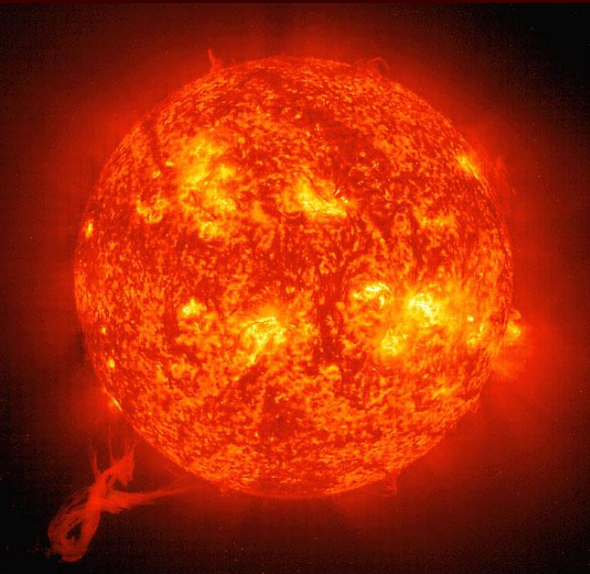


Капелька Солнца



**Презентация подготовлена
преподавателем ГБОУ ПО ПМПК
Банновой Ольгой Викторовной**

В ТЕБЕ ЕСТЬ КАПЕЛЬКА СОЛНЦА

Ты хочешь узнать, что такое Солнце, откуда оно появилось, из чего состоит, как его состояния влияют на тебя, и где та самая капелька Солнца, спрятанная в тебе? Если да, то эта презентация для тебя. Нажми на маленькое солнышко и в путь!



Солнце разлито поровну,
Вернее, по справедливости,
Вернее, по столько разлито,
Кто сколько способен взять.
В травинку и прутик – поменьше,
В большое дерево – больше,
В огромное дерево – много.
Спит, затаившись до времени.
Смотришь, а не видать.
Голыми руками его можно
потрогать,
Не боясь слепоты и ожога.
Солнце умеет работать.
Солнце умеет спать.
Но в тёмные зимние ночи,
Когда не только что Солнца –
Звезды не найдёшь во Вселенной,
И, кажется, нет управы,
На лютый холод и мрак,
Весёлое летнее солнце
Выскакивает из полена
И поднимает немедленно
Трепещущий огненный флаг!

Солнце разлито поровну,
Вернее, по справедливости,
Вернее, по столько разлито,
Кто сколько способен взять.
В одного человека – поменьше,
В другого – гораздо больше,
А в некоторых – очень много.
Спит, затаившись до времени.
Можно руку смело пожать этим
людям
Не надевая брезентовые рукавицы...
Но в минуты,
Когда не только что Солнца –
Звезды не найдёшь вокруг,
Когда людям в потёмках
Становится страшно и зябко,
Вдруг появляется пламя,
Разгорается постепенно, но ярко
Люди глядят, приближаются
Сходятся, улыбаются,
Руке подавая руку,
Приветом встречая привет.



СОЛНЦЕ

РОЖДЕНИЕ

АТМОСФЕРНЫЕ
ОБРАЗОВАНИЯ

ФОТОГРАФИИ

СТРОЕНИЕ

СОЛНЕЧНАЯ
АКТИВНОСТЬ

ОСНОВНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ

СОЛНЦЕ И МЫ



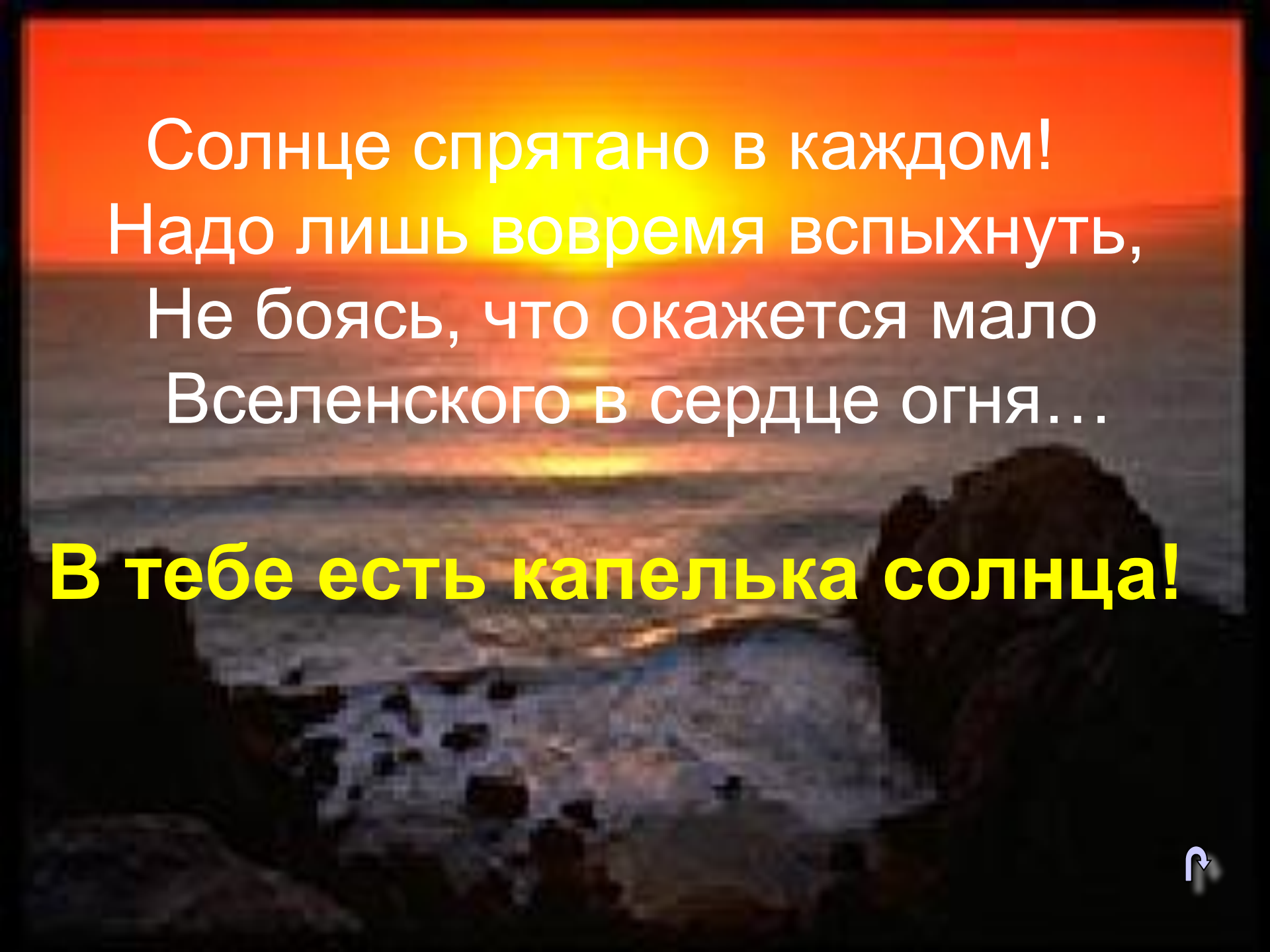
**О солнце, ты живот и красота природы,
Источник вечности и образ божества!
Тобой жива земля, жив воздух, живы
воды,
Душа времён и вещества!**

Александр Сумароков



Итак, мой юный друг, ты немного познакомился с солнцем, ты узнал, что есть солнце, из чего оно «сделано». Но получил ли ты ответ на вопрос: «Где же капелька Солнца в тебе?»



A sunset over a rocky coastline. The sky is a gradient of orange and yellow, with the sun low on the horizon. The water is dark, and a large, dark rock formation is visible in the foreground on the right side.

Солнце спрятано в каждом!
Надо лишь вовремя вспыхнуть,
Не боясь, что окажется мало
Вселенского в сердце огня...

В тебе есть капелька солнца!



Стою, всевидящее око,
На страже гаснувших миров.
Мои огни – дыханье рока,
Моё вздыханье – без оков.
Во мне родился мир планетный,
И от меня умрёт навек
И цвет растений безответный,
И слепо-мудрый человек.
Сергей Городецкий.

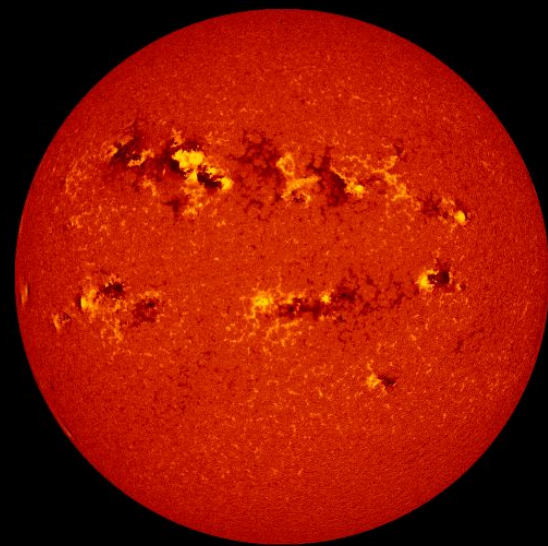
Мы просто перейдём к другой звезде,
Когда вот эта, наша, станет меркнуть,
Темно на сердце, но в соседнем сердце
Горит огонь и греет нас в беде.
Мы сменим солнце на другое пламя,
Другому солнцу сердце отдадим,
И небосвод расступится над нами,
И мы привыкнем к зрелищам другим.
Захария Станку.

