

Galaxy Zoo.

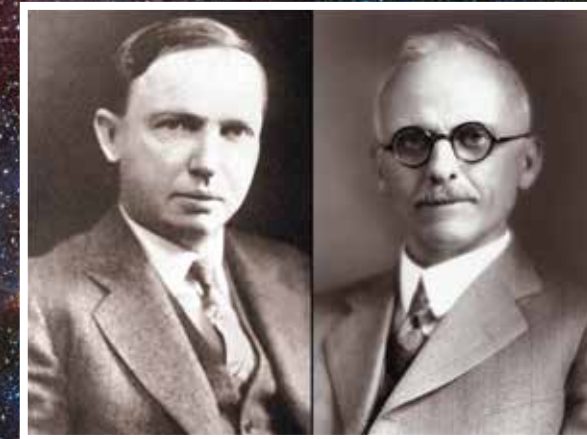
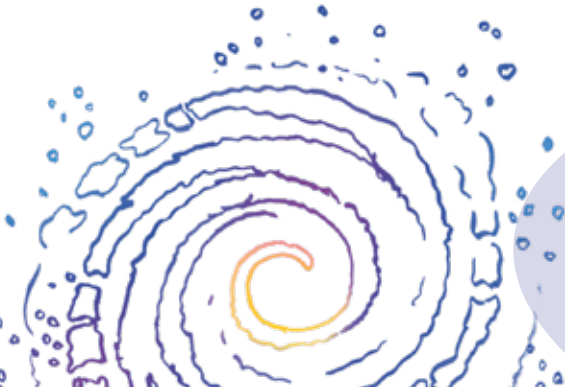


Твої Власні дослідження

Інформаційна революція на рубежі XX і XXI століть перевернула багато звичних уявлень. Серед них – думку про те, що астрономія – важкодоступна сфера пізнавальної діяльності, далека від тих, хто раніше ніколи не стикався з наукою. Комп'ютери, Інтернет і людська винахідливість дають змогу разом вивчати Всесвіт навіть зовсім стороннім особам. Наукові проекти, для здійснення яких залучають всіх охочих від новачків та аматорів і до професіоналів, отримали назву „громадянська наука” (citizen science). У цій серії статей пропоную повністю розвіяти сумніви в тому, що професійна астрономія – далека та неосяжна наука. А відтак розповім про найвідоміші проекти громадянської науки в цій сфері.

Чи колись ви замислювались, наскільки великим є наш Всесвіт? Зокрема, скільки у ньому галактик? Їх сотні мільярдів! І кожна з них – окремий величезний світ, в якого своя історія. Так, історія досліджень цих об'єктів є також цікавою. Минулого року астрономи відзначили століття з дня Великої суперечки (Great Debate), яка відбулась наживо та в публікаціях між визначними астрономами

