

- було розширено енергетичний спектр від сотень MeV до TeV;
- архів отриманих експериментальних даних значно збільшився;
- отримана статистика дозволяє співставити отримані невеличкі невизначеності з невизначеностями у експериментах минулого покоління. (Alpha Magnetic Spectrometer) – травень 2011 року.

CALET (CALorimetric Electron Telescope) – серпень 2015 року.

Основною перевагою останнього проекту є те, що роздільна здатність при дослідженні складає кілька відсотків.

Основною перевагою цих проектів є висока точність вимірювань в інтервалі від GeV до TeV [2, С. 471].

Існує ще багато відомих проектів, таких як: VERITAS, CODALEMA, Tunka, Yakutsk, TREND та ANITA, які досліджують перспективи застосування цифрових радіомасивів для виявлення надвисоких енергетичних частинок, таких як космічні промені та нейтрино [4, С. 675].

Останні покоління детекторів частинок космічних променів принесли і приносять багато захоплюючих результатів. Нові результати сучасних та майбутніх експериментів, ймовірно, допоможуть більш точно пояснити джерело, прискорення та поширення космічних променів.

“Висотне” або “ультра-гамма-випромінювання” вже увійшло у фізику під назвою, яке підкреслює його походження - “космічне випромінювання”. А його відкриття та подальше дослідження зіграло важливу роль для фізики високих енергій та елементарних частинок.

Космічні промені після їх повного вивчення стануть найпотужнішим інструментом атомної та ядерної фізики. Цим і обумовлене неперервне зростання інтересу до даної теми.

Список використаних джерел:

1. Гальпер А.М. Космические лучи. – 2-е изд., исп. и доп. М: МИФИ, 2002. – 86 с.
2. T.J. Dunai, Cosmogenic Nuclides: Principles, Concepts and Applications in the Earth Surface Sciences (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2010. С. 472).
3. THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. Particles and Fields. Zeitschrift fur Physik C. V.15, – No.1-4, 2000. – С.496.
4. Physics of Particles and Nuclei. – V.34. – No. 3, 2003. – P. 285-347 (ЭЧАЯ. – Т.34, №3, 2003. – С.565-678).

METHODS OF REGISTRATION OF COSMIC RAYS

Miroshnyk Iryna – 2nd year student of master's program NPDU

Provides general information about cosmic rays, discusses methods of recording cosmic rays in the atmosphere.

Key words : Space Rays, PAMELA, AMS-02.

ВІДКРИТТЯ ПЛАНЕТ, НА ЯКИХ МОЖЛИВЕ ЖИТТЯ

Наталя Дерманська – студентка 3 курсу СВО бакалавра НПУ ім. М.П. Драгоманова

У роботі зроблено огляд найвідоміших минулих, теперішніх і майбутніх місії з пошуку та вивчення екзопланет. Також зроблено огляд, якими мають бути планети придатні для життя.

Ключові слова: екзопланети, зона, придатна для життя, життєпридатність планети, космічна обсерваторія.

Про актуальність відкриття екзопланет та подальше їх дослідження можна говорити довго. Від можливості контакту із собіподібними до справжнього науково-технічного виклику: тераформування придатних для цього планет, та заснування галактичних імперій. Але враховуючи, що зараз ми не маємо змоги відвідати потенційно придатні для життя планети, або зв'язатися з їх ймовірними жителями, можемо висловити тільки своє бачення щодо актуальності даних досліджень. Ще в ученні Анаксимандра мислителя VI століття до Н. Е., є певний здогад про можливість виокремлення з «апейрону» понад одного світу [1]. Думки про те, що ми можемо покинути Землю й оселитися деінде хвилювали й збурювали уяву не одного покоління науковців. Враховуючи, що з часом ідеї науковців знаходили матеріальне втілення, а у 1992 році було відкрито першу екзопланетарну систему – мрії про позаземний дім стали набагато ближчими.

Сьогодні є три найбільші проекти, що присвячені відкриттю та вивченню екзопланет. Це – орбітальний телескоп Kepler (2009 – 2018 р.р.), космічний телескоп TESS (2018- теп. час) та космічна обсерваторія Cheops (2019 – теп. час.).