Светило гордое, всего питатель мира,
Блистающее к нам с небесной
высоты!

О, если бы взыграть могла моя мне
лира

Твои достойно красоты!

Александр Сумароков



Солнце пахнет травами,
свежими купавами,
Пробуждённую весной и
смолистою сосной,
Нежно-светлотканными
ландышами пьяными,
Что победно расцвели в
остром запахе земли,
Солнце светит звонами,
листьями зелёными,
Дышит вешним пеньем
птиц,
Дышит смехом юных лиц.

К. Бальмонт.

Пускай это бурное море огня
Зовут лучезарным светилом
Как в детстве, оно для тебя и меня
Останется солнышком милым.

С.Я. Маршак.

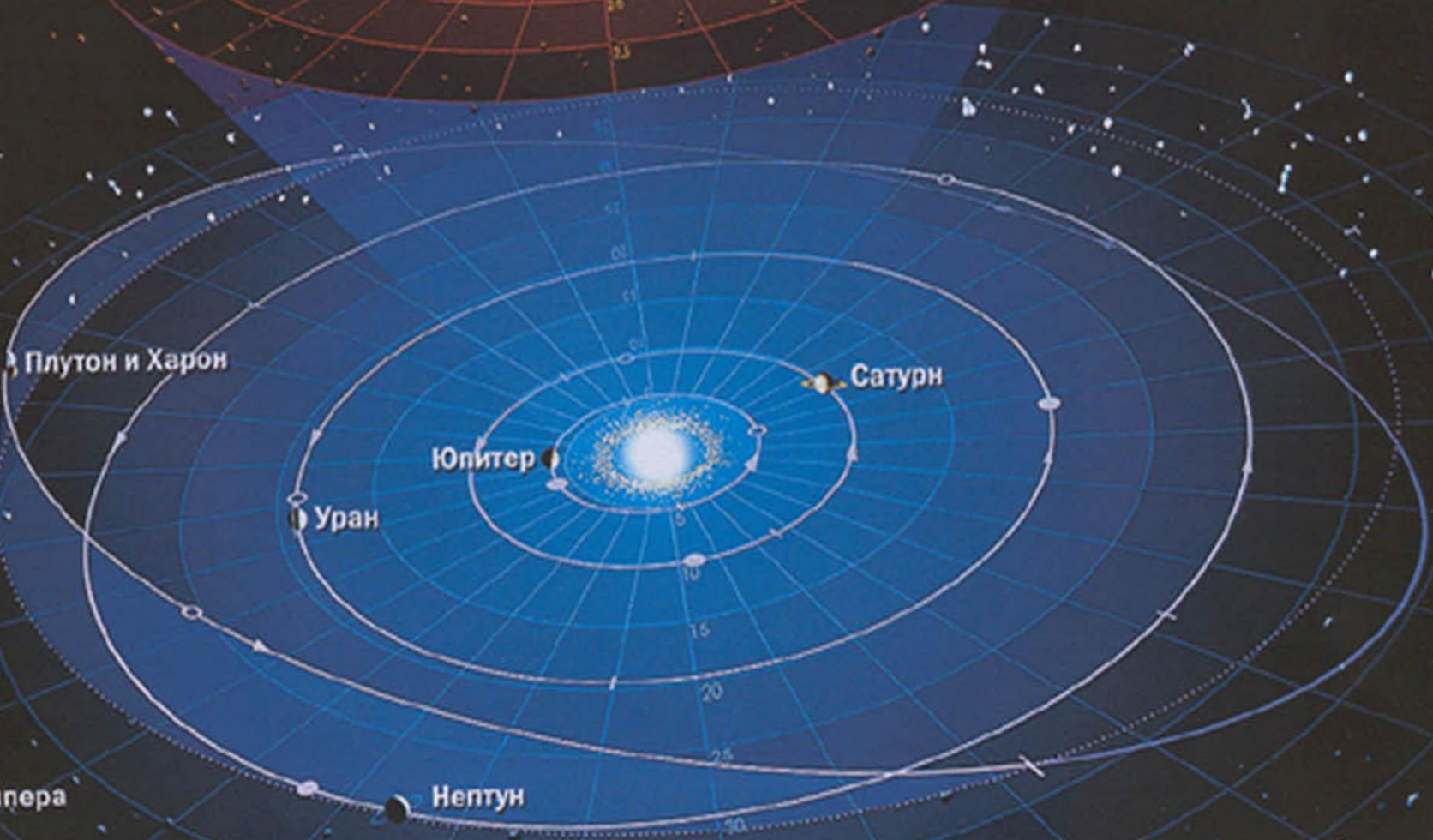
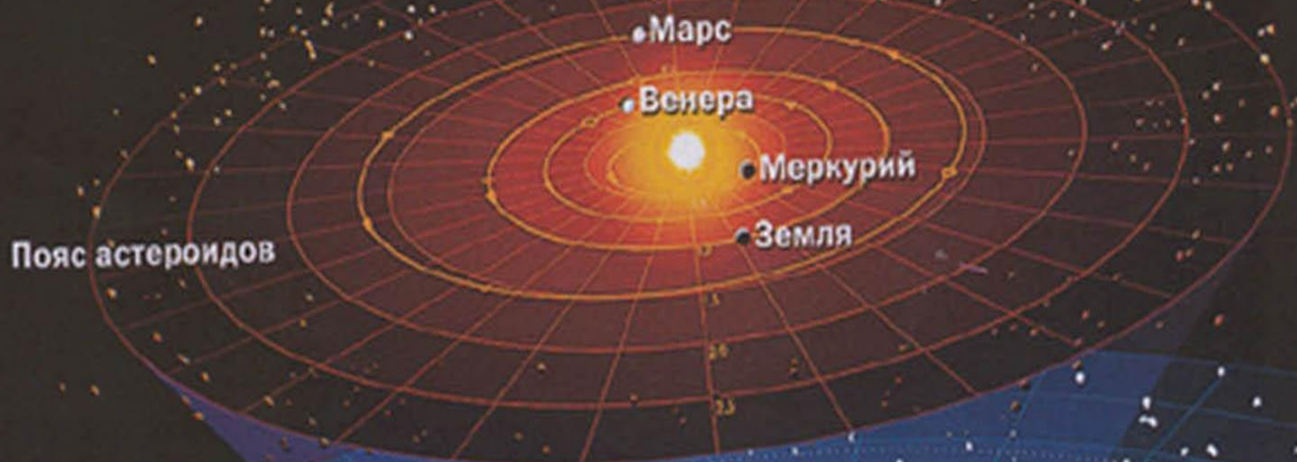
*От солнца исходит свет, и от
земли падает тень, оттого и
сознание человека
определяется двойственно:
всё вдвойне, и даже свет добра
бросает от себя тенью зло.*

*Но солнце едино, и оно
является в человеческом мире
добра и зла вестником
единства и образует в нашем
сознании небо – царство
света, где нет места и
времени, порождающих тень
при встрече со светом.*

М. Пришвин.







С точки зрения симметрии Солнце является типичной звездой:

– Ядро нашей звезды представляет собой огромное ядерное пекло, температура и давление которого создают условия для ядерных реакций синтеза, т.е. ядра водорода, протоны вступают в реакцию, в результате образуются ядра гелия. В ходе ядерных реакций одни элементы трансформируются в другие, при этом происходит выброс огромного количества энергии. Благодаря этому Солнце так же, как и другие звёзды, существует миллионы или миллиарды лет.

– Солнце, как и другие звёзды, не содержит никаких неземных химических элементов.

– Солнце, как и другие звёзды, – это огромный шар горячего газа, который удерживается как одно целое благодаря собственной силе тяготения и разогревается ядерной энергией.

– Солнце образовалось, как и другие звезды, из туманности; а вместе с ним и наша планета и каждый из нас. А туманность могла найти свое начало из взорвавшихся звезд. Выходит, мы

– дети не только Солнца, но и звезд. Но главное, что мы – дети Вселенной!

С точки зрения асимметрии. Солнце, как и каждый человек, уникально, оно обладает своими характеристиками:

диаметр: 1392000 км,

период вращения (по экватору): 25 суток,

масса (Земля=1): 332946,

объем (Земля=1): 1303600,

средняя плотность: 1,41 г/см²,

плотность в ядре около 100 г/см²,

температура на поверхности: 5700оС,

температура в ядре: 14000000оС,

гравитация на поверхности (Земля=1):27,9;

мощность излучения: $3,86 \cdot 10^{23}$ кВт,

период обращения в центре Галактики: 225 миллионов лет.

