

Курсовая работа Карамышева О.В

Научный руководитель **Колесников В.А**



# SANC

Support of Analytic and Numeric  
calculations for experiments on  
Colliders



# *Nature of physical problem*

Automatic calculation of pseudo- and realistic observables for various processes and decays in the Standard Model of Electroweak interactions, QCD and QED at oneloop precision level. For exclusion of IR singularities the soft photon emission is included

# *Method of Solution*

Numerical computation of analytical formulae of form factors and helicity amplitudes. For simulation of two fermion radiative decays of Standard Model bosons ( $W_{\pm}$ ,  $Z$ ) and the Higgs boson a Monte Carlo technique is used

# *Restrictions on the complexity*

In the current version of SANC there are 3 and 4 particle processes and decays available at one-loop precision level

Aimed on  $2 \rightarrow 3$  processes



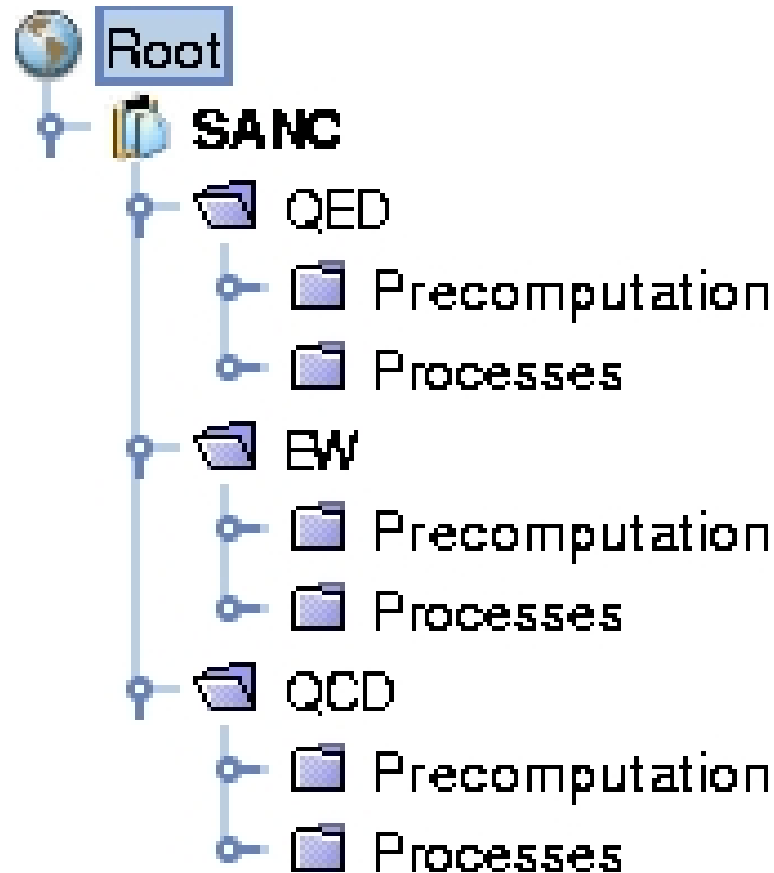
# Levels of the calculations

Level 1, Analytic

Level 2, Numerical

Level 3, MC generators

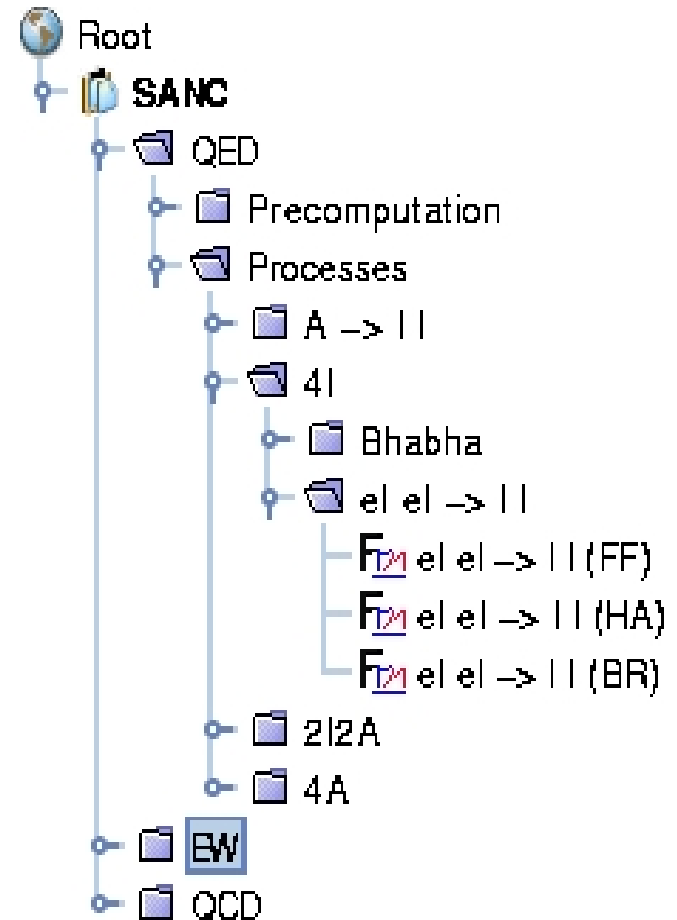
# Processes, available in SANC v.1.00



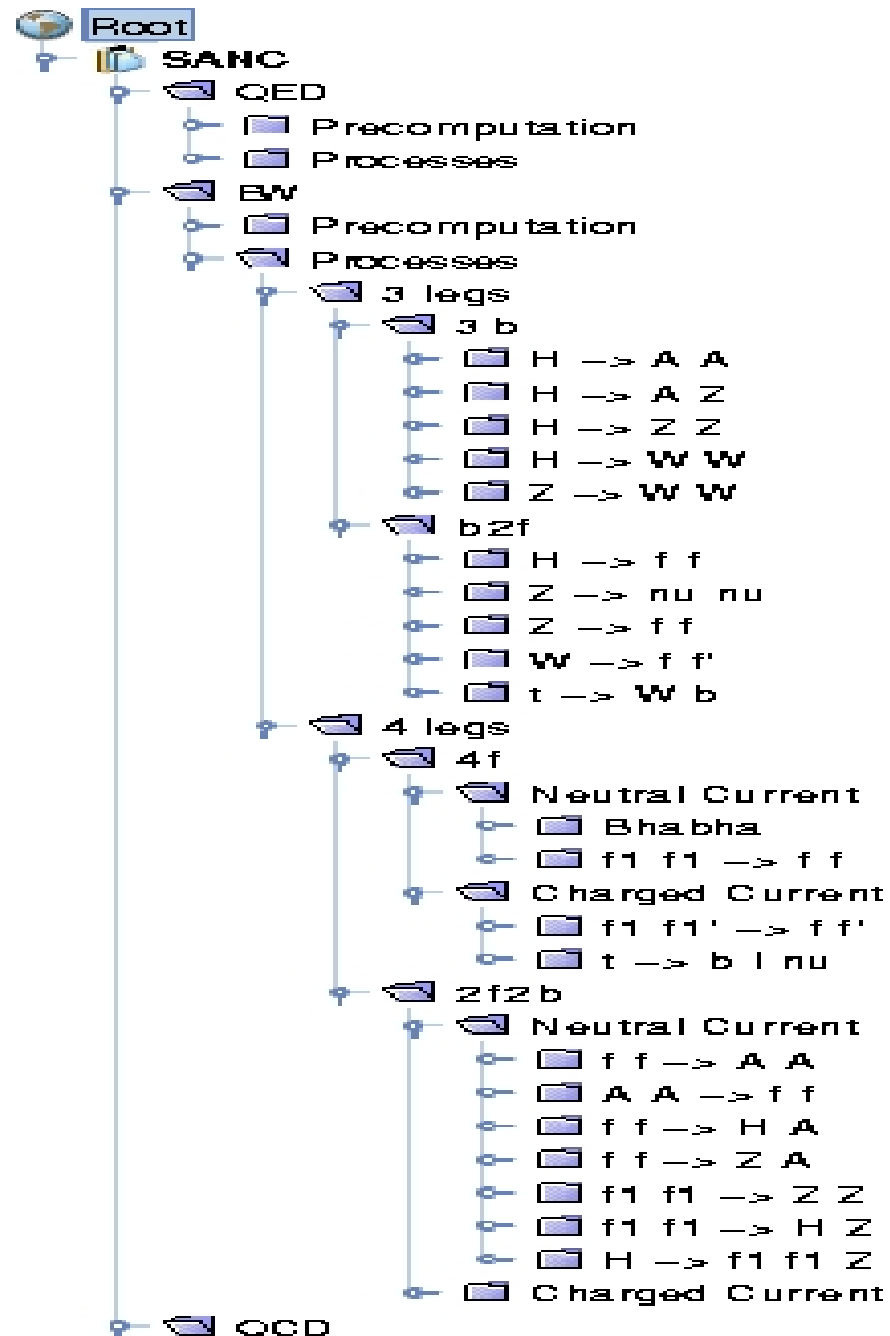
# QED processes

QED processes are presented by three classes:

- 1) a heavy photon decay
- 2)  $e^+e^-$  annihilation into a lepton pair (including Bhabha scattering)
- 3) Compton-like processes, i.e.  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$  or some other cross channel

