     0.7090109959
      q1              dq1              betxmax          dxmax
      0.7142528897    -0.7344010503    299.9996549     365.0168477
      dxrms           xcomax           xcorms           q2
      321.4860068     0              0              0.7142528897
      dq2             betymax           dymax           dyrms
      -0.7344010503    299.9996549     0              0
      ycomax          ycorns           deltap           synch_1
      0              0              0              0
      synch_2         synch_3         synch_4         synch_5
      0              0              0              0
```

komut satırı çıktısı



- **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

twiss.out kullanıldı.

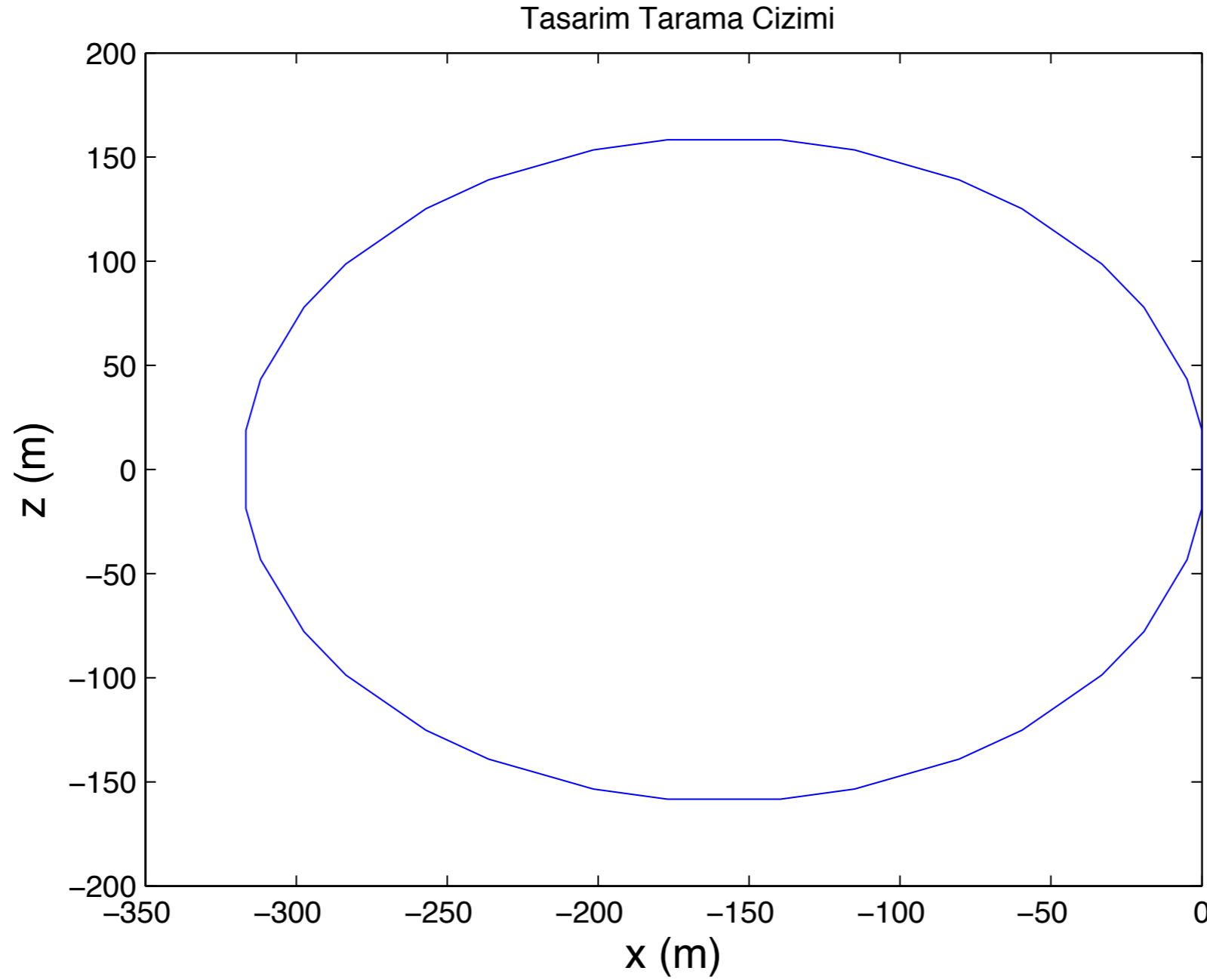


**Odev**  
Oluşturduğumuz düzenli örgüyü kullanarak dağılım (dispersion) fonksiyonunu da çizdiriniz.

madx.ps

- **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

survey.out kullanıldı.



tarama.eps

## Ödev

Sayfa 10'daki fonksiyonu matlab ile çizdirerek evre ilerlemesini siz de elde ediniz.

## Ödev

Oluşturduğumuz düzenli örgüyü kullanarak dağılım (dispersion) fonksiyonunu çizdiriniz.

## Tasarım Önerisi

Oluşturduğumuz düzenli örgüyü maksimum beta fonksiyonu 100 m olacak şekilde ayarlayınız. Hızlandırıcının çevresi ve demet enerjisi sabit kalmalıdır. Bunun dışındaki özellikleri değiştirmek serbest!

**Cumartesi günü için tasarım ödevi.**