

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

oznur.mete@manchester.ac.uk

www.cern.ch/omete

Teşekkürler

Bu ders 2009'da düzenlenen CERN Hızlandırıcı Okulu'nda verilmiş olan MADX dersi temel alınarak hazırlanmıştır. Desteği için Dr. Werner Herr'e en derin teşekkürlerimi sunarım.

Acknowledgments

This lecture was prepared based on the MADX lecture in the CERN Accelerator School organized in 2009. I express my deepest gratitude to Dr. Werner Herr for his support.

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, ...).

► Bundan sonrası için bizi neler bekliyor?

❖ Hızlandırıcılarda bulunabilecek kusurlar ve bunların düzeltilmesi.

❖ Dağılım bastırıcı tasarımı.

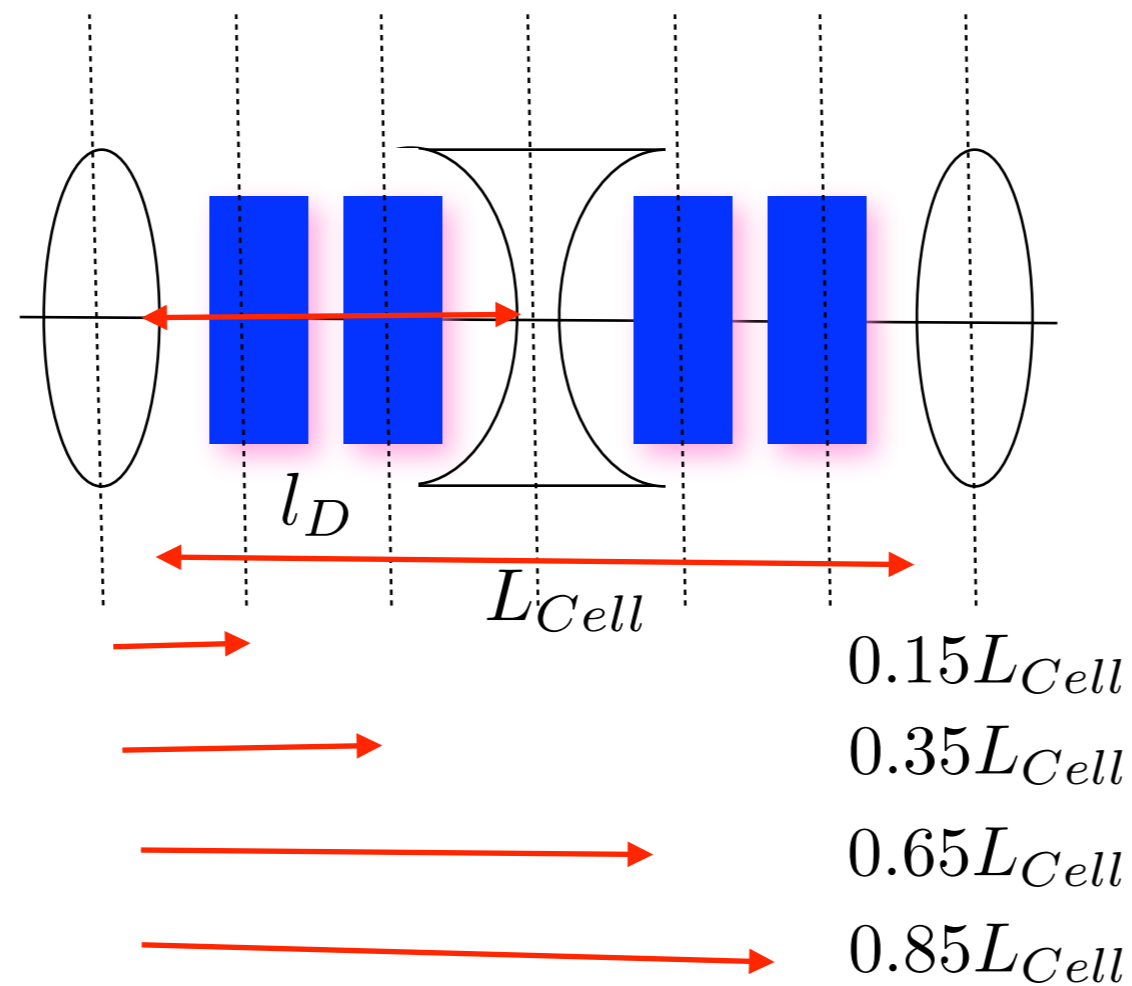
❖ Çok düşük beta fonksiyonu gerektiren eklentilerin düzenli örgü içine yerleştirilmesi.