Galaxy Zoo



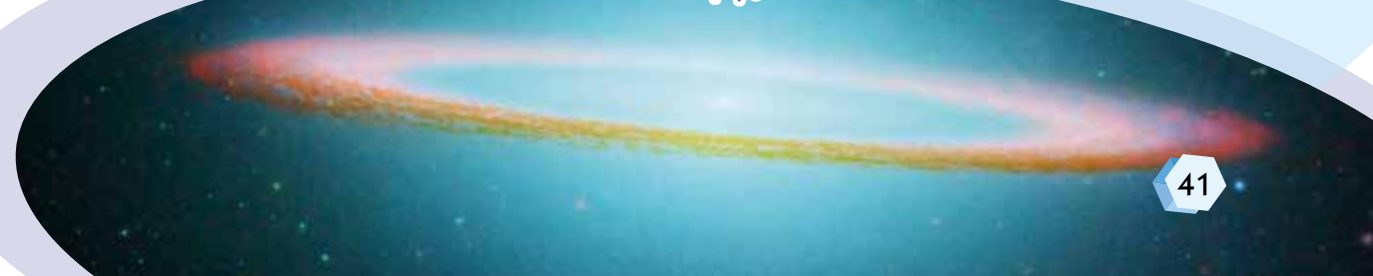
Харлоу Шеплі

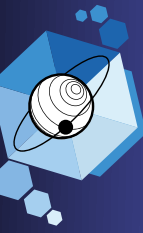
Геберт Кьортіс

свого часу – Харлоу Шеплі, Гебером Кьортісом та іншими. Суперечка була про природу спіральних туманностей (як ми знаємо тепер – спіральних галактик) і розмір Всесвіту. Її наслідком можна вважати визнання того, що наша Галактика (Чумацький Шлях) є не єдиною домівкою для величезної кількості зірок. Під час суперечки вчені дійшли до істини, що ті нечіткі й темні об'єкти, схожі на туманності, які вони бачать у свої телескопи, – це все-таки незалежні далекі світи, окремі галактики, що розташовані за мільйони світлових років і в розмірах не поступаються нашому рідному Чумацькому Шляху, в якому, до речі, біля двохсот мільярдів зір. Таку зміну