

Самостійна робота №3

2год.

ТЕМА . Будова і еволюція Всесвіту

Тема. Історія розвитку уявлень про Всесвіт.

Мета :

Виховна: ознайомитись з утворенням та еволюцією Всесвіту, охарактеризувати теорію великого вибуху, описати основні етапи еволюції Всесвіту, вміти пояснити існування «темної» енергії та «темної» матерії, обґрунтувати факт прискореного розширення Всесвіту, мати сучасні уявлення про будову Всесвіту та його еволюцію.

Розвиваюча: розвиток навичок самостійної роботи з навчальним матеріалом.

Виховна: виховання мотивів навчання.

Тип заняття: формування та вдосконалення вмінь і навичок.

Вид контролю : усне опитування.

Використана література :

1. М.П. Пришляк. Астрономія 11 кл. 2011р. підручник для загальноосвітніх навчальних закладів.
2. <http://doseng.org/web/36469-pr>. Цікава астрономія
3. Ресурси мережі Інтернет

Методичні вказівки : студент повинен ознайомитись з утворенням та еволюцією Всесвіту, мати сучасні уявлення про будову Всесвіту та його еволюцію.

Теоретичний матеріал

Питання про будову та закономірності будови Всесвіту завжди стояли перед людством. І відповідно до розвитку культури, техніки, знань про явища, що оточують людей, людство намагалося відповісти на питання про суть Всесвіту.

Розглянемо в хронологічній послідовності уявлення людства про будову Всесвіту на кожному історичному етапі розвитку і знайдемо загальні закономірності в уявленнях людства про Всесвіт. На мій погляд, краще за все було розглянути питання, що цікавить, з точки зору розвитку астрономії. Адже саме так можна більш точно відобразити еволюцію уявлень людства про будову Всесвіту, до того ж у хронологічному порядку. Для розкриття теми оброблена велика кількість літературних джерел, аналіз схожих та відмінних поглядів різних народів у зв'язку з історичним розвитком людства. Згадки на дану тему у літературних джерелах зустрічаються достатньо часто. Проте ці факти даються без аналізу історичної ситуації та у багатьох випадках не акцентується увага на нових відкриттях, їх революційності;

відсутній зв'язок між аналізом відкриттів та історичної епохи. Розглянемо цю тему з точки зору розвитку людства, технічної бази та релігійних поглядів конкретної епохи.

Д а в н і й Є г и п е т. Життя давніх єгиптян залежало від розливу ріки Ніла. Це змусило давньоєгипетських жерців зіставляти початок розливу ріки із виглядом зіркового неба. Вони встановили, що перед початком великого розливу зірка Сотіс (Сиріус) після 70 днів невидимості вперше сходить на небо. Також саме єгиптянам належить звичай ділити добу на 24 години, згодом вони встановили, що рік триває 365 днів. Давні єгиптяни уявляли собі Землю у вигляді великої прямокутної долини, що простяглася з півночі на південь. Посередині долини начебто тече Ніл. Оточують долину гори, там тече Небесний Ніл, по якому плаває човен бога Сонця. А плоске залізне небо тримається на чотирьох стовпах. До нього підвішені зірки невидимими нитками.

Д а в н і й К и т а й. Одним з осередків давньої культури був Китай. Тут також вирішувалось багато питань стосовно астрономії. Китайці ретельно слідкували за всіма змінами у небі. Так, першим точно визначеним сонячним затемненням є затемнення 6 вересня 776 році до н.е. Пізніше, протягом 242 років, їх у Китаї було зафіксовано 37. Також велися записи що до комет та сонячних плям, та все це у 213 році до н.е. було втрачено через необачність одного з імператорів. Ретельно слідкували китайські астрономи і за Місяцем. Вони встановили, що синодичний місяць (проміжок між двома послідовними фазами Місяця) триває 29,5 діб.

Д а в н і й В а в и л о н. Відомо що у Вавилоні ще 750 років тому був створений підручник з астрономії у якому був список всіх відомих на той час зірок, відомості про планети, Місяць, пори року. Що стосується уявлень про будову Всесвіту, то вавилоняни мали дві основні моделі будови світу. Згідно з першою, Земля має вигляд круглого острова, що плаває у світовому океані. Небо - порожньо тіла полусфера із каменя, що опирається на земну поверхню з прикріпленими до нього зірками та планетами. Воно відокремлює «нижні» води (тобто океан) та «верхні» води (дощові). Сонце вранці сходить на небо через Східні ворота, здійснює свою подорож тривалістю в день, а ввечері через Західні ворота спускається під Землю. Небо складається з 2-х «поверхів», де живуть боги. По аналогії, земля складається з 3-х «поверхів»: на верхньому жили люди, на середньому - бог Еа, та царство мертвих - на найнижчому. Згідно із другою моделлю Світу, «верхня», північна частина Землі має вигляд гігантської піраміди із сьома сходами, вершина ж її знаходиться у хмарах. «Нижня», південна частина Землі має такий самий, але перевернутий вигляд. У «верхній» частині мешкають живі, а у «нижній» - мертві люди. Обое пірамід розмежовуються чотирма морями га навкруги них знаходяться сім концентричних сфер (небес), кожною з яких володіє один із

богів у такій послідовності: Сін, Шамаш, Набу, Іштар, Мардук та Німіб. Планета, кожна з яких мала таким чином свого правителя, знаходилася саме на цих сферах. Після планет іде сфера нерухомих зірок, що опоясана Зодіаком (пояс із 12 палаців).

Д а в н я І н д і я. Від давньоіндійських астрономів лишилося дуже мало праць. Проте гіпотез про будову Світу від індійців ми маємо чимало. Одна з найпопулярніших гіпотез була така: земну півсферу підтримують 4 слони, що стоять на великій черепаші. Інша гіпотеза була дуже схожою з уявленнями персів та деяких інших народів Сходу про будову Світу. Згідно з нею, першоосновою з усіх речей була вода, якою був заповнений весь світовий простір. Через деякий час вода захвилювалася та почала пінитися. З цієї піни з'явилося яйце, що розкололося, та з нього вийшов бог Брахма. Одна з двох половинок яйця стала небом, інша - Землею. Що стосується зірок, то у давньоіндійській священній книзі про них сказано так: «Вітер посуває зірки навкруги полюса, до якого вони прив'язані невидимими для людей нитями...»