Bu aġıştırmada...

- ▶ 20 GeV/c momentumlu gerçekçi 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. $\beta_{max} \equiv \beta$
 - ❖ Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

► **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 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?

- **Adım 2-** 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

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

- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değeri 300 m civarında olmasını sağlayacak optik değerlerini (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...**

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

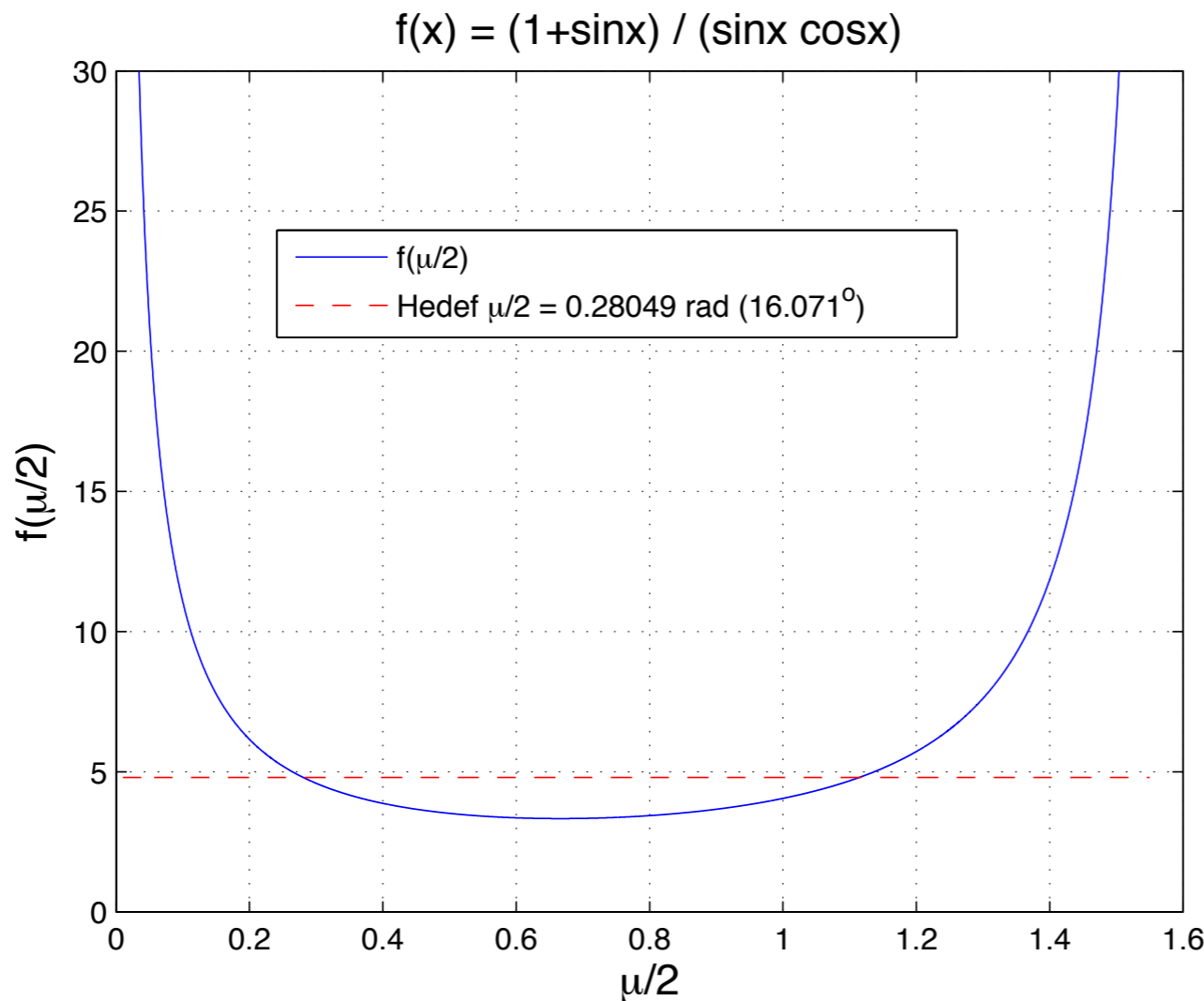
Ama nasıl?

