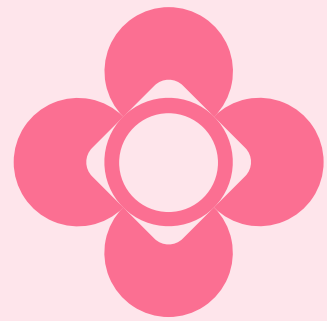
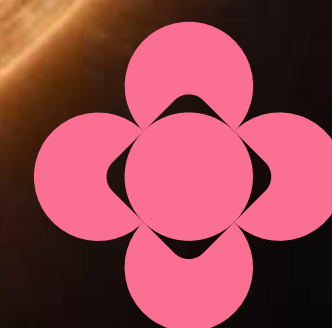




Солнце: источник энергии и внутреннее строение звезды

Ближайшая к Земле звезда, определяющая жизнь, климат и энергию планет.



Зачем школьнику изучать Солнце

Солнце задаёт климат Земли, обеспечивает круговорот воды и фотосинтез, а значит — основу привычной жизни. Его излучение приходит к нам за 8 минут 20 секунд и служит главным примером звезды главной последовательности.





15 млн К

достигает температура в ядре, где
становятся возможны
термоядерные реакции

Именно такие условия позволяют Солнцу
производить энергию за счёт синтеза
водорода в гелий.

Справочные данные по физике Солнца,
школьный курс астрономии



Слоистое строение Солнца

4



Внутреннее ядро

В центре Солнца сосредоточены самые высокие температура, давление и плотность. Здесь идёт термоядерный синтез, который превращает массу вещества в излучаемую звездой энергию.



Видимая оболочка

Фотосфера создаёт привычный солнечный диск, который мы наблюдаем с Земли. Именно этот слой излучает основную часть видимого света и задаёт внешний облик Солнца.



Перенос к поверхности

Выше ядра энергия проходит через зону лучистого переноса и затем через конвективную зону. В этих слоях она передаётся разными физическими механизмами, а не сразу выходит наружу.



Внешняя атмосфера

Над фотосферой располагаются хромосфера и корона. Несмотря на разреженность, они играют важную роль в солнечной активности и формировании явлений, заметных при наблюдениях и затмениях.



Основные области Солнца и их характеристики

Сравнение слоёв показывает, где рождается энергия и как она постепенно выходит к поверхности.

Область	Особенности
Ядро	Синтез энергии
Лучистый перенос	Передача излучением
Конвекция	Потоки плазмы
Фотосфера	Видимая поверхность
Хромосфера	Разреженный слой
Корона	Горячая атмосфера

Энергия проходит через несколько оболочек, и каждая из них отвечает за свой способ переноса и наблюдаемые свойства звезды.

Сводные данные по строению Солнца из школьной астрономии

Термоядерный синтез как источник солнечной энергии

6

01

Протон-протонный цикл

Основной процесс в ядре — превращение водорода в гелий через цепочку термоядерных реакций. Он поддерживает длительное свечение Солнца и определяет его энергетический баланс.

02

Потеря массы

Часть массы исходных ядер не сохраняется в виде вещества: около 0,7% переходит в энергию. Это наглядное подтверждение связи массы и энергии в формуле $E = mc^2$.

03

Гигантская мощность

За одну секунду Солнце излучает около $3,8 \times 10^{26}$ Вт. Такой поток энергии делает его одним из самых мощных природных источников в окосолнечном пространстве.