Д а в н я Г р е ц і я. У відкриттях астрономії давньогрецькі вчені наряду з іншими народами Давнього Світу досягли неймовірних результатів. Під час аналізу спостережень за небесними тілами за допомогою земних наук та у першу чергу математики Евкліда, грецькі мудреці навчилися визначати форму небесних тіл, їх відстань одне від одного та їх взаєморозташування у просторі. Астрономи Еллади не тільки реєстрували, як це робилося до них, а й намагалися зрозуміти причини того, що відбувалося на небі. Робота астрономів античної Греції була не тільки обміркованою, а ще й результативною. Кількість населення Еллади росла з великою швидкістю. Через це люди вирушали у довготривалі морські подорожі у пошуках нової, придатної до життя, землі. У морі вони звичайно орієнтувалися по зірках, окремим їх групам. Про це, зокрема, розповів ще у VIII ст. до н.е. давньогрецький поет Гомер, описуючи подорожі славнозвісного Одисея.

Батьківщиною давньогрецької філософії була Іонія з її двома найбільшими містами - Ефесом та Мілетом. А першим із виданих грецьких філософів був Фалес Мілетський (бл. 624-547 рр. до н.е.). Відомо, що у давній Греції існував посібник по навігаційній астрономії. Фалес написав посібник приблизно у VI до н.е. Та на цьому давньогрецький мислитель не хотів зупинятися. Відповідно до космологічних уявлень Фалеса, першоосновою всього у природі є вода, саме з неї й утворилася Земля. Що ж стосовно форми нашої планети, то, на думку грека, вона являє собою круглий диск, що плаває у річці Океан. Трохи пізніше, близько 500 року до н.е., перший грецький географ Гекатей Мілетський привів навіть діаметр цієї плити - близько 8000

км... Проте вже у той час у освічених греків, що плавали через Середземне та Чорне моря, не могло не виникнути сумнівів щодо справедливості такої картини будови Землі. Адже якщо б Земля була плоскою, то зіркове небо повинно було б мати практично однаковий вигляд із якої-завгодно її точки. В дійсності ж, спостерігач, рухаючись, наприклад, на північ, помічає, що деякі добре відомі йому зірки перестають ховатись за горизонт, тоді як у південній частині неба окремі зорі та сузір'я зовсім стають невидимими. Причину цього явища можна пояснити лише тим, що Земля вигнута у напрямку з півночі на південь. Саме до цього висновку дійшов учень Фалеса Анаксимандр (бл. 610-546 рр. до н.е.). На його думку, Земля має форму циліндру, вісь якого співпадає з напрямком схід-захід, а висота складає - його ширини. Відповідно до Анаксимандра, першою за все була не вода, а первинна «невизначена матерія» - «апейрон», що є нескінченною і вічною та існує у русі, переходячи від одного стану до іншого. Ця невизначена матерія спочатку виділила із себе протилежності - тепло та холод, завдяки яким і утворились конкретні речі світу. В першу чергу, із взаємодії тепла та холоду утворилася вода. Її висихання зумовило виникнення вогню, повітря та землі. Зокрема, «при виникненні нашого Світу із одвічного початку виділився дітородний початок теплого та холодного, із нього утворилася вогняна сфера, що охопила повітря та оточила Землю, схоже на те, як кора дерево. Коли вогняна сфера розірвалася та замкнулася у декілька кілець, утворилися Сонце, Місяць та зірки». Анаксимандр стверджував, що таких світів, як наша планета у Всесвіті може бути величезна кількість. Також, відповідно до Анаксимандру, Земля, знаходячись у просторі, ніким і нічим не підтримується. А ось як поясняв будову Світу інший філософ мілетської школи - Анаксімен (бл. 585 - бл.525 рр. до н.е.). Перш за все повинно бути повітря: «З нього утворюється все та повертається все назад». При цьому, як повітря розріджується, він стає вогнем, а при тому, як воно згущується, то утворюються хмари, вода, земля, каміння. А з усього цього виникає усе інше. «Світ, єдиний з усього, не створений ніким із богів та ніким із людей, а він був, є й буде вічно живим вогнем, що закономірно запалюється та закономірно згасає», - це слова видатного мислителя, основоположника діалектики Геракліта Ефеського (бл. 544 - бл. 470 рр. до н.е.). У VI столітті до н.е. у грецькій колонії на півдні Італії виникла Піфагорійська школа, засновником якої був філософ Піфагор (бл. 580 - 500 р. До н.е.). Піфагорійці вчили, що першоосновою всього та мірою всіх речей є числа. Саме цю надуману «гармонію чисел» вони і намагалися відшукати у природі (а точніше нав'язати їй). Як вважають, саме Піфагор уперше висловив думку про те, що Земля має форму кулі. На це його

наштовхнули спостереження фаз Місяця, адже лінія, яка відокремлює його світлу та темну частини поверхні, є кривою. А це неможливо при плоскій формі супутника. Більш докладну космологічну картину у світлі Піфагорійських ідей начертав Філолай (бл. 470 - бл. 399 рр. до н.е.). Він висунув здогадку, що у центрі знаходиться не Земля, а центральний вогонь – «хестіа», і що усі відомі космічні тіла обертаються навкруги цього вогню. При цьому Земля наче обертається навкруги своєї осі так, що у кожний момент часу центральний вогонь ми бачити не можемо. Саме ж Сонце - прозора, як скло, куля, яка відбиває світло, що падає на нього від цього вогню. Ще Філолай припускав, що існує ще і «Протиземля», яку ми просто не можемо бачити, адже вона весь час знаходиться за центральним вогнем. Першим, хто поставив перед собою за мету виміряти відстань до небесних світил був грек Аристарх Самоський (бл. 310 - бл. 250 рр. до н.е.). Лише він здогадався, що після деяких вимірів та розрахунків стає можливим встановити відстані у системі Сонце - Земля - Місяць. З розрахунків Аристарха випливає, що:

- Радіус Сонця 7 радіусів Землі;
- Радіус Місяця $\frac{7}{19}$ радіусу Землі;
- Відстань від Землі до Місяця 19 радіусів Землі;
- Відстань від Сонця до Землі 361 радіусу Землі та 19 відстаней від Землі до Місяця.