Телескоп Кеплер був виведений на навколосонячну орбіту, на відстань 1а.о., з періодом 372,57 діб. Таким чином він фактично повторює шлях Землі, але дещо відстає від неї. Це незвичне місце спостережень було вибране відносно основної задачі: пошук екзопланет транзитним методом. 1,4 – метровий рефлектор направили на ділянку неба біля межі сузір'їв Лебедя та Ліри й утримували в одному положенні впродовж 4 років. Після того, як два гіроскопи з чотирьох вийшли з ладу, вченим вдалося продовжити місію, але для цього довелося «відвернути» телескоп від запланованого напрямку та направляти його у різних напрямках близьких до екліптики [2]. У 2018 році NASA оголосили, що телескоп вичерпав запаси пального й залишиться на стабільній орбіті далеко від Землі. За 9 років місії телескопом було відкрито близько 3000 екзопланет. Нещодавно студентка університету Британської Колумбії Мішель Кунімото провела аналіз зашумлених даних й «вручну» відкрила ще 17 екзопланет, які не були виявлені при автоматичній обробці даних.

Телескоп TESS прийшов на заміну Кеплера. Більш сучасний, єдиний науковий інструмент TESS — сформований з чотирьох ширококутних CCD-камер. Кожна камера має 16,8 мегапіксельний детектор із низьким споживанням енергії та низькими шумами, який розроблено в лабораторії Лінкольна. Кожна камера має поле зору $24^\circ \times 24^\circ$, а також ефективний діаметр 100 мм, систему лінз із семи оптичних елементів, смуговий діапазон від 600 до 1000 нм.

Протягом двох років телескоп виконає огляд 26 секторів неба розміром $24^\circ \times 96^\circ$ (рис.1) з метою виявлення раніше невідомих транзитних екзопланет поблизу найближчих та найяскравіших зір [3].

Зараз телескопом відкрито три екзоплаєтети, але жодна з них не знаходиться в «зоні придатній для життя».

Cheops – це перша європейська спеціалізована місія, яка має на меті не стільки відкриття нових екзопланет, скільки дослідження вже відомих. Тепер ми маємо унікальну можливість з більшою точністю визначати радіуси відомих екзопланет в діапазоні від супер-Земель до аналогів Нептуна, для яких вже є оцінки маси, що були зроблені на основі наземних спектроскопічних спостережень. А це вже дає змогу з більшою точністю визнати їх густину, а значить робити висновки про склад й зрозуміти чи перед нами кам'яниста планета, чи в її складі переважно вода (або лід).

Найбільше місія зосереджена на зорях 12-ї величини. Окремим розділом дослідів стануть екзосупутники. Їх шукатимуть за відхиленням моментів входу планети на зоряний диск та сходу з нього, що викликаний їх гравітаційним впливом на екзопланету.

Сам апарат важить близько 58 кг. Головним науковим інструментом «Хеопса» є оптичний телескоп системи Річі—Кретьєна з діаметром дзеркала 32 см. Хвильовий діапазон інструменту — 400-1100 нм [2].



Рис. 1. Схема секторів неба для досліджень телескопом TESS

Нині дуже часто, передовиці публікують щось на кшталт: «Знайдено ще 56 претендентів на «другу Землю»», при цьому маючи на увазі, що знайдені екзопланети знаходяться у зоні, придатній для життя. Зона, придатна для життя (habitable zone, HZ) – це умовна область в космосі, визначена розрахунками, щоб умови на поверхні планет, що в дану зону входять, будуть близькими до умов на Землі й що там є вода в рідкому стані. Галактична зона, придатна для життя (GHZ) – ідея полягає в тому, що не всі місяця в галактиці однаково сприятливі для розвитку життя.

На жаль, цього надто мало, щоб стверджувати про можливість існування складного життя на планеті. Адже в Сонячній системі Венера та Марс теж знаходяться в HZ, але Марс – холодний кам'яний світ, а Венера (хоч і дуже подібна до Землі за розмірами) – гаряче пекло. Потрібно також говорити про життєпридатність планети. Звісно, для зародження та існування життя потрібно багато факторів, але виділяють: стабільність зорі, навколо якої обертається планета (часті й сильні спалахи знищуватимуть будь-яку стабільну форму життя), а ще каменисту поверхню та правильну суміш газів. Тиск і температура занадто газоподібної планети будуть надто високими для формування складних молекул типу ДНК. В розрідженій атмосфері атомам знадобиться занадто багато часу, щоб зустрітися, прореагувати й сформувати молекули [4].

