



PYTHIA 8x

Orhan akır
AU & IAU



HPFBU 2015, 1-8 Şubat 2015, Anadolu Üniv., Eskişehir

PYTHIA* GİRİŞ

- **PYTHIA**, seçilen fizik modeli çerçevesinde Monte Carlo teknikleri kullanarak yüksek enerji fiziği olaylarını üretme programıdır. Parçacık çarpışmalarının ve etkileşmelerinin benzetiminde kullanılır. Program, orta ve yüksek momentum aktarımlı etkileşmeleri, etkileşmede çıkan parçacıkların bozunma ve dallanmalarını, saçılma tesir kesitini, ilk durum ve son durum ışımalarını, çoklu etkileşmeleri, parton dağılım fonksiyonlarını ve partonların hadronlaşması için gerekli alt programları içermektedir.



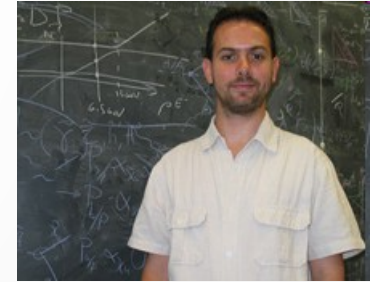
Torbjörn Sjöstrand, LUND

<http://home.thep.lu.se/~torbjorn>



Steven Mrenna, FNAL

<http://home.fnal.gov/~mrenna>



Peter Skands, FNAL

<http://skands.web.cern.ch/skands>

*T. Sjostrand et al., An Introduction to PYTHIA 8.2, arXiv:1410.3012 [hep-ph]

PYTHIA TARİHÇESİ

Pythia 6

The Lund Monte Carlo



Downloads

Example Programs

Wiki & Bug Reports

Current update notes

SVN (for experts)

Authors:

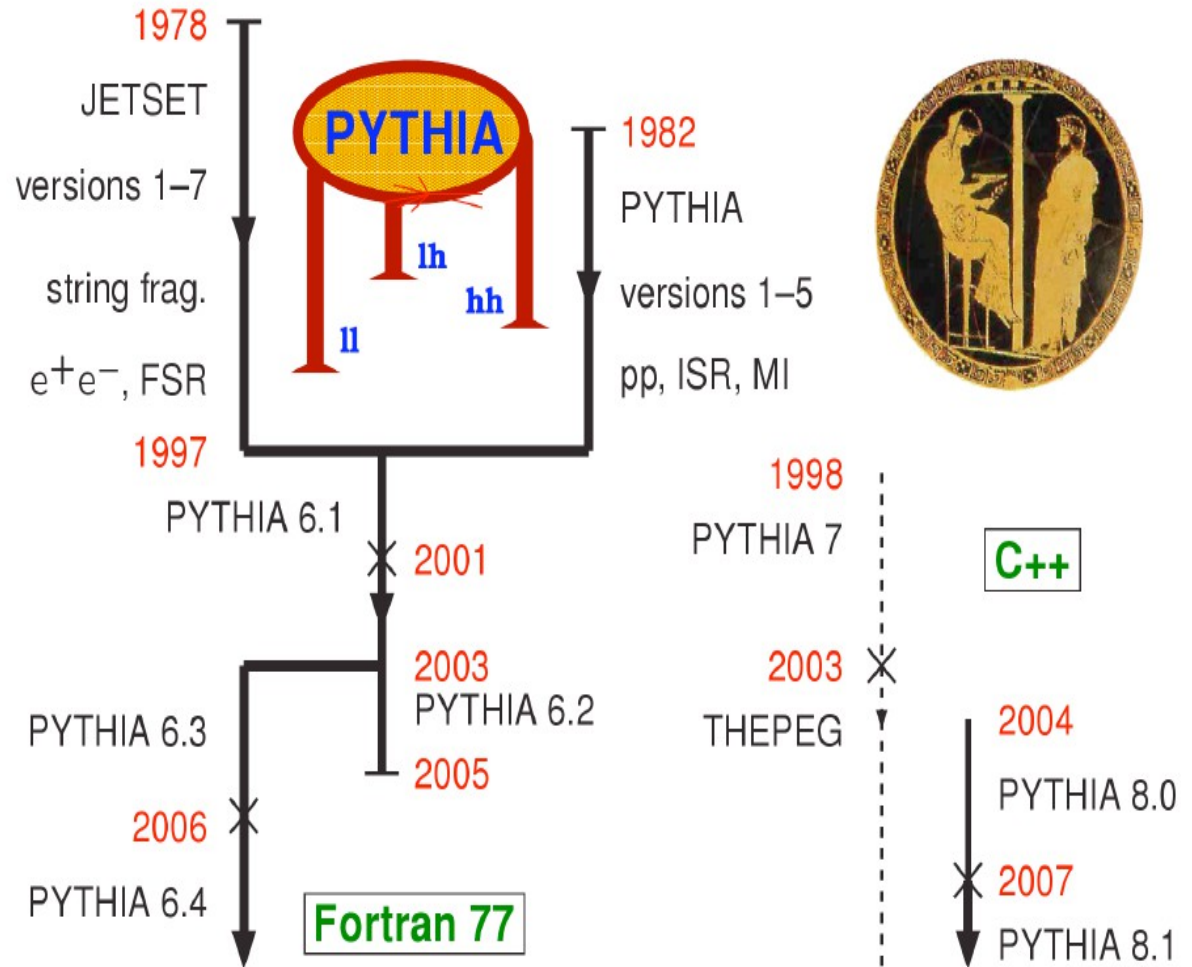
Torbjörn Sjöstrand
Stephen Mrenna
Peter Skands

Contact us

External Links:

Pythia 8

MC Validation Plots (mcplots)



PYTHIA BENZETİM

Benzetim

Olay Üretimi

Araçlar: MC üreticiler (PYTHIA, ...)

Çıktı: son durum parçacıklar



Algıç Benzetimi

Araçlar: MC benzetici (GEANT4, ...)

Çıktı: benzetilmiş algıç tepkisi



Olay Yapılandırma

Araçlar: Algıçların yazılım paketleri (özel programlar; algoritmalarda MC kullanımı)

Çıktı: yapılandırılmış fiziksel nesnelere (elektronlar, muonlar, jetler, ...)



Veri Analizi

Araçlar: İstatistik (ROOT, ...; algoritmalarda MC kullanımı)

Çıktı: yeni bilgi (histogramlar, parametre / sınır tahminleri, hipotez testleri, makale, konuşmalar, ...)

'Gerçek hayat'

Çarpışmalar

Araçlar: Hızlandırıcılar (LHC, ...)

Çıktı: son durum parçacıklar



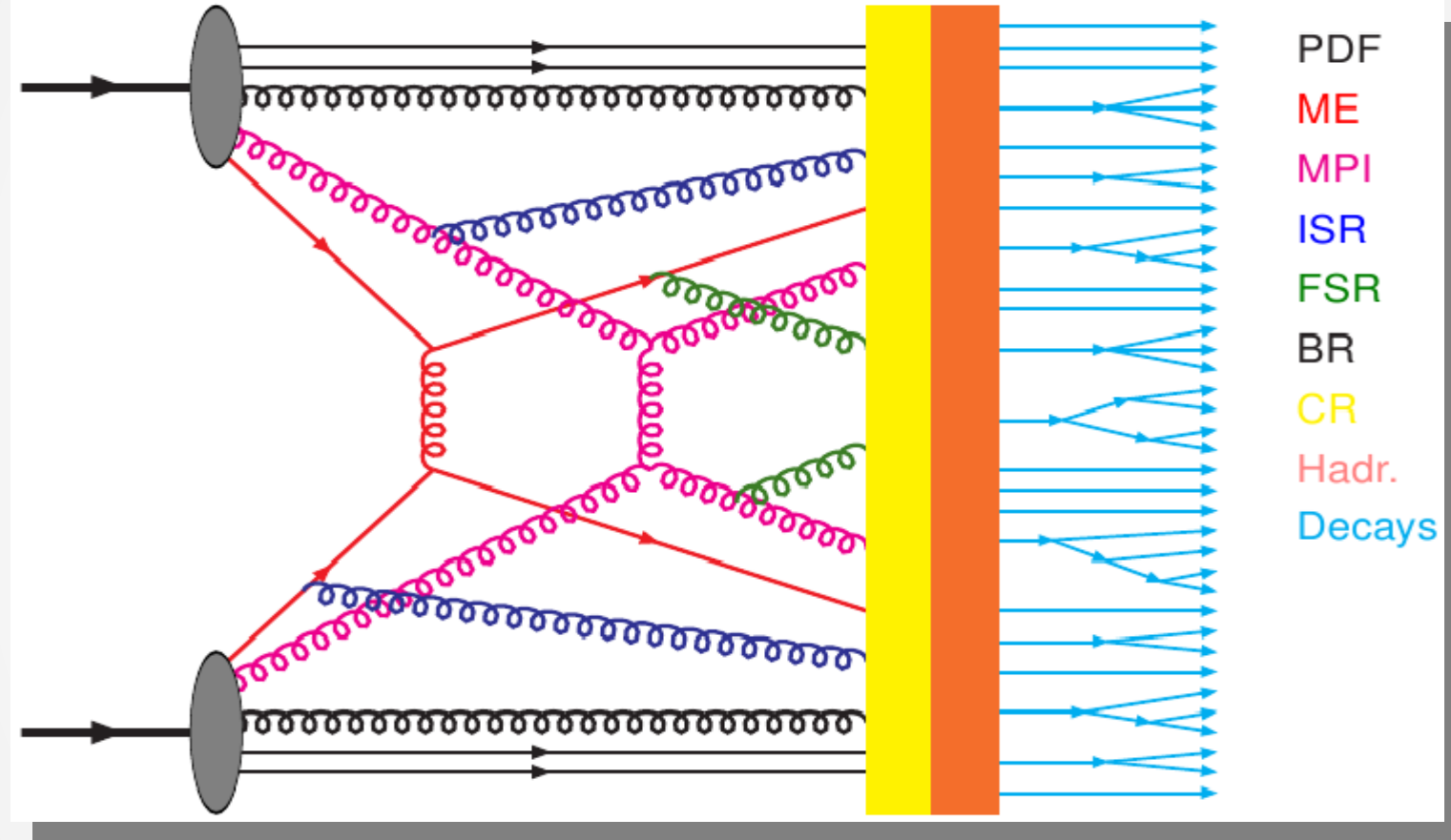
Veri Alımı

Araçlar: Algıçlar (ATLAS, CMS, ...)

