Солнце, центральное тело Солнечной системы, представляет собой раскалённый плазменный шар; Солнце — ближайшая к Земле звезда. Масса Солнца 1,990 х 1030 кг (в 332958 раз больше массы Земли). В Солнце сосредоточено 99,866% массы Солнечной системы. Солнечный параллакс равен 8,794" (4,263 х 10-5 радиан). Расстояние от Земли до Солнца меняется от 1,4710 х 1011 м (в январе) до 1,5210 х 1011 (в июле), составляя в среднем 1,4960 х 1011 м. Это расстояние принято считать одной астрономической единицей. Средний угловой диаметр Солнца составляет 1919,26" (9,305 х 10-3 рад.), чему соответствует линейный диаметр Солнца, равный 1,392 х 109 м (в 109 раз больше диаметра экватора Земли). Средняя плотность Солнца 1,41 х 103 кг/м3. Ускорение свободного падения на поверхности Солнца составляет 273,98 м/сек2. Вторая космическая скорость на поверхности Солнца равна 6,18 х 105 м/сек. Эффективная температура поверхности Солнца, определяемая согласно закону излучения Стефана-Больцмана, по полному излучению Солнца равна 5770 К.

История телескопических наблюдений Солнца начинается с наблюдений, выполненных Г. Галлилеем в 1611 году; были открыты солнечные пятна, определён период вращения Солнца вокруг своей оси. В 1843 году немецкий астроном Г. Швабе обнаружил цикличность солнечной активности. Развитие методов спектрального анализа позволило изучить физические условия на Солнце. В 1814 году Й. Фраунгофер обнаружил тёмные линии поглощения в спектре Солнца — это положило начало изучению химического состава Солнца. С 1836 года регулярно ведутся наблюдения затмений Солнца, что привело к обнаружению короны и хромосферы Солнца, а также солнечный протуберанцев. В 1913 году американский астроном Дж. Хейл наблюдал зеемановское расщепление фраунгоферовых линий спектра солнечных пятен и этим доказал существование на Солнце магнитных полей. К 1942 году шведский астроном Б. Эдлен и другие отождествили несколько линий спектра солнечной короны с линиями высокоионизированных элементов, доказав этим высокую температуру в солнечной короне. В 1931 году Б. Лио изобрёл солнечный коронограф, позволивший наблюдать корону и хромосферу вне затмений. В начале 40-х годов XX века было открыто радиоизлучение Солнца. Существенным толчком для развития физики Солнца во второй половине XX века послужило развитие магнитной гидродинамики и физики плазмы. После начала космической эры изучение ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца ведётся методами внеатмосферной астрономии с помощью ракет, автоматических орбитальных обсерваторий на спутниках Земли, космических лабораторий с людьми на борту.

Вращение Солнца вокруг оси происходит в том же направлении, что и вращение Земли, в плоскости, наклонённой на 7°15' к плоскости орбиты Земли (эклиптике). Скорость вращения определяется по видимому движению различных деталей в атмосфере Солнца и по сдвигу спектральных линий в спектре края диска Солнца вследствие эффекта Доплера. Таким образом было обнаружено, что период вращения Солнца неодинаков на разных широтах. Положение различных деталей на поверхности Солнца определяется с помощью гелиографических координат, отсчитываемых от солнечного экватора (гелиографическая широта) и от центрального меридиана видимого диска Солнца или от некоторого меридиана, выбранного в качестве начального (так называемого меридиана Каррингтона). При этом считают, что Солнце вращается как твёрдое тело. Один оборот относительно Земли точки с гелиографической широтой 17° совершают за 27,275 суток (синодический период). Время оборота на той же широте Солнца относительно звёзд (сидерический период) — 25,38 суток. Угловая скорость вращения я7f для сидерического вращения изменяется с гелиографической широтой я7w по закону: я7w = 14,33° – 3° sin 2я7f в сутки. Линейная скорость вращения на экваторе Солнца — около 2000 м/сек.

