

Заняття 8.

ТЕМА 5. Сонце – найближча зоря.

2 год.

Тема заняття 8: Фізичні характеристики Сонця. Будова Сонця та джерела його енергії. Прояви Сонячної активності та її вплив на Землю.

Мета:

навчальна: сформувати поняття «зоря» на прикладі розгляду фізичних характеристик Сонця як найближчої до нас зорі; розглянути основні характеристики Сонця як космічного тіла: маса, густина, світність, сонячна стала, хімічний склад й стан речовини, магнітне поле; розглянути внутрішню будову (ядро, зону променистого переносу й конвекції), сонячну атмосферу, активні утворення на поверхні Сонця;

розвиваюча: з метою формування наукового світогляду продовжити ознайомлення студентів з методами й способами в пізнанні природи зір; продовжити розкриття ролі моделей під час вивчення реальної дійсності; пояснювати властивості космічних об'єктів під час розв'язування задач з використанням формул молекулярної фізики й термодинаміки;

виховна: спростувати міф про створення світу, розглянувши параметри Сонця як рядової зорі.

Міжпредметні зв'язки: фізика, математика, креслення географія, хімія.

Демонстрації:

- 1) Зображення атмосфери та корони Сонця.
- 2) Схема внутрішньої будови Сонця.
- 3) Зображення окремих активних утворень в атмосфері Сонця (плями, протуберанці, спалахи, корональні діри тощо).

Технічні засоби навчання, наочне приладдя: мультимедійний проектор, комп'ютер, CD-презентація «Сонце».

Обладнання: комп'ютер, мультимедійний проектор, екран; презентація «Сонце».

Література: Пришляк М.П. Астронмія: 11 кл.: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. Рівень стандарту, академічний рівень. Видавництво «Ранок», 2011р.

Александров Ю.В., Грецький А.М., Пришляк М.П. Астрономія. 11 кл.: книга для вчителя. – Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2005.-256с.

Ребрік Р.М., Сутулін М.Г. Фізика. Астрономія.-2006р.

Ресурси мережі Інтернет.

Нові поняття: активні утворення (плями, факели, протуберанці).

Студенти повинні знати: основні фізичні характеристики Сонця (наближені відповідні величини); внутрішню будову Сонця та структуру атмосфери.

Студенти повинні вміти: характеризувати Сонце як зорю, його внутрішню будову, атмосферу, фізичні параметри окремих зон та обчислювати їх на основі законів фізики.

Міжпредметні зв'язки: природознавство, географія, література, математика, фізика.

План заняття

1. Організаційний момент.

2. Актуалізація знань студентів.

Викладач проводить евристичну бесіду, метою якої є систематизація знань студентів з теми заняття, які були отримані раніше

3. Пояснення нового матеріалу

4. Закріплення нового матеріалу

Перегляд відео фрагмента

5. Підсумки заняття.

6. Домашнє завдання.

Хід заняття

I. Організаційний момент

Перевірка готовності студентів до заняття. Стимулювання діяльності студентів, забезпечення їхньої загальної готовності, забезпечення своєчасного й організованого початку заняття. С.95 тести.

II. Повідомлення теми, мети, плану вивчення теми:.

План.

1) Основні фізичні характеристики Сонця.

2) Будова Сонця.

3) Внутрішня будова й структура атмосфери; об'єкти і явища, спостережувані в сонячній атмосфері

4) Джерело сонячної енергії.

5) Сонячна активність (основні форми, механізм, періодичність).

6) Сонячно-земні зв'язки: роль випромінювання Сонця в існуванні життя; взаємодія сонячного вітру з магнітним полем Землі; вплив проявів сонячної активності на атмосферу, клімат, біосферу, людину й техніку.

III. Актуалізація знань студентів

Провести бесіду за питаннями тесту.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Повідомлення цікавих фактів про Сонце.

1. Визначення основних фізичних характеристик Сонця: радіус та маса, температура та хімічний склад, сонячна стала та світність.

2. Будова Сонця: фотосфера, хромосфера, корона, конвективна зона, ядро.

3. Джерело сонячної енергії — термоядерні реакції.

4. Сонячна активність: магнітне поле та плями, хромосферні спалахи, 11-річний цикл сонячних процесів.

5. Вплив сонячної активності на Землю.

6. Використання сонячної енергії в народному господарстві.

V. Вивчення нового навчального матеріалу

Теоретичний матеріал.

