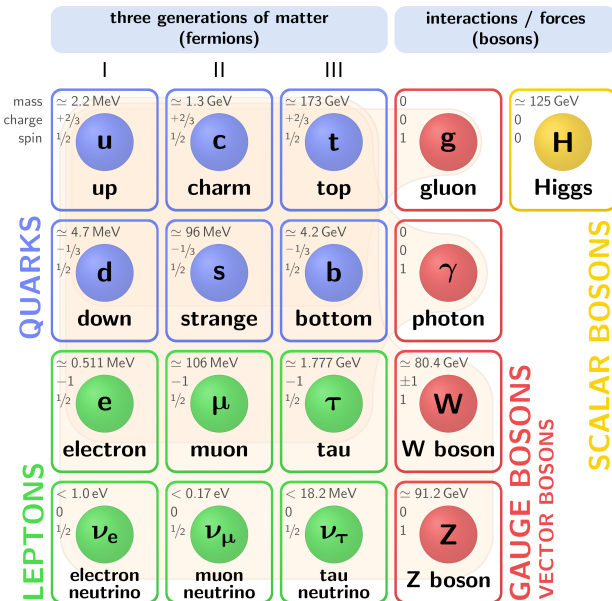


Вимірювання диференційних перерізів народження  $t\bar{t}$  з  
використання CMS Open Data

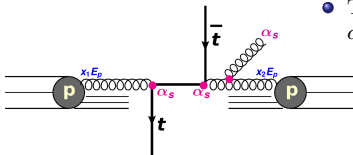
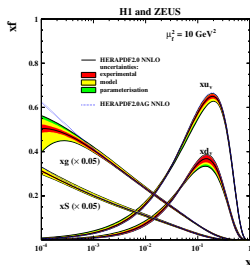
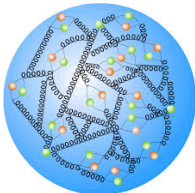
Олександр Зенаєв

# Стандартна модель (CM)



- Топ кварк ( $t$ ) є найважчою елементарною частинкою в Стандартній Моделі
- Tevatron (Fermilab) і LHC (CERN)
- Дослідження процесів з топ кварками (перерізи народження і властивості) дозволяє перевірити/покращити існуючі теоретичні моделі і створити/спростувати нові моделі

# Народження топ кварків у зіткненнях протонів



- Протон складається з uud кварків що взаємодію через обмін глюонів: густина розподілу партонів (parton distribution functions, PDFs)
- Квантова хромодинаміка (Quantum Chromodynamics, QCD) описує сильну взаємодію кварків і глюонів
- Пертурбувативний режим (теорія збурень):  $\alpha_S(\mu) < 1$ ,  $\mu \sim 1 \text{ GeV} \gg \Lambda_{QCD}$
- $\sigma = \sum_{i=0}^n \sigma_i \alpha_S^i$
- PDFs параметризують непертурбативну фізику; на даний момент їх не обчислюють, а визначають з експериментальних даних:  $f_{q,\bar{q},g}(\mu, x)$
- Дані з народження топ кварків є суттєвим джерелом інформації про глюонні PDFs за великих значень  $x$  (важливо для пошуків нової фізики)
- Також з перерізів народження топ кварків визначають  $\alpha_S$  і  $m_t$  (вільні параметри CM)

- <https://cms-opendata-guide.web.cern.ch/>
- Репозиторії з прикладами:
  - ▶ <https://github.com/cms-opendata-validation>
  - ▶ <https://github.com/cms-opendata-analyses>
- Зазвичай аналіз містить дві частини:
  - ▶ обробка “сирих” CMS даних з використанням CMS software (CMSSW) і створення ROOT нтуплів [Analyzer]
    - RECO, AOD, MiniAOD, NanoAOD ...
    - потрібний значний CPU ресурс та інтернет трафік (зазвичай використовують комп’ютерний кластер)
  - ▶ обробка ROOT нтуплів (без CMSSW) [PostAnalyzer]
    - можна працювати на будь-якому комп’ютері (хвилини або секунди)

## Практичне завдання: обробка CMS AOD даних за 2011 рік [Analyzer]

- <https://cms-opendata-guide.web.cern.ch/>

- Перший раз завантажити контейнер із CMS software:

```
docker run -it --name my_od --net=host --env="DISPLAY" -v \
    $HOME/.Xauthority:/home/cmsusr/.Xauthority:rw\
    cmsopendata/cmssw_5_3_32-slc6_amd64_gcc472 /bin/bash
exit
```

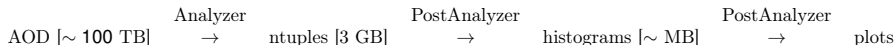
- Наступного разу запустити контейнер:

```
docker start -i my_od
```

- Далі виконувати інструкції для Analyzer із

<https://github.com/zenaiev/2011-ttbar>

і запустити Analyzer для одного файлу з даними і МК



- Завантажити ROOT нтуплі (що створені Analyzer, 2.8 ГБ)  
<https://cernbox.cern.ch/s/UmbXF1XxVrT4whQ>
- Перемістити їх (або посилання на них) в директорії PostAnalyzer:

```
cd PostAnalyzer
ln -s DOWNLOAD/ntuples-data ./
ln -s DOWNLOAD/ntuples-mc ./
```

- Виконувати інструкції для PostAnalyzer із  
<https://github.com/zenaiev/2011-ttbar>

```
cd PostAnalyzer
./ttbarMakeHist
./ttbarMakePlots
```

Google colab:

[https://github.com/zenaiev/hep/blob/main/cms\\_od\\_ttbar/cms\\_od\\_ttbar\\_postanalyzer.ipynb](https://github.com/zenaiev/hep/blob/main/cms_od_ttbar/cms_od_ttbar_postanalyzer.ipynb)