Солнце как звезда является типичным жёлтым карликом и располагается в средней части главной последовательности звёзд на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Видимая фотовизуальная звёздная величина Солнца равна -26,74, абсолютная визуальная звёздная величина Mv равна +4,83. Показатель цвета Солнца составляет для случая синей (В) и визуальной (М) областей спектра MB-MV = 0,65. Спектральный класс Солнца G2V. Скорость движения относительно совокупности ближайших звёзд 19,7 х 103 м/сек. Солнце расположено внутри одной из спиральных ветвей нашей Галактики на расстоянии около 10 кпс от её центра. Период обращения Солнца вокруг центра Галактики около 200 миллионов лет. Возраст Солнца около 5 х 109 лет.

Внутреннее строение Солнца определено в предположении, что оно является сферически симметричным телом и находится в равновесии. Уравнение переноса энергии, закон сохранения энергии, уравнение состояния идеального газа, закон Стефана-Больцмана и условия гидростатического, лучистого и конвекционного равновесия вместе с определяемыми из наблюдений значениями полной светимости, полной массы и радиуса Солнца и данным о его химическом составе дают возможность построить модель внутреннего строения Солнца. Полагают, что содержание водорода в Солнце по массе около 70%, гелия около 27%, содержание всех остальных элементов около 2,5%. На основании этих предположений вычислено, что температура в центре Солнца составляет 10 – 15 х 106 К, плотность около 1,5 х 105 кг/м3, давление 3,4 х 1016 Н/м2 (около 3 х 1011 атмосфер). Считается, что источником энергии, пополняющим потери на излучение и поддерживающим высокую температуру Солнца, являются ядерные реакции, происходящие в недрах Солнца. Среднее количество энергии, вырабатываемое внутри Солнца, составляет 1,92 эрг/г/сек.

Выделение энергии определяется ядерными реакциями, при которых водород превращается в гелий. На Солнце возможны две группы термоядерных реакций: так называемый протон протонный (водородный) цикл и углеродный цикл (цикл Бете). Наиболее вероятно, что на Солнце преобладает протон-протонный цикл, состоящий из трёх реакций, в первой из которых из ядер водорода образуются ядра дейтерия (тяжёлый изотоп водорода, атомная масса 2); во второй из ядер водорода образуются ядра изотопа гелия с атомной массой 3 и, наконец, в третьей из них образуются ядра устойчивого изотопа гелия с атомной массой 4.

Перенос энергии из внутренних слоёв Солнца в основном происходит путём поглощения электромагнитного излучения, приходящего снизу, и последующего переизлучения. В результате понижения температуры при удалении от Солнца постепенно увеличивается длина волны излучения, переносящего большую часть энергии в верхние слои. Перенос энергии движением горячего вещества из внутренних слоёв, а охлаждённого внутрь (конвекция) играет существенную роль в сравнительно более высоких слоях, образующих конвективную зону Солнца, которая начинается на глубине порядка 0,2 солнечных радиуса и имеет толщину около 108 м. Скорость конвективных движений растёт с удалением от центра Солнца и во внешней части конвективной зоны достигает (2 – 2,5) х 103 м/сек. В ещё более высоких слоях (в атмосфере Солнца) перенос энергии опять осуществляется излучением. В верхних слоях атмосферы Солнца (в хромосфере и короне) часть энергии доставляется механическими и магнитогидродинамическими волнами, которые генерируются в конвективной зоне, но поглощаются только в этих слоях. Плотность в верхней атмосфере очень мала, и необходимый отвод энергии за счёт излучения и теплопроводности возможен, только если кинетическая энергия этих слоёв достаточно велика. Наконец, в верхней части солнечной короны большую часть энергии уносят потоки вещества, движущиеся от Солнца, так называемый солнечный ветер. Температура в каждом слое устанавливается на таком уровне, что автоматически осуществляется баланс энергии: количество приносимой энергии за счёт поглощения всех видов излучения, теплопроводностью или движением вещества равно сумме всех энергетических потерь слоя