04

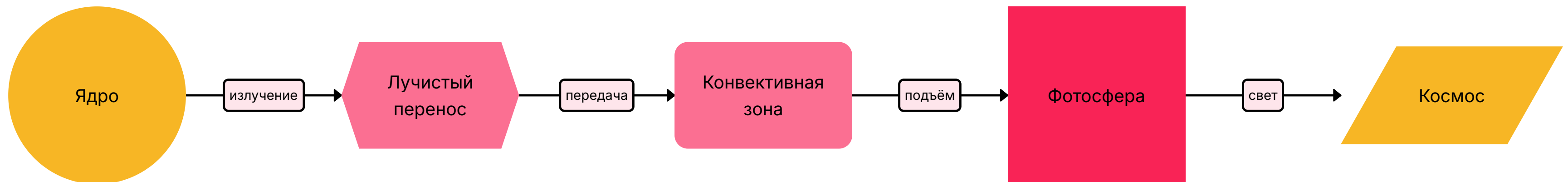
Долговременная работа

Запас водорода и устойчивость термоядерных реакций позволяют Солнцу светить миллиарды лет. Поэтому оно остаётся стабильным источником тепла и света для всей системы.

Энергия Солнца: от ядра к космосу

7

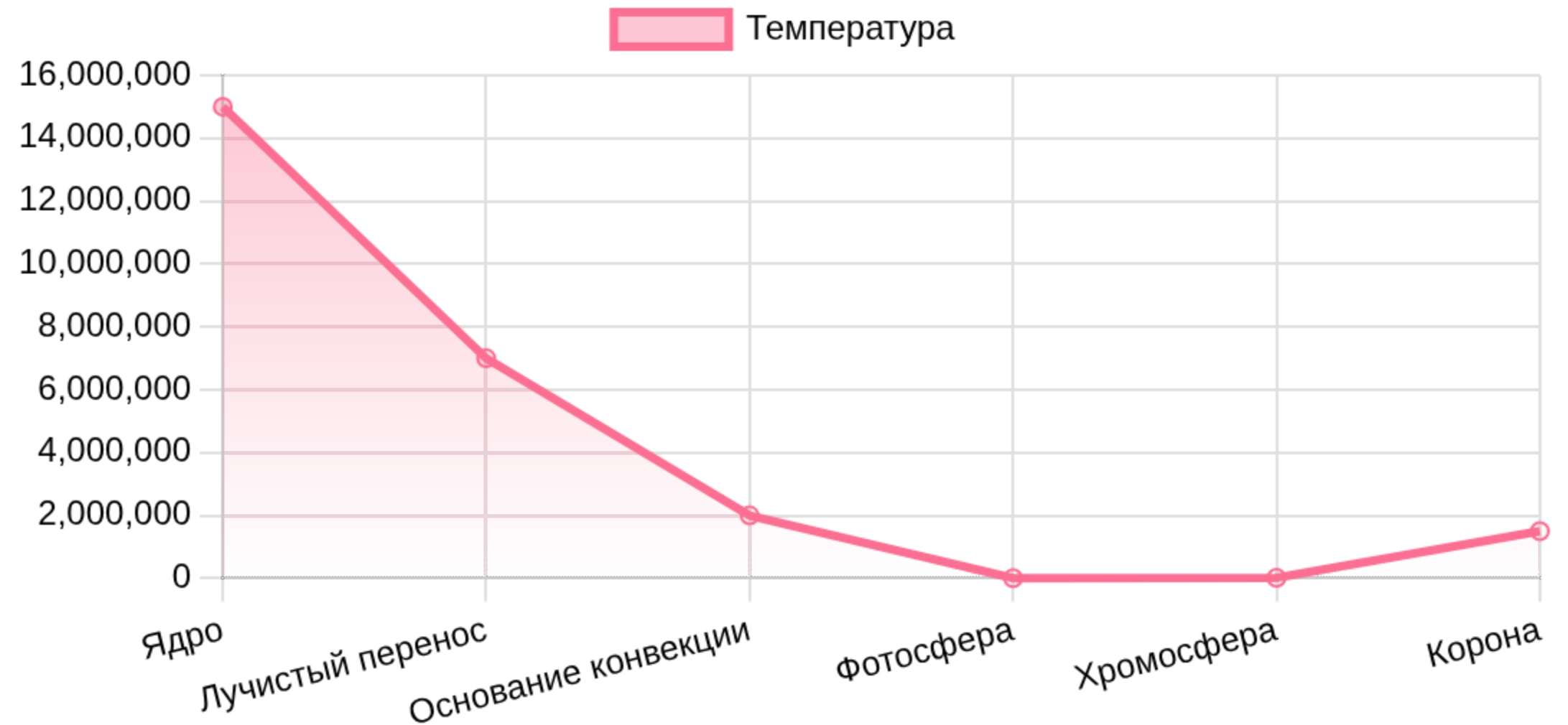
Схема показывает последовательный путь энергии через внутренние слои и внешнюю атмосферу звезды.



