


Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University
Faculty of Romance and Germanic Philology
Linguistics and Translation Department

Translation project:
Visual Astronomy with a Small Telescope by Sean G. Ryan

Перекладацький проєкт:
Переклад книги Шона Райана «*Visual Astronomy with a Small Telescope*»

BA Paper

Viktoriia Diachenko
PERb22240d

Усім підписам завізую, що
подаю на захист рукопис та
електронний документ є ідентичні
02.06.2026 

Research supervisor:
Professor O. Komar

Kyiv 2026

Abstract

The translation project examines the features of popular science discourse and the translation of astronomical terminology based on two selected excerpts from the book *Visual Astronomy with a Small Telescope* by Sean G. Ryan. Furthermore, particular attention is given to popular science discourse and its influence on the stylistic features of the text. Furthermore, the study addresses the key features of the term and terminology, while astronomical terms are categorised according to the classification proposed by D. Furt and L. Dmytruk. Finally, the study includes an analysis of the translation techniques applied in the rendering process. The translation was carried out in accordance with the classification proposed by Lucía Molina and Amparo Hurtado Albir.

Keywords: *astronomical terms, non-fiction astronomical discourse, stylistic features of popular science text, terminology classification, translation techniques.*

Анотація

У перекладацькому проєкті досліджуються особливості науково-популярного дискурсу та перекладу астрономічної термінології на прикладі двох розділів із книги Шона Г. Райана «Візуальна астрономія з малим телескопом». Другий розділ перекладацького проєкту присвячений науково-популярному дискурсу та його впливу на стилістичні особливості тексту. У дослідженні розглядаються такі поняття, як «термін», «термінологія» та їхні ключові особливості. Астрономічні терміни категоризовано відповідно до класифікації, запропонованої Д. Фуртом та Л. Дмитруком. Крім того, особлива увага приділяється аналізу перекладацьких прийомів, застосованих у процесі перекладу. Переклад виконано відповідно до класифікації, запропонованої Л. Моліна та А. У. Альбір.

Ключові слова: *астрономічні терміни, класифікація астрономічних термінів, науково-популярний астрономічний дискурс, прийоми перекладу, стилістичні особливості науково-популярного тексту.*

CONTENTS

Introduction	3
Chapter 1. Translation of <i>Visual astronomy with a small telescope</i> by Sean G. Ryan	4
Chapter 2. Translation features of non-fiction astronomical discourse into Ukrainian: a case study of <i>Visual astronomy with a small telescope</i> by Sean G. Ryan	26
2.1 Information about the author's biography and the characteristics of the text	26
2.2 Semantic and stylistic features of the non-fiction astronomical discourse	27
2.3. Translation techniques and challenges of rendering the meaning of terminology in <i>Visual astronomy with a small telescope</i> by Sean G. Ryan	28
Conclusions	31
References	33
Appendices	34

Introduction

Popular science literature occupies a significant place among a wide range of contemporary readers. This can be explained by the distinctive nature of the genre, which presents complex scientific ideas and phenomena in a clear and accessible manner. As a result, it serves as an important and approachable source of information for a broad audience, making scientific knowledge widely available.

The relevance of the topic lies in the increasing role of popular science literature as a key instrument for communicating scientific ideas beyond the boundaries of the academic community. In this context, the translation of *Visual Astronomy with a Small Telescope* by Sean G. Ryan is significant, as the book integrates astronomical theory with practical observation guidelines. Its translation requires not only terminological accuracy but also the preservation of instructional clarity and accessibility for non-specialist readers.

The translation project is based on the various scholars' works of terminology. Bowker contributed to the theoretical understanding of terminology by formulating definitions of both the term and terminology as structured elements of specialised communication. Dyakov, Kyiak, and Kudelko outlined the essential properties of terms that make it possible to recognise them in a text and distinguish them from general vocabulary. For the classification of astronomical terminology, the research applies the typology developed by Furt and Dmytruk, who categorise terms according to their level of specialisation and functional role within the scientific field. This classification supports a more consistent analysis of terminology in the source text and provides a basis for selecting appropriate translation techniques.

The object of the research is astronomical terminology in the non-fiction astronomical discourse.

The subject is the translation methods employed to render the meaning of astronomical terminology in *Visual Astronomy with a Small Telescope* by Sean G. Ryan.

The aim of the research is to determine the distinctive features of astronomical terminology and to define translation techniques for conveying its meaning in a Ukrainian science-fiction text.

