



Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Кафедра физики элементарных частиц №40



Научная исследовательская работа студента на тему:

АНАЛИЗ И ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОНТЕ-КАРЛО ГЕНЕРАТОРА WHIZARD

Научный руководитель:

К. М. Белоцкий

Научный консультант:

Е. С. Шлепкина

Студент:

К. Р. Шерстнев

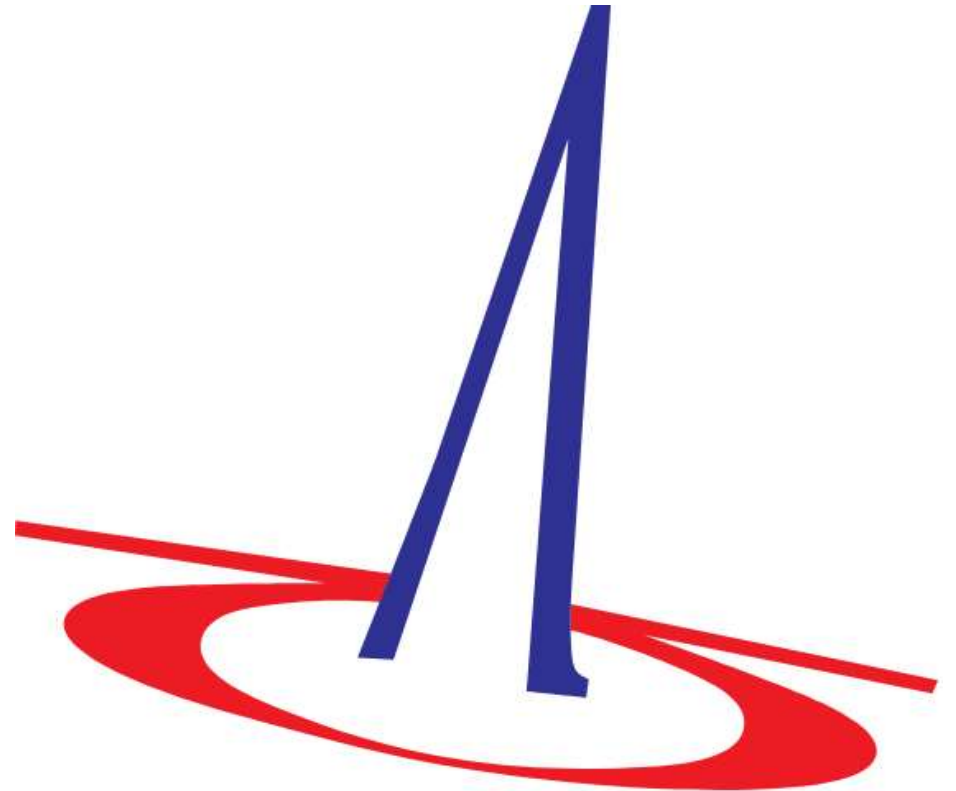
Москва 2020

Введение

Генераторы событий Монте-Карло - незаменимый инструмент в физике элементарных частиц.

WHIZARD был разработан в первую очередь как инструмент для запланированного тогда линейного электронно-позитронного коллайдера TESLA примерно в 1999 году.

Аббревиатура W^HiZard расшифровывается как **W**, **H**iggs, **Z**, and respective **d**ecays.



Логотип WHIZARD

Цель

Поскольку каждая задача, требующая использования МС-генератора, обладает своими особенностями и требованиями к инструментам моделирования, для анализа применимости генератора событий WHIZARD возникает необходимость рассмотреть, насколько широко представлены возможности, после чего сделать вывод о гибкости и универсальности пакета.

В данной работе будут рассмотрены такие параметры генератора, как:

- Возможность установки новых физических моделей,
- «случайность» вычислений,
- возможность адронизации.