Зараз більшість планет це т.з «гарячі Юпітери» - клас екзопланет, що обертаються на відстані менше 0,15 а.о. від материнської зорі й мають масу наближену до маси Юпітера. За сучасними уявленнями ймовірність формування подібних планет так близько до зір досить низька, через нестачу газу й пилу. Вони мали б сформуватися на віддалених орбітах, а потім мігрувати вглиб планетарної системи. Раніше вважалося, що подібна міграція порушує процеси формування землеподібних планет, бо ці гіганти поглинають або розсіюють планетезималі. Але в Університеті Колорадо була створена комп'ютерна симуляція міграції газового гіганта крізь протопланетний диск всередину системи. Область диска 0,25 – 10 а.о., що містить скелясто-льодяний матеріал кількістю 17 мас Землі, розподілений між 80 планетезималями розміром 3500-7000 км і 1200 більш дрібними об'єктами. Сам диск за складом неоднорідний. Всередині – багато заліза, маже

немає води, на периферії навпаки – багато водяного льоду, мало заліза. Період моделювання – 200 млн. років. Саме за такий час в 1/3 випадків в HZ за орбітою газового гіганта формувалася планета земного типу на стабільній орбіті. За розрахунками, ці планети мали формуватися в умовах надлишку води, що свідчить про наявність океанів, де може зародитися життя [5].

З виявленням розумного життя складніше. Сьогодні ми вже маємо публікації дослідів метеоритів, де вчені стверджують, що знаходять в уламках органічні глобули [5]. А де органіка – може зародитися життя. Але складність полягає у тому, що існування цивілізацій подібних нашій обмежене часовими рамками після яких вони мають перейти на іншу стадію розвитку. Й не факт, що вони навіть знаючи про наше існування матимуть за мету налагоджувати контакт [6]. Ми навіть не знаємо як зміниться наше, людське світосприйняття, якщо ми досягнемо технологічної сингулярності. Тому про це лишається тільки мріяти й моделювати, як воно буде.

На останок хочу ознайомити з двома майбутніми місіями з дослідження екзопланет.

PLATO – основна задача якої пошук та характеристика земле подібних екзопланет в HZ. Місія має стартувати в 2026 році, основна місія триватиме 4 роки, протягом яких PLATO вивчатиме 2 протилежні частини небесної сфери (одна перетинається з базовим полем телескопа Kepler, для калі бровки й уточнення вже отриманих даних). PLATO шукатиме планети тим самим методом, що і Kepler, але точність його вимірів буде вищою. В спектр наукових задач також входять: пошук екзосупутників, екзокомет, кілець та акреційних дисків протопланет біля молодих зір. Та найголовніше – астрономи отримають надійний інструмент для виявлення та вивчення властивостей землеподібних об'єктів у HZ.

ARIEL – космічний телескоп, оснащений дзеркалом, діаметром 1 м й зможе вести спостереження як в звичайному, так і в інфрачервоному діапазоні. Орієнтовний час відправки – середина 2028р. За час місії він має дослідити мінімум 1000 екзопланет. Очікують, що він зможе досліджувати хімічний склад газової оболонки екзопланет і виявляти наявність води, вуглекислого газу, метану й інших компонентів. Можливо, телескоп зможе «роздивитися» навіть хмарність, сезонні та добові зміни атмосфери [2].

Список використаних джерел:

1. Виц Б.Б. Демокрит. – М. : Мысль. – 1979. – 212 с.
2. Манько В. Космические обсерватории сегодня и завтра // Вселенная Пространство Время: журнал. – 2018. – №3(163). – С. 38–45.
3. TESS – космічний телескоп. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: uk.wikipedia.org/wiki/TESS
4. Почему пребывание в обитаемой зоне не делает экзопланеты пригодными для жизни. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: iguides.ru/main/other/pochemu_prebyvanie_v_obitaemoy_zone_ne_delaet_ekzoplanety_prigodnymi_dlya_zhizni
5. Попов С. Что искать и где найти. Классификация внесолнечных планет // Вселенная Пространство Время: журнал. – 2006. – №12(31). – С. 4–23.
6. Букалов А. Жизнь во Вселенной / Вселенная Пространство Время: журнал. – 2005. – №7(14). – С. 16–20.

THE DISCOVERY OF PLANETS WHERE LIFE IS POSSIBLE

Natalia Dermanska – 3rd year student of higher education bachelor's degree NPDU

This work gives an overview of the most famous past, present and future missions to find and study exoplanets. It also provides an overview of what habitable planets should be.

Key words: exoplanets, habitable zone, planetary habitability, space observatory.