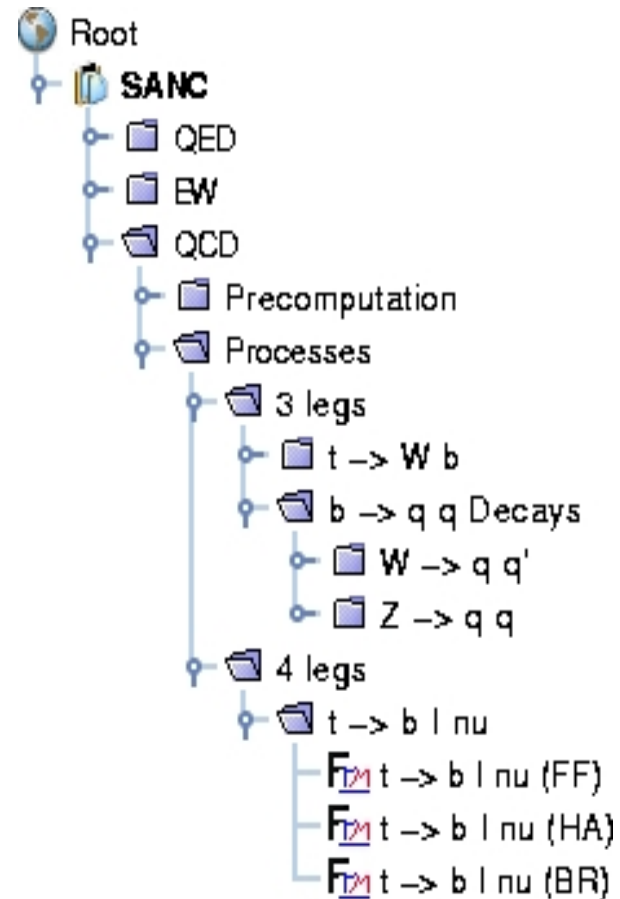


# EW processes



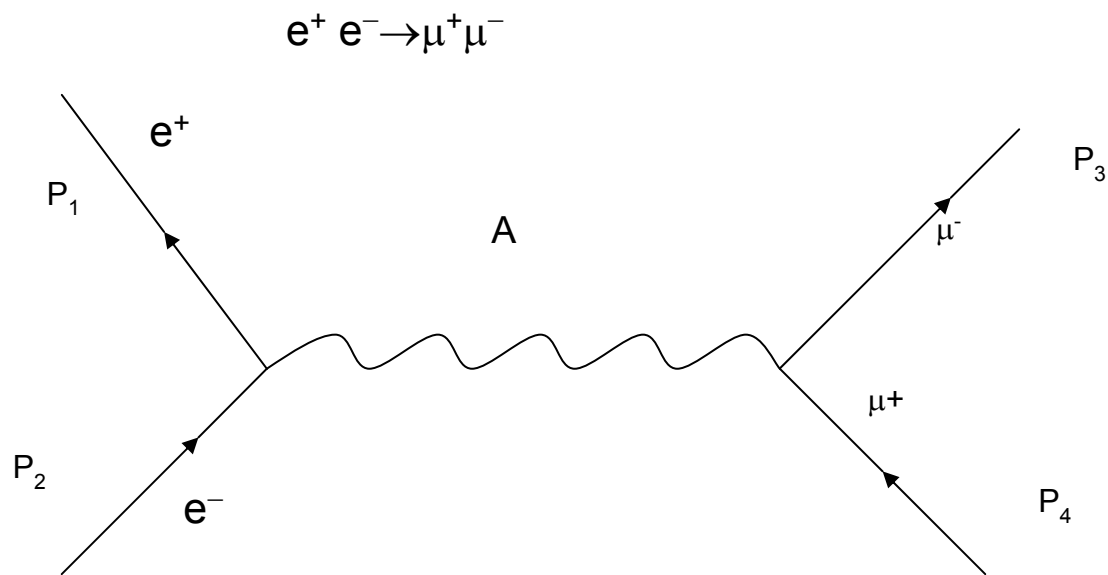


# QCD processes



# Процесс

$$e^+ e^- \longrightarrow \mu^+ \mu^-$$





# Основные этапы вычисления

- 1) Изображаем диаграммы Фейнмана для процесса
- 2) Используя фейнмановские правила, выписываем выражения для амплитуды

# Основные этапы вычисления

3) Возводим амплитуду в квадрат

4) Вычисляем следы, усредняем и суммируем по спиновым состояниям начальных и конечных частиц

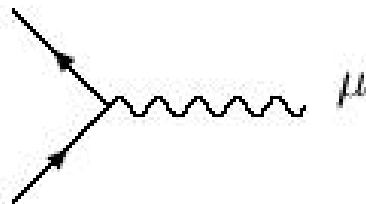
# Правила Фейнмана QED



$$\frac{1}{(2\pi)^4 i} \frac{1}{i\not{p} + m_f} = \frac{1}{(2\pi)^4 i} \frac{-i\not{p} + m_f}{p^2 + m_f^2 - i\epsilon}$$



$$\frac{1}{(2\pi)^4 i} \frac{1}{p^2 - i\epsilon} \left[ \delta_{\mu\nu} + (\xi^2 - 1) \frac{p_\mu p_\nu}{p^2} \right]$$



$$(2\pi)^4 i ieQ_f \gamma_\mu$$

# Реализация в среде SANC

```
#include Declare.h
#call Global
#define lin1 "12"
#define lin1 "12"
#define lfn1 "16"
#define lfn1 "16"
G Amp = Vb(ii,p1,h2)*vert(1,12,12,al,ii)*U(ii,p2,h2)*
        Ub(jj,p4,h4)*vert(1,16,-16,be,jj)*V(jj,p3,h3)*
        pr(1,al,be,p1+p2);
Sigma=+8*den(1,0,p1+p2)^2*e^4*(
+(p1.p2)*mmo^2
+(p1.p3)*(p2.p4)
+(p1.p4)*(p2.p3)
);
#call FeynmanRules(0)
#call DiracEquation(Amp,1)
#call MakeAmpSquare(Amp,AmpSq,1)
#call Trace (AmpSq, sigma,1,1)
print
.end
```

CompHEP: a package for evaluation of Feynman diagrams,  
integration over multi-particle phase space and event generation

