

MadGraph

Gökhan Ünel / *UC Irvine*

HPFBU -3 okulu
Şubat 2014

Genel bilgiler

- C**HEP benzeri, ağaç seviyesinde tesir kesiti hesabı ve olay üretimi,
 - İndirmek için: <http://madgraph.hep.uiuc.edu/>
- V5.1.15- *sanal linux'unuzda kuruldu, hazır.*
 - python2 istiyor, v4'e göre daha kullanışlı
- unix sistemler üzerinde çalışır, tek, çok çekirdek ve pbs kullanır
 - Sonuçlar html olarak verilir.
 - Yeni model girmek pek kolay değil
 - Sadece proton/Anti-proton hızlandırıcısı tanımlı
 - Farklı PDF ler seçilebilir.
 - polarizasyon ve jet eşleştirme mümkün
- Yazım tarzı biraz farklı
 - $pp > t t\bar{}$ (antiparçacık “ $\bar{}$ ” ile gösterilir ; “,” ve $p\bar{}$ yoktur.)
 - “ $xx > z > yyy$ ” $\implies z$, s-kanalında arada olsun,
 - “ $xx > yyy /z$ ” $\implies z$, hiç olmasın.₂

SM
SM w/o Higgs boson
SM (with CKM)
HiggsEFT
MSSM
Simplified 2HDM
Full 2HDM
BSM with tops
Quarkonium production in SM

MG5

Kuruluş ve İlk çalıştırma

☛ Eğer MG5'i kendiniz indirirseniz, açın, çalıştırın ve ek yazılımları yükleyin:

☛ `cd MadGraph5; bin/mg5`

☛ `install pythia-pgs`

☛ `install ExRootAnalysis`

☛ `install MadAnalysis`

☛ `install Delphes`

☛ Eğer okulun sanal Linux'unu kullanacaksanız:

☛ `cd hepWork/MadGraph5`

☛ `bin/mg5`

☛ Bu sürümde komut satırında yardım ve ders de var.

☛ `help`

☛ `quit`

MG5 çalıştırınca

```
Loading default model: sm
INFO: load particles
INFO: load vertices
INFO: Restrict model sm with file models/sm/restrict_default.dat .
INFO: Run "set stdout_level DEBUG" before import for more information.
INFO: Change particles name to pass to MG5 convention
Defined multiparticle p = g u c d s u~ c~ d~ s~
Defined multiparticle j = g u c d s u~ c~ d~ s~
Defined multiparticle l+ = e+ mu+
Defined multiparticle l- = e- mu-
Defined multiparticle vl = ve vm vt
Defined multiparticle vl~ = ve~ vm~ vt~
Defined multiparticle all = g u c d s u~ c~ d~ s~ a ve vm vt e- mu- ve~ vm~ vt~
e+ mu+ t b t~ b~ z w+ h w- ta- ta+
mg5>
```

☞ MG5 bir arayüz sunar.

☞ tutorial komutu ile bu arayüzü inceleyip, öğrenebilirsiniz.

Örnek . (değiştirilecek yerler kırmızı dairede)

Yeni süreç girişi “proc data card” değiştirerek yapılır.

nano proc_card.dat

```
# Specify process(es) to run
generate e- e+ > mu- mu+ @1
#add process p p > e- ve~ j @2
#add process p p > t t~ @3
# Output processes to MadEvent
```

Sonra mg5 ile bu sürecin çalışma alanı yapılır.

bin/mg5 proc_card.dat

```
[fizikci@hpfbu MadGraph5]$ bin/mg5 proc_card.dat
*****
*                                     *
*      WELCOME to MADGRAPH 5         *
*                                     *
*                                     *
```

```
Output to directory /hep/MadGraph5_v1_5_12/PROC_sm_0 done.
Type "launch" to generate events from this process, or see
/hep/MadGraph5_v1_5_12/PROC_sm_0/README
Run "open index.html" to see more information about this proces
# This will create a directory PROC_${MODELNAME}_X
# If you want to specify the path/name of the directory use
# output PATH
# To generate events, you can go to the created directory and
# run ./bin/generate_events
quit
```

```
[fizikci@hpfbu MadGraph5]$ ls -ltr
```

```
4 drwxr-xr-x 9 fizikci users 4096 Jan 13 20:40 Template
4 -rw-r--r-- 1 fizikci users 1816 Jan 13 20:42 proc_card.da
12 -rw-r--r-- 1 fizikci users 8482 Jan 13 20:43 py.py
4 drwxr-xr-x 9 fizikci users 4096 Jan 13 20:43 PROC_sm_0
```

