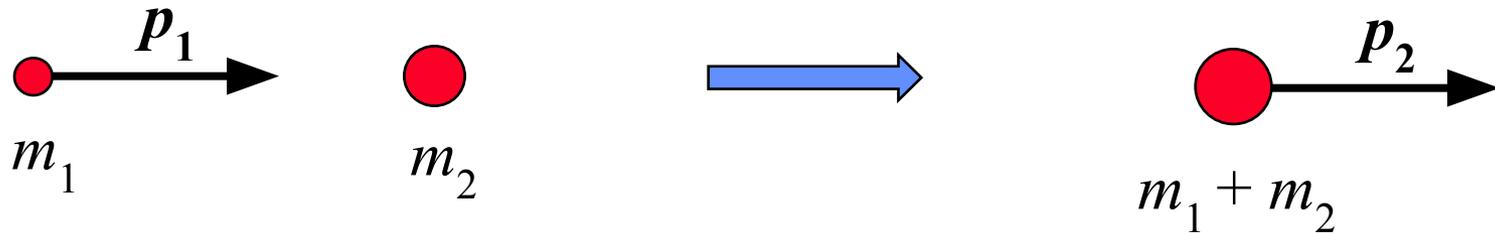


Ускорители заряженных частиц

2

Столкновение частиц. Нерелятивистские энергии.

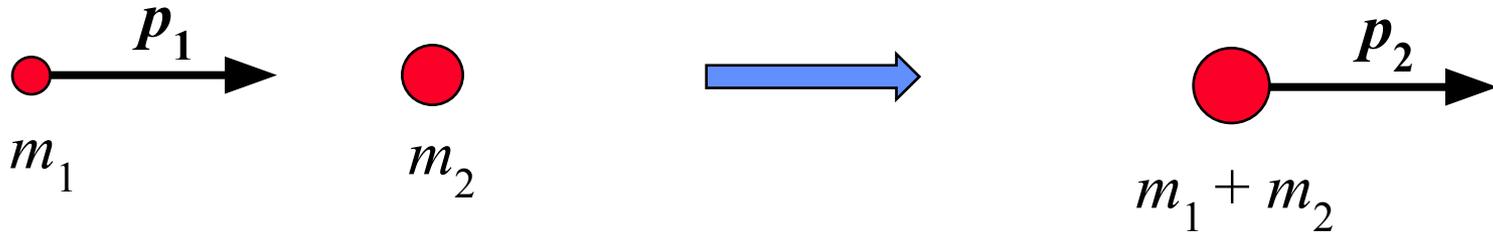


E_1 - кинетическая энергия частицы-снаряда

$p_1 = \sqrt{2m_1 E_1}$ - величина импульса частицы-снаряда

$p_2 = \sqrt{2(m_1 + m_2) E_2}$ - величина импульса, переданного центру масс

Столкновение частиц. Нерелятивистские энергии.



$$p_1 = p_2$$



Сохранение импульса системы

$$E_2 = E_1 \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

Кинетическая энергия движения центра масс

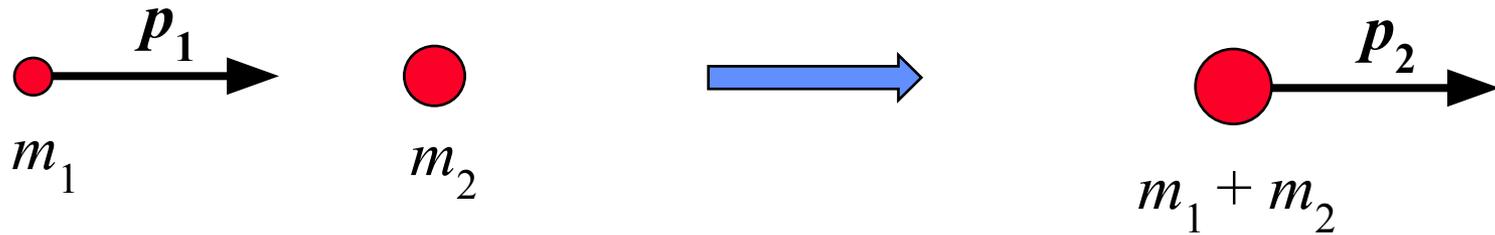
$$E_R = E_1 - E_2$$

Максимальная энергия эндонергетической ядерной реакции

Всегда $E_R < E_1$

При $m_1 = m_2$ $E_R = E_1 / 2$

Столкновение частиц. Релятивистские энергии.

