

**Національний центр аерокосмічної освіти
молоді ім. О.М.Макарова
Заочна аерокосмічна школа
«Всесвіт»**

Наукові дослідження в Космосі.

Методична розробка і завдання №2

Підготував
к.т.н., доцент
Шевцов В.Ю.

Передмова

Питання, які розглядаються далі, надзвичайно цікаві і перш за все тому, що вони торкаються уявлень про ту частину Всесвіту, яка з одного боку майже не вивчена, з іншого боку з сивої давнини притягає до себе людський зір, хвилює його розум, кличе до космічних подорожей. Але, як мовиться в прислів'ї: "не знаючи броду не ходи у воду", так, не знаючи того, що чекає астронавтів за межами Землі, неможливо науково обґрунтувати ні вихід людини в космічне безмежжя, ні її існування в космосі, ні передбачити наслідки її діяльності. Тому впродовж нашої розмови ми поговоримо про дослідження космічного простору, про дослідження планет та зірок, про вплив космічних процесів на земні процеси та явища.

1. Дослідження космічного простору.

Під космічним простором розуміють середовище, що починається на висотах більше 100 км над Землею, де щільність атмосфери стає настільки малою, що майже не впливає на рух космічних апаратів. Уже з висоти близько 50 км атмосфера іонізована і називається іоносферою, і тому рух космічних апаратів на низьких орбітах (від 200 до 400 км) це рух у надзвичайно електризованому середовищі. Взаємодія космічного апарату з таким середовищем впливає на тепловий режим, на роботу електронної апаратури, заряджає корпус до високих потенціалів, що в свою чергу, викликає явище коронного розряду. Ще вище, з висоти ~ (400-500) км, а над Бразильською магнітною аномалією з 200-300 км, відчутною стає дія магнітного поля Землі, конфігурація якого є своєрідним капканом для елементарних частинок: протонів та електронів. Область навколоземного простору, в якій вздовж силових ліній магнітного поля рухаються заряджені частинки, називається радіаційним поясом Землі. Радіаційний пояс поділяють на внутрішню та зовнішню зони. У внутрішній зоні, яка досягає висоти 3000 км, рухаються протони високих енергій, які мають надзвичайно велику проникливу здатність і тому дуже небезпечні для екіпажів космічних кораблів. Саме тому орбіти таких кораблів знаходяться на висотах від 200 до 400 км, поза межами дії радіаційного поясу. Вище 300 км знаходиться зовнішній радіаційний пояс, в якому рухаються частки невисоких енергій, здебільшого електрони. Найбільш небезпечні зони від 2500 до 10000 км, де радіаційна доза може складати від 1 до 800 бер за 1 добу. Під радіаційною дозою розуміють кількість поглиненої енергії до маси речовини (що її поглинає):

$$D = \frac{E}{m} \left[\frac{\text{Гр}}{\text{г}} \right].$$

Радіаційна доза вимірюється в радах:

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \frac{\text{Гр}}{\text{г}} = 100 \frac{\text{єд}}{\text{г}} = 6,24 \cdot 10^7 \frac{\text{єд}}{\text{г}}.$$

В залежності від складу випромінювання вводять поняття біодії в берах:

$$H = D \cdot k k ,$$

де **КК** — коефіцієнт відносної біологічної дії рентгенівського випромінювання.

Для сонячного космічного випромінювання (СКВ) $КК=1$, для галактичного космічного випромінювання (ГКВ) $КК=3-7$, для радіаційних поясів $КК=1,0-1,4$.

В залежності від часу дії радіації та її інтенсивності залежать значення допустимої дози, від 50 бер за місяць до 150 за 10 місяців для членів космічного екіпажу.

З приведених значень видно, яка небезпека чекає астронавтів, що знаходяться в зоні радіаційних поясів під час сонячного спалаху, коли доза може досягти 100 і більше рад на добу. Радіація дуже негативно впливає на роботу сонячних батарей, вихід енергії з яких знижується за рік на 20-30%, руйнує оптичні поверхні, виводить з ладу електронне обладнання, а тому без потреби в таких зонах краще не знаходитись, а під час польотів проминути їх якомога швидше.

Але й за радіаційними поясами космічний простір не дарує легкого життя. Там на людину та її творіння чекають СКВ та ГКВ.