Örnek .. (değiştirilecek yerler kırmızı dairede)

Artık çalışma alanımız PROC_sm_0

cd PROC_sm_0

Süreç ve hızlandırıcı özellikleri “run data card” ile seçilir.

nano Cards/run_card.dat

başka özellikler de burada belirlenir.

```
# Collider type and energy
#*****
0 = lpp1 ! be
0 = lpp2 ! be
500 = ebeam1 !
500 = ebeam2 !
#*****
```

Süreç durumunu görmek için

firefox index.html

```
# Minimum and maximum pt's
#*****
20 = ptj ! minimum pt for the jets
0 = ptb ! minimum pt for the b
10 = pta ! minimum pt for the photons
10 = ptl ! minimum pt for the charged leptons
0 = misset ! minimum missing Et (sum of neutrino's momenta)
0 = ptheavy ! minimum pt for one heavy final state
```

SubProcesses and Feynman diagrams

Directory	# Diagrams	# Subprocesses	FEYNMAN DIAGRAMS	SUBPROCESS
P1_ll_ll	2	1	html postscript	e- e+ > mu- mu+

2 diagrams (2 independent).

[proc_log.txt](#) Log file from MadGraph code generation.
[proc_card_mg5.dat](#) Input file used for code generation.

[Back to Process main page](#)

Örnek ...

• Başlamak için:

• `./bin/generate_events`

```
generate_events
Which programs do you want to run?
 0 / auto      : running existing card
 1 / parton    : Madevent
 2 / pythia    : MadEvent + Pythia.
 3 / pgs       : MadEvent + Pythia + PGS.
 4 / delphes   : MadEvent + Pythia + Delphes.
[@, 1, 2, 3, 4, auto, parton, pythia, pgs, ... ][60s to answer]
>
```

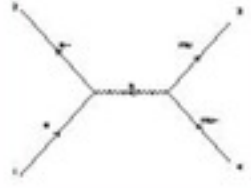
Hangi seviyede çalışacağımızı seçelim, 'enter' hepsini yapar.

• Sonuçlar

[index.html](#)

dosyasındadır.

MadEvent Card for e- e+ > mu- mu+
Created: Sat Oct 26 16:55:06 EEST 2013

Process: e- e+ > mu- mu+ Model: sm	
Links Process Information Code Download On-line Event Generation Results and Event Database	Status Generation Complete Available Only available from the web 1 runs available
Notes:	

Örnek ...

• Bir defada bütün adımları yaptık: toplu sonuçlar index.html de.

• Parton seviyesi

• quarklar,
leptonlar ..

• Hadron seviyesi

• hadronlar,
mezonlar ..

• Algıç seviyesi

• 'muon adayı'

Available Results

Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data	Output	Action
run_02	p p 500 x 500 GeV	tag_1	0.1042 ± 6e-05	10000	parton	LHE rootfile plots	<input type="button" value="remove run"/> <input type="button" value="launch pythia"/>
					pythia	LOG STDHEP LHE rootfile (LHE) plots	<input type="button" value="remove run"/> <input type="button" value="launch detector simulation"/>
					delphes	LOG LHCO rootfile plots	<input type="button" value="remove run"/>

Tesir kesiti

Olay Sayısı

• En çok tesir kesiti veren alt süreç ve çizimler bulunabilir. (buna tıklayalım)

$s = 0.10421 \pm 6e-05$ (pb)

Graph	Cross-Section ↓	Error	Events (K)	Unwgt	Luminosity
P1 sum	0.104208				
P1_II_II	0.1042	6e-05	358013.0	19072.0	0

P1_II_II

$s = 0.10421 \pm 6e-05$ (pb)

Graph	Cross-Section ↓	Error	Events (K)	Unwgt	Luminosity
G1	0.09151	5.44e-05	330011.0	17449.0	1.91e+05
G2	0.0127	2.54e-05	28002.0	1623.0	1.28e+05

```

*
*      PARAMETER AND COUPLING VALUES
*
*****

External Params
-----

aEWMI = 132.50700378417969
Gf = 1.16639000000000003E-005
aS = 0.11800000071525574
ymb = 4.6999998092651367
ymt = 173.00000000000000
ymtau = 1.7769999504089355
MZ = 91.188003540039063
MT = 173.00000000000000
MB = 4.6999998092651367
MH = 120.00000000000000
MTA = 1.7769999504089355
WZ = 2.4414041042327881
WW = 2.0476000308990479
WT = 1.4915000200271606
WH = 5.75308781117200851E-003

Internal Params
-----