Полное излучение Солнца определяется по освещённости, создаваемой им на поверхности Земли, — около 100 тыс. лк, когда Солнце находится в зените. Вне атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца освещённость равна 127 тыс. лк. Сила света Солнца составляет 2,84 х 1027 свечей. Количество энергии, приходящее в одну минуту на площадку в 1 см2, поставленную перпендикулярно солнечным лучам за пределами атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца, называют солнечной постоянной. Мощность общего излучения Солнца 3,83 х 1026 ватт, из которых на Землю попадает около 2 х 1017 ватт, средняя яркость поверхности Солнца (при наблюдении вне атмосферы Земли) составляет 1,98 х 109 нт, яркость центра диска Солнца 2,48 х 109 нт. Яркость диска Солнца уменьшается от центра к краю, причём это уменьшение зависит от длины волны, так что яркость на краю диска Солнца для света с длиной волна 3600 А составляет 0,2 яркости его центра, а для 5000 А — около 0,3 яркости центра диска Солнца. На самом краю диска Солнца яркость падает в 100 раз на протяжении менее одной секунды дуги, поэтому граница диска Солнца выглядит очень резкой.

Спектральный состав света, излучаемого Солнцем, то есть распределение энергии в центре Солнца (после учёта влияния поглощения в земной атмосфере и влияния фраунгоферовых линий), в общих чертах соответствует распределению энергии в излучении абсолютно чёрного тела с температурой около 6000 К. Однако в отдельных участках спектра имеются заметные отклонения. Максимум энергии в спектре Солнца соответствует длине волны 4600 А. Спектр Солнца — это непрерывный спектр, ни который наложено более 20 тысяч линий поглощения (фраунгоферовых линий). Более 60% из них отождествлено со спектральными линиями известных химических элементов путём сравнения длин волн и относительной интенсивности линии поглощения в солнечном спектре с лабораторными спектрами. Изучение фраунгоферовых линий даёт сведения не только о химическом составе атмосферы Солнца, но и о физических условиях в тех слоях, в которых образуются те или иные поглощения. Преобладающим элементом на Солнце является водород. Количество атомов гелия в 4 – 5 раз меньше, чем водорода. Число атомов всех других элементов вместе взятых, по крайней мере, в 1000 раз меньше числа атомов водорода. Среди них наиболее обильны кислород, углерод, азот, магний, железо и другие. В спектре Солнца можно отождествить также линии, принадлежащие некоторым молекулам и свободным радикалам: OH, NH, CH, CO и другим.

Магнитные поля на Солнце измеряются, главным образом, по зеемановскому расщеплению линий поглощения в спектре Солнца. Различают несколько типов магнитных полей на Солнце. Общее магнитное поле Солнца невелико и достигает напряжённости в 1 этой или иной полярности и меняется со временем. Это поле тесно связано с межпланетным магнитным полем и его секторной структурой. Магнитные поля, связанные с солнечной активностью, могут достигать в солнечных пятнах напряжённости в несколько тысяч э.

Структура магнитных полей в активных областях очень запутана, чередуются магнитные полюсы различной полярности. Встречаются также локальные магнитные области с напряжённостью поля в сотни э вне солнечных пятен. Магнитные поля проникают и в хромосферу, и в солнечную корону. Большую роль на Солнце играют магнитогазодинамические и плазменные процессы. При температуре 5000 – 10000 К газ достаточно ионизирован, проводимость его велика и благодаря огромным масштабам солнечных явлений значение электромеханических и магнитомеханических взаимодействий весьма велико.