Çıktı: algıç tepkisi



PYTHIA HADRONİK SÜREÇ



Genel-amaçlı olay üreticiler: PYTHIA, HERWIG, SHERPA.

PYTHIA boyutu: ~ 3MB (PYTHIA 6.4 (Fortran)), ~ 38MB PYTHIA 8.2 (C++).

PYTHIA 8X YAPISI



LUND
UNIVERSITY

PYTHIA

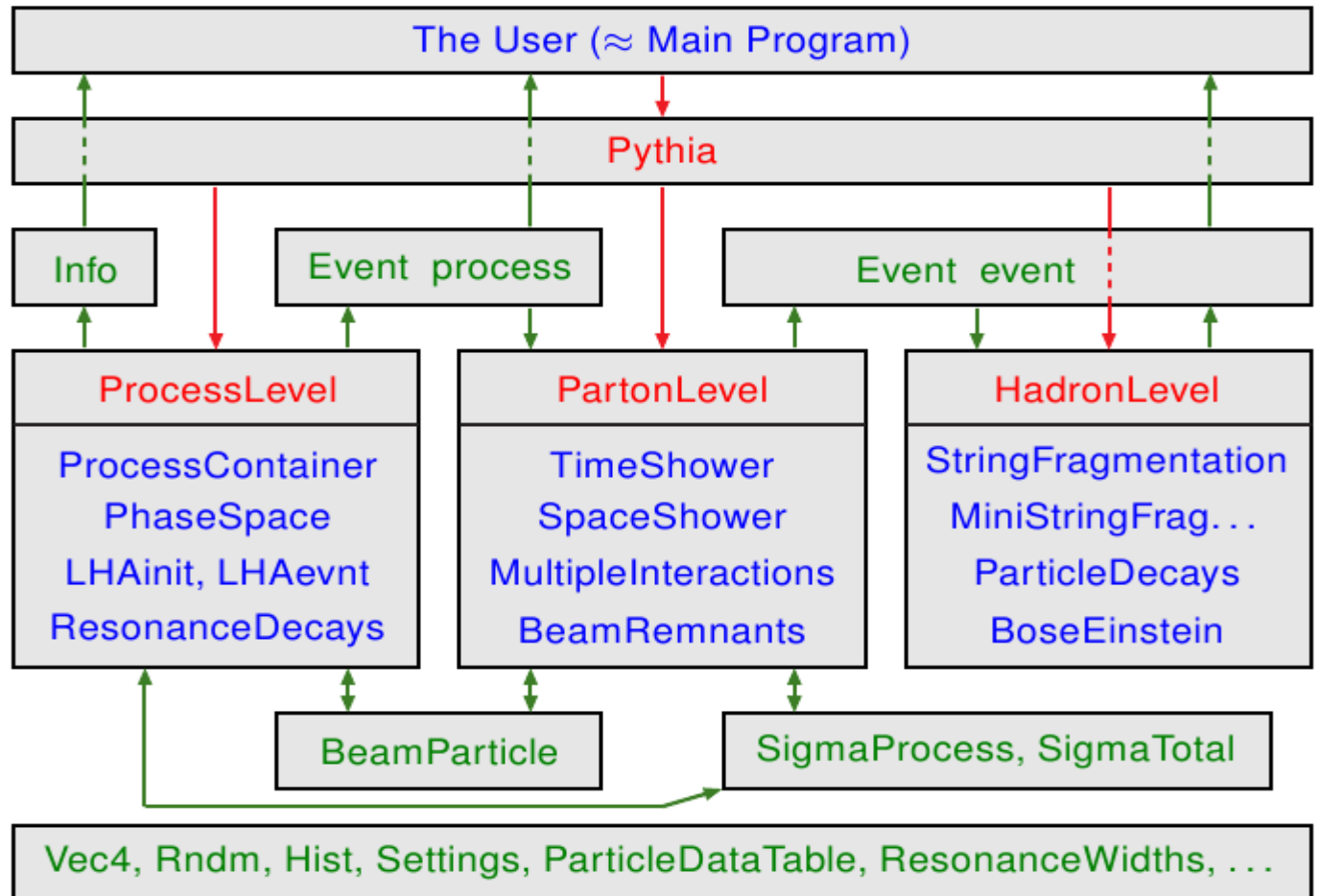


Index

Introduction
Past
Recent
Present
Future
Contact

Authors

Torbjörn Sjöstrand
Jesper Christiansen
Nishita Desai
Philip Ilten
Stephen Mrenna
Stefan Prestel
Christine Rasmussen
Peter Skands



PYTHIA 8X PARÇACIK KODLARI (MC)

- Bazı Parçacıkların ID Kodları

<http://pdg.lbl.gov/2014/reviews/rpp2014-rev-monte-carlo-numbering.pdf>

1	d	11	e^-	21	g	211	π^+	111	π^0	213	ρ^+	2112	n
2	u	12	ν_e	22	γ	311	K^0	221	η	313	K^{*0}	2212	p
3	s	13	μ^-	23	Z^0	321	K^+	331	η'	323	K^{*+}	3122	Λ^0
4	c	14	ν_μ	24	W^+	411	D^+	130	K_L^0	113	ρ^0	3112	Σ^-
5	b	15	τ^-	25	H^0	421	D^0	310	K_S^0	223	ω	3212	Σ^0
6	t	16	ν_τ			431	D_s^+			333	ϕ	3222	Σ^+

Karşıit-parçacıklar için ID kodları yukarıda karşı gelen parçacığın kodunun negatif işaretlisi olarak yazılır. Örnek: karşıit-üst kuark (-6).

PYTHIA 8X BAZI HADRON KODLARI (MC)

- Bazı Hadronların ID Kodları

Mezonlar: $100 |q_1| + 10 |q_2| + (2s+1)$; $|q_1| > |q_2|$;

Örnek: D^+ (c dbar) mezon id kodu $100 \times 4 + 10 \times 1 + (1) = 411$,

ve D^0 (c ubar) mezon id kodu $100 \times 4 + 10 \times 2 + (1) = 421$.

Bayonlar: $1000 q_1 + 100 q_2 + 10 q_3 + (2s+1)$; $q_1 > q_2 > q_3$

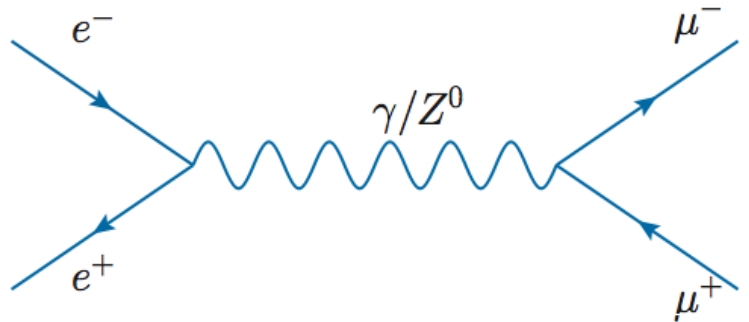
Örnek: p^+ (uud) baryon id kodu $1000 \times 2 + 100 \times 2 + 10 \times 1 + (2) = 2212$.

PYTHIA 8X FİZİK SÜRECİ ÖRNEK 1

Yüksek enerji fiziği süreçleri genelde karmaşıktır, yani ışımalar içerir, halkalar içerir, vd. Ancak ilk yaklaşım olarak bu süreçler, temel parçacıklar (leptonlar, kuarklar ve ayar parçacıkları) arasındaki temel seviyede etkileşimler olarak alınabilir.

• Örnek 1

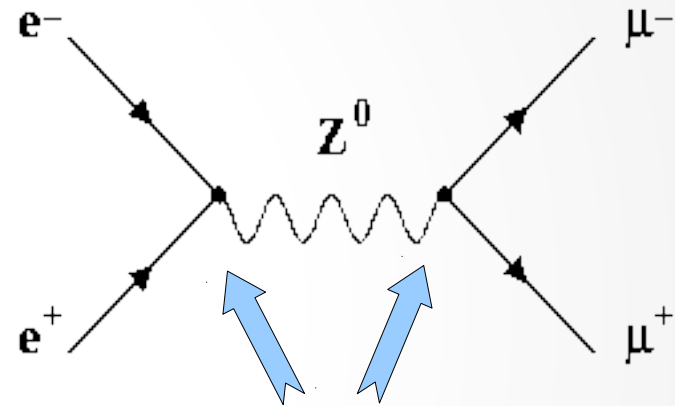
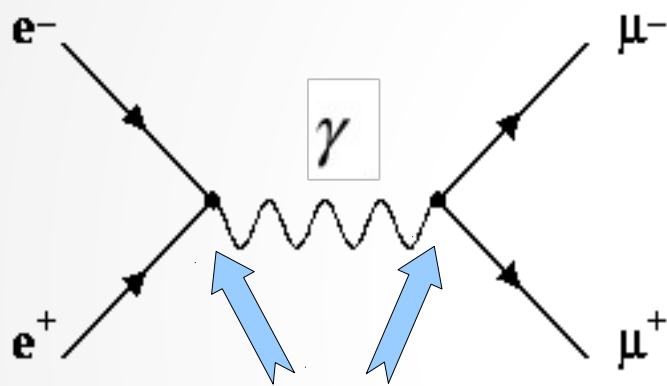
Gelecekte kurulacak bir doğrusal e^+e^- çarpıştırıcıda $e^-e^+ \rightarrow \gamma / Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ sürecini çalışmak için PYTHIA'da ilgili fizik sürecin seçimi, üretim, bozunum ve sonuçların yazdırılmasını bulunduran bir örnek verilecektir. Burada Feynman diyagramları **JaxoDraw*** ile çizilmiştir.