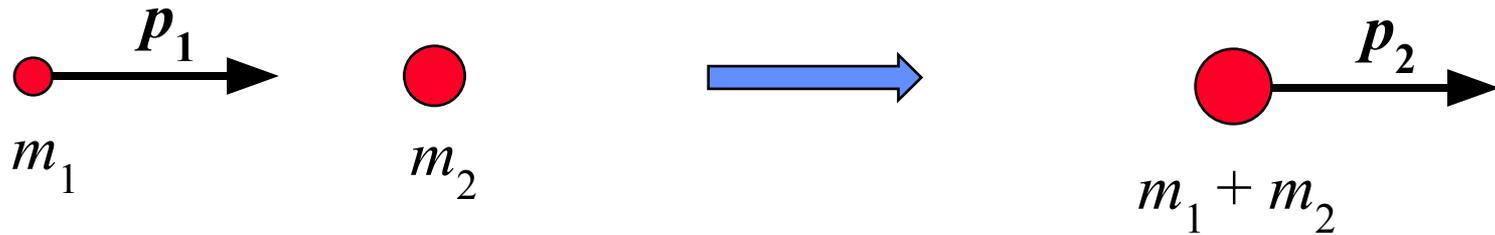


Связь кинетической энергии и импульса свободной частицы

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4} - mc^2$$

$$p = \sqrt{\left(\frac{E}{c}\right)^2 + 2mE}$$

Столкновение частиц. Релятивистские энергии.



Сохранение импульса системы $p_1 = p_2$



Кинетическая энергия движения центра масс:

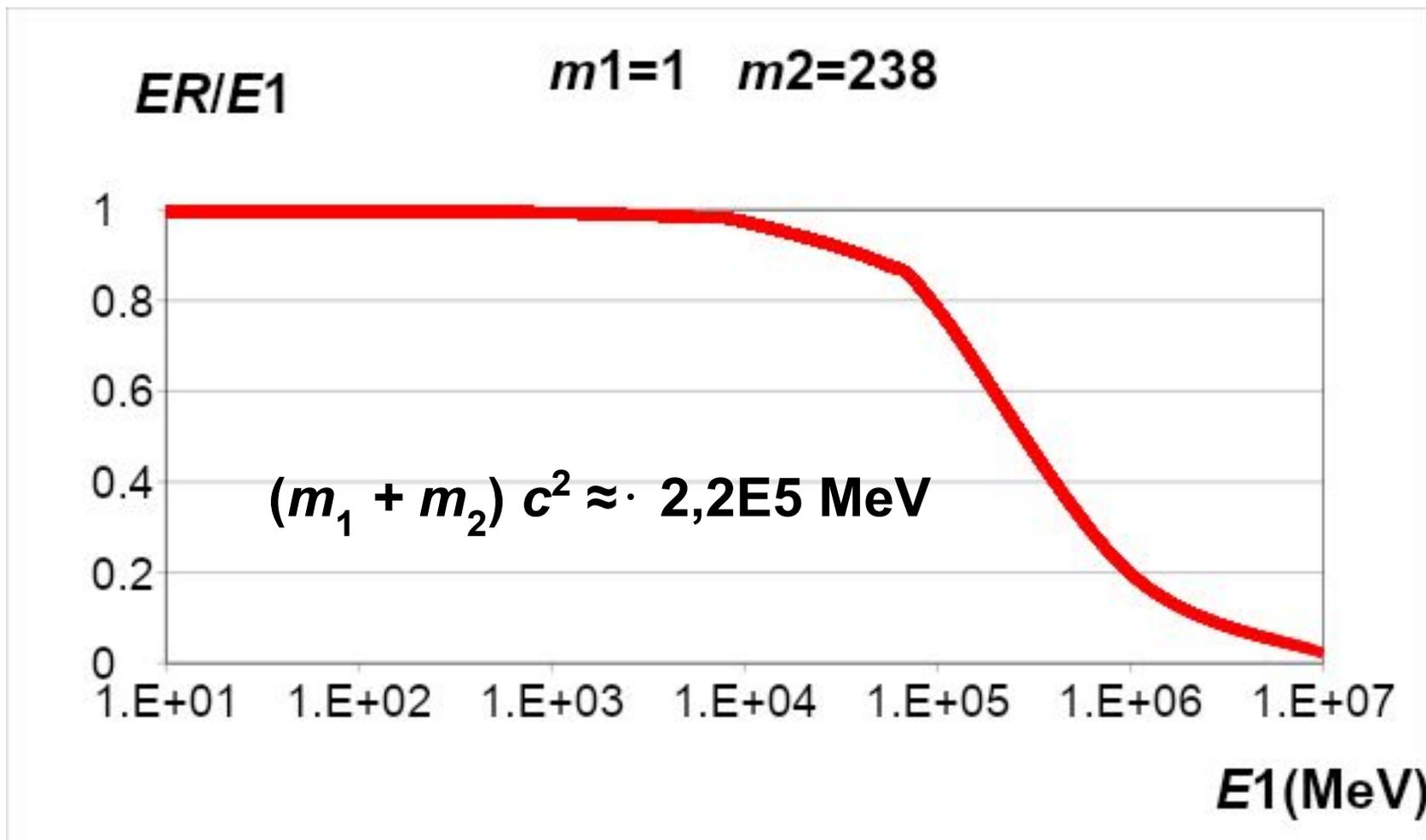
$$E_2 = \sqrt{E_1^2 + 2E_1m_1c^2 + (m_1 + m_2)^2c^4} - (m_1 + m_2)c^2$$