Желтый карлик, имеет **9 спутников-планет.**

Солнце имеет свой спектр, свой химический состав из более 70 химических элементов (как отпечатки пальцев на руке).

Солнце всё время изменяется (количество пятен, магнитное поле, вспышки, активность, солнечный ветер, химический состав, температура, размеры, цвет, протуберанцы и т.д.).



ГАЛАКТИКИ



Галактика – огромная звездная система, включающая в себя множество различных звезд, звездных скоплений, туманностей, связанных силами тяготения, и существующая как единое целое.



Галактика GR21-m



Галактика в созвездии Лебедя



Туманность Андромеды



Галактика SP421-7u



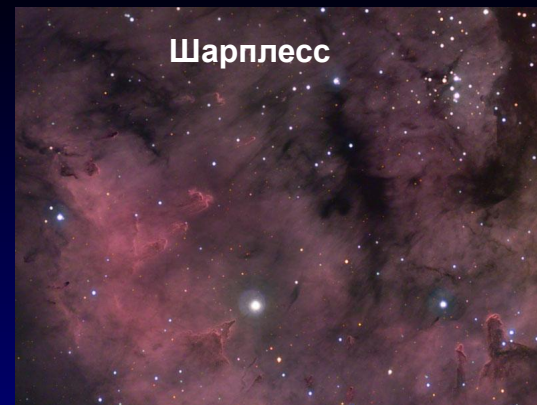
Туманности



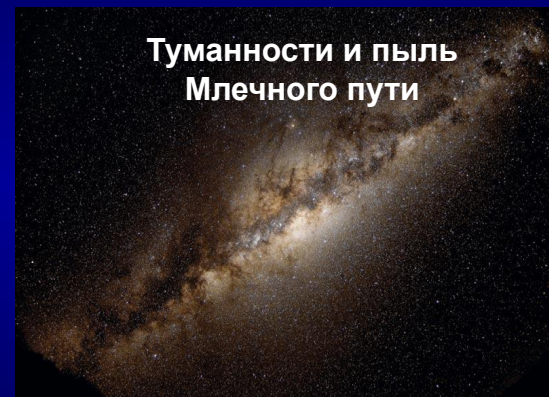
Газопылевая туманность в созвездии Ориона (M42, NGC1976), находящаяся на расстоянии 1 500 световых лет, имеет в поперечнике 40 световых лет и хорошо видна даже в полевой бинокль



Трафед (M20)



Шарплесс

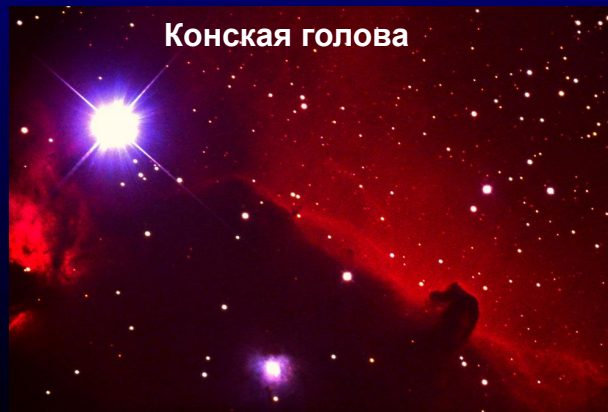


Туманности и пыль Млечного пути

M16 в созвездии Орла



Туманность M16 в созвездии Орла сдерживает жизнь и образование звезд в этом месте. Это явление является результатом взаимодействия с другими туманностями.

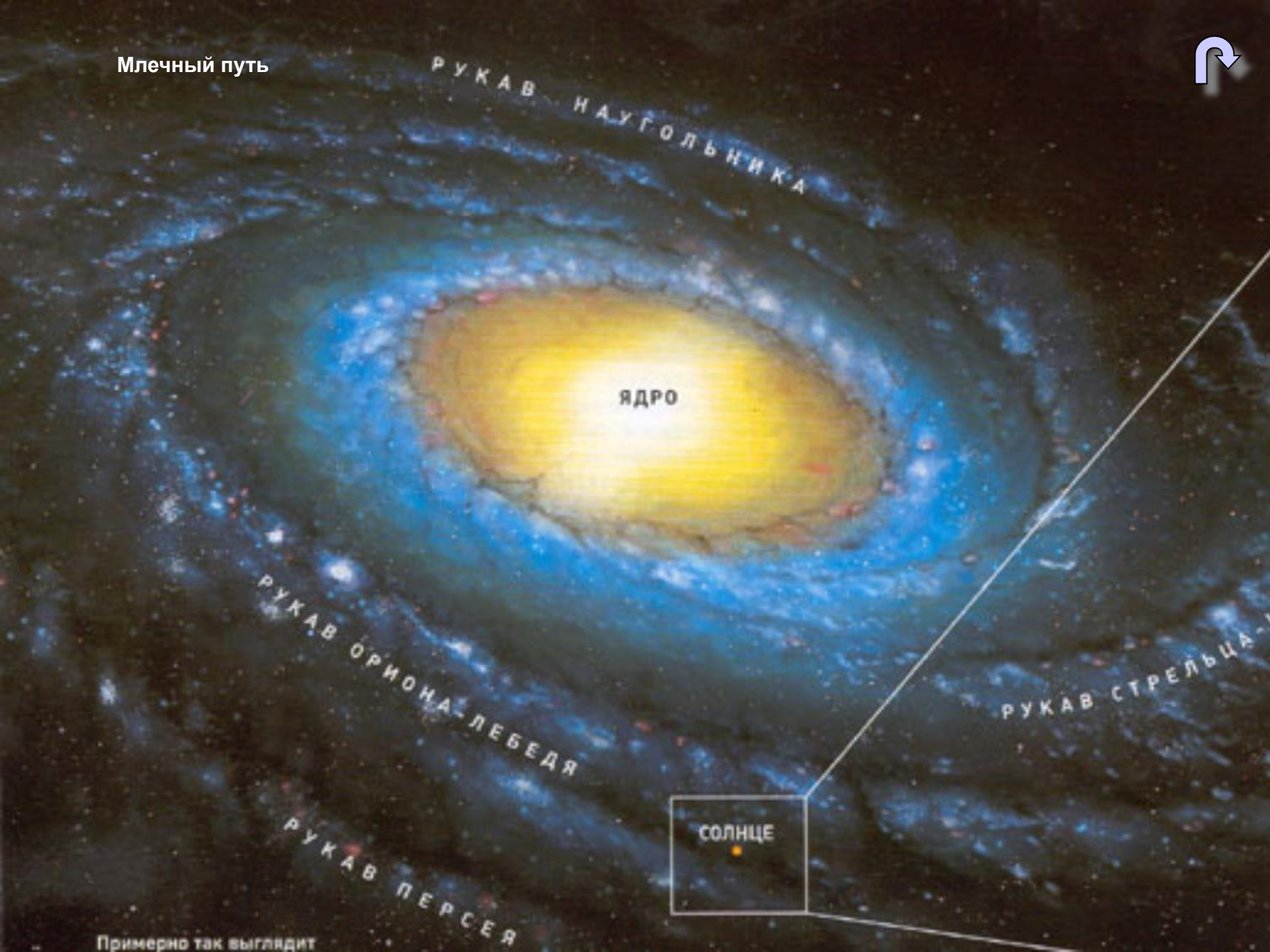


Конская голова



M45 в созвездии Плеяды

Млечный путь



ЯДРО

РУКАВ НАУГОЛЬНИКА

РУКАВ СТРЕЛЬЦА

РУКАВ ОРИОНА-ЛЕБЕДЯ

РУКАВ ПЕРСЕЯ

СОЛНЦЕ

Примерно так выглядит



Млечный путь является спиральной галактикой с перемычкой внутри. Наличие спиральных ветвей у Галактики ученые объясняют гигантскими волнами сжатия и разрежения межзвездного газа, идущими по галактическому диску. Из-за того, что орбитальная скорость Солнца почти совпала со скоростью движения волн сжатия, оно остается впереди фронта волны уже несколько миллиардов лет. Это обстоятельство имело большое значение для возникновения жизни на Земле.

Спиральные ветви содержат множество звезд высокой светимости и массы. А если масса звезды велика, порядка десятка масс Солнца, ее ждет незавидная судьба, заканчивающаяся грандиозной космической катастрофой – взрывом, называемым вспышкой сверхновой звезды. При этом вспышка бывает настолько сильной, что эта звезда светит, как все звезды Галактики вместе взятые. Такие катастрофы астрономы часто фиксируют в других галактиках, однако в нашей последние несколько сот лет подобного не происходит. При взрыве сверхновой возникает мощная волна жесткого излучения, способная уничтожить все живое на своем пути. Может быть именно из-за уникального положения в Галактике нашей цивилизации удалось развиться до такой степени, что ее представители пытаются познать свой звездный остров. Получается, что возможных братьев по разуму можно искать только в тихих галактических «закутках», наподобие нашего.