Атмосферу Солнца образуют внешние, доступные наблюдениям слои. Почти всё излучение Солнца исходит из нижней части его атмосферы, называемой фотосферой. На основании уравнений лучистого переноса энергии, лучистого и локального термодинамического равновесия и наблюдаемого потока излучения можно теоретически построить модель распределения температуры и плотности с глубиной в фотосфере. Толщина фотосферы около трёхсот километров, её средняя плотность 3 х 10-4 кг/м3. Температура в фотосфере падает по мере перехода к более внешним слоям, среднее её значение порядка 6000 К, на границе фотосферы около 4200 К. Давление меняется от 2 х 104 до 102 н/м2. Существование конвекции в подфотосферной зоне Солнца проявляется в неравномерной яркости фотосферы, видимой её зернистости так называемой грануляционной структуре. Гранулы представляют собой яркие пятнышки более или менее круглой формы. Размер гранул 150 – 1000 км, время жизни 5 – 10 минут, отдельные гранулы удаётся наблюдать в течение 20 минут. Иногда гранулы образуют скопления размером до 30 тысяч километров. Гранулы ярче межгранульных промежутков на 20 – 30%, что соответствует разнице в температуре в среднем на 300 К. В отличие от других образований, на поверхности Солнца грануляция одинакова на всех гелиографических широтах и не зависит от солнечной активности. Скорости хаотических движений (турбулентные скорости) в фотосфере составляют по различным определениям 1 – 3 км/сек. В фотосфере обнаружены квазипериодические колебательные движения в радиальном направлении. Они происходят на площадках размерами 2 – 3 тысячи километров с периодом около пяти минут и амплитудой скорости порядка 500 м/сек. После нескольких периодов колебания в данном месте затухают, затем могут возникнуть снова. Наблюдения показали также существование ячеек, в которых движение происходит в горизонтальном направлении от центра ячейки к её границам. Скорости таких движений около 500 м/сек. Размеры ячеек-супергранул составляют 30 – 40 тысяч километров. По положению супергранулы совпадают с ячейками хромосферной сетки. На границах супергранул магнитное поле усилено. Предполагают, что супергранулы отражают на глубине нескольких тысяч километров под поверхностью конвективных ячеек такого же размера. Первоначально предполагалось, что фотосфера даёт только непрерывное излучение, а линии поглощения образуются в расположенном над ней обращающем слое. Позже было установлено, что в фотосфере образуются и спектральные линии, и непрерывный спектр. Однако для упрощения математических выкладок при расчёте спектральных линий понятие обращающего слоя иногда применяется.

Часто в фотосфере наблюдаются солнечные пятна и факелы. Солнечный пятна — это тёмные образования, состоящие, как правило, из более тёмного ядра (тени) и окружающей его полутени. Диаметры пятен достигают двухсот тысяч километров. Иногда пятно бывает окружено светлой каёмкой. Совсем маленькие пятна называют порами. Время жизни пятен от нескольких часов до нескольких месяцев. В спектре пятен ещё больше линий и полос поглощения, чем в спектре фотосферы, он напоминает спектр звезды спектрального класса КО. Смещения линий в спектре пятен из-за эффекта Доплера указывает на движение вещества в пятнах — вытекание на более низких уровнях и втекание на более высоких, скорости движения достигают 3 тысяч м/сек.

Из сравнений интенсивности линий и непрерывного спектра пятен и фотосферы следует, что пятна холоднее фотосферы на 1 – 2 тысячи градусов (4500 К и ниже). Вследствие этого на фоне фотосферы пятна кажутся тёмными, яркость ядра составляет 0,2 – 0,5 яркости фотосферы, яркость полутени — около 80% фотосферной. Все солнечные пятна обладают сильным магнитным полем, достигающим для крупных пятен напряжённости 5 тысяч эстердов. Обычно пятна образуют группы, которые по своему магнитному полю могут быть униполярными, биполярными и мультиполярными, то есть содержащими много пятен различной полярности, часто объединённых общей полутенью. Группы пятен всегда окружены факелами и флоккулами, протуберанцами, вблизи них иногда происходят солнечные вспышки, и в солнечной короне над ними наблюдаются образования в виде лучей шлемов, опахал — всё это вместе образует активную область на Солнце. Среднегодовое число наблюдаемых пятен и активных областей, а также средняя площадь, занимаемая ими, меняется с периодом около 11 лет. Это средняя величина, продолжительность же отдельных циклов солнечной активности колеблется от 7,5 до 16 лет. Наибольшее число пятен, одновременно видимых на поверхности Солнца, меняется для различных циклов более чем в два раза. В основном пятна встречаются в так называемых королевских зонах, простирающихся от 5 до 30 град. гелиографической широты по обе стороны солнечного экватора. В начале цикла солнечной активности широта места расположения пятен выше, а в конце цикла — ниже, а на более высоких широтах появляются пятна нового цикла. Чаще наблюдаются биполярные группы пятен, состоящие из двух крупных пятен — головного и последующего, имеющих противоположную магнитную полярность, и несколько более мелких. Головные пятна имеют одну и ту же полярность в течение всего цикла солнечной активности, эти полярности противоположны в северной и южной полусферах Солнца. По-видимому, пятна представляют собой углубления в фотосфере, а плотность вещества в них меньше плотности вещества в фотосфере на том же уровне.

