

**Сонце —
наша зоря**

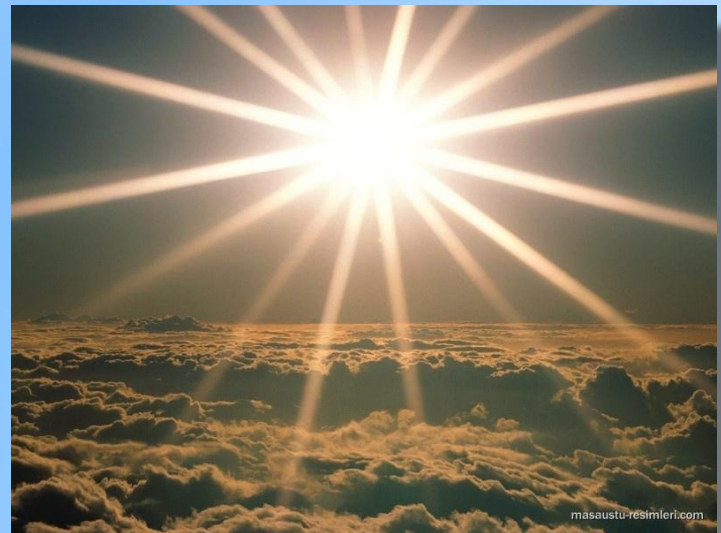
План уроку

1. Фізичні характеристики Сонця.
2. Будова Сонця.
3. Сонячна активність.
4. Вплив сонячної активності на Землю.

1. Фізичні характеристики Сонця

Сонце — одна з мільярдів зір нашої Галактики, центральне світило в Сонячній системі, вік якого близько 5 млрд. років. Воно дає Землі тепло і світло, що підтримує життя на нашій планеті. Сонце розташовується на близькій відстані від Землі — усього 150 млн. км, тому ми бачимо його у формі диска.

Вивчення Сонця має дуже важливе практичне значення для розвитку земної цивілізації.



Температура Сонця вимірюється за допомогою законів випромінювання чорного тіла. Сонце випромінює електромагнітні хвилі різної довжини, які нашим оком сприймаються як біле світло. Насправді, біле світло складається з цілого спектра електромагнітних хвиль від червоного кольору до фіолетового, але Сонце випромінює найбільше енергії у жовто-зеленій частині спектра, тому астрономи називають Сонце *жовтою зорею*. Температура на поверхні Сонця становить 5780 К.

Світність Сонця L визначає потужність його випромінювання, тобто кількість енергії, що випромінює поверхня Сонця у всіх напрямках за одиницю часу. Для визначення світності Сонця треба виміряти сонячну сталу q — енергію, яку отримує 1 м^2 поверхні Землі за 1 с за умови, що Сонце розташоване в зеніті. Для визначення світності Сонця необхідно величину сонячної сталої помножити на площу сфери з радіусом R :

$$L = 4\pi R^2 q \approx 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт},$$

де $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ — відстань від Землі до Сонця.

Сонце

Радіус $109 R_{\oplus}$

Маса $330000 M_{\oplus}$

Середня густина $1,4 \text{ г/см}^3$

Хімічний склад за масою, %:

H_2 71

He 27

Світність $4 * 10^{26} \text{ Вт}$

Температура, К:

фотосфери 5 780

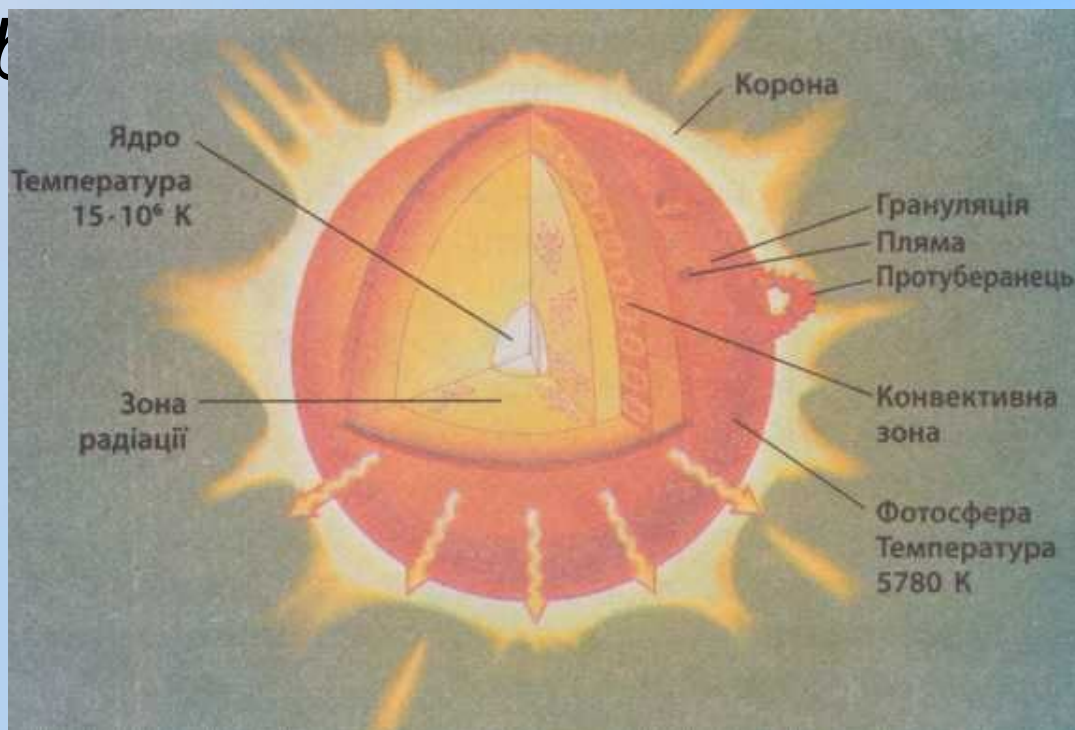
ядра 15 000 000

2. Будова Сонця

Сонце — величезна розжарена плазмова куля, що має складну будову її зовнішніх і внутрішніх шарів.

У результаті фізичних процесів, що протікають в надрах Сонця, безперервно виділяється енергія, яка передається зовнішнім шарам і розподіляється на все більшу площу. Внаслідок цього з наближенням до поверхні температура сонячної плазми поступово знижується.

Залежно від температури та характеру процесів, що визначаються цією температурою, Сонце умовно розділяють на такі області з різним фізичним станом речовини та розподілом енергії: *ядро, зона радіації, конвективна зона та атмосфера*



Центральна область (ядро)

займає відносно невеликий об'єм, але завдяки великій густині ядра, яка збільшується до центра, там зосереджена значна частина маси Сонця. Величезний тиск та надвисока температура забезпечують протікання *термоядерних реакцій*, які є основним джерелом енергії Сонця. Радіус ядра становить приблизно $1/3$ радіуса Сонця.

Зона радіації

У зоні променистої рівноваги, або зоні радіації, що оточує ядро на відстані до $2/3$ радіуса Сонця, енергія поширюється шляхом послідовного поглинання і наступного перевипромінювання речовиною квантів електромагнітної енергії.

Конвективна зона

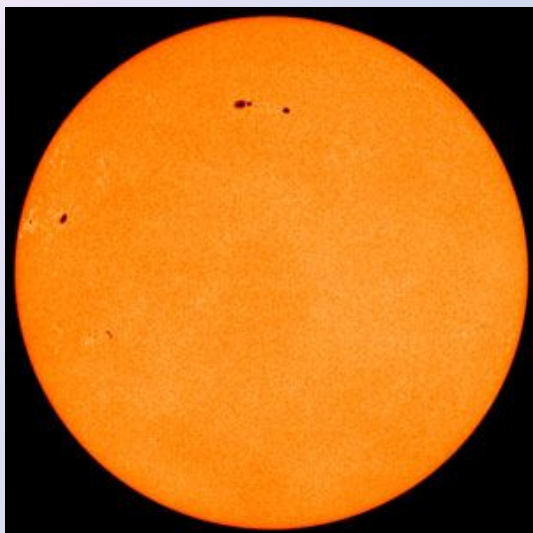
У конвективній зоні (від верхнього шару зони радіації, майже до самої видимої межі Сонця — *фотосфери*) енергія передається вже не випромінюванням, а за допомогою конвекції, тобто шляхом перемішування речовини, коли утворюються своєрідні окремі комірочки, які трохи відрізняються одна від одної температурою та густиною.