Физические модели

Список моделей, доступных в WHIZARD

Модель	С CKM	Тривиальная CKM
Yukawa test model	---	Test
QED with e, μ, τ, γ	---	QED
QCD with d, u, s, c, b, t, g	---	QCD
Standard Model	SM_CKM	SM
SM with anomalous gauge couplings	SM_ac_CKM	SM_ac
SM with $Hgg, H\gamma\gamma, H\mu\mu, He^+e^-$	SM_Higgs_CKM	SM_Higgs
SM with bosonic dim-6 operators	---	SM_dim6
SM with charge 4/3 top	---	SM_top
SM with anomalous top couplings	---	SM_top_anom
SM with anomalous Higgs couplings	---	SM_rx/NoH_rx/SM_ul
SM extensions for VV scattering	---	SSC/AltH/SSC_2/SSC_AltT
SM with Z'	---	Zprime
Two-Higgs Doublet Model	THDM_CKM	THDM
MSSM	MSSM_CKM	MSSM
MSSM with gravitinos	---	MSSM_Grav
NMSSM	NMSSM_CKM	NMSSM
extended SUSY models	---	PSSSM
Littlest Higgs	---	Littlest
Littlest Higgs with ungauged $U(1)$	---	Littlest_Eta
Littlest Higgs with T parity	---	Littlest_Tpar
Simplest Little Higgs (anomaly-free)	---	Simplest
Simplest Little Higgs (universal)	---	Simplest_univ
SM with graviton	---	Xdim
UED	---	UED
“SQED” with gravitino	---	GravTest
Augmentable SM template	---	Template

Генератор случайных чисел

Генераторы случайных чисел являются одним из ключевых моментов генераторов Монте-Карло, придавая им свою “случайность”.

Стандартным генератором случайных чисел в WHIZARD является TAO («The Art Of»). Это генератор Фибоначчи с запаздыванием на основе 32-битной целочисленной арифметики.

Используемая последовательность Фибоначчи:

$$x_j = (x_{j-k} - x_{j-l}) \bmod 2^{30}$$

Здесь $k = 100$, $l = 37$, а длина периода: $\rho = 2^{30} - 2$.

Адронизация

В WHIZARD на данный момент нет собственного встроенного инструмента для адронизации, однако симуляция адронизации всё же возможна благодаря возможности подключения программ RUTHIA6 или RUTHIA8 в качестве инструмента адронизации.



Логотип RUTHIA

Распад бозона Хиггса

Код SINDARIN

```
process higgs = H => e1, E1, e1, E1  
n_events = 10  
Integrate (higgs)  
simulate (higgs)
```

