

# CAIN ile Işınlık Hesabı

Orhan Çakır  
Ankara Üniversitesi

HPFBU 2014, 3-10 Şubat 2014, Gaziosmanpaşa Univ., Tokat

# CAIN Programı

- CAIN programı fortran dilinde yazılmış bir Monte Carlo benzetim programıdır.
- CAIN programı ile incelenebilecekler:
  - i. Coulomb alanından kaynaklanan klasik etkileşmeler (yörünge deformasyonu).
  - ii. Demetler ( $e^+$ ,  $e^-$ ,  $\gamma$ ) arasındaki ışınlık hesapları.
  - iii. Elektron / pozitron tarafından sinkrotron ışınımı (beamstrahlung) ve yüksek enerjili fotonlar (koherent çift üretim) yoluyla demet alanından kaynaklanan çift üretim
  - iv. Yüksek enerjili foton veya  $e^+$  /  $e^-$  demetlerinin alan şiddetinin lineer olmayan etkilerini de içeren lazer alanıyla etkileşmeler.
  - v. Sabit bir dış alan ile klasik ve kuantum etkileşmeler.
  - vi. Foton, elektron ve pozitron tarafından koherent olmayan  $e^+ e^-$  çift üretimi
  - vii. Bir manyetik demet hattı boyunca yüklü parçacıkların taşınması
  - viii. Hemen hemen tüm etkileşmelerde polarizasyon etkileri dahil edilebilir.

# CAIN Programı Kurulum

- CAIN programı <http://lcdev.kek.jp/~yokoya/CAIN/> adresinden indirilir.
- **tar zxvf cainX.tar.gz** komutu ile açılır.
- Açıldığı dizin cainX içerisinde **exec, in, out, source, doc** dizinleri oluşur.
- HPFBU2014 okul programında
  - Yeniden derlemek için exec dizini içerisindeki @make dosyasını aşağıdaki gibi düzeltilebilir.
  - f77 yazan yerleri g77 veya gfortran yapılır
  - ./@make all

# CAIN Programı Çalıştırma

- Hazırlanan girdi dosyası (**ornekX.i**) in dizininde bulunmalıdır.
- Bu örnek dosya exec dizininde **./@go ornekX** yazılarak çalıştırılabilir.
- Sonuçta out dizininde **ornekX.tdr** uzantılı sonuç dosyası oluşacaktır.
- Bu dosya ise uygun bir grafik programı ile bakılabilir. Önerilen program Topdrawer programıdır.
- <http://lcdev.kek.jp/~yokoya/CAIN/> adresinden “.zip” olarak indirilebilir ve “unzip” ile sisteme kolayca kurulabilir.
- Topdrawer programını çalıştırma komutu TopDrawW.exe olduğundan, exec dizinindeki **@plot** komutu herhangi bir editörle açılarak son kısmında yer olan **tdr** komutu **wine TopDrawW.exe** ile değiştirilebilir. Linux makinede kurulduğunda **td** komut satırından çalıştırılabilir.

# Girdi Parametreleri

- Burada RIGHT|LEFT parçacık demetinin sağa mı sola mı gittiğini belirtir.
- k Parçacık çeşidi sayısıdır. 1 foton, 2 elektron 3 de pozitron içindir.
- Bu kodlar hatırlanamazsa; SET photon=1, electron=2, positron=3 ;
- BEAM RIGHT, KIND=electron..... yazılır.
- N Reel parçacık sayısı.
- Np, Makro parçacık sayısı.
- E0, Demet enerjisi (eV).
- t,x,y,s Demet merkezinin geldiği referans noktası ve zamanı belirtir.
- $\beta_x, \beta_y$  Beta fonksiyonları (m).

# Girdi Parametreleri - 2

- $\epsilon_x, \epsilon_y$  geometrik emittans (rad.m). Default=(0,0).
- $\sigma_t$  k.o.k paketçik uzunluğu (m). Default=0.
- $\sigma_\epsilon$  Bağıl k.o.k enerji yayılımı. Default=0.
- $\theta_x, \theta_y$  Açı (raydan). Bir geçiş açısı olduğunda sağa ve sola giden demetlerin eğimleri aynı işaretlidir. Default=(0,0).
- $\psi_x, \psi_y$   $\partial x(y) / \partial t$  crab açısı (raydan).
- Yatay düzlemde toplam geçiş açısı  $\phi$  cross ise ve bu açı crab açısı ile karşılanıyorsa, sağa ve sola giden demetler için SLOPE VE CRAB parametreleri
- SLOPE= $\phi$  cross /2 ve CRAB= $\phi$  cross /2 olmalıdır.