Галактика GR21-m



Туманность Андромеды
в окружении своих
спутников. Свет от нее
до Земли летит 2,2 млн.
лет.



Галактика в созвездии Лебедя



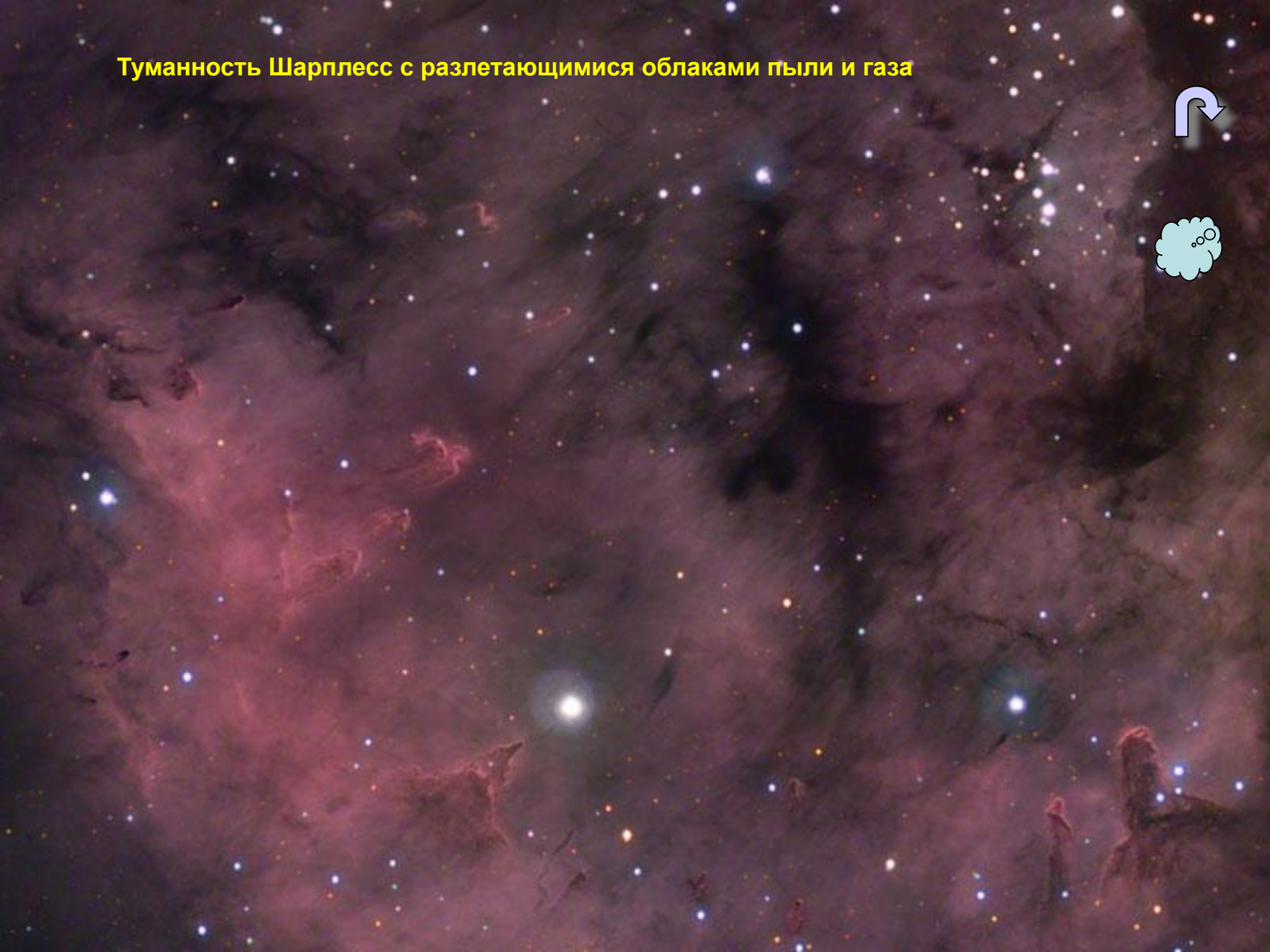




Газопылевая туманность
в созвездии Ориона (M42,
NGC1976), находящаяся
на расстоянии 1 500 све-
товых лет, имеет в попе-
речнике 40 световых лет
и хорошо видна даже в
полевой бинокль



Туманность Шарплесс с разлетающимися облаками пыли и газа



Темная туманность **Конская Голова (В33)** в созвездии Ориона заслоняет свет, идущий от туманности IC 434. Удаленность от Земли 1500 световых лет.





Млечный путь – галактика
содержащая в себе
множество не только самых
различных звезд, но и
туманностей и звездных
скоплений.






Туманность Трифид (M20)
содержит много молодых звезд,
являющихся пока что
огромными, быстро
испаряющимися газовыми
шарами.





Туманность M16 в созвездии Орла содержит много молекулярного водорода и пыли. Столь необычное освещение обеспечивают скрывающиеся за дымкой молодые ультрафиолетовые звезды

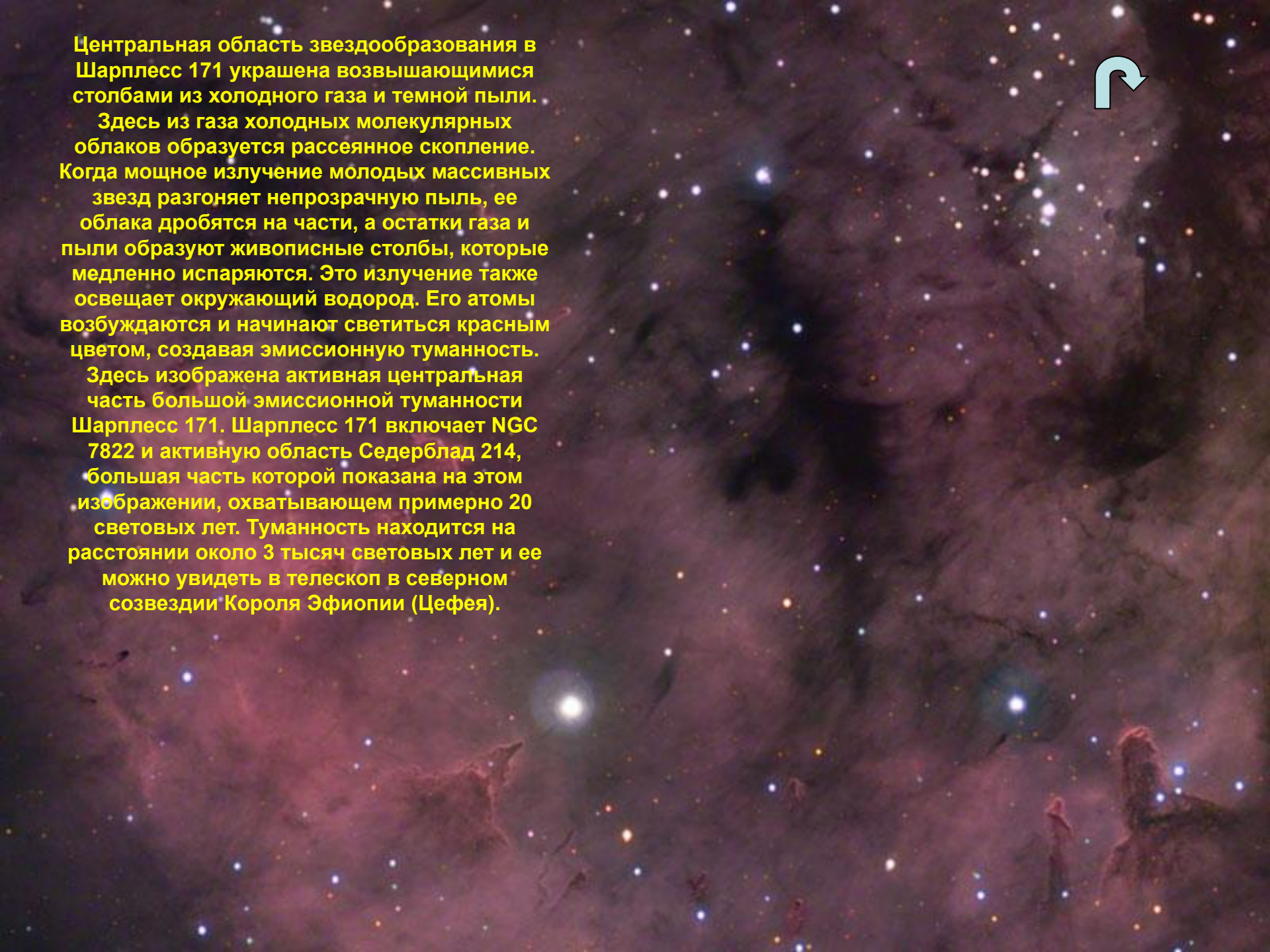
The image shows a vast field of stars, with a prominent cluster of bright, blue-white stars in the center. The stars are of various sizes and colors, ranging from small, distant points of light to larger, more detailed stars with visible flares. The background is a deep black, filled with a dense population of stars. In the upper right corner, there is a text box with a yellow border and a blue arrow icon pointing to the right.