Атмосфера

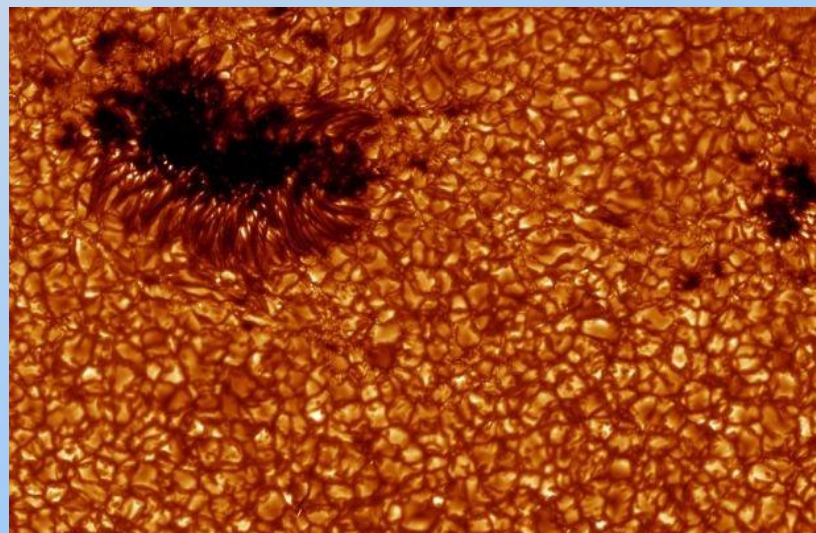
Атмосферою вважаються зовнішні шари Сонця, що умовно поділені на три оболонки. Найглибший шар атмосфери Сонця, що складається з газів,— **фотосфера** (від грец.— *сфера світла*), 200—300 км завтовшки, сприймається нами як поверхня Сонця. Густина газів у фотосфері в мільйони разів менша за густину повітря біля поверхні Землі, а температура фотосфери зменшується з висотою. Середній шар фотосфери, випромінювання якого ми сприймаємо,

У сонячний телескоп можна спостерігати структуру фотосфери, у якій конвекційні комірки мають вигляд світлих і темних зерен — *гранул*. Над фотосферою розташована **хромосфера** (від грец.— *кольорова сфера*), де атомами різних речовин утворюються темні лінії поглинання у спектрі Сонця. Загальна товщина хромосфери становить 10—15 тис. км, а температура у її верхніх шарах сягає 100000 К.