світогляду в науці можна порівняти тільки з усвідомленням того, що Сонце – таке ж світило, як і ці тисячі зір, які ми бачимо на нічному небі.

Відколи вчені зрозуміли, що зорі у Всесвіті живуть такими велетенськими сім'ями, вони намагаються якнайретельніше їх описати, дослідити, класифікувати. Однією з важливих характеристик галактик є їх морфологія. Це слово давньогрецького походження (від давньогрец. μορφή „форма” + λόγος „вчення”) можна буквально перекласти як „вчення про форму і будову”. Оскільки більшість галактик ми спостерігаємо дуже віддалено, про їх морфологію можна судити лише за зовнішнім виглядом у телескопі.

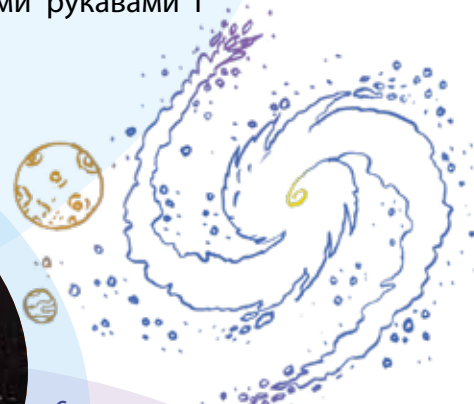
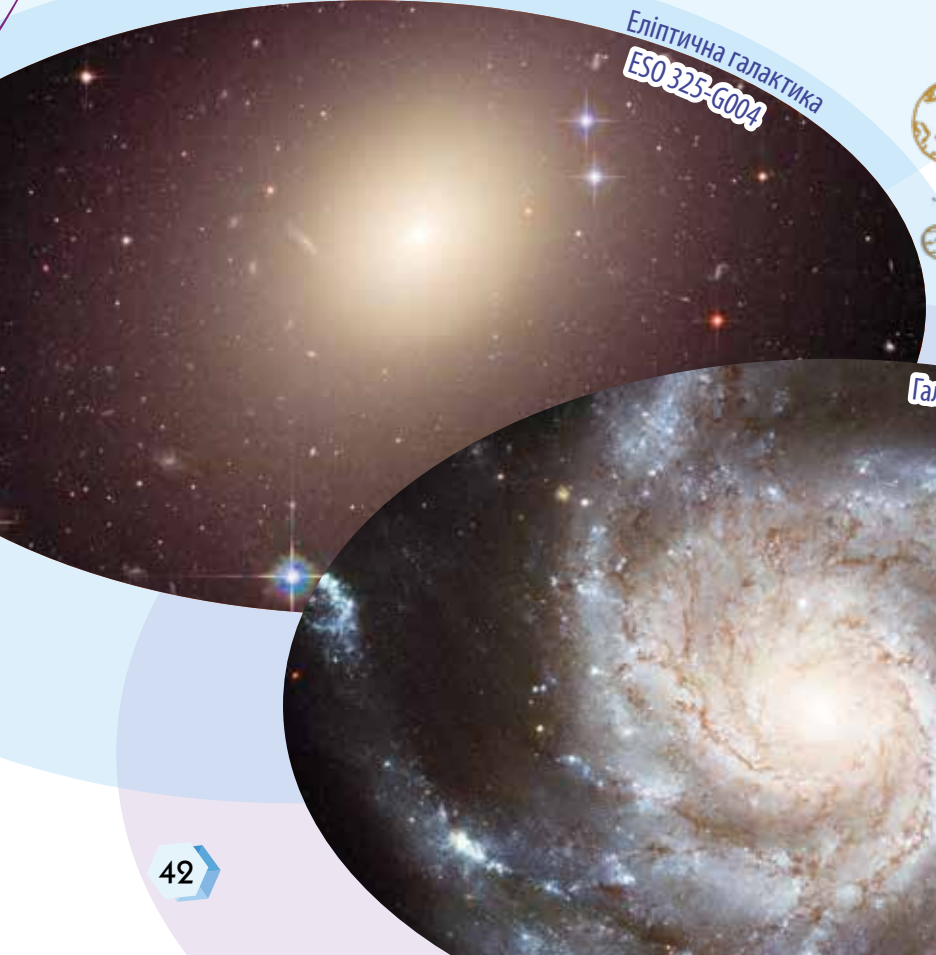
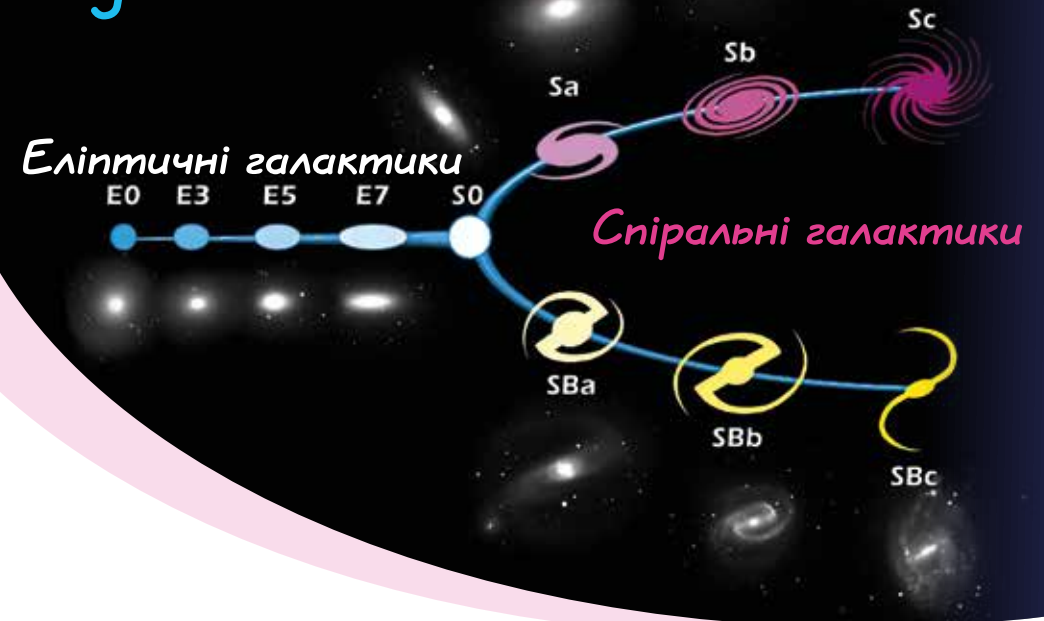
Галактика Сомбреро