Изменение температуры по слоям Солнца

8

График подчёркивает, что внешние слои резко холоднее фотосферы, а корона сохраняет аномально высокую температуру.

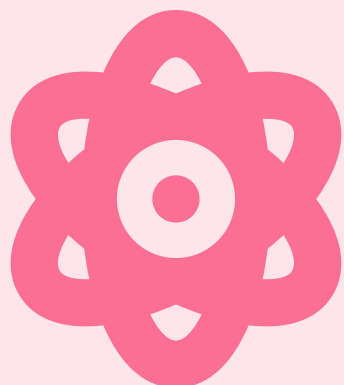


Температура убывает к поверхности, но в короне снова возрастает, что указывает на особые процессы нагрева плазмы.

Справочные данные по температуре слоёв Солнца

Почему солнечная энергия выходит наружу очень медленно

9



Случайное блуждание фотонов

В зоне лучистого переноса фотон многократно поглощается и переизлучается, поэтому его движение напоминает хаотический путь без прямой траектории к поверхности.



Конвекция ускоряет перенос

В конвективной зоне нагретая плазма поднимается вверх, отдаёт часть тепла и остывает. Такой механизм переносит энергию быстрее, чем чистое излучение.

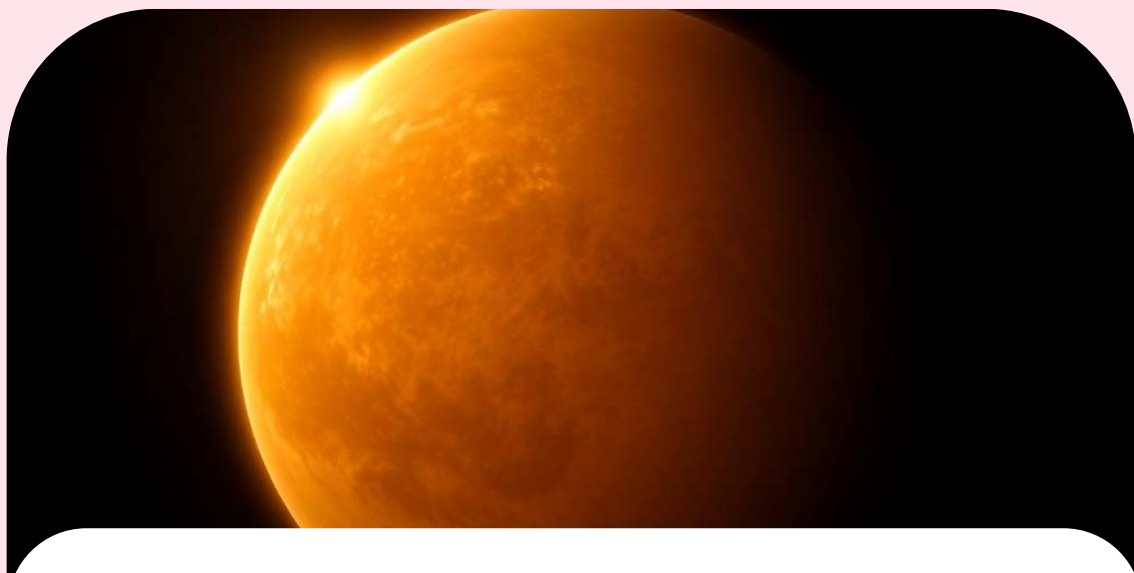


Долгий путь наружу

Из-за постоянных столкновений и переизлучений энергия может добираться до поверхности очень долго. Поэтому свет, который мы видим сегодня, отражает процессы, начавшиеся глубоко внутри звезды.