```

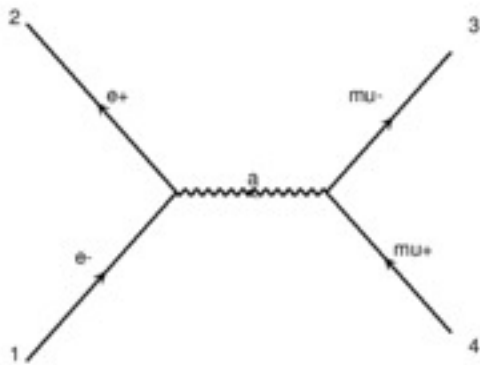


diagram 1 QCD=0, QED=2

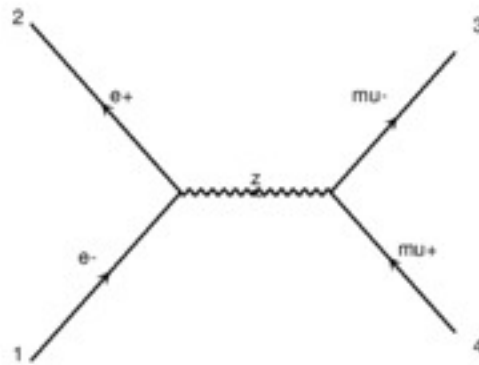


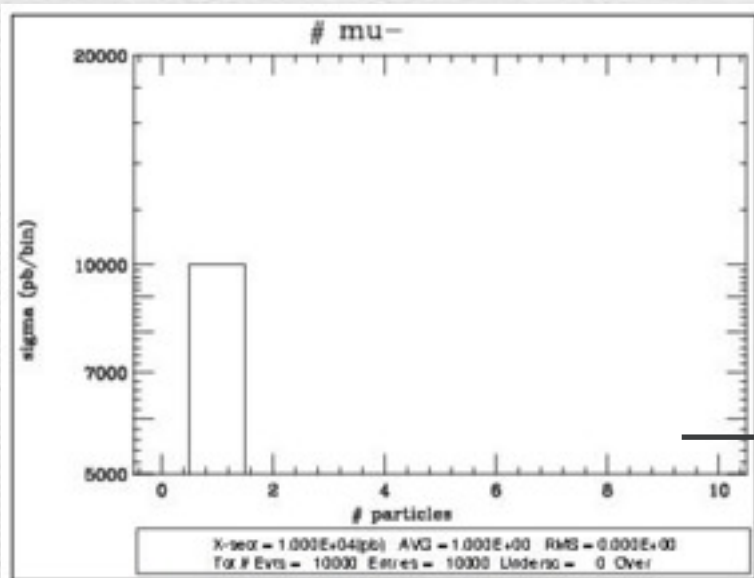
diagram 2 QCD=0, QED=2

Available Results

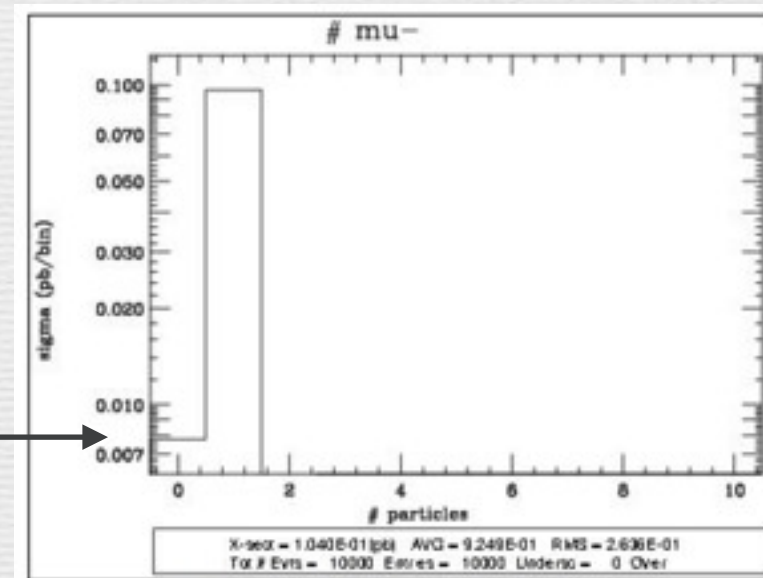
Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data	Output	Action
run_02	p p 500 x 500 GeV	tag_1	0.1042 ± 6e-05	10000	parton	LHE rootfile plots	remove run launch pythia
					pythia	LOG STDHEP LHE rootfile (LHE) plots	remove run launch detector simulation
					delphes	LOG LHCO rootfile plots	remove run

- Ayrıca kendiliğinden üretilmiş çizimlere de tıklayarak ulaşabiliriz.
- Böylece üreteç-hadron-algıç seviyesi karşılaştırması yapabiliriz.

