

## **Тема: Фізичні характеристики Сонця. Будова Сонця та джерела його енергії. Прояви сонячної активності та їх вплив на Землю.**

**Основні фізичні характеристики.** Сонце відноситься до класу невеликих зірок. Виникло воно близько 5 млрд. років тому і в даний час має масу  $\sim 2 \cdot 10^{30}$  кг, радіус  $\sim 700$  тис. км, середню щільність речовини  $1,41 \text{ г/см}^3$ , прискорення сили тяжіння на поверхні -  $274 \text{ м/с}^2$ . Видимий біло-жовтий диск Сонця - це його фотосфера, що представляє гарячу плазмову атмосферу зірки з температурою поверхні  $6000 \text{ К}$ . В Сонці зосереджено близько 99% всієї маси Сонячної системи.

Кутова швидкість обертання Сонця, яка спостерігається по фотосфері, зменшується в міру віддалення від екватора. Період обертання на екваторі дорівнює 25 діб, поблизу полюсів - 30 діб. Лінійна швидкість обертання на екваторі близька  $2 \text{ км/с}$ , тобто багато повільніше швидкості обертання Землі та інших планет, але воно відбувається в тому ж напрямку. Все це підтверджує припущення, що ми спостерігаємо обертання плазмової атмосфери і що внутрішнє тверде тіло зірки може обертатися з іншою швидкістю. Сонце є потужним джерелом теплової, електромагнітної і гравітаційної енергії. Ця енергія рівномірно розсіюється в космічний простір, і на частку Землі і планет доводиться лише мала її частина. У спектрі Сонця виявлено 72 хімічних елементів. 70 % маси Сонця становить водень, 28% - гелій, кількість інших важких елементів не перевищує 2%.

**Будова Сонця.** За сучасними уявленнями, Сонце складається з ряду концентричних сфер, або областей, кожна з яких володіє специфічними особливостями. Схематичний розріз Сонця показує його зовнішні особливості. Енергія, що звільняється термоядерними реакціями в ядрі Сонця, поступово прокладає шлях до видимої поверхні світила. Вона переноситься за допомогою процесів, в ході яких атоми поглинають, перевипромінюють і розсіюють випромінювання, тобто променевим способом. Внутрішня будова Сонця складається з ряду сфер, або областей.

- *ядро (центральна область)*
- *зона променистої рівноваги (зона радіації)*
- *конвективна зона*
- *атмосфера.*

*Ядро* - центральна частина Сонця з надвисоким тиском і температурою, що забезпечують протікання термоядерних реакцій, які є основним джерелом енергії Сонця. Радіус ядра -  $1/3 R$ . Ядро - зона, де зосереджена половина сонячної маси і виділяється практично вся енергія, що змушує його світитись. Із віддаленням від центра Сонця температура поступово зменшується і нарешті стає недостатньою для перебігу термоядерних реакцій. Так визначають межі ядра.

Область *променистої рівноваги* - знаходиться над ядром. Вона утворена практично нерухомим і невидимим високотемпературним газом. Передача через неї енергії, що генерується в ядрі, до зовнішніх сфер Сонця здійснюється променевим способом, без переміщення газу. З ядра в область променевого

переносу енергія надходить у вигляді  $\gamma$ -випромінювання, яке поглинається атомами навколишньої речовини. Атом, поглинувши гамма-квант високої енергії випромінює кілька квантів з меншими енергіями. Таким чином жорстке  $\gamma$ -випромінювання, що є результатом термоядерних реакцій у ядрі Сонця, зазнавши багаторазового пере випромінювання, виходить на поверхню переважно у формі видимого світла.

*Конвективна зона* - розташовується над попередньою. Передача енергії здійснюється шляхом перемішування. Перенесення тепла з сонячних надр до поверхні відбувається в результаті локальних піднятих сильно нагрітих мас газу, що знаходяться під високим тиском, до периферії світила, де температура газу менше і де починається світловий діапазон випромінювання Сонця. Товщина конвективної області оцінюється приблизно в 1/10 частину сонячного радіуса.

*Корона*. На відміну від фотосфери і хромосфери зовнішня частина атмосфери Сонця - корона володіє величезною протяжністю: вона простягається на мільйони кілометрів, що відповідає кільком сонячним радіусам, а її слабке продовження йде ще далі. Температура корони сягає 1-2млн. градусів! Це пов'язано з величезними швидкостями руху атомів і електронів в короні.