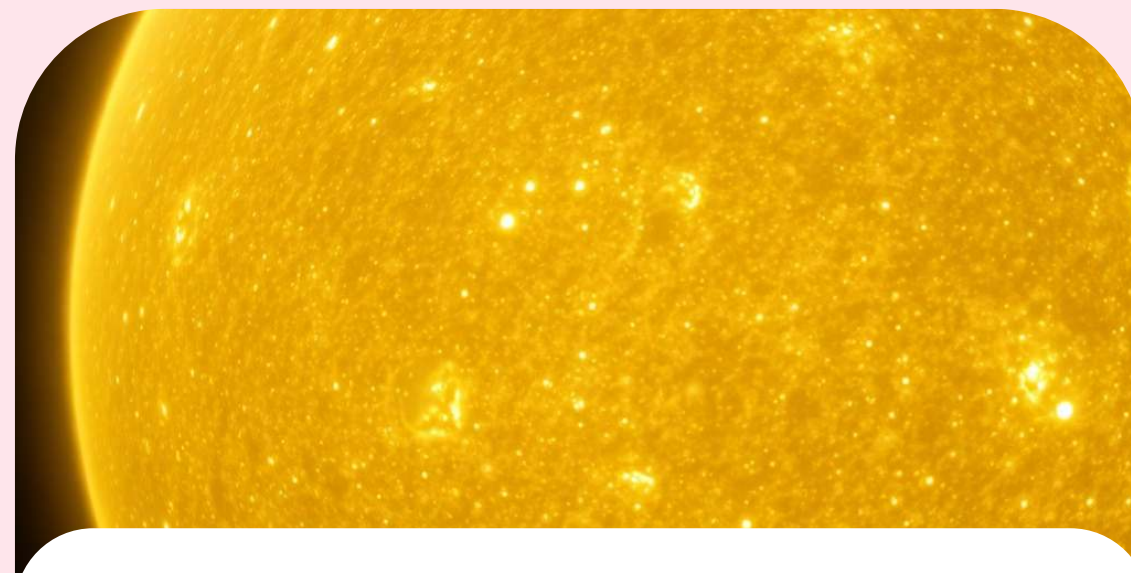
Фотосфера, солнечные пятна и грануляция

10



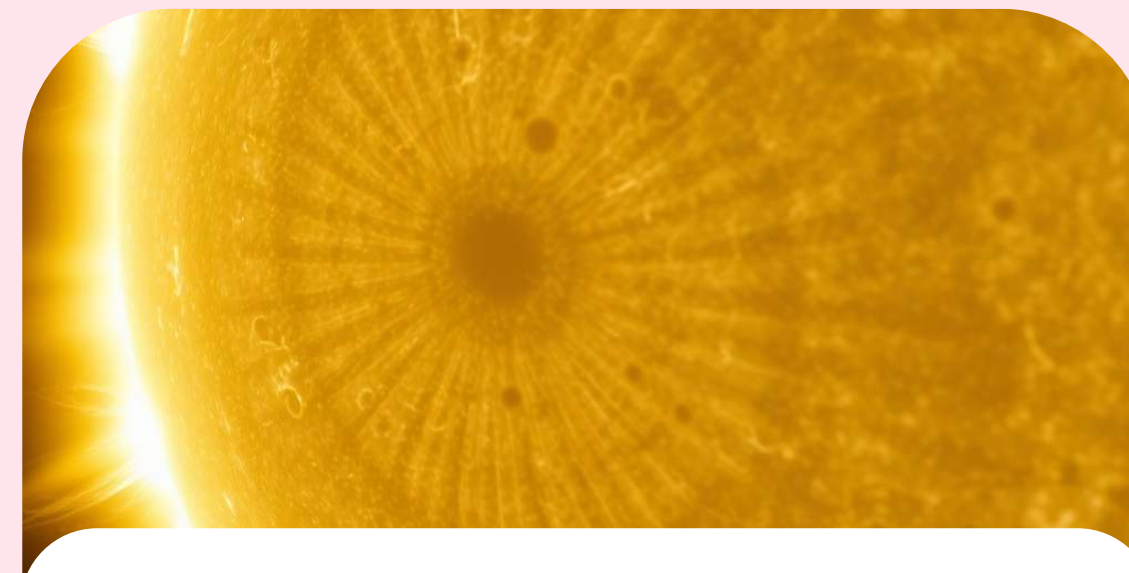
Фотосфера: поверхность, которую мы видим