# Girdi Parametreleri - 3

- $k_r, k_l$ : Sağa ve sola giden demetlerin parçacık çeşitleri
- $f_{rep}$ : Tekrarlama Frekansı (Hz). Sadece ışınlık ölçeği için kullanılır,
- $W_{min}, W_{max}, n_{bin}$ :  $W$  kütle merkezi enerjisine göre diferansiyel ışınlık için parametreleri.  $W$ .
- Eğer  $(W_{min}, W_{max})$  eV aralığında verilmezse, kütle merkezi spektrumu hesaplanamaz.  $n_{bin}$  için tanımlı değer 50'dir.

# PLOT (grafik çizme komutu)

Bu kısımda TopDrawer için ifadeler kullanılmaktadır.

PLOT HISTOGRAM : Parçacıkların histogramını çizer.

PLOT SCATTER : Laser fotonlar veya parçacıkların saçılmasını çizer.

PLOT TSTPARTICLE : Test parçacık verilerini çizer.

PLOT LUMINOSITY : Diferansiyel ışınlık grafiğini çizer.

PLOT BBFIELD : Yük dağılımı ve demet alanını çizer.

PLOT BLOPTICS : Demet çizgisi optiğinin grafiğini çizer.

PLOT FUNCTION : “ifade” ile verilen fonksiyonların grafiğini çizer.



# Diferansiyel Işınlık Çizimi

- PLOT LUMINOSITY, KIND=(k1,k2), [FILE=fn|'filename',]  
[APPEND,]
- [VLOG,|VLINEAR,]
- [PERBIN|PERHVAR,] [COLOR=color,];
- k1,k2 : Sağdan ve soldan-giden demetleri tanımlar.
- VLOG : Dikey eksenin LOG-skalasıda alınır.
- PERBIN : Yatay enerji ekseninin birim artma başına ışınlığını çizer.

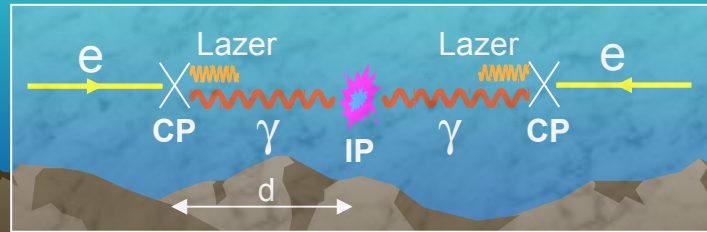
# Elektron demeti parametreleri

```
SET  photon=1, electron=2, positron=3,  
      mm=1D-3, micron=1D-6, nm=1D-9,  
      mu0=4*Pi*1D-7,  
      ee=250D9, gamma=ee/Emass,  
      an=0.4D10, sigz=0.03*mm,  
      betax=10.0*mm, betay=0.15*mm,  
      emitx=2D-6/gamma, emity=2D-8/gamma,  
      sigx=Sqrt(emitx*betax),  
      sigy=Sqrt(emity*betay);
```

# Foton-Foton çarpışmasında ışınlık spektrumu

Dönüştürme Noktaları(CP): Lazer fotonlarının elektronlarla ters Compton saçılması sonucunda yüksek enerjili fotonlar elde edilir.

Etkileşme Noktası(IP): Yüksek enerjili fotonların etkileşim bölgesidir.



# Lazer fotonu parametreleri

$\text{laserwl}=1.053*\text{micron}$ ,  $\text{pulseE}=1.0$ ,  $\text{lambar}=\text{laserwl}/(2*\text{Pi})$ ,

$\text{omegal}=\text{Hbarc}/\text{lambar}$ ,  $\text{rlx}=0.1*\text{mm}$ ,  $\text{rly}=0.1*\text{mm}$ ,  
 $\text{sigt}=0.23*\text{mm}$ ,

$\text{powerd}=\text{pulseE}*C\text{vel}/[\text{Pi}*\text{lambar}*\text{sigt}*\text{Sqrt}(2*\text{Pi}*\text{rlx}*\text{rly})]$ ,