1 Сонце

Радіус 109 R Землі

Маса 330 000 M Землі

Густина 1,4 г/см³

Хімічний склад за масою в %

H₂ 71%

He 27%

Світність 4 10²⁶ Вт

Температура, К:

фотосфери 5780

ядра 15000000

1. Основні фізичні характеристики Сонця

Сонце — рядова зоря нашої Галактики. Це єдина зоря, настільки наближена до Землі, що на ній видні окремі деталі її поверхні. Вивчаючи їх, ми можемо глибше зрозуміти природу інших зір, що перебувають на значно більших відстанях.

Сонце — найближча до землі зоря. Воно дає необхідне для життя світло, тепло, енергію.

Древні навіть поклонялися Сонцю як божеству, яке дає життя. Безпосередньо із землі Сонце вивчають оптичними й радіометодами. Позаатмосферна астрономія дозволила значно розширити досліджуваний діапазон частот електромагнітного випромінювання Сонця, а також взятися за детальне дослідження його корпускулярного випромінювання. Все різноманіття сонячних явищ, які ми розглянемо, притаманно і для інших зір. Тому фізика сонячних явищ має величезне значення для розвитку астрофізики в цілому.

Сонце — газова, точніше, плазмова куля.

Радіус Сонця становить 696 тис. км, що в 109 разів перевищує радіус землі, причому полярний й екваторіальний діаметри різняться не більш ніж на 10 км. Відповідно, об'єм Сонця перевищує земний в 1,3 мільйона разів. Маса Сонця дорівнює 1,99 10³⁰ кг і в 330000 разів більше від маси землі. Середня густина — всього 1,4 г/см³, хоча в центрі Сонця вона досягає 150 г/см³. Прискорення вільного падіння на поверхні Сонця дорівнює 27,9g, а друга космічна швидкість — 618 км/с.

Щомиті Сонце випромінює 3,84 10²⁶ Дж енергії, що в масенергетичному еквіваленті відповідає зменшенню маси на 4,26 млн тонни за секунду. Температура поверхні Сонця дорівнює 5800К, у центрі Сонця температура досягає 15000000К.

Із Землі Сонце виглядає як сліпучий диск із кутовим розміром близько половини градуса (видимий кутовий розмір Сонця незначною мірою міняється протягом року через зміну відстані Сонце — земля під час річного

руху землі по орбіті). зоряна величина Сонця дорівнює – 267m ; це найяскравіший об'єкт на земному небі.

Спостереження деталей на поверхні Сонця показують, що воно обертається навколо осі, нахиленої до площини земної орбіти на $82^{\circ}45'$. При цьому поверхневі шари Сонця обертаються не як тверде тіло: кутова швидкість обертання убуває в міру наближення до полюсів, так що точка на екваторі Сонця робить один оберт за 25 діб, а точка поблизу полюса — за 30 діб.

У видимій області Сонце випромінює безперервний спектр, на тлі якого видні десятки тисяч темних ліній поглинання, що утворюються під час проходження сонячного світла через атмосферу Сонця й землі. Уперше вони були описані 1814 р. австрійським фізиком Фраунгофером і тому часто називаються фраунгоферовими лініями. Їх вивчення дозволяє судити про хімічний склад Сонця. Установлено, що переважними хімічними елементами на Сонці є водень і гелій. Водень становить 92% за кількістю атомів й 70% за масою, гелій — 7,8 й 29% відповідно. Інші елементи, разом узяті, становлять менше відсотка маси Сонця.

2. Будова Сонця.

Центральна частина Сонця називається його ядром. Ядро (зона термоядерних реакцій) — центральна область, що простягається на $1/3$ радіуса Сонця від його центра, поблизу якого за тиску до $2 \cdot 10^{18}$ Па, температури $1,5 \cdot 10^7 - 1,6 \cdot 10^7$ К та густини плазми до 16 г/см^3 протікають термоядерні реакції перетворення ядер атомів Гідрогену в ядра атомів Гелію, що супроводжується виділенням колосальної енергії. Ядро обертається як єдине тверде тіло з періодом 22–23 доби.

Зона випромінювання

Протягом піврадіуса вище ядра (тобто в зоні 0,2–0,7 радіуса Сонця) перебуває зона переносу енергії випромінюванням. зона променистого переносу (відстані від $1/3$ до $2/3 R$) — область, у якій енергія, що виділяється в сонячному ядрі, передається назовні, від шару до шару, у результаті послідовного поглинання й перевипромінювання електромагнітних хвиль. Плавню розподіляючись по дедалі збільшуваному об'єму речовини, енергія (і, відповідно до закону Віна, довжина) електромагнітних хвиль поступово зменшується від $10^{11} - 10^{12}$ Дж (γ - і жорстке рентгенівське випромінювання) на границі з ядром до 10^{16} Дж (жорсткий ультрафіолет) на границі з конвективною зоною, де густина плазми становить близько $0,16 \text{ г/см}^3$ за тиску до 10^{13} Па й температури до 106 К.