В звездном скоплении Плеяды (M45) много не только молодых звезд, но и облаков газа, светящихся рассеянным светом. Оно находится на расстоянии 440 световых годах от Земли и содержит около 500 звезд в возрасте от 75 до 150 млн. лет.

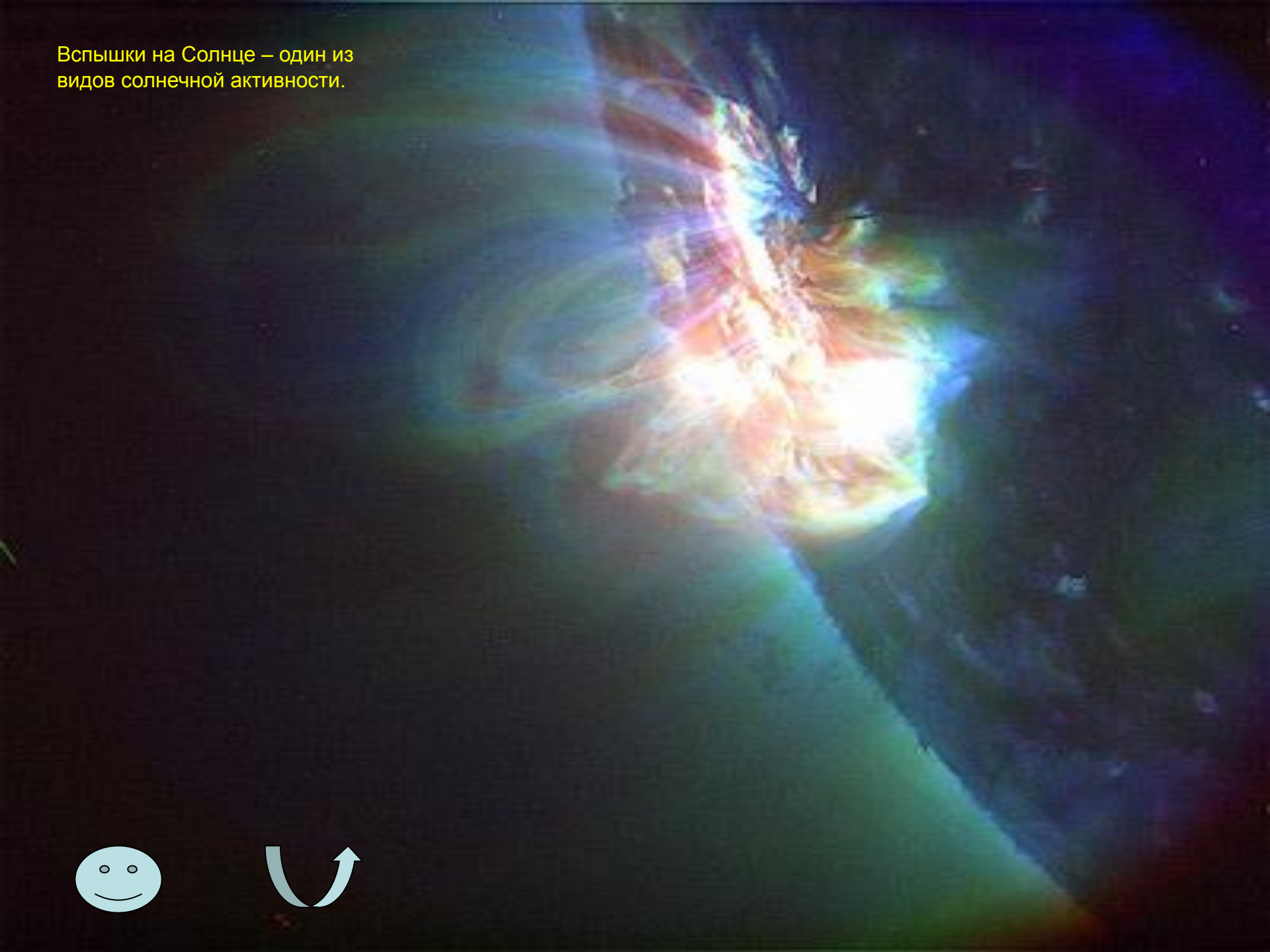
Центральная область звездообразования в Шарплесс 171 украшена возвышающимися столбами из холодного газа и темной пыли.

Здесь из газа холодных молекулярных облаков образуется рассеянное скопление. Когда мощное излучение молодых массивных звезд разгоняет непрозрачную пыль, ее облака дробятся на части, а остатки газа и пыли образуют живописные столбы, которые медленно испаряются. Это излучение также освещает окружающий водород. Его атомы возбуждаются и начинают светиться красным цветом, создавая эмиссионную туманность.

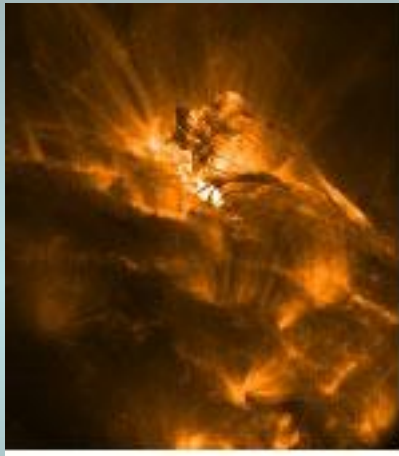
Здесь изображена активная центральная часть большой эмиссионной туманности Шарплесс 171. Шарплесс 171 включает NGC 7822 и активную область Седерблад 214, большая часть которой показана на этом изображении, охватывающем примерно 20 световых лет. Туманность находится на расстоянии около 3 тысяч световых лет и ее можно увидеть в телескоп в северном созвездии Короля Эфиопии (Цефея).



Вспышки на Солнце – один из видов солнечной активности.

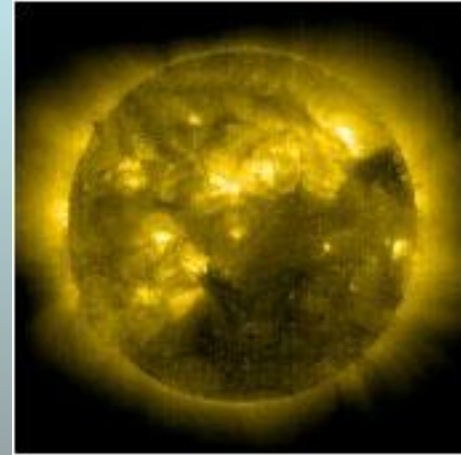


ВСПЫШКИ НА СОЛНЦЕ представляют собой самое мощное из всех проявлений солнечной активности. Энергия большой солнечной вспышки достигает 1032 эрг, что приблизительно в 100 раз превышает тепловую энергию, к-рую можно было бы получить при сжигании всех разведанных на Земле запасов нефти и угля. Эта гигантская энергия выделяется на Солнце за неск. мин. и соответствует средней за этот период мощности ~ 1029 эрг/с. В отдельные моменты времени, в частности во время взрывной, или импульсной, фазы развития, мощность может быть ещё в неск. раз больше. Однако, как легко заметить, мощность вспышки не превышает сотых долей процента от мощности полного излучения Солнца ~ 4.1033 эрг/с (см. Солнечная постоянная). Поэтому при вспышке не происходит заметного увеличения светимости Солнца. Лишь самые большие В. на С. можно заметить в белом свете (оптич. континууме). Обычно В. на С. наблюдаются как значит. увеличения яркости участков поверхности Солнца в свете хромосферных линий (см. Солнечная хромосфера), в частности в линии водорода H α . Как следствие этого факта, на протяжении многих лет широко использовался термин "хромосферная вспышка", к-рый, однако, не соответствует сущности этого интереснейшего явления в атмосфере Солнца.

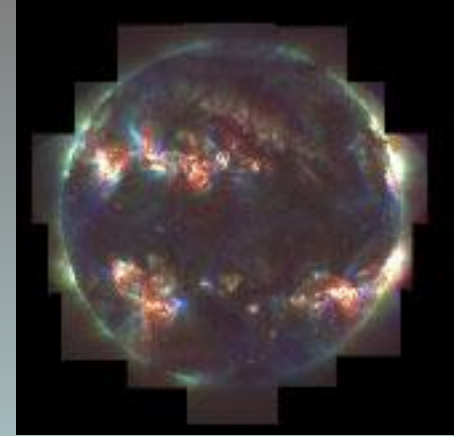


Характерная особенность В. на С. состоит в том, что осн. часть её энергии выделяется в виде кинетич. энергии выбросов вещества, движущихся в короне и межпланетном пространстве со скоростями до 1000 км/с, энергии жёсткого эл.-магн. излучения и потоков ускоренных до гигантских энергий (иногда десятки ГэВ) частиц (см. табл.). Радиоизлучение вспышки, в отличие от излучения спокойного Солнца (см. Радиоизлучение Солнца), также свидетельствует о наличии ускоренных частиц и о нетепловом характере главного вспышечного процесса или, как часто говорят, механизма вспышки.