В активных областях Солнца наблюдаются факелы — яркие фотосферные образования, видимые в белом свете преимущественно вблизи края диска Солнца. Обычно факелы появляются раньше пятен и существуют некоторое время после их исчезновения. Площадь факельных площадок в несколько раз превышает площадь соответствующей группы пятен. Количество факелов на диске Солнца зависит от фазы цикла солнечной активности. Максимальный контраст (18%) факелы имеют вблизи края диска Солнца, но не на самом краю. В центре диска Солнца факелы практически не видны, контраст их очень мал. Факелы имеют сложную волокнистую структуру, контраст их зависит от длины волны, на которой проводятся наблюдения. Температура факелов на несколько сот градусов превышает температуру фотосферы, общее излучение с одного квадратного сантиметра превышает фотосферное на 3 – 5%.

По-видимому, факелы несколько возвышаются над фотосферой. Средняя продолжительность их существования — 15 суток, но может достигать почти трёх месяцев.

Выше фотосферы расположен слой атмосферы Солнца, называемый хромосферой. Без специальных телескопов хромосфера видна только во время полных солнечных затмений как розовое кольцо, окружающее тёмный диск в те минуты, когда Луна полностью закрывает фотосферу. Тогда можно наблюдать и спектр хромосферы. На краю диска Солнца хромосфера представляется наблюдателю как неровная полоска, из которой выступают отдельные зубчики — хромосферные спикулы. Диаметр спикул – 200 – 2000 километров, высота порядка 10000 километров, скорость подъёма плазмы в спикулах до 30 км/сек. Одновременно на Солнце существует до 250 тысяч спикул. При наблюдении в монохроматическом свете на диске Солнца видна яркая хромосферная сетка, состоящая из отдельных узелков — мелких диаметром до 1000 км и крупных диаметром от 2000 до 8000 км. Крупные узелки представляют собой скопления мелких. Размеры ячеек сетки 30 – 40 тысяч километров. Полагают, что спикулы образуются на границах ячеек хромосферной сетки. Плотность в хромосфере падает с увеличением расстояния от центра Солнца.

Число атомов в одном куб. сантиметре изменяется от 1015 вблизи фотосферы до 109 в верхней части хромосферы. Исследование спектров хромосферы привело к выводу, что в слое, где происходит переход от фотосферы к хромосфере, температура переходит через минимум и по мере увеличения высоты над основанием хромосферы становится равной 8 – 10 тысяч К, а на высоте в несколько тысяч километров достигает 15 – 20 тысяч К.

Установлено, что в хромосфере имеет место хаотическое движение газовых масс со скоростями до 15 х 103 м/сек. В хромосфере факелы в активных областях видны как светлые образования, называемые обычно флоккулами. В красной линии спектра водорода хорошо видны тёмные образования, называемые волокнами. На краю диска Солнца волокна выступают за диск и наблюдаются на фоне неба как яркие протуберанцы. Наиболее часто волокна и протуберанцы встречаются в четырёх расположенных симметрично относительно солнечного экватора зонах: полярных зонах севернее +40 град. и южнее -40 град. гелиографической широты и низкоширотных зонах около 30 град в начале цикла солнечной активности и 17 град. в конце цикла. Волокна и протуберанцы низкоширотных зон показывают хорошо выраженный 11-летний цикл, их максимум совпадает с максимумом пятен. У высокоширотных протуберанцев зависимость от фаз цикла солнечной активности выражена меньше, максимум наступает через два года после максимума пятен. Волокна, являющиеся спокойными протуберанцами, могут достигать длины солнечного радиуса и существовать в течение нескольких оборотов Солнца. Средняя высота протуберанцев над поверхностью Солнца составляет 30 – 50 тысяч километров, средняя длина 200 тысяч километров, ширина 5 тысяч километров. Согласно исследованиям А. Б. Северного, все протуберанцы по характеру движения можно разбить на 3 группы:

Электромагнитные, в которых движения происходят по упорядоченным искривлённым траекториям — силовым линиям магнитного поля;

Хаотические, в которых преобладают неупорядоченные турбулентные движения (скорости порядка 10 км/сек);

Эруптивные, в которых вещество первоначального спокойного протуберанца с хаотическими движениями внезапно выбрасывается с возрастающей скоростью (достигающей 700 км/сек) прочь от Солнца.

