

Відгук отримано  
26.03.2021. Голова  
спеціалізованої вченої ради  
ФФ 64.051.007  
Доктор  
Пупнішко

#### ВІДГУК

опонента, завідувача відділу фізики зір та галактик Головної астрономічної обсерваторії НАН України, доктора фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника Берцика Петра Петеровича на дисертаційну роботу Величко Ганни Борисівни «Кінематика зірок в межах кілопарсеку від Сонця за даними наземних та космічних спостережень», подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія

Галактика Чумацький Шлях має складну структуру, вона складається з багатьох підсистем, що мають різні кінематичні властивості. Для отримання узгодженої картини актуальною задачею є виділення підсистем Галактики і вивчення їх кінематичних властивостей, що і стало темою дослідження авторки цієї дисертації. У роботі з використанням найсучасніших астрометричних та фотометричних даних вирішуються наступні завдання:

- відбір достовірних даних для подальшого кінематичного аналізу;
- відбір зірок, що належать таким підсистемам як зірки змішаного спектрального складу, молоді червоні гіганти згущення, зірки головної послідовності;
- дослідження кінематичних властивостей цих підсистем з використанням сучасних методів;
- моделювання поля швидкостей зірок для пояснення фізичних причин виникнення деяких компонент поля швидкостей зірок.

Дисертація складається зі вступу та трьох розділів. Перший розділ містить огляд наукової літератури, який простежує розвиток уявлень про структуру, еволюцію та кінематику галактики Чумацький Шлях. В роботі розглянуті проблеми, які існують на даний момент, пов'язані з вивченням Галактики, наведена мотивація вибору тематики дисертації.

В другому розділі «Методи дослідження кінематики зірок» детально описані методи, які використовуються для вивчення поля швидкостей зірок та отримання кінематичних параметрів. Перелічуються переваги і недоліки використання кожного з методів. Кінематичні параметри, що містяться в моделі Огороднікова – Мілна, мають відомий фізичний зміст, однак сама модель може бути неповною. Метод розкладання поля швидкостей зірок за векторними сферичними функціями (ВСФ) дозволяє детектувати всі систематичні складові поля швидкостей зірок, але фізичний зміст коефіцієнтів розкладання необхідно з'ясовувати окремо. Для цього в тому числі використовується моделювання поля швидкостей зірок. Метод розкладання поля швидкостей зірок за зонними ВСФ дає можливість ще більш детально досліджувати поле швидкостей зірок окремо в північній і південній небесних півсферах.

У третьому розділі «Кінематичний аналіз» наведений опис астрометричних та фотометричних даних, що використовуються для вивчення кінематики зірок. У



підрозділах окремо розглядаються вибірки зірок змішаного спектрального складу, молодих червоних гігантів згущення, зірок головної послідовності та досліджується їх кінематика.

Головні результати дисертації, їх новизна полягають в тому, що:

- були отримані кінематичні параметри за даними найсучасніших астрометричних каталогів;
- було показано, що асиметричний дрейф складається з двох компонент;
- за допомогою моделювання поля швидкостей зірок було доведено спільне виникнення позамоделних гармонік  $t_{211}$  і  $s_{310}$  за рахунок наявності вертикального градієнта, а новим результатом стало те, що в значення гармоніки  $s_{310}$  дає внесок додатковий процес.

До роботи є кілька дрібних зауважень, які в основному стосуються констант в рівняннях з трансформації систем координат.

Перше, це значення відстані Сонця від центру Галактики. Наскільки я зрозумів в розрахунках була вибрана якась середня відстань  $R_{\text{Sun}} = 8.0 \pm 0.2$  кпк (стор. 52). Я хотів би звернути увагу на ще один сучасний метод визначення відстані від центру Галактики до Сонця, а саме метод, заснований на наявності надмасивної чорної діри в центрі нашої Галактики (Sgr A\*), навколо якої обертається зірка (S2). Останні дані від групи «Gravity Collaboration» дають дуже точні значення (точність менш, ніж 0.27 %). За цими даними  $R_{\text{Sun}} = 8.178 \pm 0.013$ . Робота опублікована в 2019 році:  
*A geometric distance measurement to the Galactic center black hole with 0.3% uncertainty*  
// *Astronomy & Astrophysics. Vol. 625, Id. L10.*  
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019A%26A...625L..10G/abstract>

Друге, це конкретні значення матриці повороту  $A_G$  (стор. 58). У тексті не вказано конкретне джерело, звідки взяті саме ці значення, та ще й з 16 знаками після коми. Так як ці значення визначаються по кутах, що задають напрямок на Північний Галактичний Полюс ( $\alpha_{\text{NGP}}$ ,  $\delta_{\text{NGP}}$ ,  $\theta$ ), вони спочатку обчислені з точністю приблизно 3, або 4 знаки після коми. Тому в роботі, на мій погляд, необхідно точно вказати джерело і значення даних кутів і привести матрицю повороту з меншим числом значущих цифр.  
*Revised geometric estimates of the North Galactic Pole and the Sun's height above the Galactic mid-plane* // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Vol. 465, Iss. 1. P. 472-481.*  
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017MNRAS.465..472K/abstract>

По-третє, викликає подив значення  $\eta = 4.74$  (стор. 60). Знову-таки всього дві значущі цифри при тому, що, наприклад, в матриці повороту використовувалися 16 значущих цифр. При простому визначенні цього числа («equivalent in km/s of one astronomical unit in one tropical year») ми вже маємо як мінімум 5 значущих цифр:  $\eta = 4.74057$ , наприклад, з роботи:

*Calculating Galactic Space Velocities and Their Uncertainties, with an Application to the Ursa Major Group // Astronomical Journal. Vol. 93. P. 864.*  
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1987AJ.....93..864J/abstract>

Дані зауваження жодним чином не зменшують досягнення здобувача.

Дисертація виконана на високому науковому рівні. Всі отримані результати є новими і належать безпосередньо авторці дисертації, а результати інших авторів наведені з відповідними посиланнями, що відповідає вимогам академічної доброчесності. Всі основні результати дисертаційної роботи наведені з повними доведеннями і є чітко обґрунтованими.

Основні результати дисертації повністю опубліковані в 4 статтях, із яких 3 – у зарубіжному виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, та 1 стаття – у науковому фаховому виданні України. Також результати дисертації були апробовані на вітчизняних і міжнародних наукових конференціях у вигляді 2 статей в працях конференції і 10 тез доповідей.

На підставі вищезазначеного вважаю, що дисертаційна робота «Кінематика зірок в межах кілопарсеку від Сонця за даними наземних та космічних спостережень» задовольняє всім вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 «Порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її авторка заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія.

Доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу фізики зір та галактик Головної астрономічної обсерваторії НАН України



Петер БЕРЦИК

Особистий підпис  
застігнуто



Т. В. Високого секретаря

ГАО НАН України

Сободар О.О. ТН