The aim determines the following **objectives**:

- to translate two selected excerpts of *Visual Astronomy with a Small Telescope*;
- to characterise the genre and style of the book;
- to define and classify terms in the original text;
- to reveal and justify the use of translation techniques.

The structure and the body of the research. The translation project consists of an introduction, two chapters (22 pages of the actual translation and 6 pages of the translator's analysis), conclusions, references, and appendices. The source text contains 7,174 words and 43,585 characters with spaces, and the target language translation contains 6,179 words and 43,829 characters with spaces. The total volume of the translation project is 35 pages.

Chapter 1. Translation of *Visual astronomy with a small telescope* by Sean G. Ryan

Source text

Visual astronomy with a small telescope

Chapter 1

Introduction

1.1 VISUAL ASTRONOMY

The invention of the telescope in the early 1600s revolutionised astronomy. It provided a magnified view of objects whose features were otherwise indiscernible and raised faint objects above the sensitivity threshold of the eye. This led to the discovery of new planets and stars, allowed astronomers to make more accurate measurements of their positions and movements, and led to a greater, but still incomplete, understanding of the forces at play in the Universe. The modern theory of gravity, Einstein's Theory of General Relativity, has triumphed over the old approximation that is Newton's "law" of gravity, but telescopes also brought challenges: the discovery of dark matter a material of currently unknown type that exerts a gravitational attraction on ordinary matter and dark energy, which seems to be an expansion force evident on the largest scales in the Universe, a sort of antigravity but not as science fiction writers imagined it. The Universe reserves many mysteries for those inclined to observe it.

The 1900s saw many revolutions that affected the way telescopes were used and the information that could be gleaned from them. The development of quantum physics was perhaps the most important. Its revelations about the wave properties of matter gave rise ultimately to an understanding not just of the forging of atoms and liberation of nuclear energy by stars, and how these processes

Target text

Візуальна астрономія з малим телескопом

Розділ 1

Вступ

1.1 ВІЗУАЛЬНА АСТРОНОМІЯ

Винайдення такого приладу, як телескоп, на початку 1600-х років здійснило великий прорив в астрономії. Цей прилад забезпечив можливість збільшувати й розглядати раніше невидимі об'єкти та зробив темні космічні тіла доступними для людського ока, що зумовило відкриття нових планет та зірок, дозволило астрономам зробити більш точні вимірювання їх позицій та рухів, а також призвело до кращого, але все ще неповного, розуміння сил, що діють у Всесвіті. Загальна теорія відносності Ейнштейна перемогла застарілий «закон» гравітації Ньютона та стала передовою теорією, що пояснює силу тяжіння. Але разом з телескопом з'явилися і нові виклики, зокрема відкриття темної матерії — матеріалу невідомого дотепер типу, який чинить гравітаційний вплив на звичайну матерію й темну енергію. Остання, у свою чергу, є ймовірною силою розширення, що проявляється у найбільших масштабах Всесвіту; своєрідною антигравітацією, описи якої письменниками-фантастами виявилися далекі від реальності. Всесвіт зберігає багато таємниць для тих, хто за ним спостерігає.

У 1900-х роках відбулося багато революцій, які вплинули на спосіб використання телескопів та інформацію, яку можна було отримати з їх допомогою. Розвиток квантової фізики був, мабуть, найважливішим. Відкриття хвильових властивостей матерії в кінцевому підсумку не тільки сприяли розумінню процесів утворення атомів, вивільнення ядерної енергії зірками і їх зв'язок з життєвими циклами небесних тіл, але також

relate to the life cycles of stars, but also changed the way we observe and interpret them. The development of semi-conductors and solid-state electronics, in which the wave properties of the electrons are key, led to vastly better detectors and high-speed computers that help astronomers interpret the past, present and future evolution of the Universe. However, separate from all the technological developments, there remains an intensely human experience, both visual and emotional, in observing planets, stars and galaxies by eye through a telescope; no photograph replaces the wow factor of observing, by eye, Saturn's rings, Jupiter's moons and cloud belts, or a distant galaxy. Visual astronomy with a small telescope is the subject of this book.