Температура в протуберанцах (волокнах) 5 – 10 тысяч К, плотность близка к средней плотности хромосферы. Волокна, представляющие собой активные, быстро меняющиеся протуберанцы, обычно сильно изменяются за несколько часов или даже минут. Форма и характер движений в протуберанцах тесно связаны с магнитным полем в хромосфере и солнечной короне.

Солнечная корона — самая внешняя и наиболее разрежённая часть солнечной атмосферы, простирающаяся на несколько (более 10) солнечных радиусов. До 1931 года корону можно было наблюдать только во время полных солнечных затмений в виде серебристо-жемчужного сияния вокруг закрытого Луной диска Солнца. В короне хорошо выделяются детали её структуры: шлемы, опахала, корональные лучи и полярные щёточки. После изобретения коронографа солнечную корону стали наблюдать и вне затмений. Общая форма короны меняется с фазой цикла солнечной активности: в годы минимума корона сильно вытянута вдоль экватора, в годы максимума она почти сферична. В белом свете поверхностная яркость солнечной короны в миллион раз меньше яркости центра диска Солнца. Свечение её образуется, в основном, в результате рассеяния фотосферного излучения свободными электронами.

Практически все атомы в короне ионизированы. Концентрация ионов и свободных электронов у основания короны составляет 109 частиц в 1 см3. Нагрев короны осуществляется аналогично нагреву хромосферы. Наибольшее выделение энергии происходит в нижней части короны, но благодаря высокой теплопроводности корона почти изотермична — температура понижается наружу очень медленно. Отток энергии в короне происходит несколькими путями.

В нижней части короны основную роль играет перенос энергии вниз благодаря теплопроводности. К потере энергии приводит уход из короны наиболее быстрых частиц. Во внешних частях короны большую часть энергии уносит солнечный ветер — поток коронального газа, скорость которого растёт с удалением от Солнца от нескольких км/сек у его поверхности до 450 км/сек на расстоянии Земли. Температура в короне превышает 106 К. В активных слоях короны температура выше до 107 К. Над активными областями могут образовываться так называемые корональные конденсации, в которых концентрация частиц возрастает в десятки раз. Часть излучения внутри короны — это линии излучения многократно ионизированных атомов железа, кальция, магния, углерода, кислорода, серы и других химических элементов. Они наблюдаются и в видимой части спектра, и в ультрафиолетовой области. В солнечной короне генерируется радиоизлучение Солнца в метровом диапазоне и рентгеновское излучение, усиливающееся во много раз в активных областях. Как показали расчеты, солнечная корона не находится в равновесии с межпланетной средой. Из короны в межпланетное пространство распространяются потоки частиц, образующие солнечный ветер. Между хромосферой и короной имеется сравнительно тонкий переходной слой, в котором происходит резкий рост температуры до значений, характерных для короны.

Условия в нём определяются потоком энергии из короны в результате теплопроводности. Переходный слой является источником большей части ультрафиолетового излучения Солнца. Хромосфера, переходной слой и корона дают всё наблюдаемое радиоизлучение Солнца. В активных областях структура хромосферы, короны и переходного слоя меняется. Это изменение, однако, ещё недостаточно изучено.