Именно фотосфера формирует привычный солнечный диск на небе. Она выглядит ровной только издалека: при подробном рассмотрении заметны неоднородности, связанные с движением плазмы и переносом энергии к наружным слоям.



Грануляция: следы конвекции

На фотосфере хорошо различимы гранулы — небольшие светлые ячейки размером около тысячи километров. Они возникают там, где горячее вещество поднимается вверх, а затем остывает и опускается обратно.



Солнечные пятна: холоднее и темнее

Солнечные пятна выглядят тёмными, потому что их температура ниже температуры окружающей фотосферы на 1500–2000 К. Обычно они связаны с сильными магнитными полями и часто появляются группами.

Хромосфера и корона как внешняя атмосфера Солнца

11

01

Хромосфера

Это тонкий слой над фотосферой, который в обычном свете почти не виден, но проявляется при затмениях и в линии $H\alpha$, показывая движение и разреженность

02

Корона

Самая внешняя оболочка Солнца образует слабое серебристое сияние вокруг диска. Несмотря на малую плотность, она нагрета до миллионов кельвинов и простирается далеко в межпланетное пространство.

03

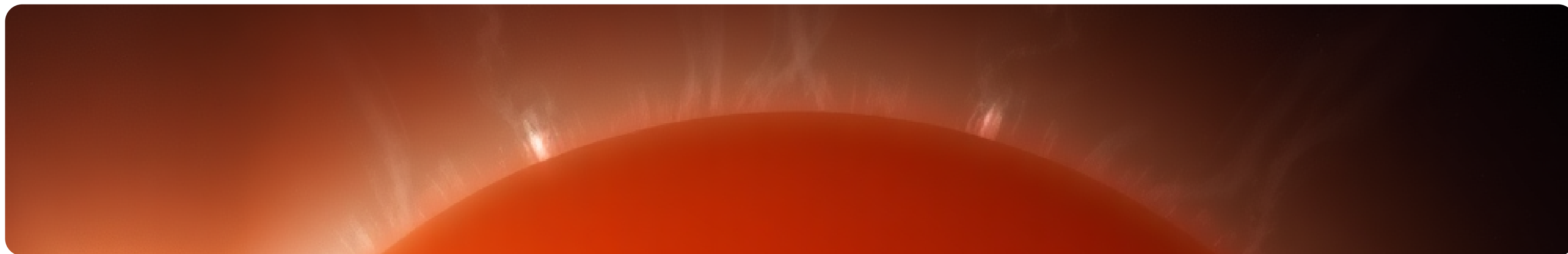
Температурный парадокс

По мере удаления от центра температура в атмосфере Солнца сначала падает, а затем в короне резко возрастает. Это указывает на дополнительный источник нагрева, не связанный напрямую с ядром.

