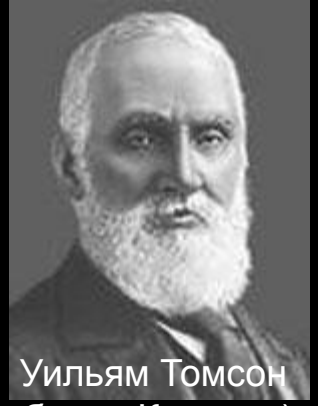
Источники энергии и внутреннее строение Солнца



Уильям Томсон
(барон Кельвин)

Джеймс Джинс

Ханс Бете

Роберт Майер в середине XIX века предположил, что *Солнце светит за счет постоянной бомбардировки поверхности метеоритами и метеорными частицами*. Если сделать расчет по данной гипотезе, то за пять миллиардов лет на Солнце должно было бы выпасть вещества в 150 раз больше массы Солнца.

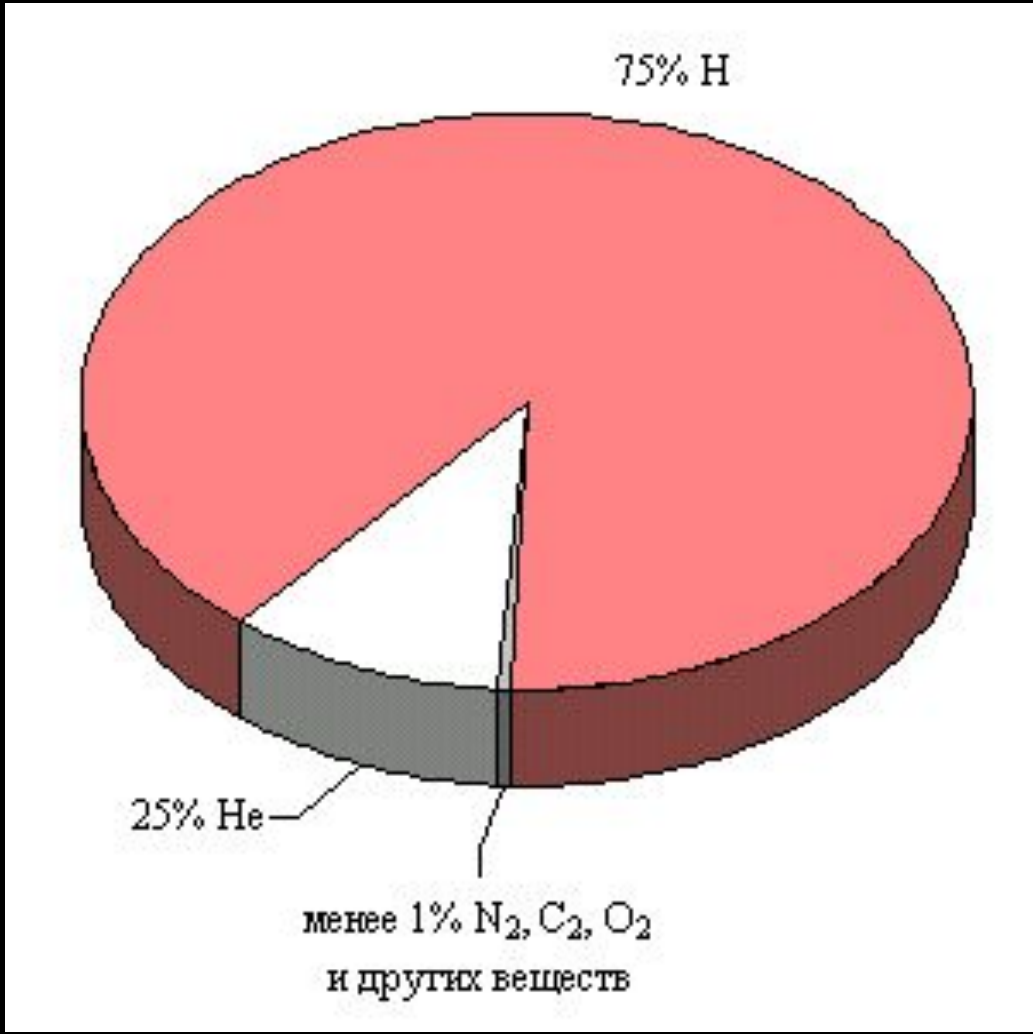
Гельмгольц и Кельвин также в середине XIX века предположили, что *Солнце излучает за счет сжатия на 60–70 метров ежегодно*. Если сделать расчет по данной гипотезе, то возраст Солнца будет не больше 20 миллионов лет, что противоречит современным данным, полученным по анализу радиоактивного распада элементов в геологических образцах земного грунта и грунта Луны.