$$E_R = E_1 - E_2$$

Максимальная энергия
эндоэнергетической ядерной реакции

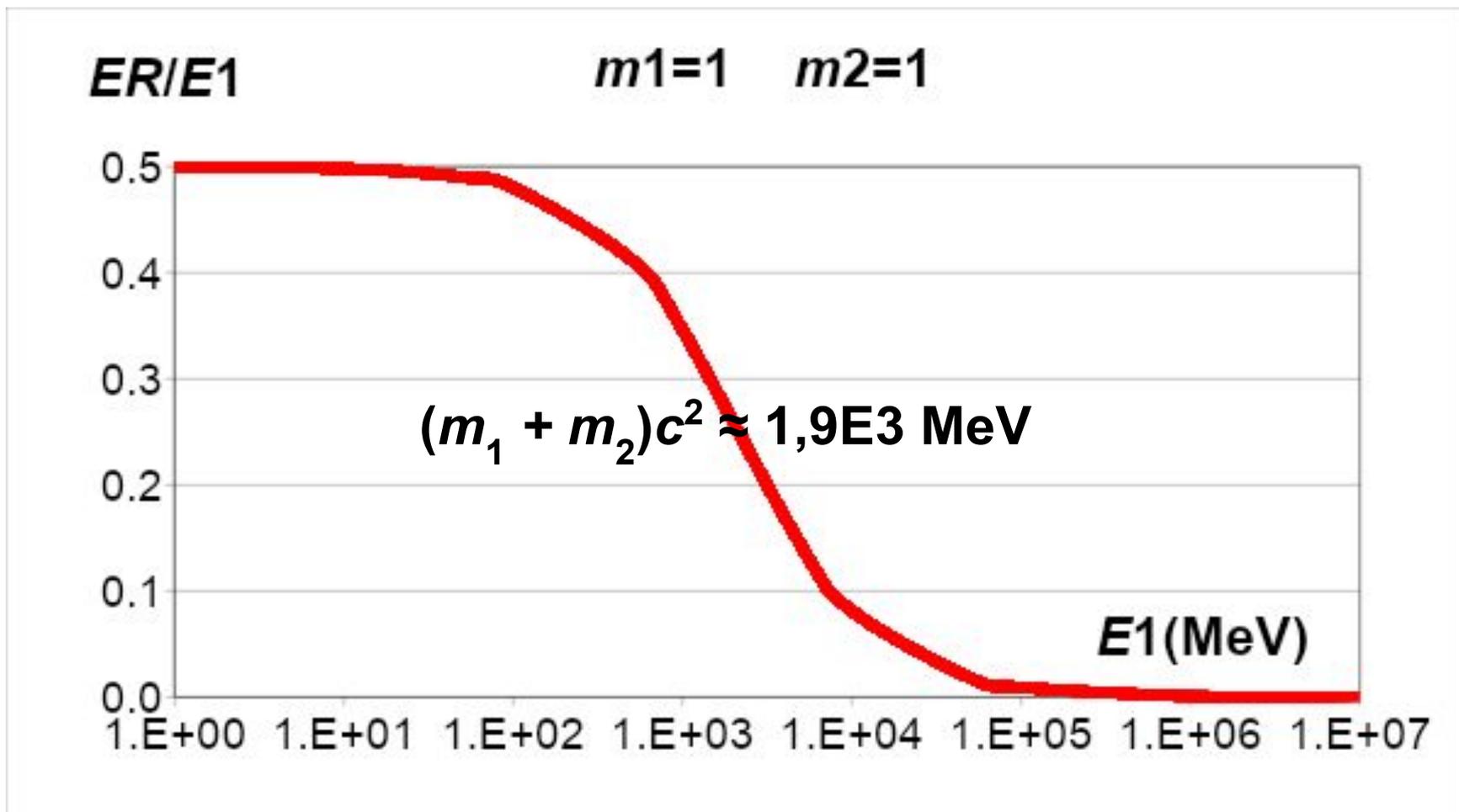
$$E_R = E_1 + (m_1 + m_2)c^2 - \sqrt{E_1^2 + 2E_1m_1c^2 + (m_1 + m_2)^2c^4}$$

Столкновение частиц. Релятивистские энергии.



