

Міністерство освіти і науки України  
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
Фізико-математичний факультет  
Кафедра фізики

Дипломна робота  
магістра

з теми: **«ВКЛАД ОРБІТАЛЬНИХ ТЕЛЕСКОПІВ НА РОЗВИТОК  
КОСМОЛОГІЧНОЇ КАРТИНИ ВСЕСВІТУ»**

Виконала студентка II курсу F1-M21 групи  
спеціальності 014 (Фізика)

**Мусатюк Юлія Іванівна**

Керівник: **Поведа Р.А.**,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри фізики

Рецензент: **Щирба В.С.**,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
професор кафедри комп'ютерних наук

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕЛЕСКОП ХАББЛ. ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ І ВИРОБНИЦТВА.....	7
1.1 Спостережні дані про прискорене розширення Всесвіту .....	9
1.2 Гравітаційне червоне зміщення .....	9
1.3 Закон Хаббла .....	10
1.4 Баріонна («звичайна») матерія, темна матерія та темна енергія як складові Всесвіту .....	11
1.5 Гравітаційне лінзування як прояв темної матерії .....	14
РОЗДІЛ 2. ЗДОБУТОК ТЕЛЕСКОПА КЕПЛЕРА .....	16
2.1 Космічний апарат .....	17
2.2 Хід місії .....	20
РОЗДІЛ 3. НАСЛІДКИ РЕНГЕНІВСЬКОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ CHANDRA. 23	
3.1 Розробка.....	24
3.2 Технічні характеристики .....	26
РОЗДІЛ 4. КОСМІЧНИЙ ТЕЛЕСКОП ІМЕНІ ДЖЕЙМСА ВЕББА .....	32
4.1 Історія .....	33
4.2 Місія та цілі .....	36
4.3 Будова телескопу .....	37
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	48

## ВСТУП

Невідомо, де і коли зародилась астрономія. Необхідність людини орієнтуватися в просторі, систематизувати свій час та передбачувати такі події, як моменти розливу річок і час польових робіт, а також прагнення зрозуміти і пояснити те, що вони бачили — призвело до раннього розвитку цієї науки. Тому, панує думка, що астрономія зароджувалась там, де в ній була потреба — скрізь. Однак найдавніші писемні свідчення про регулярну астрономічну діяльність виявлено у вавилонських клинописних текстах, найбільш ранні з яких датовані рубежем II-I тисячоліття до н. е..

Будь-який поділ історії існування астрономії є умовним, так Іван Климишин в своїй роботі «Історія астрономії» виділив такі епохи: міфологічна — найраніший період, коли люди пояснювали незрозумілі їм явища божественним походженням; епоха зародження астрономії (IV тисячоліття до н. е. — близько 350 до н. е.) — формуються основні поняття астрономів та перші здогади про фізичну природу навколишнього світу; епоха геоцентризму (орієнтовно від Аристотеля до Коперника) — досягнуто високого рівня у моделюванні спостережуваного з Землі руху небесних тіл; епоха титанів (період життя Коперника, Браге, Кеплера, Галілея і Ньютона) — доведено єдність фізичної природи Землі і планет, сформульовані основні закони динаміки, закладено фундамент небесної механіки тощо; епоха тріумфу теорії гравітації (XVIII-XIX століття); епоха розквіту релятивістських теорій і всехвильової астрономії (XX століття) — період тісної співпраці астрономії й фізики[1,с.54].

На перших етапах свого розвитку астрономія становила єдине ціле з астрологією. Їх остаточне розділення відбулося в Європі епохи Відродження. Інші науки, що досліджують позаземні об'єкти (астрофізика, космологія тощо), також раніше розглядалися як частина астрономії, але в XX столітті вони виділилися як окремі[1,с.87].

**Актуальність теми.** В ході еволюції людське око набуло найбільшу чутливість до ділянки електромагнітного спектру, який найкраще проходить через земну атмосферу. Тому і астрономічні спостереження з найдавніших часів

ведуться у видимому діапазоні. Проте вже в кінці XIX століття астрономам стало зрозуміло, що «повітряний океан» з його неоднорідностями і непередбачуваними течіями створює занадто багато перешкод для подальшого розвитку наземних телескопів. Якщо при визначенні положення зір на небозводі, всі ці похибки в основному усувалися статистичними методами, то спроби отримати зображення небесних тіл з високою роздільною здатністю, виявлялися безуспішними, навіть в місцях з найкращим астрокліматом. При спостереженні з поверхні Землі досконалі телескопи могли забезпечити стандартне розширення близько половини кутової секунди, в ідеальних випадках – до чверті секунди. Теоретичні розрахунки показували, що переміщення телескопа за межі атмосфери дозволило б на порядок поліпшити його можливості (в ультрафіолетовій частині спектру можна було б отримати майже в 20 разів більш високе розширення).