Джеймс Джинс в начале XX века предположил, что *в недрах Солнца содержатся тяжелые радиоактивные элементы, которые самопроизвольно распадаются, при этом излучается энергия*. Последующий анализ этой гипотезы также показал ее несостоятельность; звезда, состоящая из одного урана, не выделяла бы достаточно энергии для обеспечения наблюдаемой светимости Солнца.

Ханс Бете в 1935 году выдвинул гипотезу, что *источником солнечной энергии может быть термоядерная реакция превращения водорода в гелий*. Именно за это Бете получил Нобелевскую премию в 1967 году.

Химический состав Солнца примерно такой же, как и у большинства других звезд.

Примерно 75% – это водород, 25% – гелий и менее 1% – все другие химические элементы (в основном, углерод, кислород, азот и т.д.).

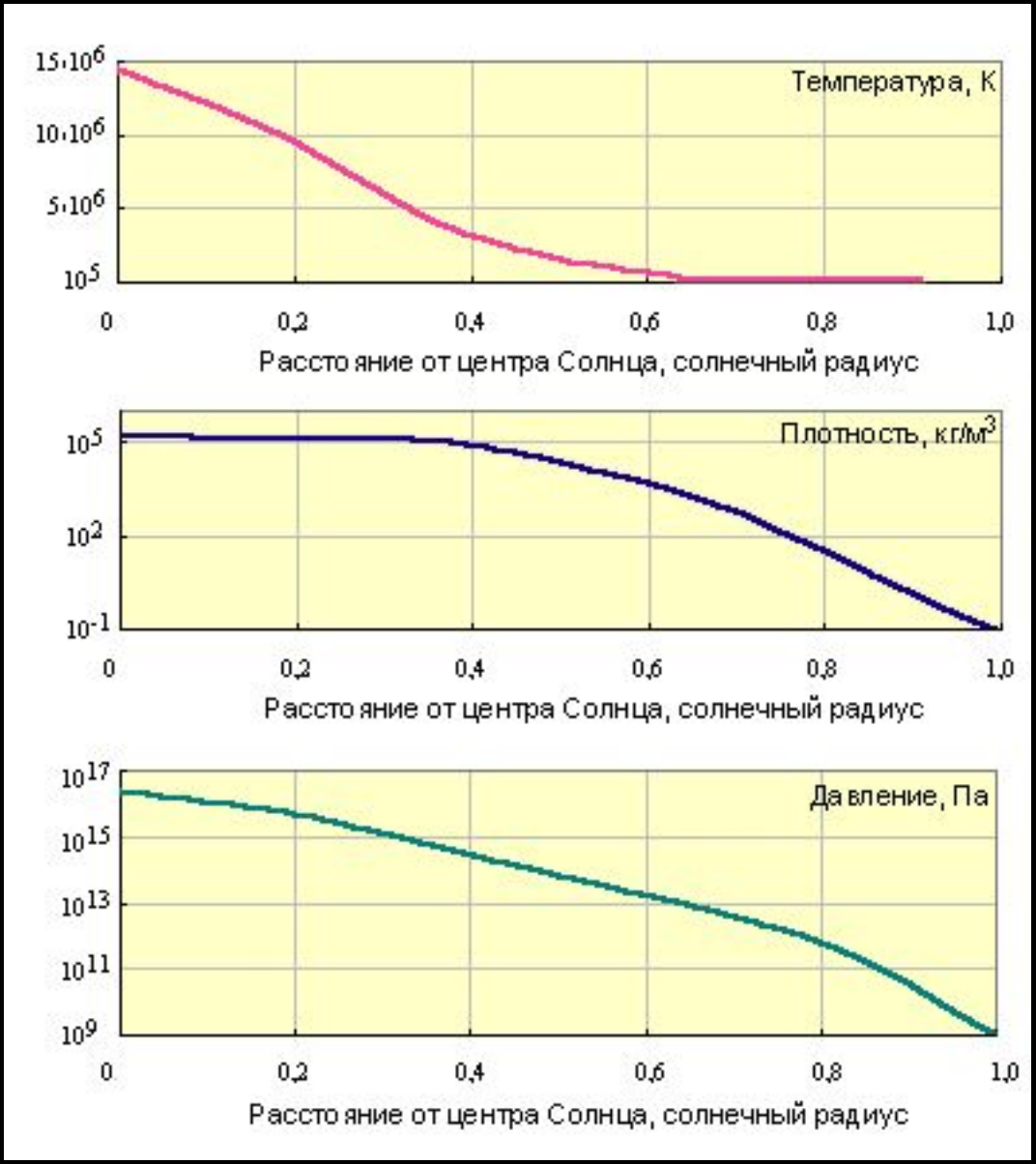


В центре Солнца:

температура достигает
15 миллионов градусов

газ сжат до плотности
около 150 000 кг/м^3

давление в 200 миллиардов раз
выше, чем у поверхности Земли



Солнце – раскаленный газовый шар, температура в центре которого высока настолько, что там могут происходить ядерные реакции.