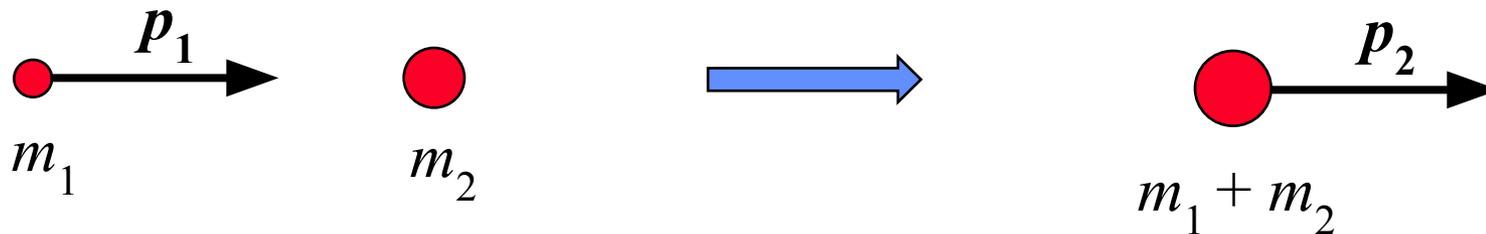
Доля кинетической энергии частицы-снаряда, которая может использоваться в эндоэнергетической реакции

Столкновение частиц. Релятивистские энергии.



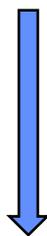
Доля кинетической энергии частицы-снаряда, которая может использоваться в эндоэнергетической реакции

Столкновение частиц. Ультрарелятивистские энергии.



$$E_2 = \sqrt{E_1^2 + 2E_1m_1c^2 + (m_1 + m_2)^2c^4} - (m_1 + m_2)c^2$$

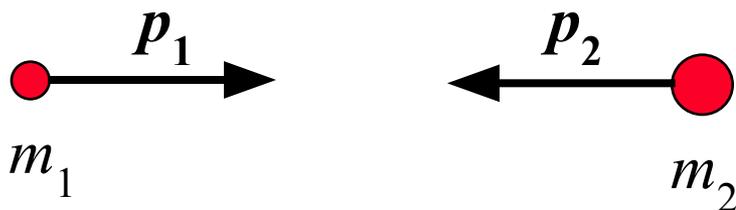
$$E_1 \gg (m_1 + m_2)c^2$$



$$E_2 \approx E_1 - (m_1 + m_2)c^2 \approx E_1$$

Перспективная идея:

столкновение встречных пучков частиц



При $p_1 + p_2 = 0$ вся кинетическая энергия частиц может быть использована в **эндоэнергетической реакции** (превращена в энергию покоя рождающихся частиц)

