

Монте-Карло генераторы: CompuNER

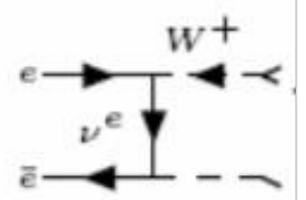
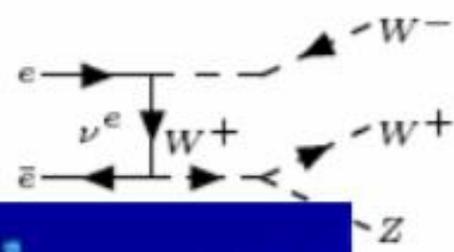
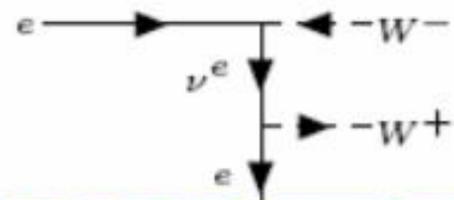
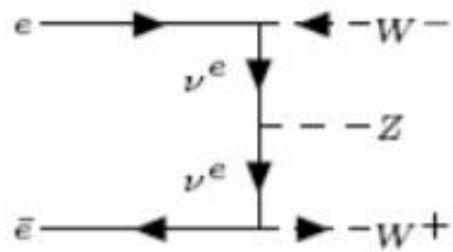


Выполнил
Студент группы М20-115
Охотников А.В.

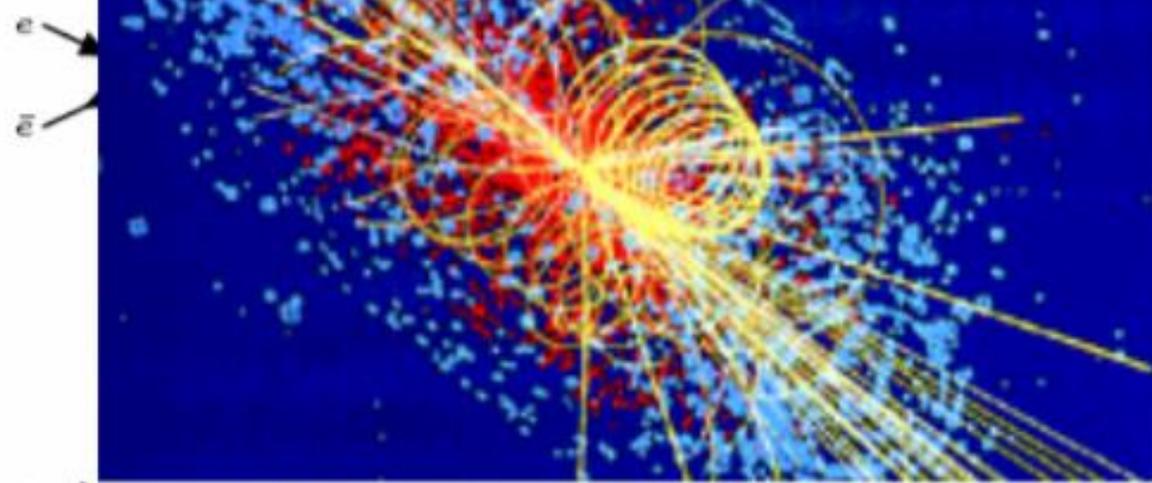
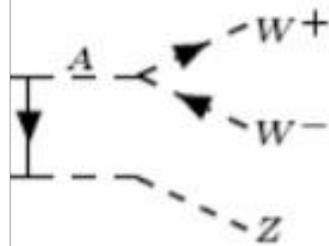
▼ Введение

Проект ComrHEP был основан в 1989 году группой ученых и программистов в Институте Ядерной Физики МГУ. Его основатели – Э. Боос, В. Ильин и В. Саврин.

