


# Исследование в области физики плазмы и термоядерного синтеза

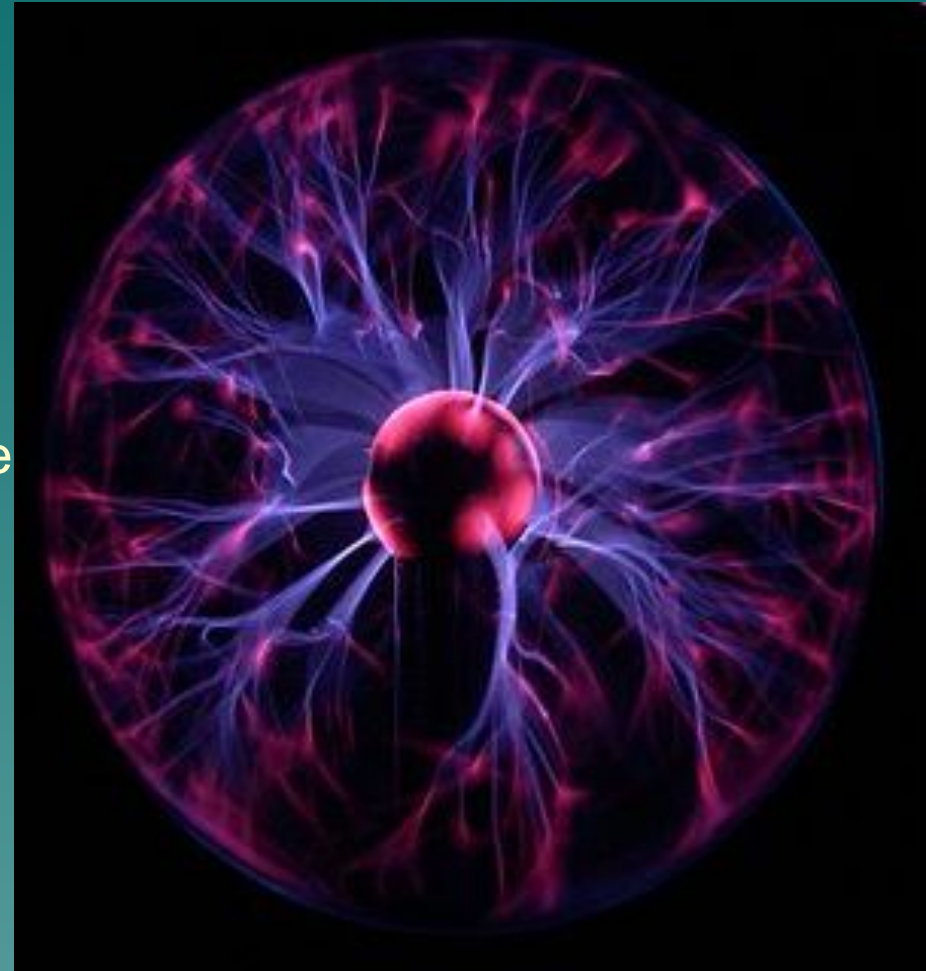
Подготовил:  
Студент 2 курса «ИМО»  
Горбачев Никита

# Содержание презентации

- ◆ Физическая плазма
  - ◆ Термоядерный синтез
  - ◆ Термоядерное оружие
- 

# Общее понятие плазмы

Плазма (от греч. «вылепленное», «оформленное») — в физике и химии полностью или частично ионизированный газ, который может быть как квазинейтральным, так и неквазинейтральным. Плазма иногда называется четвёртым (после твёрдого, жидкого и газообразного) агрегатным состоянием вещества.



# История «рождения» плазмы

- ◆ Исследование зарядов начались в 17 веке Отто фон Генрике
- ◆ Авторские права на термин плазма Ирвингу Лэнгмюру
- ◆ Понятие плазмы крови было введено чешским медиком Яном Пуркинью
- ◆ Потребовалось около 30 лет чтобы термин плазма стал общепринятым



# Типы элементарных процессов в плазме

$$k = \tilde{m} \cdot \langle Q \cdot u \rangle$$

где  $u$  – относительная скорость;

–  $\tilde{m} = \frac{M \cdot m}{M + m}$  приведённая масса взаимодействующих частиц,

–  $M$  масса иона;

–  $m$  масса электрона;