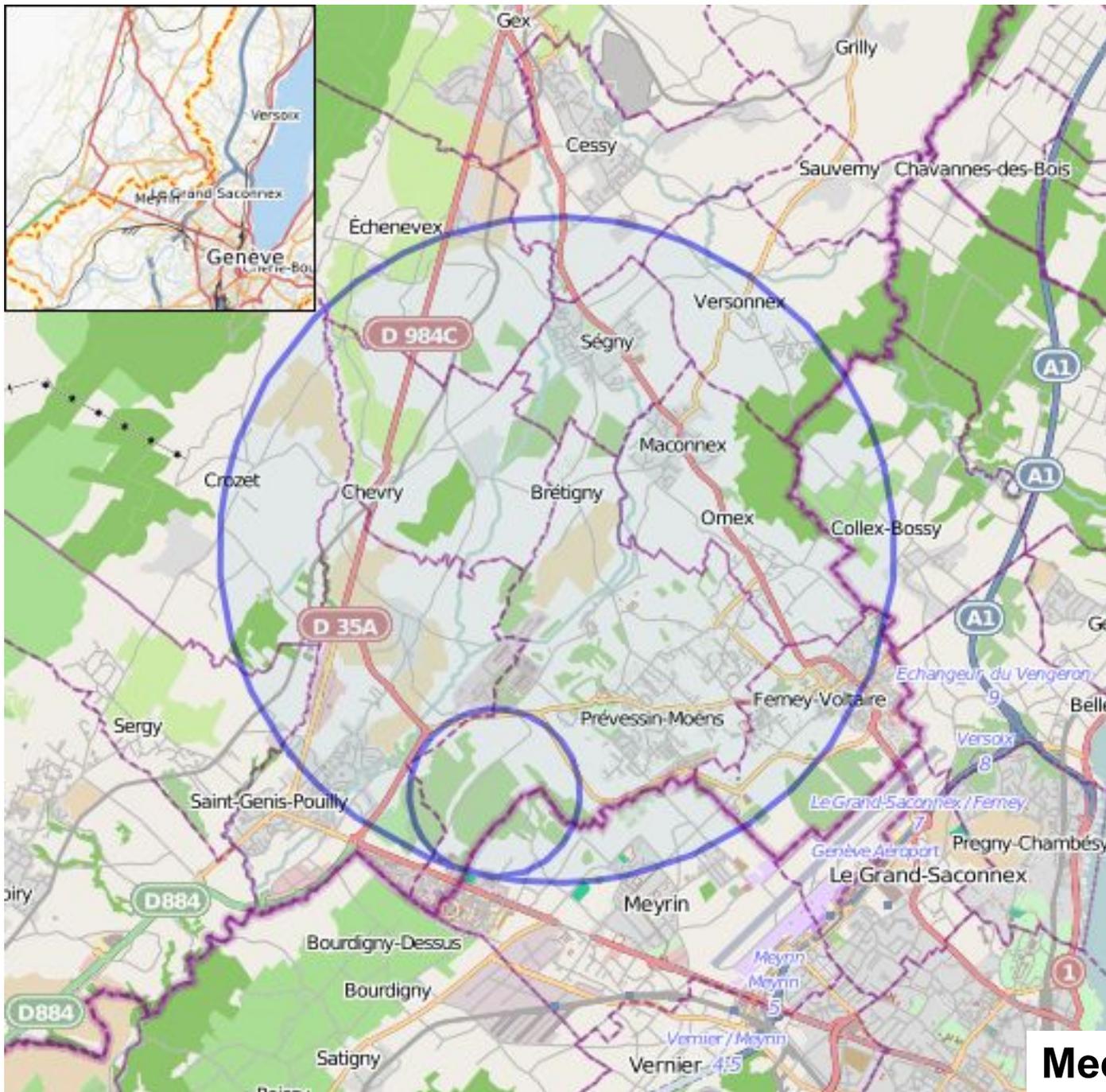
Ускорители на встречных пучках

Большой адронный коллайдер (*Large Hadron Collider*)

