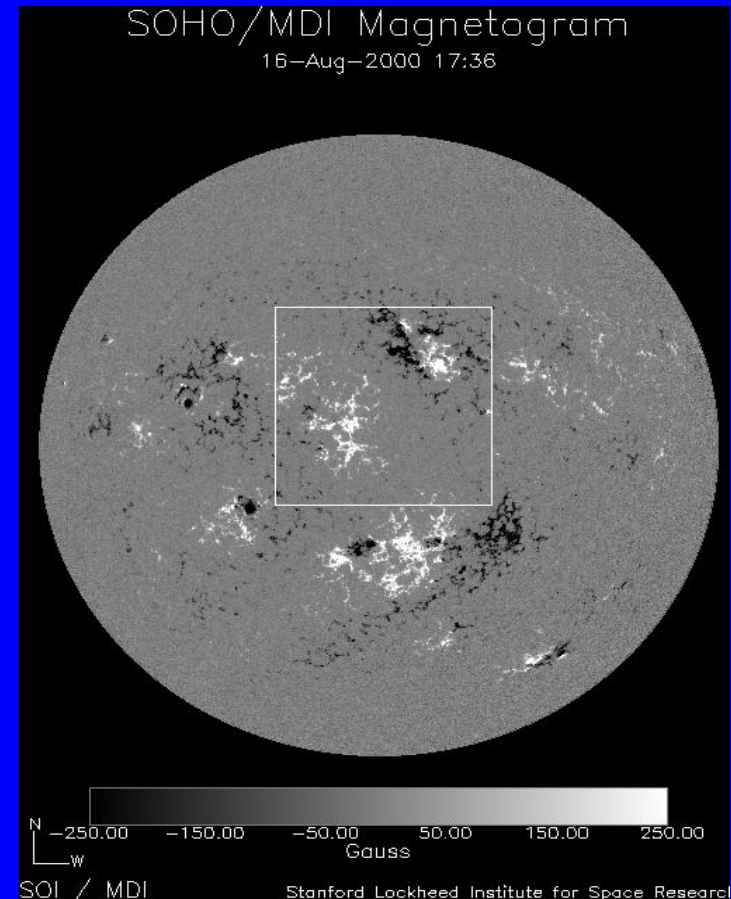
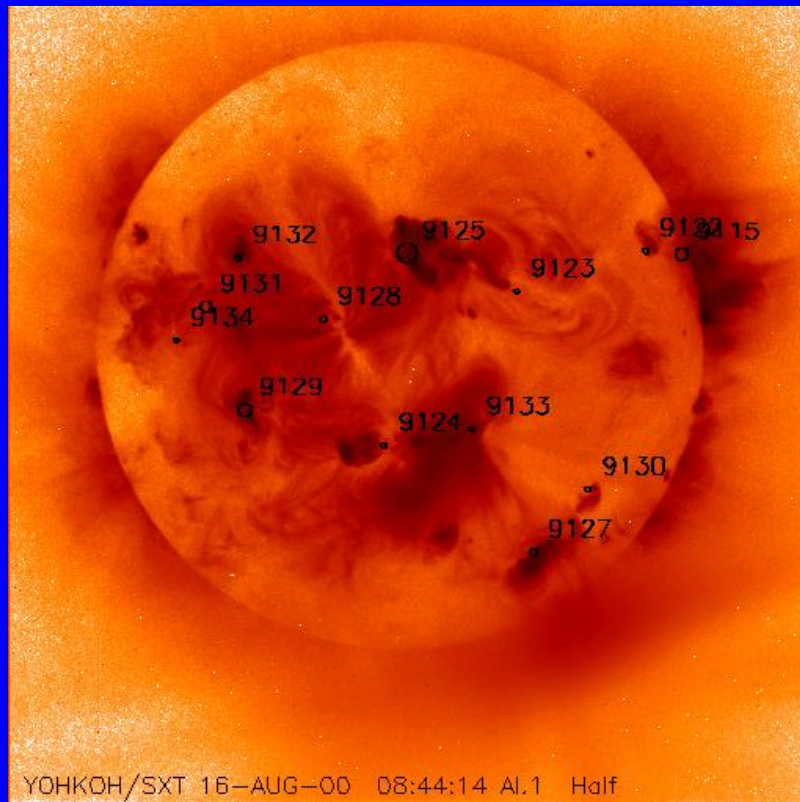


КОРОНАЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПРОБОРЫ

И.Ф.Никулин

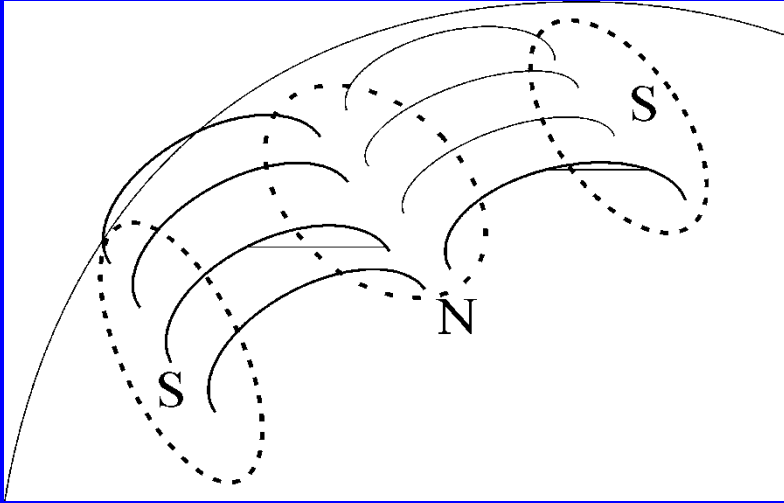
ГАИШ МГУ

Пример коронального пробора (16 августа 2000 г.)

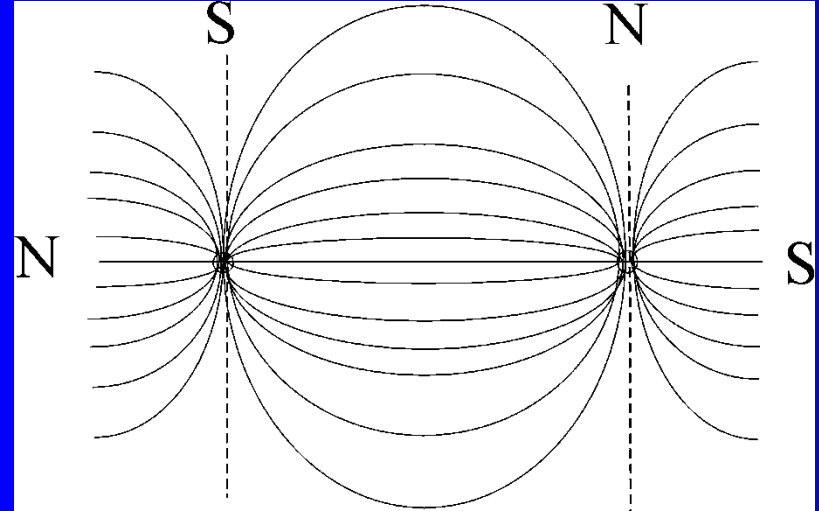


Рентгеновские исследования Солнца позволили за последние десятилетия открыть такие структуры короны как яркие рентгеновские точки [1] и корональные дыры (КД) [2-4]. Однако до сих пор еще недостаточно исследованы связи рентгеновских структур с фотосферными магнитными полями и хромосферными структурами. Длительные ряды наблюдений рентгеновской короны Солнца на SXT Yohkoh [7-8] и фотосферных магнитных полей, например, MDI SOHO [9], доступные в Internet, позволили сопоставить корональные структуры с соответствующими магнитными полями. В результате было отмечено, что магнитные силовые линии, представленные рентгеновскими петлями над площадками магнитного поля одного знака, часто образуют как бы проход между двумя рядами петель, направленных в противоположные стороны к областям другой полярности (Рис. 1а). Из-за сходства подобных структур с пробором прически (волосы -аналог силовых линий) предложено назвать их корональными проборами (КП). Можно выделить два типа проборов: КП фоновых полей и КП активных областей.

