

Электромагнитная диссоциация ядер на коллайдере FCC-hh

Гунин Сергей Александрович

**583 гр.
ФПФЭ МФТИ**

**Москва
2019**

Изучение ядро-ядерных столкновений на коллайдере

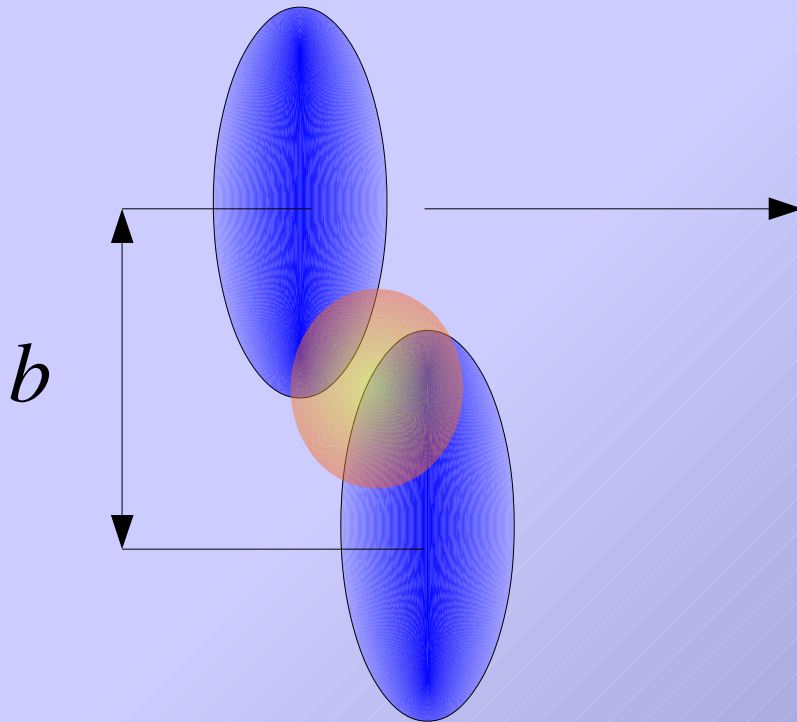
- В столкновениях ядер свинца на Большом адронном коллайдере (Large Hadron Collider-LHC) в ЦЕРНе достигаются рекордные значения температуры и плотности ядерного вещества, позволяющие получить кварк-глюонную плазму
- В настоящее время разрабатывается проект нового коллайдера FCC-hh (Future Circular Collider), который помимо изучения протон-протонных столкновений предполагает возможность исследования столкновений ядро-ядро
- Проектная энергия FCC-hh в системе центра масс для ^{208}Pb - ^{208}Pb столкновений составит $\sqrt{s}=39.4$ ТэВ, что почти в 8 раз больше энергии LHC

Цель настоящей работы

- Основная задача коллайдера FCC-hh – изучение адронных взаимодействий
- Однако ядра также участвуют в электромагнитных процессах, что приводит к их потере из пучка
- **Главной целью настоящей работы является изучение соотношения между количеством электромагнитных и адронных взаимодействий на коллайдере FCC-hh**

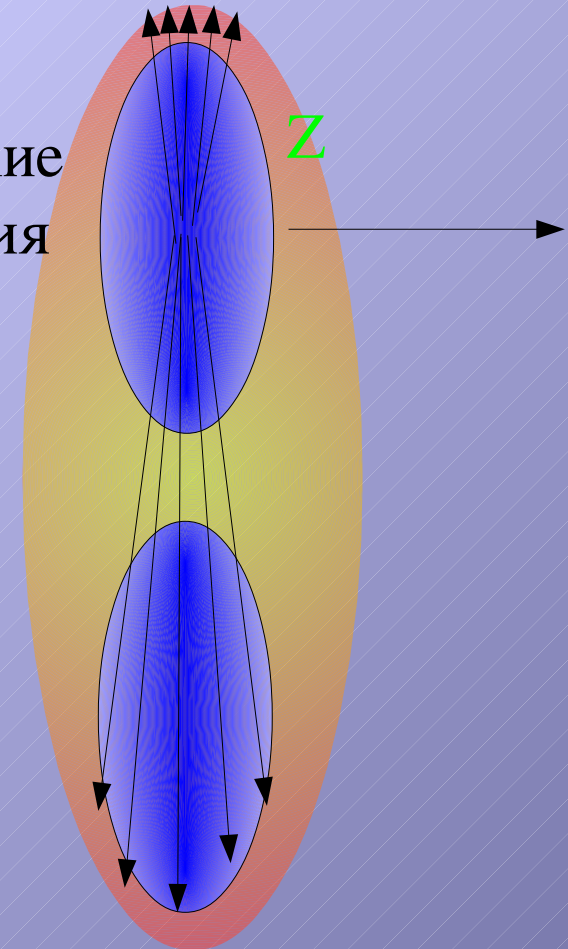
В зависимости от прицельного параметра наблюдаются либо адронные либо электромагнитные взаимодействия

Адронные взаимодействия



Плотности ядер перекрываются.
Сильные взаимодействия.