Излучение В. на С. наблюдается в широком диапазоне - от километровых радиоволн до жёстких гамма-лучей - с помощью наземных, спутниковых и межпланетных станций. Одновременно осуществляется непосредств. детектирование ускоренных во вспышках электронов, протонов, ядер более тяжёлых элементов и выбрасываемой в межпланетное пространство плазмы, а также вторичных ионосферных и геомагн. эффектов.



Исследование В. на С. имеет и прямое практич. значение. Известно, что В. на С. оказывают сильное воздействие на ионосферу, вызывая нарушения радиосвязи, работы радионавигац. устройств и т. д. Вспышки существенно влияют на состояние околоземного космич. пространства. В связи с пилотируемыми космич. полётами возникла серьёзная задача защиты космонавтов от ионизирующего излучения вспышек и заблаговрем. прогнозирования возможной радиац. опасности. Наконец, имеются свидетельства сильного влияния вспышечной активности на погоду и состояние биосферы Земли



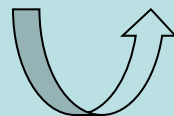
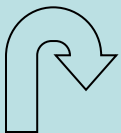
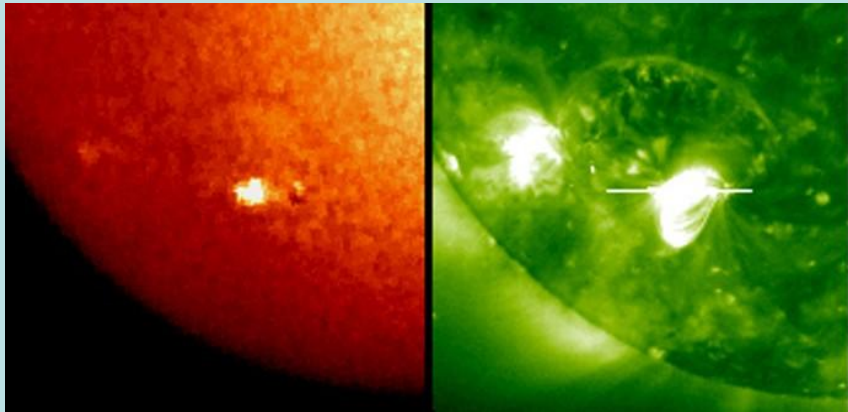
На протяжении многих десятилетий наблюдения В. на С. велись только в видимом диапазоне эл.-магн. излучения, гл. обр. в линии H α . Накопленный за это время огромный материал позволил установить закономерности развития вспышки в хромосфере и, что особенно важно для понимания механизма вспышки, её тесную связь с магн. полями на поверхности Солнца. Обычно большая вспышка наблюдается как увеличение яркости хромосферы, к-рое охватывает большую площадь (иногда до 10-3 площади видимой полусферы Солнца) в виде двух вспышечных лент. Как правило, эти ленты расположены в областях магн. полей противоположной полярности на фотосфере. Уже первые внеатмосферные наблюдения на ракетах и спутниках показали, что В. на С., если иметь в виду её главный процесс, представляют собой специфически корональное, а не хромосферное явление.





Источник энергии вспышки - токовый слой - расположен на предельной силовой линии магн. поля в короне. Потоки тепла и ускоренных частиц распространяются вдоль магн. силовых линий и вызывают нагрев хромосферы по разные стороны от нейтральной линии фотосферного магн. поля. Так образуются вспышечные "ленты", наблюдаемые в H α (рис. 1) и др. хромосферных линиях. Сама нейтральная линия фотосферного поля остаётся тёмной, т. к. потоки энергии к ней не поступают. Это обусловлено тем, что она почти всегда не связана силовыми линиями с токовым слоем.

Наличие неск. каналов освобождения энергии в токовом слое - теплота, излучение, гидродинамич. течения плазмы, ускоренные частицы - определяет большое многообразие физ. процессов, вызываемых В. на С. в атмосфере Солнца, напр, тепловые и ударные волны, радио- и жёсткое рентг. излучение ускоренных электронов, ядерные реакции и порождаемое ими γ -излучение. Разным процессам выделения энергии соответствуют различные характерные времена и мощности, что наряду с др. факторами (пространственная неоднородность токового слоя, неодновременность эволюции различных его частей, конфигурация реального магн. поля и т. д.) приводит к сложной картине В. на С. и их богатому разнообразию.



6. Вспышки на Солнце и их воздействие на Землю

В процессе развития активной области иногда возникают ситуации, при которых возможна быстрая перестройка ("перезамыкание") магн. полей. Эта перестройка вызывает вспышки, сопровождаемые сложными движениями ионизованного газа, его свечением, ускорением частиц и т. д. Вспышки на Солнце, как правило, наблюдаются вблизи пятен; обычно бывает неск. слабых вспышек за день. Сильные вспышки - весьма редкое явление. Вспышка на С. представляет собой внезапное выделение энергии в верхней хромосфере или нижней короне, генерирующее кратковременное эл.-магн. излучение в широком диапазоне длин волн - от жёсткого рентг. излучения (и даже γ -излучения) до километровых радиоволн. Для больших вспышек в рентг. диапазоне (энергия фотонов $\epsilon > 0,5$ кэВ) потоки около Земли достигают $0,1$ эрг/(см².с), что в десятки тыс. раз превосходит соответствующее значение потоков от Солнца вне вспышек в этом диапазоне. Мягкое рентг. излучение вспышки есть тепловое излучение плазмы, нагретой до $\sim 10^7$ К. На изображении Солнца в мягких рентг. лучах в области вспышки выделяется яркое ядро, окружённое диффузным свечением. Ядро - система петель и узлов - располагается между пятнами, в вершинах арок, соединяющих пятна противоположной полярности.



В мощных вспышках наблюдается жёсткое рентг. излучение в диапазоне энергий от десятков до сотен кэВ. Это излучение регистрируется как серия отдельных импульсов во время жёсткой фазы вспышки, предшествующей максимуму излучения. Оно генерируется большим числом электронов, ускоренных при вспышках. В самых мощных, т. н. протонных, вспышках ускоряются и тяжёлые частицы, в частности протоны, до энергий в сотни МэВ.

Начало вспышки может быть очень резким, но иногда "взрыву" предшествует неск. минут медленного развития или даже слабая предвспышка. Далее идёт собственно взрывная (жёсткая, импульсная) фаза, во время которой за 1-3 мин ускоряются частицы, формируется горячее облако. В ряде вспышек (их называют тепловыми) жёсткая фаза отсутствует. После достижения макс. яркости (напр., в мягком рентг. излучении через 1-15 мин после начала) процесс горения большой вспышки продолжается ещё неск. часов. На фазе спада характерным явл. формирование и движение вверх всей системы волокон, многочисленные выбросы плазменных сгустков. Так, при наблюдении вспышки за краем диска заметны массы газа, разлетающиеся из яркого выступа - системы петель - со скоростями, превышающими 100 км/с.



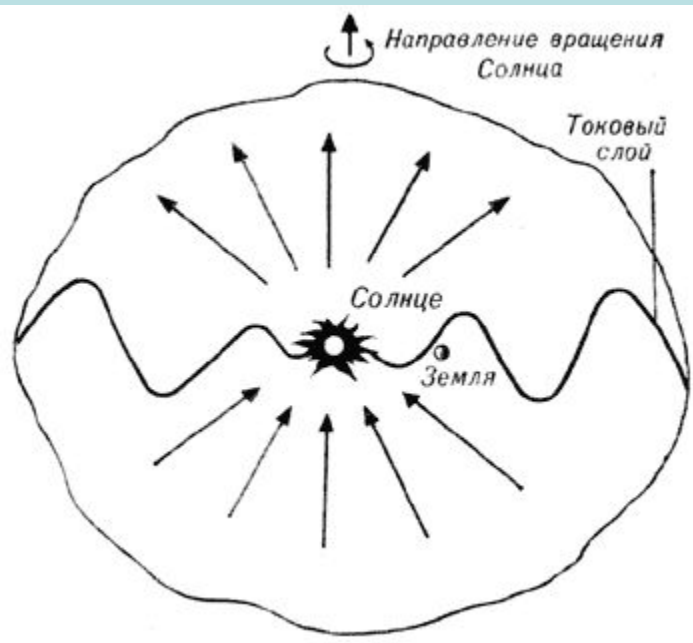
Выделение большой энергии на значительных высотах вызывает в солнечной атмосфере целый ряд вторичных процессов: свечение в различных энергетич. диапазонах и газодинамич. эффекты. Яркость хромосферы, в частности в линии $H\alpha$, увеличивается в наблюдаемых на диске волокнах вспышки в неск. десятков раз. Свечение охватывает площадь вплоть до 10^{-3} площади видимой полусферы Солнца. Появление этого свечения связано с проникновением от вершины магн. арки к её основанию потоков частиц и теплоты. Во время жёсткой фазы перед направленным вниз возмущением образуется ударная волна. Нагрев плотных слоев атмосферы приводит к "испарению" большого количества газа, и это способствует длительному существованию плотного горячего плазменного облака. К концу жёсткой фазы постепенно формируется направленная наружу ударная волна. Распространяясь со скоростями 1000- 2000 км/с, она вызывает появление радиовсплеска II типа (подробнее о радиовсплесках см. в ст. Радиоизлучение Солнца). При большой вспышке выделяется громадная энергия, $\sim 10^{31}$ - 10^{32} эрг (мощность $\sim 10^{29}$ эрг/с). Она черпается из энергии магн. поля активной области. Согласно представлениям, которые успешно развиваются с 1960-х гг. в СССР, при взаимодействии магнитных потоков возникают токовые слои. Развитие плазменной турбулентности в токовом слое может приводить к ускорению частиц, причём существуют триггерные (стартовые) механизмы, приводящие к внезапному развитию процесса.