- **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 1.1

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:

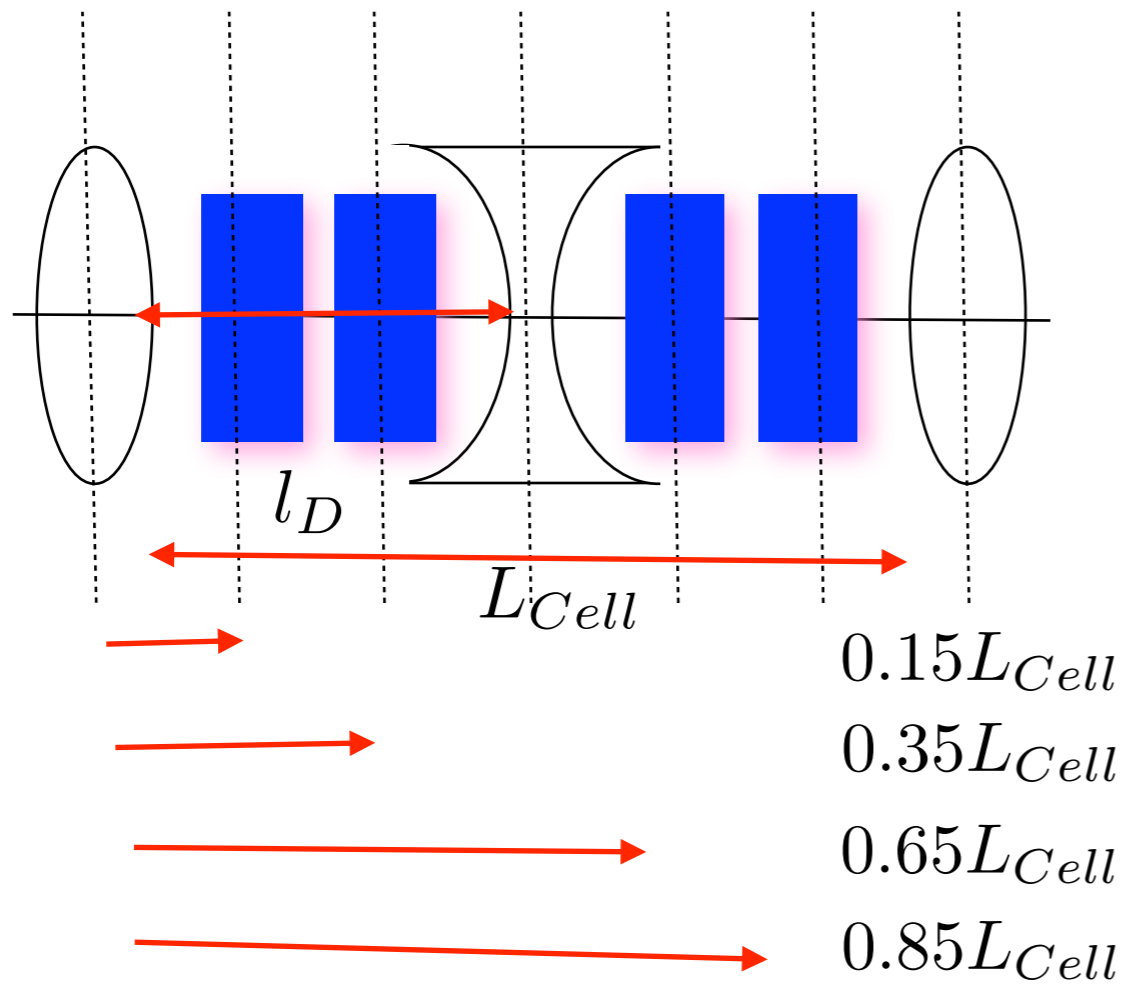
$$\beta_{max} \equiv \hat{\beta} \approx 300m$$

- ▶ 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:

$$\sin \frac{\mu}{2} = \frac{L_{Cell}}{4f_Q}$$

$$f_Q = \frac{1}{k_Q l_Q}$$



$$f_Q = 112.9m$$

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

- ▶ **Adım 2-** Maksimum beta fonksiyonu değeriinin 300 m civarında olmasını sağlayacak optik 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?