The designation "small telescope" has no natural definition. This book has been written principally for people having access to a telescope in the size range from around 75 mm (3 inches) to 150 mm (6 inches) in diameter, though owners of telescopes outside this size range should still find the content useful. This diameter describes the limiting lens or mirror of the telescope; it determines how much light can be redirected into the eye, and how much detail can be seen. Instruments of this size are often acquired as the first telescope by someone keen to observe the skies but who is still building experience. Such telescopes are usually portable, but whereas larger telescopes are frequently equipped with computer-controlled pointing and tracking, small telescopes may have few or no computer aids and require more skill to be exercised by the observer. Instruments in this size range designed solely for astrophotography are also now available; they can be capable of producing excellent digital images, though this is quite a different undertaking to observing by eye. Much of the content of this book, including the selection of targets, information on the resolution of small telescopes and factors affecting the visibility of objects, is equally applicable to those instruments, but this book also includes information relating to human vision, eyepiece selection and observing technique. The

змінили спосіб спостереження та інтерпретації. Розвиток напівпровідників та твердотільної електроніки, в якій ключову роль відіграють хвильові властивості електронів, призвів до створення значно кращих датчиків та високошвидкісних комп'ютерів, які допомагають астрономам розшифрувати минулу, теперішню і майбутню еволюцію Всесвіту. Однак, незалежно від усіх технологічних розробок, існує й унікальний людський досвід сприйняття планет, зірок та галактик через телескоп, що може бути візуальним або емоційним. Жодна фотографія не може викликати таке ж захоплення, яке людина переживає під час спостереження кілець Сатурна, супутників Юпітера та хмарних поясів або далекої галактики наживо. Тож предметом цієї книги є візуальна астрономія з малим телескопом.

Насправді, такого терміну, як «малий телескоп» не існує. Ця книга була написана в основному для власників телескопа діаметром приблизно від 75 мм (3 дюйми) до 150 мм (6 дюймів), хоча й людям, чий прилад не відповідає цим розмірам, подана інформація теж може бути корисна. Цей діаметр описує граничну лінзу або дзеркало телескопа, що впливає на кількість світла, яке перенаправляється до спостерігача та деталі, які можна роздивитись. Інструменти такого розміру часто купують вперше ті, хто хоче спостерігати за небом, але лишень набуває досвіду. Такі телескопи, як правило, портативні, але порівняно з великими приладами, які часто оснащені функціями комп'ютерного управління наведення та відстеження об'єктів, можуть мати небагато або взагалі не мати допоміжних засобів і вимагають від спостерігача більшої вправності. Наразі також доступні інструменти того самого розміру, призначені виключно для астрофотографування, які можуть створювати високоякісні цифрові зображення, але це вже зовсім інший вид діяльності. Значна частина змісту цієї книги, зокрема вибір цілей, частина про роздільну здатність малих телескопів та фактори, що впливають на видимість об'єктів, однаково підходить для обох приладів, але тут також міститься інформація, що стосується людського зору, вибору телескопічного окуляра та техніки спостереження. Основна мета книги — допомогти власникам телескопів розвинути навички візуального спостереження та

principal purpose of the book is to help visual observers develop the skills of observing by eye and to acquire the knowledge and experience that will enable them to fully exploit their telescope and maximise their enjoyment of it, at the same time as getting to know the sky well and enjoying the treats the Universe offers those who observe it. Developing this knowledge may also assist if the purchase of a larger telescope is contemplated in the future.

Almost 400 objects suitable for visual observation with a small tele-scope have been selected. Charts and tips have been assembled to help find them without a computerised telescope, along with technical guidance on the telescope's properties and the way the eye functions as an astronomical detector. Insights into the astrophysics of the targets are also provided to enrich the observing experience.

1.2 DIVIDING UP THE SKY

The heart of this book is a series of star charts for identifying objects suitable for visual observation with a small telescope. To make good use of the charts, it is necessary to understand the ways astronomers have divided up the sky.

Astronomers use angles measured in degrees to describe the locations of points in the sky. It is common for 1° to be subdivided into 60 intervals called minutes of arc (or arcminutes, abbreviated arcmin), and for each minute of arc to be subdivided into 60 intervals called seconds of arc (or arcseconds, abbreviated arcsec). The angular diameter of the Sun and the Moon as viewed from the Earth are both around 0.5° , i.e. 30 arcmin, and the angular diameter of the image of a star viewed through a small tele-scope is typically around 2 arcsec, for reasons that will be explained later.

Astronomers imagine the Earth surrounded by a sphere at a great distance, called the celestial sphere, whose north and south poles and equator are formed by projecting the Earth's poles and equator outward to it. The positions of all astronomical bodies are likewise projected onto the sphere. Two coordinates are required to

набути знань і досвіду, які дозволять повною мірою використовувати телескоп та отримувати задоволення від роботи з ним, пізнаючи небо та насолоджуючись знахідками, які Всесвіт приготував для його споглядачів. Розвиток цих знань також стане в нагоді тим, хто майбутньому планує придбати більший телескоп.