Конвекційна зона

Ближче до поверхні Сонця виникає вихрове перемішування речовини, й перенос енергії здійснює переважно власне речовина. Такий спосіб передання енергії називається конвекцією, а підповерхневий шар Сонця, де вона відбувається, — конвекційною зоною. За припущеннями дослідників Сонця, її роль у фізиці сонячних процесів особливо велика, тому що саме в ній зароджуються різноманітні рухи сонячної речовини й магнітні поля. Зона конвекції ($0,29 R$) простягається майже до видимої поверхні Сонця. У ній відбувається безперервне перемішування (конвекція) сонячної речовини зі

швидкістю від 1 м/с у глибині зони до 2–3 м/с на границі з фотосферою. Крім вертикальних, висхідних і низхідних потоків плазми, у конвективній зоні спостерігаються локальні, зональні й меридіональні плинні від екватора до полюсів зі швидкістю до 30 м/с. Взаємодія цих рухів сонячної речовини спричиняє ефект динамо-механізму, що породжує магнітне поле Сонця. В енергію магнітного поля перетворюється до 0,1% від всієї теплової енергії Сонця, яка надійшла в конвективну зону. На дні конвективної зони із 22-річною періодичністю накопичується намагнічена плазма, яка створює потужний магнітний шар. Ряд учених припускає існування над ним ще декількох зон генерації магнітних полів; та, що розміщена найвище, має квазідворічну періодичність. Біля границі з фотосферою формуються осередки супергрануляції; в області інтенсивного перемішування речовини генеруються потужні акустичні (звукові) коливання. На глибині 0,8–0,9 R з'являються перші нейтральні атоми: спочатку Гелію, потім — Гідрогену, вище їх концентрація збільшується. Вище простягається атмосфера Сонця, у якій виділяють ряд таких областей: фотосфера, хромосфера та корона.

3. Внутрішня будова й структура атмосфери; об'єкти і явища, спостережувані в сонячній атмосфері

Фотосфера

Фотосфера (шар, що випромінює світло) завтовшки сягає ~320 км й утворює видиму поверхню Сонця. з фотосфери виходить основна частина оптичного (видимого) випромінювання Сонця, випромінювання ж із глибших шарів до неї вже не доходить. Температура у фотосфері досягає в середньому 5800°C. Тут середня густина газу становить менше 1/1000 густини земного повітря, а температура по мірі наближення до зовнішнього краю фотосфери зменшується до 4800°C. Водень за таких умов майже повністю зберігається в нейтральному стані. Фотосфера утворює видиму поверхню Сонця, від якої визначають розміри Сонця, відстань від поверхні Сонця й т. ін. Розміри гранул різні й становлять приблизно в середньому близько 700 км, «час життя» — поява й вгасання гранул — близько 8 хвилин (5–15 хвилин). Флуктуації яскравості незначні. Перевищення яскравості над середнім тлом становить 10%, що, за законом теплового випромінювання відповідає підвищенню температури над її середнім значенням на 130°C.

Розходження температур холодних і гарячих елементів сонячної грануляції становить 500°C. Швидкості вертикальних рухів цих елементів безпосередньо не можуть бути виміряні, надійно встановлений лише факт, що найбільш яскраві елементи піднімаються (наближаються) до спостерігача. Іноді в деяких областях, що розташовуються в зоні ± 30 від екватора, крім спокійної грануляційної картини, спостерігають сонячні плями й факели. Пляма темніша від навколишньої фотосфери. Потік променистої енергії в тіні плями ослаблений приблизно в 3 рази, що є наслідком зниження температури від 6000°C до 4500°C. Природно, що в спектрі плям це зниження температури відчутно, посилені лінії «більш низького порушення», молекулярні смуги. Видно також, що лінії трохи зміщені за шкалою довжин хвиль у короткохвильову область. Це дозволяє встановити на основі ефекту