- ❖ 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;
```

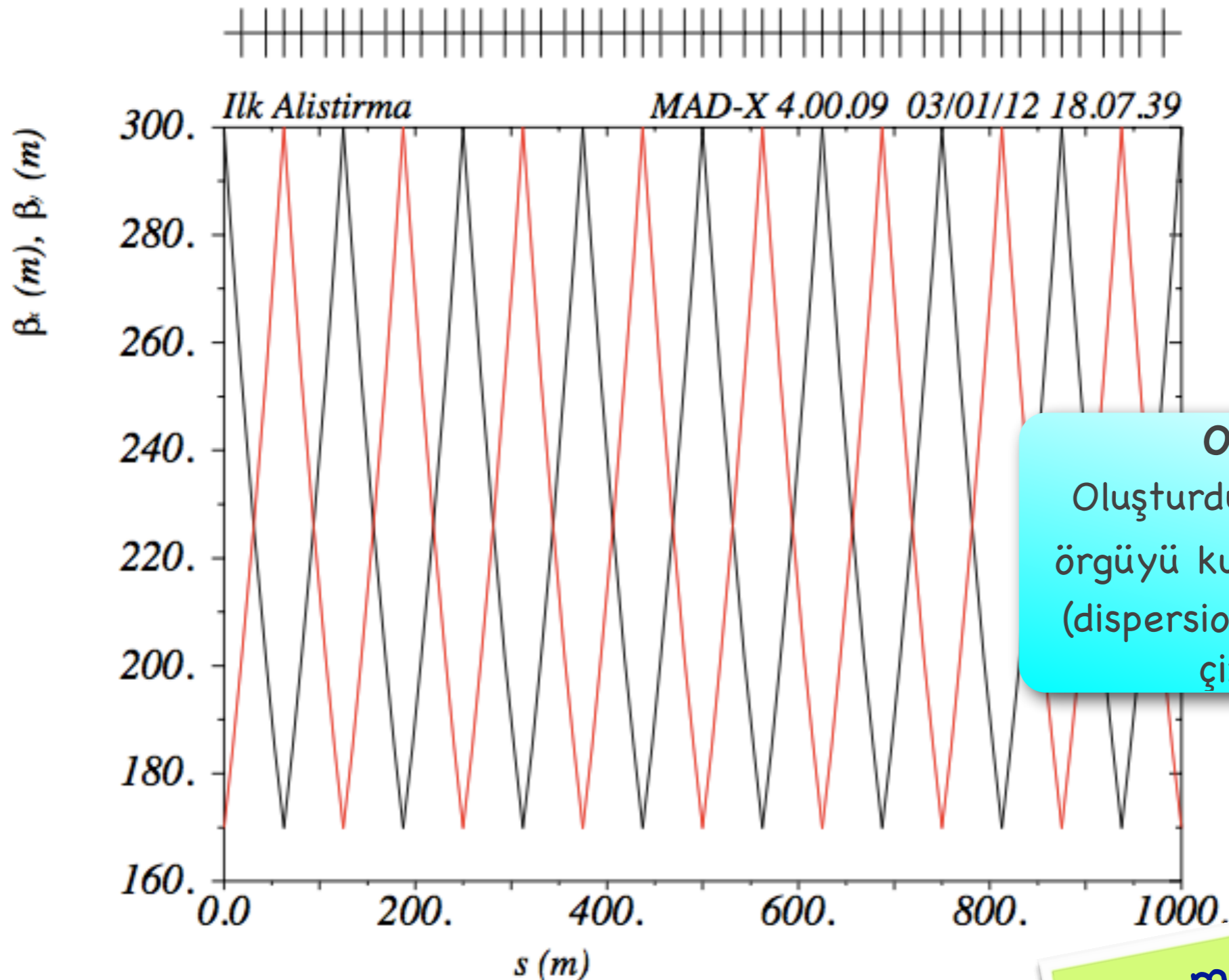

- **Adım 3-** Modelinizi "ince mercek yaklaşımı" kullanarak MADX'e uygulayınız. Sonuçları hesaplarınızla karşılaştırınız.

```
+++++ 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.