Інтенсивність сонячного космічного випромінювання (СКВ) не постійна і залежить від стану Сонця. В склад СКВ входять протони (90%), гелій(9%) та інші елементи (1%). В складі галактичного космічного випромінювання ГКВ також переважають протони (94%), гелій (5,5%) та інші елементи (0,5%). На відміну від СКВ, яке залежить від стану Сонця, ГКВ майже не змінює своєї інтенсивності, а його щільність одна й та ж в усіх напрямках. Окрім СКВ, Сонце випромінює в усьому спектрі довжини хвиль. Щільність сонячного випромінювання залежить від відстані і розраховується по формулі:

$$E(R) = E_{\odot} \left(\frac{R_{\text{Землі}}}{R} \right)^2,$$

де E_{\odot} — сонячна постійна на відстані однієї астрономічної одиниці (відстань Землі від Сонця, яка дорівнює $\approx 150 \cdot 10^6$ км). За кордонами атмосфери $E_{\odot} = 0,136 \text{ Вт/см}^2 = 1,36 \text{ кВт/м}^2$.

Радіаційний потік від Сонця є основним джерелом теплоти, що впливає на тепловий режим космічних апаратів. Енергія сонячного випромінювання за допомогою фотоелектричних перетворювачів (сонячних батарей) перетворюється в електричну енергію і живить КА.

Сонячне випромінювання чинить тиск на освітлені частини тіл. При повному ~ поглинанні проміння значення тиску обернено пропорційне відстані в квадраті від Сонця:

$$f = \frac{P_0}{R^2},$$

де $P_0 = 4,547 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2 \approx 0,5 \text{ мкПа}$ — тиск сонячного випромінювання на відстані 1 а.о.

Існує ідея використання тиску сонячного випромінювання в рушійних системах "сонячний парус" по аналогії зі звичайним парусом.

На астронавтів в космосі чекає ще одна небезпека — метеоритна. Метеорити поділяються на дві великі групи: кам'яні (силікатні) та залізні (металеві). В загальному складі кам'яних 92%, залізних близько 6%, змішаних — 2%. Частота зустрічей з метеоритами залежить від їх розмірів. Кількість метеоритів з масою більшою за вибрану для відліку може бути підрахована по формулі: в 1 секунду на квадратний метр. З формули видно, що зустріч навіть з метеорами масою 10^{-4} - 10^{-5} г надзвичайно рідке явище. В космосі КА зустрічається перш за все з космічним пилом, розміри якого до одного мікрона.

Частинки з розмірами до 0,5 мікрона відчують тиск сонячного проміння сильніше, ніж сили тяжіння, і саме тому ми спостерігаємо кометні хвости, напрямок яких протилежний напрямку до Сонця. Частинки з масою більше 10^{-5} г, які рухаються з швидкістю більше 15 км/с можуть пробити оболонку КА і викликати його розгерметизацію. Проникнення метеорних частинок може призвести до вибухових процесів і пожеж (якщо в КА киснева атмосфера), а також порушення роботи як наукових приладів, так і допоміжних комплектуючих систем.

Ще одним негативним для людини явищем є невагомість, яка виникає тоді, коли на тіло діє лише сила тяжіння при відсутності будь-яких поверхневих сил. Невагомість впливає на фізичні процеси, що протікають в системах та агрегатах КА внаслідок відсутності конвективного теплообміну та гідростатичних сил. За відсутністю останніх, рідини під дією сил поверхневого натягу прагнуть прийняти форму кулі, а це, в свою чергу, може призвести до аварійних ситуацій під час запуску двигунів, а також в тих випадках і там, де в невагомості починають працювати агрегати, функціонування яких пов'язане з рідинами. Політ в невагомості потребує також фіксації всіх предметів, апаратури, тих речей, якими користуються космонавти, щоб вони не почали літати під дією конвективних потоків повітря. Невагомість негативно впливає на фізіологічні функції космонавтів, на склад крові, на кістково-м'язовий апарат, орієнтацію, розвивається детренованість серцево-судинної системи.

З іншого боку невагомість дає можливість застосування ажурних, тонких і дуже легких конструкцій при будівництві великогабаритних споруд, таких як орбітальні станції,

радіотелескопи, електростанції та тому подібне. В технології невагомість дозволяє отримувати надзвичайно однорідні по складу речовини, а також речовини з заданими характеристиками.