<http://theory.sinp.msu.ru/comphep>

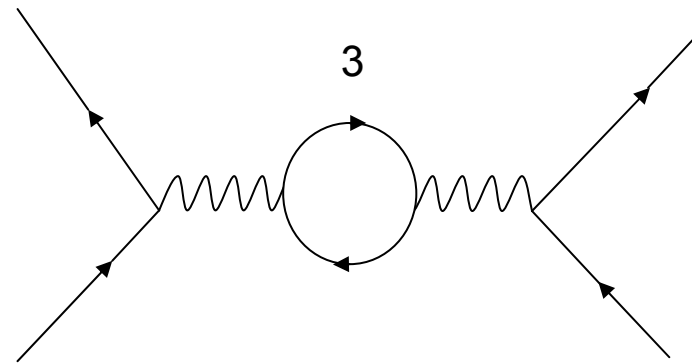
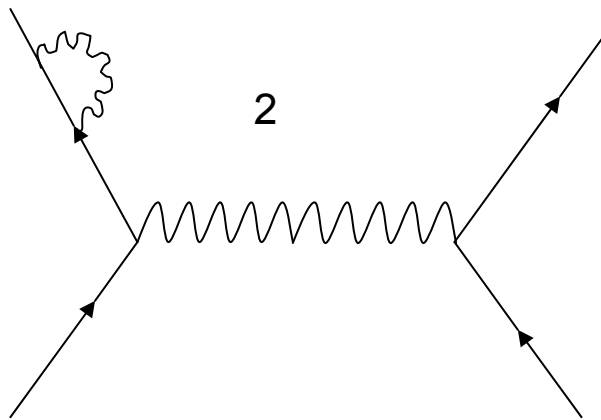
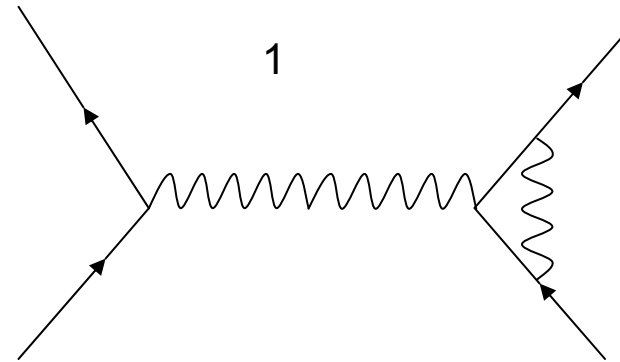
# Радиационные поправки