Це була перша праця у історії астрономії, у якій відстані між небесними тілами були визначені на основі досліджень. На основі своїх розрахунків, Аристарх Самоський стверджував, що об'єм Сонця у 343 разів більше за об'єм Землі. І це, очевидно, і привело пізніше філософа до висновку, що Сонце, як велике тіло, розташоване у центрі Світу, і що Земля разом з іншими планетами обертається навколо нього. Та докази, за допомогою яких Аристарх обґрунтовував правильність геліоцентричної моделі Світу до нас не дійшли. Те, що Земля є кулею, достовірно обґрунтував Аристотель, бо, за його словами: «У протилежному випадку за часів місячних затемнень ми не бачили б на Місяці такого круглого сегменту. А оскільки місячне затемнення виникає через земну тінь, то і Земля повинна б була мати вигляд кулі». Таким чином, вже Аристотелю була відома довжина великого круга, що опоясував нашу планету, його площа - 400 тис стадій. Провівши відповідні розрахунки можна побачити, що радіус Землі виходить перебільшеним аж у 1,6 рази. Та для того часу це було досить революційно. Сьогодні всі згодні з тим, що завдяки праці давньогрецького астронома Гіпарха (бл.185-125 рр. до н.е.) астрономія почала оформлюватися у точну науку. Гіпарх першим почав систематичні астрономічні спостереження та їх всебічний математичний

аналіз, він розробив теорію руху Сонця і Місяця, метод передбачення (із точністю до однієї - двох годин) затемнень, заклав основи сферичної астрономії та тригонометрії. Та відкриття прецесії-переміщення точки весняного рівнодення назустріч Сонцю, є найважливішим з усього зробленого Гіпархом. Хоча не останнє місце займає визначення Гіпархом тривалість синодичного місяця, до речі з дуже високою точністю. Не дивлячись на те, що всі люди під час своїх спостережень за небом у давні часи керувались однією ціллю - знайти відображення свого повсякденного життя, все одно у кожного народу сформувалися власні погляди на будову світу. Найбільш спільною думкою у античні часи було уявлення (та скоріш переконання), що Земля є центром Всесвіту, що навколо неї і тільки навколо неї рухаються усі інші планети, зірки та космічні тіла. Великих результатів серед інших народів давнього світу досягли грецькі вчені. Вони перші перейшли від простого спостереження космічних і природних явищ до вивчення процесів, що їх спричиняють. Багато давніх народів уявляли Землю великим островом, оточеним морями, ріками тощо, та що Земля має кулеподібну форму дійшов тільки Аристотель, та хоча він і достатньо гарно обґрунтував цей факт, для тодішніх людей кулеподібна форма їх планети лишалась парадоксальним ствердженням. Проте у кожній країні Давнього світу були окремі, достатньо специфічні думки, що з погляду людини XXI сторіччя є зрозумілими та не потребуючими пояснень. Наприклад, тільки давньогрецьким вченим удалося науково обґрунтувати, що Місяць має кулеподібну форму. І хоча лєвова доля астрономічних відкриттів припадає лише починаючи з кінця Середньовіччя, все одно, відкривши ту ж прецесію та встановивши тривалість синодичного місяця, вчені Давнього світу вже зробили не малий внесок у розвиток астрономії. Столиця арабської держави - Багдад, стала центром наукової діяльності арабів. Зокрема, тут вже у 829 році була створена перша на той час астрономічна обсерваторія. Протягом IX століття арабською мовою було перекладено багато праць грецьких астрономів. Скоро після цього з'явилися «Зіджі» - оригінальні праці ісламських астрономів. На початку X ст. Великих успіхів досягли астрономи Багдаду та Дамаску. Так, у 927 році ними за допомогою вимірюючого шнура була виміряна дуга меридіану та встановлена довжина його круга у 40700 км. Тоді ж було отримано нове значення прецесії, 1 за 66 років. Найбільш відомими у Західній Європі були праці Абу Абдаллаха Мухаммада аль-Баттані (бл. 850-929 pp). Цей вчений з великою точністю визначив довжину тропічного року, відкрив зміщення сонячного апогею відносно зірок. Видатний мислитель, араб Абу Райхан Беруні ще у віці 17 років чи не