Корону найкраще спостерігати під час повної фази сонячного затемнення. Правда, за ті кілька хвилин, що вона триває, дуже важко замалювати не лише окремі деталі, але навіть загальний вигляд корони. Око спостерігача тільки-но починає звикати до раптово настали сутінках, а що з'явився з-за краю Місяця яскравий промінь Сонця вже сповіщає про кінець затемнення. Тому часто замальовки корони, виконані досвідченими спостерігачами під час одного і того ж затемнення сильно розрізнялися. Не вдавалося навіть точно визначити її колір. Цикл сонячної активності - 11років. Тобто з 11-річним періодом змінюється як яскравість так і форма сонячної корони. В епоху максимуму вона має майже ідеально круглу форму. Коли ж плям мало форма корони стає витягнутою. При цьому загальна яскравість корони зменшується. Ця цікава особливість корони, мабуть, пов'язана з поступовим переміщенням протягом 11-річного циклу зони переважного утворення плям. Білий колір корони пояснюється розсіюванням звичайного сонячного світла на вільних електронах. Отже, корона Сонця – зовнішня частина його атмосфери, сама розріджена і найгарячіша. Вона і найближча до нас: виявляється вона тягнеться далеко від сонця у вигляді постійно рухається від нього потоку плазми - *сонячного вітру*. Поблизу Землі його швидкість складає в середньому 400-500 км / с, а часом досягає майже 1000 км/с. поширюючись далеко за межі орбіт Юпітера і Сатурна, сонячний вітер утворює гігантську геліосферу, що межує з ще більш розрідженим міжзоряним середовищем. Фактично ми живемо оточені сонячною короною, хоча і захищені від її проникаючої радіації надійним бар'єром у вигляді земного магнітного поля. Через корону сонячна активність впливає на багато процесів, що відбуваються на Землі.

*Джерела енергії Сонця* - це термоядерні реакції синтезу. Чотири ядра водню перетворюються на ядро гелію. При цьому виділяється енергія  $4,3 \cdot 10^{-11}$  Дж.

В центрі Сонця густина газу становить близько  $100 \text{ кг/м}^3$  (у 13 раз більша, ніж у свинцю!), тиск - близько 220 млрд. Па, а температура - близько 15 млн. К. При такій температурі ядра атомів водню (протони) мають дуже великі швидкості (сотні кілометрів за секунду) і можуть стикатися одне з одним, незважаючи на дію електростатичної сили відштовхування. Деякі зіткнення завершуються ядерними реакціями, в результаті яких з водню утворюється гелій і виділяється велика кількість тепла. Ці реакції є джерелом енергії Сонця на сучасному етапі його еволюції. Внаслідок цього кількість гелію в центральній частині світила поступово збільшується, а водню - зменшується. За підрахунками вчених запасів водню вистачить ще на 10 млрд. років.

Сонячна активність - сукупність явищ на поверхні Сонця, зумовлених процесами в його надрах. Її виявами є плями, смолоскипи, протуберанці, спалахи. Чим більше утворень, тим вищою є активність Сонця. Магнітні поля беруть участь у всіх процесах на Сонці. Часом в невеликій області сонячної атмосфери виникають концентровані магнітні поля, у кілька тисяч разів сильніші ніж на Землі. Іонізована плазма - хороший провідник, вона не може переміщатися уперек ліній магнітної індукції сильного магнітного поля. Тому в таких місцях перемішування і підйом гарячих газів знизу гальмується, і виникає темна область - *сонячна пляма*. На тлі сліпучої фотосфери воно здається зовсім чорним, хоча насправді яскравість його слабкіше раз в десять.

З плином часу величина і форма плям сильно змінюються. Виникнувши у вигляді ледь помітної точки - пори, пляма поступово збільшує свої розміри до десятків тисяч кілометрів. Великі плями, як правило, складаються з темної частини (ядра) і менш темною - півтіні, структура якої додає плямі вид вихору. Плями бувають оточені більш яскравими ділянками фотосфери, званими смолоскипами або факельними полями.

*Смолоскипи* (факели) - світлі утворення, що мають складну волокнисту структуру. Смолоскипи є повсюдними супутниками плям. В самій плямі потік енергії з надр Сонця менший, то смолоскип - місце, де її надходить більше.