Виртуальные

1) к вершине

2) К внешней линии

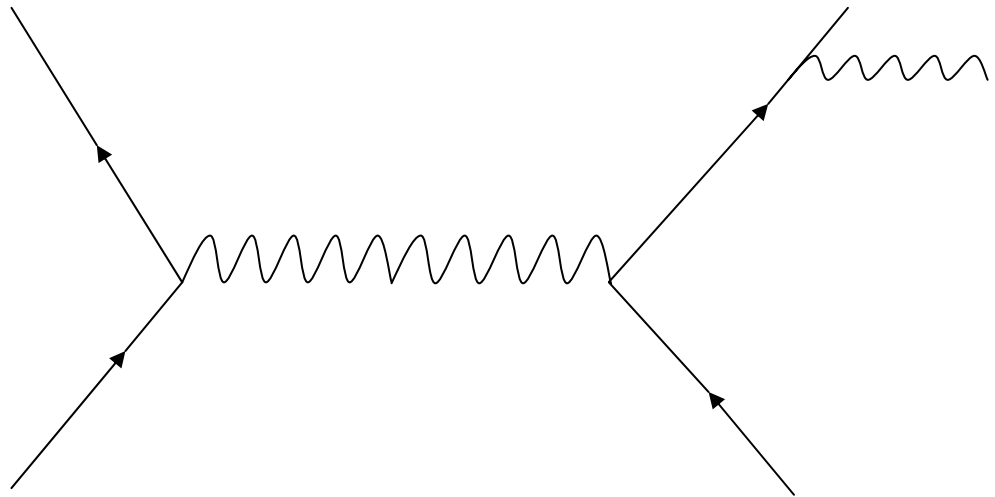
3) Поляризация вакуума



# Радиационные поправки

Bremstrahlung

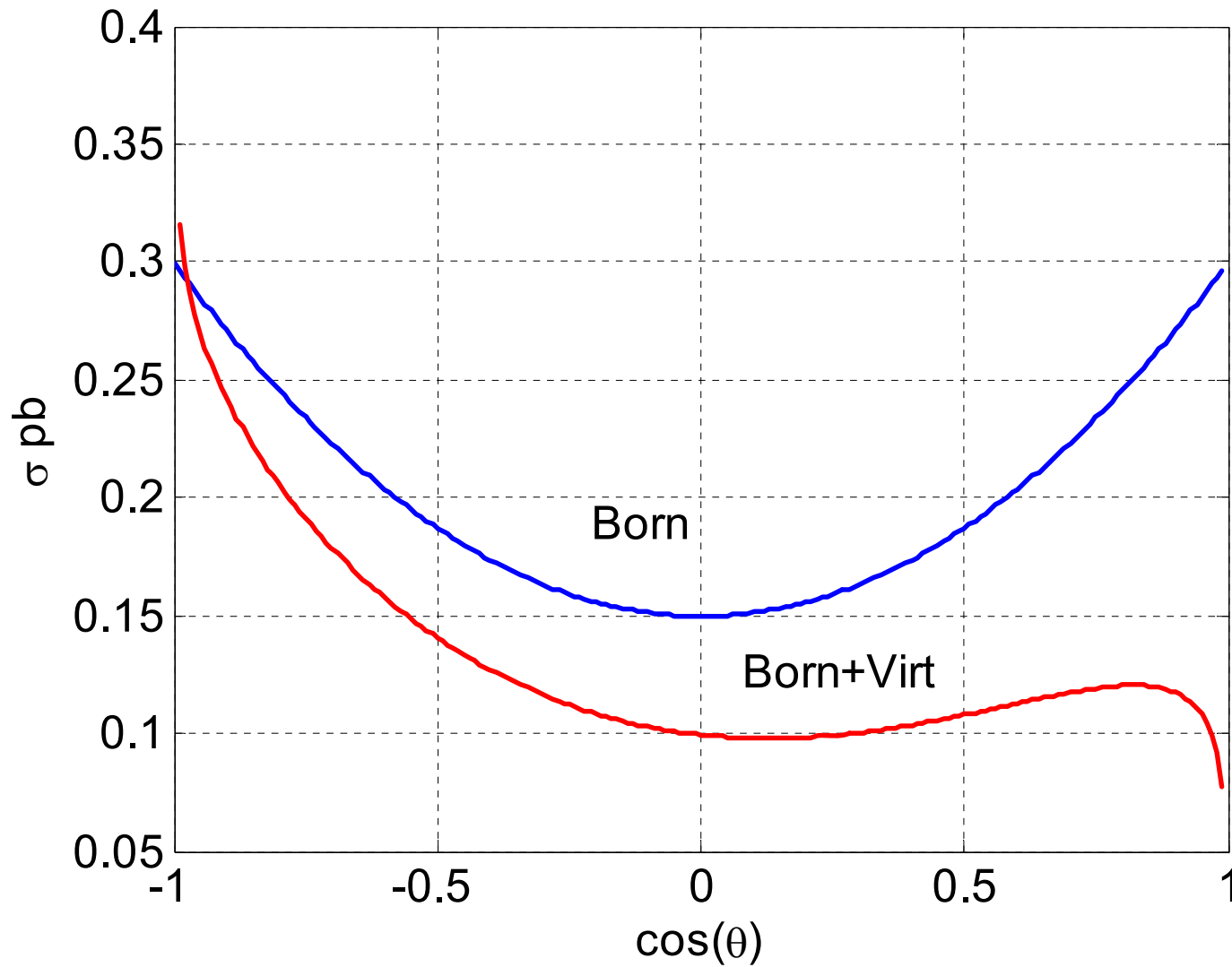
тормозное  
излучение



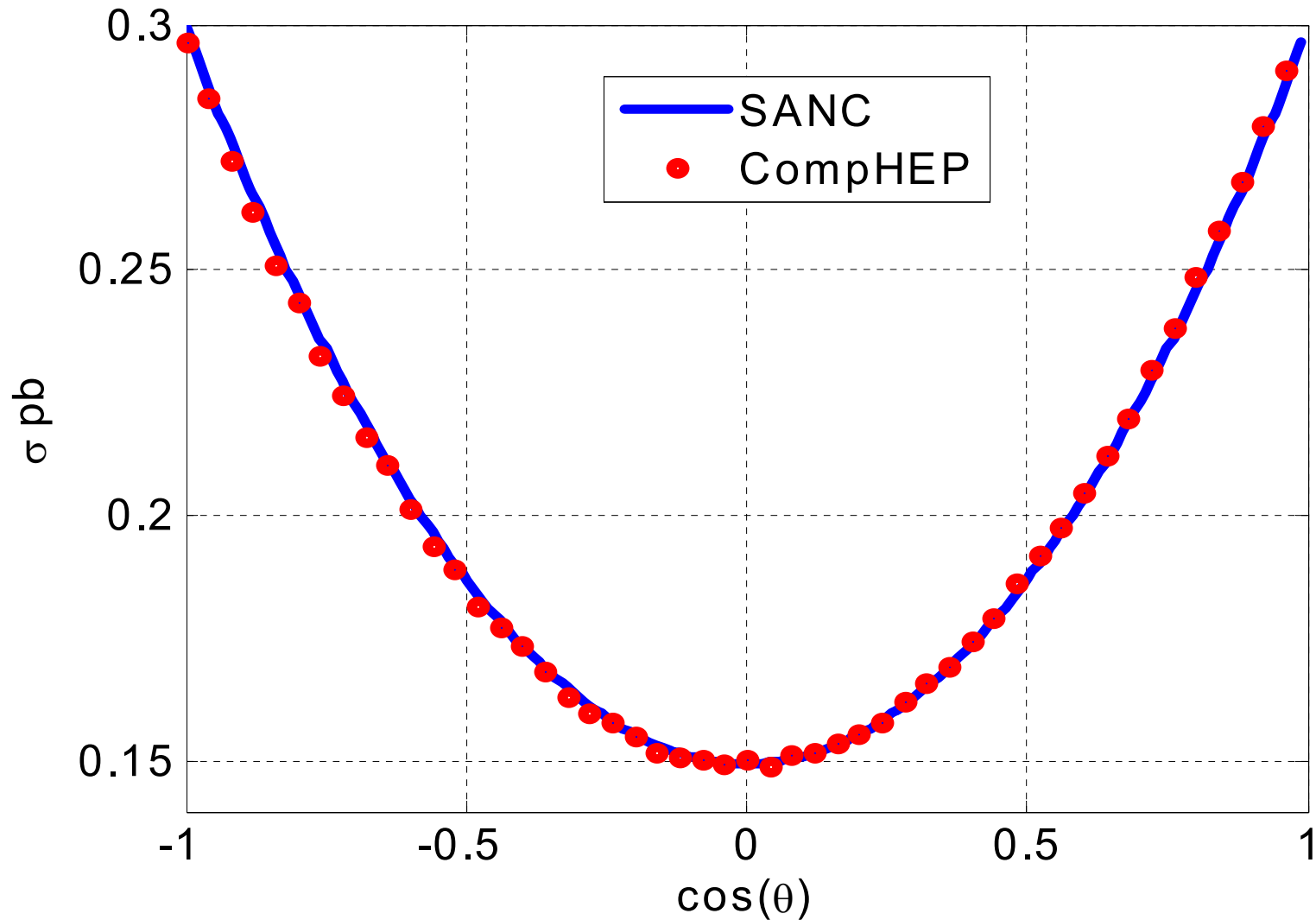
Soft / Hard



# Результаты



# Сравнение с ComrHEP



# Заключение

- Ознакомился с системами SANC и CompHEP
- Рассчитан процесс  $e^+e^- \longrightarrow \mu^+\mu^-$  в древесном приближении
- Получено аналитическое выражение для дифференциального сечения вычисленное с использованием процедур SANC, полученный результат сверен с CompHEP
- SANC позволяет вычислить поправки, вычисленные виртуальные поправки представлены на графике
- В борновском приближении зависимости  $\sigma(\cos(\theta))$  вычисленные в SANC и CompHEP совпадают.

# Referenses

- 1) SANC project: <http://sanc.jinr.ru> ,  
<http://pcphsanc.cern.ch>
- 2) CompHEP project  
<http://theory.sinp.msu.ru/comphep>
- 3) M.E. Peskin, D.V. Schroeder “Introduction to quantum field theory” 2001