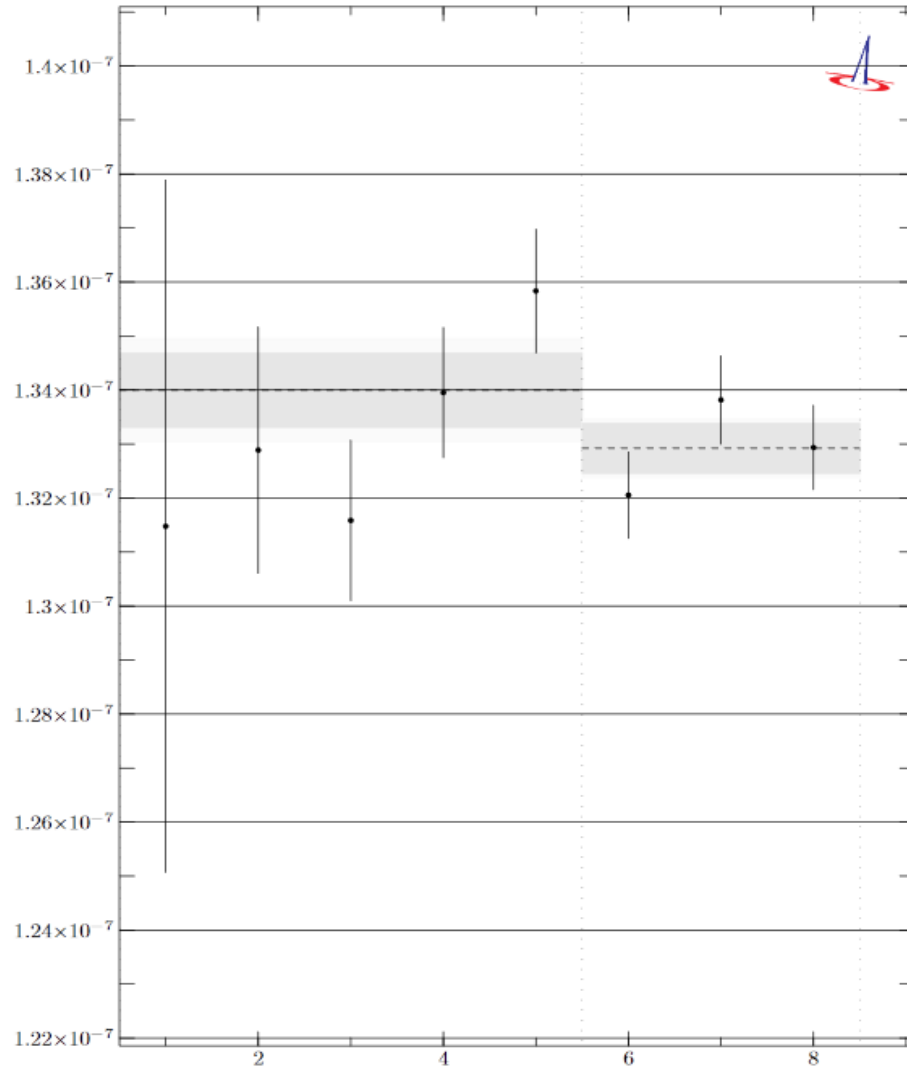
Код SINDARIN с изменением массы

```
process higgs = H => e1, E1, e1, E1  
mH = 1 TeV  
n_events = 10  
Integrate (higgs)  
simulate (higgs)
```