Корональные проборы



КП фоновых полей



КП активных областей

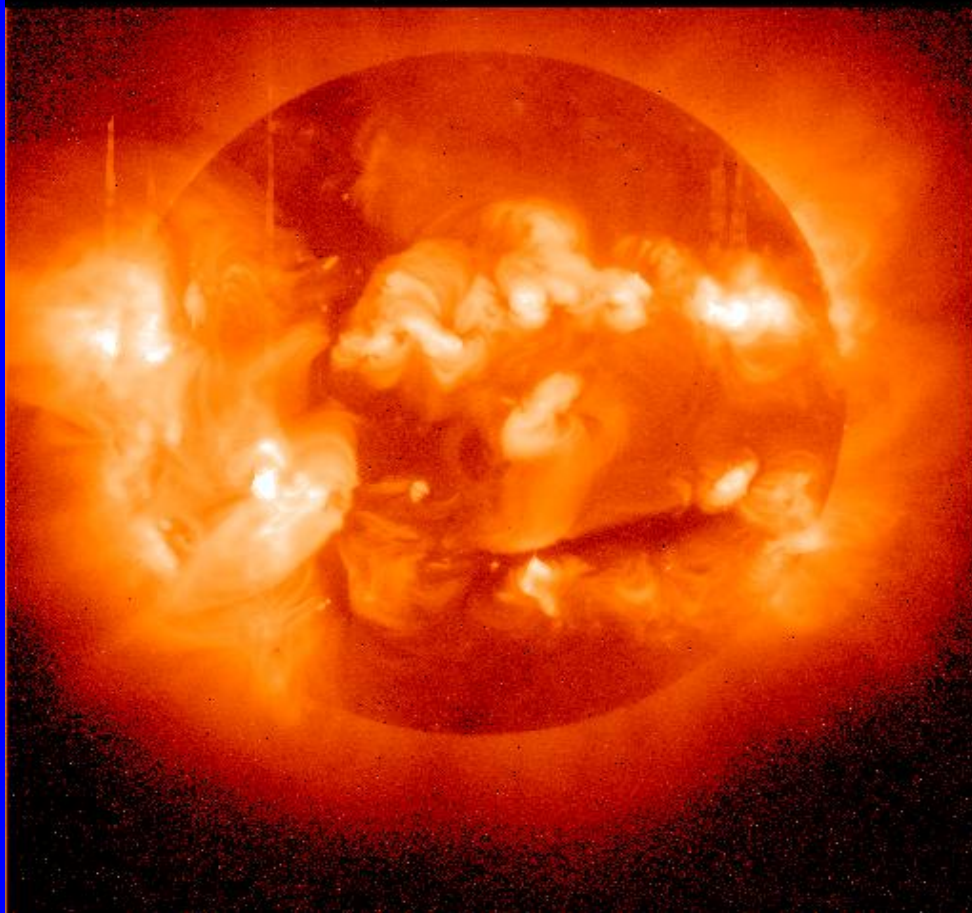
- 1. Корональный пробор – вытянутая однополярная магнитная структура, образованная двумя рядами петель, направленных к областям другой полярности.
- 2. КП фоновых полей имеет ширину 10-30 тыс. км и расположены на полях 10-50 гс.
- 3. КП активных областей имеют ширину 3-10 тыс. км и расположены на полях несколько сот гаусс.

Отличия корональных проборов от корональных дыр

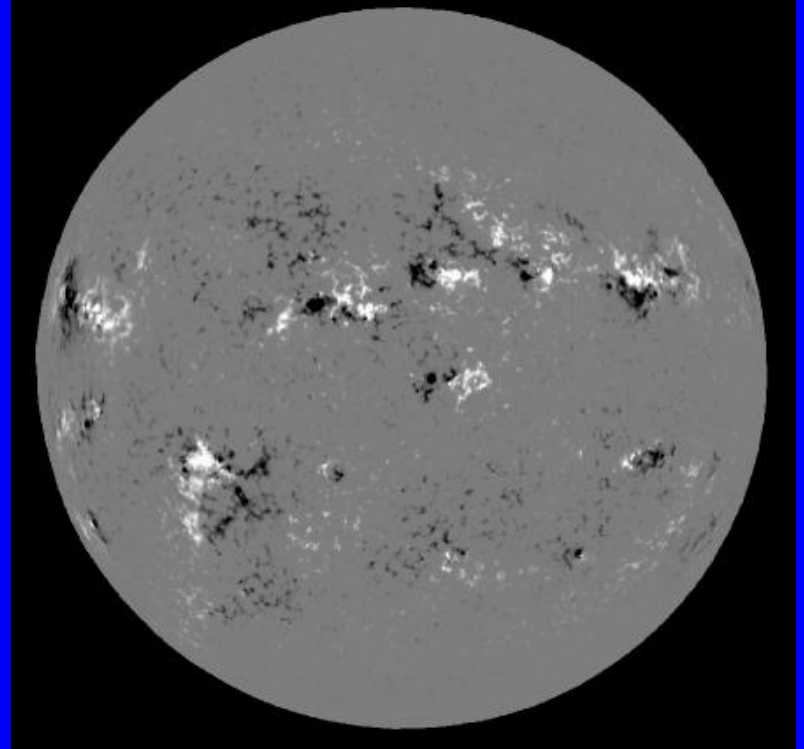
1. Магнитные поля КД слабые и виртуально отсутствуют; по MDI поле типичного КП 10-50 гс в проборах фоновых полей и до нескольких сот гс в КП активных областей.
2. КД -наиболее холодные области короны, т.е. температура КП выше.
3. КД обычно занимают большие площади на Солнце и не имеют такой вытянутой формы, как КП, т.е. топологический образ КП – линия, а КД – круг.
4. Как правило, КД наблюдаются в полярных областях и реже на низких широтах, в то время, как КП - обычно на королевских широтах.
5. КД чаще наблюдаются вблизи эпохи минимума активности, в то время как КП редки около минимума.

Эволюция проборов (Июль 2000 г.)

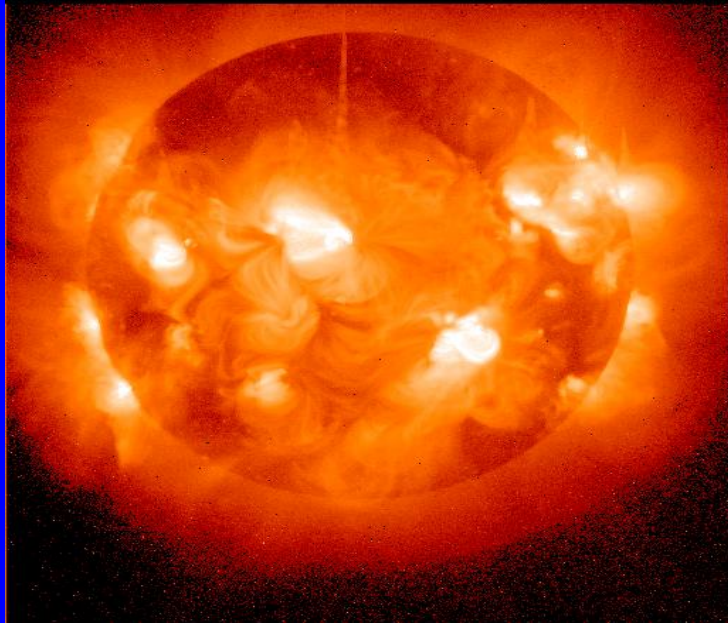
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 17, 2000 at 20:16



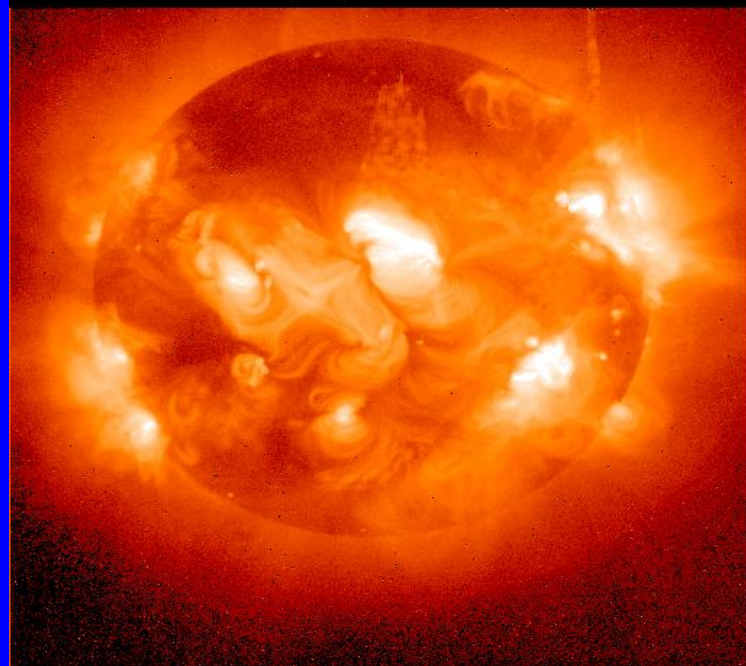
Nat. Solar Obs. at Kitt Peak, Magnetogram, synoptic map
July 17, 2000 at 16:55