Основной источник энергии – протон-протонный цикл.

Это очень медленная реакция (характерное время $7{,}9 \cdot 10^9$ лет).

Ее суть состоит в том, что из четырех протонов получается ядро гелия.

$$4H \rightarrow He + 2e^+ + 2\nu_e + 25{,}7\ \text{МэВ}.$$

В центральной области с радиусом примерно в треть солнечного – ***ядре*** – происходят ядерные реакции.

Через ***зону излучения*** энергия переносится из внутренних областей Солнца к поверхности лучистой теплопроводностью, то есть фотонами (диффузия фотонов длится около миллиона лет при температуре больше 2 миллионов градусов).

Примерно с расстоянии 2/3R находится ***зона конвекции***, в которой начинается перемешивание горячих и холодных слоев вещества. Время подъема конвективной ячейки сравнительно невелико – несколько десятков лет.

Исследования Солнца проводят как с земных обсерваторий, так и с космических.

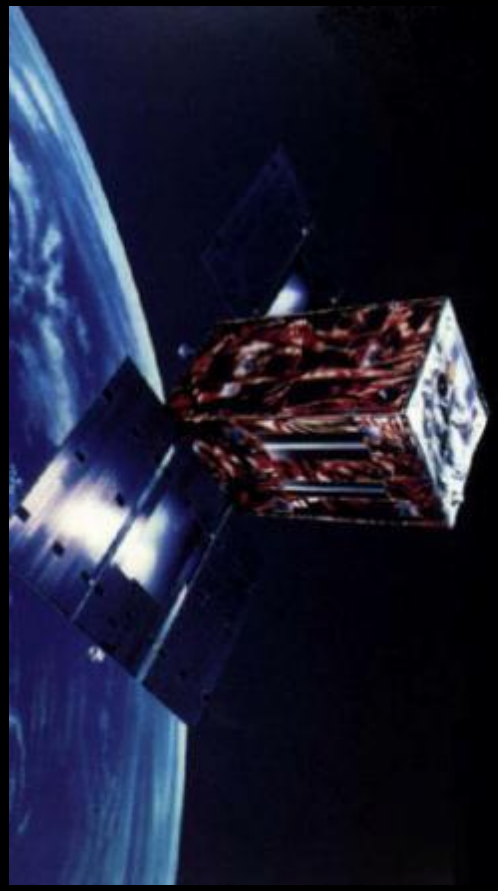
Телескоп солнечной обсерватории
на озере Big Bear в США

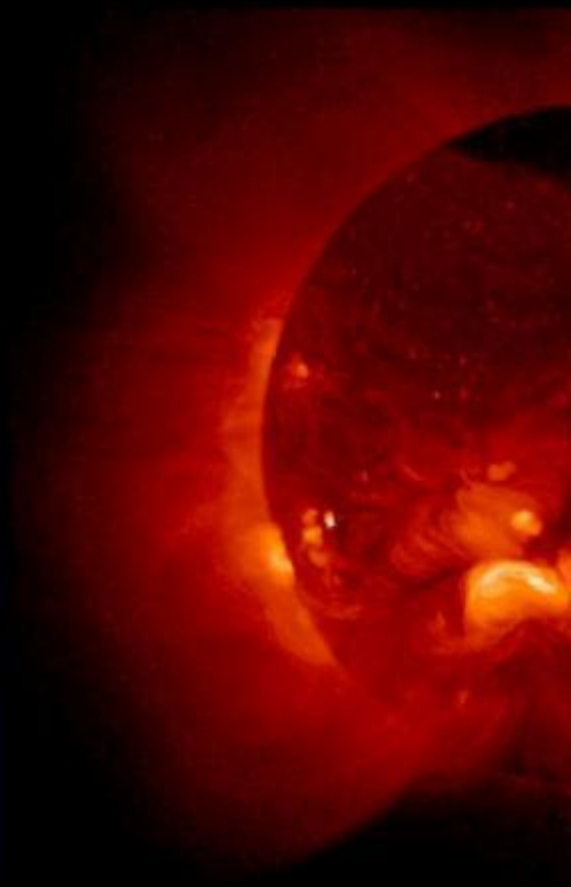
Международный спутник SOHO

Японская рентгеновская обсерватория «Йоко» (Yohkoh – «солнечный луч») была создана в содружестве с учеными Великобритании и запущена 30 августа 1991 г.