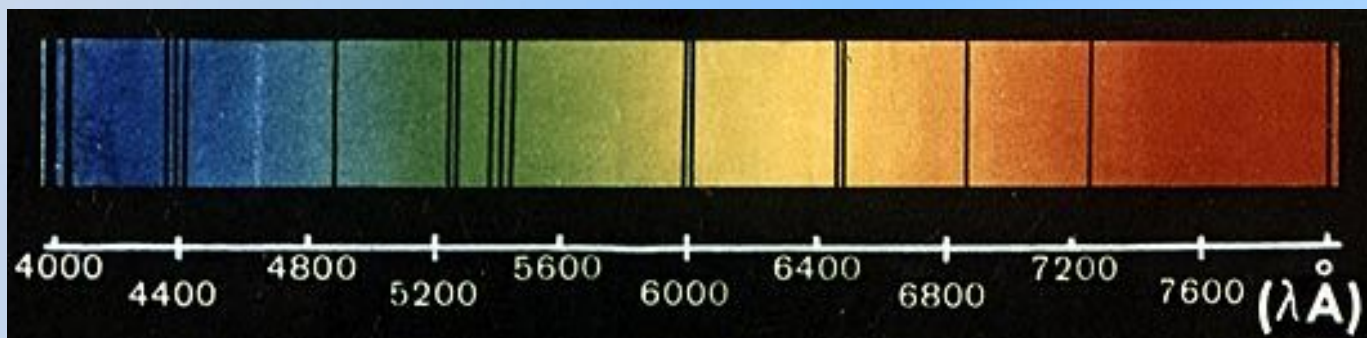
Над хромосферою розміщений зовнішній шар атмосфери Сонця — **сонячна корона**, температура якої сягає кількох мільйонів градусів. Речовина корони, яка постійно витікає у міжпланетний простір, називається **сонячним вітром**.



Фотосфера



Гранули у фотосфері

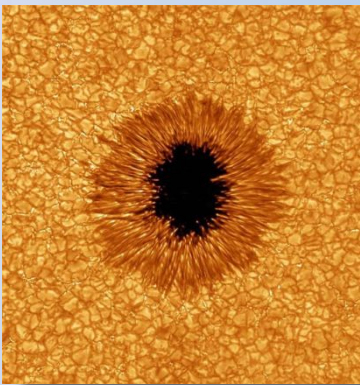


Спектр Сонця.

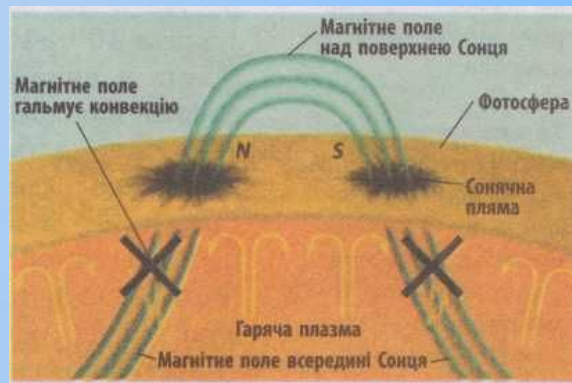
Темні лінії поглинання утворюються у хромосфері

3. Сонячна активність

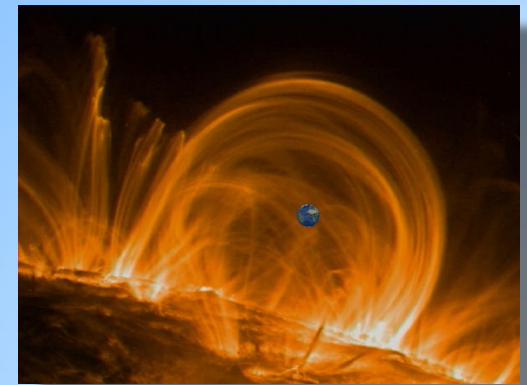
Сонячна активність визначається кількістю плям та їхньою загальною площею. Дослідження показали, що температура всередині плями досить висока і сягає 4500 К, але пляма здається темною на тлі більш гарячої фотосфери з температурою 5780 К.