найпершій сконструював Земний «полу глобус». Також трохи пізніше переклав багато астрономічних праць греків із санскриту на його мову. З 1031 по 1037 рр. Беруні створює істинну енциклопедію астрономії. Праці Беруні - 150 різноманітних назв, із них більше 30 з астрономії. Усі вони були пройняті духом геоцентризму. З початком другого тисячоліття з'являється велика кількість шкіл та університетів. Зокрема, на 2-му курсі вивчали астрономію, та це вивчення базувалося лише на церковному уявленні світу. У XII столітті з'являються переклади на латинську мову праць філософів Еллади. Правда, фізичні і астрономічні погляди Аристотеля спочатку були засуджені, і тільки Фома Аквінський зумів пристосувати їх до церковних вчень. Згодом навіть схоласти роздивлялись будову світу за Аристотелем. У XIII столітті була дуже велика відмінність між таблицями розташування планет за арабами та новими спостереженнями. Тому у 1252 році були складені нові, «Альфонсинські таблиці», що ними користувалися ще протягом 200 років. З часом відкрилася неточність «Альфонсинських таблиць». Нові розрахунки почав робити Георг Пурбах (1423 - 1461 рр.), а закінчив його учень Вольфганг Мюллер (1436 - 1476 рр.). Після захоплюючого розквіту античної культури на європейському континенті наступив довгий період застою та регресу - епоха Середньовіччя. І за ці більш як 1000 років не було зроблено жодного вагомого астрономічного відкриття. Спаданню темпу розвитку науки у певній мірі сприяло розповсюдження Християнства і Святої Інквізиції. Та не зразу згасла зацікавленість небесними тілами, декілька міст ще підтримували та сприяли розвиткові науки. За час панування церкви розвиток науки не тільки зупинився, але й почав рухатись назад. У X-XII століттях значних успіхів досягли астрономи Іспанії. Та не довго продовжувався цей відблиск пізнань - у середині XIII століття були спалені всі бібліотеки, а згодом дослідження були зовсім зупинені. Та той факт, що освіта з початком 2-го тисячоліття нашої ери усе ще залишалася монополією церкви, вже більше не міг зупинити розвиток науки. Так після тисячорічної перерви у Європі почалися астрономічні спостереження та пошуки законів будови Світу. Проте центр астрономічних досліджень вже був у країнах Сходу, а не у Європі.

Астрономія XVI-XIX століть

«Він зупинив Сонце та зрушив Землю», - так написано на п'єдесталі Миколі Копернику (1473-1543 рр.). У цих словах - подвиг, зроблений видатним ученим. Цей учений, поляк за національністю, зацікавився астрономією ще у Краківському університеті. Але перші свої астрономічні дослідження почав в Італії, де пробув близько 8 років. У Болонському університеті Коперник дуже

швидко став не тільки учнем, а й помічником учителя з астрономії Домініка Наварри (1452-1504 рр.). Першим відкриттям Коперніка було встановлення того, що відстань до Місяця практично однакова, незважаючи на її фази. Більшу частину свого життя видатний астроном провів у Фромборку. Тут він зробив з одної з веж замка робочий кабінет, а у другій вежі - місце для астрономічних спостережень. За довге перебування у Фромборку вченому довелося детально засвоїти усі тонкощі системи Птолемея, у правильності якої він мав свої погляди на будову світу, а й математично їх підтвердив. Він також довів, всю сукупність спостережень легше пояснити ставши на точку зору, що Земля є лише рядовою планетою, що разом з іншими планетами обертається навкруги Сонця. Свою теорію Микола Коперник виклав у двох працях. Перший з них – «Малий коментар» - мав об'єм усього 12 сторінок, розповсюджувався лише у рукописних копіях. Основна ж праця М. Коперніка – «Про обертання небесних сфер». Вона вийшла друком через 11 років після написання, тобто у 1543 році. Чому Коперник так довго не віддавав працю у друк? Є дві версії. Перша каже, що видатний польський астроном боявся переслідувань із боку церкви; відповідно до другої, як людина дуже скромна, він не хотів широкої відомості свого імені. У своїй праці «Про обертання небесних сфер», Коперник виклав нові погляди на будову Світу, революційні для того часу. Зокрема, розповів про розташування планет навколо Сонця (дивись додаток), описав три рухи Землі (добове обертання, річний рух навколо Сонця та протилежний цьому рухові), виклав теорію руху планет навколо Сонця, а також теорію руху Місяця, ввів поняття сидеричного періоду, як повний період обертання планети навколо Сонця, тощо. Видатним досягненням Миколи Коперніка було встановлення відстані від планет до Сонця, приймаючи за одиницю відстань між Землею та Сонцем. Та пройшло дуже багато часу до того, як теорію Коперніка було прийнято та стало безпечним викладати її з університетських кафедр астрономії. Вагоме місце у розвитку астрономії займає італійський учений Джордано Бруно (1548-1600 рр.). Перше знайомство Бруно з астрономією відбулося у монастирі, куди він потрапив у 15 років. Він вивчив праці Аристотеля, Платона, познайомився з обома працями Коперніка. Докладно розбирав Бруно несамостійність висунутого Аристотелем аргументу, що якщо б Земля рухалась, то кинутий угору камінь не зміг би повернутися до Землі по тій же перпендикулярній прямій. Також італійський астроном не мав жодного сумніву у тому, що зірки у Всесвіті рухаються одна відносно іншої; вважав, що Всесвіт є єдиним, нескінченним та нерухомим, а також, що у багатьох зірок можуть бути планетні системи; не виключав можливості

існування у нашій Сонячній системі ще декілька невідомих планет, бо цьому немає жодного заперечення. Іншим відомим астрономом того часу був Тихо Браге (1546-1601 рр.).

