

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У СУЧАСНІЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ СТУДЕНТІВ

Богдан Т.М., Марченко В.В., Вінниченко Є.Ф., Пекур Д.В.

Чернігівський державний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка

Розглянуто один із сучасних підходів організації науково-дослідної роботи студентів ВНЗ на прикладі розв'язування задачі з астрофізики. Наведено приклад подібної задачі та проаналізовано етапи її розв'язання.

Ключові слова: науково-дослідна робота студентів, задачі з астрофізики, чисельні методи розв'язування диференціальних рівнянь, використання інформаційних технологій.

Підготовка висококваліфікованого фахівця, який міг би не тільки застосувати набуті при підготовці знання, вміння та навички до виконання своєї роботи, але й вивести такого фахівця на рівень використання сучасних засобів збору та опрацювання даних, навчити його знаходити нестандартні шляхи вирішення поставленої проблеми, убачивши при цьому весь комплекс необхідних кроків – є однією з важливих задач, що стоять перед освітою ХХІ століття. Зростаючі вимоги науки, техніки, виробництва, інтереси соціального та культурного прогресу зумовили перетворення науково-дослідної роботи студентів у вузах країни в об'єктивну необхідність і закономірну особливість вдосконалення вищої школи сьогодні.

Навчаючись у вищих навчальних закладах студенти зобов'язані оволодіти знаннями, виконати у відведені строки всі види завдань, які передбачені навчальним планом, зокрема ті, що містять елементи науковості. До їх числа

відносяться реферати, доповіді, індивідуальні завдання, курсові та кваліфікаційні роботи.

Поняття «науково-дослідна» робота студентів включає в себе:

- 1) навчання студентів елементам дослідницької праці, прищеплення їм навичок цієї праці;
- 2) безпосередньо наукове дослідження, яке проводиться студентами під керівництвом викладачів, що є продовженням і поглибленням навчального процесу, одним з найважливіших і ефективних засобів підвищення якості підготовки фахівців.

Науково-дослідна робота студентів є ефективним методом підготовки якісно нових фахівців у вищій школі. Вона розвиває творче мислення, індивідуальні здібності, дослідницькі навички студентів, дозволяє здійснювати підготовку ініціативних фахівців, розвиває наукову інтуїцію, глибину мислення, творчий підхід до сприйняття знань і практичне застосування їх для вирішення завдань і наукових проблем, а також виховує у студентів уміння працювати в колективі. Метою наукової роботи студентів виступає перехід від засвоєння готових знань до оволодіння методами отримання нових знань [1, 2].

Основні завдання науково-дослідної роботи студентів:

- 1) розвиток творчого й аналітичного мислення, розширення наукового світогляду;
- 2) прищеплення стійких навичок самостійної науково-дослідної роботи;
- 3) підвищення якості засвоєння дисциплін, які вивчаються;
- 4) формування умінь застосовувати теоретичні знання на практиці.

Нажаль, значна кількість задач, що пропонуються студентам для таких робіт, хоча і є по суті і формі науково-дослідними, не завжди дають студентам всього спектру необхідних навичок. Крім того, з кожним роком поглиблюється проблема відсутності у студентів комплексного підходу до вирішення проблеми, розуміння ними межпредметних зв'язків, застосування знань, набутих при

вивченні одного предмету, до задач іншої початкової дисципліни. Таким чином впливає необхідність у створенні робіт, які б дозволяли вирішувати в більшому або меншому ступені вказані завдання.

Ідея такої роботи полягає у постановці проблеми як б:

- 1) знаходилась на достатньо сучасному науковому рівні, бажано в межах кількох останніх років або десятиліть в залежності від науки або ступеня підготовки студента;
- 2) потребувала для вирішення знань зі споріднених дисциплін;
- 3) вимагала застосування засобів сучасних інформаційно-комунікаційних технологій;
- 4) могла б стати основою для подальшої роботи в обраному студентом напрямку.

Як приклад можна запропонувати одну з астрофізичних задач, розв'язання якої містить вищевказані елементи, які в змозі зробити студент 4–5 курсу факультетів фізико-математичного профілю. Важливим елементом мотивації студента є той факт, що задача є не просто тренувальною вправою «з підручника», а частиною сучасного наукового проекту, якій розробляється відповідною кафедрою, тому студент може підключається до частини наукової роботи, що безпосередньо виконує його керівник.