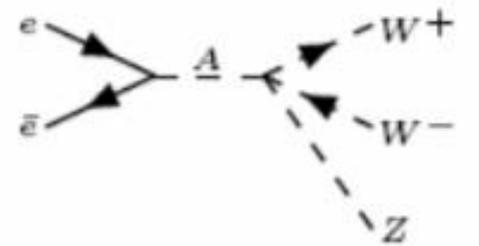
Основная задача программного пакета ComrHEP – это вычисление матричных элементов распада элементарных частиц или их рассеяния при высоких энергиях в рамках Стандартной Модели. Кроме того, пакет включает в себя несколько расширений СМ и возможность создания пользовательских моделей.



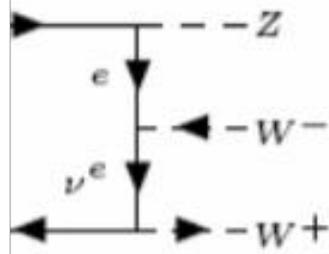
diagr.1



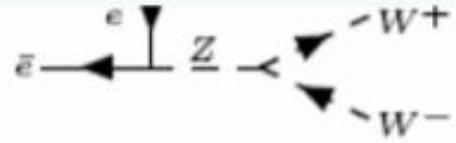
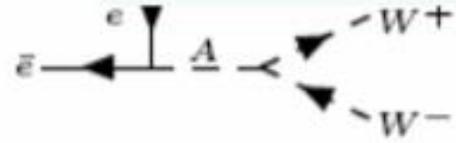
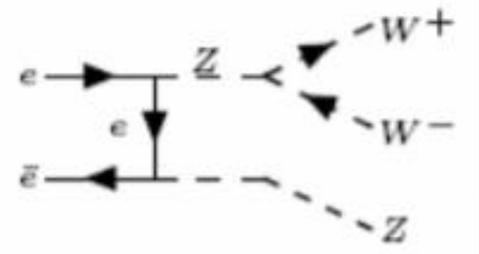
diagr.4