***JaxoDraw2.1**, <http://jaxodraw.sourceforge.net/>

PYTHIA 8X SÜREÇLERLE ÇALIŞMA

- $e^+e^- \rightarrow \gamma/Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ [ffbar2gmZ]



Köşeler: $\sim g_e \gamma^\mu$:

$\sim g_Z \gamma^\mu (c_V^f - c_A^f \gamma^5)$

İlerleticiler: $\sim 1/q^2$: $\sim 1/(q^2 - m_Z^2 + im_Z \Gamma_Z)$

Genlik: $M = M_1 + M_2$; $|M|^2 = |M_1|^2 + |M_2|^2 + 2M_1 M_2^*$

Tesir kesiti: $\sigma \sim [\langle |M|^2 \rangle / PA] \times \text{LDFU}$

PYTHIA 8X ÖNTANIMLI SÜREÇ SEÇİMİ

Process Selection

- QCD
- Electroweak
- Onia
- Top
- Fourth Generation
- Higgs
- SUSY
- New Gauge Bosons
- Left-Right Symmetry
- Leptoquark
- Compositeness
- Hidden Valleys
- Extra Dimensions

WeakZ0:gmZmode (default = 0; minimum = 0; maximum = 2)

Choice of full γ^*/Z^0 structure or not in relevant processes.

0 : full γ^*/Z^0 structure, with interference included.

1 : only pure γ^* contribution.

2 : only pure Z^0 contribution.

Note: irrespective of the option used, the particle produced will always be assigned code 23 for Z^0 , and open decay channels is purely dictated by what is set for the Z^0 .

PYTHIA 8X FİZİK MODEL / SÜREÇLER

Fizik Süreci Grubu ve Süreç İsmi: **ProcessGroup:ProcessName = on**
veya **ProcessGroup:all = on**

ProcessGroup	ProcessName
SoftQCD	minBias, elastic, singleDiffraction, doubleDiffraction
HardQCD	gg2gg, gg2qqbar, qg2qg, qq2qq, qqbar2gg, qqbar2qqbarNew, gg2ccbar, qqbar2ccbar, gg2bbbar, qqbar2bbbar
PromptPhoton	qg2qgamma, qqbar2ggamma, gg2ggamma, ffbbar2gammagamma, gg2gammagamma
WeakBosonExchange	ff2ff(t:gmZ), ff2ff(t:W)
WeakSingleBoson	ffbar2gmZ, ffbar2W, ffbar2ffbar(s:gm)
WeakDoubleBoson	ffbar2gmZgmZ, ffbar2ZW, ffbar2WW
WeakBosonAndParton	qqbar2gmZg, qg2gmZq, ffbbar2gmZgm, fgm2gmZf, qqbar2Wg, qg2Wq, ffbbar2Wgm, fgm2Wf
Charmonium	gg2QQbar[3S1(1)]g, qg2QQbar[3PJ(8)]q, ...
Bottomonium	gg2QQbar[3S1(1)]g, gg2QQbar[3P2(1)]g, ...

ProcessGroup	ProcessName
Top	gg2ttbar, qqbar2ttbar, qq2tq(t:W), ffbbar2ttbar(s:gmZ), ffbbar2tqbar(s:W)
FourthBottom	gg2bPrimebPrimebar, qq2bPrimeq(t:W), ...
FourthTop	qqbar2tPrimetPrimebar, fbar2tPrimeqbar(s:W), ...
FourthPair	ffbar2tPrimebPrimebar(s:W), fbar2tauPrimenuPrimebar(s:W)
HiggsSM	ffbar2H, gg2H, ffbbar2HZ, ff2Hff(t:WW), ...
HiggsBSM	h, H and A as above, charged Higgs, pairs
SUSY	qqbar2chi0chi0 (SUSY barely begun)
NewGaugeBoson	ffbar2gmZZprime, ffbbar2Wprime, ffbbar2R0
LeftRightSymmetry	ffbar2ZR, ffbbar2WR, ffbbar2HLHL, ...
LeptoQuark	ql2LQ, qg2LQl, gg2LQLQbar, qqbar2LQLQbar
ExcitedFermion	dg2dStar, qq2uStarq, qqbar2muStarmu, ...
ExtraDimensionsG*	gg2G*, qqbar2G*, ...

PYTHIA 8X BAZI SINIRLAMALAR

- Enerji > 10 GeV (kütle merkezi enerjisi, çarpışan demet deneyleri) – pp çarpışmaları için güvenilir çalışma bölgesi
 - > 50 GeV (demet enerjisi, sabit hedef deneyleri)
 - $< 10^5$ GeV (çarpışan demet) ve $< 10^{10}$ GeV (sabit hedef)
- Hadron-hadron veya lepton-lepton çarpışmaları
- Son durumdaki parçacıklar “vakum” da üretilir, dedektör malzemesiyle etkileşmeleri içermez
- Sert süreç genelde $2 \rightarrow 1$, $2 \rightarrow 2$ veya bazı durumlarda $2 \rightarrow 3$ şeklindedir
- Hesaplar LO'da, NLO PDF ayarı yapılmıştır
- ...

PYTHIA 8X KURULUM

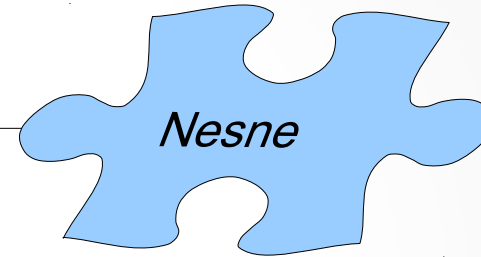
- Önce PYTHIA 8x'i kuralım,
<http://home.thep.lu.se/~torbjorn/pythia8/pythia8205.tgz>
veya varsa güncel olan dosya indirilir.
 - **tar xvfz pythia8205.tgz** , dosya açılır
 - **cd pythia8205** , yeni dizine geçilir
 - **./configure** , konfigürasyon
 - **make** , derleme
 - **cd examples** , örneklerin bulunduğu dizine geçilir
 - **make mainNN** , ve sonrasında
 - **./mainNN > outNN.txt**
 - **nano outNN.txt** , editorle açılır

Olay listesi
ve tesir kesiti
bilgileri
okunur.

PYTHIA 8X OLAY ÜRETİCİ

- Başlangıçta Standartlar
`#include "Pythia8/Pythia.h"`
`using namespace Pythia8;`
`Pythia pythia;`
`//`

Sınıf



- Çeşitli Formlarda Başlatma
`pythia.readString("string_deg");` // string değişkenler
`pythia.readFile("dosya_adi");` // dosyadan okuma
`pythia.init();` // 8.2 de arguman almaz

- Sonraki olayın üretimi ve çevrim başlangıcı
`pythia.next();`

- Olay üretimi çevrim sonu ve özet istatistik bilgiler
`pythia.statistics();`

Metot

HPFBU4

PYTHIA 8X Basit bir süreç ve "hello world!"

- Pythia kurduğumuz yerde examples/ dizini altında bir metin düzenleyici ile "mymain1.cc" dosyası oluşturalım ve aşağıdaki satırları yazıp kaydedelim:

mymain1.cc

```
#include "Pythia8/Pythia.h"
using namespace Pythia8;
//
int main(){
Pythia pythia;
pythia.readString("WeakSingleBoson:ffbar2gmZ=on");
pythia.readString("Beams:idA = 11");
pythia.readString("Beams:idB = -11");
pythia.readString("Beams:eCM = 350.");
pythia.init();
pythia.next();
pythia.event.list();
cout<<"\n"<<"hello world!"<<endl;
return 0;
}
```

Derleme ve çalıştırma:

> make mymain1

> ./mymain1

PYTHIA 8X Olay Listesi

----- PYTHIA Event Listing (complete event) -----

no	id	name	status	mothers	daughters	colours	p_x	p_y	p_z	e	m
0	90	(system)	-11	0	0	0	0	0	0	350.000	350.000
1	11	(e-)	-12	0	0	15	0	0	0	175.000	0.001
2	-11	(e+)	-12	0	0	16	0	0	0	175.000	0.001
3	11	(e-)	-21	6	6	5	0	0	0	174.956	0.000
4	-11	(e+)	-21	7	0	5	0	0	0	12.554	0.000
5	23	(Z0)	-22	3	4	8	8	0	0	162.401	93.733
6	11	(e-)	-42	10	0	3	3	0	0	174.956	0.000
7	-11	(e+)	-41	11	11	9	4	0	0	-175.000	0.000
8	23	(Z0)	-44	5	5	12	12	0	0	162.356	93.733
9	22	(gamma)	-43	7	0	13	13	0	0	-162.401	0.000
10	11	(e-)	-41	15	15	14	6	0	0	175.000	0.000
11	-11	(e+)	-42	16	16	7	7	0	0	-175.000	0.000
12	23	(Z0)	-44	8	8	17	17	0	0	162.356	93.733
13	22	(gamma)	-44	9	9	18	18	0	0	-162.401	0.000
14	22	(gamma)	-43	10	0	19	19	0	0	0.044	0.000
15	11	(e-)	-61	1	0	10	10	0	0	175.000	0.000
16	-11	(e+)	-61	2	0	11	11	0	0	-175.000	0.000
17	23	(Z0)	-62	12	12	22	23	0	0	162.356	93.733
18	22	gamma	62	13	13	0	0	0	0	-162.401	0.000
19	22	gamma	62	14	14	0	0	0	0	0.044	0.000
20	22	gamma	63	1	0	0	0	0	0	0.000	0.000
21	22	gamma	63	2	0	0	0	0	0	0.000	0.000
22	3	(s)	-23	17	0	26	26	101	0	168.716	0.500
23	-3	(sbar)	-23	17	0	24	25	0	101	-6.359	0.500
24	-3	(sbar)	-51	23	0	27	28	0	102	-11.558	0.500
25	21	(g)	-51	23	0	29	29	102	101	51.769	0.000
26	3	(s)	-52	22	22	30	31	101	0	122.145	0.500
27	-3	(sbar)	-51	24	0	76	76	0	103	-6.447	0.500
28	21	(g)	-51	24	0	35	35	103	102	-4.698	0.000
29	21	(g)	-52	25	25	32	32	102	101	51.355	0.000

PYTHIA 8X 'MOTHERS AND DAUGHTERS'

- Herbir parçacık için 'mother' ve 'daughter' çift indisi olay kaydında farklı girdiler arasında gelişim ilişkisi üzerine bilgi sağlar. Örneğin, $ab \rightarrow cd$ sürecinde a ve b nin yerleri c ve d nin 'mother' indislerini taşır, bunun tersine bir ilişki de 'daughter' indisleri için geçerlidir. Bu indisler ardışık değilse ilk ve son girdi arasında bir aralık tanımlar, öyleki birçok parton içeren 'string' sistemi birçok hadrona parçalanabilir.
- Özel durumlarda, bir etki ile parçacığın momentumu değiştiğinde (parton sağanağının dipol tanımlamasında, ISR tanımlamasında, vb.) aynı parçacık 'kopya' olarak görünür veya 'mother' olay listesinde 'daughter' dan sonra görünebilir, motherList() ve daughterList() metotları bir parçacığın indislerini verir.

PYTHIA 8X DURUM KODLARI

- Bazı Durum (Status) Kodları

Durum kodu aralığı	Açıklama
11 – 19	demet parçacıkları
21 – 29	sert (hard) altsüreçlerin parçacıkları
31 – 39	çoklu-parton etkileşmelerinde sonraki altsüreçlerin parçacıkları
41 – 49	ilk-durum-sağanakları tarafından üretilen parçacıklar
51 – 59	son-durum-sağanakları tarafından üretilen parçacıklar
61 – 69	demet-kalıntısı işlemi ile üretilen parçacıklar
71 – 79	hadronlaşma sürecinin başındaki partonlar
81 – 89	hadronlaşma süreci tarafından üretilen birincil hadronlar
91 – 99	Bozunma sürecinde veya Bose-Einstein etkileri ile üretilen parçacıklar

Bir parçacığın bozunmasına veya dallanmasına izin verildiğinde onun durum kodu negatif olur (fakat olay kaydından çıkarılmaz), sadece son durumda kalan (bozunmayan veya hadronlaşmayan) parçacıklar pozitif kodlu olurlar. Burada **isFinal()** metodu pozitif/negatif durum kodu için doğru/yanlış ifade sağlar.

PYTHIA 8X OLAY KAYDI

Herbir parçacık nesnesi aşağıdaki özellikleri bulundurur:

id() : parçacık kimliği (kodu), PDG kodları

status() : durum kodu, verilen bir parçacığın nerede ve niçin üretildiği bilgisini verir. Negatif kod = artık varolmayan parçacık.

mother1(), **mother2()** : ilk ve son ana indisleri.

daughter1(), **daughter2()** : ilk ve son ürün indisleri.

col(), **acol()** : renk ve karşıt-renk etiketleri.

px(), **py()**, **pz()**, **e()** : dörtlü-momentum bileşenleri (GeV) cinsinden.

m() : kütle (GeV) cinsinden.

scale() : parton üretilen ölçek; modele-özü.

xProd(), **yProd()**, **zProd()**, **tProd()** : üretim köşesi (mm cinsinden).

tau() : has yaşam süresi.

• metotlar bazı durumlarda, örneğin özellikleri belirtmede, argüman ile kullanılabilir.

PYTHIA 8X SON DURUM TANIMLAMA VE DAHA FAZLA OLAY

```
#include "Pythia8/Pythia.h"
using namespace Pythia8;
int main() {
Pythia pythia;
pythia.readString("Beams:idA = 11");
pythia.readString("Beams:idB = -11");
pythia.readString("Beams:eCM = 350.");
pythia.readString("WeakSingleBoson:ffbar2gmZ = on");
pythia.readString("WeakZ0:gmZmode=0");
};
```

```
// gmZmode=0 : gama ve Z0 katkısı
pythia.readString("23:onMode = off");
pythia.readString("23:onIfAny= 13
-13");
pythia.init();
for (int iEvent = 0; iEvent < 100; ++iEvent) {
    if (!pythia.next()) continue; }
    pythia.stat();
return 0; }
```

$Z^0 \rightarrow \mu^- \mu^+$

mymain2.cc

PYTHIA 8X OLAY LİSTESİ VE TESİR KESİTİ

```

----- PYTHIA Event Listing (complete event) -----
no      id  name          status  mothers  daughters  colours  p_x      p_y      p_z      e        m
0       90  (system)     -11     0      0      0      0      0      0.000    0.000    0.000    350.000  350.000
1        11  (e-)         -12     0      0     10      0      0      0.000    0.000    175.000   175.000   0.001
2       -11  (e+)         -12     0      0     11      0      0      0.000    0.000   -175.000   175.000   0.001
3        11  (e-)         -21     6      0      5      0      0      0.000    0.000    174.996   174.996   0.000
4       -11  (e+)         -21     7      7      5      0      0      0.000    0.000   -175.000   175.000   0.000
5        23  (Z0)         -22     3      4      8      8      0      0.000    0.000    -0.004   349.996   349.996
6        11  (e-)         -41    10     10      9      3      0      -0.000   -0.000    175.000   175.000   0.000
7       -11  (e+)         -42    11     11      4      4      0      0.000    0.000   -175.000   175.000   0.000
8        23  (Z0)         -44     5      5     12     12      0      0.001   -0.000   -0.004   349.996   349.996
9        22  (gamma)      -43     6      0     13     13      0      -0.001    0.000    0.004    0.004    0.000
10       11  (e-)         -61     1      0      6      6      0      0.000    0.000    175.000   175.000   0.000
11      -11  (e+)         -61     2      0      7      7      0      0.000   -0.000   -175.000   175.000   0.000
12       23  (Z0)         -62     8      8     16     17      0      0.001   -0.000   -0.004   349.996   349.996
13       22  gamma        62     9      9      0      0      0      -0.001    0.000    0.004    0.004    0.000
14       22  gamma        63     1      0      0      0      0      0.000    0.000    0.000    0.000    0.000
15       22  gamma        63     2      0      0      0      0      0.000    0.000   -0.000    0.000    0.000
16       13  (mu-)       -23    12      0     20     20      0      164.057   49.889   34.937   174.998   0.106
17      -13  (mu+)       -23    12      0     18     19      0      -164.056  -49.889  -34.941   174.998   0.106
18      -13  mu+         51    17      0      0      0      0      -162.356  -49.294  -34.579   173.162   0.106
19       22  gamma        51    17      0      0      0      0      -1.700   -0.596   -0.362    1.837    0.000
20       13  mu-         52    16     16      0      0      0      164.057   49.889   34.937   174.997   0.106
Charge sum: 0.000      Momentum sum: 0.000      -0.000      0.000      350.000      350.000
----- End PYTHIA Event Listing -----

```

```

*----- PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*
| Subprocess                Code |      Number of events      |      sigma +- delta      |
|                            |      Tried  Selected  Accepted  |      (estimated) (mb)   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| f fbar -> gamma*/Z0      221 |      1160      100      100  |      2.163e-09  8.787e-11 |
| sum                      |      1160      100      100  |      2.163e-09  8.787e-11 |
*----- End PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*

```

PYTHIA 8X DİYAGRAM KATKISI SEÇİMİ

```
pythia.readString  
("WeakZ0:gmZmode=1");  
  
// foton katkısı  
  
pythia.readString  
("WeakZ0:gmZmode=2");  
  
// Z-bozon katkısı  
  
pythia.readString  
("WeakZ0:gmZmode=0");  
  
// katkıların tamamı
```

- **$e+e- \rightarrow \gamma/Z \rightarrow \mu+\mu-$ sürecinin tesir kesitleri**

$$\sigma(\text{foton}) = 1.107e-09 \text{ mb}$$

$$\sigma(Z) = 8.905e-10 \text{ mb}$$

$$\sigma(\text{tam}) = 2.163e-09 \text{ mb}$$

- Fark nedir ?