В активных областях хромосферы наблюдаются внезапные и сравнительно кратковременные увеличения яркости, видимые сразу во многих спектральных линиях. Эти яркие образования существуют от нескольких минут до нескольких часов. Они называются солнечными вспышками (прежнее название — хромосферные вспышки). Вспышки лучше всего видны в свете водородной линии, но наиболее яркие видны иногда и в белом свете. В спектре солнечной вспышки насчитывается несколько сотен эмиссионных линий различных элементов, нейтральных и ионизированных. Температура тех слоёв солнечной атмосферы, которые дают свечение в хромосферных линиях 1 – 2 х 104 К, в более высоких слоях — до 107 К. Плотность частиц во вспышке достигает 1013 – 1014 в одном кубическом сантиметре. Площадь солнечных вспышек может достигать 1015 м2. Обычно солнечные вспышки происходят вблизи быстро развивающихся групп солнечных пятен с магнитным полем сложной конфигурации. Они сопровождаются активизацией волокон и флоккулов, а также выбросами вещества. При вспышке выделяется большое количество энергии (до 1021 – 1025 джоулей). Предполагается, что энергия солнечной вспышки первоначально запасается в магнитном поле, а затем быстро высвобождается, что приводит к локальному нагреву и ускорению протонов и электронов, вызывающих дальнейший разогрев газа, его свечение в различных участках спектра электромагнитного излучения, образование ударной волны. Солнечные вспышки дают значительное увеличение ультрафиолетового излучения Солнца, сопровождаются всплесками рентгеновского излучения (иногда весьма мощными), всплесками радиоизлучения, выбросом корпускул высоких энергий вплоть до 1010 эв. Иногда наблюдаются всплески рентгеновского излучения и без усиления свечения в хромосфере. Некоторые вспышки (они называются протонными) сопровождаются особенно сильными потоками энергичных частиц — космическими лучами солнечного происхождения. Протонные вспышки создают опасность для находящихся в полёте космонавтов, так как энергичные частицы, сталкиваясь с атомами оболочки корабля, порождают рентгеновское и гамма-излучение, причём иногда в опасных дозах.

Уровень солнечной активности (число активных областей и солнечных пятен, количество и мощность солнечных вспышек и т. д.) изменяется с периодом около 11 лет. Существуют также слабые колебания величины максимумов 11-летнего цикла с периодом около 90 лет. На Земле 11-летний цикл прослеживается на целом ряде явлений органической и неорганической природы (возмущения магнитного поля, полярные сияния, возмущения ионосферы, изменение скорости роста деревьев с периодом около 11 лет, установленным по чередованиям толщины годовых колец, и т. д.). На земные процессы оказывают также воздействие отдельные активные области на Солнце и происходящие в них кратковременные, но иногда очень мощные вспышки. Время существования отдельной магнитной области на Солнце может достигать одного года. Вызываемые этой областью возмущения в магнитосфере и верхней атмосфере Земли повторяются через 27 суток (с наблюдаемым с Земли периодом вращения Солнца). Наиболее мощные проявления солнечной активности — солнечные (хромосферные) вспышки происходят нерегулярно (чаще вблизи периодов максимальной активности), длительность их составляет 5 – 40 минут, редко несколько часов. Энергия хромосферной вспышки может достигать 1025 джоулей, из выделяющейся при вспышке энергии лишь 1 – 10% приходится на электромагнитное излучение в оптическом диапазоне. По сравнению с полным излучением Солнца в оптическом диапазоне энергия вспышки не велика, но коротковолновое излучение вспышки и генерируемые при вспышках электроны, а иногда солнечные космические лучи могут дать заметный вклад в рентгеновское и корпускулярное излучение Солнца. В периоды повышения солнечной активности его рентгеновское излучение увеличивается в диапазоне 30 – 10 нм в два раза, в диапазоне 10 – 1 нм в 3 – 5 раз, в диапазоне 1 – 0,2 нм более чем в сто раз. По мере уменьшения длины волны излучения вклад активных областей в полное излучение Солнца увеличивается, и в последнем из указанных диапазонов практически всё излучение обусловлено активными областями. Жёсткое рентгеновское излучение с длиной волны меньше 0,2 нм появляется в спектре Солнца всего лишь на короткое время после вспышек.

В ультрафиолетовом диапазоне (длина волны 180 – 350 нм) излучение Солнца за 11-летний цикл меняется всего на 1 – 10%, а в диапазоне 290 – 2400 нм остаётся практически постоянным и составляет 3,6 х 1026 ватт.