Доплера, що на рівні фотосфери (у галузі освіти випромінюваних ліній) газ впливає із плями. зараз з'ясовують деякі нові особливості цього явища, названого ефектом Евершеда: рух назовні — від тіні до периферії — характерний лише для яскравих, гарячих волокон, холодний газ рухається в протилежному напрямку. У півтіні напрямок руху близький до горизонтального (газ розтікається уздовж магнітного поля). Плями зазвичай оточені цілою мережею яскравих ланцюжків — фотосферним факелом. Ширина ланцюжків дорівнює діаметру яскравих елементів (груп гранул), що їх утворюють, і становить 5000–10000 км, довжина досягає 50000 км. Факел — довгоживуче утворення, він часто не зникає протягом усього року, а група плям на його тлі «живе» близько місяця (найбільша пляма — до декількох місяців). Сумарна площа ланцюжків — волокон факела — приблизно в 4 рази більша за площу плями. Факели, правда, менш яскраві, зустрічаються незалежно від плям. Величина сумарної площі факелів у роки мінімуму сонячної активності незначна, але в роки максимуму сонячної активності може досягати до 10 % всієї поверхні Сонця. Волокна факелів чітко видні лише біля краю диска Сонця, де перевищення їхньої яскравості над тлом досягає 10–20 %. Оскільки біля краю диска проглядаються поверхневі шари, то таке перевищення яскравості свідчить про те, що температура верхніх шарів факела на 100–300°C вище, ніж незбуреної фотосфери. Усі явища сонячної активності, зокрема у фотосфері, пов'язані з виходом на поверхню Сонця магнітних полів. Магнітне поле розщеплює енергетичні рівні атома (ефект Зеємана), що призводить до появи в спектрі замість однієї лінії двох або декількох близьких компонентів. Уже перші виміри ефекту Зеємана, проведені на початку ХХ ст., показали, що поля в плямах досягають величин 0,15–0,3 Тл, причому такі поля реалізуються в областях з діаметром близько 20000 км.

Хромосфера

Хромосфера досягає висоти 7000 км, її температура змінюється від 4000 К (нижня хромосфера) до 100 000 К (верхня хромосфера). Можна побачити під час повного сонячного затемнення у вигляді вузького жовто-червоного кільця. Товщина хромосфери — 12–15 тис. км. Сонячна хромосфера досить неоднорідна: у ній наявні довгасті, схожі на язики полум'я утворення, так звані спікули. У хромосфері беруть початок і потужніші викиди газів, що піднімаються іноді до 250000 км (і більше), — *протуберанці*. Серед них виділяють два основних типи: стаціонарні, стійкі хмари газів, що повільно змінюються та перебувають у зваженому стані над хромосферою, і ті, які швидко змінюються, — еруптивні (вивержені), які з більшими швидкостями, що часом перевищують 700 км/с, відриваються від хромосфери, піднімаючись на більші висоти. Вони піднімаються, а потім або розсіюються в атмосфері, або падають назад, усередину хромосфери. Траплялися випадки, коли речовина протуберанця долала сонячне притягання й ішла у світовий простір. Протуберанці, так само як хромосферу, можна спостерігати під час повних сонячних затемнень, коли вони виступають через темний край місячного диска. Винайдено спектральні прилади, що дозволяють щоденно

спостерігати протуберанці і хромосферу. Спеціальний, дуже складний світлофільтр дає можливість спостерігати сонячний диск і його околиці в монохроматичному світлі й у ньому бачити розподіл тих або інших хімічних елементів у сонячній атмосфері: були виявлені скупчення, що містять надлишок водню,— так звані водневі флокули. Відомі також і кальцієві флокули. Регулярні спостереження дають можливість простежити за змінами флокул з часом.

Корона.

Над хромосферою розташована корона, яка поширена на відстані до 2000000 км від Сонця. Сонячна корона складається із двох частин — внутрішньої й зовнішньої. Внутрішня корона — це жовтувата безструктурна облямівка, що оточує хромосферу. зовнішня корона — довгі струмені срібlistих кольорів, «промені» неправильної форми, що відходять від Сонця на значні відстані. Вид сонячної корони не завжди однаковий. Це пов'язане з періодичною зміною сонячної активності. найбільш видовжена форма корони спостерігається під час мінімуму активності. Корона плавно переходить у міжпланетне середовище, її форма й інтенсивність випромінювання значною мірою залежить від фази циклу сонячної активності. Температура корони доходить до $1,8 \cdot 10^6$ К.

Корона — це тьмяне світне гало, утворене розпеченим газом навколо диска Сонця. Оскільки це світіння слабше за світіння Сонця, корона добре видна тільки під час повного сонячного затемнення, коли диск світила закритий Місяцем.

Корональні дуги

Магнітні поля сонячних плям утворюють скручені дуги поблизу поверхні Сонця — корональні дуги (арки). У них міститься плазма. Якщо магнітні лінії розриваються, то газ викидається в космос. Повна кількість енергії, випромінюваної Сонцем, становить $3,86 \cdot 10^{33}$ ерг/с, але лише одну двохмільярдну частину цієї енергії одержує земля. на поверхню площею 1 м^2 , розташовану перпендикулярно до сонячних променей за межами земної атмосфери, припадає 1,36 кВт променистої енергії Сонця. Ефективна температура Сонця — 5800°C .