diagr.5

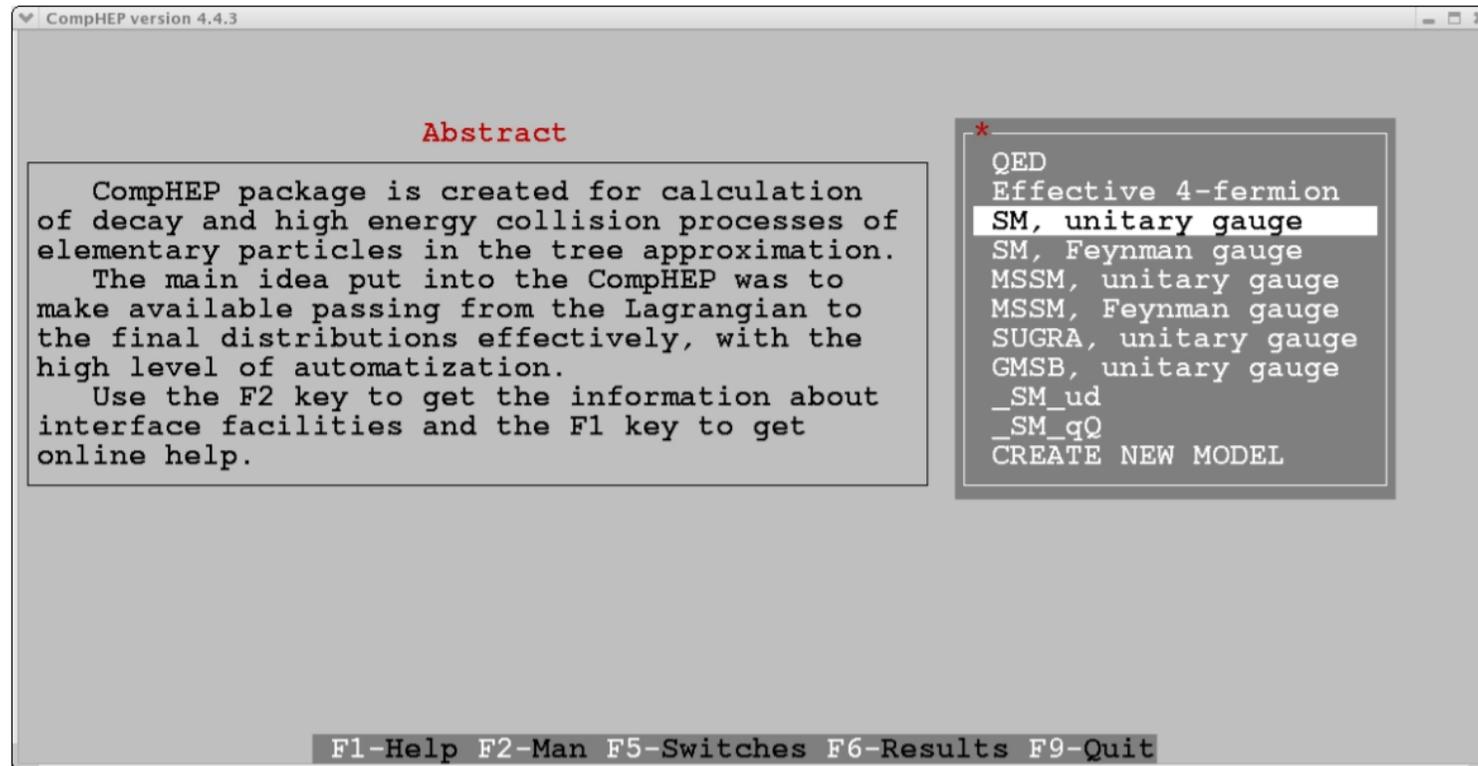


diagr.8

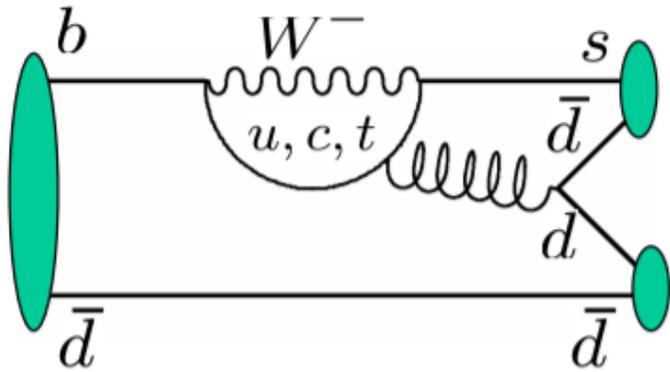


▼ Возможности CompHEP

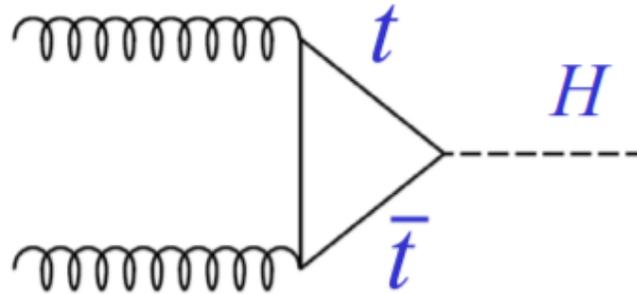
- Расчет процессов распада частицы на несколько (до пяти) вторичных либо столкновения двух частиц
- Наглядное представление в виде набора диаграмм Фейнмана
- Моделировать взаимодействие пучков частиц и проводить их анализ
- Возможность выгрузки результатов для дальнейшей работы с использованием Wolfram Mathematica, ROOT или Pythia



