



CAIN PROGRAMI ile DEMET-DEMET SİMÜLASYONU

E. RECEPOĞLU

TAEK-Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi

erdal.recepoglu@taek.gov.tr

Işınlık

Işınlık artırma faktörü

CAIN Programı kurulması ve çalıştırılması

Çarpışma bölgesinin simülasyonu

IŞINLIK

Karşılıklı hareket eden paketçiklerdeki parçacık sayıları N_1 ve N_2 enine demet boyutları σ_{x1} , σ_{x2} , σ_{y1} , σ_{y2} ve çarpışma frekansı f_c olmak üzere ışınlık değeri aşağıdaki gibi verilir.

$$L_0 = \frac{N_1 N_2}{2\pi \sqrt{(\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2)(\sigma_{y1}^2 + \sigma_{y2}^2)}} f_c$$

Buna geometrik ışınlık denir.

Işınlık Artırma Faktörü:

- Çarpışan demetlerden birinin oluşturacağı elektromagnetik alan diğer demeti çarpışma sırasında etkiler ve sonuçta enine demet boyutları için nominal boyutlarından farklı olarak yeni etkin demet boyutlarına sahip olmasına sebep olur.
- Bu olayda sonuçta zıt yüklü demetlerin çarpışmasında ışınlığın artmasına neden olacağından geometrik ışınıktan farklı olarak yeni bir etkin ışınlığın ortaya çıkmasına neden olur.
- Çarpışma noktası civarında karşılıklı gelen iki paketçiğin birbirini etkilemesi sonucu parçacıkların yörüngelerindeki eğilme, tutam (pinch) etkisi olarak da bilinir.
- Işınlık artırma faktörü , etkin ışınlığın geometrik ışınığa oranı olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$H_D = \frac{L}{L_0}$$

Gerekli Programlar

- Linux
- g77
- Gnuplot
- Ghostview
- Topdrawer

CAIN Programı

- CAIN programı fortran dilinde yazılmış bir mc simülasyon programıdır.

- CAIN programı ile incelenebilecekler:
 - i. Coulomb alanından kaynaklanan klasik etkileşmeler (yörünge deformasyonu).
 - ii. Demetler (e^+ , e^- , γ) 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.

Programın Kurulması ve Çalıştırılması

- CAIN programı <http://acc-physics.kek.jp/Yokoya/default.html> veya <http://www-jlc.kek.jp/~tauchi/linux.program/> adresinden indirilir.
- tar zxvf cain21e.tar.gz komutu ile açılır.
- Açıldığı dizin cain21e içerisinde exec, in, out, source, doc dizinleri oluşur.
- Exec dizini içerisindeki @make dosyasını aşağıdaki gibi düzeltilmelidir.

16. satırdaki # kaldır.

17. satır # ile kapat. Sysname hosttype yap.

18 satırdan itibaren 53. satır dahil sil.

54. satırdaki sadece "\$else" komutunu sil.

f77 yazan yerleri g77 yap.

/@make all yap.

Program çalışmaya hazır....

- Hazırlanan girdi dosyası (ornek.i) in dizininde bulunmalıdır.
- Bu örnek dosya exec dizininde ./@go ornek yazılarak çalıştırılabilir.
- Sonuçta out dizininde ornek.tdr uzantılı sonuç dosyası oluşacaktır.
- Bu dosya ise uygun bir grafik programı ile bakılabilir. Önerilen program **Topdrawer** programıdır.
- Bu program http://gnxas.unicam.it/XASLABwww/pag_gnxas/gnxas_rel_soft.html
- Adresinden rpm olarak indirilebilir ve rpm -i komutu ile sisteme kolayca kurulabilir.
- Rpm ile kurulan Topdrawer programını çalıştırma komutu td olduğundan, exec dizinindeki @plot komutu herhangi bir editörle açılarak son kısmında yer olan tdr komutu td ile değiştirilmelidir.