Сонячна
пляма

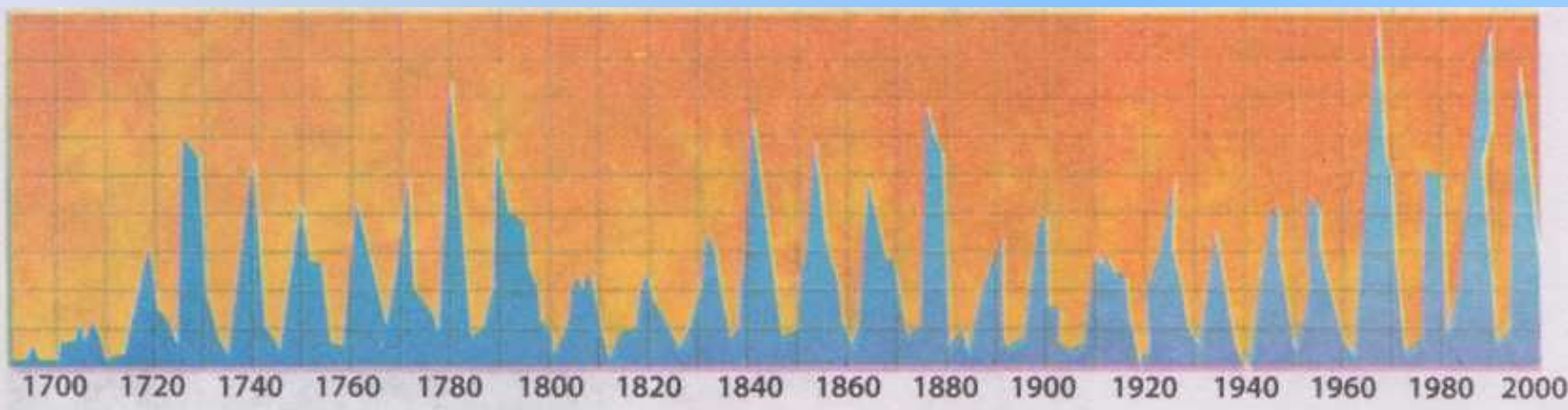


Плями з'єднані між собою попарно, як полюси в магніті, кожна пляма має свою магнітну полярність



Виникає питання: що знижує температуру всередині плями? Плями на Сонці можуть існувати протягом кількох місяців, тому виникла гіпотеза, що якийсь процес гальмує конвекцію плазми в сонячній плямі та підтримує різницю температур. Зараз доведено, що таким «ізолятором» є сильне магнітне поле, яке взаємодіє з електрично зарядженими частинками плазми і гальмує конвекційні процеси всередині плями.

Ще одна загадка активності Сонця
захована в її *періодичності* — цикл зміни
кількості плям повторюється приблизно
через кожні 11 років.