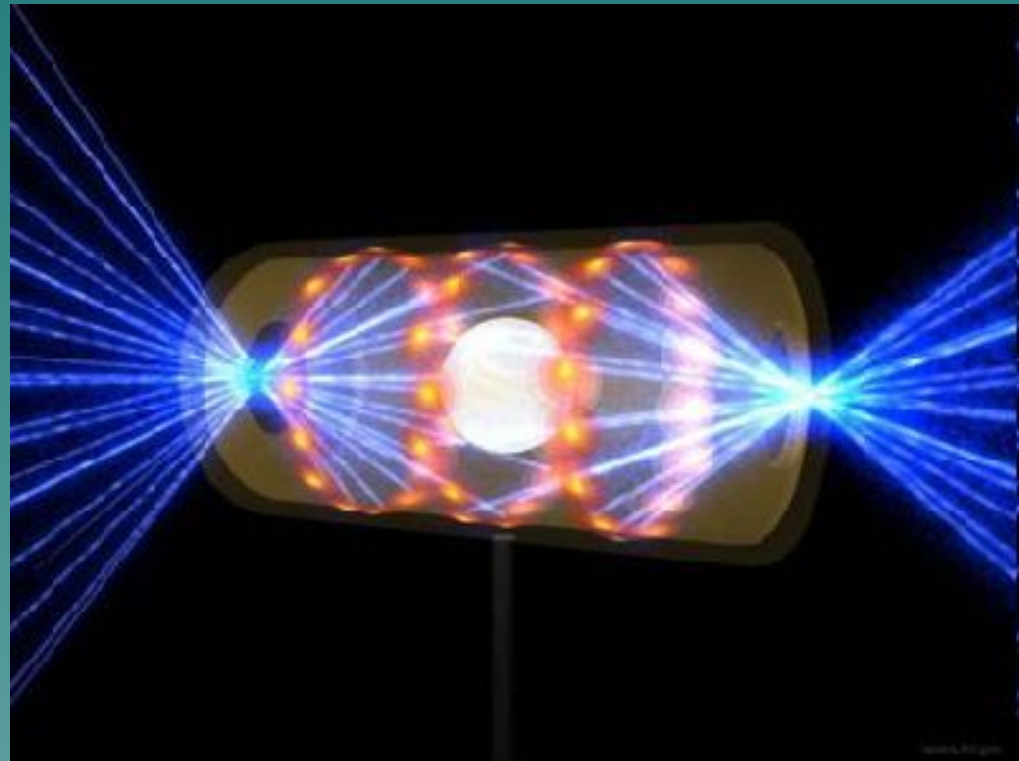
$$\frac{1}{\tau} = \sum_k \langle Q \cdot u \rangle_{ek} \cdot n_k$$

# Примеры видов плазмы




# Термоядерный синтез

Управляемый термоядерный синтез (УТС) — синтез более тяжёлых атомных ядер из более лёгких с целью получения энергии




# Требования к энергетике

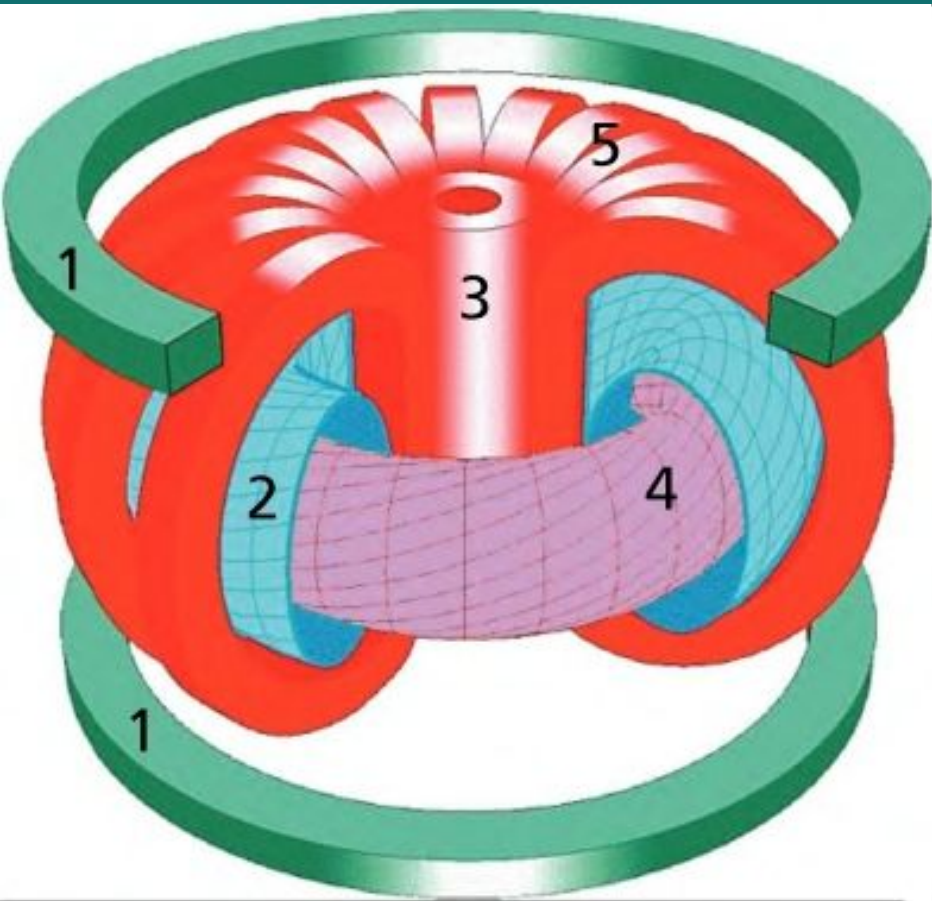
- ◆ Доступность и практически неограниченные запасы топлива
  - ◆ Высокие экологические характеристики
  - ◆ Приемлемые экономические показатели стоимости энергии
  - ◆ Возможность решать энергетическую проблему в глобальном масштабе
- 