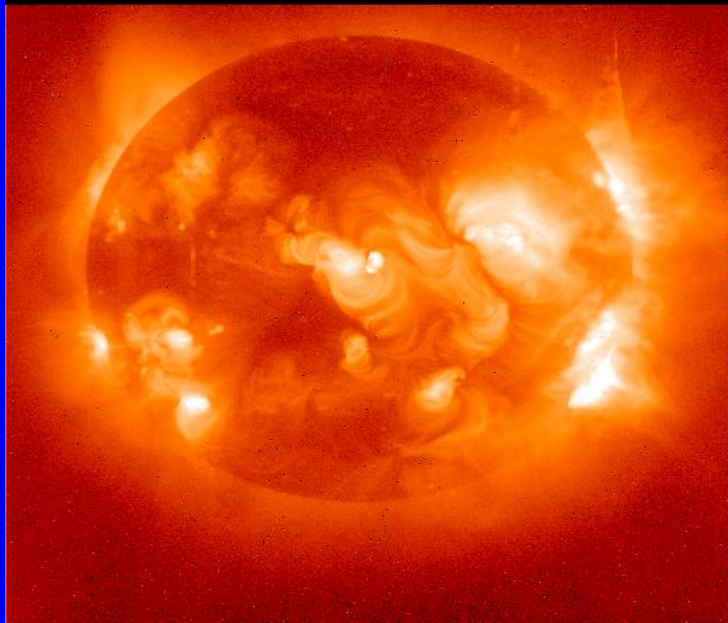
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 21, 2000 at 16:21



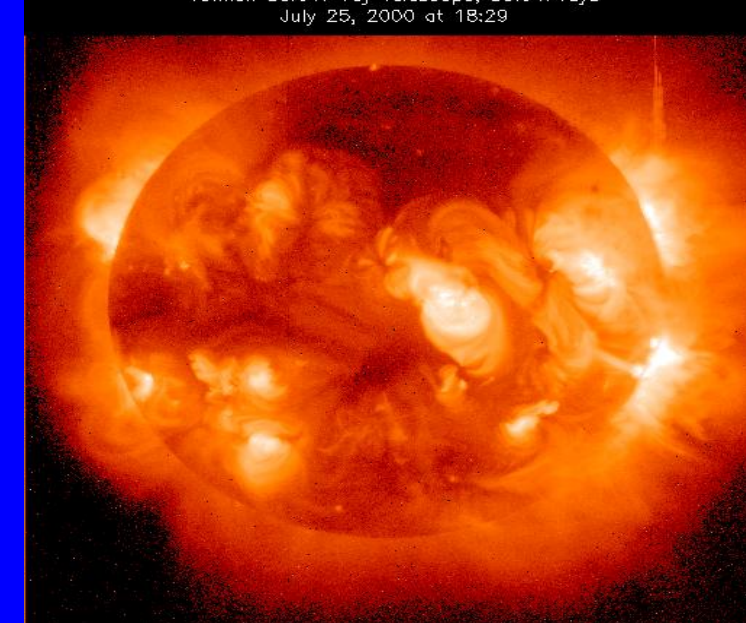
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 22, 2000 at 19:49



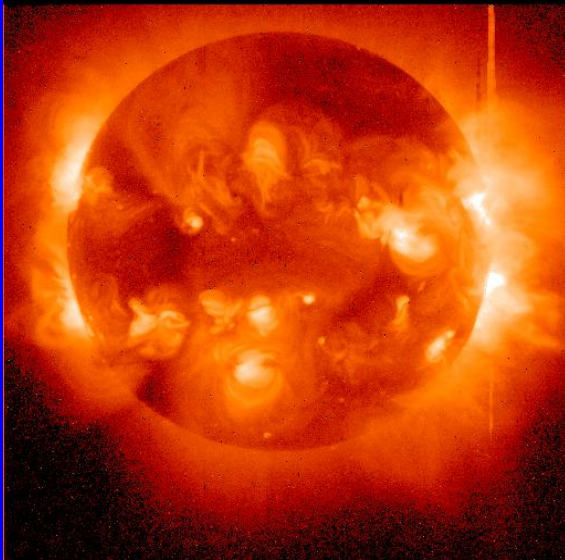
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 24, 2000 at 17:15



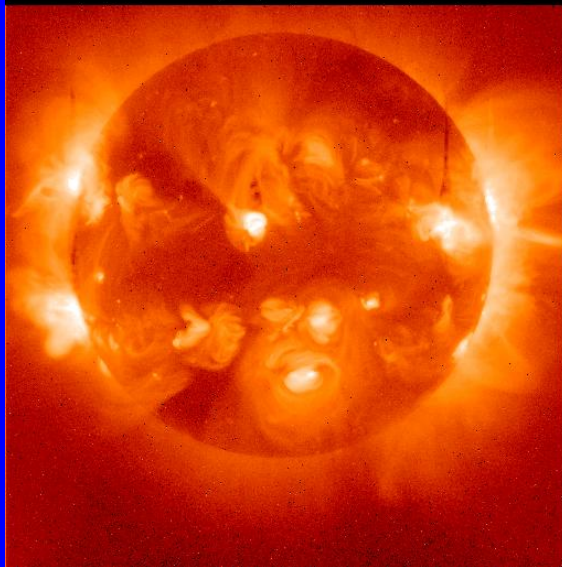
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 25, 2000 at 18:29



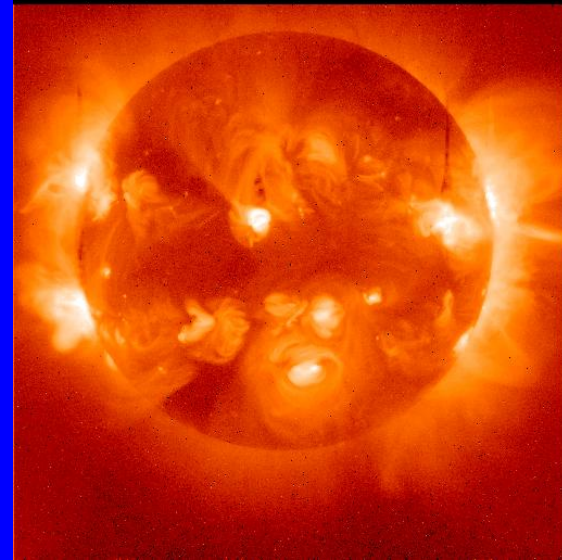
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 27, 2000 at 11:03



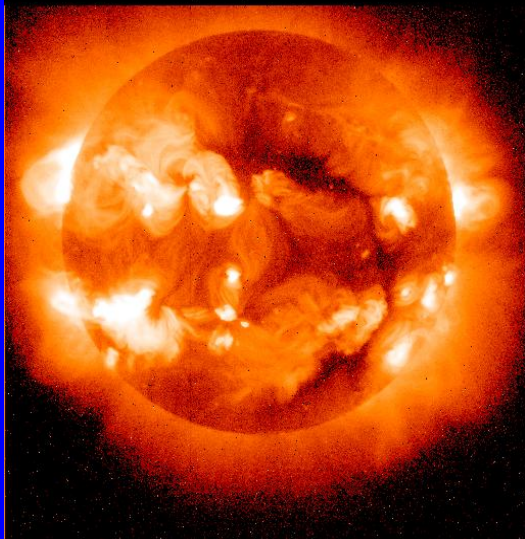
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 28, 2000 at 16:13



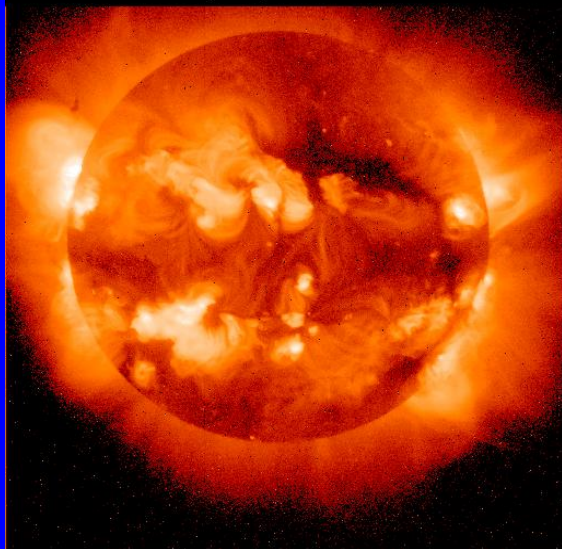
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
July 28, 2000 at 16:13