Для книги було обрано майже 400 об'єктів, придатних для візуального спостереження за допомогою малого телескопу. Тут також зібрано карти й підказки, які допоможуть знайти їх без комп'ютеризованого телескопа, а також технічні вказівки щодо властивостей телескопа та функціонування людського ока як астрономічного детектора. У книзі також подаються відомості про астрофізичні особливості обраних небесних тіл, що підсилюють цінний досвід спостереження.

1.2 ПОДІЛ НЕБА

В центральній частині книги розміщена серія зоряних карт для ідентифікації об'єктів, придатних для візуального спостереження за допомогою малого телескопа. Однак, для ефективного використання матеріалу, необхідно зрозуміти, як вчені поділяють небо.

Астрономи використовують виміряні в градусах кути, щоб описати розташування точок на небі. Зазвичай 1° ділиться на 60 інтервалів, які називаються хвилинами кута або аркхвилинами (скор. arcmin), а кожна хвилина кута поділяється ще на 60 інтервалів, які називаються секундами кута або арксекундами (скор. arcsec). Якщо спостерігати із Землі, кутовий діаметр Сонця та Місяця становить близько $0,5^\circ$, тобто 30 arcmin, а кутовий діаметр зображення зірки, що видно в малий телескоп, — зазвичай близько 2 arcsec. Причини такої різниці ми розберемо пізніше.

Астрономи уявляють, що Земля на деякій відстані умовно оточена сферою, яку ще називають небесна сфера. На неї подумки переносять північний і південний полюси та екватор. Положення всіх астрономічних тіл також проєктують на цю сферу. Для опису положення кожного об'єкта потрібні дві координати, аналогічні земній довготі та широті, які називаються прямим сходом (RA) та схиленням (dec). Схилення

describe the position of each object, analogous to longitude and latitude on the Earth, called right ascension ("RA") and declination ("dec"). Declination is measured in degrees from the celestial equator, positive being north and negative being south. Just as longitude on the Earth is measured east and west from an agreed reference line (strictly this line should be called a meridian) passing north-south through the Royal Observatory at Greenwich, right ascension is measured from an agreed north-south reference meridian on the celestial sphere. The reference meridian for right ascension passes through a point called "The first point of Aries", which is where the ecliptic - the apparent path of the Sun on the celestial sphere - crosses the celestial equator from south to north. (The first point of Aries is actually in the constellation Pisces, but that's a story for later.) Right ascension can be measured around the celestial equator in degrees, eastward from the reference meridian, but as the sky appears to rotate from east to west in just under 24 hours (due to the Earth rotating from west to east underneath it), it is more common to divide the celestial equator into 24 intervals called "hours of right ascension", each of which is therefore 15° wide. Each hour of right ascension is then subdivided into 60 intervals called minutes of right ascension, and each minute of right ascension is further subdivided into 60 intervals called seconds of right ascension. Right ascension is therefore commonly stated in an hours:minutes:seconds format, while declination is given in a degrees:arcmin:arcsec format. Note the one minute of right ascension (1/60th of 15° at the celestial equator) is not the same as one arcminute (1/60th of 1°). Moreover, one minute of right ascension corresponds to a smaller angle on the sky away from the celestial equator, just as one minute of longitude becomes a smaller distance on the Earth's surface as you move towards the poles; the factor by which it changes is the cosine of the declination, $\cos(\text{dec})$.

During the 20th century, the International Astronomical Union divided the sky into 88 constellations, which are patterns of