Уперше Браге зацікавився астрономією після спостереження за сонячним затемненням 21 серпня 1560 року. Уже через декілька років Тихо Браге самостійно переконався у неточності згаданих вище «Альфонсинських таблиць». Саме тоді він вирішив присвятити своє життя уточненню астрономічних таблиць. Широкої відомості набув глобус зроблений Тихо Браге власноруч діаметром 149 см, на якій були нанесені екватор, більш ніж 1000 зірок, пояс Зодіаку тощо. Великий вклад зробив датський астроном і у розвиток вимірювальних інструментів та приладів. Дякуючи їм, Тихо вдалося підвищити точність вимірювань приблизно у 50 разів, а це у дотелескопічні часи було близько до теоретично досягнутої межі. Мав італієць і власну модель світу – гео - геліоцентричну (дивись додаток). Також Браге зробив зірковий каталог, у якому нараховувалося близько 788 зірок. Порівнюючи свій каталог із каталогами інших авторів, італієць уточнив значення прецесії - 51 за рік, та встановив тривалість тропічного року з точністю до 1 секунди. Інший відомий астроном XIV століття Йоган Кеплер (1571-1630 рр.) працював у більшості своїй на основі точних багатокрокових спостережень Тихо Браге. У своїй книзі «Провісник космографічних досліджень» німецький астроном намагався дати відповіді на питання: чому планет всього шість та чому відстань між ними саме така, як установив Копернік? І Кеплер переконався, що існує дуже вагома різниця між вимірами поляка та його власними. Та це не перешкодило німецькому астроному й надалі виступати за вчення Коперніка. «Космографічна тайна» була і публічним виступом професійного астронома на захист коперніканства, початком його тріумфального поширення. Варто відмітити, що за декілька років до побудови перших телескопів Кеплер дав їх повне математичне доведення. У книзі «Нова астрономія, доведена» Йоган Кеплер дав висновок перших двох законів руху планет: Всі планети рухаються по еліпсам, в одному з фокусів яких (спільним для всіх планет) знаходиться Сонце. Площі, описані радіусами - векторами планет, пропорційні часу. Згодом він вивів і третій закон: Квадрати сферичних періодів обертання планет навколо Сонця відносяться між собою, як куби їх середніх відстаней від нього. І дійсно, звіряючи сучасні табличні дані та грубі розрахунки, зроблені відповідно до III закону Кеплера, ми можемо переконатися, що закон є точним. У праці «Скорочення коперніканської астрономії» центральне місце зайняло Сонце, планети ж обертаються навкруги нього по еліптичним орбітам. Чумацький

Шлях - це кільце зірок, поблизу якого знаходиться Сонце з планетами. Тут він також перерахував відстані від Землі до Сонця, яке протягом 1800 років вважалося рівним 1200 радіусам Землі. Він вважав, що відстань до Сонця у 59 разів більше, аніж до Місяця, та у свою чергу віддалена від Землі у 59 земних радіусів, а радіус Землі за його уявленням був 6381,2 км. Одним із перших, хто сконструював телескоп був італієць Галілео Галілей. В той час, як усі відомі телескопи давали змогу бачити у 3-6 разів збільшене зображення, Галілей змайстрував телескоп, який давав змогу бачити у більш ніж 30 разів. Завдяки своєму пристрою італієць дуже багато підмітив стосовно Місяця. Він пише, що під час спостережень можна переконатись у тому, що поверхня не така вже і гладенька, як була переконана більшість філософів. Вона є нерівною, із великою кількістю гір та впадин, схожою до Землі. Також Галілей переконався у тому, що Чумацький Шлях - це скупчення зірок, у чому можна було переконатись тільки з появою телескопа. Але найважливішим відкриттям було виявлення чотирьох супутників Юпітера: Калісто, Іо, Європи та Ганімеда (останній, до речі, є найбільшим супутником Юпітера; температура на супутниках приблизно 120-150 К). Це доводило помилковість доктрини, що Земля - єдиний центр руху, а також сприяло признанню концепції Коперніка, по якій Місяць міг рухатись навколо перебуваючої у русі Землі. Скоро цьому явищу Кеплер дав загальну назву - супутники. Ньютон, англійський фізик, був першим, хто повністю довів правильність геліоцентричної системи світу та заклав фундамент небесної механіки. Великої уваги англієць приділив методам встановлення орбіт за декількома точкам. У одній зі своїх праць Ньютон розглядає рух Місяця навколо Землі та доводить тотожність сили тяготіння із силою тяжіння Землею усіх предметів на її поверхні. Саме завдяки цьому порівнянню Ньютон і встановив закон Всесвітнього тяжіння. Маючи правильне значення радіуса Землі, значення відстані від Землі до Сонця, Ньютон справедливо вказує, що розміри Сонця у 109 разів перевищують розміри Землі.

Він також встановив, що середня густина сонячної речовини у 4 рази менша за земну; він назвав істинну причину великого розрядження Сонця - високу температуру його надр; докладно підтвердив тезис, що приливи та відливи зумовлюються взаємодією Місяця та Сонця. Важливим кроком у дослідженні Всесвіту було відкриття планети набагато дальшої, аніж остання відома на той час планета Сонячної системи Сатурн - Уран. Її відкрив Вільям Гершель 13 березня 1784 року, спочатку вважав її звичайною кометою. Згодом розрахунки довели, що Уран відхиляється від його «теоретичної» орбіти.

Після докладного аналізу всіх можливих варіантів француз Алексис Бувар прийшов до висновку: далі, за Ураном, знаходиться ще одна невідома планета Сонячної системи. Та відкрити її вдалося лише наприкінці 1845 року. Нова планета отримала назву Нептун. Так ім'я Вільяма Гершеля зв'язане з багатьма важливими відкриттями в астрономії. Перш за все, Гершель дав переконливе свідчення того, що відстань до різних зірок не однакова, та що Сонце відносно інших близьких зірок рухається у просторі. Далі, на основі аналізу отриманих ним самим даних, англієць прийшов до висновку, що наша Галактика має вигляд сплюснутого диска діаметром 5 800 і товщиною 1 100 світлових років, що відстань до далеких галактик - 1 млн. світлових років, а також, що існує велика кількість подвоєних зірок і самих різноманітних туманностей. У другій половині XIX століття були сформовані конкретні уявлення про еволюцію зірок. Ріттер записав рівняння для потенційної енергії зірки, висловив підтверджене згодом уявлення, що найбільша світимість, яку може мати зірка, визначається значенням її маси. За Локєром першим станом речовини, з якого утворюються зірки, був метеорний рій, що через взаємних сутичок розігрівався та перетворювався у газ. Початковою стадією розвитку зірок є червоний надгігант (типу Антарес), пізніше є жовтий гігант (типу Полярної зірки), білий гігант (як Денеб). На піці еволюції знаходяться зірки, що мають блакитний колір. Доли потужність випромінювання зірок зменшується, а їх колір змінюється у бік червоного: зірка послідовно проходить стадії біло-блакитної (Ахернар), білої (Сиріус), біло-жовтої (Проціон), жовтої (Сонце) зірки та потім зірка стає червоним карликом, після чого згасає та становиться невидимою. У житті людства, вступаючого у XVI століття, та у його світорозумінні наступав величніший прогресивний переворот з усіх пережитих раніше. Копернік «зрушив Землю» - поставив її в один ряд з іншими планетами. Та все ж його система світу ще залишалася нагромадженою ексцетрами та епіциклами. Необхідно було любою ціною «вимисти це павутиння з неба». Цю нелегку роботу виконав Йоган Кеплер на основі точних багаторічних спостережень Тихо Браге. Нова активна фаза боротьби за сучасний науковий світогляд почалася з публікації відкриття Галілеєм супутників Юпітера. Весь інший розвиток астрономії був би неможливий без застосування телескопів. Але історія їх створення та вдосконалення вийшла довгою та нелегкою. Іншим великим досягненням у мистецтві точних астрономічних спостережень було винайдення Гюйгенсом годинника з маятником (1658 р.), з цього часу астрономи отримали можливість точно відмічати події у космосі. Багато книг, наприклад, книги Коперніка, Галілея, Кеплера, Декарта, були занесені до «Індексу заборонених