**Об'єкт дослідження** – космічні телескопи, які знаходяться на орбіті і детально вивчають Всесвіт.

**Мета дослідження** - розглянути основні характеристики телескопів, які працюють на стаціонарних орбітах

**Завдання дослідження** - проаналізувати відомі орбітальні телескопи та оцінити їх вплив на космологічну картину Всесвіту.

Моє дослідження складається із 48 сторінок, на яких розміщено: вступ, 4 розділи, у яких я детально проаналізувала найвідоміші космічні телескопи, висновок та список використаних джерел. Для роботи я опрацювала 6 книг, 2 періодичних видання, та 3 інтернет сайти

З давніх давен людину вабило зоряне небо. Щоб досліджувати небесні об'єкти, необхідно проводити астрономічні спостереження. Найбільш простими й популярними є спостереження неозброєним оком та за допомогою оптичного обладнання.

Тому і астрономічні спостереження з найдавніших часів ведуться у видимому діапазоні. Проте вже в кінці XIX століття астрономам стало зрозуміло, що «повітряний океан» з його неоднорідностями і непередбачуваними течіями створює занадто багато перешкод для подальшого використання наземних

телескопів. Якщо при вимірах положення зірок на небі, всі ці похибки в основному усувалися статистичними методами, то спроби отримати зображення небесних тіл з високим розширенням, виявлялися безуспішними навіть в місцях з найкращим астрокліматом. Спостерігаючи з поверхні Землі, сучасні телескопи могли забезпечити стандартне розширення близько половини кутової секунди, в ідеальних випадках – до чверті секунди. Теоретичні розрахунки показували, що виведення телескопу за межі атмосфери, дозволило б на порядок поліпшити його можливості (в ультрафіолетовій частині спектру можна було б отримати майже в 20 разів більш високе розширення).

Космічні телескопи, які знаходяться на орбіті і детально вивчають Всесвіт, пройшли велетенський шлях від найпростішого телескопу XVII століття до автоматичних гігантів в космосі, відкриваючи планети в інших сонячних системах. Винахід телескопа дав можливість досліджувати зоряне небо, але у кожного земного телескопа, яким би він потужним не був, є безліч факторів, що заважають здійснювати якісні астрономічні спостереження.

Ідея розташування телескопа на орбіті Землі, де його роботі нічого не буде заважати, з'явилася ще в 40-ві роки минулого століття в роботах німецького інженера Германа Оберта, але теоретичне обґрунтування цьому висунув у 1946 році американський астрофізик Лайман Спітцер. Він опублікував статтю «Астрономічні переваги позаземної обсерваторії» (англ. *Astronomical advantages of an extra-terrestrial observatory*). У статті відмічені дві головні переваги такого телескопа: по-перше, його кутова роздільна здатність буде обмежена лише дифракцією, а не турбулентними потоками в атмосфері; по-друге, космічний телескоп міг би вести спостереження в інфрачервоному ультрафіолетовому, рентгенівському та гамма діапазонах, випромінювання яких поглинається земною атмосферою [7,с.124].

Космічна астрономія стала активно розвиватися після Другої світової війни. У 1946 році вперше був отриманий ультрафіолетовий спектр Сонця. У другій же половині XX ст. здійснилися слова Костянтина Цюлковського: «Лише з

моменту застосування реактивних приладів розпочнеться нова велика ера в астрономії: ера поглибленого вивчення зоряного неба» [3, с.78].

Перший орбітальний телескоп був запущений Великобританією в 1962 році, а Сполученими Штатами Америки – 1966р. Успіхи цих апаратів остаточно переконали світову наукову громадськість у необхідності побудови великої космічної обсерваторії, яка буде здатна досліджувати навіть найвіддаленіші об'єкти Всесвіту.

Орбітальні телескопи працюють в різних діапазонах частот: гамма-випромінювання, рентгенівське випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, видиме випромінювання, інфрачервоне випромінювання, мікрохвильове випромінювання і радіовипромінювання

## ВИСНОВКИ

У підсумку можна зробити такі висновки:

1. вивчивши теоретичний матеріал на тему, встановили, що є велика різноманітність телескопів, дізналися історію їх створення.

2. Сконструювавши модель телескопа, можна спостерігати тіла Всесвіту.

З давніх часів спостерігають астрономи за процесами, що відбуваються у Всесвіті. Їх відкриття пов'язані, як правило, з появою нових винаходів та технологій. Використання телескопа призвело до різкого стрибка кількості відкриттів та суттєвого розширення області знань про космічні об'єкти. Подальше збільшення потужності астрономічних приладів продовжувало збільшувати кількість відкриттів, зроблених з їх допомогою. Сучасна апаратура здатна виявляти навіть невидимі для ока космічні випромінювання. Завдяки таким приладам протягом XX- XXІ століття у Всесвіті було зроблено більше відкриттів, ніж за історію людства.