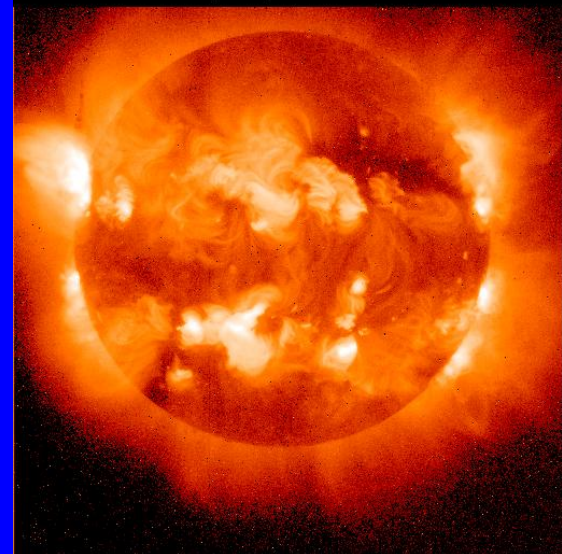
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
August 01, 2000 at 10:07



Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
August 02, 2000 at 11:45



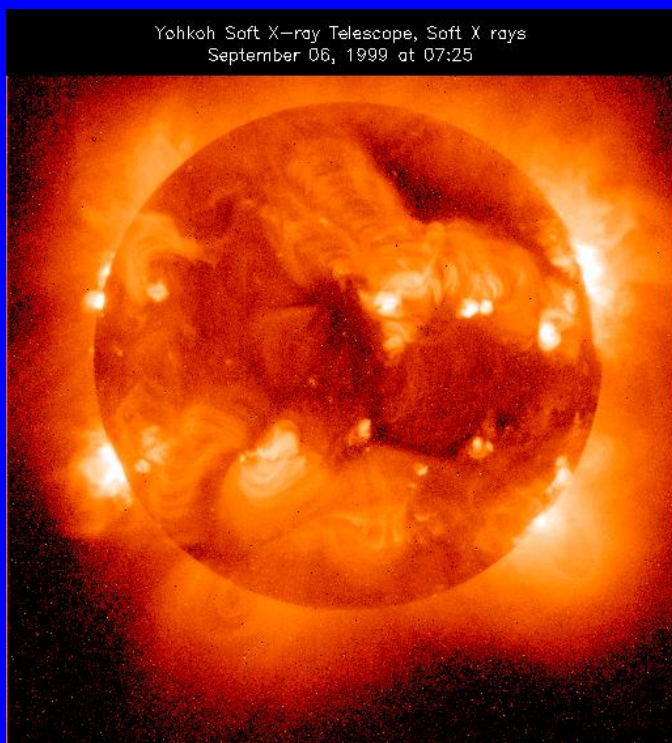
Yohkoh Soft X-ray Telescope, Soft X rays
August 03, 2000 at 13:22



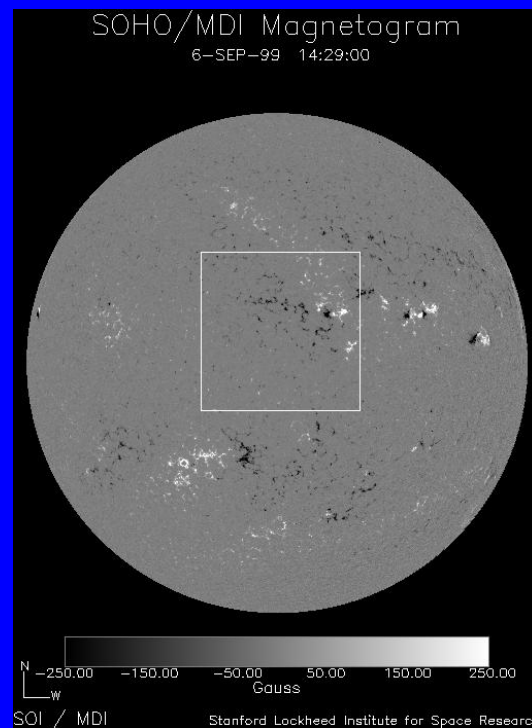
Структура корональных проборов

- Структура КП определяется магнитными полями подложки (фотосферы) и окружающими петельными структурами. Каждый узелок на магнитограмме – это основание соответствующей корональной петли с временем жизни порядка суток и более. Поэтому эволюция КП связана в основном с появлением малых биполярных областей, создающих свою собственную систему петель, связанных с окружающими полями, и последующим «заплыванием» КП. Если же петли, составляющие КП, ослабляются, то он расширяется, темнеет и может превратиться в КД. Проборы часто вытянуты параллельно волокнам, что дает дополнительные возможности для идентификации КП (примеры 06.09.99, 01.08.00).
- Видимость КП ухудшается вблизи лимба из-за экранировки расположенными выше петлями.