$$\sigma(\text{tam}) - \sigma(\text{foton}) - \sigma(Z) = 1.655e-10 \text{ mb}$$

mymain2

PYTHIA 8X GERÇEKÇİ BİR ÖRNEK

- Örnek: LHC'de Üst Kuark Çift Üretimi

my main3.cc

```
#include "Pythia8/Pythia.h"
using namespace Pythia8;
int main(){
  Pythia pythia;
  // Surec secimi
  pythia.readString("Top:gg2ttbar = on");
  // Demetler ve enerji
  pythia.readString("Beams:eCM=8000.");
  pythia.init(); // pp demetleri öntanımlı
  // Olay uretimi
  pythia.next();
  pythia.stat(); // Istatistik bilgileri
  return 0; }
```

```
> make mymain3
> ./mymain3
```


PYTHIA 8X SÜREÇ / OLAY LİSTESİ

- `pythia.process.list()` kısmi liste – sert süreç

```
----- PYTHIA Event Listing (hard process) -----  
  
no      id  name      status  mothers  daughters  colours  p_x      p_y      p_z      e      m  
0       90  (system)  -11     0  0      0  0      0  0      0.000    0.000    0.000    8000.000  8000.000  
1      2212  (p+)      -12     0  0      3  0      0  0      0.000    0.000    4000.000  4000.000    0.938  
2      2212  (p+)      -12     0  0      4  0      0  0      0.000    0.000   -4000.000  4000.000    0.938  
3       21  (g)       -21     1  0      5  6     101  102    0.000    0.000    42.833    42.833    0.000  
4       21  (g)       -21     2  0      5  6     102  103    0.000    0.000   -1252.359  1252.359    0.000  
5        6  (t)       -22     3  4      7  8     101  0     -25.589  137.054   -387.911   446.443   171.457  
6       -6  (tbar)    -22     3  4      9  10     0  103    25.589  -137.054  -821.615   848.749   160.890  
7       24  (W+)      -22     5  0     11  12     0  0     -58.403  147.770  -358.821   401.046   82.697  
8        5  b         23     5  0      0  0     101  0     32.814  -10.716   -29.090    45.397    4.800  
9      -24  (W-)      -22     6  0     13  14     0  0     -26.377  -97.927  -373.043   395.460   83.319  
10      -5  bbar      23     6  0      0  0     0  103    51.966  -39.127  -448.572   453.289    4.800  
11      -3  sbar      23     7  0      0  0     0  104    -2.623   43.652  -190.208   195.171    0.500  
12       4  c         23     7  0      0  0     104  0    -55.780  104.118  -168.613   205.875    1.500  
13      11  e-        23     9  0      0  0     0  0     26.808  -15.487  -61.812    69.132    0.001  
14     -12  nu_ebar   23     9  0      0  0     0  0    -53.185  -82.441  -311.231   326.327    0.000  
  
Charge sum: 0.000      Momentum sum: 0.000    -0.000   -1209.526  1295.192  463.215  
  
----- End PYTHIA Event Listing -----
```

PYTHIA 8X GERÇEKÇİ BİR ÖRNEK (DEVAM)

Önceki programa aşağıdaki eklemeleri yapalım

- **bir alt süreç daha ekleyelim**

```
pythia.readString("Top:qqbar2ttbar = on");
```

- **birden fazla olay üretelim, olay ve parçacık döngüsü ekleyelim**

```
for(int iEvent=0; iEvent<10; ++iEvent){
```

```
pythia.next();
```

```
pythia.readString("Next:numberShowEvent = 5");
```

- **üst kuark olduğu kayıtları bulalım**

```
int iTop=0;
```


```
for (int i=0; i<pythia.event.size(); ++i){
```

```
if(pythia.event[i].id()==6) iTop=i;
```

```
cout<<"top pT: " <<pythia.event[iTop].pT() <<endl;
```

```
    } // parçacık döngüsü
```

```
} // olay döngüsü
```



```
> make mymain4  
> ./mymain4
```

PYTHIA 8X İSTATİSTİK

- **pythia.stat()** : tesir kesitleri mb cinsinden verilmiştir.

```
*----- PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*
|
| Subprocess                Code |           Number of events           |      sigma +- delta      |
|                               |      Tried  Selected  Accepted  |      (estimated) (mb)   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| g g -> t tbar             601 |           138      5      5 |      1.106e-07  1.917e-08 |
| q qbar -> t tbar          602 |            27      5      5 |      4.054e-08  1.132e-08 |
| sum                       |           165     10     10 |      1.511e-07  2.226e-08 |
|
*----- End PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*
```

PYTHIA 8X ÖRNEKLER

```
#include "Pythia8/Pythia.h"
using namespace Pythia8;
int main() {
    // Olay üretici. Süreç seçimi. LHC başlatma.
    Histogram.
    Pythia pythia;
    pythia.readString("Beams:eCM = 8000.");
    pythia.readString("HardQCD:all = on");
    pythia.readString("PhaseSpace:pTHatMin
= 20.");
    pythia.init();
    Hist mult("yuk coklugu", 100, -0.5, 799.5);
    // Olay döngüsü başlat. Olay üret. Hata
    varsa geç. İlk olanı listele.
    for (int iEvent = 0; iEvent < 100; ++iEvent) {
        if (!pythia.next()) continue;
```

mymain5

```
// Yüklü parçacıkları bul ve
histograma doldur.
    int nCharged = 0;
    for (int i = 0; i <
pythia.event.size(); ++i)
        if (pythia.event[i].isFinal() &&
pythia.event[i].isCharged())
            ++nCharged;
    mult.fill( nCharged );
    // Olay döngüsü sonu. İstatistik.
    Histogram.
    }
    pythia.stat();
    cout << mult;
    return 0;
}
```

LHC de yük
çokluğu dağılımı

PYTHIA 8X ÖRNEKLERLE ÇALIŞMA

PYTHIA da sınıfların, metotların ve ayarlamaların tanımları çok iyi yapılmıştır ve kullanışlıdır. Nihayetinde çalışmaların ince-ayarı için bunları öğrenmek gereklidir. Bununla birlikte, tam örneklerle çalışmak oldukça önemlidir, ve “pythia8205/examples” dizininde birçok örnek ve açıklamalar bulunmaktadır, bunlardan bazıları aşağıda tanıtılmıştır.

- **main01.cc** : LHC'de jet olaylarında yük çokluğunu çalışmak için basit bir program.
- **main02.cc** : Tevatron'da Z^0 bozonun p_T spektrumunu çalışmak için basit program.
- **main06.cc** : LEP1 hadronik olayların üretimi, $e^+e^- \rightarrow \gamma^*/Z^0 \rightarrow q\bar{q}$, yük çokluğu, küresellik, basıklık ve jet analizi.
- **main20.cc** : PYTHIA 8 ile LHEF yazma programı, diğer programlar için de LHEF yazmada kullanışlıdır.
- **main24.cc** : Supersimetri parçacıklarının üretimi için dahili uygulanmış tesir kesitleri testi, SUSY spektrum `slha2-example.spc` dosyası içinde tanımlanmıştır ve ayarlar `main24.cmd` dosyasında verilmiştir.

...

PYTHIA 8X ÖRNEKLER

Supersimetri parçacıklarının üretimi

main24.cc

```
#include "Pythia8/Pythia.h"
using namespace Pythia8;
int main() {
  // Generator. Shorthand for the event.
  Pythia pythia;
  Event& event = pythia.event;
  // Read in commands from external file.
  pythia.readFile("main24.cmd");
  // Extract settings to be used in the main program.
  int nEvent = pythia.mode("Main:numberOfEvents");
  int nAbort = pythia.mode("Main:timesAllowErrors");
  double eCM = pythia.parm("Beams:eCM");
  // Initialize.
  pythia.init();
  // Histograms.
  double epTol = 1e-6 * eCM;
  Hist epCons("deviation from energy-momentum conservation",100,0.,epTol);
  Hist nFinal("final particle multiplicity",100,-0.5,799.5);
  Hist dnparticledy("dn/dy for particles",100,-10.,10.);
  // Begin event loop.
  int iAbort = 0;
  for (int iEvent = 0; iEvent < nEvent; ++iEvent) {
    // Generate events. Quit if failure.
    if (!pythia.next()) {
      if (++iAbort < nAbort) continue;
      cout << " Event generation aborted prematurely, owing to error!\n";
      break;
    }
    // Loop over final particles in the event.
    int nFin = 0;
    Vec4 pSum;
    for (int i = 0; i < event.size(); ++i) if (event[i].isFinal()) {
      nFin++;
      pSum += event[i].p();
      dnparticledy.fill(event[i].y());
    }
    // Check and print event with too big energy-momentum deviation.
    nFinal.fill(nFin);
    double epDev = abs(pSum.e() - eCM) + abs(pSum.px()) + abs(pSum.py())
      + abs(pSum.pz());
    epCons.fill(epDev);
    if (epDev > epTol) {
      cout << " Warning! Event with epDev = " << scientific
        << setprecision(4) << epDev << " now listed:";
      event.list();
    }
    // End of event loop.
  }
  // Final statistics and histogram output.
  pythia.stat();
  cout << epCons << nFinal << dnparticledy;
  return 0;
}
```

```
! main24.cmd
! This file contains commands to be read in for a Pythia8 run.
! 1) Settings used in the main program.
Main:numberOfEvents = 10000 ! number of events to generate
Main:timesAllowErrors = 3 ! how many aborts before run stops
! 2) Settings related to output in init(), next() and stat().
Init:showChangedSettings = on ! list changed settings
Init:showChangedParticleData = off ! list changed particle data
Next:numberCount = 500 ! print message every n events
Next:numberShowInfo = 2 ! print event information n times
Next:numberShowProcess = 2 ! print process record n times
Next:numberShowEvent = 2 ! print event record n times
! 3) Beam parameter settings. Values below agree with default ones.
Beams:idA = 2212 ! first beam, p = 2212, pbar = -2212
Beams:idB = 2212 ! second beam, p = 2212, pbar = -2212
Beams:eCM = 13000. ! CM energy of collision
! 4) Read SLHA spectrum (a few examples are provided by default)
SLHA:file = slha2-example.spc ! Sample SLHA2 spectrum
#SLHA:file = slha1-example.spc ! Sample SLHA1 spectrum, for CMSSM-10.1.1
#SLHA:file = sps1aWithDecays.spc ! Older sample spectrum with DECAY tables
! 5) Process selection
SUSY:all = on ! Switches on ALL (~400) SUSY processes
#SUSY:gg2gluinogluino = on
#SUSY:qqbar2gluinogluino = on
#SUSY:qqbar2chi0chi0 = on
#SUSY:qqbar2chi+chi- = on
! 6) Settings for the event generation process in the Pythia8 library.
PartonLevel:MPI = off ! no multiparton interactions
PartonLevel:ISR = off ! no initial-state radiation
PartonLevel:FSR = off ! no final-state radiation
HadronLevel:Hadronize = off ! no hadronization
```