Рентг. излучение и солнечные космические лучи, приходящие от вспышки (рис. 13), вызывают дополнительную ионизацию земной ионосферы, что сказывается на условиях распространения радиоволн. Поток выброшенных при вспышке частиц примерно через сутки достигает орбиты Земли и вызывает на Земле магнитную бурю и полярные сияния

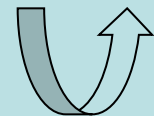
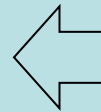
Помимо корпускулярных потоков, порождённых вспышками, существует непрерывное корпускулярное излучение С. Оно связано с истечением разреженной плазмы из внеш. областей солнечной короны в межпланетное пространство - солнечным ветром. Потери вещества за счёт солнечного ветра невелики, $\approx 3 \cdot 10^{-14}$ в год, но он представляет собой осн. компонент межпланетной среды.



Солнечный ветер выносит в межпланетное пространство крупномасштабное магн. поле С. Вращение С. закручивает линии межпланетного магн. поля (ММП) в спираль Архимеда, что отчётливо наблюдается в плоскости эклиптики. Поскольку осн. особенностью крупномасштабного магн. поля С. явл. две околополюсные области противоположной полярности и прилегающие к ним поля, при спокойном С. северная полусфера межпланетного пространства оказывается заполненной полем одного знака, южная - другого (рис. 14). Близ максимума активности из-за смены знака крупномасштабного поля С. происходит переполюсовка этого регулярного магн. поля межпланетного пространства. Магн. потоки обоих полушарий разделены токовым слоем. При вращении С. Земля находится неск. дней то выше, то ниже изогнутой "гофрированной" поверхности токового слоя, т. е. попадает в ММП, направленное то к С., то от него. Это явление наз. секторной структурой межпланетного магнитного поля.

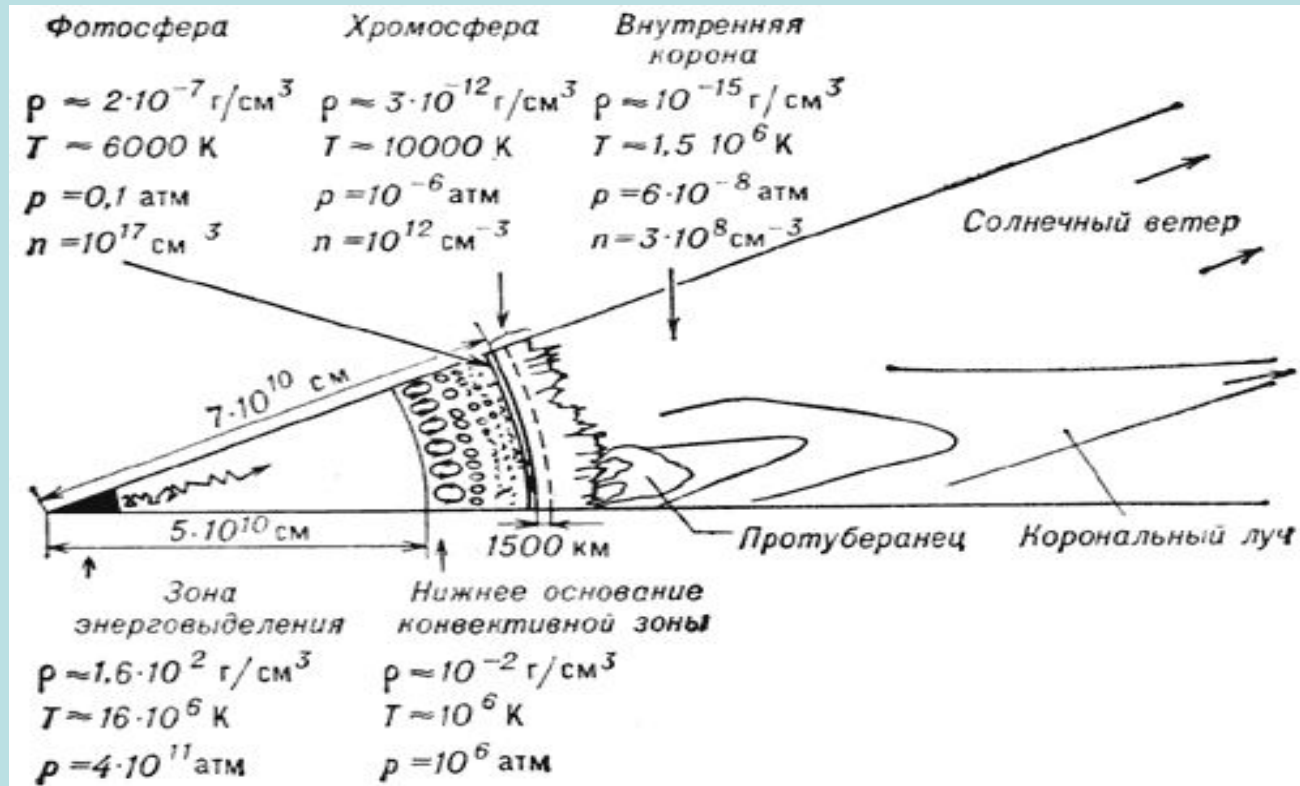


Близ максимума активности наиболее эффективно воздействуют на атмосферу и магнитосферу Земли потоки частиц, ускоренных при вспышках. На фазе спада активности, к концу 11-летнего цикла активности, при уменьшении числа вспышек и развитии межпланетного токового слоя становятся более существенными стационарные потоки усиленного солнечного ветра. Вращаясь вместе с С., они вызывают повторяющиеся каждые 27 сут геомагн. возмущения. Эта рекуррентная (повторяющаяся) активность особенно высока для концов циклов с чётным номером, когда направление магн. поля солнечного "диполя" антипараллельно земному.



Меридиональный разрез межпланетного магнитного поля (стрелки) близ чётного минимума солнечной активности. По поверхности, разделяющей северный и южный магнитные потоки, течёт электрический ток.

Строение Солнца



Физические характеристики слоёв Солнца:

ρ - плотность, T - температура, p - давление,

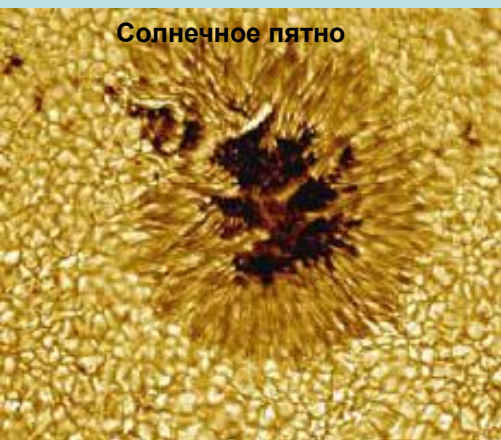
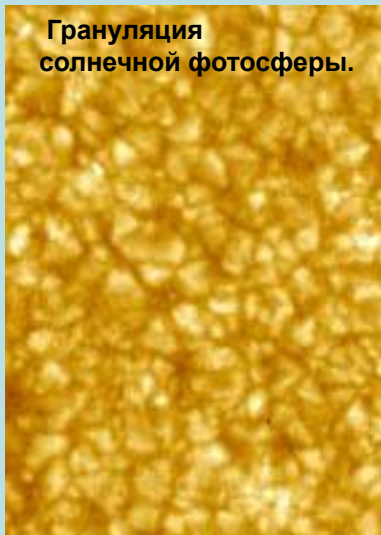
n - число частиц в 1 см³. Толщина фотосферы и хромосферы на рисунке несколько преувеличена.



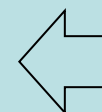
Фотосферные явления

Солнце, видимое с Земли,- это круг со средним угловым диаметром $1920''$. При спокойных атмосферных условиях солнечный телескоп позволяет "увидеть" детали размером $\sim 1''$, что на расстоянии в 1 а. е. соответствует ≈ 700 км.