$\text{xisq}=\text{powerd}*\mu_0*C\text{vel}*(\text{lambar}/E\text{mass})^2$ ,  
 $\text{xi}=\text{Sqrt}(\text{xisq})$ ,

$\text{eta}=\text{omegal}*e/E\text{mass}^2$ ,  $\text{lambda}=4*\text{eta}$ ,

$\text{angle}=0.0$ ,  $\text{dcp}=50.0*\text{mm}$  ; !  $\text{dcp}=\text{CP-to-IP dist.}$

# Demet Hazırlanması

```
BEAM RIGHT, KIND=electron, NP=5000, AN=an, E0=ee,  
TXYS=(0,0,0,0), GCUTT=ntcut, SIGE=sige,  
BETA=(betax,betay), EMIT=(emitx,emity), SIGT=sigz, SPIN=(0,0,-1);
```

```
BEAM LEFT, KIND=electron, NP=5000, AN=an, E0=ee,  
TXYS=(0,0,0,0), GCUTT=ntcut, SIGE=sige,  
BETA=(betax,betay), EMIT=(emitx,emity), SIGT=sigz, SPIN=(0,0,1);
```

```
LASER LEFT(RIGHT), WAVEL=laserwl, POWERD=powerd,  
TXYS=(-dcp,0,off/2,-dcp),  
E3=(0,-Sin(angle),-Cos(angle)), E1=(1,0,0),  
RAYLEIGH=(rlx,rly), SIGT=sigt, GCUTT=ntcut, STOKES=(0,1,0) ;
```

# Lazer-elektron ve lazer- $\gamma$ etkileşimleri

```
LASERQED COMPTON, NPH=5, XIMAX=1.1*xi,  
LAMB DAMAX=1.1*lambda ;
```

```
LASERQED BREITW, NPH=5, XIMAX=1.1*xi,  
ETAMAX=1.1*eta ;
```

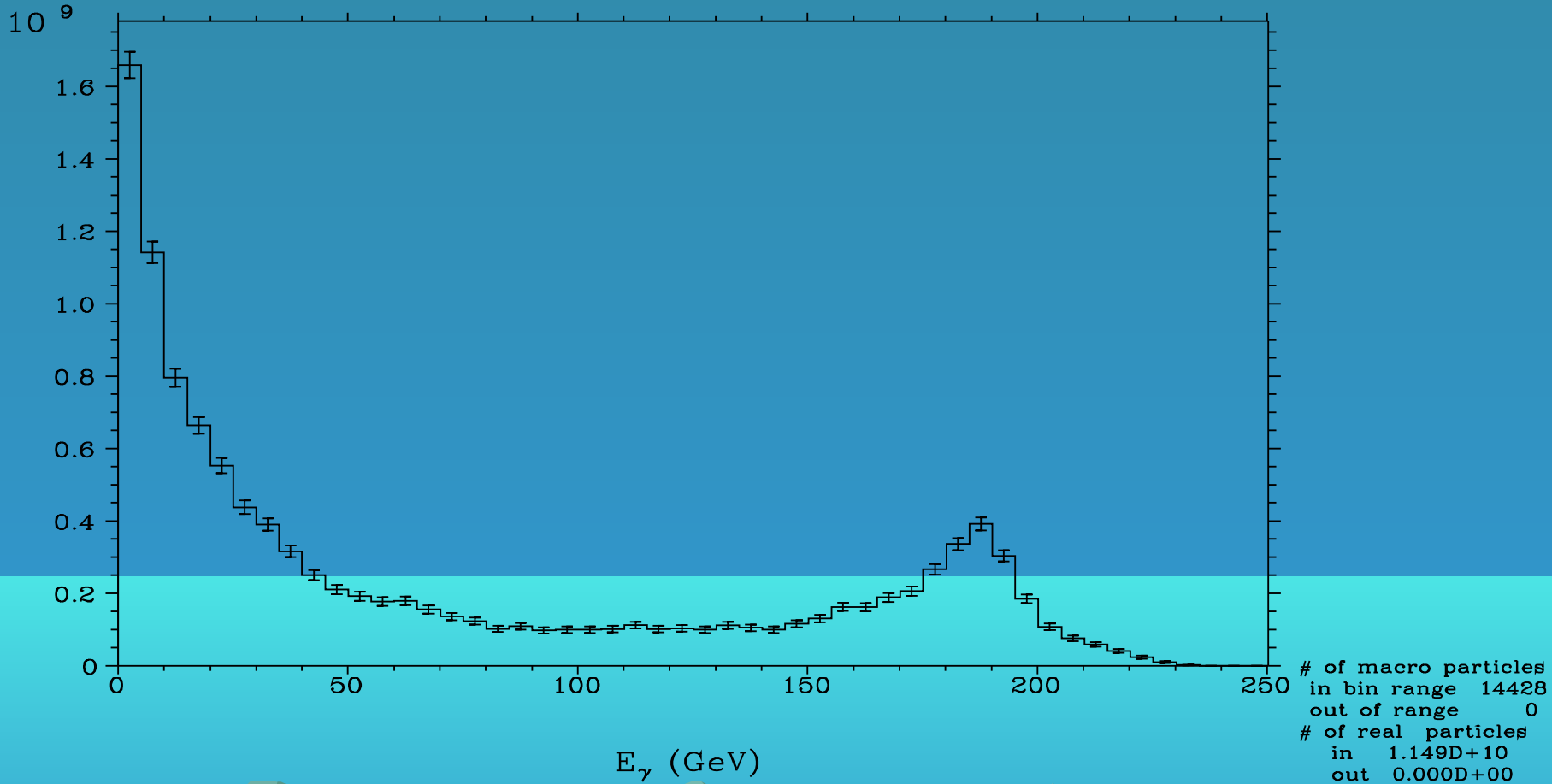
```
PUSH Time=(-ntcut*(sigt+sigz)-dcp,ntcut*(sigt+sigz)-  
dcp,500);  
  IF Mod(it,50)=0;  
    PRINT it, FORMAT=(F6.0,'-th time step'); PRINT  
    STAT, SHORT;  
  ENDIF;  
  SET it=it+1;  
ENDPUSH;
```