Постановка задачі. Основою для поставленої задачі є дослідження групи астрономів під керівництвом Юрія Підпригори, яка виявила в радіодіапазоні величезну газову бульбашку, що піднімається над площиною нашої Галактики [3]. Подібні викиди речовини з площини Галактики зустрічалися і раніше, проте вони значно поступаються за розміром цьому об'єкту. Розміри бульбашки складають близько 3 кпк – це приблизно 10% діаметру Галактики. Всередині бульбашка заповнена іонізованим воднем, а зовнішні її межі містять нейтральний водень. Відстань до бульбашки складає близько 7 кпк, і на небі вона має розмір близько 25 кутових градусів. Однак побачити її в оптичному діапазоні набагато важче. На

рис.1 зображено схему розташування бульбашки в нашій Галактиці, показані її розміри та положення відносно Сонця.

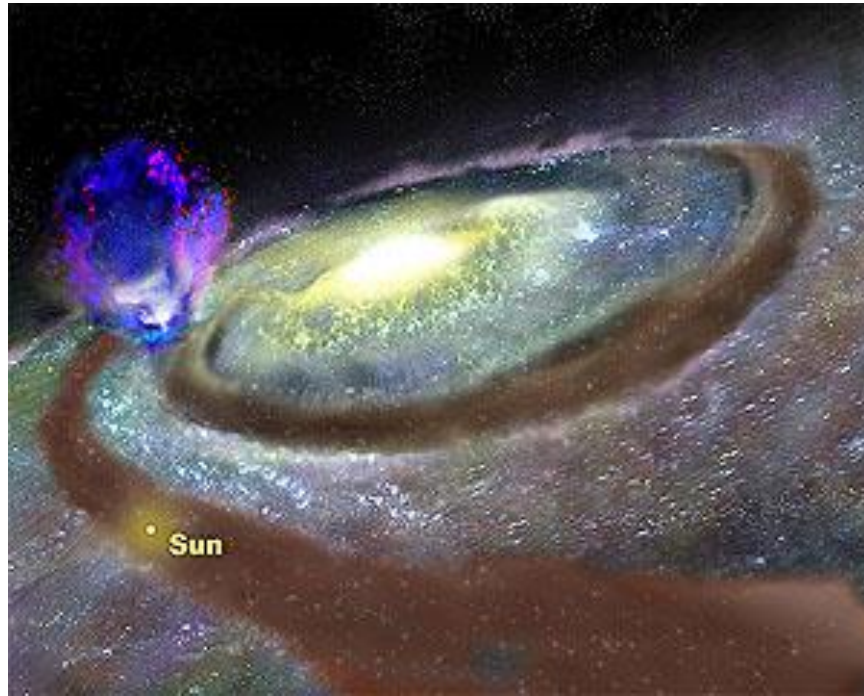


Рис. 1

Воднева бульбашка, що підноситься над диском Чумацького Шляху.

Науковій групі Юрія Підпригори вдалося виявити цей викид газу, об'єднавши безліч зображень, отриманих у видимому і радіодіапазонах. Радіоспостереження на хвилі нейтрального водню 21 см проводилися на телескопі Green Bank з параболічною антеною розміром 100 x 110 м, який є на сьогодні найбільшим повноповоротним радіотелескопом в світі.

Вік бульбашки на основі їх розрахунків оцінюється в 10-30 млн. років. Були проведені оцінки, які пояснюють походження цього об'єкту численними (близько сотні) вибухами Наднових та інтенсивним вітром молодих зір, які були сконцентровані в крупному скупченні в одному із спіральних рукавів нашої Галактики. Власне саме скупчення з тих пір, ймовірно, встигло розсіятися, але породжені зорями хвилі міжзоряного газу продовжують розширюватися і перемішуватися.

Подібні процеси мають велике значення для еволюції Галактики. Хвилі, що ущільнюють міжзоряне середовище, служать спусковим гачком зореутворення, а перемішування збагачує міжзоряне середовище важкими елементами, які викидаються в космос при вибухах Наднових зір. Елементи, важчі за гелій, не тільки слугують основним матеріалом планет, але й помітно позначаються на властивостях наступних поколінь зір. Однак надто потужні викиди можуть привести до того, що міжзоряний газ покине межі Галактики, і тоді процес зореутворення може зупинитися.