Örnek dosyada girilen komutların açıklanması:

BEAM RIGHT|LEFT, KIND= k , AN= N , NP= Np , E0= $E0$, [TXYS=(t,x,y,s),] BETA=(β_x, β_y),
[ALPHA=(α_x, α_y),] [EMIT=(ϵ_x, ϵ_y),] [SIGT= σ_t ,] [SIGE= σ_e ,] [GCUT=(n_x, n_y),] [GCUTT= n_t ,]
[GCUTE= n_e ,] [GAUSSWEIGHT= ig ,] [ELLIPTIC,] [TUNIFORM,] [EUNIFORM,]
[SLOPE=(θ_x, θ_y),] [CRAB=(ψ_x, ψ_y),] [ETA=(η_x, η_y),]

Burada RIGHT|LEFT parçacık demetinin sağa mı sola mı gittiğini belirtir.
 k Parçacık çeşididir. 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.

Twiss parametrelerinin tanımlandığı yerdir. Default=(1,0,0,0)

β_x, β_y Beta fonksiyonları (m).

β_x, β_y Beta fonksiyonları (m).

α_x, α_y Alfa fonksiyonları.

ϵ_x, ϵ_y K.o.k geometrik emittans (rad.m). Default=(0,0).

σ_t K.o.k paketçik uzunluğu (m). Default=0.

σ_ϵ Bağıl k.o.k enerji yayılımı. Default=0.

θ_x, θ_y Açı (raydan). Bir geçiş açısı olduğunda sağa ve sola giden demetlerin eğimleri aynı işaretlidir. Default=(0,0).

ψ_x, ψ_y $\partial x(y) / \partial t$ crab açısı (raydan).

Yatay düzlemde toplam geçiş açısı ϕ cross ise ve bu açı crab açısı ile karşılanıyorsa, sağa ve sola giden demetler için SLOPE VE CRAB parametreleri

SLOPE= ϕ cross /2 ve CRAB= ϕ cross /2 olmalıdır.

LUMINOSITY KIND=(kr,kl), [FREP=frep,]
[W=(Wmin,Wmax,nbin),|W=(W0,W1,. . .,Wnbin),|W=warray,]
[E1=(E1min,E1max[,n1bin]),|E1=(E1,0,E1,1,. . .,E1,n1bin),|E1=e1array,]
[E2=(E2min,E2max[,n2bin]),|E2=(E2,0,E2,1,. . .,E2,n2bin),|E2=e2array,]
WX=(wx[,wxm]), WY=(wy[,wym]), [HELICITY,] [ALLPOL,] ;

kr,kl : Sağa ve sola giden demetlerin parçacık çeşitleri

frep : Tekrarlama Frekansı (Hz). Sadece ışınlık ölçeği için kullanılır, Tam değeri: 1Hz.

Wmin,Wmax,nbin: W kütle merkezi enerjisine göre diferansiyel ışınlık için parametreleri. W.

Eğer (Wmin,Wmax) eV aralığında verilmezse, kütle merkezi spektrumu hesaplanamaz. **nbin** için tanımlı değer 50'dir.

PLOT

Bu kısımda TopDrawer 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.