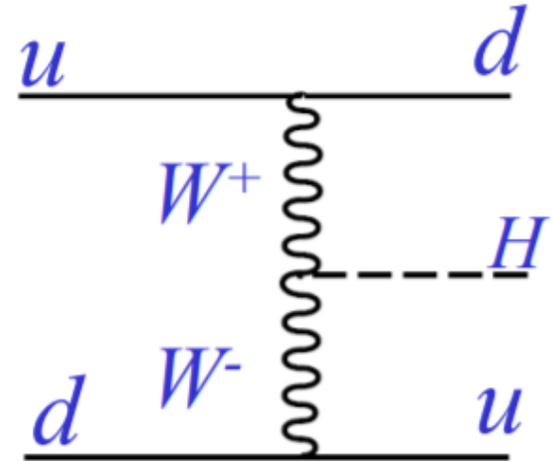
Начальное окно программы



No, No



No



Yes

Ограничения CompHEP

- Не считает взаимодействия связанных состояний (мезоны, барионы)
- Не считает петлевые диаграммы
- Не учитывает нейтринные осцилляции
- Не рекомендуется моделировать инклюзивные процессы, точность результата не гарантируется

```

CompHEP version 4.4.3
Model: MSSM, unitary gauge

List of (anti)particles

A(A) photon          Z(Z) Z boson        W+(W-) W boson
G(G) gluon           e(E) electron       m(M) muon
ne(Ne) e-neutrino    nm(Nm) mu-neutrino nl(Nl) tau-neutrino
l(L) tau-lepton     s(S) s-quark       c(C) c-quark
u(U) u-quark        d(D) d-quark       t(T) t-quark
b(B) b-quark        h(h) Light Higgs   H(H) Heavy higgs
H3(H3) CP-odd Higgs H+(H-) Charged Higgs ~1+(~1-) chargino 1
~2+(~2-) chargino 2 ~o1(~o1) neutralino 1 ~o2(~o2) neutralino 2
~o3(~o3) neutralino 3 ~o4(~o4) neutralino 4 ~G(~G) gluino
~eL(~eL) selectron L ~eR(~eR) selectron R ~mL(~mL) smuon L
~mR(~mR) smuon R     ~l1(~l1) stau 1    ~l2(~l2) stau 2
~ne(~ne) e-sneutrino ~nm(~nm) mu-sneutrino ~nl(~nl) tau-sneutrino
PgDn

```

Enter decayed particle: H
Enter Final State: H -> 2*x
Exclude diagrams with
Keep diagrams with

```

CompHEP version 4.4.3
Model: MSSM, unitary gauge

List of (anti)particles
PgUp
u(U) u-quark          d(D) d-quark        t(T) t-quark
b(B) b-quark         h(h) Light Higgs   H(H) Heavy higgs
H3(H3) CP-odd Higgs H+(H-) Charged Higgs ~1+(~1-) chargino 1
~2+(~2-) chargino 2 ~o1(~o1) neutralino 1 ~o2(~o2) neutralino 2
~o3(~o3) neutralino 3 ~o4(~o4) neutralino 4 ~G(~G) gluino
~eL(~eL) selectron L ~eR(~eR) selectron R ~mL(~mL) smuon L
~mR(~mR) smuon R     ~l1(~l1) stau 1    ~l2(~l2) stau 2
~ne(~ne) e-sneutrino ~nm(~nm) mu-sneutrino ~nl(~nl) tau-sneutrino
~uL(~uL) u-squark L ~uR(~uR) u-squark R ~cL(~cL) c-squark L
~cR(~cR) c-squark R ~t1(~t1) t-squark 1 ~t2(~t2) t-squark 2
~dR(~dR) d-squark R ~dL(~dL) d-squark L ~sL(~sL) s-squark L
~sR(~sR) s-squark R ~b1(~b1) b-squark 1 ~b2(~b2) b-squark 2

```

Примеры расчетов в CompHEP

```
CompHEP version 4.4.3
Model: SM, unitary gauge
Process: Z -> 2*x
Feynman diagrams
13 diagrams in 13 subprocesses are constructed.
0 diagrams are deleted.
View diagrams

NN Subprocess Del Rest
*
1| Z -> b,B | 0| 1
2| Z -> t,T | 0| 1
3| Z -> s,S | 0| 1
4| Z -> c,C | 0| 1
5| Z -> d,D | 0| 1
6| Z -> u,U | 0| 1
7| Z -> l,L | 0| 1
8| Z -> nl,Nl | 0| 1
9| Z -> m,M | 0| 1
10| Z -> nm,Nm | 0| 1
11| Z -> e,E | 0| 1
PgDn
F1-Help F2-Man F3-Model F5-Switches F6-Results F7-Del F8-UnDel F9-Quit
```

Пример 1:
распад Z-бозона
 $Z \rightarrow 2X$

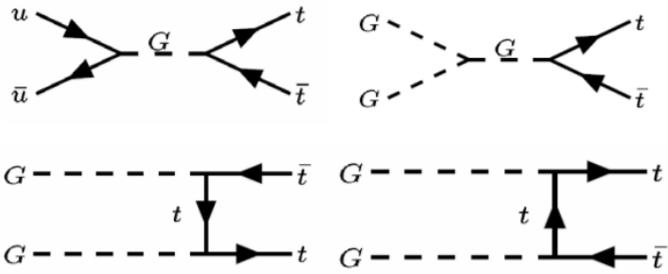
Программа предполагает распад по 11-ти каналам. Можно выбрать интересующие пользователя моды распада или провести расчет по всем возможным.