Теоретична модель. Якщо розглядати дане утворення як результат вибуху великої кількості Наднових зір, які спалахують в різний час, то задача суттєво ускладнюється, оскільки потрібно аналізувати окремо спалах кожної зорі та їх взаємодію між собою. Враховуючи, що час між спалахами зір набагато менший ніж характерний вік бульбашки, наближено можна вважати, що всі спалахи відбувалися одночасно з загальною енергією E_0 . Враховуючи це, дану задачу можна звести до задачі про точковий вибух з енергією E_0 в неоднорідному середовищі Галактики. Відомо, що густину газу в Галактиці можна досить точно описати експонентною функцією зі шкалою висот 100 пк. Внаслідок цього вибуху утворюється ударна хвиля, яка рухається в міжгалактичному просторі. Фронт ударної хвилі буде формувати зовнішній вигляд бульбашки. Отже, поставимо задачу про рух фронту ударної хвилі в експонентному міжгалактичному просторі, яка утворилася в наслідок точкового виділення енергії E_0 в диску Галактики. Відомими даними в цій задачі можна вважати вік бульбашки, а також час руху ударної хвилі від моменту вибуху та розміри бульбашки, або відстань, на яку ударна хвиля поширилась за вік бульбашки. Розв'язавши цю задачу, можна визначити енергію E_0 , яка була виділена під час вибухів Наднових. Знаючи середню енергію вибуху Наднової зорі, можна зробити наближений аналіз кількості Наднових зір, які утворили цю бульбашку.

Розв'язання задачі. Як було показано в роботах [4, 5], швидкість руху нерелятивістської ударної хвилі в довільно неоднорідному середовищі можна наближено описати рівнянням:

$$D(r) = \text{const}(\rho(r)r^{N+1})^{-k},$$

де $D(r)$ – це швидкість руху ударної хвилі, $\rho(r)$ - розподіл густини середовища за деяким законом, $N = 1, 2, 3$ – коефіцієнт, що залежить від розглядуваної хвилі і відповідає відповідно плоскій, циліндричній або сферичній хвилі, а показник степеня k та параметр $m(r)$, який характеризує неоднорідність середовища, рівні:

$$k = 1/2, m(r) \leq N + 1$$

$$k = 1/5, m(r) > n + 1$$

$$m(r) = \frac{d \ln(\rho(r))}{d \ln r}.$$

Враховавши що для початкового моменту часу (або порівняно малих відстаней) густину можна вважати постійною, можна використати автотодельний розв'язок Седова для однорідного середовища [6]. Він дозволяє отримати початкові дані за відомою енергією або навпаки. Закон руху фронту ударної хвилі та швидкості фронту для розв'язку Седова виглядає наступним чином:

$$R = \left(\frac{E_0}{\alpha_A \rho_0} \right)^{1/2} t^{-3/2},$$

$$D = \frac{dR}{dt} = \frac{2}{3+N} \left(\frac{E_0}{\alpha_A \rho_0} \right)^{1/2} R^{-\frac{N+1}{2}}.$$

Враховуючи, що показник степені для наближеного автотодельного метода залежить від режиму руху ударної хвилі (прискорення чи сповільнення), рівняння для швидкості можна переписати в такому вигляді, відповідно для сповільненого і прискореного руху ударної хвилі [4, 5]:

$$D_1 = \frac{2}{5} \left(\frac{E}{\alpha_{nr} \rho(r)} \right)^{1/2} r^{-3/2}$$

$$D_2(r) = D_1(r_1) \left(\frac{\rho(r_1)r_1^3}{\rho(r)r^3} \right),$$

де r_l – точка в якій ударна хвиля починає прискорюватись, $\alpha_{nr}=0.4936$ – автомодельна постійна для нерелятивістського випадку.

Розглядаючи дану задачу зручно перейти до безрозмірних змінних Кестенбойма [4, 5], завдяки такому переходу отримаємо формули що містять лише параметр віддалі – H . Отже маємо:

$$r^* = \frac{r}{R_m} \quad D^* = \frac{D}{D_M} \quad t^* = \frac{t}{t_M} \quad \rho^* = \frac{\rho}{\rho_M}$$

$$r_M = H, D_M = \left(\frac{E}{\alpha_{nr} \rho_0 H^3} \right)^{1/2}, t_M = \left(\frac{\alpha_{nr} \rho H^5}{E} \right)^{1/2}, \rho_M = \rho_0.$$

Для розв'язку нашої задачі перепишемо рівняння для швидкості у вигляді системи диференціальних рівнянь (зірочки надалі писати не будемо).

$$\frac{dr(t)}{dt} = D(t),$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = k \frac{d(t)^2}{r(t)} (m(r) - 3).$$

Розв'язки даної системи рівнянь можна знайти, використовуючи метод Рунге-Кутта 4-го порядку.