main24.cmd

slha2-example.spc

```
# SOFTSUSY3.5.1 SLHA compliant output
# B.C. Allanach, Comput. Phys. Commun. 143 (2002) 305-331, hep-ph/0104145
Block SPINFO      # Program information
  1  SOFTSUSY    # spectrum calculator
  2  3.5.1      # version number
Block MODSEL     # Select model
  1  1          # sugra
  6  1          # flavour violating MSSM
Block SMINPUTS   # Standard Model inputs
  1  1.27918000e+02 # alpha_em^(-1)(MZ) SM MSbar
  2  1.16639000e-05 # G_Fermi
  3  1.18900000e-01 # alpha_s(MZ)MSbar
  4  9.11876000e+01 # MZ(pole)
  5  4.20000000e+00 # mb(mb)
  6  1.70900000e+02 # Mtop(pole)
...
```

```
Block MINPAR      # SUSY breaking input parameters
  3  1.00000000e+01 # tanb
  4  1.00000000e+00 # sign(mu)
  1  1.25000000e+02 # m0
  2  5.00000000e+02 # m12
  5  0.00000000e+00 # A0
Block EXTPAR     # scale of SUSY breaking BCs
  0  1.81864153e+16 # MX scale
# SOFTSUSY-specific non SLHA information:
# MIXING=2 Desired accuracy=1.00000000e-03 Achieved accuracy=6.67971000e-04
Block MASS       # Mass spectrum
# PDG code      mass                particle
  24            8.03781806e+01      # MW
  25            1.13597554e+02      # h0
  35            7.11020466e+02      # H0
  36            7.10738541e+02      # A0
  37            7.15515428e+02      # H+
1000021        1.15305687e+03      # ~g
1000022        2.04229580e+02      # ~neutralino(1)
1000023        3.85342203e+02      # ~neutralino(2)
1000024        3.85343980e+02      # ~chargino(1)
...
```



SUSY
spektrum

PYTHIA 8X SONUÇLAR

```

----- PYTHIA Event Listing (hard process) -----
no      id  name      status  mothers  daughters  colours  p_x    p_y    p_z      e      m
0       90  (system)  -11     0  0     0  0     0  0     0.000   0.000   0.000  13000.000  13000.000
1       2212 (p+)     -12     0  0     3  0     0  0     0.000   0.000  6500.000  6500.000   0.938
2       2212 (p+)     -12     0  0     4  0     0  0     0.000   0.000 -6500.000  6500.000   0.938
3        1  (d)      -21     1  0     5  6    101  0     0.000   0.000  1253.586  1253.586   0.000
4       -1  (dbar)   -21     2  0     5  6     0  101   0.000   0.000 -127.910  127.910   0.000
5  1000024 (~chi_1+) -22     3  4     7  8     0  0     31.771   9.488  708.028  806.339  384.421
6 -1000024 (~chi_1-) -22     3  4     9  10    0  0    -31.771  -9.488  417.648  575.158  394.052
7 -1000011 (~e_L+)   -22     5  0    11  12    0  0    -15.922  15.330  213.031  309.016  222.755
8        12  nu_e     23     5  0     0  0     0  0     47.693  -5.842  494.996  497.323   0.000
9  1000013 ~e_1-    23     6  0     0  0     0  0    -10.959  10.260  465.509  519.357  229.799
10       -14  nu_mubar 23     6  0     0  0     0  0    -20.813 -19.747 -47.860   55.801   0.000
11  1000022 ~chi_10  23     7  0     0  0     0  0    -28.260  24.660  191.686  282.595  204.230
12       -15  tau+     23     7  0     0  0     0  0     12.338  -9.330  21.345   26.421   1.777
                                Charge sum: 0.000      Momentum sum: -0.000   0.000  1125.676  1381.496  800.866
----- End PYTHIA Event Listing -----

```

PYTHIA 8X SONUÇLAR

```

----- PYTHIA Event Listing (complete event) -----
no      id  name      status  mothers  daughters  colours  p_x    p_y    p_z    e      m
0       90  (system)  -11     0  0    0  0    0  0    0.000  0.000  0.000 13000.000 13000.000
1       2212 (p+)     -12     0  0    7  0    0  0    0.000  0.000  6500.000 6500.000  0.938
2       2212 (p+)     -12     0  0    8  0    0  0    0.000  0.000 -6500.000 6500.000  0.938
3        1  (d)      -21     7  7    5  6   101  0    0.000  0.000 1253.586 1253.586  0.000
4       -1  (dbar)   -21     8  8    5  6    0  101  0.000  0.000 -127.910 127.910  0.000
5  1000024 (~chi_1+) -22     3  4    9  9    0  0    31.771  9.488  708.028  806.339 384.421
6 -1000024 (~chi_1-) -22     3  4   10 10    0  0   -31.771 -9.488  417.648  575.158 394.052
7        1  (d)      -61     1  0    3  3   101  0    0.231  1.895 1253.584 1253.585  0.000
8       -1  (dbar)   -61     2  0    4  4    0  101  0.237 -1.062 -127.907 127.912  0.000
9  1000024 (~chi_1+) -62     5  5   15 16    0  0    32.002 10.224  708.007  806.339 384.421
10 -1000024 (~chi_1-) -62     6  6   17 18    0  0   -31.534 -9.391  417.669  575.158 394.052
11     2203 uu_1      63     1  0    0  0    0  101  -0.231 -1.895 5246.412 5246.413  0.771
12        2  u        63     2  0    0  0   101  0   -0.509  0.587 -1274.534 1274.535  0.330
13     2103 ud_1      63     2  0    0  0    0  104  0.170 -0.120 -2585.590 2585.590  0.771
14        1  d        63     2  0    0  0   104  0    0.103  0.594 -2511.965 2511.965  0.330
15 -1000011 (~e_L+)  -22     9  0   19 20    0  0   -15.834 15.612  213.024  309.020 222.755
16        12 nu_e      23     9  0    0  0    0  0    47.836 -5.388  494.984  497.319  0.000
17  1000013 ~e_1-    23    10  0    0  0    0  0   -10.744 10.347  465.528  519.371 229.799
18       -14 nu_mubar  23    10  0    0  0    0  0   -20.790 -19.738 -47.858  55.787  0.000
19  1000022 ~chi_10  23    15  0    0  0    0  0   -28.179 24.918  191.679  282.605 204.230
20       -15 (tau+)   -23    15  0   21 23    0  0    12.346 -9.306  21.345  26.415  1.777
21       -16 nu_taubar  91    20  0    0  0    0  0    8.082 -6.413  13.721  17.167  0.000
22        111 (pi0)   -91    20  0   24 25    0  0    0.243 -0.088  0.211  0.360  0.135
23        211 pi+     91    20  0    0  0    0  0    4.020 -2.804  7.413  8.888  0.140
24         22 gamma    91    22  0    0  0    0  0    0.053  0.034  0.066  0.091  0.000
25         22 gamma    91    22  0    0  0    0  0    0.190 -0.122  0.145  0.269  0.000
Charge sum: 2.000      Momentum sum: -0.000 -0.000 -0.000 13000.000 13000.000
----- End PYTHIA Event Listing -----

```

PYTHIA 8X SONUÇLAR

```
*----- PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*
```