Запитання до студентів у ході викладу нового матеріалу:

1. Чому температура сонячної корони вища від температури поверхні Сонця?
2. Де на Сонці і чому температура досягає сотень тисяч градусів?
3. Відносне тепловиділення людини складає 1 Вт/кг. Порівняти з відносним тепловиділенням Сонця.
4. Звідки з'явилися в речовині Сонця важкі хімічні елементи
3. Внутрішня будова й структура атмосфери; об'єкти і явища, спостережувані в сонячній атмосфері. *Сонячна корона*, температура якої сягає кількох мільйонів градусів. Речовина корони, яка постійно витікає у міжпланетний простір, називається сонячним вітром.

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

фотосфери з температурою 5780К. Виникає питання: що знижує температуру всередині плями. Плями на Сонці можуть існувати протягом кількох місяців, тому виникла гіпотеза, що якийсь процес гальмує конvekцію плазми у сонячній плямі і підтримує різницю температур. Зараз доведено, що таким «ізолятором» є сильне магнітне поле, яке взаємодіє з електрично зарядженими частинками плазми і гальмує конvekційні процеси всередині плями. Ще одна загадка активності Сонця захована в її періодичності — цикл зміни кількості плям повторюється приблизно через кожні 11 років. Максимуми плям припадали на такі роки: 1979, 1990, 2001. Плями зв'язані між собою магнітними силовими лініями подібно до полюсів магніту — кожна пляма має свою полярність. Так само як неможливо розділити північний і південний полюси магніту, так і сонячні плями існують тільки парами які мають різні магнітні полярності. Якщо врахувати полярність плям, то цикл сонячної активності триває приблизно 22 роки.

Вплив сонячної активності на Землю. Досліджуючи Сонце за допомогою супутників та АМС, астрономи виявили його сильне корпускулярне випромінювання. Наприклад, під час так званих хромосферних спалахів, які вибухають поблизу плям, виділяється потужна енергія, яку можна порівняти з випромінюванням всієї фотосфери Сонця. Не треба плутати спалахи з протуберанцями. *Протуберанці* (від латин. *protuberans* — здуваюсь) існують постійно — це щільні холодні хмари водню, які піднімаються у корону і рухаються вздовж магнітних силових ліній. Під час спалахів у міжпланетний простір викидаються потоки заряджених частинок, які летять зі швидкістю до 20000 км/с. Через кілька годин після спалаху корпускулярні потоки можуть долетіти до Землі та викликати збурення її магнітного поля та іоносфери. Хромосферні спалахи — вибуховий викид речовини і енергії, яка накопичена у магнітному полі сонячних плям. *Магнітна буря* — збурення магнітного поля Землі під впливом спалахів на Сонці. В цей час виникають неполадки в радіозв'язку, в електронних приладах.

Сонячна активність і біосфера Землі. Впливаючи на погоду і клімат, сонячна активність не може не впливати на рослинний світ. Було зібрано багато зрізів дерев з чітко вираженими річними кільцями. Серед них були зрізи секвойї віком 3200 років і дев'ятнадцяти 500-річних дерев. У всіх дерев визначали товщину річних кілець з точністю до 0,01 мм. Виявилось, що в роки максимумів сонячної активності приріст дерев був більшим, ніж у роки мінімумів. А те, що врожайність сільськогосподарських культур і відповідно ціни на них співвідносяться з кількістю сонячних плям, стало вже класичним прикладом. До сонячної активності небайдужий і тваринний світ. Тісно пов'язані з 11-річним циклом періоди підвищеного розмноження каракуртів, бліх, пустельної саранчі тощо. Останню в періоди між піками сонячної активності взагалі не можна виявити. До тваринного світу належать бактерії та віруси, що спричиняють різноманітні захворювання у людей і тварин. Через зміну їхньої чисельності та поведінки сонячна активність впливає на поширення епідемій і пандемій (розповсюдження хвороби на цілі країни та материки), а також на поширення епізоотій (масових захворювань тварин).

Як показав О.Чижевський, у роки високої сонячної активності виникають пандемії холери, грипу, дизентерії, дифтерії тощо.