Расчет вероятностей для различных каналов распада

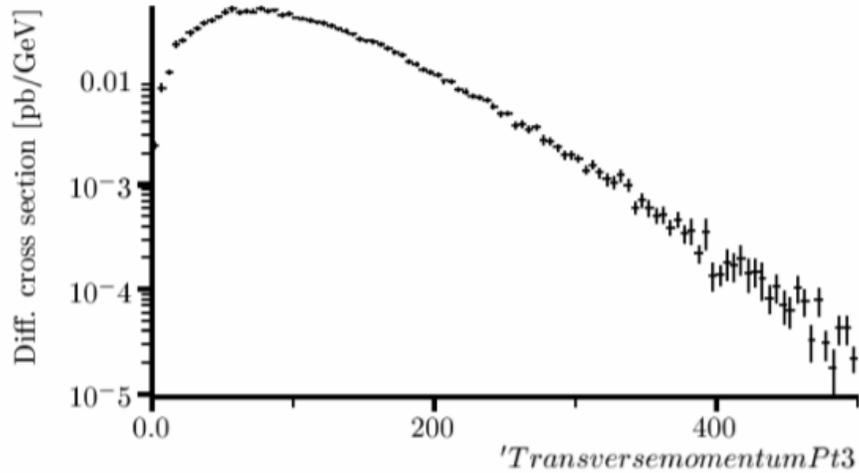
```
Total width : 2.436309E+00 GeV
Modes and fractions :
b B - 15%
nl Nl - 6.9%
e E - 3.5%
t T - 0%
d D - 15%
u U - 12%
nm Nm - 6.9%
m M - 3.5%
W+ W- - 0%
s S - 15%
c C - 12%
ne Ne - 6.9%
l L - 3.4%
```

Аналогично для процесса $t \rightarrow 2X$

```
Total width : 1.546882E+00 GeV
Modes and fractions :
W+ d - 0.0032%
W+ b - 1E+02%
W+ s - 0.17%
```