# Преимущество термоядерной энергетики

- ◆ позволит решить проблему энергетического кризиса
  - ◆ высокая экологическая чистота
  - ◆ термоядерный реактор не производит веществ, которые могут быть использованы для производства атомного оружия
  - ◆ в термоядерном реакторе, даже очень большой мощности, запас энергии и рабочих веществ довольно мал
- 

# Создание ТОКАМАКА



**Схема классического токамака:**

**1 – катушки полоидального магнитного поля;  
2 – вакуумная камера; 3 – индуктор; 4 – плазма;  
5 – катушки тороидального магнитного поля**

В мире было сооружено около 300 установок типа токамак. Наиболее крупные построены в Европе, Японии, США и России.

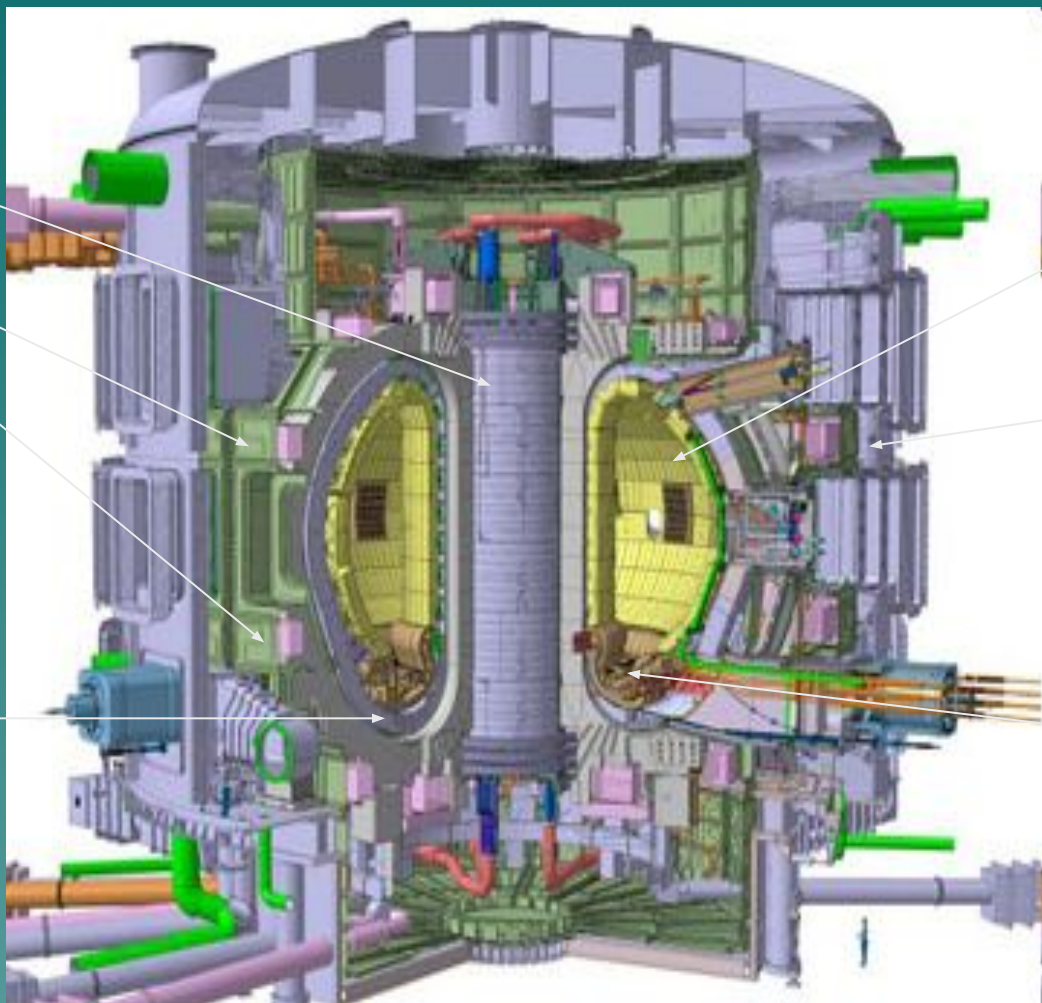
- ◆ Установка Т-10 (Россия)
- ◆ Установка TFTR (США)
- ◆ Установка JET (Англия)
- ◆ Установка JT-60 (Япония)