Результаты

Integration Results Display

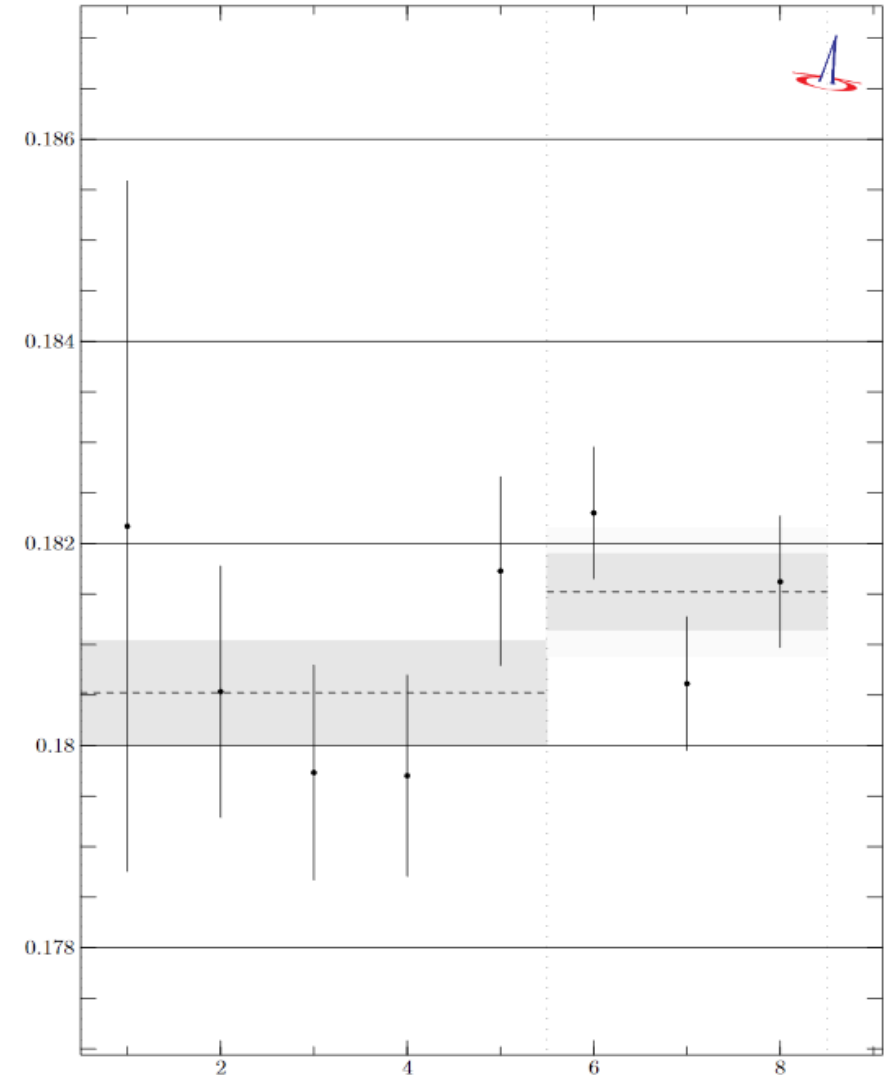
Process: higgs-history



Случай стандартной массы

Integration Results Display

Process: higgs-history



Случай измененной массы

Результаты в табличной форме

It	Calls	Integral[GeV]	Error[GeV]	Err[%]	Acc	Eff[%]	Chi2	N[It]
1	4998	1.3147640E-07	6.41E-09	4.88	3.45*	3.69		
2	4996	1.3288678E-07	2.29E-09	1.72	1.22*	18.21		
3	4994	1.3158521E-07	1.49E-09	1.13	0.80*	26.08		
4	4990	1.3395138E-07	1.21E-09	0.90	0.64*	26.92		
5	4988	1.3583345E-07	1.15E-09	0.85	0.60*	21.41		
5	24966	1.3399666E-07	6.88E-10	0.51	0.81	21.41	1.39	5
6	9998	1.3205345E-07	8.01E-10	0.61	0.61	21.10		
7	9998	1.3381729E-07	8.20E-10	0.61	0.61	15.06		
8	9998	1.3293533E-07	7.85E-10	0.59	0.59*	14.59		
8	29994	1.3292143E-07	4.63E-10	0.35	0.60	14.59	1.18	3

Случай стандартной массы

It	Calls	Integral[GeV]	Error[GeV]	Err[%]	Acc	Eff[%]	Chi2	N[It]
1	5000	1.8217019E-01	3.42E-03	1.88	1.33*	17.36		
2	4998	1.8053351E-01	1.24E-03	0.69	0.49*	45.11		
3	4996	1.7973276E-01	1.06E-03	0.59	0.42*	49.40		
4	4990	1.7970189E-01	9.96E-04	0.55	0.39*	46.01		
5	4984	1.8172738E-01	9.34E-04	0.51	0.36*	47.09		
5	24968	1.8052361E-01	5.15E-04	0.29	0.45	47.09	0.78	5
6	9996	1.8230172E-01	6.53E-04	0.36	0.36*	45.54		
7	9996	1.8061284E-01	6.61E-04	0.37	0.37	44.29		
8	9996	1.8162136E-01	6.52E-04	0.36	0.36*	41.73		
8	29988	1.8152004E-01	3.78E-04	0.21	0.36	41.73	1.67	3