$u, U \rightarrow t, T$

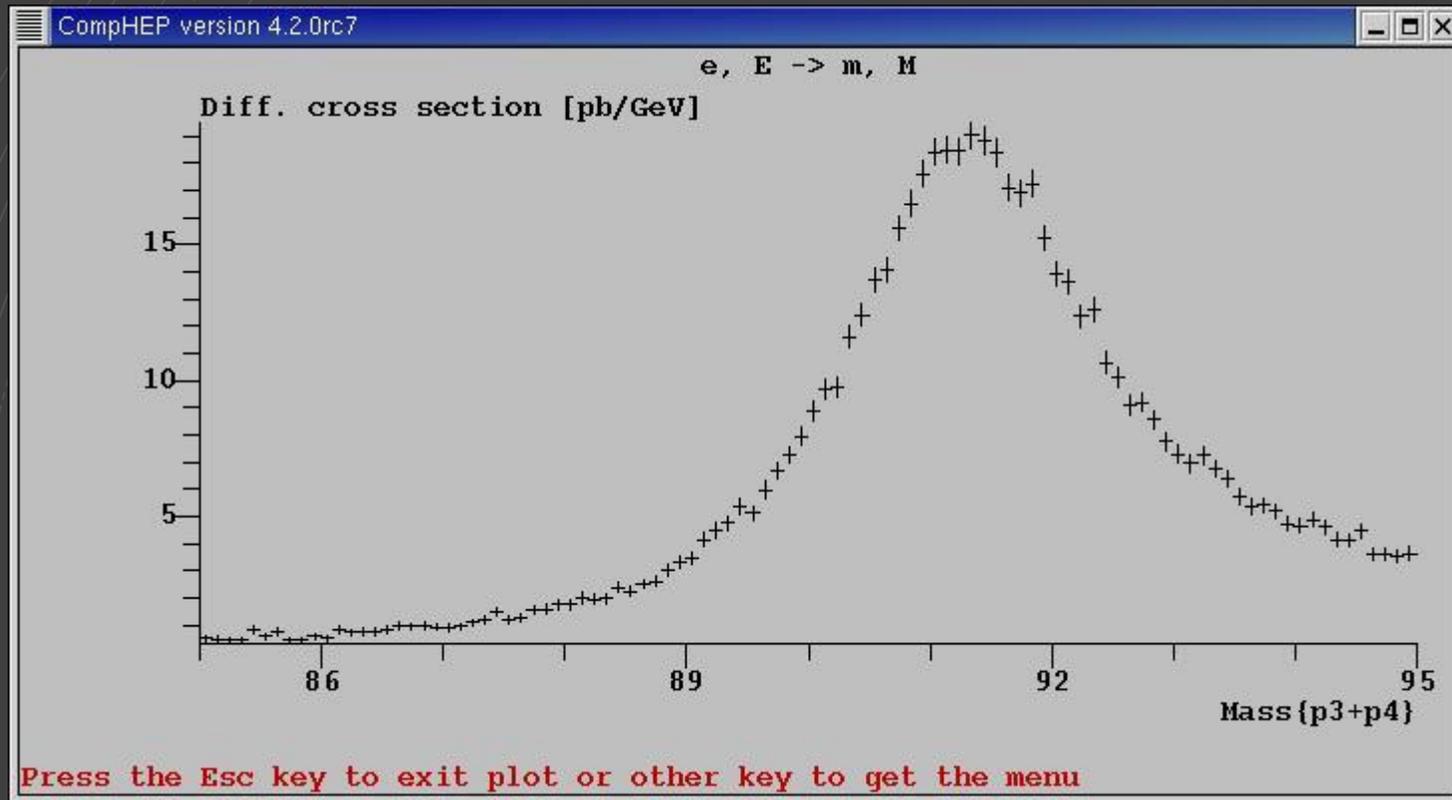


CompHEP at $\sqrt{s} = 2.0$ TeV

Process	$\sigma(\text{pb})$
$u\bar{u} \rightarrow t\bar{t}$	6.88
$d\bar{d} \rightarrow t\bar{t}$	1.28
$g\bar{g} \rightarrow t\bar{t}$	0.53
$\bar{u}u \rightarrow t\bar{t}$	0.014
Total	8.7

$m_t = 174.3$ GeV

Пример 2: $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$



CompHEP version 4.4.3

Model: SM, unitary gauge

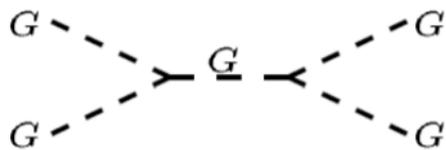
Process: p,p -> G,G

Feynman diagrams

18 diagrams in 9 subprocesses are constructed.
0 diagrams are deleted.

NN	Subprocess	Del	Rest
1	u,U -> G,G	0	2
2	d,D -> G,G	0	2
3	U,u -> G,G	0	2
4	D,d -> G,G	0	2
5	s,S -> G,G	0	2
6	c,C -> G,G	0	2
7	S,s -> G,G	0	2
8	C,c -> G,G	0	2
9	G,G -> G,G	0	2

F1-Help F2-Man F3-Model F4-Switches F5-Results F6-Del F7-UnDel F8-Quit



Образование глюонной пары на БАК:
моды процесса

CompHEP version 4.4.3

Process: p,p -> G,G (9 subprocesses)
(sub)Process: G,G -> G,G
Monte Carlo session: 1(begin)

#IT	Cross section [pb]	Error %	nCall	chi**2
1	6.6512E+07	6.85E+01	9792	
2	2.8964E+07	3.71E+01	9792	
3	5.2245E+07	1.54E+01	9792	
4	4.8176E+07	2.46E+00	9792	
5	5.0217E+07	1.44E+00	9792	
< >	4.9615E+07	1.24E+00	48960	2
6	4.9609E+07	1.29E+00	9792	
7	4.9563E+07	1.04E+00	9792	
8	5.1268E+07	2.14E+00	9792	
9	5.0072E+07	1.22E+00	9792	
10	5.0284E+07	1.20E+00	9792	
< >	4.9894E+07	5.16E-01	97920	1