Ускоритель тяжелых заряженных частиц на встречных пучках

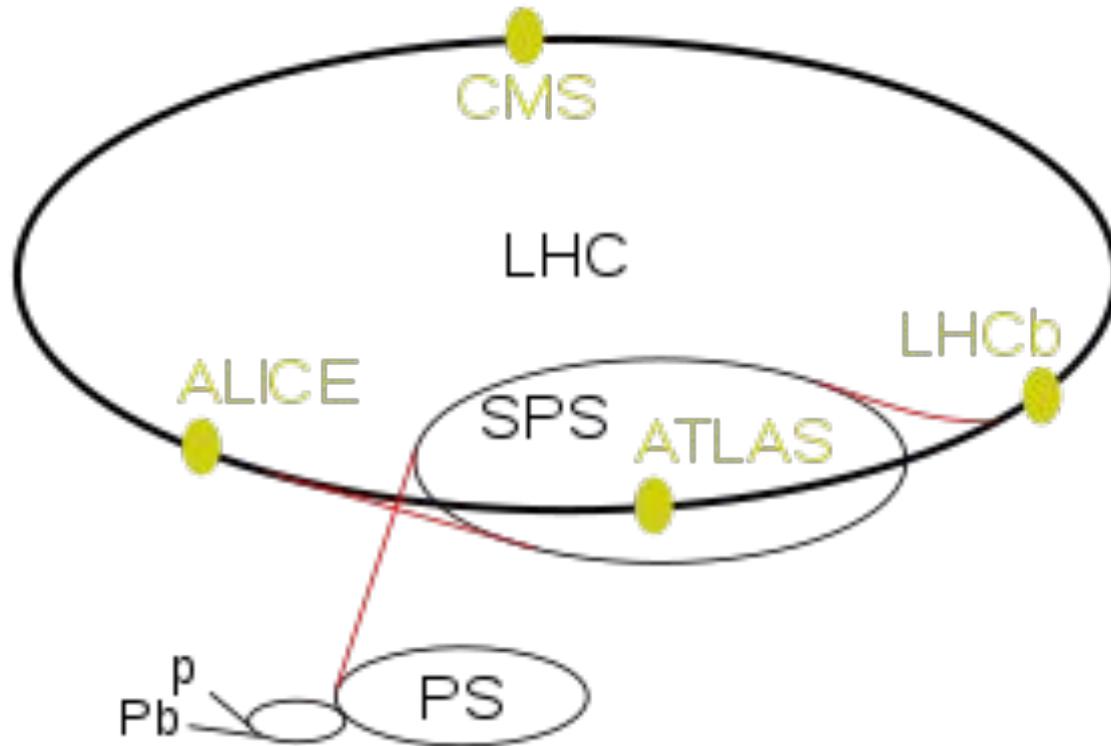


Длина основного кольца ускорителя 26 659 м.



Месторасположение

Детекторы и предускорители



p и Pb – линейные ускорители протонов и тяжёлых ионов.

PS – бустер (протонный синхротрон).

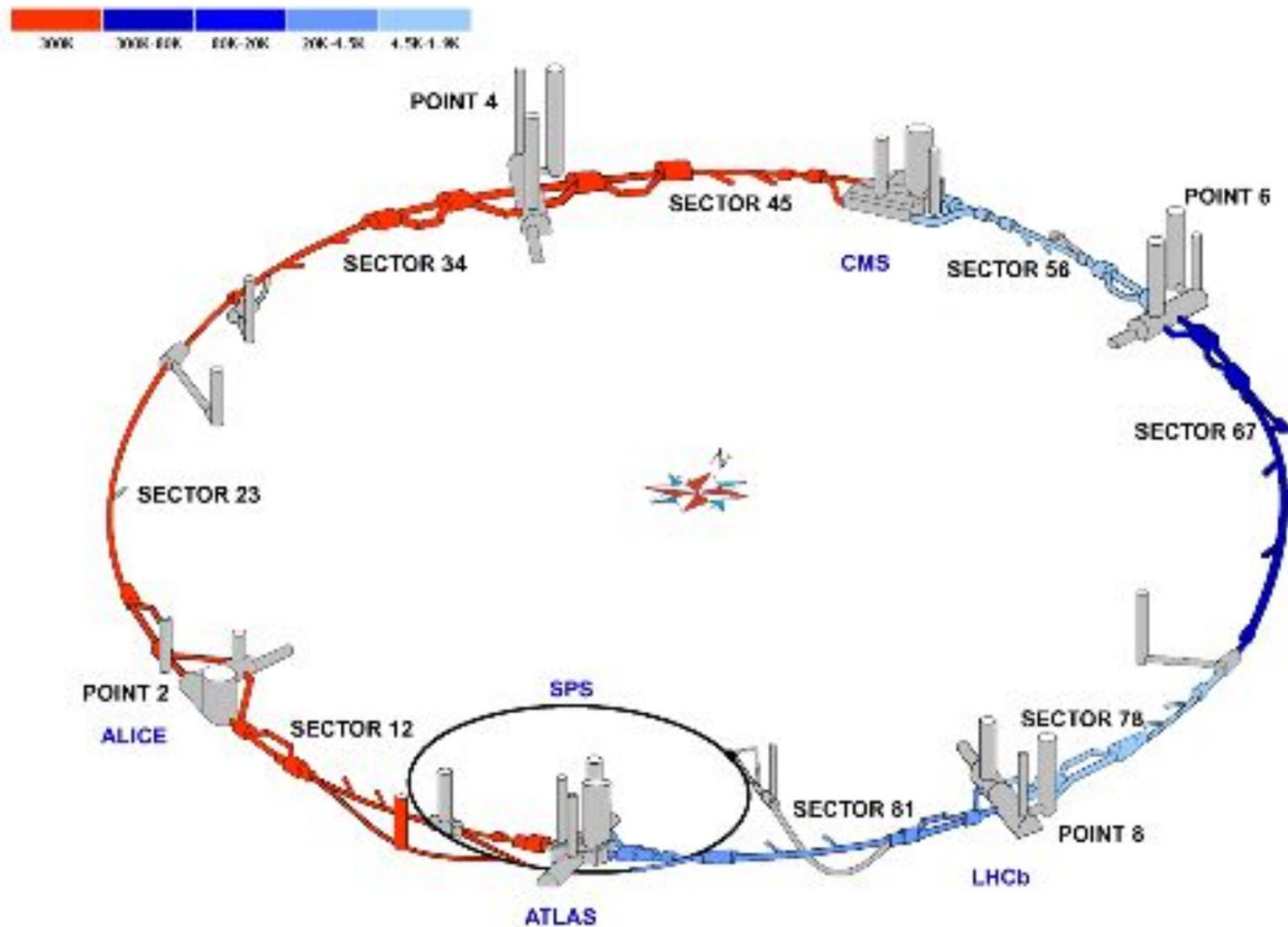
SPS – протонный суперсинхротрон.