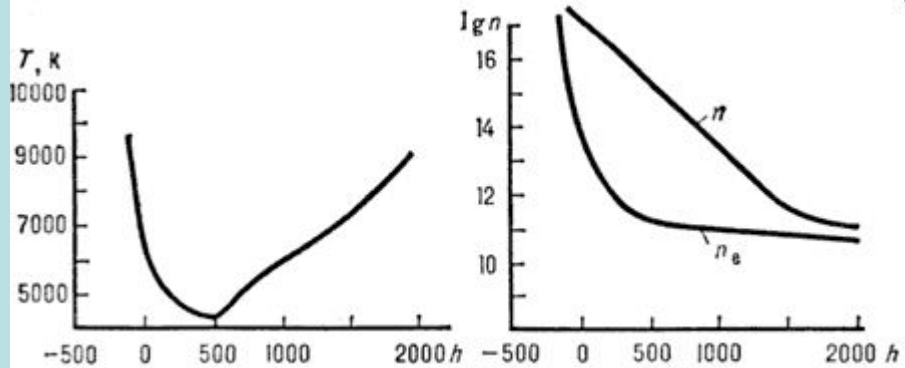
Солнечная поверхность, наблюдаемая в телескоп в видимом диапазоне длин волн, представляется совокупностью ярких площадок, окружённых относительно тёмными тонкими промежутками. Это - солнечные гранулы (рис. 6), их размеры различны и составляют в среднем ≈ 700 км, "время жизни" (появление и угасание гранулы) ≈ 8 мин. Гранулы разделяются тёмными промежутками шириной ок. 300 км. Флуктуации яркости, вызываемые грануляцией, невелики. Превышение яркости над ср. фоном 10%.



Часто в областях, располагающихся в зоне $\pm 30^\circ$ от экватора, кроме спокойной грануляционной картины наблюдаются солнечные пятна и факелы. Телескоп позволяет различать тёмный овал (т.н. тень пятна), окружённый более светлой полутенью (рис. 7). Характерный размер развитого пятна составляет ≈ 35000 км. Диаметр тени примерно вдвое меньше. Близ тени появляются отдельные яркие участки, к-рые в виде узких струй (диаметр $D \approx 700$ км) растекаются к периферии пятна. Они образуют характерную волокнистую структуру полутени. Время жизни отдельных волокон $\approx 30-60$ мин. В самой тени пятна также наблюдаются слабоконтрастные флуктуации яркости - очень маленькие светлые точки ($D \approx 350$ км), живущие 15-30 мин. Их отождествляют с "остаточной" грануляцией в условиях сильного магн. поля тени пятна. Поток лучистой энергии в тени пятна ослаблен примерно в 3 раза, что явл. следствием понижения темп-ры от 6000 до 4500 К. Это понижение темп-ры отражается и на спектре пятен: усилены спектр. линии более низкого возбуждения, молекулярные полосы. Видно также, что линии несколько сдвинуты в коротковолновую область. Это позволяет установить (на основе Доплера эффекта), что на уровне фотосферы (в области образования изучаемых линий) газ вытекает из пятна (эффект Эвершеда). Движение наружу - от тени к периферии - характер, но лишь для тёмных, холодных волокон - более горячий газ медленно движется в противоположном направлении. В полутени направление движения близко к горизонтальному. На больших высотах - в хромосфере и короне - газ, наоборот, втекает в область пятна.



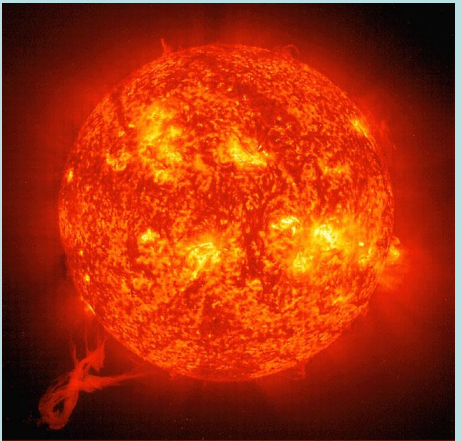
Пятна обычно окружены целой сетью ярких цепочек - фотосферным факелом. Ширина цепочек равна диаметру образующих её ярких элементов (групп гранул) и составляет ок. 5000 км, длина достигает 50 000 км. Размер факельных гранул лишь ненамного превышает размер обычных гранул. Факел - долгоживущее образование, он часто не исчезает в течение целого года, а группа пятен на его фоне "живёт" около месяца (самое большое пятно - до неск. месяцев). Суммарная площадь цепочек - волокон факела - примерно в 4 раза больше площади пятна. Факелы, правда менее яркие, встречаются и независимо от пятен. Величина суммарной площади факелов в годы минимума солнечной активности мала, но в годы максимума волокна факелов могут занимать до 10% всей поверхности С. Волокна факелов отчётливо видны лишь около края диска С. (но не на самом краю), где превышение их яркости над фоном достигает 10-20%. Поскольку около края диска просматриваются поверхностные слои, то такое превышение яркости свидетельствует, что темп-ра верхних слоев факела примерно на 300 К выше, чем невозмущённой фотосферы.



Распределение темп-ры и плотности с высотой в фотосфере и нижней хромосфере приведено на рисунке. Поскольку в факеле при оптической толще 0,1-1 температура несколько выше, чем на тех же уровнях в фотосфере, градиент температуры - скорость её уменьшения с высотой - в факеле меньше, чем в фотосфере.

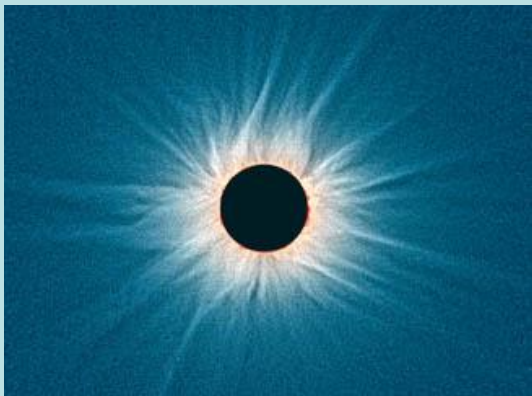


Распределение температуры T , концентрации нейтрального водорода n и свободных электронов n_e в фотосфере и нижней хромосфере (h - высота в км).



Хромосфера и корона

Излучение верхних слоев солнечной атмосферы слабее фотосферного не менее чем в 10 тыс. раз. Поэтому даже ничтожная доля света фотосферы, рассеянная в земной атмосфере или в оптич. частях телескопа и спектрографа, создаёт столь высокий фон, что прямыми методами не удаётся регистрировать слабое излучение хромосферы и короны. Для этих целей в принципе применяются 2 метода (прямые наблюдения возможны во время солнечных затмений). В первом методе обычно производят искусственное экранирование диска С. Этот метод позволяет наблюдать хромосферу и корону за краем диска С., вообще говоря, только в плоскости полученного изображения, что ограничивает возможности изучения развития явлений большой длительности. Второй метод - изучение внеш. атмосферы в проекции на диск С.- основан на непрозрачности хромосферы и короны в свете нек-рых линий, поскольку излучение на частотах центра ряда спектр. линий (водородной $H\alpha$, линий H и K ионов $CaII$ и др.) образуется выше фотосферы - в хромосфере. Оптич. толща хромосферы для этих частот $\gg 1$, так что свет фотосферы в этих частотах до наблюдателя не доходит. Исследование названных линий позволяет изучать особенности структуры атмосферы на высотах 1000-3000 км [линия K ($CaII$) образуется в несколько более высоких слоях, чем $H\alpha$]. Внеатмосферные наблюдения позволили получить изображения С. в длинах волн лаймановской линии водорода $Z\alpha$ (1216) и линиях гелия (584 и 304), а также в коротковолновых корональных линиях. Применение этого метода требует выделения узкого спектр. интервала сложным интерференционно-поляризационным фильтром (см. Светофильтры) или спектрографом. Независимые данные о внеш. атмосфере С., правда с меньшим пространственным разрешением по поверхности, получают из радионаблюдений на длинах волн $\lambda \sim 1$ см.



Хромосфера вне диска С. (за лимбом) представляется излучающим (эмиссионным) слоем протяжённостью $\approx 10\,000$ км. Нижняя хромосфера (от края С. до высот ≈ 1500 км) излучает слабый непрерывный спектр, на фоне которого видны многочисленные, в основном слабые, эмиссионные линии. В проекции на диск С. они наблюдаются как линии поглощения на ярком фоне фотосферного излучения. Характеристики эмиссионного спектра позволяют определить физ. условия в нижней хромосфере (см. Линейчатое излучение). Данные наблюдений линий нейтрального железа (FeI), титана (TiI) и т. д. говорят о низкой темп-ре этого слоя ($T \approx 5000$ К); по интенсивности линий можно найти n - число атомов в 1 см³. Напр., на высоте ~ 1000 км число атомов водорода $n_H \sim 10^{13}$ см⁻³.