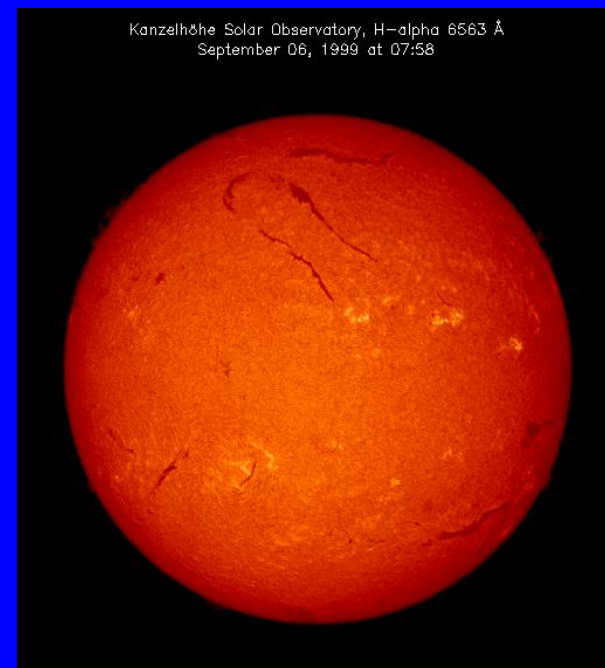
6.09.1999



Рентген



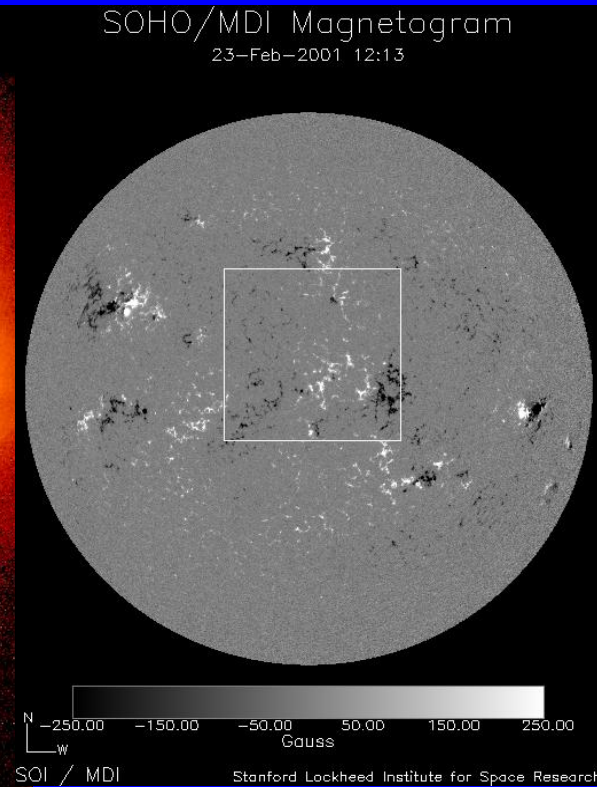
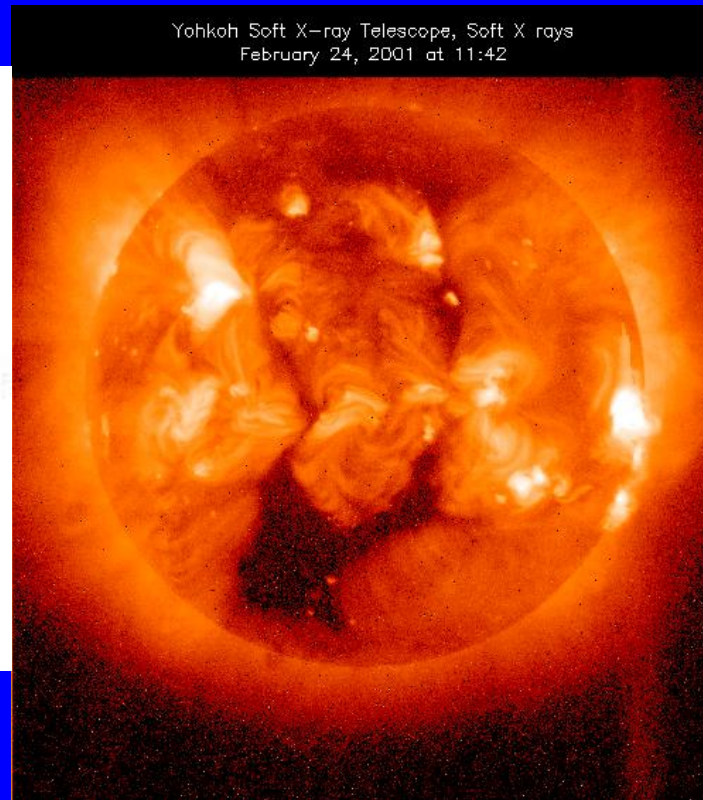
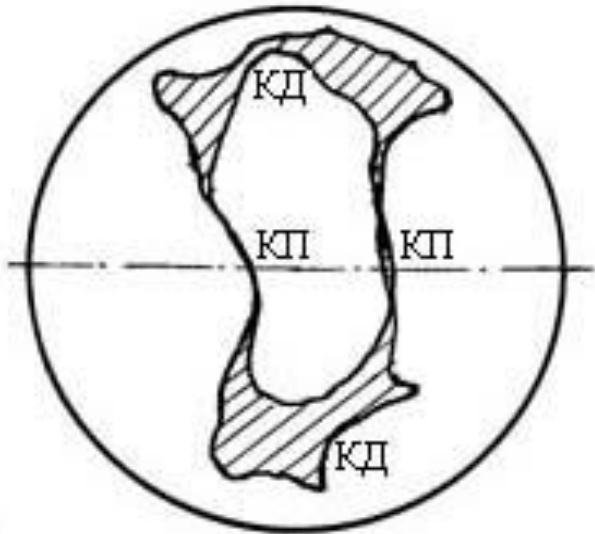
Магнитограмма



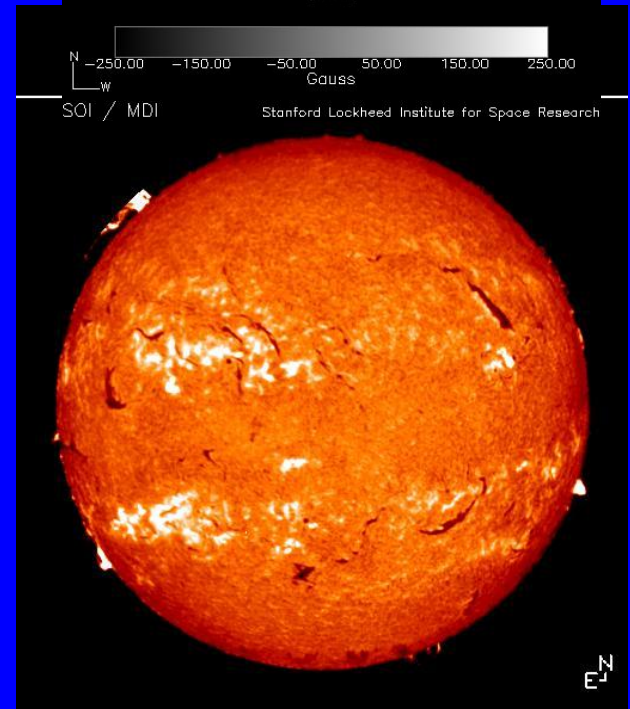
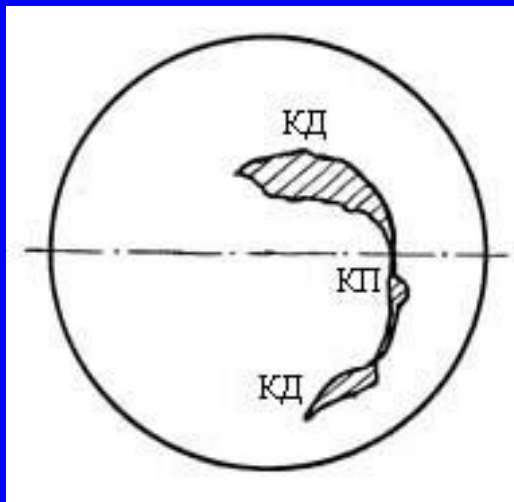
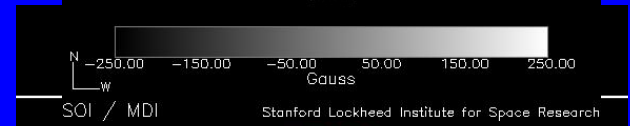
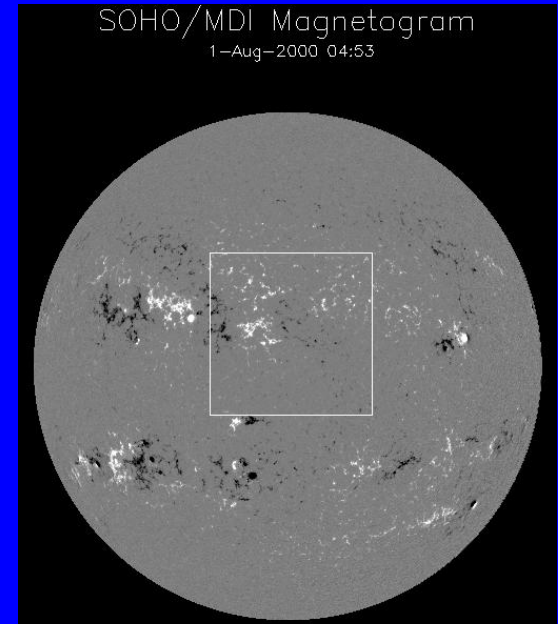
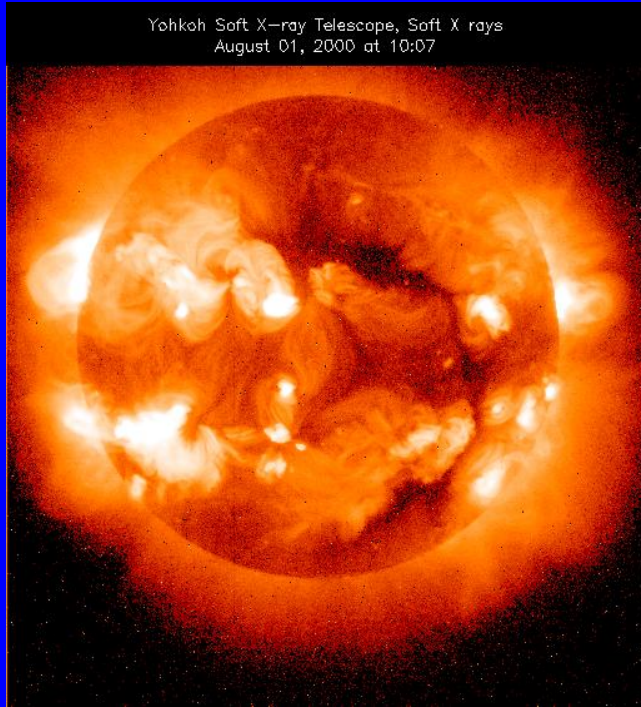
H α