І нарешті, багато несподіванок чекає на КА в вакуумі. Відомо, що температура кипіння рідини залежить від тиску навколишньої атмосфери. В умовах наднизького тиску починає кипіти вода в тілі людини, що призводить її до загибелі. В умовах вакууму випаровуються всі конструкційні матеріали і, в першу чергу, органічні матеріали, які розпадаються по всьому об'єму конструкції. Важливою для КА є вимога герметичності, або збереження заданих характеристик різних приладів і систем в польоті. Наявність нещільностей та мікрокапілярів призводить до зниження тиску і викликає ряд негативних явищ, таких як зміна коефіцієнтів тертя, випар мастила та холодного зварювання поверхонь тертя.

Швидкість випаровування речовини в вакуумі підкоряється формулі Ленгмюра:

$$G = 11,69 P_H \left(\frac{m}{T} \right)^{0,5},$$

де P_H — тиск насиченого пару даної речовини, в пуазейлях — Пз,

M — молярна маса речовини, г/моль,

T — температура випаровуючої поверхні, K^0 .

З точки зору наукових досліджень вакуум дуже цікавий ще і як стан матерії, особливо, якщо взяти до уваги те, що нам відомо лише два стани матерії: речовина та вакуум.

2. Дослідження Сонця та зірок.

Дослідження Сонця — важлива наукова задача, рішення якої присвячена велика кількість запусків КА. Вже перші КА виявили секторальну структуру міжпланетного магнітного поля, зв'язок між активністю сонячних спалахів та напруженістю цього поля, розширили уявлення про взаємозв'язок між сонячною активністю і погодою на Землі, а також з радіозв'язком та з процесами в іоносфері, з процесами в живій оболонці планети. Дослідження Сонця дають єдину можливість вивчення зірок, бо найближчі зорі від нас знаходяться в системі Альфи та Проксими Центавра на відстані 1,3 парсека ($1 \text{ пс} = 3,26 \text{ світлових років} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км}$). Після виявлення в 1784 році змінних зірок (Дельта цефея) — цефеїд, вчені зрозуміли, що не всі зірки стабільні, більше того, навіть такі зірки, як наше Сонце, весь час розвиваються і змінюються. За останні десятиріччя астрономи виявили багато екзотичних небесних тіл, в тому числі квазари, зіркоподібні об'єкти, які віддалені від нас на мільярди світлових років, і світимість яких така ж, як світимість цілих галактик. Спостерігаючи за такими об'єктами, можна зазирнути в минуле Всесвіту, зрозуміти процеси його еволюції. Для дослідження квазарів та інших астрономічних об'єктів використовується ультрафіолетове, рентгенівське, гама-, радіо-, та оптичне випромінювання. Саме за допомогою ракет-зондів були виявлені перші джерела рентгенівського випромінювання, і серед них пульсари — нейтронні зірки з масою, близькою до сонячної, і з розмірами в кілька кілометрів. Період обертання пульсарів навколо осі не перевищує в більшості випадків кількох секунд. Нейтронні зірки утворюються після вибуху наднових зірок, світимість яких під час вибуху стає такою ж, як світимість цілих галактик, але після вибуху вона знижується до значень, характерних для найслабкіших зірок.

Ще одним, надзвичайно цікавим об'єктом є чорні дірки. Якщо після вибуху наднової сила тяжіння буде більша за ядерні сили відштовхування між нейтронами, то може статися повний гравітаційний колапс з утворенням так званої чорної дірки. Гравітаційне поле чорної дірки таке сильне, що за межі тіла (сфера Шварцшільда) не вийде жоден об'єкт, в тому числі і випромінювання. Такий об'єкт стає невидимим, і тому носить назву "чорної дірки", але його можна виявити завдяки взаємодії з іншими небесними тілами, в результаті якої виникає рентгенівське випромінювання. За останні роки відкрито багато "кандидатів" в "чорні дірки", в тому числі в центрах галактик, та в центрах кульових скупчень, але достовірних даних про те, що це саме чорні дірки, ще немає.

Великий інтерес вчених викликають також так звані взаємодіючі галактики. Природа таких "взаємин" невідома. Одні вчені говорять про "зіткнення" галактик, інші про народження нових

"джерел" старих, треті — про звичайну взаємодію за допомогою сил тяжіння. Між тим такі об'єкти випромінюють надзвичайно велику енергію в радіодіапазоні.

Всі згадані об'єкти зоряного неба, як уже мовилось вище, знаходяться дуже далеко, в той час як Сонце всього на відстані в $150 \cdot 10^6$ км.