Name	Variable
weigth	weights of the events (normally 1)
Ht	scalar sum of pt of all particles + missing Et
pt(i)	transverse momentum
y(i)	rapidity in the lab
R(i,j)	distance in the (y,phi) plane
m(i,j)	invariant mass
cos(i,j)	angle between direction of i in the resframe of i+j and the direction of i+j in the labframe



Algıç bazı μ leri göremiyor.



pp çarpıştırıcısında Z/ üretimi ve bunun b \bar{b} j ye bozunması

Karışık bir örnek

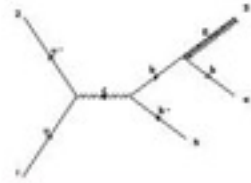
```

1 = lpp1
1 = lpp2
4000 = ebeam1
4000 = ebeam2
    
```

MadEvent Card for p p > Z> J b b-

Created: Sat Oct 26 16:55:06 EEST 2013

Process: p p > Z> J b b-
Model: sm



Links

[Process Information](#)

[Code Download](#)

[On-line Event Generation](#)

[Results and Event Database](#)

Status

Generation Complete

Available

[Only available from the web](#)

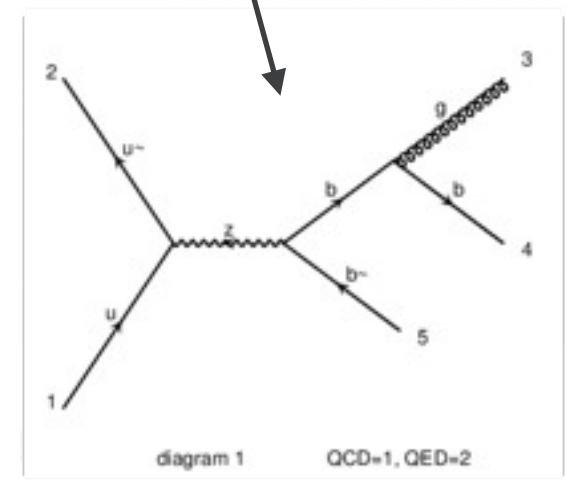
No runs available

```

-rw-r--r-- 1 fizikci users 1813 Jan 15 15:24 proc_card.dat
-rw-r--r-- 1 fizikci users 8482 Jan 15 15:25 py.py
drwxr-xr-x 9 fizikci users 4096 Jan 15 15:25 PROC_sm_1
    
```

SubProcesses and Feynman diagrams

Directory	# Diagrams	# Subprocesses	FEYNMAN DIAGRAMS	SUBPROCESS
Pi_qq_gbbx	4	4	html postscript	uu->gbb-, cc->gbb-, uu->gbb-, cc->gbb-
	4	4	html postscript	dd->gbb-, ss->gbb-, dd->gbb-, ss->gbb-
Pi_qq_qbbx	2	4	html postscript	gu>ubb-, gc>ebb-, ug>ubb-, cg>ebb-
	2	4	html postscript	gd>dbb-, gs>sbb-, dg>dbb-, sg>sbb-
	2	4	html postscript	gu->u-bb-, gc->c-bb-, u-g>u-bb-, c-g>c-bb-
	2	4	html postscript	gd->d-bb-, gs->s-bb-, d-g>d-bb-, s-g>s-bb-



sonra da generate_events

```

prepare delphes run
Running Delphes
Creating Plots for Delphes level
End Plots for Delphes level
delphes done
=== Results Summary for run: run_01 tag: t

Cross-section : 1314 +- 4.787 pb
Nb of events : 10000

Storing Pythia files of Previous run
Done
quit
    
```

Available Res

Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data	Output	Action
run_01	p p 4000 x 4000 GeV	tag_1	1314+4.8	10000	parton	LHE rootfile plots	remove run launch pythia
					pythia	LOG STDHEP LHE rootfile (LHE) plots	remove run launch detector simulation
					delphes	LOG LHCO rootfile plots	remove run

❖ Tesir kesitine en büyük katkı hangi olay çeşidinden geliyor?