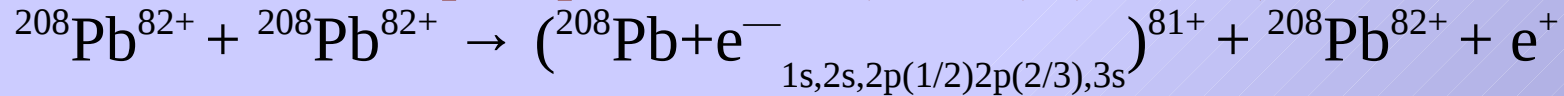
Ультра-
периферические
взаимодействия



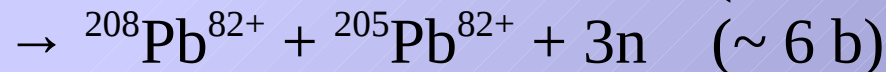
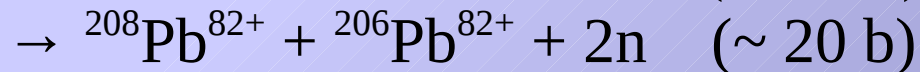
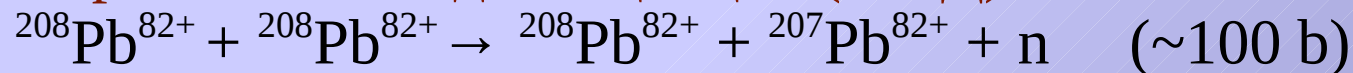
Нет перекрытия ядерных
плотностей. Дальнодействующие
электромагнитные силы.

На LHC весьма вероятны ЭМ процессы, приводящие к небольшим изменениям A и Z

- Bound-free e^+e^- pair production (BFPP) (~ 270 b):



- Электромагнитная диссоциация (ЭМД):



→ другие каналы, например с эмиссией протонов

- Можно сравнить с сечением адронного взаимодействия

$$\sigma_{\text{HAD}} \sim 7.9 \text{ барн}$$

Сечение электромагнитной диссоциации ядер (ЭМД)

$$\sigma^{ED} = \int_{E_{min}}^{E_{max}} \frac{dE_1}{E_1} n_{Z_1}(E_1) \sigma_{A_2}(E_1)$$

полное сечение ЭМД в лидирующем порядке

$\sigma_{A_2}(E_1)$ полное сечение фотопоглощения ядром (A_2, Z_2)

$n_{Z_1}(E_1)$ спектр фотонов от ядра (A_1, Z_1)

