Масса покоя ядра урана больше суммы масс покоя осколков, на которые делится ядро. Для лёгких ядер дело обстоит как раз наоборот. Так, масса покоя ядра гелия значительно меньше суммы масс покоя двух ядер тяжёлого водорода, на которые можно разделить ядро гелия.

Это означает, что при слиянии лёгких ядер масса покоя уменьшается и, следовательно, должна выделяться значительная энергия. Подобного рода реакции слияния лёгких ядер могут протекать только при очень высоких температурах. Поэтому они называются термоядерными.

Термоядерные реакции — это реакции слияния лёгких ядер, происходящие при очень высокой температуре.

Для слияния ядер необходимо, чтобы они сблизились на расстояние около 1(Г12 см, т. е. чтобы они попали в сферу действия ядерных сил. Этому сближению препятствует кулоновское отталкивание ядер, которое может быть преодолено лишь за счёт большой кинетической энергии теплового движения ядер.

Энергия, которая выделяется при термоядерных реакциях в расчёте на один нуклон, превышает удельную энергию, выделяющуюся при цепных реакциях деления ядер. Так, при слиянии тяжёлого изотопа водорода — дейтерия — со сверхтяжёлым изотопом водорода — тритием — выделяется около 3,5 МэВ на один нуклон. При делении же урана выделяется примерно 1 МэВ энергии на один нуклон.

Осуществление управляемых термоядерных реакций на Земле сулит человечеству новый, практически неисчерпаемый источник энергии. Наиболее перспективной в этом отношении реакцией является реакция слияния дейтерия с тритием:

В этой реакции выделяется энергия 17,6 МэВ. Поскольку трития в природе нет, он должен вырабатываться в самом термоядерном реакторе из лития.

Экономически выгодная реакция, как показывают расчёты, может идти только при нагревании реагирующих веществ до температуры порядка сотен миллионов кельвинов при большой плотности вещества (1014—1015 частиц в 1 см3). Такие температуры могут быть в принципе достигнуты путём создания в плазме мощных электрических разрядов. Основная трудность на этом пути состоит в том, чтобы удержать плазму столь высокой температуры внутри установки в течение 0,1 — 1 с.

Никакие стенки из вещества здесь не годятся, так как при столь высокой температуре они сразу же превратятся в пар. Единственно возможным является метод удержания высокотемпературной плазмы в ограниченном объёме с помощью очень сильных магнитных полей.

Однако до сих пор решить эту задачу не удалось из-за неустойчивости плазмы. Неустойчивость приводит к диффузии части заряженных частиц сквозь магнитные стенки.

Для уменьшения неоднородности магнитного поля, приводящей к изменению конфигурации плазменного столба и соответственно к его неустойчивости, академиками А. Д. Сахаровым и И. Е. Таммом была предложена форма плазменного столба в виде тора, которая используется на установке, называемой «Токамак».

На этой установке удалось получить плазму температурой 1,3 • 10' К. Однако проблема её удержания ещё не решена.

Помимо энергетического преимущества, при термоядерных реакциях не образуются радиоактивные отходы, т. е. не надо решать проблемы загрязнения окружающей среды.

В настоящее время существует уверенность в том, что рано или поздно термоядерные реакторы будут созданы.

Учёные нашей страны достигли больших успехов в создании управляемых термоядерных реакций. Эти работы были начаты под руководством академиков JI. А. Арцимовича и М. А. Леонтовича и продолжаются их учениками.

Пока же удалось осуществить лишь неуправляемую реакцию синтеза взрывного типа в водородной (или термоядерной) бомбе.