Tesir kesitine tıklayın

s = 1313.8 ± 4.79 (pb)

Graph	Cross-Section ↓	Error	Events (K)	Unwgt	Luminosity
PI sum	1313.78				
PI_qq_gbbx	694.6	3.27	112008.0	13955.0	0
PI_qq_gbbx	619.2	3.5	100006.0	10186.0	0

Burada bir tuhaflık var mı? Neden?

PI_qq_gbbx

s = 694.59 ± 3.27 (pb)

Graph	Cross-Section ↓	Error	Events (K)	Unwgt	Luminosity
G1	413.8	2.89	56004.0	7784.0	18.8
G4	140.4	1.04	28002.0	3019.0	21.5
G3	140.4	1.11	28002.0	3152.0	22.5

PI_qq_gbbx

s = 619.19 ± 3.5 (pb)

Graph	Cross-Section ↓	Error	Events (K)	Unwgt	Luminosity
G2	503.1	3.35	70005.0	7540.0	15
G1	116.1	0.993	30001.0	2646.0	22.8

→ Tıklayıp çizimleri görebiliriz.

❖ Bu arada, run_card'ı değiştirip farklı \sqrt{s} için bakabiliriz:

❖ run numarası kendiliğinden artar

Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data
run_01	p p 4000 x 4000 GeV	tag_1	1314 ± 4.8	10000	parton pythia delphes
run_02	p p 3500 x 3500 GeV	tag_1	1083 ± 3.8	10000	parton pythia delphes
run_03	p p 7000 x 7000 GeV	tag_1	2848 ± 9.3	10000	parton pythia delphes
run_04	p p 500 x 500 GeV	tag_1	34.35 ± 0.11	10000	parton pythia delphes

ama hata yok....

Results for pp>z>bb~j @1 in the sm

Available Results

Links	Events	Tag	Run	Collider	Cross section (pb)	Events
results banner	Parton-level LHE	fermi	aa	pp 7000 x 7000 GeV	.28480E+04	10000

[Main Page](#)

MG4 ile aynısını yapıp bakabiliriz.

Process results

s = 2847.993 ± 9.254 (pb)

Graph	Cross Sect(pb)	Error(pb)	Events (K)	Eff	Unwgt	Luminosity
Sum	2847.993	9.254	187	1.4		
Pl_dxd_bbxg	344.280	2.725	23	1.2		8.44
Pl_ddx_bbxg	343.560	3.051	23	1.4		5.49
Pl_uxu_bbxg	330.790	3.151	22	1.4		5.51
Pl_uux_bbxg	328.960	2.526	27	1.3		7.37
Pl_gu_bbxu	277.490	2.371	15	1.1		8.17
Pl_ug_bbxu	275.490	3.443	14	1.5		7.90
Pl_gd_bbxu	243.750	2.696	7	1.0		5.86
Pl_dg_bbxu	241.840	2.279	13	1.1		5.26
Pl_gdx_bbxu	141.290	2.002	7	1.3		6.44
Pl_dxx_bbxu	139.190	3.837	6	2.3		4.92
Pl_uxx_bbxu	91.657	1.660	7	1.6		9.22
Pl_gux_bbxu	89.696	1.083	16	1.5		22.90

Ayarların hepsi `Cards/proc_card.dat` içinde

Olay sayısı

```
1000      = nevents ! Number of unweighted events requested
0         = iseed   ! rnd seed (0=assigned automatically=default)
```

Hızlandırıcı

0	-1	1	2
ideal	\bar{p}	p	$\gamma^{(WW)}$

```
# Collider type and energy
#*****
0         = lpp1  ! beam 1 type (0=NO PDF)
0         = lpp2  ! beam 2 type (0=NO PDF)
500      = ebeam1 ! beam 1 energy in GeV
500      = ebeam2 ! beam 2 energy in GeV
#*****
```

Kutuplama

```
# Beam polarization from -100 (left-handed) to 100 (right-handed)
#*****
0         = polbeam1 ! beam polarization for beam 1
0         = polbeam2 ! beam polarization for beam 2
#*****
```

PDF

```
# PDF CHOICE: this automatically fixes also alpha_s and its evol.
#*****
'cteq6l1' = pdlabel   ! PDF set
#*****
```

QCD scale

```
# Renormalization and factorization scales
#*****
F         = fixed_ren_scale ! if .true. use fixed ren scale
F         = fixed_fac_scale ! if .true. use fixed fac scale
91.1880  = scale           ! fixed ren scale
91.1880  = dsqrt_q2fact1  ! fixed fact scale for pdf1
91.1880  = dsqrt_q2fact2  ! fixed fact scale for pdf2
1        = scalefact      ! scale factor for event-by-event scales
#*****
```

Eşleme

```
# Matching - Warning! ickkw > 1 is still beta
#*****
0        = ickkw          ! 0 no matching, 1 MLM, 2 CKKW matching
1        = highestmult    ! for ickkw=2, highest mult group
#*****
```


Parton Eşlemesi hakkında

❧ Neyi, kimi, niye eşliyoruz?