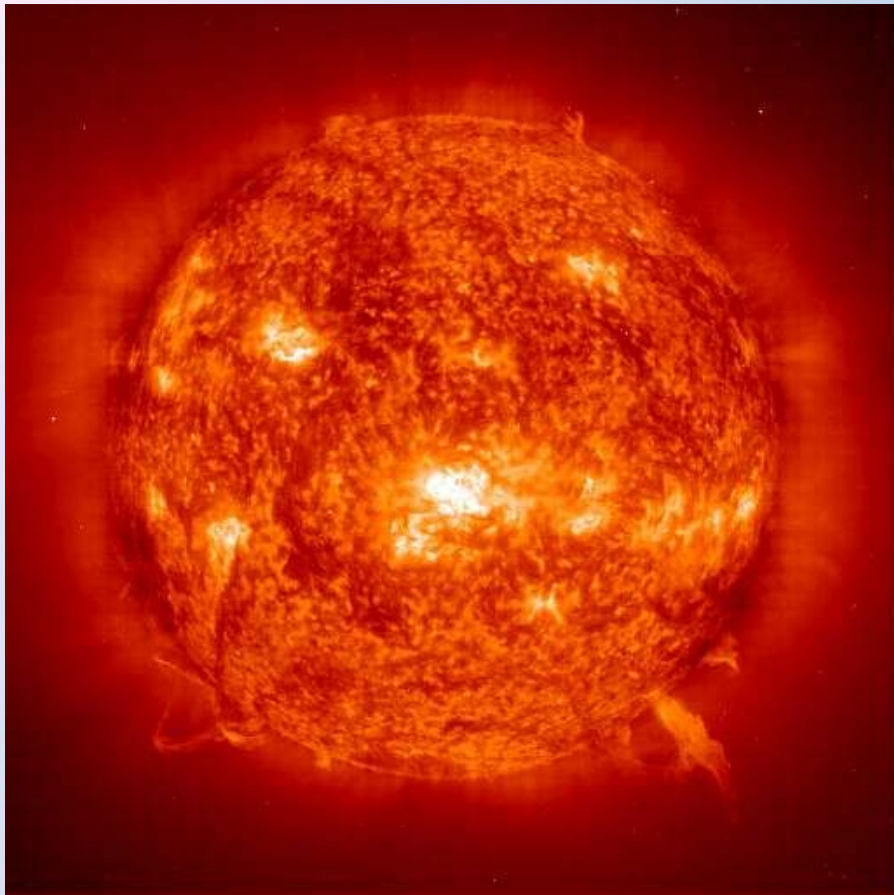


Зміна сонячної активності визначається кількістю плям та їхньою площею

4. Вплив сонячної активності на Землю

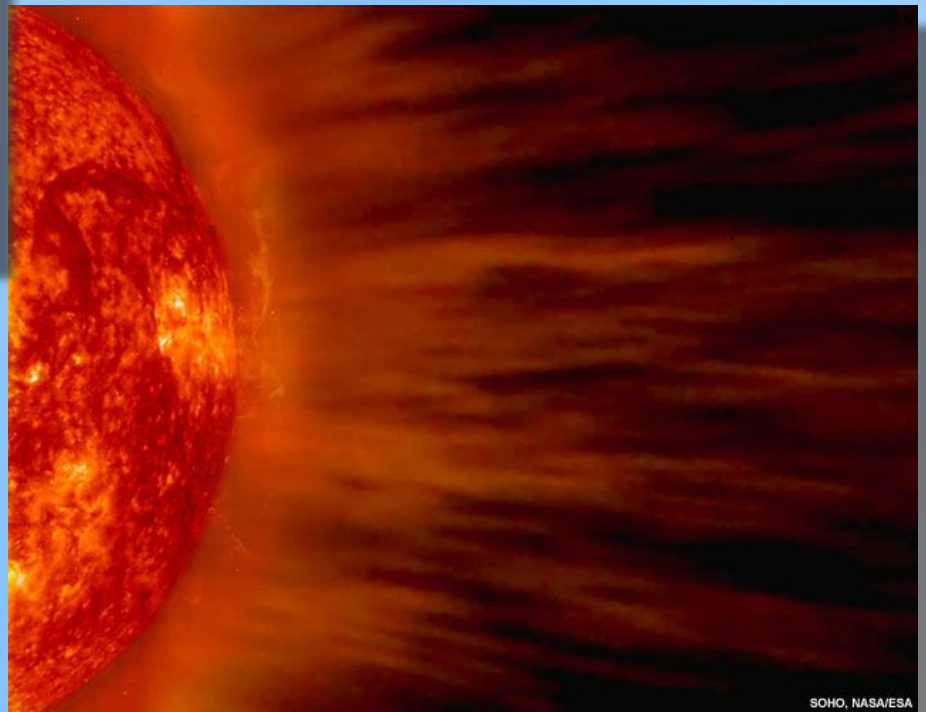
Досліджуючи Сонце за допомогою супутників та АМС, астрономи виявили його сильне *корпускулярне випромінювання* — потік елементарних частинок (протонів, нейтронів, електронів). Наприклад, під час так званих *хромосферних спалахів*, які вибухають поблизу плям, виділяється така величезна енергія, яку можна порівняти з випромінюванням всієї фотосфери Сонця.