У 1926 році видатний американський астроном Едвін Габбл запропонував морфологічну класифікацію галактик, яку згодом розвинули інші вчені (Жерар де Вокулер та Алан Сендідж). У цій класифікації виділяють два основні типи галактик – еліптичні та спіральні. Еліптичні галактики мають гладку еліптичну форму (від сильно витягнутої до майже круглої) без помітних деталей із рівномірним зменшенням яскравості від центру до периферії. Спіральні ж галактики складаються із майже плоского диска із зір та газу, у центрі якого є сферичне ущільнення, назване балджем. У площині диска формуються яскраві спіральні рукави, що теж складаються переважно з молодих зір, газу і пилу. Таких рукавів спіральна галактика може мати від одного до чотирьох або, в рідкісних випадках, більше. Габбл розділив спіральні галактики на нормальні спіралі та спіралі з баром (переділкою), що перетинає диск галактики. Згодом до класифікації додали клас лізноподібних галактик, що є проміжними між еліптичними та спіральними. Чумацький Шлях є спіральною галактикою з чотирма основними спіральними рукавами і кількома меншими.

Схема класифікації Едвіна Габбла



Власне, морфологічній класифікації галактик і присвячений проєкт [Galaxy Zoo](#). Завдання для кожного волонтера неймовірно просте – потрібно вказати, якого типу галактика на зображенні. І, як не дивно, станом на 2007 рік, коли стартував цей проєкт, людина змогла впоратися із таким завданням набагато краще за тогочасні комп'ютери та алгоритми комп'ютерного зору. Тож вчені з різних країн об'єдналися у команду, яка організувала роботу сотень тисяч добровольців-любителів астрономії або й просто зацікавлених з усього світу і надала їм доступ до фотографій, які в автоматичному режимі робив телескоп проєкту SDSS (Sloan Digital Sky Survey, у перекладі – Слоанівський цифровий огляд неба). Завданням цього 2,5-метрового ширококутного телескопу, що в штаті Нью-Мексико (США), було знімкування неба у „глибокому” режимі, тобто з наддовгою витримкою фотографії, щоби знайти далекі від нас тьмяні галактики та інші об'єкти. Слоанівський огляд триває вже 21-ий рік, з його допомогою було отримано дуже детальні спектри мільйонів об'єктів. Щоночі телескоп продукує кількості гігабайт даних – десь такий об'єм пам'яті в середньому зараз мають сучасні настільні комп'ютери та ноутбуки. Згодом до проєкту долучили світлини з інших телескопів, наприклад, з космічного телескопу Габбла, а до-

бровольцям трохи ускладнили завдання: окрім класифікації, вони повинні вказати особливості морфології галактики. Наприклад, чи є перетинка у спіральній галактиці, скільки рукавів вона має, чи має пиловий диск, що затьмарює її. Також візуально досить легко побачити галактики, які перебувають у процесі **злиття**. Це, до речі, чекає і наш Чумацький Шлях: за прогнозами астрономів, через 2–3 мільярди років він зіткнеться з галактикою Андромеди, яка вже зараз рухається у наш бік.

З моменту запуску проєкту волонтери зробили вже понад **100 мільйонів класифікацій**, що в десятки разів більше, ніж самих галактик, знятих телескопом. Повторна класифікація одного і того ж об'єкту теж дуже потрібна – так підвищується її точність, адже навіть якщо помилиться одна людина, то десятку людей одночасно помилиться практично неможливо. На основі даних класифікації професійні астрономи вже написали понад **60 наукових робіт**. Їх цікавила морфологія галактик, пов'язана з їхнім спектром, яскравістю, віком і темпом зореутворення. Усі ці характеристики стало можливо зіставити з морфологією завдяки праці волонтерів. Згодом, вчені натренували алгоритми машинного навчання проводити класифікацію, базуючись на цих же даних, що також дуже допомогло у подальшому вивченні галактик.

У **2019 році** проєкт Galaxy Zoo зробив важливе відкриття. Уже згаданий Едвін Габбл, спостерігаючи за галактиками зауважив, що розмір балджу галактики (малого сферичного згущення в центрі) пов'язаний із густиною, закрученістю рукавів та спіральністю: що більший балдж, то „тугіші“ і закрученіші рукави в галактиках. Про цю особливість навіть писали в підручниках з астрофізики. Але волонтери Galaxy Zoo показали, що це не так! Взнявши значно більшу

NGC 3597 – результат зіткнення двох галактик. Вважають, що ця галактика стане еліптичною



Завдання

Ця галактика є однорідною та округлою, чи вона має ознаки наявності диску?



Однорідна, округла.



Є диск або інші особливості.



Це зоря або артефакт фотографування.

базу для порівняння, створену волонтерами, вчені показали, що між балджем і рукавами галактик зв'язку немає.

Команда, що організувала Galaxy Zoo, і тепер називає себе Zooniverse, згодом організувала й інші проєкти за участі волонтерів, наприклад полювання на екзопланети, дослідження сонячних спалахів, навколосоряних дисків та інші – всюди, де може бути потрібна людська уважність, яка й досі багато де переважає комп'ютерні алгоритми. І сьогодні можна стати частиною оригінального проєкту Galaxy Zoo, адже телескопи продовжують знімати галактики, а їхні химерні форми потребують дослідження і класифікації. Тренінг займає всього кілька хвилин – і ось ти розглядаєш далекий світ із сотнями мільярдів зір і допомагаєш науці дізнатися про нього більше прямісінько зі свого комп'ютера чи смартфона!

Максим Ціж,
астрофізик,
кандидат фізико-математичних наук,
науковий співробітник Астрономічної
обсерваторії Львівського національного
університету ім. І. Франка