04

Роль магнитных процессов

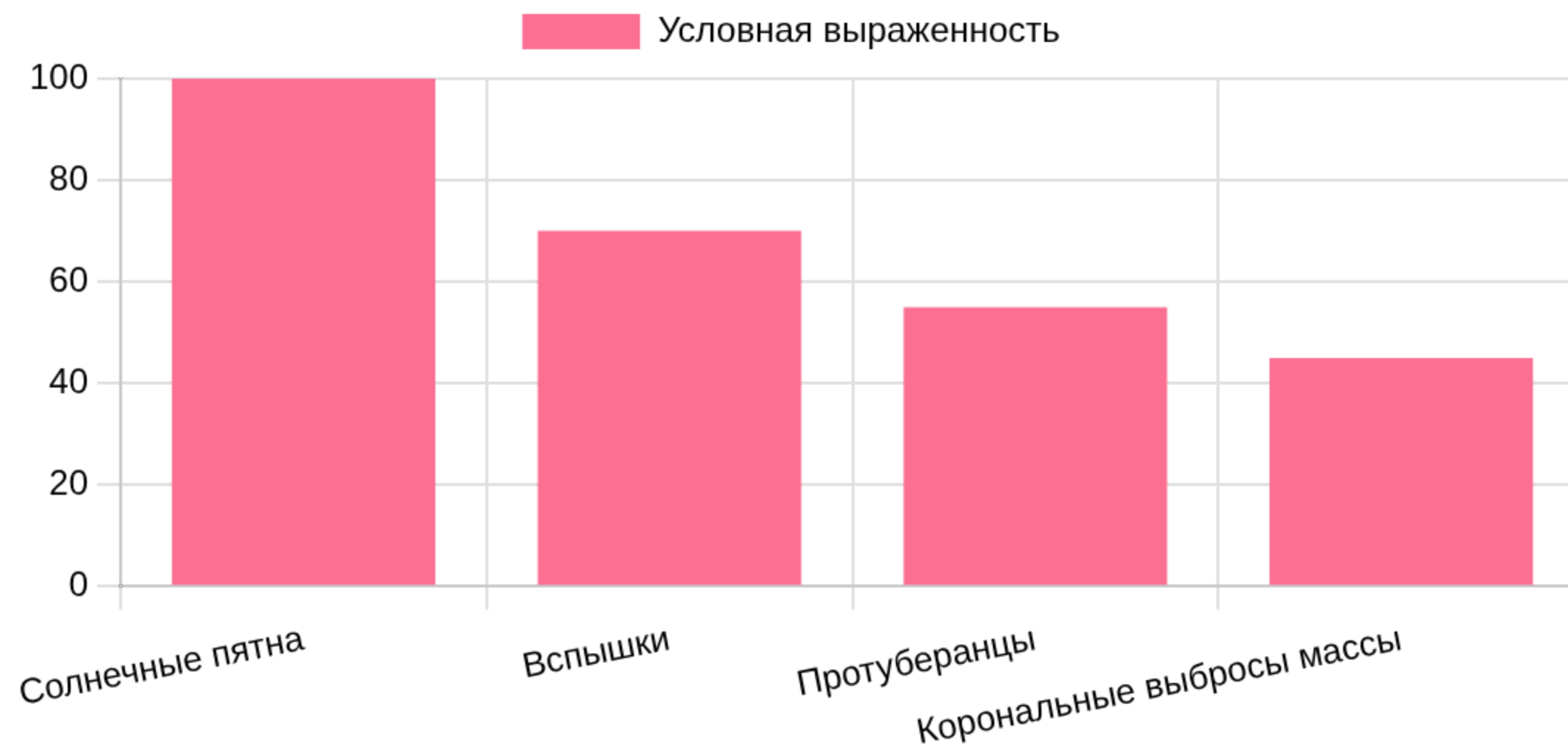
Нагрев короны объясняют взаимодействием магнитного поля с плазмой, волнами и вспышечными процессами. Именно поэтому внешняя атмосфера Солнца тесно связана с его активностью и изменчивостью.



Проявления солнечной активности

12

Все перечисленные явления связаны с магнитными полями и лучше всего наблюдаются в годы высокой активности Солнца.