*Протуберанці* - утворення, в яких речовина підіймається над сонячною поверхнею і утримується завдяки магнітному полю.

*Сонячні спалахи* - різкі збільшення яскравості незначних ділянок хромосфери над групами сонячних плям. За сучасними уявленнями спалахи - це раптове виділення енергії, накопиченої у магнітному полі активної зони. Під час спалахів різко зростає інтенсивність рентгенівського, ультрафіолетового та радіовипромінювання. За міру сонячної активності прийнято число Вольфа:  $W = 10 \cdot g + f$ ,  $g$  - кількість груп плям,  $f$  - загальна кількість плям.

*Магнітні бурі* - сильні раптові зміни характеристик геомагнітного поля Землі.

*10 цікавинок про Сонце.*

*10 місце:* Всі ми бачимо, що Сонце жовтого або помаранчевого кольору, але насправді, воно біле. Жовті тони Сонцю дає феномен під назвою «атмосферне розсіювання».

*9 місце:* Спектральний клас Сонця - G2v, воно знаходиться ближче до холодного кінця головної послідовності, і відноситься до класу жовтих карликів. Більшість зірок Чумацького Шляху - «червоні карлики» (відносно малі і холодні зірки), а приблизно 15 % зірок в Галактиці яскравіші за наше Сонце.

*8 місце:* Сонце обертається навколо центру нашої Галактики, Чумацького Шляху, роблячи повний оберт кожні 225-250 мільйонів років.

*7 місце:* Світло проходить середню відстань від Землі до Сонця (150 мільйонів кілометрів) за 8 хвилин. Для порівняння, наступна найближча до нас зірка Проксима Центавра знаходиться на відстані 4 світлових років...

*6 місце:* Сонце має діаметр майже 1 392 000 км. (приблизно у 109 разів більше діаметру Землі). Маса Сонця складає 98% маси нашої сонячної системи.

*5 місце:* Між 1640 і 1700 роками на Сонці взагалі не було плям. Цей період, назвали мінімумом Маундера, співпав з "малим льодовиковим періодом"- загальним похолоданням на Землі, коли річки, які ніколи не замерзали, покритися льодом, а сніг лежав круглий рік на всіх широтах.

*4 місце:* Мінімальне число затемнень в році - два. Сонячні затемнення в одній і тій самій місцевості спостерігаються рідко, оскільки затемнення видно тільки у вузькій смузі тіні Місяця. У якій-небудь певній точці поверхні повне сонячне затемнення спостерігається в середньому 1 раз в 200-300 років.

*3 місце:* На Мальті середня тривалість світлового дня влітку - 10 годин. У Самарканді - 15 годин, в Стокгольмі - 18 годин, а в шведському місті Кируна, що знаходиться за полярним колом - 24 години. Правда, взимку в Кируне сонце не встає взагалі. До речі, ділення доби на 24 години ми запозичили з історій стародавніх єгиптян про бога сонця Ра, який проводив дванадцять годин ночі в темному пеклі, а останні 12 годин - на небесах.

*2 місце:* 300 сонячних днів в році буває в Марокко, Ніцці, Брісбане (Австралія), в Монте-Карло і в Уссурійську.

*1 місце:* Кожну секунду на Сонці згорає 700 млрд. тонн водню. Не дивлячись на таку величезну швидкість втрат, енергії Сонця вистачить ще на 5 млрд. років такого життя (приблизно стільки ж років Сонцю від народження). Закінчить своє життя Сонце білим карликом, заздалегідь збільшившись в розмірах і відштовхнувши від себе всі планети. На цих планетах випарується вся вода і зникне атмосфера.

### **Питання для самоконтролю.**

1. Що є джерелом енергії в надрах Сонця?
2. Що знижує температуру всередині сонячних плям?
3. Яке явище астрономи називають сонячною активністю?
4. Які процеси на Сонці можуть суттєво впливати на стан земної атмосфери?

**ЗВЕРНІТЬ УВАГУ!** Роботу виконувати у робочому або окремому зошиті, фотографувати і надсилати на електронну адресу [ntalavera@ukr.net](mailto:ntalavera@ukr.net), у темі

листа вказувати – ПІБ, предмет, номер групи. Зошити зберігати до закінчення терміну карантину.