* Не треба плутати спалахи з



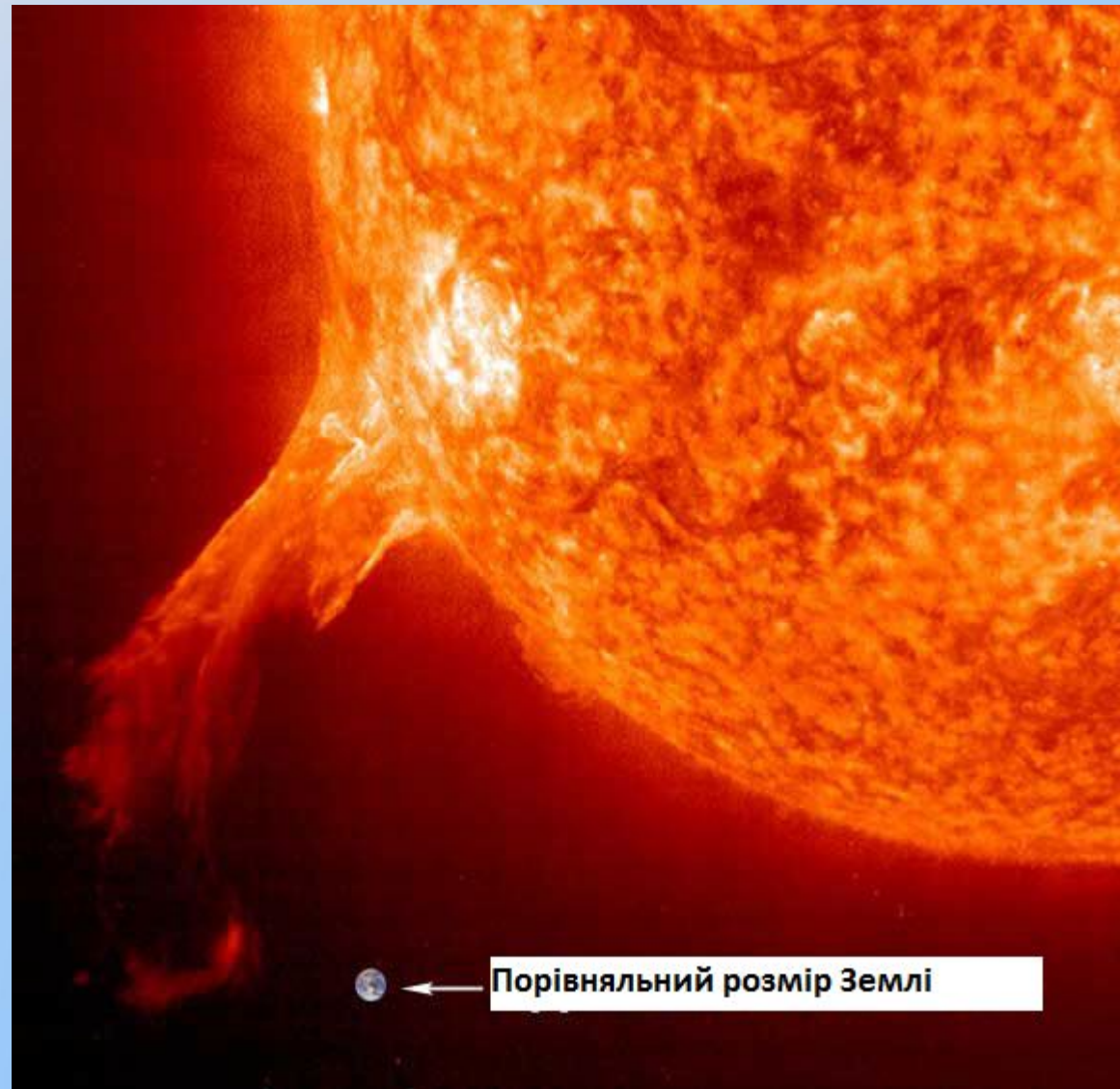
Хромосферні спалахи

Корпускулярне випромінювання



SOHO, NASA/ESA

Протуберанці
(від лат. protuberans
— *здуваюсь*)
існують постійно
— це щільні
холодні хмари
водню, які
піднімаються в
корону і
рухаються вздовж
магнітних
силових ліній.
Завдяки
протуберанцям
відбувається
обмін речовин між
хромосферою і
коронею



Спалах виникає між двома плямами з протилежною полярністю, коли протягом кількох годин температура в цій зоні зростає до $5 \cdot 10^6$ К і виділяється енергія $10^{21} - 10^{25}$ Дж, що майже сумісне зі світністю Сонця у видимій частині спектра. Під час спалаху енергія випромінюється в основному в невидимій частині спектра (радіо, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазоні).