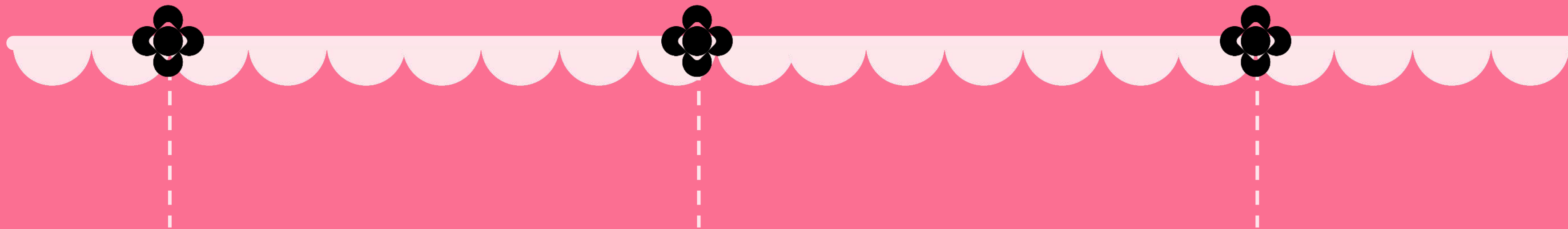


Наиболее заметны солнечные пятна; остальные явления чаще сопровождают периоды максимума 11-летнего цикла и усиливают влияние Солнца на Землю.

Учебная схема по типичным проявлениям солнечной активности; значения условные, для наглядного сравнения.

Магнитное поле Солнца и 11-летний цикл

13



Дифференциальное вращение

Разные широты Солнца вращаются с разной скоростью, а конвективные потоки в плазме усиливают и закручивают магнитные линии, создавая основу будущей активности.

Цикл активности

Постепенное накопление и перестройка магнитного поля приводят к появлению пятен, вспышек и корональных структур. Примерно через 11 лет наблюдается смена полярности.

Полный магнитный цикл

После двух последовательных 11-летних периодов магнитное поле возвращается к исходной полярности. Так формируется полный цикл длительностью около 22 лет.

Сравнение основных солнечных явлений

Явление	Свойство	Влияние
Излучение	Постоянное	Освещение
Вспышка	Минуты-часы	Рентген, УФ
КВМ	Плазма	Геомагнитные бури
Пятно	Холоднее	Магнитное поле

Таблица показывает, чем отличаются обычное излучение, вспышки, корональные выбросы массы и солнечные пятна по длительности, энергии и воздействию на Землю.

Явления различаются масштабом и временем развития: от постоянного излучения до редких выбросов, способных заметно воздействовать на магнитосферу Земли.

Учебное обобщение по солнечной активности

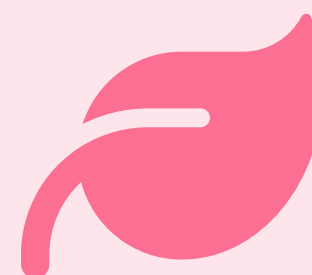
Влияние Солнца на Землю и биосферу

15



Климатический двигатель

Солнечное излучение задаёт среднюю температуру планеты, распределение тепла по широтам и смену времён года, поэтому без него климатическая система Земли была бы совершенно иной.



Источник жизни

Почти вся энергия, поступающая в биосферу, имеет солнечное происхождение. Она поддерживает фотосинтез, пищевые цепи и множество процессов, без которых невозможна привычная нам жизнь.



Космическая техника

Колебания солнечной активности могут нарушать работу спутников, ухудшать точность навигации и вызывать сбои в радиосвязи, особенно во время мощных вспышек и потоков заряженных частиц.

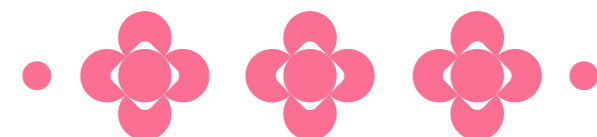


Полярные сияния

Когда солнечный ветер взаимодействует с магнитным полем Земли, в полярных районах возникают сияния. Это красивое, но физически важное проявление космической погоды.