Случай измененной массы

Образование мюона

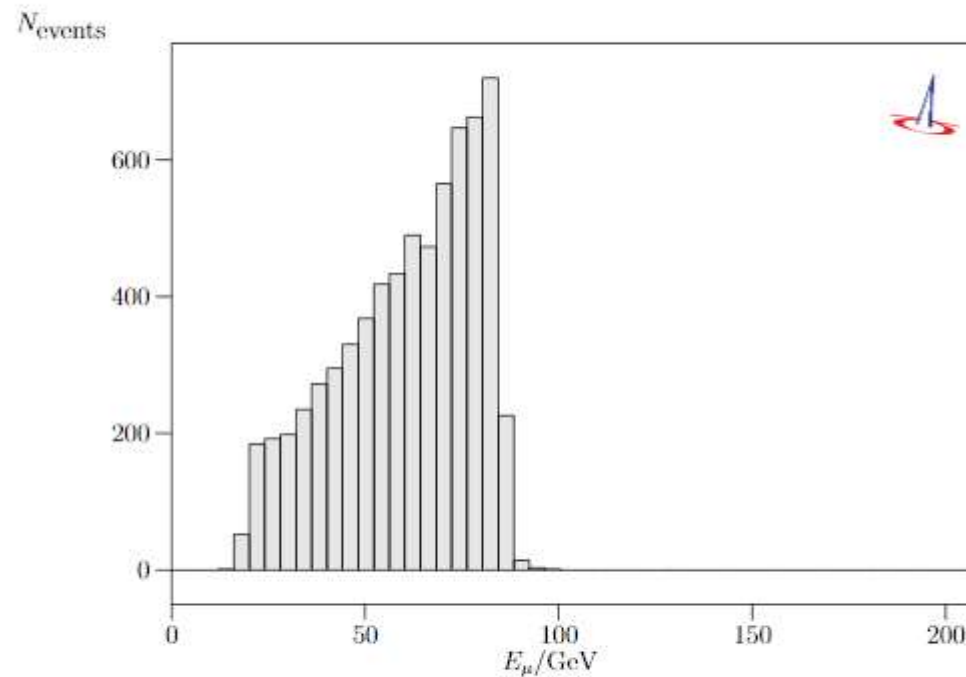
Код SINDARIN

```
model = SM
process cc10 = e1, E1 => e2, N2, u, D
mmu = 0
sqrts = 209 GeV
integrate (cc10) { iterations = 12:20000 }
luminosity = 10
$description =
«A WHIZARD Example. Charged current CC10 process from LEP 2.»
$y_label = « $M_{\text{events}}$ »
$title =
«Muon energy  $E_{\mu}$  in  $e^+e^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_{\mu} u \bar{d}$ »
$x_label = « $E_{\mu}/\text{GeV}$ »
histogram e_muon (0 GeV, 209 GeV, 4)
analysis = record e_muon (eval E [e2])
simulate (cc10)
compile_analysis { $out_file = "cc10.dat" }
```

Гистограмма энергий мюона

Muon energy E_{μ} in $e^+e^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_{\mu} u \bar{d}$

A WHIZARD Example. Charged current CC10 process from LEP 2.



Data within bounds:

$\langle \text{Observable} \rangle = 60.57 \pm 0.22$ [$n_{\text{entries}} = 6781$]

All data:

$\langle \text{Observable} \rangle = 60.57 \pm 0.22$ [$n_{\text{entries}} = 6781$]

Заключение

Из анализа возможностей генератора следует, что WHIZARD - эффективная и многофункциональная программа для моделирования самых различных процессов, но всё же имеющая некоторые ограничения и недостатки. В дальнейшем имеет смысл более глубоко изучить различные аспекты генератора, такие как получение матричных элементов в аналитической форме, виды пользовательского интерфейса, параметризация фазового пространства, и другое. После этого станет возможно создать более полную картину универсальности и работоспособности МС-генератора WHIZARD.

В данной работе были получены следующие результаты:

1. Освоена работа с WHIZARD и языком SINDARIN
2. Проанализированы некоторые возможности и недостатки программного пакета

В дальнейшем планируется изучение других аспектов генератора.

Спасибо за внимание