Постоянство энергии, получаемой Землёй от Солнца, обеспечивает стационарность теплового баланса Земли. Солнечная активность существенно не сказывается не энергетике Земли как планеты, но отдельные компоненты излучения хромосферных вспышек могут оказывать значительное влияние на многие физические, биофизические и биохимические процессы на Земле

Активные области являются мощным источником корпускулярного излучения. Частицы с энергиями около 1 кэв (в основном протоны), распространяющиеся вдоль силовых линий межпланетного магнитного поля из активных областей, усиливают солнечный ветер. Эти усиления (порывы) солнечного ветра повторяются через 27 дней и называются рекуррентными. Аналогичные потоки, но ещё большей энергии и плотности, возникают при вспышках. Они вызывают так называемые спорадические возмущения солнечного ветра и достигают Земли за интервалы времени от 8 часов до двух суток. Протоны высокой энергии (от 100 Мэв до 1 Гэв) от очень сильных "протонных" вспышек и электроны с энергией 10 – 500 кэв, входящие в состав солнечных космических лучей, приходят к Земле через десятки минут после вспышек; несколько позже приходят те из них, которые попали в "ловушки" межпланетного магнитного поля и двигались вместе с солнечным ветром. Коротковолновое излучение и солнечные космические лучи (в высоких широтах) ионизируют земную атмосферу, что приводит к колебаниям её прозрачности в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, а также к изменениям условий распространения коротких радиоволн (в ряде случаев наблюдаются нарушения коротковолновой радиосвязи).

Усиление солнечного ветра, вызванное вспышкой, приводит к сжатию магнитосферы Земли с солнечной стороны, усилению токов на её внешней границе, частичному проникновению частиц солнечного ветра в глубь магнитосферы, пополнению частицами высоких энергий радиационных поясов Земли и т. д. Эти процессы сопровождаются колебаниями напряжённости геомагнитного поля (магнитной бурей), полярными сияниями и другими геофизическими явлениями, отражающими общее возмущение магнитного поля Земли. Воздействие активных процессов на Солнце (солнечных бурь) на геофизические явления осуществляется как коротковолновой радиацией, так и через посредство магнитного поля Земли. По-видимому, эти факторы являются главными и для физико-химических, и биологических процессов. Проследить всю цепь связей, приводящих к 11-летней периодичности многих процессов на Земле, пока не удаётся, но накопленный обширный фактический материал не оставляет сомнений в существовании таких связей. Так, была установлена корреляция между 11-летним циклом солнечной активности и землетрясениями, урожаями сельхоз. культур, числом сердечно-сосудистых заболеваний и т. д. Эти данные указывают на постоянное действие солнечно-земных связей.

Наблюдения Солнца ведутся с помощью рефракторов небольшого или среднего размера и больших зеркальных телескопов, у которых большая часть оптики неподвижна, а солнечные лучи направляются внутрь горизонтальной или башенной установки телескопа при помощи одного или двух движущихся зеркал. Создан специальный тип солнечного телескопа — внезатменный коронограф. Внутри коронографа осуществляется затемнение Солнца специальным непрозрачным экраном. В коронографе во много раз уменьшается количество рассеянного света, поэтому можно наблюдать вне затмения самые внешние слои атмосферы Солнца. Солнечные телескопы часто снабжаются узкополосными светофильтрами, позволяющими вести наблюдения в свете одной спектральной линии. Созданы также нейтральные светофильтры с переменной прозрачностью по радиусу, позволяющие наблюдать солнечную корону на расстоянии нескольких радиусов Солнца. Обычно крупные солнечные телескопы снабжаются мощными спектрографами с фотографической или фотоэлектрической фиксацией спектров. Спектрограф может иметь также магнитограф — прибор для исследования зеемановского расщепления и поляризации спектральных линий и определения величины и направления магнитного поля на Солнце. Необходимость устранить замывающее действие земной атмосферы, а также исследования излучения Солнца в ультрафиолетовой, инфракрасной и некоторых других областях спектра, которые поглощаются в атмосфере Земли, привели к созданию орбитальных обсерваторий за пределами атмосферы, позволяющих получать спектры Солнца и отдельных образований на его поверхности вне земной атмосферы.