Глобальные проборы

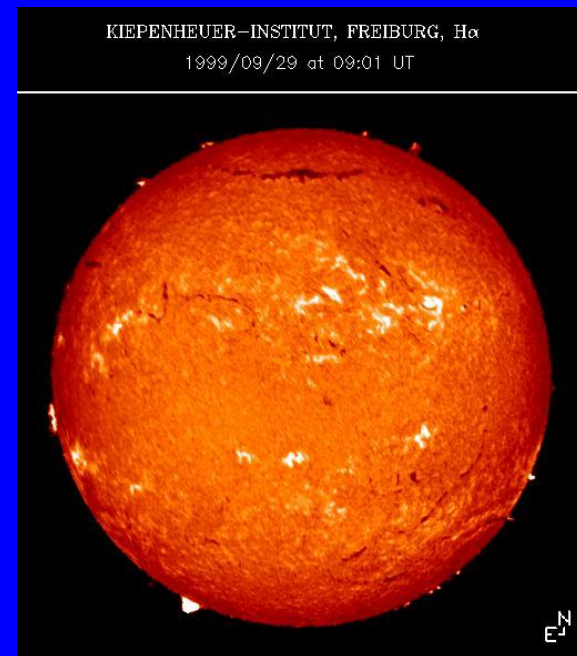
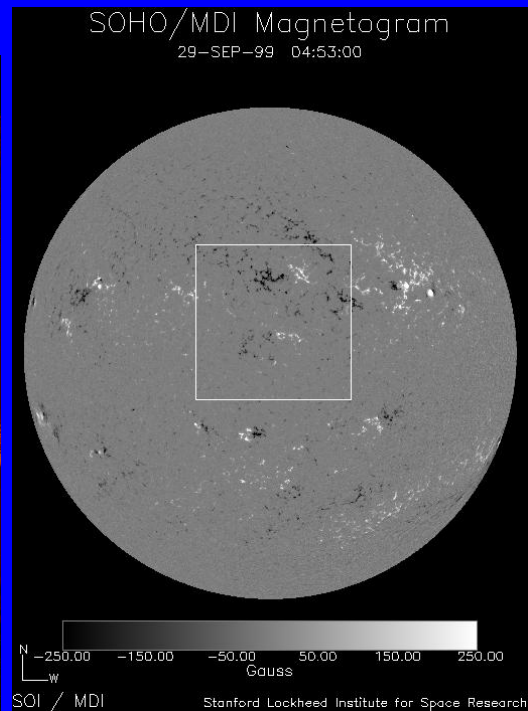
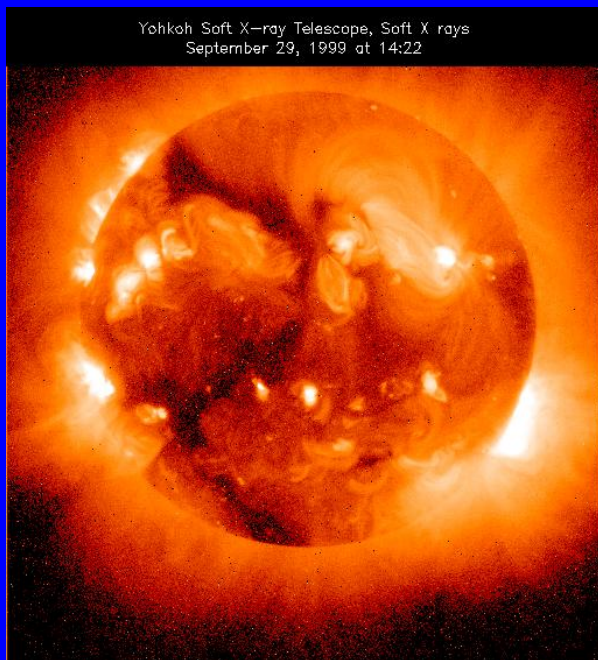
- Часто наблюдаются глобальные структуры пониженной рентгеновской яркости, когда от приполярной КД проходит КП фоновых полей и активных областей до другого полюса с КД.



1.08.2000



29.09.1999



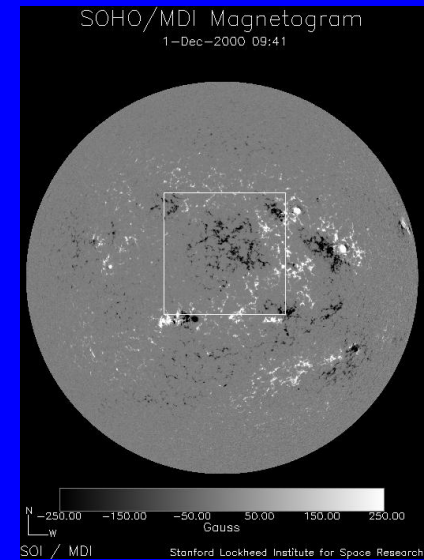
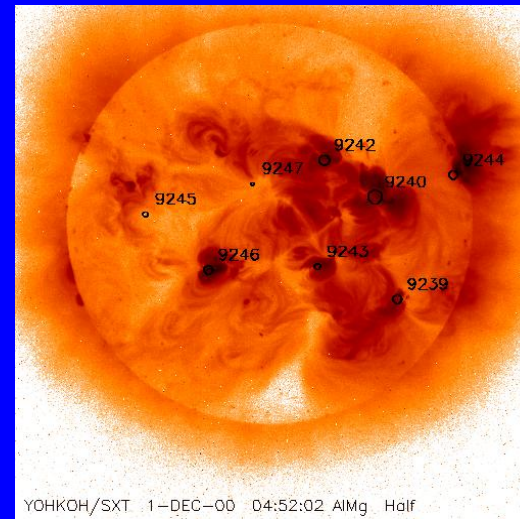
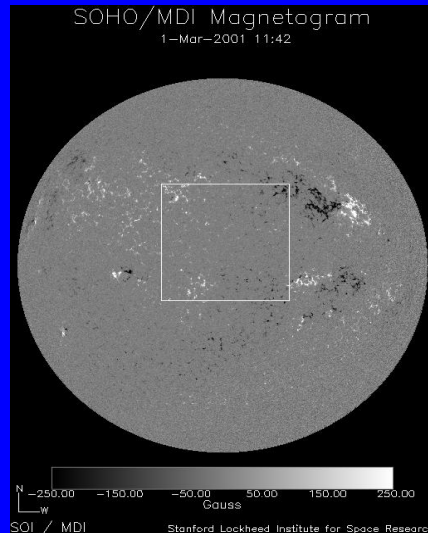
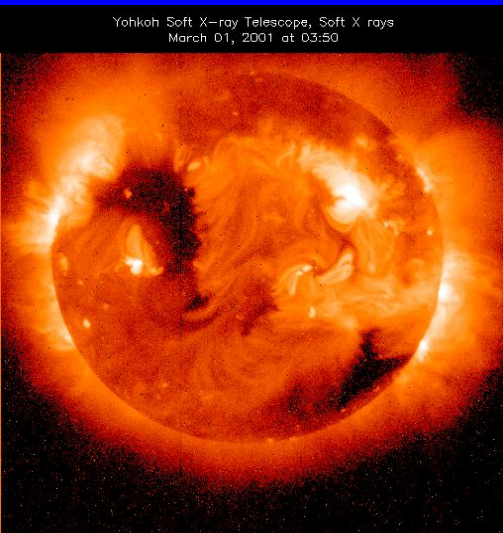
Рентген

Магнитограмма

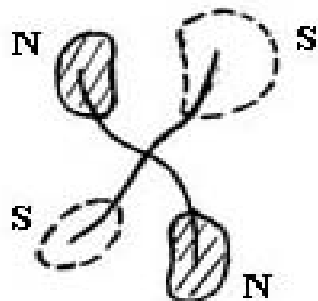
H α

X - проборы

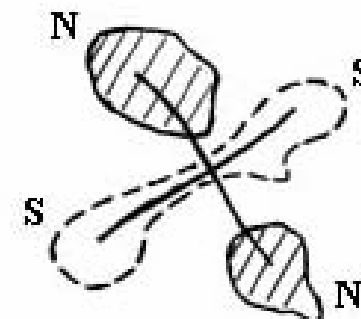
КП связаны с полями одной полярности, однако в процессе эволюции возможны случаи пересечения разнополярных проборов с образованием X-точки