З першого запуску і до сьогодні пройшло вже понад півстоліття. За цей період було запущено в космос велику кількість телескопів, але деякі з них відрізнялися від інших своєю характеристикою та зробленим внеском в астрономічну науку.

- «Кеплер» – космічний телескоп (Kepler) призначений для пошуку планет в інших сонячних системах. Названий на честь німецького астронома і математика Йоганесса Кеплера, запущений 6 березня 2009 року. «Кеплер» відкрив сотні екзопланет. З понад 2500 кандидатів в планети, близько 150 виявилися підтвердженими, в їх числі є і землеподібні екзопланети
- «Чандра» – космічний телескоп (Chandra) є рентгенівською лабораторією. Названий на честь астрофізика Субрахманьяна Чандрасекара, був запущений NASA 23 липня 1999 року. Оснащений камерою високої роздільної здатності, спектрометрами. Обсерваторія розроблялася ще в 1976 році, але через урізання бюджету, довелося скоротити оснащення телескопа.

- «Габбл» – космічний телескоп (Hubble), названий на честь американського астрофізика Едвіна Габбла, запущений 24 квітня 1990 року Спільний проект орбітальної обсерваторії NASA і ESA, який розвивають США і Європа. Оснащений ширококутною камерою, спектрографом, високошвидкісним фотометром. До телескопа, вже на орбіті, було відправлено чотири місії для ремонту і обслуговування. За 26 років телескоп «Габбл» зробив надзвичайно велику кількість фотографій, спостережень та відкриттів, найвагоміші з них:
- за допомогою вимірювання відстаней до цефеїд у скупченні галактик у сузір'ї Діви було уточнено значення сталої Габбл. Зображення телескопа «Габбл» спостережень орбітального телескопа похибка визначення сталої оцінювалася в 50%, спостереження дозволили підвищити точність до 10%;
- «Габбл» надав високоякісні зображення зіткнення комети Шумейкера-Леві 9 з Юпітером 1994 року;
- вперше отримано карти поверхні Плутона і Ериди;
- вперше спостерігалися ультрафіолетові полярні сяйва на Сатурні, Юпітері і Ганімеді;
- отримано додаткові дані (зокрема, спектрометричні) про планети поза сонячною системою;
- знайдено велику кількість протопланетних дисків навколо зірок у Туманності Оріона
- доведено, що процес формування планет відбувається у більшості зірок Чумацького Шляху;
- частково підтверджено теорію про надмасивні чорні діри в центрах галактик, на основі спостережень висунуто гіпотезу, що пов'язує масу чорних дір із властивостями галактики
- за наслідками спостережень квазарів побудовано сучасну космологічну модель: Всесвіт розширюється з прискоренням і заповнений темною енергією, уточнено вік Всесвіту – 13,7 млрд. років;
- виявлено еквіваленти гамма-спалахів в оптичному діапазоні (1995 р.);



- 2004 року було сфотографовано ділянку, розміром одну тридцятимільйонну частину площі неба (Hubble Ultra Deep Field), з ефективною витримкою близько 106 секунд (11,3 діб). Отримане зображення містить декілька тисяч тьмянних галактик, що дозволило продовжити вивчення віддалених галактик аж до епохи утворення перших зір. Вперше було отримано зображення протогалактик, перших згустків матерії, які сформувалися менш, ніж через мільярд років після Великого Вибуху. Порівняння цієї ділянки з іншою, розташованою в іншій частині неба (Hubble South Deep Field), підтвердило гіпотезу про ізотропію Всесвіту;
- відкрито понад 1500 нових галактик, серед них GN-z11 – найвіддаленіший з відомих об'єктів у Всесвіті станом на березень 2016 року . Світлина ділянки неба з найбільш віддаленою галактикою

Оскільки технічні місії до обсерваторії Hubble більше неможливі (через припинення польотів американських кораблів багаторазового використання), її технічне використання з часом буде лише скорочуватися, а обладнання – застарівати. Його передбачуваний «замінник», названий на честь колишнього директора американського космічного відомства Джеймса Вебба (JWST – James Webb Space Telescope) , буде орієнтований в основному на ближній інфрачервоний діапазон. Пов'язано це з тим, що в результаті розвитку технології адаптивної оптики, що компенсує вплив неоднорідностей атмосфери, наземні обсерваторії незабаром зможуть робити знімки небесних об'єктів з «габбловським» розширенням, витрачаючи на це набагато менше коштів і зусиль, ніж потрібно для виведення їх на орбіту.