# Dönüşümden sonra foton enerji spektrumu

CLIC G d

00:12:59(22-APR-05) CAIN2.3a

All Photon Energy Spectrum after CP



# Verilerin Kaydedilmesi

! Pull all particles to the IP  
DRIFT S=0;

! Store variables  
STORE FILE='temp2.dat';

! Write particle data onto a file for the job for IP  
WRITE BEAM, KIND=(photon,photon),  
FILE='temp.dat';



# Etkileşme Noktası (IP)

! Restore variables

```
RESTORE FILE='temp2.dat';
```

! Read particle data from file

```
BEAM FILE='temp.dat';
```

!...Compute the luminosity

```
LUMINOSITY KIND=(photon,photon),  
W=(0,500E9,50), WX=8*sigx, WY=8*sigy,  
FREP=200*154;
```

# Işınlık Grafiklerinin Çizilmesi

- PLOT LUMINOSITY, KIND=(photon,photon);

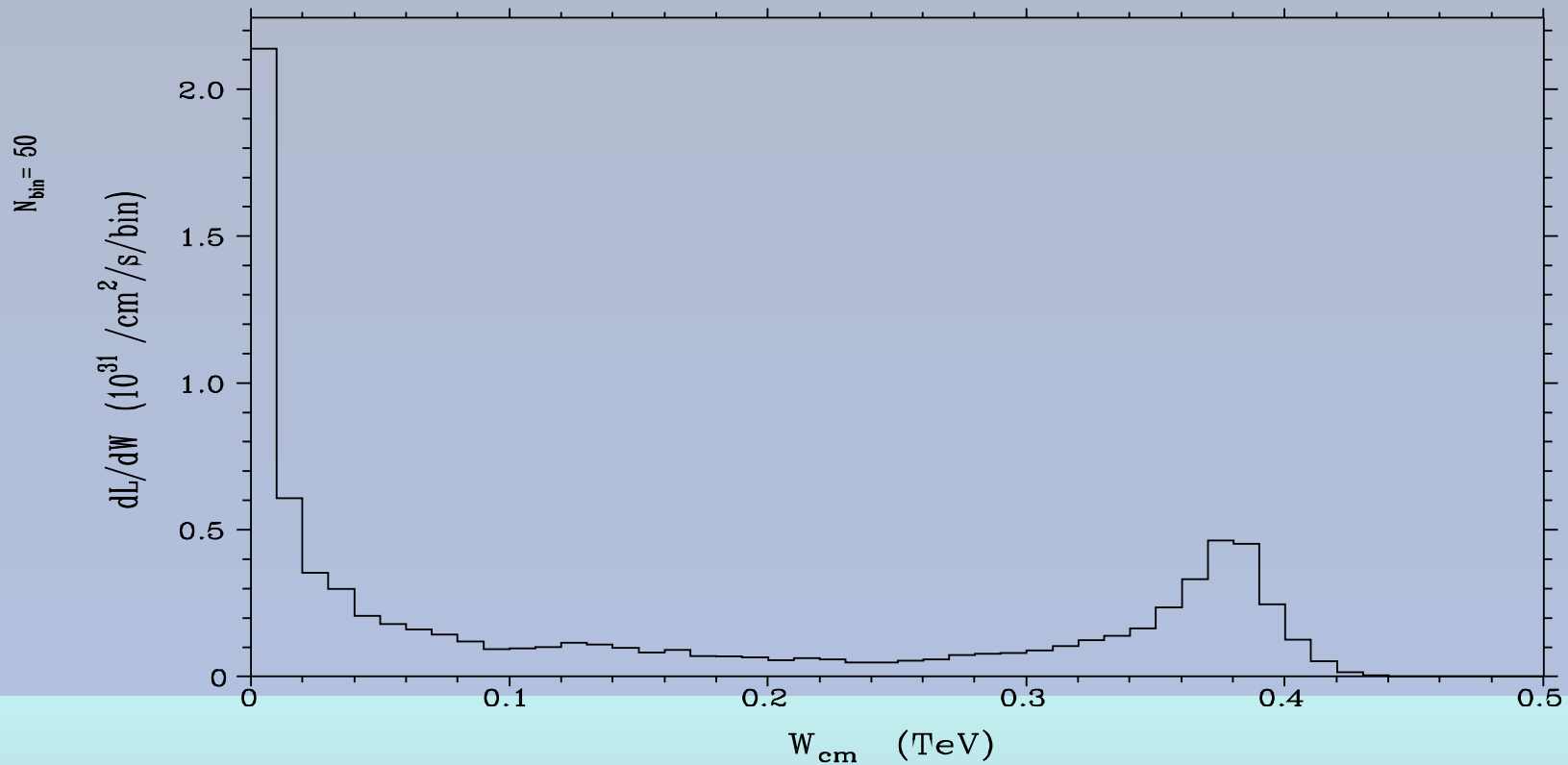
```
PLOT HIST, KIND=photon, RIGHT,  
H=En/1D3, HSCALE=(0,egmax/1e3,50),  
TITLE='Photon Energy Spectrum;',  
HTITLE='E0G1 (keV); XGX      ;' ;
```

# $\gamma\gamma$ Işınlık Spektrumu

CLIC G d

Luminosity Spectrum ( $\gamma,\gamma$ )