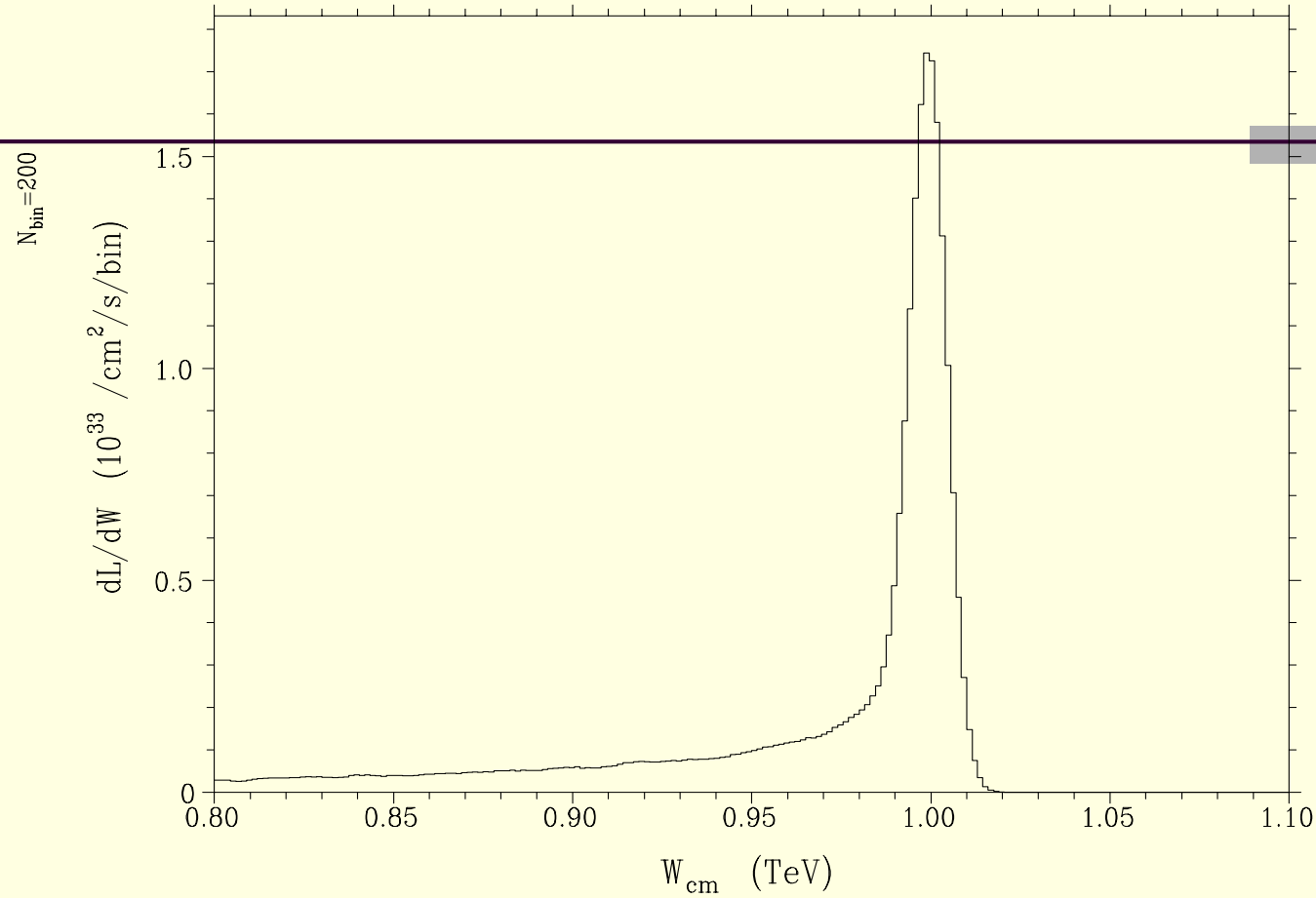
Çizelge 1. CLIC Parametreleri

Parameter	Symbol	Unit	Centre-of-mass energy (TeV)			
			0.5	1	3	5
Beam at IP						
Luminosity (with pinch)	L	$(10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$	1.4	2.7	10.0	10.0
Luminosity (in 1% of energy)	$L_{1\%}$	$(10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$	1.0	1.5	3.0	2.4
Beamstrahlung mom. spread	δ_B	(%)	4.4	11.2	31	36.6
Beamstrahlung parameter	Y	(-)	0.3	1.0	8.1	18.8
No. of photons/electron	N_γ	(-)	0.7	1.1	2.3	3.2
Linac repetition rate	f_{rep}	(Hz)	200	150	100	50
No. of particles/bunch	N_b	$(10^9 e^\pm)$	4.0	4.0	4.0	4.0
No. of bunches/pulse	k_b	(-)	154	154	154	154
Bunch spacing	Δ_b	(cm)	20	20	20	20
Transverse emittances	$\gamma\epsilon_{x/y}$	$(10^{-8} \text{ rad}\cdot\text{m})$	200/2	130/2	68/2	78/2
Beta functions	$\beta_{x/y}$	(mm)	10/0.15	10/0.15	8/0.15	6/0.15
r.m.s. beam size (no pinch)	$\sigma_{x/y}$	(nm)	202/2.5	115/1.75	43/1	31/0.78
Bunch length	σ_z	(μm)	30	30	30	25
Enhancement factor	H_D	(-)	1.81	1.86	2.24	2.53
Beam power per beam	P_b	(MW)	4.9	7.4	14.8	12.3
Main linac						
RF frequency of main linac	$\omega/2\pi$	(GHz)	30	30	30	30
Acceleration field (loaded)	G_a	(MV/m)	150	150	150	172
Energy overhead	ovh	(%)	8	8	8	8
Active length per linac	L_A	(km)	1.74	3.54	10.74	15.64
Total length of two linacs	L_{tot}	(km)	5	10	27.5	40
RF power at section input	P_{st}	(MW)	229	229	229	301
No. of drive beams/linac	N_D	(-)	4	8	22	32
No. of structures per linac			3470	7070	21470	31282
AC-to-RF efficiency	$\eta_{\text{RF}}^{\text{AC}}$	(%)	40.3	40.3	40.3	40.3