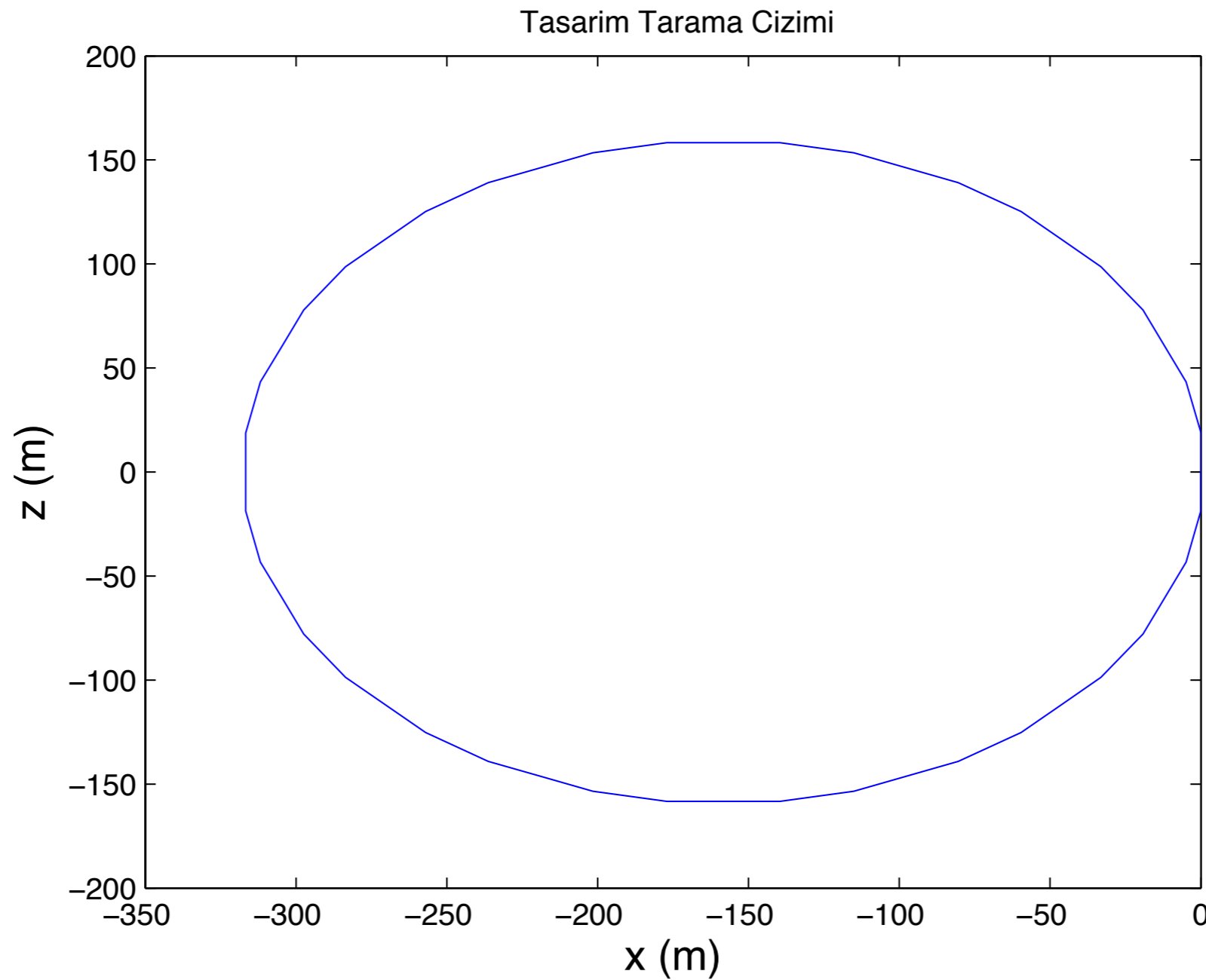
Odev 1.2

Oluşturduğumuz düzenli örgüyü kullanarak dağılım (dispersion) fonksiyonunu çizdiriniz.

madx.ps

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

survey.out kullanıldı.



tarama.eps

Ödev 1.1

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

Ödev 1.2

Oluşturduğumuz düzenli örgüyü kullanarak dağılım (dispersion) fonksiyonunu çizdiriniz.

Ödev 1.3

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

Bu alıştırmalar üzerinde akşam boyunca çalışınız. Öğretmenleriniz takıldığınız yerlerde ipuçları vermek için yanınızda olacaklar. Çözümler ya yarın sabaha açıklanacak ya da Pazar projesi olarak karşımıza çıkacaklar :)