Линейный ускоритель Linac2 разгоняет протоны до энергии **50 МэВ**.

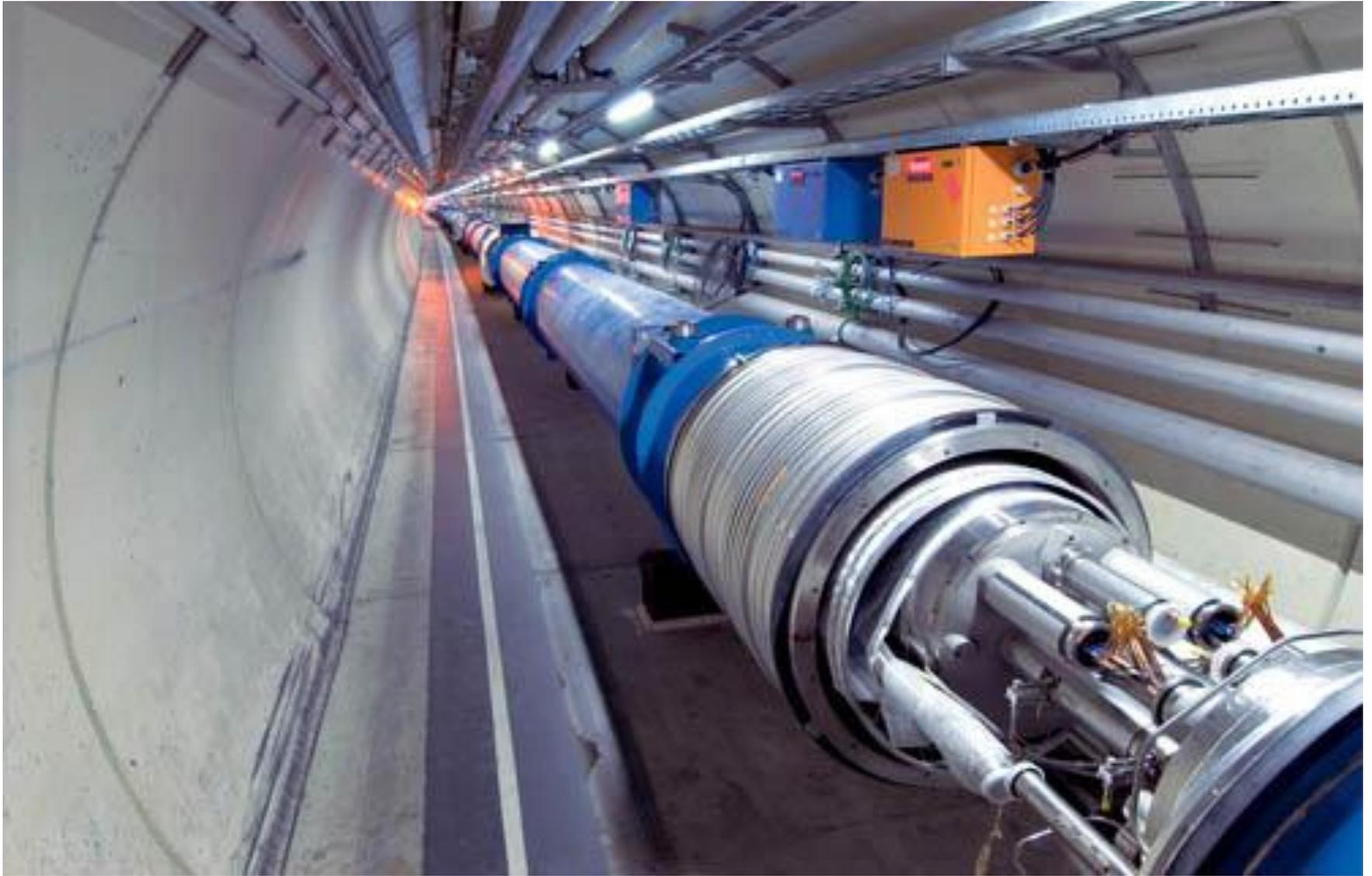
Протонный синхротрон PS (бустер) имеет радиус **25 м**. Ускоряет протоны до энергии **1,4 ГэВ**.