Вплив сонячної активності на людину. Численні дослідження показали, що найчутливішими до змін напруженості геомагнітного поля, обумовлених сонячною активністю, є нервова і серцево-судинна системи людини. Вплив виявляється по-різному: через зміну електричних властивостей тканин людського організму; через вільні радикали у клітинах; через індукційні струми, що виникають в організмі під впливом геомагнітних полів; через зміну проникності клітинних мембран тощо. Як наслідок, у людей з хворобами серцево-судинної системи під час геомагнітних бур погіршується стан, збільшується число інфарктів та інсультів. У здорових людей змінюється сприйняття часу, сповільнюється рухова реакція, різко знижується короткочасна пам'ять, об'єм та інтенсивність уваги. Навіть у спеціально тренуваних людей - спортсменів вищого класу та льотчиків — зафіксовано підвищену кількість помилок при виконанні контрольних завдань. Різкі й часті збільшення збуреності геомагнітного поля, впливаючи на візерунок біопотенціалів мозку, погіршують сон. Все це відбивається на виконанні робіт, які вимагають точності та уваги, спричиняє збільшення травматизму на виробництві та кількості автотранспортних пригод. А люди з порушеннями функцій головного мозку в такі дні часто потрапляють на лікарняне ліжко. Сонячна активність впливає на систему крові людини. Під час геомагнітних бур швидкість згортання крові зменшується на 8%. А кількість білих кров'яних тілець - лейкоцитів, від яких, як відомо, залежить опірність організму різним інфекційним захворюванням, у роки активного Сонця знижується в 1,5-1,7 рази. Так що поширеність епідемій у цей час може залежати не лише від посилення діяльності патогенних мікроорганізмів. Отже, можна з упевненістю сказати, що ізоляція біосфери від дії космічних чинників відносна. Біосфера дуже чуйно реагує на зміну параметрів зовнішнього середовища. У зв'язку з цим дуже важливо вести регулярні спостереження за Сонцем і вміти аналізувати різні явища на ньому. Саме цим і займаються багато обсерваторій світу.

Еволюція Сонця. Теоретичні розрахунки показують, що такі зорі, як Сонце, ніколи не стануть чорними дірами, бо вони мають недостатню масу для гравітаційного стиснення до критичного радіуса. У стані гравітаційної рівноваги Сонце може світити 10^{10} років, але ми не можемо точно визначити його вік, тобто скільки часу пройшло від його утворення. Правда, за допомогою радіоактивного розпаду важких хімічних елементів можна визначити приблизний вік Землі — 4,5млрд. років, але Сонце могло утворитися раніше, ніж сформувалися планети. Якщо усе-таки зорі й планети формуються одночасно, то Сонце може світити в майбутньому ще 5 млрд. років. Після того як у ядрі весь Гідроґен перетвориться в Гелій, порушиться рівновага в надрах Сонця і воно може перетворитися у змінну пульсуючу зорю — *цефеїду*. Потім через нестабільність радіус Сонця почне

збільшуватися, а температура фотосфери знизиться до 4000K — Сонце перетвориться у червоного гіганта. На небосхилі Землі буде світити велетенська червона куля, кутовий діаметр якої збільшиться в 10 разів у порівнянні із сучасним Сонцем і буде сягати 5°. Блакитного неба на Землі не стане, бо світність майбутнього Сонця зросте у десятки разів, а температура на поверхні нашої планети буде більшою ніж 1000 K. Випаруються океани, і Земля перетвориться на страшну гарячу пустелю, чимось схожу на сучасну Венеру. У Сонячній системі така температура, як зараз на Землі, буде тільки на околицях — на супутниках Сатурна та Урана. У стадії червоного гіганта Сонце буде світити приблизно 100 млн. років, після чого верхня оболонка відірветься від ядра і почне розширюватися у міжзоряний простір у вигляді планетарної туманності. При розширенні напевно випаруються всі планети земної групи, і на місці Сонця залишиться білий карлик — маленьке гаряче ядро, у якому колись протікали термоядерні реакції. Радіус білого карлика буде не більшим, ніж у Землі, але густина сягатиме 10^{10} кг/м³. Білий карлик не має джерел енергії, тому температура його поверхні поступово знизиться, і остання стадія еволюції нашого Сонця — холодний чорний карлик.

Сонячна система утворилася 5млрд. років тому з велетенської хмари газу і пилу. А раніше замість цієї хмари існувала зоря, яка вибухнула як Наднова. Тобто наше Сонце належить вже до другого (а можливо й третього) покоління зір, що мають багато важких хімічних елементів, з яких утворилися планети земної групи.

Джерело сонячної енергії. Сонце і зорі світять тому, що в їхніх надрах відбуваються термоядерні реакції перетворення ядер атомів Гідрогену в ядра атомів Гелію. Ви вже знаєте, що маси зір у сотні тисяч разів, у мільйони разів перевищують масу Землі. Така величезна маса зумовлює надзвичайно сильний тиск верхніх шарів речовини зорі на речовину поблизу її центра. Температура і тиск вглиб зорі дуже швидко зростають: на поверхні Сонця температура видимої поверхні Сонця становить близько 6000K, у центрі Сонця — температура зростає до 15000000 K за тиску $2 \cdot 10^{18}$ Па. У надрах більш масивних зір температура і тиск ще вищі. Зорі майже цілком складаються з водню і гелію: Сонце містить 71 % водню, 26,5 % гелію і лише 2,5 % інших, важких хімічних елементів.