Під час спалахів у міжпланетний простір також викидаються потоки заряджених частинок, які летять зі швидкістю до 20000 км/с. Через кілька годин після спалаху корпускулярні потоки можуть долетіти до Землі й викликати збурення її магнітного поля та свічення іоносфери, що проявляється у вигляді інтенсивних по



Висновки

Основним джерелом енергії для нашої цивілізації є Сонце, яке дає нам не тільки тепло, але й суттєво впливає на всі процеси, що відбуваються на Землі.

Ми визначили розміри, масу, температуру і світність Сонця; знаємо, що джерелом сонячної енергії є термоядерні реакції у його надрах, і розгадали причину зниження температури в сонячних плямах. Але залишаються нерозгаданими причини сонячної активності й чому існує 11-річний цикл появи плям. У майбутньому сонячне світло стане основним джерелом електричної енергії як на Землі, так і в космічних поселеннях при освоєнні інших планет.

Тести

1. Сонячна стала

А. Кількість енергії, що випромінює Сонце за рік. **Б.** Кількість енергії, що випромінює Сонце за 1 с. **В.** Температуру Сонця. **Г.** Кількість енергії, яку отримує вся поверхня Землі за одиницю часу. **Д.** Енергію, яку отримує 1 м^2 поверхні Землі за 1 с, якщо сонячні промені падають перпендикулярно до поверхні.

2. Для визначення світності Сонця необхідно

знати:

А. Радіус Сонця. **Б.** Радіус Землі. **В.** Відстань від Землі до Сонця. **Г.** Температуру на поверхні Землі. **Д.** Температуру на поверхні Сонця.

3. Які з цих хімічних елементів найбільш поширені на Сонці?

А. Оксиген і Ферум. **Б.** Гідроген і Гелій. **В.** Гідроген і Оксиген. **Г.** Нітроген і Оксиген. **Д.** Ферум і Нітроген.

4. У результаті якого процесу виділяється енергія в надрах Сонця?

А. Ядерної реакції. **Б.** Гравітаційного стиснення. **В.**

Термоядерної реакції. **Г.** Горіння водню. **Д.** Падіння

метеоритів у фотосфері утворюється в результаті того,

що:

А. Корона дуже гаряча. **Б.** Енергія передається конвекцією.

В. Плями дуже холодні. **Г.** Випромінюються нейтрино. **Д.** На

поверхні Сонця є хвилі.

6. Сонце називають жовтою зорею, у той час як для більшості людей воно має білий колір. Як пояснити цю суперечність?

Сонце випромінює електромагнітні хвилі завдовжки від 400 нм (фіолетова частина спектра) до 700 нм (червона частина спектра), суміш яких ми називаємо білим світлом. Але найбільше енергії Сонце випромінює в жовто-зеленій частині спектра на довжині хвилі близько 500 нм, тому астрономи мають право називати Сонце жовтою зорею.

7. Що знижує температуру всередині сонячних плям?

Температура всередині сонячної плями знижується завдяки сильному магнітному полю, яке зупиняє конвекцію.

8. Яке явище астрономи називають сонячною активністю?

Сонячна активність — це явище, пов'язане з хромосферними спалахами та зростанням короткохвильового випромінювання Сонця.

9. Які процеси на Сонці можуть суттєво впливати на стан земної атмосфери?

На стан земної атмосфери суттєво впливають хромосферні спалахи, які виникають поблизу плям, і пов'язана з цим зміна кількості частинок із великою енергією в сонячному вітрі.

Домашнє завдання

1. Опрацювати § 12.
2. Підготувати доповіді на тему:
 - Анкета зорі — її фізичні характеристики.
 - Поняття зоряної величини та її види.
 - Способи визначення відстаней до зір.