Метод эквивалентных фотонов Вайцзеккера-Вильямса

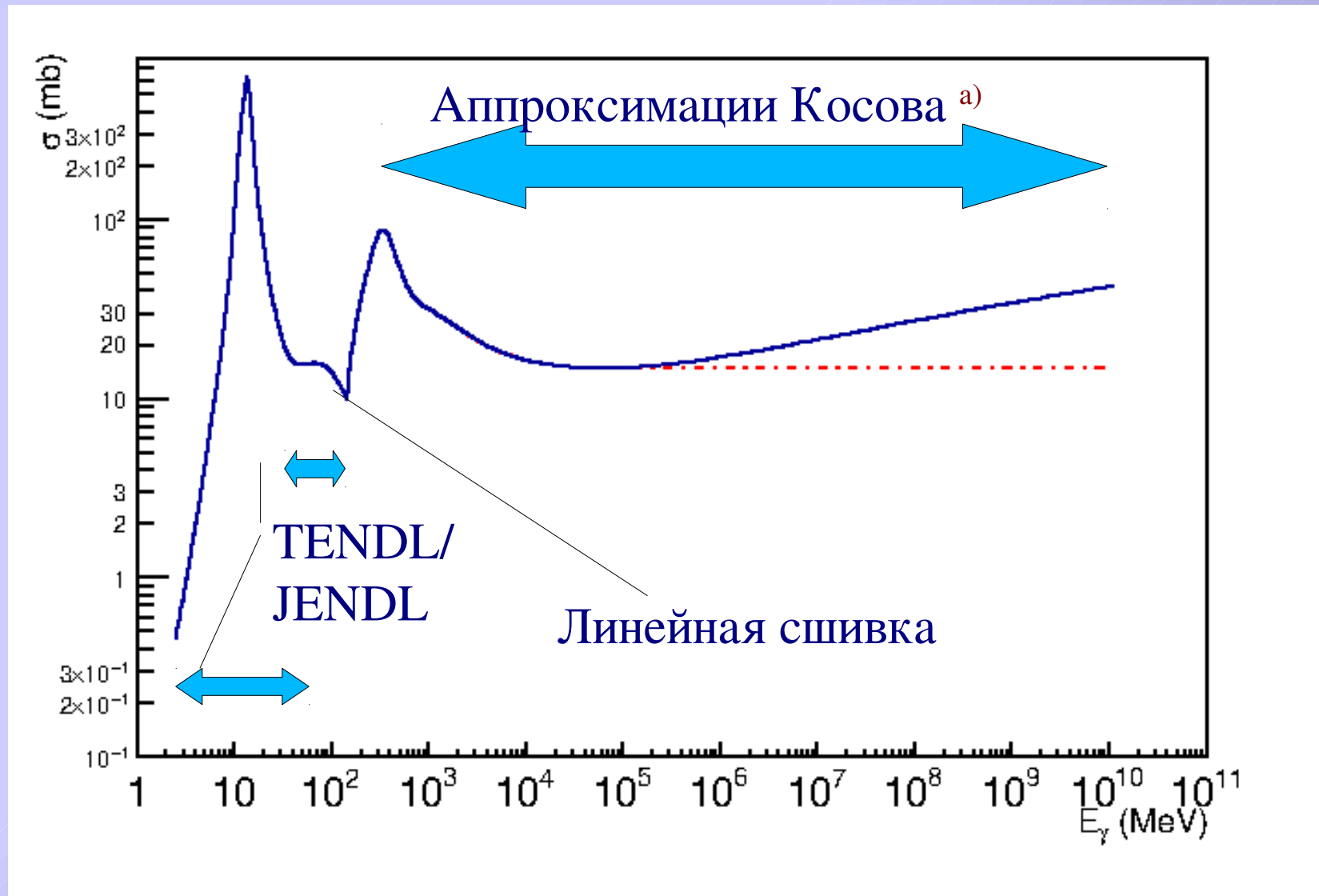
$$n_{Z_1}(E_1) = \frac{2\alpha Z_1^2}{\pi} \frac{1}{\beta^2} \left(\xi K_0(\xi) K_1(\xi) - \frac{\beta^2 \xi^2}{2} (K_1^2(\xi) - K_0^2(\xi)) \right)$$

$n_{Z_1}(E_1)$ спектр эквивалентных фотонов

$\xi = \frac{E_1 R}{\gamma \beta}$ где R-радиус ядра-партнера по столкновению

K_0, K_1 модифицированные функции Бесселя

Аппроксимации фотоядерных сечений



^{a)} Kossov M.V. Approximation of photonuclear interaction cross-sections, Eur.Phys.J. A 14 (2002) 377

Какие ядра сталкивать на FCC-hh?

beams	E/A (TeV)	E/Z (TeV)	$\sigma_{\text{had}}^{\text{a)}$ (b)	σ_{EMD} (b)	σ_{BFPP} (b)	σ_{tot} (b)	$\sigma_{\text{had}}/\sigma_{\text{tot}}$ (%)
$^{40}\text{Ar}^{18+}$	22.5	50.	2.764	2.316	~0.02	5.1	54
$^{40}\text{Ca}^{20+}$	25.	50.	2.767	3.485	0.042 ^{c)}	6.294	44
$^{63}\text{Cu}^{29+}$	23.	50.	3.74	9.971	~0.6	14.311	26
$^{78}\text{Kr}^{36+}$	23.	50.	4.29	20.746	~1.	26.036	16
$^{84}\text{Kr}^{36+}$	21.4	50.	4.5	21.918	~1.	27.418	16
$^{115}\text{In}^{49+}$	21.3	50.	5.47	61.762	~9.4	76.632	7
$^{129}\text{Xe}^{54+}$	20.9	50.	5.89	77.271	~18.5	101.661	6
$^{208}\text{Pb}^{82+}$	19.7	50.	7.9 ^{b)}	294.275	344. ^{c)}	646.175	1
$^{238}\text{U}^{92+}$	19.3	50.	8.53	477.229	761. ^{c)}	1246.759	1

^{a)} Modified abrasion-ablation (Glauber-like) model, C. Scheidenberger, et al., PRC **70** (2004) 014902

^{b)} Glauber MC 3.0 C. Loizides et al., **arXiv:1710.07098**

^{c)} H. Meier et al., PRA **63** (2001) 032713, $\sigma_{\text{BFPP}} = A \ln \gamma_c + B$, оценивалось как $\sim Z^7$ для других ядер