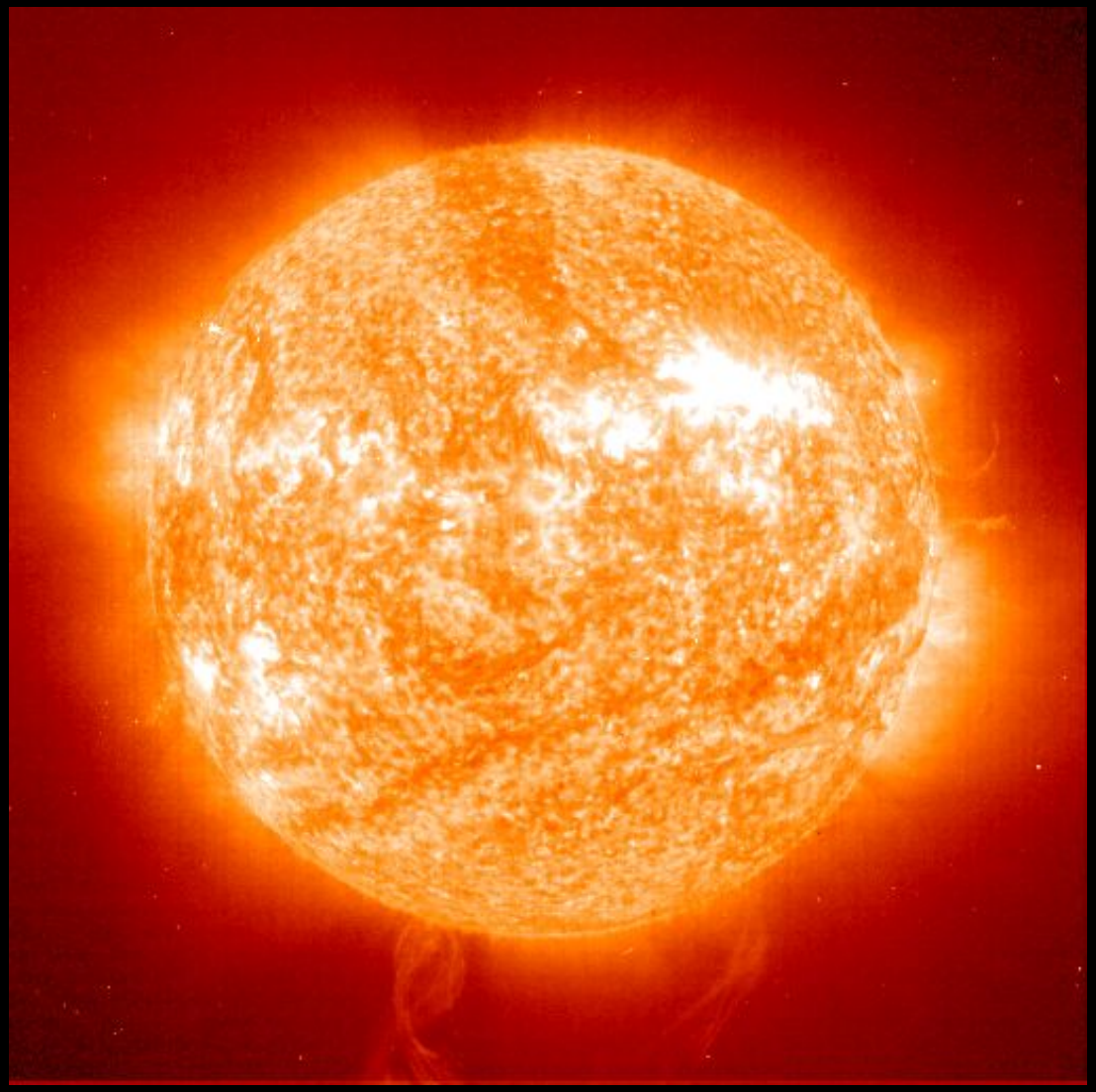
Спутник оказался очень удачным. Его аппаратура работала более 10 лет, ежедневно передавая четкие рентгеновские изображения вспышек и горячих пятен в короне Солнца.

Во время солнечного затмения 14 декабря 2001 г. спутник потерял ориентацию на Солнце и его батареи разрядились.





Рентгеновское изображение Солнца с короной

Каждую секунду Солнце перерабатывает около 600 миллионов тонн водорода.
Запасов ядерного топлива хватит еще на пять миллиардов лет,
после чего оно постепенно превратится в *белый карлик*.

Характерное время жизни звезды типа Солнца – десять миллиардов лет.