Сонце є звичайною зіркою і знаходиться на відстані ≈ 10 кілопарсек від центру Галактики. Відносно ближніх зірок воно рухається з швидкістю ≈ 20 км/с в напрямку сузір'я "Геркулес" і робить один оберт навколо центру Галактики за $230 \cdot 10^6$ років. Маса Сонця становить 99,866% маси Сонячної системи. Період обертання Сонця навколо своєї осі 26,87 діб, швидкість на екваторі ≈ 2 км/с. Температура в центрі Сонця (за розрахунками) близько 10^7 К, а щільність — 10^5 кг/м³. Потужність випромінювання $4 \cdot 10^{26}$ Вт. Енергія, випромінювана Сонцем, забезпечується ядерними реакціями перетворення водню в гелій, проте ця модель піддається критиці деякими вченими, які заперечують механізм ядерних реакцій на тій підставі, що в їх процесі повинні утворюватись частинки — нейтрино, але в експериментах по їх виявленню до цього часу вони не зафіксовані. Цікаву модель світимості зірок запропонував відомий астроном Козирев, згідно з якою через наш Всесвіт тече могутня ріка енергії, і якщо на її шляху "збудувати греблю", то перепад "висоти" дозволить обертати "генератори енергії". Такою "греблею" є сила тяжіння зірки, випромінювання якої — та енергія що, переливається через "греблю", падаючи "вниз".

Найбільш розповсюджений елемент на Сонці водень. Число атомів гелію в 7-8 разів менше, а всі інші елементи складають долі одного відсотка. Верхню частину Сонця складає атмосфера. Майже все випромінювання іде з нижніх шарів атмосфери, які називаються фотосферою. Товщина фотосфери від 100 до 300 км, а температура 4500^0 - 6000^0 К. Верхня частина атмосфери називається хромосферою. Під фотосферою знаходиться конвективна зона, яку складають гранули (деяке уявлення про неї можна отримувати розглядаючи соняшник), з розмірами до 700 км і часом існування до кількох годин. В активних зонах хромосфера має вихрову структуру, в ній спостерігаються протуберанці (плазматичні волокна в короні Сонця), більш щільні й холодні, ніж навколишнє середовище. Типовий протуберанець має форму "арки". В хромосфері спостерігаються сонячні спалахи — короточасні, від декількох хвилин до години, збільшення яскравості окремих частин хромосфери, здебільшого навколо сонячних плям. Зовнішня і здебільшого розріджена частина сонячної атмосфери називається сонячною короною. Сонячну корону можна спостерігати під час затемнення Сонця як сріблясто-перлисте сяйво. Сонячна корона простягається на кілька сонячних радіусів і переходить в сонячний вітер. На поверхні Сонця спостерігаються сонячні плями — темні утворення, які складаються з темного ядра і розташованої навколо нього півтіні. Розміри сонячних плям до 200 000 км, а температура на 1000^0 - 1200^0 К нижче, ніж в навколишній атмосфері. Сонячні плями існують від кількох діб до кількох місяців і тісно пов'язані з сонячною активністю.

3. Дослідження Землі та планет.

Вже на початку космічної ери людство оцінило ті можливості, які надає космічна техніка для дослідження Землі. Вже у 1960 році за допомогою метеорологічних супутників "Тірос" були отримані фотозображення земної кулі, на яких можна роздивитись сліди розчистки лісів в Канаді. З низьких орбіт видно зародження і шлях циклонів, місця, зволожені дощами, скупчення снігу, поля з хворими культурами, зміни, що відбуваються на Землі. Космічне спостереження дозволяє отримати інформацію про родючість ґрунтів, наявність вологи в ґрунті, ураженість рослин хворобами та комахами, найбільш перспективні ділянки для виробництва сільськогосподарської продукції. Однією з перших галузей застосування зображення земної поверхні була картографія, яка дозволила уточнити карти майже усіх районів світу. Картографія дозволяє краще вибирати траси залізниць і газових магістралей, вона незамінна при будівництві іригаційних споруд та народногосподарських комунікацій. Фото та телезображення з КА дозволяють налагодити контроль за використанням лісових багатств, ерозією ґрунту, станом річок і озер, за екологією промислових зон. За допомогою КА можна отримати інформацію про стан води в океані, про поверхневі течії, про промислові скупчення риби, про забруднення води

біля берегів, про збереження та використання рибних запасів. КА стають в пригоді при прокладанні маршрутів суден з урахуванням океанічних течій, при проектуванні споруд у відкритому морі, при метеорологічних спостереженнях та прогнозах зміни клімату, при плаванні суден у скупченнях криги в Льодовитому океані та біля Антарктиди, при розвідці корисних копалин. Особливу роль КА відіграють при контролі за екологією суші, води та повітря.