Vegas

Start integration

Integration is over
Press any key



Образование глюонной пары на БАК:
сечение рассеяния



Обзор аналогов

- FeynCalc
- GRACE
- MadGraph

```

MakeBoxes[p1, TraditionalForm] :=
  "\\!\\(*SubscriptBox[\\(p\\), \\(1\\)]\\)";
MakeBoxes[p2, TraditionalForm] :=
  "\\!\\(*SubscriptBox[\\(p\\), \\(2\\)]\\)";
MakeBoxes[k1, TraditionalForm] :=
  "\\!\\(*SubscriptBox[\\(k\\), \\(1\\)]\\)";
MakeBoxes[k2, TraditionalForm] :=
  "\\!\\(*SubscriptBox[\\(k\\), \\(2\\)]\\)";

```

```

diags = InsertFields[CreateTopologies[0, 2 -> 2],
  {F[2, {1}], -F[2, {1}]} -> {F[3, {1}], -F[3, {1}]},
  InsertionLevel -> {Classes}, Model -> "SMQCD",
  ExcludeParticles -> {S[_], V[2]};
Paint[diags, ColumnsXRows -> {2, 1}, Numbering -> Simple,
  SheetHeader -> None, ImageSize -> {512, 256}];

```

+

- Активно разрабатывается
- Возможность выгрузки данных
- Удобное графическое представление данных и формул

```

amp[0] = FCFAConvert[CreateFeynAmp[diags],
  IncomingMomenta -> {p1, p2}, OutgoingMomenta -> {k1, k2},
  UndoChiralSplittings -> True, ChangeDimension -> 4,
  List -> False, SMP -> True, Contract -> True,
  DropSumOver -> True, Prefactor -> (3/2)*SMP["e_Q"],
  FinalSubstitutions -> {SMP["m_u"] -> SMP["m_q"]}];

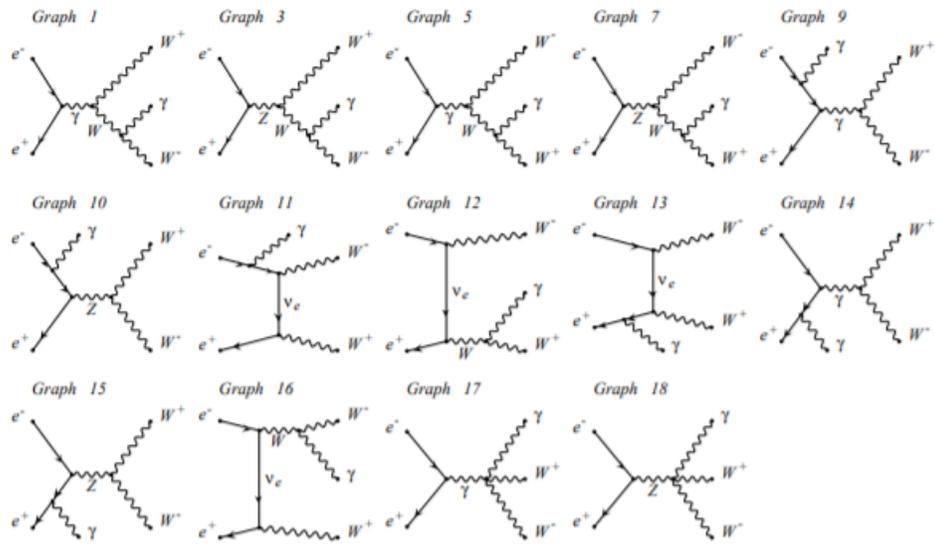
```

$$\frac{e^2 e_Q \delta_{\text{Col3 Col4}} (\varphi(-\bar{p}_2, m_e)) \cdot \bar{V}^{\text{Lor1}} \cdot (\varphi(\bar{p}_1, m_e)) (\varphi(\bar{k}_1, m_q)) \cdot \bar{V}^{\text{Lor1}} \cdot (\varphi(-\bar{k}_2, m_q))}{(\bar{k}_1 + \bar{k}_2)^2}$$