Можливості «Джеймса Вебба» значно перевищують можливості «Габбла». Цей телескоп буде мати дзеркало 6,5 метрів в діаметрі (діаметр дзеркала «Габбла» – 2,4 метра) з площею збирання поверхні 25 м<sup>2</sup> і сонячним щитом, розміром з тенісний корт. Телескоп планується розташувати в точці Лагранжа системи Сонце-Земля .

«Джеймс Вебб» зможе здійснити подорож у далеке минуле Всесвіту – від 100 до 250 млн років після Великого Вибуху. Крім того, він не «налаштований»

на видимий спектр, його спеціалізація – інфрачервоний діапазон спектру. Тим не менш, «Джеймс Вебб» може фіксувати і візуальне випромінювання.

Основна проблема таких великих проектів, як «Джеймс Вебб» і «Габбл» – бюджет. Що перший, що другий проект вийшли за бюджетні рамки. Але, оскільки значна частина бюджету вже освоєна, нічого не залишається, окрім як продовжувати реалізацію планів.

У випадку з «Габблом» ситуація була ускладнена ще і тим фактом, що дзеркало було спочатку неправильно встановлено. Це вплинуло на можливості телескопа, і минуло багато часу, ніж помилка була відкоригована. Порівняльні розміри дзеркал об'єктивів телескопів Проект майбутнього телескопу «Джеймс Вебб» за допомогою зовнішньої експедиції, під час якої були встановлені додаткові корекційні лінзи.

Що стосується «Джеймса Вебба» – всі технічні недоречності, що стосувалися телескопа «Габл», були враховані. Як зазначалося попередньо, новий телескоп планується встановити в точці Лагранжа. Якщо щось піде не так, проект доведеться згорнути. Тим не менше, шанси на успішну реалізацію проекту досить значні.

Незважаючи на те, що будівництво високотехнологічного космічного телескопа «JWST» (James Webb Space Telescope) ще триває, а його запуск планується тільки в 2018 році. Це зовсім не заважає астрономам вже зараз починати думати про наступний проект – 12-метровий космічний телескоп, який займеться пошуком доказів існування позаземного життя.

Тим не менш, транспортування 12-метрового телескопа в космос буде зовсім далеко не простим завданням. Наприклад, телескоп імені Джеймса Вебба, вартістю 8,7 мільярда доларів і розміром з тенісний корт, який дозволить астрономам розгледіти далеке минуле, має діаметр основного дзеркала 6,5 метра. Однак порівняно з новим телескопом, будівництво якого почнеться не раніше 2030 року, «JWST» буде виглядати як дитяча іграшка

. Завдання цієї майбутньої місії, реалізація якої почнеться не раніше 2030 року, як і раніше, буде полягати в пошуках відповідей на два основних питання:

чи одні ми у Всесвіті і як будівельні елементи та матеріали нашого Всесвіту розвивалися в процесі еволюції?

Перед вченими і інженерами стояли та стоять безліч технічних завдань і випробувань, які обов'язково потрібно буде вирішити. Але думати про наступника «JWST» вже зараз – саме час. Може, 2030 рік і здається на даний момент досить віддаленим майбутнім, однак за вимірами астрономії це всього лише мить

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Энциклопедический словарь юного астронома/ Сост. Н.П. Ерпылев. – М.: Педагогика, 1980-245 с.
2. Іваникін С.М. Астрономічна енциклопедія. – К., 2002. – 305 с.
3. Ковалевський Ж. Современная астрометрия. – М., 2005.- 376 с.
4. Климишина А.І. та Корсунь О.А. Астрономічний енциклопедичний словник Львів: ЛНУ ГАО НАНУ, 2003. 547 с.
5. Підгорний О. З історії телескопобудування Харків.1998.304 с.
6. Підгорний, І.А. Ткаченко Пошук молодих.. Збірник матеріалів Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції [«Технології компетентнісноорієнтованого навчання природничо-математичних дисциплін» Херсон, 2015р) 485 с.
7. Сост. Н.П. Ерпылев М.А.Энциклопедический словарь юного астронома .:Педагогика, 1980-245 с.
8. Десять цікавих фактів про телескоп James Webb // The Universe. Space. Tech.. 2021. 13 грудня.
9. Олег Фея. Наступник «Габбла» // Український тиждень. 2022. 6 січня
10. WEBB SPACE TELESCOPE PRIMARY MIRROR FULLY ASSEMBLED  
url: [www.nasa.gov/mission\\_pages/webb/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/webb/main/index.html)
11. Телескоп Хаббл url: [www.uk.wikipedia.org/wiki/Габбл\\_\(телескоп\)](http://www.uk.wikipedia.org/wiki/Габбл_(телескоп))
- 12.. Сучасна астрономія url: [https://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=44545](https://esu.com.ua/search_articles.php?id=44545)