Для нашої моделі ми розглянемо експонентне падіння густини в диску Галактики. Такий розподіл дає можливість змоделювати приблизний вигляд фронту через певний проміжок часу. Для цього будемо розглядати метод секторного наближення, коли густина середовища залежить від напрямку поширення, але в межах певного сектору вважається постійною. Завдяки цьому методу можна визначити положення фронту в будь-який момент часу.

Отже для деякого сектору, який задається кутом θ відносно напрямку перпендикулярному до диску с визначиться як:

$$\rho(r) = \rho_0 \exp\left(-\frac{r}{H} \cos(\theta)\right) + \rho_{plato},$$

де ρ_{plato} - густина міжгалактичного середовища. Таким чином розглянувши весь діапазон θ отримаємо рисунок фронту ударної хвилі, який зможемо використати

для порівняння з експериментальними даними. Добираючи параметри початкової швидкості можна визначити таку початкову швидкість за якої профіль найбільш наближений до експериментального. Таким чином можна обчислити початкову енергію вибуху, а отже наближену кількість зір які брали участь в утворенні даного об'єкту та час його життя. Провівши відповідні розрахунки можна показати, що кількість зір, яка необхідна для генерації подібної бульбашки, дорівнює 100-1000 зір (в межах похибки експериментальних даних), що наближено збігається з даними групи спостерігачів [3].

Як можна бачити на прикладі даної задачі, студент:

- 1) залучається до ознайомлення з надсучасними науковими проблемами та ідеями;
- 2) інформацію для більш глибокого ознайомлення із проблемою змушений шукати в сучасній науковій літературі або в комп'ютерних інформаційних мережах;
- 3) для розв'язання задачі застосувати знання, набуті при вивченні фізики, астрономії, вищої математики;
- 4) одержання числового розв'язку вимагає значної кількості обчислень, що в свою чергу змушує студента написати відповідну програму (будь-якою мовою програмування) або опанувати та застосовувати відповідне програмне забезпечення, зокрема математичного призначення;
- 5) за наявності бажання, може продовжити розгляд даного питання і довести свою роботу до рівня кваліфікаційної роботи з відповідної спеціальності.

Значним позитивним моментом є те, що до розв'язання подібних задач студенти можуть залучатись в рамках різноманітних вітчизняних і міжнародних наукових проектів (зокрема, Віртуальної Рентгенівської та Гамма Обсерваторії <http://virgo.org.ua>).

Таким чином, робота студентів над виконанням науково-дослідних робіт, що мають справжню наукову новизну, вимагають комплексного підходу та застосування сучасних засобів і методів для її розв'язання, повинно стати однією з ланок у підготовці високообізнаного, конкурентоспроможного фахівця XXI століття.

Список використаних джерел

1. Лук'янченкова В.Є. Технологія науково-дослідної діяльності.- Харків, 2007. – 50 с.
2. Сабитов Р.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие / Челяб. гос. ун-т. - Челябинск, 2002 - 138 с.
3. Pidopryhora Yu., Lockman F.J., Shields J.C. The Ophiuchus Superbubble: A Gigantic Eruption from the Inner Disk of the Milky Way // The Astrophysical Journal, Volume 656, Issue 2, pp. 928-942.
4. Berezinsky V.S., Blasi P., Hnatyk B.I. A new mechanism for gamma-ray bursts in SN type I explosions. 1. Weak magnetic field // The Astrophysical Journal. – 1996. – Volume. 469. – P. 311-319.
5. Гнатик Б.І., Марченко В.В. Спостережені прояви виходу релятивістської ударної хвилі на поверхню Гіпернової зорі // Кинематика и физика небесных тел. – 2006. – Т.22, № 2. – С.125-137.
6. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1983, 1984. – Т. 1, 2. – 528 с, 560 с.

COMPREHENSIVE APPROACH IN THE MORDEN STUDENT RESEARCH WORK

Bogdan T.M., Marchenko V.V., Vinnychenko E.F., Pekur D.V.

Taras Shevchenko Chernigiv State Pedagogical University

The one of modern approaches to organize the student research work using astrophysical problems is considered. The example of such research problem is proposed and the stages of solving this problem are analyzed.

Keywords: student scientific research, astrophysical tasks, numerical methods of integration of differential equations, information technologies.