Протонный суперсинхротрон SPS имеет радиус **1,1 км**. Ускоряет протоны до энергии **400 ГэВ**.

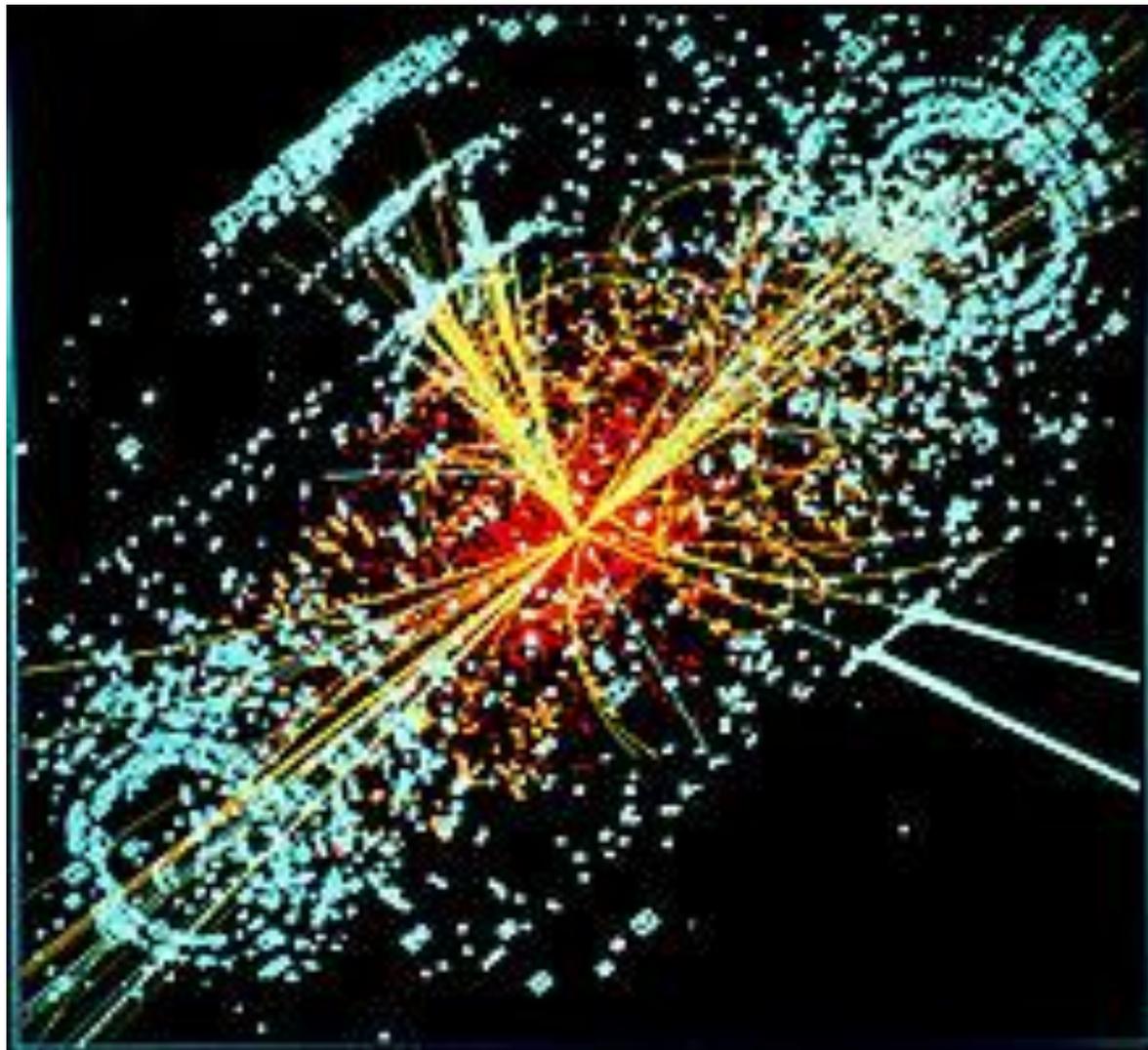
В **основном кольце** радиусом **4,24 км** сталкиваются протоны с суммарной энергией **14 ТэВ** в *системе ЦМ*.



Геометрическая схема предускорителей и детекторов



Туннель основного кольца



Моделирование процесса рождения бозона Хиггса
в детекторе CMS