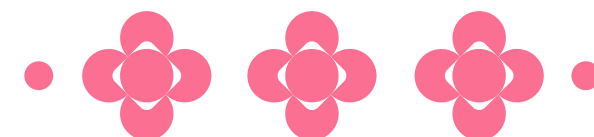
Наблюдение Солнца и правила безопасности

16



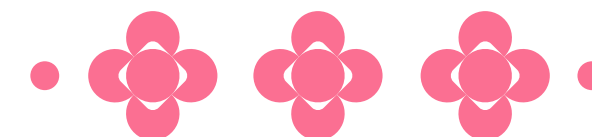
Только через защиту

Прямой взгляд на Солнце опасен для сетчатки даже на короткое время. Использовать можно только специальные фильтры, предназначенные именно для солнечных наблюдений.



Безопасная проекция

Для учебных наблюдений удобен метод проекции: изображение Солнца получают на белом экране или листе бумаги, не направляя глаза и камеру прямо на солнечный диск.



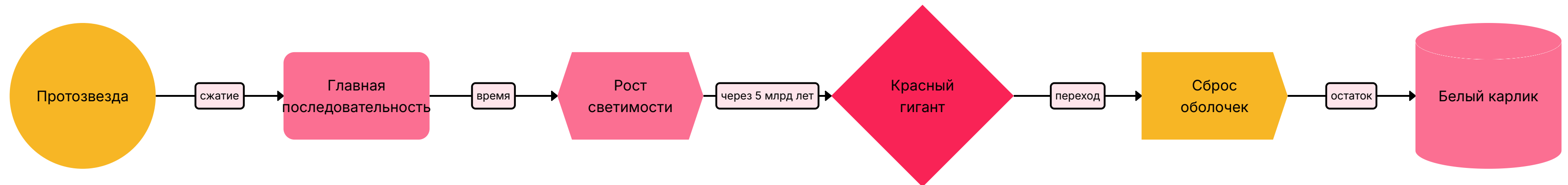
Профессиональные приборы

Наиболее надёжны солнечные телескопы и сертифицированные светофильтры. Они позволяют рассматривать пятна, грануляцию и другие детали без риска для зрения.

Эволюция Солнца во времени

17

Схема отражает общие этапы развития звезды солнечной массы и современное положение Солнца на главной последовательности.



Энергетический баланс Солнца и Земли

18

Баланс энергии на планете определяется тем, как атмосфера, облака, океаны и суша перераспределяют солнечный поток по поверхности Земли.



Если отражение растёт, поверхность получает меньше тепла; именно поэтому альбедо напрямую влияет на климат и температурный режим планеты.

Обобщённая схема энергетического баланса Земли; альбедо Земли около 0,30.

Почему изучение Солнца важно для современной науки

19

01

Модель звёздной эволюции

Солнце служит ближайшей и лучше всего изученной звездой. По его строению и изменчивости учёные проверяют теории звёздной эволюции и строят модели поведения других звёзд.

02

Физика плазмы

Солнечная плазма позволяет исследовать движение заряженных частиц, магнитные поля и волновые процессы в условиях, которые трудно воспроизвести в лаборатории на Земле.

03

Космические миссии

Наблюдения с орбиты и из межпланетного пространства, включая SOHO, SDO и Parker Solar Probe, дают данные о короне, ветре и магнитной структуре Солнца.

04

Практическая защита

Понимание солнечной активности помогает точнее прогнозировать космическую погоду и снижать риски для электросетей, связи, навигации и спутниковых систем.



Солнце: звезда, от которой зависит всё рядом с нами

Солнце объединяет в себе термоядерный источник энергии, сложное слоистое строение и мощную магнитную активность. Понимание этой звезды помогает объяснить климат Земли, работу биосферы и влияние космической погоды на технологии.