❧ BHÇ de 2 ve 3 gluonlu son durumları hesaplamak istiyoruz.

- ❧ 1. süreç Matrix Element hesabından gelir : $p p \rightarrow g g$
- ❧ 2. süreç Matrix Element hesabından gelir: $p p \rightarrow g g g$

❧ Yağmurlama sırasında, “pythia” İDI/ SDI da yapar.

- ❧ 1. süreç için bir gluon ışıması yapar
- ❧ $p p \rightarrow g g$ yağmurlama MCsu sonunda $p p \rightarrow g g g$ haline gelir

❧ 1. süreci 2 gluon son durum mudur, yoksa 3 gluon son durum mu?

❧ Ayrı olayı 2 defa saymamak için, jetleri yeniden oluştur ve ilk parton özellikleri ile karşılaştır. (*MLM vs CKKW matching*)

❧ Ayrıntılar için:

❧ <http://mlm.web.cern.ch/mlm/talks/lund-alpgen.pdf>

❧ http://www.isv.uu.se/thep/courses/QCD/QCD_presentation_David.pdf


MG5:Pythia, PGS ve Delphes arayüzü

- MG, kolayca Pythia, PGS ve Delphes'e bağlanır.
- Uygun algıç ve/veya pythia cardını seçelim
 - `cd PROC_sm_1/Cards`
 - `cp pythia_card_default.dat pythia_card.dat`
 - `cp delphes_card_ATLAS.dat delphes_card.dat`
- eskisi gibi çalıştırın
 - `bin/generate_events`

Olaylar ve kütükler

• Üretilen olaylar Events dizininde:

```
[fizikci@hpfbu PROC_sm_1]$ cd Events/  
[fizikci@hpfbu Events]$ ls  
beforeveto.tree  fort.0      run_01  run_03  unweighted_events.lhe  
events.tree      hep2lhe.log run_02  run_04  xsecs.tree  
[fizikci@hpfbu Events]$ ls run_01/  
events.lhe.gz          tag_1_pythia_events.lhe.gz  
run_01_tag_1_banner.txt tag_1_pythia_lhe_events.root  
tag_1_delphes_events.lhco.gz tag_1_pythia.log  
tag_1_delphes_events.root unweighted_events.lhe.gz  
tag_1_delphes.log      unweighted_events.root  
tag_1_pythia_events.hep.gz  
[fizikci@hpfbu Events]$
```



bu olaylar daha sonra, çözümlene yaparken gerekli olacak!!!!

Sonuç

- Elimizde ağaç seviyesinde de olsa çok yararlı 3 program var.
 - CompHEP, CalcHEP, MadGraph
 - *Meraklısı için: MCNLO nedir?*
- Herhangi bir modeli bilgisayara girerek o model içinde ağaç seviyesinde hesap yapabiliriz.
 - Lagrangian'ı biliyorsak, yeni bir kuramı da ekleyebiliriz.
- Bir çarpıştırıcıda bu modellerden birinden geliyormuş gibi olay üretebiliyoruz.
 - Bu olayları kullanarak o modelin ölçülebilirliğini hesaplayabiliriz.
 - Bu olayları kullanarak o modelin ölçülebilmesi için bir hızlandırıcı tasarlayabiliriz.

Gece Sefası → ödev

• MadGraph SM modeli ile şunları yapın

• Bölüm1

• 8TeVlik LHC de $\mu^+ \mu^+ \mu^- \mu^-$ üretme tesir kesiti bulun, ancak olaylarda Higgs bozonu olmasın.

• Toplam 1000 adet olay üretin,

• Olayları Delphes (ATLAS) benzetiminden geçip root kütüğü oluşmasını sağlayın.

• Bölüm2

• 2TeV lik proton antiproton makinasında 1000 adet $t \bar{t}$ üretin, arada Z olmasın, CMS algıcından geçirip root kütüğü oluşturun.