книг», що помітно гальмувало поширення нових ідей. Відкриття Ньютоном закону всесвітнього тяжіння сміливо можна назвати актом великого проникнення людини у закони природи. Ще раніше, аніж вдалося повністю описати всі особливості руху Місяця, закон всесвітнього тяжіння вже святкував свою першу перемогу. Її принесли комети. Людство мало велику кількість догадок про будову Галактики,

яку ще треба відкрити. За справу взявся американець Персеваль Ловелл конкретні ж висновки могли бути зроблені в результаті багатьох спостережень. Їм ми зобов'язані Вільяму Гершелю. На порозі стояло вже ХХ століття з його величними досягненнями у пізнанні законів еволюції зірок. Їх систем і всього Всесвіту в цілому.

Астрономічні дослідження

ХХ - ХХІ століть

Після відкриття Нептуна Левер'є став уточнювати теорію руху Урану, враховуючи дію Нептуна. До 1875 року стало зрозуміло, що повної згоди спостережень і теорії немає як для одної, так і для іншої планети. Знов виникла підозра, що винуватою є ще одна планета, (1855-1916 рр.). Вже у 1915 році Ловелл підбив висновок своїм багаторічним дослідженням та почав пошук «планети Х». Її він так і не знайшов. Після його смерті цю роботу ніхто не продовжив, але, як стало відомо пізніше, Ловелл помилився лише на 6,6. Пошуки нової планети знову були продовжені у 1919 році американцем Вільямом Пікерінгом (1858-1938 рр.). У своїх розрахунках він помилився всього на 1,1, тому знову ж таки планету не було знайдено. Відкрив же саму планету, названу згодом Плутон, після 13 місяців досліджень Клайд Томбо (1906 р.) у лютому, але перша згадка про це з'явилася лише у березні 1930 року. У ХХ столітті багато вчених досліджували Сонце. Великих успіхів у цьому досяг російський учений Аристарх Білопольський (1854-1934 рр.). Виявилося, що на сонячному екваторі обертання проходить швидше, а по мірі віддалення від екватора - повільніше. Було відомо, що тверде однорідне тіло так обертатися не може. Тому Білопольський зробив висновок, що Сонце складається з газів різної густини та різної температури. За допомогою спостережень, зроблених до нього, Аристарх Аполлонович виявив рух багатьох небесних тіл, перш за все зірок, у бік наближення чи віддалення від Землі. На основі математичних розрахунків учені припустили, що кільце Сатурна не може бути суцільним, а повинно складатися з багатьох мілких тіл. Провівши дослідження, Білопольський переконався, що кільце обертається так, як може обертатися тіло лише не маючи суцільної маси: більш близькі до планети частини кільця обертаються швидше, більш дальші

- повільніше. Багато праць цього російського астронома присвячені визначенню часу повного оберту навколо своєї осі таких планет, як Юпітер та Венера, вивченню комет тощо. Найзначніша частина вивчення зірок належить американцю Генрі Ресселлу (1877-1957 рр.). В результаті довготривалих досліджень Ресселл виявив великі відмінності у світимості зірок. Виявилося, що найгарячіші білі та блакитні зірки відрізняються ще і величезною світимістю. Жовті та червоні зірки поділяються на дві групи: із великою світимістю (у сотні й тисячі разів більше, ніж у Сонця) та з відносно малою світимістю (як у Сонця або ще менше). Так було встановлено, що за світимістю зірки поділяють на гігантів та карликів. Також згодом, після ще декількох років праці Ресселла було встановлено, що окрім карликів та гігантів існують ще і надгіганти (гарячі - біло-блакитні, та холодні - червоні), субгіганти та субкарлики (тобто зірки, що за світимістю наближаються до одного з них) і білі карлики. Також Ресселл був основоположником сучасних уявлень природи та шляхів розвитку зірок. До 1924 року не було жодного доказу того, що наша Галактика є єдиною у Всесвіті. Знайшов ці докази американський астроном Едвін Хаббл (1889-1953 рр.), довівши за допомогою 250-сантиметрового телескопу, що туманність в Андромеді та деякі інші туманності мають зіркову будову та знаходяться далеко за межами Чумацького Шляху. Та це було лише початком. Усе своє послідує життя Хаббл присвятив дослідженню Галактик. На основі своїх досліджень він стверджував, що не всі галактики мають спіральну форму. Вони ще бувають еліптичної та зовсім неправильною форм. Одним із найцінніших надбань для науки виявився каталог найточніших визначень блиску 3500 зірок, який був складений німецьким астрономом Карлом Шварцшильда (1873-1916 рр.). Також його дослідження руху зірок у нашій Галактиці дуже багато дали для будови галактики. У 1927 році голландський астроном Янн Оорт остаточно довів, що усі зірки Галактики утворюють навколо її центру. При цьому у внутрішніх областях кутові швидкості зірок майже однакові. Проте далі до країв Галактики вони поступово зменшуються. Сонце завершує повний оберт навколо центру Галактики приблизно за 200 млн. років. І тільки у 1934 році було встановлено слідує параметри нашої зіркової системи:

- відстань від Сонця до центру Галактики 32 тисячі світлових років;
- діаметр Галактики 100 тисяч світлових років;
- товща Галактичного «диску» 10000 світлових років;
- маса - 165 млрд. сонячних мас.