Підсумок.

Що ми дізналися на занятті ?

$R_c = 109R_z$, $M_c = 1,99 \cdot 10^{30}$ кг = 330000 M_z , $V_c = 1,3 \cdot 10^6$ м³

Середня густина — усього 1,4 г/см³, хоча в центрі Сонця вона досягає 150 г/см³. Прискорення вільного падіння на поверхні Сонця дорівнює 27,9 g, а друга космічна швидкість — 618 км/с.

Щомиті Сонце випромінює $3,84 \cdot 10^{26}$ Дж енергії, що в масенергетичному еквіваленті відповідає зменшенню маси на 4,26 млн тонн за секунду. Температура поверхні Сонця дорівнює 5800К, у центрі Сонця температура досягає 15000000 К.

- зоряна величина Сонця дорівнює $-26,7^m$; це найяскравіший об'єкт на земному небі.

- Сонце обертається навколо осі, нахиленої до площини земної орбіти на $82^\circ 45'$. (на екваторі кутова швидкість — 1 оберт за 25 діб, біля полюсів — 1 оберт за 30 діб).

- Внутрішня будова Сонця — ядро (зона термоядерних реакцій), зона променистого переносу, конвекційна зона; атмосфера Сонця — фотосфера, хромосфера, сонячна корона.

- Активні утворення: плями, спікули, флокули, протуберанці, сонячні спалахи (причина — магнітне поле Сонця). Ці термоядерні реакції називаються реакціями протон-протонного циклу. Водень — «зоряне паливо», що згоряє у надрах зір, для того щоби вони могли жити й світити. Із часом біля центра Сонця й інших зір водню дедалі меншає, натомість гелію — більшає.

Наше Сонце — жовта, середня за своїми характеристиками зоря класу G, яка живе вже протягом 5мільярдів років і буде світити ще майже 8 мільярдів років.

Енергетика Сонця й зір заснована на термоядерних реакціях — процесах перетворення одних елементарних частинок в інші, що супроводжуються синтезом більш важких атомних ядер з більш легких і відбуваються за високих температур і тисків із виділенням величезної кількості енергії. Наше Сонце й інші зорі можна порівняти з надпотужними — потужністю в мільярди мільярдів земних водневих бомб! — природними термоядерними бомбами, що безупинно вибухають протягом мільйонів і мільярдів років. Чому ж цей надпотужний вибух не розриває, не розпорошує зорю в космічному просторі? Цьому заважає сила всесвітнього тяжіння. Маса зір настільки велика, що сила тяжіння заважає речовині зорі розлітатися в навколишньому просторі, притягує його до центра зорі.

Сонце й зорі — природні термоядерні реактори із гравітаційним утриманням плазми. Термоядерні реакції в надрах Сонця й зір «саморегулюються».

на поверхні землі реєструються електромагнітні поля із частотою $10^4 - 10^5$ Гц і найбільшою інтенсивністю в діапазоні наднизьких частот, що чутливо реагують на будь-які прояви сонячної активності. Так, через 1,5–2 доби після спалаху на Сонці напруженість магнітного поля в іоносфері на частоті 8 Гц змінюється більш ніж у 10 разів. В епоху максимумів сонячної активності

зростає число інфарктів й інсультів, випадків виробничого й дорожнього травматизму, епідемічних захворювань.

Зміна радіального приросту сосни протягом 90-річного циклу (у мм)

Усереднена за циклами сонячної активності кількість захворювань холерою в Росії в 1823–1923 рр. (за О.Л.Чижевським) завдання земної екології передбачають здійснення астрономічних спостережень, а також спостережень із космосу не тільки за землею, але й за Сонцем і ближнім космосом. У міру свого розвитку сучасна технологічна цивілізація стає дедалі більш уразливою до дії космічних факторів. Сонячна активність впливає не тільки на магнітосферу, атмосферу й біосферу землі, але й на техніку, створену людьми. У роки активного сонця:

- погіршується зв'язок у короткохвильовому, високочастотному й ультрависокочастотному діапазонах, телефонний і телеграфний зв'язок, особливо в освітленій сонцем півкулі й під час іоносферних бурь;
- спотворюються дані геомагнітних зйомок;
- відбуваються збої й катастрофи в енергетичних мережах;
- посилюється корозія магістральних трубопроводів;
- зменшується строк експлуатації ШСЗ через посилення гальмування у верхніх шарах атмосфери, що розбухає (15.07.2000 р. вийшла з ладу космічна рентгенівська обсерваторія ASCA (Японія)).