# Создание ИТЭР(ITER)

ИТЭР (ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor)

- ◆ Демонстрация научно технической осуществимости использования термоядерной энергии
- ◆ Достижение зажигания контролируемой термоядерной реакции
- ◆ Демонстрация режима длительного горения плазмы
- ◆ Разработка систем и технологий, необходимых для энергетического термоядерного реактора, и их испытание в интегрированном виде.

# Схема ИТЭР (ITER)



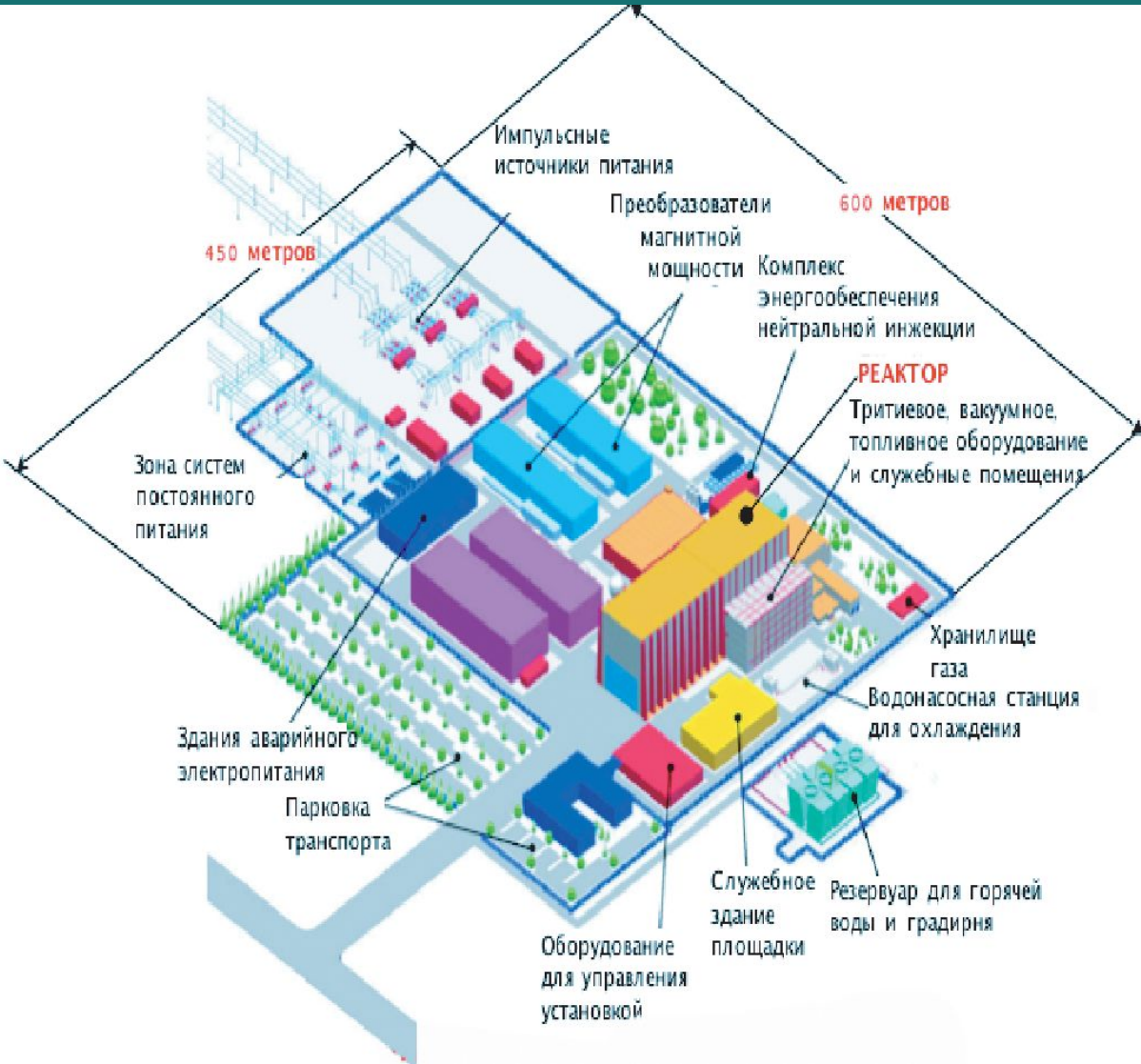
- 1 – центральный соленоид (индуктор);
- 2 – катушки полоидального магнитного поля
- 3 – катушка;
- 4 – вакуумная камера;
- 5 – криостат
- 6 – дивертор тороидального магнитного поля;