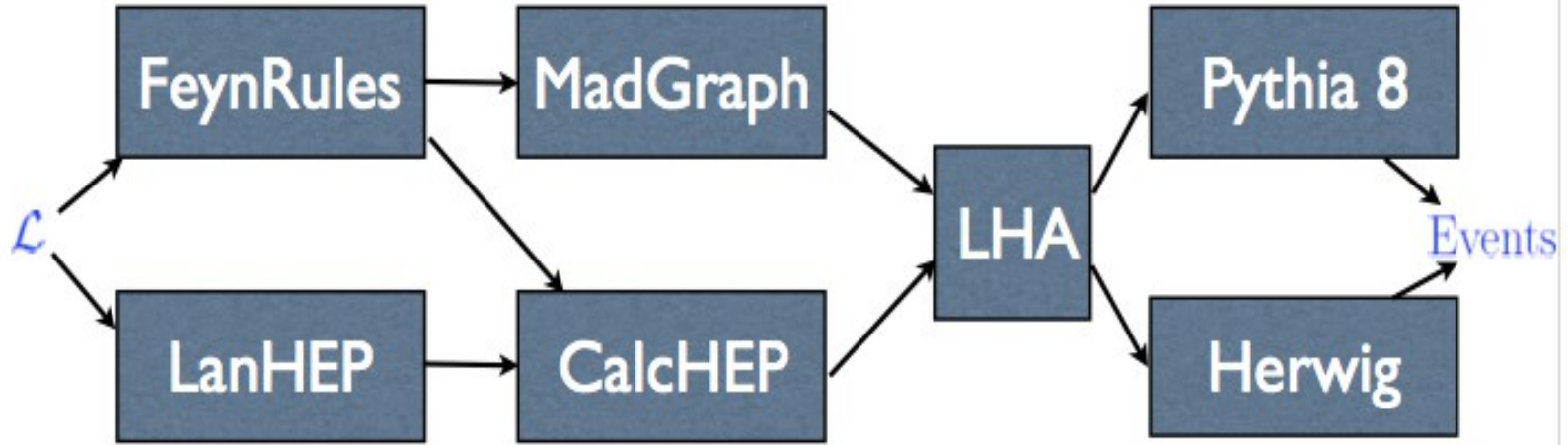
Subprocess	Code	Number of events			sigma +- delta	
		Tried	Selected	Accepted	(estimated)	(mb)
q qbar' -> ~chi_1+ ~chi_1-	1591	118620	9418	9380	2.263e-11	1.160e-13
q qbar' -> ~chi_1+ ~chi_2-	1592	654	39	39	1.098e-13	7.957e-15
q qbar' -> ~chi_2+ ~chi_1-	1593	639	34	34	1.048e-13	7.585e-15
q qbar' -> ~chi_2+ ~chi_2-	1594	7833	548	547	1.366e-12	2.843e-14
sum		127746	10039	10000	2.421e-11	1.199e-13

```
*----- End PYTHIA Event and Cross Section Statistics -----*
```


PYTHIA 8X DIŐ BAAĐLANTILAR

- (i) Les Houches (LHA,LHE) dosyalarından spektrum bilgileri veya olay bilgileri okunması
- (ii) LHEF veya HepMC olay formatında yazılması
- (iii) Parton dağılım fonksiyonları LHAPDF ile bağlantı
- (iv) Analiz programı Root çerçevesinde grafik / histogram özellikleri

PYTHIA 8X DIŐ BAĐLANTILAR



Bir BSM Lagrangian'inden paracak - seviyesi Monte Carlo olay üretimine sistematik bir Őekilde benzetim basamakları gösterilmiŐtir. Bu derslerde buradaki birçok programdan bahsedilecektir.

PYTHIA 8X ROOT ÖRNEĞİ

PYTHIA 8.1 “rootexamples”

PYTHIA8.2 “main91”

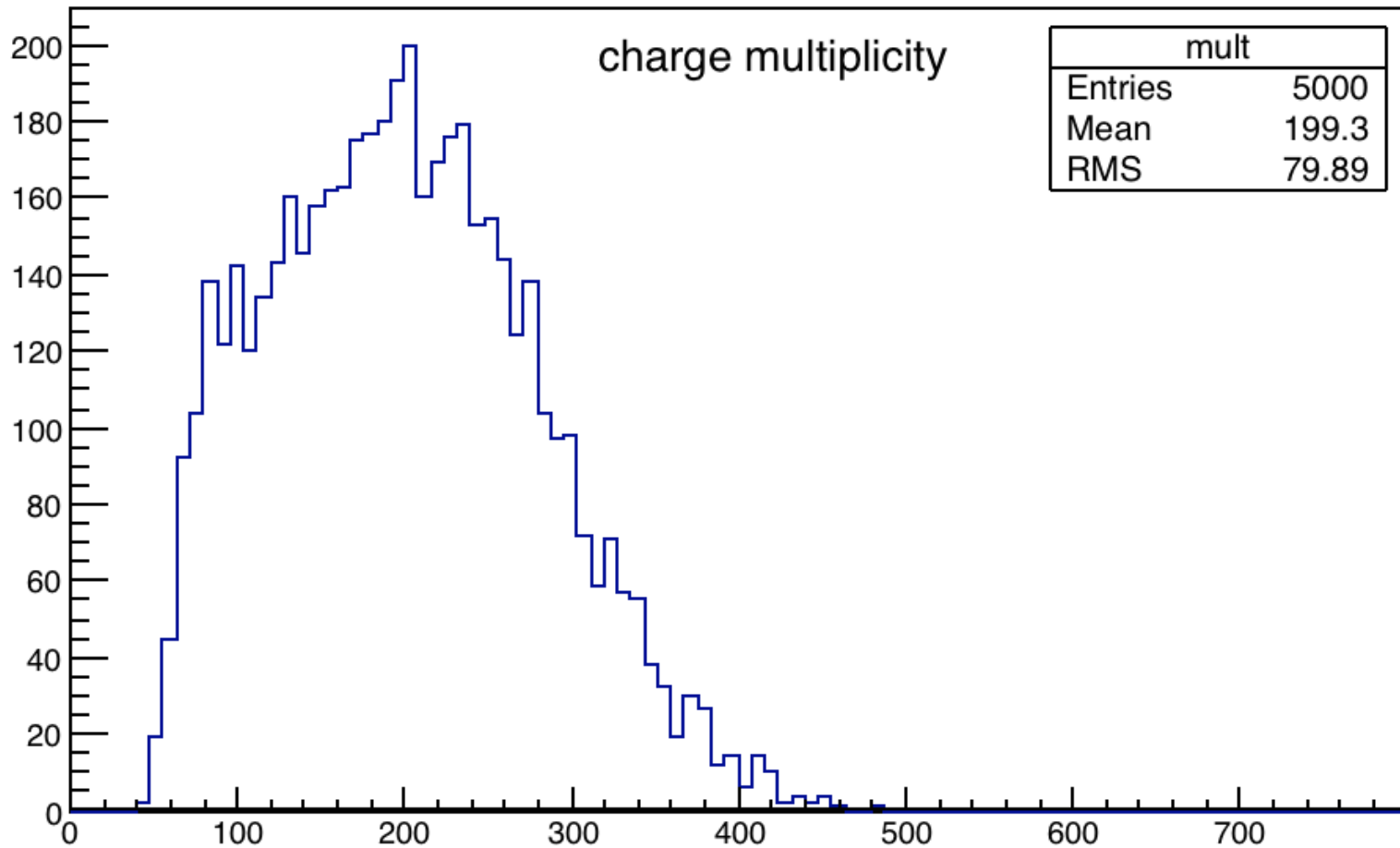
```
#include <iostream>
#include "Pythia8/Pythia.h"
#include "TH1.h"
#include "TVirtualPad.h"
#include "TApplication.h"
#include "TFile.h"
using namespace std;
using namespace Pythia8;
    int main(int argc, char* argv[]) {
    TApplication theApp("hist", &argc, argv);
    Pythia pythia;
    pythia.readString("HardQCD:all = on");
    pythia.readString("PhaseSpace:pTHatMin = 20.");
    pythia.readString("Beams:eCM = 13000.");
    pythia.init();
    TFile* outFile = new TFile("histmult.root",
"RECREATE");
    TH1F *mult = new TH1F("mult","charge multiplicity",
100, -0.5, 799.5);
O.Cakir
```

```
for (int iEvent = 0; iEvent < 5000; ++iEvent) {
if (!pythia.next()) continue;
int nCharged = 0;
for (int i = 0; i < pythia.event.size(); ++i)
    if (pythia.event[i].isFinal() &&
pythia.event[i].isCharged())
        ++nCharged;
    mult->Fill( nCharged ); }
pythia.stat();
mult->Draw();
cout << "\nDouble click on the histogram
window to quit.\n";
gPad->WaitPrimitive();
mult->Write();
delete outFile;
return 0; }
```