З'ясування того факту, що зірки з'являються шляхом конденсації хмар газопилового міжзоряного середовища є одним із найкрупніших досягнень астрономії ХХ століття. Ще на його початку вважали, що всі зірки з'явилися

майже одночасно багато мільярдів років тому. В результаті стало відомо, що багато зірок є порівняно молодими об'єктами. Важливим аргументом на користь того висновку, що зірки утворюються з міжзоряного газопилового середовища, слугує розташування груп молодих зірок, так званих асоціацій, у спіральних рукавах Галактики, а саме там міжзоряний газ має велику концентрацію. Центральним у проблемі еволюції зірок є питання про джерела їх енергії. Успіхи у ядерній фізиці дозволили вирішити проблему ще у 30-х роках ХХ століття. Таким джерелом є термоядерні реакції синтезу, що проходять у надрах зірок при дуже високій температурі (близько 10 млн К). У 1959 році було проведена тотожність Галактики у сузір'ї Волопаса, відстань до якої 4500 млн. світлових років та швидкість втікання якої досягала 4% швидкості світла. Спроба відкрити ще більш віддалені об'єкти призвела до шокуючого відкриття оптичних об'єктів, фотографічні зображення яких мали зіркоподібний вигляд. Їх спільною особливістю була надзвичайно висока інтенсивність випромінювання, через що протягом 2-х років їх вважали новим типом зірок у Чумацькому Шляху. Згодом з'ясувалося, що ці об'єкти - квазари, яких з тих пір було відкрито понад 500, не тільки не належать Чумацькому Шляху, але й мають надзвичайно великі швидкості розбігання - від 30% до 80% швидкості світла. Залишається незрозумілим, яким чином у квазарах виділяється така гігантська кількість енергії. Виходячи із розширення Всесвіту, можна припустити, що 10 млрд. років тому вся її першопочаткова речовина повинна була знаходитися у надгустому стані. Вивчення квазарів дає змогу простежити ранішню історію Всесвіту. Окрім Сонця та 9 великих планет у Сонячній системі є ще й так звані малі тіла. До них відносять астероїди або метеороїди, міжпланетний пил та космічне сміття. З 1766 року відоме правило Тиціуса-Боді, за ним можна, хоча і наближено, визначити відстані планет від Сонця. На той час невідомим лишалося одне - планета між Марсом та Юпітером. Відкриття цього тіла зовсім випадково зробив італієць Джузеппе Піацці (1746-1826) 1 січня 1801 року. Цю першу з малих планет, або астероїдів, назвали Церерою. Вона - найбільша серед відомих малих планет. До кінця ХХ століття на відстані від 2,2 до 3,2 а.о. у так званому поясі астероїдів було виявлено і надійно встановлено параметри орбіт понад 9000 малих планет. Усі вони рухаються навколо Сонця у той самий бік, що й усі інші планети. З 1992 року розпочалося відкриття нових об'єктів - астероїдів з поясу Койпера (планетоїдів). Цей пояс починається за орбітою Нептуна і тягнеться на відстань 150 а.о. На початок 2000 року було відомо понад 120 планетоїдів з розмірами до 400 км. Взагалі було висловлено близько 4 десятків

космогонічних гіпотез та було розглянуто найрізноманітніші варіанти ранньої історії Сонячної системи. Теорія, яка розглядає походження Сонячної системи, повинна пояснювати такі факти: орбіти всіх планет лежать практично у площині Сонячного екватора; планети рухаються навколо Сонця по орбітах близьких до кола; напрям обертання планет навколо Сонця однаковий для всіх планет і збігаються з напрямком обертання Сонця і власним обертанням планет (окрім Венери, Урана і Плутона); у тому самому напрямі, що і планети навколо Сонця, обертається навколо них більшість їхніх супутників; середня відстань планет від Сонця (за винятком Нептуна та Плутона) підлягає правилу Тиціуса - Бодє; 99,8% маси Сонячної системи припадає на Сонце і лише 0,14% - на планети, тоді як планетам належить 98% моменту наявної кількості руху Сонячної системи; планети поділяються на 2 групи, різко відмінні між собою за середньою густиною, хімічним складом, розмірами і внутрішньою будовою. На сьогодні найімовірнішою гіпотезою є та, за якою планети утворились з того самого газопилового диска, що й Сонце. Першим, хто висунув ідею про те, що Земля та інші планети сформувалися з холодних допланетних тіл - планетозималей, був Отто Юлійович Шмідт (1891-1956 рр.). Розглянемо можливий сценарій утворення планетної системи, уточнений сучасними теоретиками, що опирається на дослідження Сонячної та деяких інших планетних систем, відкритих в останні роки. На початку еволюції планетної системи розглядаються газопиловий диск, маса якого становить кілька відсотків від маси Сонця. Хімічний склад - 99% газу і 1% пилових частинок. З підвищенням температури протозорі нагрівається диск, що призводить до випарування частинок та розпаду молекул газу на атоми. Атоми іонізуються і розміри диску збільшуються до кількох десятків а.о. Під дією відчутного магнітного поля частинки диску починають гальмуватися, температура його зменшується і тверді пилові частинки компенсуються. Цей I етап еволюції тривав приблизно 1000 років. На II етапі формування протопланетного диску (ППД) частинки збільшуються у розмірах, злипаються, утворюючи згустки речовини, яка перебуває у стані гравітаційної нестійкості. На III етапі відбувається збільшення розмірів згустків матерії й утворення допланетних тіл великих розмірів - планетозималей. Він тривав десь десятки тисяч років. З цих планетозималей відбувалась акумуляція планет. Вивчивши склад планет можна побачити закономірності їх будови. Ріст планет земної групи (Меркурій, Венера, Земля, Марс) відбувався при відсутності легких газів за рахунок кам'янистих частин та тіл, що містили в собі залізо та інші метали. Основна маса газів розсіялась по планетах-гігантах, в яких поверх