RF-to-beam efficiency (incl. ovh)	η_b^{RF}	(%)	24.4	24.4	24.4	21.3
AC-to-beam efficiency	η_b^{AC}	(%)	9.8	9.8	9.8	8.5
AC power for RF generation	P_{AC}	(MW)	100	150	300	290

Örnek girdi dosyası (CLIC 1 TeV) parametreler için çizelge 1'e bakınız.

- SET mm=1E-3, micron=1E-6, nm=1E-9,
- ee=500E9, gamma=ee/Emass, an=0.4E10,
- sigz=30*micron, betax=10*mm, betay=0.15*mm,
- emitx=1.3D-6/gamma, emity=2D-8/gamma,
- sigx=Sqrt(emitx*betax), sigy=Sqrt(emity*betay),
- sigxp=sigx/betax, sigyp=sigy/betay ;
- SET MsgLevel=1;

- ! Define electron/positron beams at IP
- BEAM RIGHT, KIND=2, NP=20000, AN=an, E0=ee,
BETA=(betax,betay), EMIT=(emitx,emity),
SIGT=sigz,SIGE=0.007;
- BEAM LEFT, KIND=3, NP=20000, AN=an, E0=ee,
BETA=(betax,betay), EMIT=(emitx,emity),
SIGT=sigz,SIGE=0.007;
- ! Longitudinal mesh size for luminosity and beam-field calculation.
- SET Smesh=sigz/2;
- ! Define luminosities to be calculated
- LUMINOSITY KIND=(2,3), W=(800E9,1100E9,200),
WX=8*sigx, WY=8*sigy, FREP=150*154 ;
- LUMINOSITY KIND=(2,1), W=(0,2*1.001*ee,50);
- LUMINOSITY KIND=(1,1), W=(0,2*1.001*ee,50);
- ! Define parameters for beam-beam field calculation
- BBFIELD NX=32, NY=32, WX=8*sigx, R=sigx/sigy/2;



Total luminosity $2.767 \pm 0.005(\text{stat.}1\sigma)$ plotted range $2.460 \times 10^{34} / \text{cm}^2 / \text{s}$

Şekil 4. $E_{cm} = 1$ TeV için elde edilen ışınlık spektrumu.

KAYNAK:

1- Yokoya, K. 1985. A Computer Simulation Code for the Beam-Beam Interaction in Linear Colliders. KEK Report 85-9

İlgili Bağlantılar:

1- <http://acc-physics.kek.jp/Yokoya/default.html>

2- http://gnxas.unicam.it/XASLABwww/pag_gnxas/gnxas_rel_soft.html