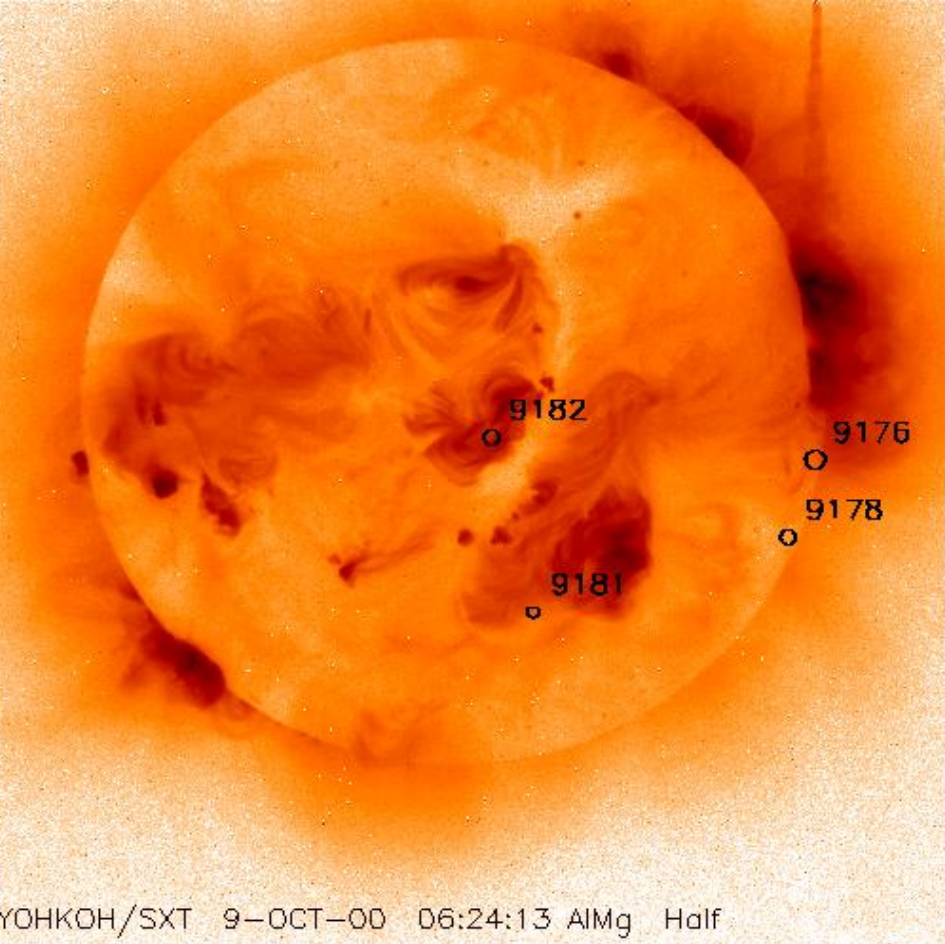


01.03.01 (N15 W30)

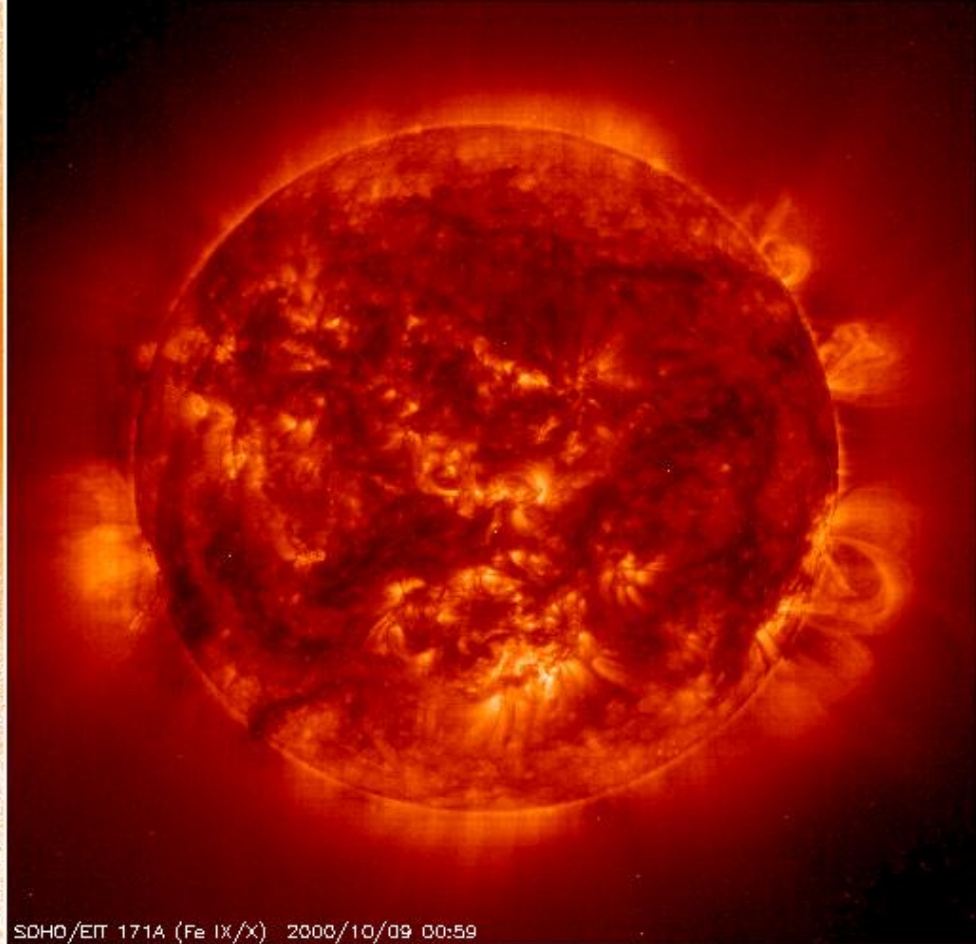


01.12.00 (N05 W10)

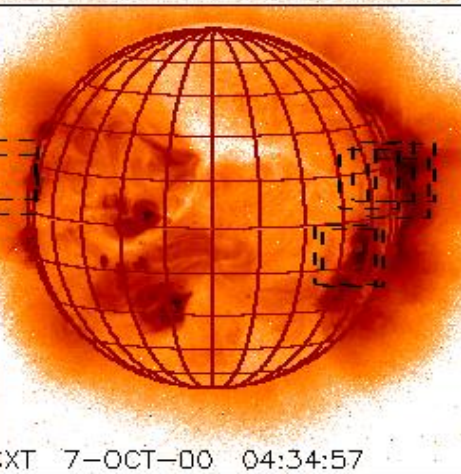




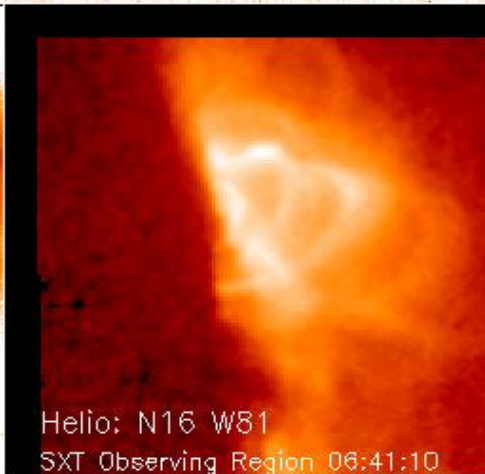
YOHKOH/SXT 9-OCT-00 06:24:13 AlMg Half



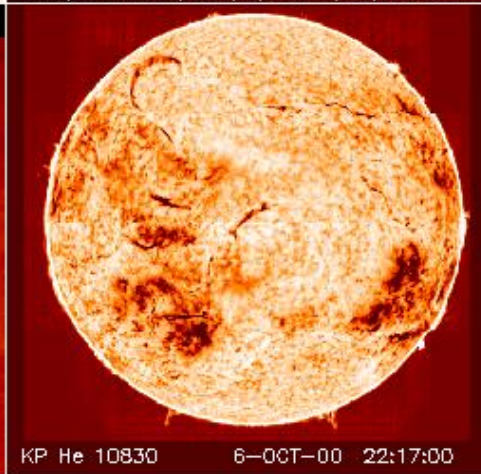
SDHO/EIT 171A (Fe IX/X) 2000/10/09 00:59