23:47:32(21-APR-05) CAIN2.3a



Total luminosity  $8.367 \pm 0.050(\text{stat.}1\sigma)$  plotted range  $8.367 \times 10^{31} / \text{cm}^2 / \text{s}$

# Özet

- Dönüşümden elde edilen yüksek enerjili fotonların maksimum enerjisi  $E_{\gamma}^{\max} = E_e x / (x + 1)$  ile verilir, burada  $x \cong 4.8$ .
- Teorik olarak foton-foton çarpıştırıcısının ışınlığı  $L_{\gamma\gamma} = (N_{\gamma}/N)^2 L_{ee} \approx (0.3)^2 L_{ee}$  olarak hesaplanmaktadır. Burada  $L_{ee} = f_{\text{rep}} N^2 / (4\pi\sigma_x\sigma_y)$  geometrik ışınlıktır.
- CAIN programı ile simulasyonda CLIC e<sup>-</sup>e<sup>-</sup> çarpıştırıcısı için ışınlık  $L_{e^-e^-} = 5.161 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  ve  $\gamma\gamma$  için  $L_{\gamma\gamma} = 8.367 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  bulunmuştur.  $L_{\gamma\gamma} / L_{e^-e^-}$  oranı  $\sim \%1.6$  elde edilmiştir (d=5 cm alınmış ve polarizasyon dikkate alınmamıştır).

+

O.Cakir

HPFBU14

21