-

- Сложный «недружелюбный» интерфейс

FeynCalc



```
%%BoundingBox: 0 0 600 599
%% left_margin( 30.0) width ( 600) right_margin ( 30.0)

0.91 0.91 scale
```

```
. . . . .
ans1 = .4688388270357785
. . . . .
. . . . .
ans2 = .468838827035779
. . . . .
. . . . .
ans1/ans2 - 1 = -9.992007221626408E-16
. . . . .
```



- Можно считать электрослабые процессы



- Написано на Fortran
- Разработка давно заброшена
- Как следствие, отсутствие совместимости

GRACE

MadEvent Card for $p p \rightarrow e^- \nu e^-$
Created: Wed Jan 11 17:24:08 CST 2012

Process: $p p \rightarrow e^- \nu e^-$
Model: sm

Links
Process Information
Code Download
On-line Event Generation
Results and Event Database

Notes:
Last Update: Wed Jan 11 17:26

Results for $p p \rightarrow e^- \nu e^- @ 1$ in the

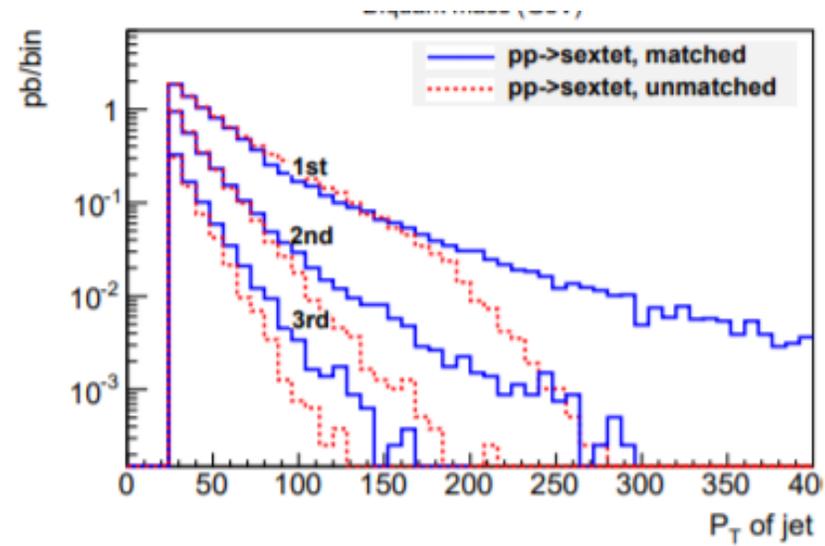
Available Results

Links	Events	Tag	Run	Collider	Cross section (pb)	Events
result	banner	Parton-level LHE	fermi_835_Test	PP 7000 x 7000 GeV	.62194E+04	10000

Main Page

Process results
 $S = 6219.435 \pm 15.998(\text{pb})$

Graph	Cross Sect(pb)	Error(pb)	Events (K)	Eff	Unwgt	Luminosity
Sum	6219.435	15.998	5	0.2		
Sub Group 1						
P1_qq_lvj	4327.200	12.070	0	0.0		2.50
Sub Group total = 4327.2						
Sub Group 2						
P2_gg_lvjg	1017.000	9.237	1	0.4		4.27
P2_qq_lvjg	302.750	3.625	2	0.5		6.31
Sub Group total = 1319.75						
Sub Group 3						
P3_gg_tx	496.560	3.354	1	0.2		2.03
P3_qq_tx	75.925	0.749	0	0.2		5.06
Sub Group total = 572.485						



+

- Очень качественная визуализация данных
- Интеграция с ROOT, Pythia
- Есть своя вики и комьюнити

-

- Отсутствие графического интерфейса неудобно для масштабных симуляций

MadGraph

▼ Заключение

- ComrNER – быстрая и простая в использовании программа. Позволяет моделировать многие взаимодействия из ФЭЧ, упрощая работу
- Хорошо проработана симуляция электрослабых взаимодействий
- Моделировать сильные взаимодействия также возможно, однако разработчики настаивают на крайне аккуратном использовании результатов, полученных ComrNER в этом случае