Слабко захищені від потужних проявів сонячної активності електронні й комп'ютерні системи й мережі, системи навігації, системи керування й контролю атомних станцій та військових об'єктів.

1999 року була розроблена «шкала космічної погоди», що стало першою спробою здійснити систематичне дослідження всього комплексу явищ сонячно-земних зв'язків, потенційно небезпечних для земної цивілізації. Виділяються 3 категорії явищ: геомагнітні бурі, радіаційні бурі й порушення радіозв'язку. Кожна категорія розділяється на 5 рівнів: незначний (1 бал); помірний (2 бали); сильний (3 бали); дуже сильний (4 бали) і екстремальний (5 балів). найнебезпечніші екстремальні геомагнітні бурі, що призводять до цілковитого знеструмлення мереж електроживлення, появи сильних струмів у трубопроводах і практично повного припинення радіозв'язку на всіх частотах. Екстремальні радіаційні бурі спричиняють небезпечне опромінення космонавтів, екіпажів і пасажирів висотних літаків. У цей час на землі 88 % всієї енергії людство одержує за рахунок спалювання природного вуглецевого палива (щорічно спалюють 4 млрд тонн вугілля, 3,5 млрд тонн нафти, десятки трильйонів кубометрів газу, деревину, торф і т. ін.), що забруднює навколишнє середовище на 60%. Ідея використання

«безкоштовної» сонячної енергії для потреб земної енергетики лягла в основу застосування космічних технологій:

1. Орбітальні відбивачі-рефлектори для освітлення окремих полярних.
2. Орбітальні сонячні електростанції: проекти розроблені в Росії, США, західній Європі і Японії. Проект КСЕ 2000 року передбачає виведення на екваторіальну орбіту експериментальної японської станції потужністю 10 МВт.

XXI ст. США планує створити 60 КСЕ потужністю 5ГВт кожна з переданням енергії на землю у вигляді мікрохвильового променя. Існуючі сонячні батареї мають ККД близько 30 %.

VI. Закріплення нового матеріалу.

Тест:

1. Сонце — це...:
 - а) зоря;
 - б) планета;
 - в) комета.
2. Маса Сонця...:
 - а) дорівнює масі Місяця;
 - б) дорівнює масі землі;
 - в) у 333 000 разів більше за масу землі;
 - г) в 3 мільярди разів більше за масу землі.
3. Сонце — це...:
 - а) червона зоря класу М;
 - б) жовтогаряча зоря класу К;
 - в) жовта зоря класу G;
 - г) біла зоря класу А.
4. назвіть правильний варіант твердження.
 - а) Сонце — найбільша з відомих зір;
 - б) Сонце — найменша з відомих зір;
 - в) Сонце збігається за розмірами із землею;
 - г) Сонце більше за землю за розмірами в 109 разів;
5. Температура на поверхні Сонця дорівнює...:
 - а) 3000°C;
 - б) 4500°C;
 - в) 10000°C;
 - г) 6000°C.

ВИСНОВКИ :

Основним джерелом енергії для нашої цивілізації є Сонце, яке дає не тільки тепло, але й суттєво впливає на всі процеси, що відбуваються на Землі. Ми визначили розмір, масу, температуру і світність Сонця; знаємо, що джерелом сонячної енергії є термоядерні реакції, які відбуваються в його надрах, і розгадали причину зниження температури у сонячних плямах. Але залишаються нерозгаданими причини сонячної активності та 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.

У космосі постійно відбуваються народження нових зір із газопилових туманностей та вибухи старих, коли утворюються нові туманності. Сонячна система утворилася близько 5 мільярдів років тому з велетенської газопилової хмари, яка виникла на місці вибуху старої зорі. У стані рівноваги Сонце буде світити ще кілька мільярдів років і потім перетвориться на червоного гіганта, який знищить все живе на Землі

Контрольні запитання

1. Як розуміти поняття «поверхня Сонця»?
2. Що таке гранули? Що таке спікули?
3. Як змінюється температура в атмосфері Сонця?
4. Що на сьогодні відомо про хімічний склад Сонця?
5. На якій підставі зроблений висновок про те, що Сонце обертається не як тверде тіло?
6. Що спричиняє появу плям на поверхні Сонця?
7. Що таке протуберанці?
8. Що відомо про вплив окремих проявів сонячної активності на організм людини?

VII. Домашнє завдання

Л.1 §12 с. 101 тести. Ресурси мережі Інтернет.