Значна частина планетарних досліджень — це дослідження Місяця та планет Сонячної системи. Вже перші польоти КА до Місяця дозволили одержати інформацію про відсутність у Місяця магнітного поля та радіаційних поясів, сфотографувати його зворотну сторону, а також отримати якісні фото та телевізійні зображення поверхні, придатні для вибору місць посадки майбутніх експедицій на Місяць. За допомогою місячних станцій "Луна" вперше в світовій практиці був досліджений ґрунт іншої планети. Склад ґрунту Місяця значно відрізняється від земного, та найбільшу загадку для вчених представляють його сполуки з киснем, що можуть утворюватися лише в умовах атмосфери, яка б мала в своєму складі кисень. Наявність таких сполук може бути вагомим доказом того, що колись Місяць мав атмосферу і, можливо, найпростіші форми органічного життя. Але найвизначніша роль Місяця в тому, що саме на його поверхню вперше серед небесних тіл стала нога людини. Це зробив американський астронавт Н.Армстронг в 1969 році. Починаючи з запуску першого ШСЗ багато уваги приділяється дослідженню планет Сонячної системи. Та найбільшу увагу до себе завжди привертала Венера та Марс, як перші кандидати в планети, де може існувати життя. Дослідження радянських та американських КА принесли багато несподіванок. Виявилось, що Венера не має ні магнітного поля, ні радіаційних поясів і що на поверхні тиск атмосфери досягає 90 ± 15 атм, а її температура становить близько 475° С. В складі атмосфери більше всього вуглецю, мало води, але досить висока концентрація сірчаної кислоти. Завдяки останній в атмосфері Венери зареєстрована висока грозова активність, в середньому до 25 ударів блискавок в секунду. Один з розкатів грому продовжувався протягом 15 хвилин. На поверхні Венери було виявлено плато розмірами 3200×1600 км, яке розташоване на 5 км вище навколишньої території. В іншому місці була виявлена аномальна ущелина довжиною 1400 км, шириною до 280 км і глибиною 4,6 км. Є на Венері і вулкани. Найбільший з них Максвелл, висота якого сягає 12 км, діаметр підніжжя » 1000 км, а діаметр кратера » 100 км. Швидкість вітру навколо поверхні 1—2 м/с, на висоті 50 км збільшується до 70—120 м/с. З такою швидкістю плінуть над Венерою хмари. Шар хмар розташований між 48 та 70 км над поверхнею. І хоч щільність їх невелика, та завдяки великій товщині сонячні промені майже не досягають поверхні, але й їх достатньо, щоб нагріти поверхню до високих температур завдяки парниковому ефекту, який виникає завдяки тому, що вуглецева атмосфера з домішками водяної пари не пропускає теплового випромінювання поверхні в космічний простір.

Не має магнітного поля та радіаційних поясів і Марс. Тиск атмосфери Марса на рівні поверхні складає всього один відсоток від земного, а в склад атмосфери входить 95% вуглецю, 2,7% азоту та в незначній кількості аргон, кисень та водяна пара. Поверхня Марсу кольору іржі має вигляд пустелі з розкиданим камінням. Незважаючи на малу щільність атмосфери, з КА були зареєстровані дуже сильні пилові бурі. Так, в 1971 році КА Марінер зафіксував пилову бурю на всій поверхні Марсу впродовж двох місяців. На поверхні Марсу є свої визначні утворення, наприклад, ущелина довжиною в 1/5 периметра планети (3700 км), шириною 250 км і глибиною 7 км. З недіючих вулканів на Марсі найбільший «Олімп» висотою 28 км і діаметром у підніжжя 550 км.

Води в стані рідини на Марсі не знайдено, але є ознаки обширної водяної ерозії. Ознак життя на Марсі не виявлено, та вчені мають надію, що при більш детальних дослідженнях хоча б найпростіші форми життя будуть знайдені.