# Проектные параметры ИТЭР

- ◆ Полная термоядерная мощность, МВт 500(700)
- ◆ Отношение термоядерной мощности к мощности дополнительного нагрева,  $Q \geq 10$
- ◆ Средняя нейтронная нагрузка на стенку, МВт/м<sup>2</sup> 0,57(0,8)
- ◆ Время горения плазмы в индуктивном режиме, с  $\geq 400$
- ◆ Большой радиус плазмы, м 6,2
- ◆ Малый радиус плазмы, м 2,0
- ◆ Ток плазмы, МА 15 (17)
- ◆ Тороидальное магнитное поле на оси, Тл 5,3
- ◆ Объем плазмы, м<sup>3</sup> 837
- ◆ Площадь поверхности плазмы, м<sup>2</sup> 678
- ◆ Мощность дополнительного нагрева, МВт 73

# Сооружение и инфраструктура ИТЭР

Срок строительства 8-10 лет.  
Место строительства: Кадараш, Франция.  
Комплекс ИТЭР – это площадка размером 0,4 x 0,6 км.  
Примерная стоимость 5 млрд. евро



# Вклад России в реактор ИТЭР

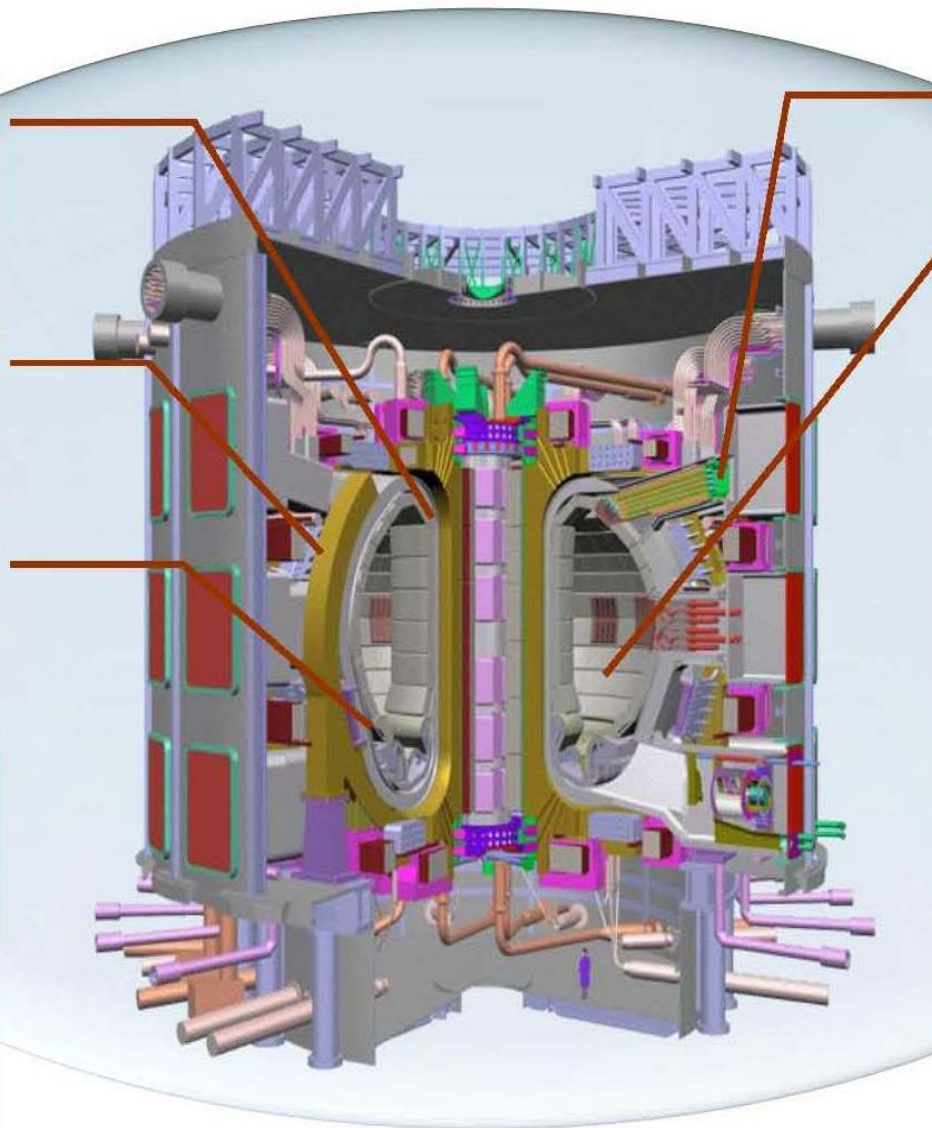