каменистих та льодових планетозималей нарощувалась воднево-гелійові оболонки. У 1922 році у німецькому журналі «Цайтшрифт фюр фізік» надрукував статтю радянського вченого Фрідмана, в якій той аналізував космологічну теорію Ейнштейна. На відміну від Ейнштейна, який всупереч своїм власним висновкам із загальної теорії відносності відстоював стаціонарність Всесвіту. На основі уважного аналізу розв'язків рівнянь Ейнштейна Фрідману вдалося показати, що речовина у Всесвіті не може перебувати в стаціонарному стані, і Всесвіт з часом змінюється. За теорією Фрідмана можливі три варіанти розвитку Всесвіту: Всесвіт закритий, відкритий і пульсуючий. Усі ці варіанти мають те спільне, що в якийсь момент часу в минулому (10 чи 20 млрд. років тому) відстань між сусідніми об'єктами Всесвіту мала дорівнювати нулю. У цей момент, який називається Великим Вибухом, густина Всесвіту й кривизна простору мали бути нескінченно великими, тобто Всесвіт мав бути точкою, яку математики називають сингулярною. У сингулярній точці всі сучасні закони фізики втрачають свою дію, а тому цю точку можна розглядати як математичний образ нової фізичної реальності. Процес переходу космічної матерії з цього «точкового» стану на стадію розширення і є Великим Вибухом. Від цієї часової межі починається історія нашого Всесвіту. Що передувало Великому Вибуху - невідомо. За теоретичними міркуваннями, деякі області Всесвіту переохолодилися і знаходилися в особливому стані, який називається псевдовакуумом, або «хибним вакуумом». Кожні 10^{-34} с Всесвіт подвоював свої розміри - роздування йшло вибухоподібним чином. А це і є Великий Вибух. Миттєво перейшовши до стану звичної для нас гравітаційної взаємодії в момент 10^{-35} с, Всесвіт продовжував розширюватися за інерцією, за рахунок того поштовху, що був наданий у період роздування. Величезний запас потенціальної енергії псевдовакууму під час фазового переходу Всесвіту із переохолодженого стану виділився у вигляді випромінювання. Від цього моменту і почалась історія гарячого Всесвіту. Деякий час Всесвіт перебував у так званому рівноважному стані. Почалась ера лептонів - легких частинок. Через 10^{-4} с Всесвіт став схожим на густий суп, у якому випромінювання було змішане з лептонами, протонами та нейтронами. Через 10 с після початку Великого Вибуху випромінювання вже переважало над речовиною - почалась ера випромінювання. Саме на цьому етапі за температури 1 млрд. К почалось утворення ядер гелію, другого після водню за поширеністю у Всесвіті хімічного елемента. Цей процес тривав близько 200 хвилин. Через 1 млн. років, при подальшому розширенні й охолодженні речовини до температури 3000 К, утворились атоми водню. Випромінювання

відділилось від речовини. Всесвіт став прозорим. Настала наступна ера в історії Всесвіту - ера речовини, яка триває і дотепер. Із речовини через 1 млрд. років після Великого Вибуху утворилися надскупчення, скупчення галактик, окремі галактики, а в галактиках - окремі зорі. Цей сценарій утворення і розвитку Всесвіту підтверджується такими спостереженими даними:

- відсотковий вміст гелію у речовині, що відповідає розрахунковому за теорією Великого Вибуху (25% гелію і 75% водню в загальній масі);
- однорідність простору у великих масштабах (100 Мпк);
- наявність неоднорідностей у невеликих масштабах;
- співвідношення між випромінюванням і речовиною.

Чи буде Всесвіт продовжувати розширятися вічно чи він у кінці кінців знову стискатиметься, перейде у стан із надвеликою густиною? Сьогодні ми маємо конкретні методи спостережливої перевірки цього припущення, та вона має ряд значних труднощів. Тому поки що ми не в змозі відповісти на усі ці питання. Настало золоте століття астрономії. Спостереження небесних об'єктів проводяться скрізь у космосі та на Землі. Розкриті таємниці джерел енергії зірок, становляться зрозумілими шляхи еволюції зірок та галактик протягом мільярдів років. Двадцяте століття було дуже прогресивним у плані дослідження Світу. Ці дослідження зв'язані з можливістю вивчати Всесвіт у широкій області спектру електромагнітних хвиль. Тут перший великий крок було зроблено одразу ж після II Вітчизняної Війни, коли з'явилися нові методи спостережень - радіоастрономічні. Після цього, у 1957 році із запуском першого штучного супутника Землі почалася нова ера - з'явилася можливість виносити наукові прилади у космос й вести дослідження звідти. Для дослідження став під силу увесь спектр електромагнітного випромінювання, а також довгохвильове радіовипромінювання. Та все ще багато питань залишаються без відповідей. Наприклад, яка планета знаходиться далі за Плутоном - Смайлі, Карла чи ще якась? Або чи буде Всесвіт нескінченно розширюватися, чи почне стискатися до свого першопочаткового стану?

Зараз впевнено можна сказати лише одне: наші уявлення про Всесвіт будуть безперервно змінюватись - так, як вони змінювалися в минулі століття.

ВИСНОВОК

Отже, повна відсутність знань законів будови Всесвіту - це глибока, безпросипна ніч історії людства. Але за кожною ніччю приходять ранок та

день, після періоду незнань завжди приходить розквіт істини, що є таким бажаним у кожному цивілізованому суспільстві. Спостереження за нічним небом є одним з найцікавіших та найповчальніших занять у свій вільний час.

Запитання до самоперевірки: С.125 тести (письм.).