Дослідження зовнішніх планет Сонячної системи були розпочаті в 1972 році з запуску КА "Піонер-10". Вже перші КА відчули на собі силу радіаційних поясів Юпітера, інтенсивність яких в 10000 раз більша за земну, а магнітне поле планети сягає орбіти Сатурна. Атмосфера Юпітера надзвичайно турбулентна з постійно змінюючими одна одну масами червоного, помаранчевого, жовтого, коричневого та синього кольорів. Серед рухливих виходів лишається нерухомою велика

червона пляма, довкола якої проти годинникової стрілки рухаються маси хмар і яка спостерігається як дивне і незрозуміле утворення астрономами протягом сторіч. Треба підкреслити, що виділення енергії планетою більше за ту, яка надходить до Юпітера від Сонця. Можливо, що це є доказом ядерних процесів в ядрі Юпітера, можливо також, що додаткова енергія утворюється за рахунок стискання планети. Навколо Юпітера обертається 15 супутників, найбільші з яких Іо, Європа, Ганімед і Каллісто відкриті ще в 1610 році Г.Галілеєм і називаються галілеєвими. Ці супутники представляють собою, по суті, самостійні планети. Найбільш цікавою особливістю цих супутників є те, що ні одна теоретична модель не дає розуміння процесів їх утворення. Так Іо має велику щільність скельних порід і надзвичайно високу вулканічну активність. Вояджер-1 зафіксував одночасне виверження 8 вулканів, які викидали здебільшого сірку на висоту до 250 км. Товстий шар, в декілька кілометрів сірки та її сполук, вкриває поверхню Іо. На відміну від Іо Європа, Ганімед і Каллісто — крижані планети, які на 20%, 40% і 50% складаються з криги. Є у Юпітера і кільце, та воно не таке визначне, як у Сатурна. Кільце Сатурна це ціла множина загадок, на які ще немає відповіді. Це і вите кільце F, темні утворення, що нагадують спиці колеса, в кільці B, складна система вихрів в поділі Кассіні. В кільці були відкриті ще 6 нових супутників, завдяки чому їх кількість збільшилась до 23. Найбільшим серед них є Титан, в атмосфері якого домінує азот, а не метан, як припускалось раніше. Має Сатурн і свою "червону пляму".

Багато цікавого принесли дослідження й інших планет Сонячної системи, а ще більше запитань і, відповідно, для нових ваших кроків за обрій.

4. Постановка завдання по наукових дослідженнях в космосі.

Чим глибше проникає Людина в космос, тим більше вона накопичує знань про ближній та дальній космос, про зірки і планети. Та чим більше Людина знає, тим більше запитань, тим більше виникає нових проблем для дослідження. І серед найбільш актуальних треба відзначити такі:

- природа земного магнетизму, магнітні поля інших планет, магнетизм в галактиці;
- вплив радіаційних поясів на працездатність КА;
- вплив радіації на живі організми, захист від радіації;
- метеоритна небезпека, захист від космічного пилу та метеоритів;
- невагомість та її вплив на фізичні та біологічні процеси;
- природа джерел енергії Сонця та зірок;
- фізика незвичайних астрономічних об'єктів у Всесвіті;
- фізика та структура галактик, будова Метагалактики;
- структура Сонця, процеси на Сонці та їх вплив на земні процеси, Сонце і життя на Землі;
- походження Землі та планет;
- вивчення Землі і планет з космосу;
- наукові дослідження в ближньому космосі;
- класифікація КЛА за призначенням, їх структура та будова в залежності від призначення;
- екологія Землі з космосу, контроль екологічного стану Землі за допомогою КЛА;
- наукові дослідження планет, можливості їх досліджень.

Окрім перерахованих завдань, можна вибрати для написання реферату й інші, але при умові, що вибрана задача буде торкатися проблем фізики, космосу, досліджень планет та зірок, проблем Землі, пов'язаних з космосом, та досліджень земних процесів і явищ з допомогою КЛА. Вимоги до написання реферату залишаються незмінними, тобто:

- об'єм не більше 12 аркушів;

- в рефераті ви повинні почати з постановки завдання, чи проблеми, потім перейти до викладу своїх міркувань, досліджень, літературних даних по даній проблемі і закінчити реферат висновками;
- до реферату треба подати список використаної літератури.

Бажаємо успіху!

Рекомендована література:

1. Космонавтика. Енциклопедія, Радянська енциклопедія, М., 1985.
2. Гетланд К. Космічна техніка. Видавництво "Мир", М., 1986.
3. Космічні апарати. п/к К.П.Феоктистова, Воєнне видавництво, М., 1983.

Крім переліченої літератури, Ви можете користуватися літературними джерелами, які зможете знайти та використати в роботі над рефератом.