Кабель сверхпроводника для катушек полоидального и тороидального магнитного поля

Катушка полоидального магнитного поля

Купол диверторных каскет

Коммутирующее оборудование для системы питания

Установки для испытаний заглушек портов



Верхние патрубки для вакуумной камеры ИТЭР

Компоненты первой стенки, механические опоры и электрические соединители blankets

Проведение испытаний диверторных компонент, обращенных к плазме

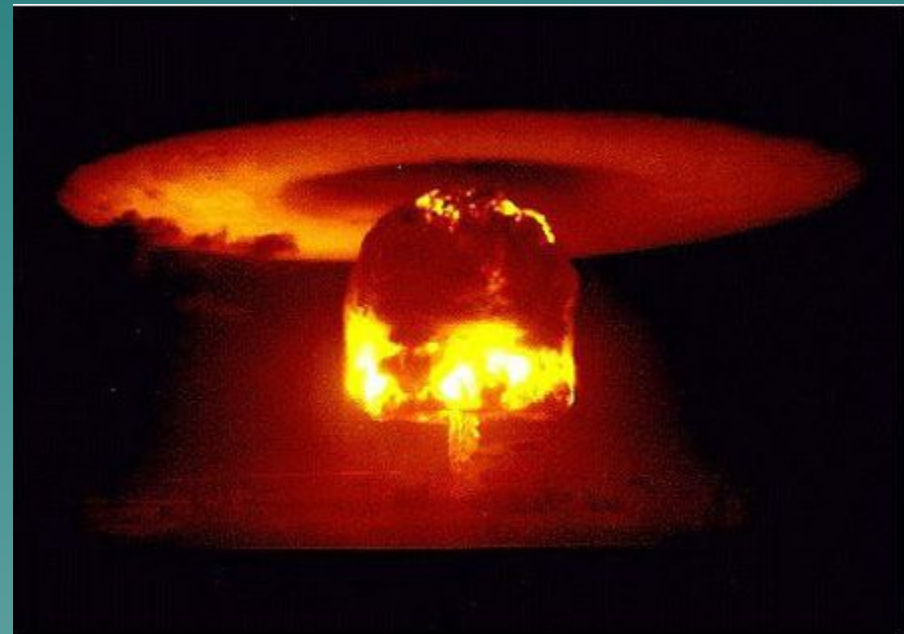
170 ГГц Гиротроны

Девять систем диагностики для измерения параметров плазмы

Криостаты для холодных испытаний сверхпроводников

# Термоядерное оружие

Термоядерное оружие (Водородная бомба) — тип оружия массового поражения, разрушительная сила которого основана на использовании энергии реакции ядерного синтеза лёгких элементов в более тяжёлые





**Спасибо за внимание**