İhtiyacımız:
* Makefile
* mymain6.cc
> make mymain6
> ./mymain6

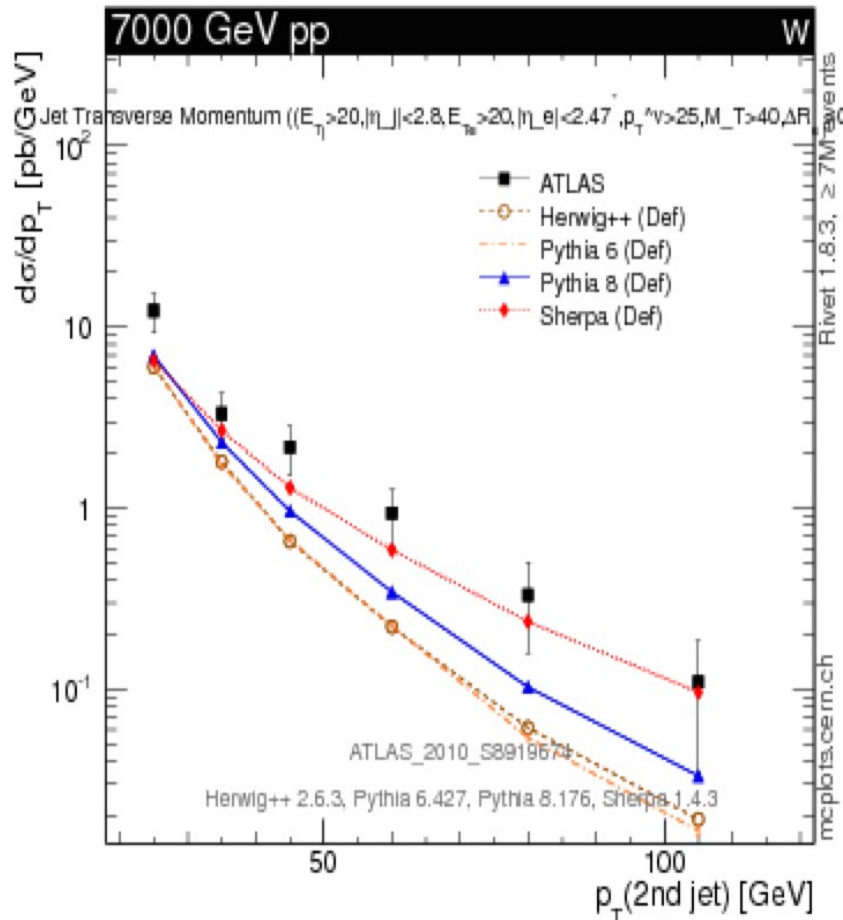
PYTHIA 8X YÜK ÇOKLUĞU



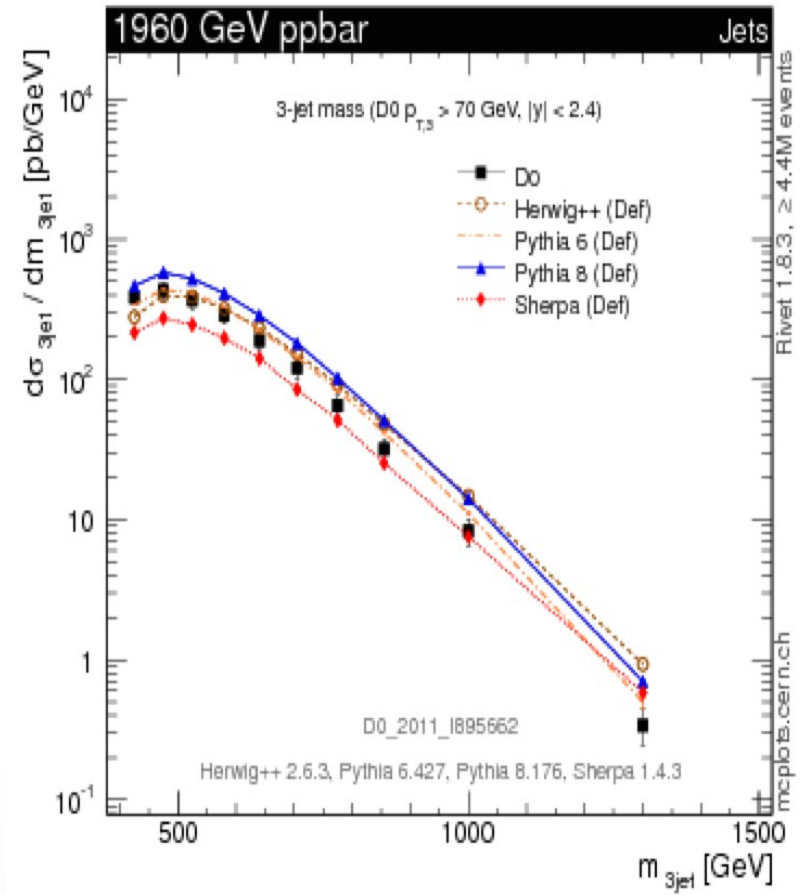
MC Karşılaştırma Grafikleri mcplot

<http://mcplots.cern.ch/>

ATLAS (electron channel)



D0 $p_{T,3} > 70\ GeV, |y| < 2.4$



KAYNAKLAR

- T. Sjostrand *et al.*, *An Introduction to PYTHIA 8.2*, arXiv:1410.3012 [hep-ph], web sayfası:

<http://home.thep.lu.se/~torbjorn/pdfdoc/pythia8200.pdf>

- T. Sjostrand, S. Mrenna and P. Skands, *A Brief Introduction to Pythia 8.1*, arXiv:0710.3820, web sayfası:

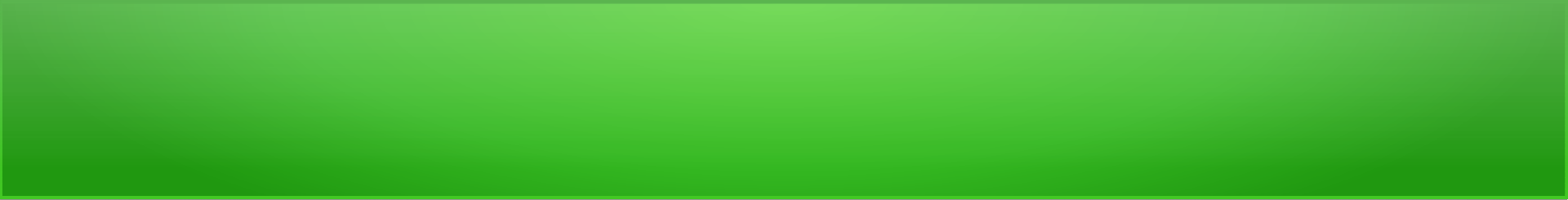
<http://home.thep.lu.se/~torbjorn/pythia8/pythia8100.pdf>

Online Manual:

<http://home.thep.lu.se/~torbjorn/php8157/Welcome.php>

- T. Sjostrand, S. Mrenna and P. Skands, *PYTHIA 6.4 Physics and Manual*, hep-ph/0603175, web sayfası:

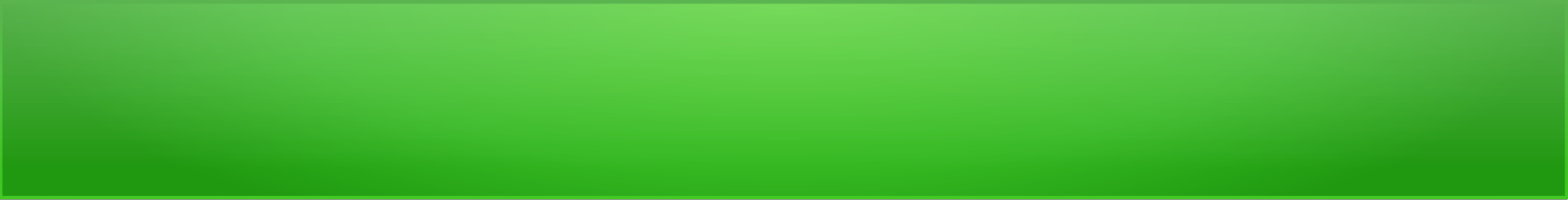
<http://www.thep.lu.se/~torbjorn/pythia/lutp0613man2.pdf>



+

ÖDEV

- Kütle merkezi enerjisi $\sqrt{s}=3$ TeV olan bir Linear Çarpıştırıcıda, $e^+e^- \rightarrow \gamma/Z^0/Z'^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ sürecinde $m_{Z'}=3$ TeV olarak fotonun, Z^0 bozonun ve Z'^0 bozonun (sequential type) toplam tesir kesitine katkılarını PYTHIA ile hesaplayınız. Z' sinyalini nasıl algılayabileceğinizi tartışınız.



+

PYTHIA 8x ROOT MACROSU İÇİNDE PYTHIA

```
// pythia8 basic example
void pythia8(Int_t nev = 100, Int_t ndeb = 1) {
    const char *p8dataenv = gSystem->Getenv("PYTHIA8DATA");
    if (!p8dataenv) {
        const char *p8env = gSystem->Getenv("PYTHIA8");
        if (!p8env) {
            Error("pythia8.C", "Environment variable PYTHIA8!");
            return;
        }
        TString p8d = p8env;
        p8d += "/xmdoc";
        gSystem->Setenv("PYTHIA8DATA", p8d);
    }
    const char *path = gSystem->
        ExpandPathName("$PYTHIA8DATA");
    if (gSystem->AccessPathName(path)) {
        Error("pythia8.C", "Env.variable PYTHIA8DATA!");
        Return;
    }
    // Library
    gSystem->Load("libEG");
    gSystem->Load("libEGPythia8");
    // Histograms
    TH1F* etaH = new TH1F("etaH", "Pseudorapidity", 120, -12., 12.);
    TH1F* ptH = new TH1F("ptH", "pt", 50, 0., 10.);
    // Array of particles
    TClonesArray* particles = new TClonesArray("TParticle", 1000);
    // Create pythia8 object
    TPythia8* pythia8 = new TPythia8();
    // Configure
    pythia8->ReadString("HardQCD:all = on");
```

```
pythia8->Initialize(2212 /* p */, 2212 /* p */, 14000. /* TeV */);
// Event loop
for (Int_t iev = 0; iev < nev; iev++) {
    pythia8->GenerateEvent();
    if (iev < ndeb) pythia8->EventListing();
    pythia8->ImportParticles(particles, "All");
    Int_t np = particles->GetEntriesFast();
    // Particle loop
    for (Int_t ip = 0; ip < np; ip++) {
        TParticle* part = (TParticle*) particles->At(ip);
        Int_t ist = part->GetStatusCode(); // Positive codes final particles.
        if (ist <= 0) continue;
        Int_t pdg = part->GetPdgCode();
        Float_t charge = TDatabasePDG::Instance()
            ->GetParticle(pdg)->Charge();
        if (charge == 0.) continue;
        Float_t eta = part->Eta(); Float_t pt = part->Pt();
        etaH->Fill(eta);
        if (pt > 0.) ptH->Fill(pt, 1./(2. * pt));
    }
    pythia8->PrintStatistics();
    TCanvas* c1 = new TCanvas("c1", "Pythia8 test example", 800, 800);
    c1->Divide(1, 2); c1->cd(1);
    etaH->Scale(5./Float_t(nev));
    etaH->Draw();
    etaH->SetXTitle("#eta"); etaH->SetYTitle("dN/d#eta");
    c1->cd(2); gPad->SetLogy();
    ptH->Scale(5./Float_t(nev));
    ptH->Draw();
    ptH->SetXTitle("p_{t}[GeV/c]"); ptH->SetYTitle("dN/dp_{t}^{2}[GeV]^{-2}");
}
```