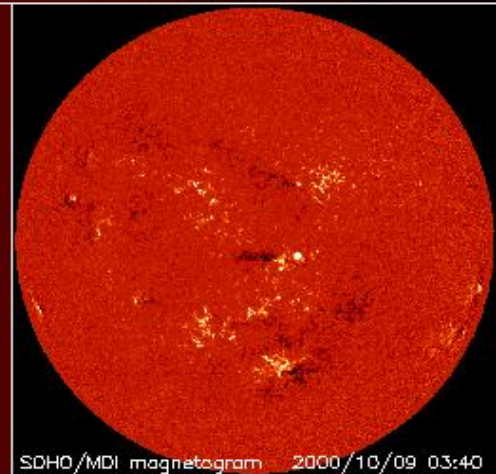
SXT 7-OCT-00 04:34:57



Helio: N16 W81
SXT Observing Region 06:41:10

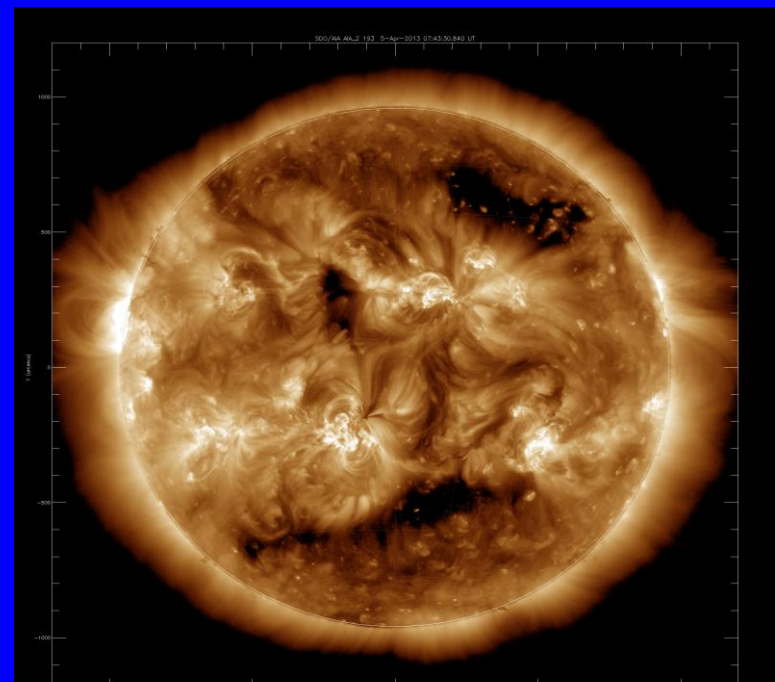
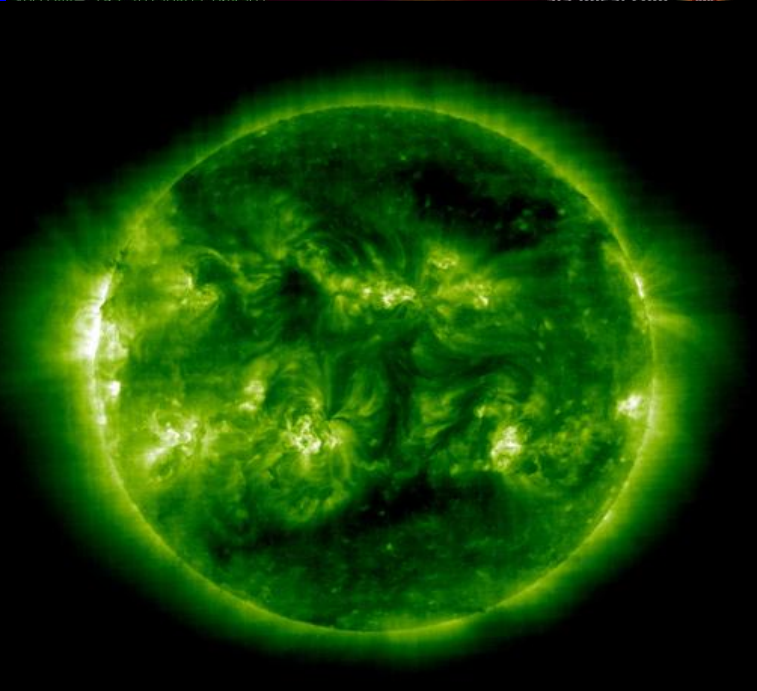
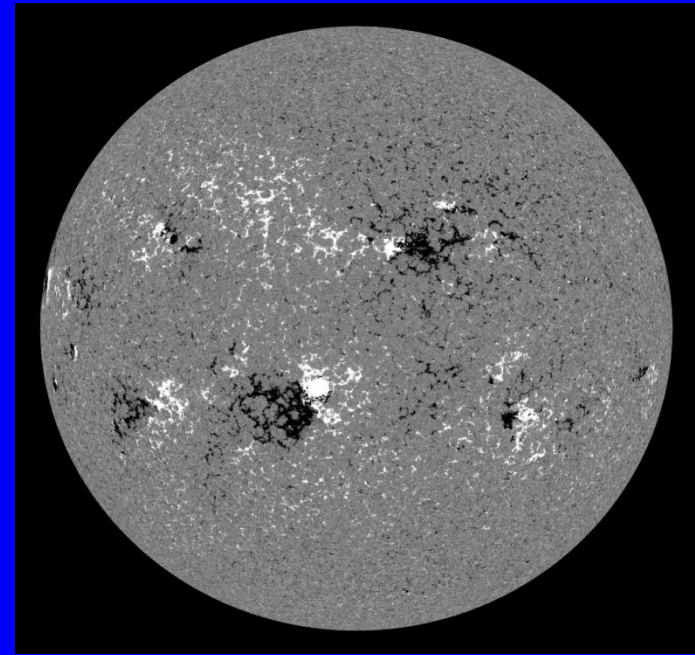
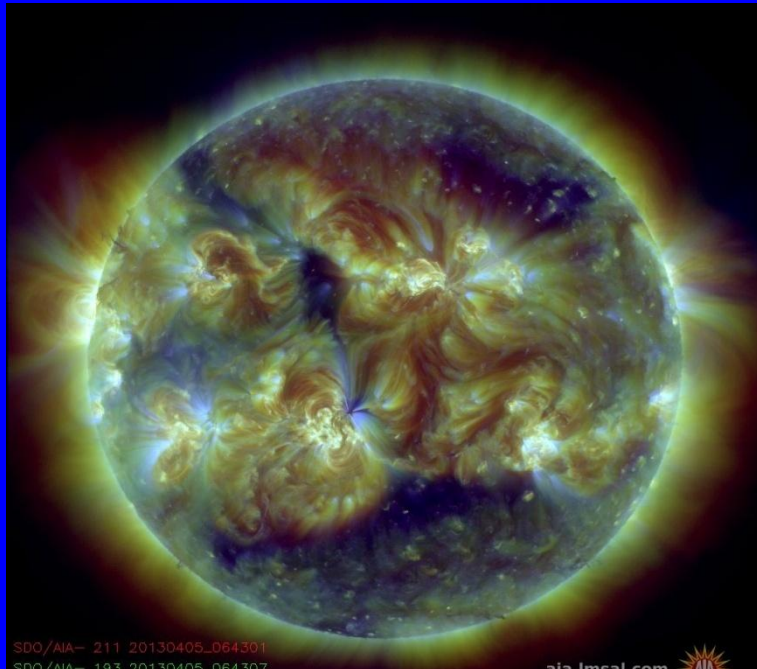


KP He 10830 6-OCT-00 22:17:00



SDHO/MDI magnetogram 2000/10/09 03:40

Комплексные проборы (Ф+А) - 05.04.13



- М.М.Молоденский и Л.И.Старкова в АЖ 2007, т.84, с. 1146 рассмотрели проборы теоретически и пришли к выводу, что безусловно проборы реально наблюдаются и являются совершенно естественными структурами в произвольных векторных полях, а их обнаружение – один из важных результатов последних лет. Обращение в ноль кривизны магнитных силовых линий меняет теплопроводность плазмы, создает граничный случай изменения физических условий и, соответственно, видимости структур. Изучение проборов по их мнению представляет важную задачу для будущих исследований.

Выводы

- 1. Структура и время жизни КП определяются магнитными полями, которые с ними связаны.
- 2. Яркость одной из сторон КП пропорциональна градиенту магнитного поля в направлении взаимодействующей активной области.
- 3. Эволюция КП связана как с заполнением их новыми активными областями и последующим исчезновением, так и ослаблением существующей системы петель и превращением КП в КД.
- 4. Существуют глобальные цепочки пониженной рентгеновской яркости, составленные из КД и КП фоновых полей и КП активных областей.
- 5. В среднем ширина и длина КП обратно пропорциональны магнитной напряженности. Как правило, наиболее длинные КП связаны с фоновыми полями, вытянутыми дифференциальным вращением.

Выводы

- 6. КП, пересекающие экватор, не меняют знака магнитного поля. Однако возможно пересечение разнополярных проборов (X-проборы).
- 7. По типу магнитной топологии КП можно рассматривать как наблюдательное проявление магнитных сепаратрис.
- 8. КП и КД – родственные структуры в смысле открытости силовых линий, КД – двумерный случай, КП – одномерный.
- 9. Система магнитных силовых линий КП взаимодействует с двумя соседними областями противоположной полярности и, таким образом, играет важную роль в иерархии крупномасштабных корональных магнитных полей.