вимірюється в градусах від небесного екватора. Позитивне — на півночі, а негативне — на півдні. Довгота на Землі вимірюється на схід та захід від узгодженої початкової лінії — меридіану, що проходить з півночі на південь через Гринвіцьку королівську обсерваторію. Аналогічно вимірюється і пряме сходження — від узгодженого початкового меридіана, що проходить на небесній сфері з півночі на південь. Початковий меридіан для прямого сходження проходить через точку, що називається «Перший градус Овна», де екліптика — видимий шлях Сонця на небесній сфері — перетинає небесний екватор з півдня на північ (перший градус Овна насправді знаходиться в сузір'ї Риб, але залишимо цю історію на потім). Пряме сходження можна виміряти навколо небесного екватора в градусах на схід від початкового меридіана, але оскільки небо обертається зі сходу на захід трохи менше ніж за 24 години (через обертання Землі із заходу на схід), то зручніше розділити небесний екватор на 24 частини, які називаються "годинами прямого сходження", де кожна відповідає 15° . Кожна година прямого сходження відтак ділиться на 60 частин, які називаються хвилинами прямого сходження, а кожна його хвилина додатково ділиться ще на 60 частин, які називаються секундами прямого сходження. Отже, пряме сходження зазвичай вказують у форматі години:хвилини:секунди, тоді як схилення задається у форматі градуси $^\circ$: arcmin': arcsec". Зверніть увагу: одна хвилина прямого сходження (1/60 від 15° на небесному екваторі) не дорівнює одній кутовій хвилині (1/60 від 1°). Ба більше, одна хвилина прямого сходження відповідає меншому куту на небі від небесного екватора; за аналогією одна хвилина довготи має меншу відстань на поверхні Землі, що ближче до полюсів ви рухаєтесь. Коефіцієнт, на який зменшується величина, називається косинусом схилення ($\cos(\text{dec})$).

Протягом XX століття Міжнародний астрономічний союз поділив небо на 88 сузір'їв — зіркових фігур, які можна розглядити неозброєним

stars visible to the naked eye. Most constellations are based on figures from ancient mythology, to which several of more recent construction, named after scientific instruments, have been added. Throughout human history, different peoples have established their own sky cultures and divided the sky differently. Many alternative divisions are still in common use, such as "The Plough" or "The Big Dipper" (the brightest stars in Ursa Major) in the northern hemisphere and "The False Cross" in the south. While patterns such as these are not constellations, they are readily recognisable and hence valuable to you for wayfinding in the sky, particularly when operating a telescope without computer control. Learn as many patterns in the sky as you can, and where helpful you can invent a few unofficial patterns and names of your own.

The brightness of astronomical objects is usually quoted on a numerical scale called "magnitudes". Of most relevance to us is the apparent visual magnitude, denoted mV , where the brightest stars are around magnitude zero, and the faintest stars visible to the naked eye from a dark rural site are around magnitude 6, depending on conditions. Larger numbers indicate fainter stars, and each increasing step of one magnitude, e.g. from $mV=5$ to $mV=6$, corresponds to a factor of approximately 2.5 decrease in brightness¹. A brightness difference of four magnitudes therefore corresponds to $2.5 \times 2.5 \times 2.5 \times 2.5 \approx 39$, i.e. a factor of roughly 40 in brightness.

What a given magnitude means to an observer in terms of visual sensation, i.e. whether you regard a star as "bright" or "faint", depends on the size of the telescope, the magnification, the sky clarity, and your eye-sight. You will become accustomed to the visual sensation arising from your own telescope and eyepieces. A small telescope at a dark site ought to reveal stars down to around magnitude 11 or fainter, but a finder telescope (a small telescope mounted to the side of the main instrument to aid pointing; see Section 2.3.5) will have a brighter magnitude limit (typically around 7-8). Moonlight, twilight, urban light pollution, or thin cloud will

оком. Більшість сузір'їв засновані на образах із давньої міфології. Пізніше до них додали ще кілька конфігурацій, названих на честь наукових приладів. Протягом історії різні народи створювали власні системи та розділяли небо по-своєму. Багато альтернативних класифікацій все ще широко використовуються, як-от "Великий Ківш" або "Великий Віз" (найяскравіші зірки сузір'я "Велика Ведмедиця"), розташовані у північній півкулі, та "Південний хрест" у південній. Хоча такі конфігурації не вважаються сузір'ями, вони легко впізнавані, а отже можуть бути цінними орієнтирами пошуку шляху на небі, особливо при роботі з телескопом без функції комп'ютерного управління. Намагайтесь вивчити якомога більше зоряних конфігурацій. Якщо є потреба, можете придумати кілька неофіційних та дати їм власні назви.

Яскравість астрономічних об'єктів зазвичай вимірюють за числовою шкалою, яка називається "зоряна величина". Найбільш важливою для нас є видима зоряна величина, позначена, як mV , де найяскравіші зірки дорівнюють приблизно нулю, а найслабкіші — які можна роздивитися неозброєним оком у сільській місцевості, — займають приблизно 6-те місце на шкалі зоряних величин, що варіюється залежно від зовнішніх факторів. Більші числа відповідають слабшим зіркам, і кожне збільшення на одну зоряну величину, наприклад, від $mV=5$ до $mV=6$, означає зниження коефіцієнту яскравості на приблизно 2,5 одиниці¹. Тому різниця яскравості чотирьох зоряних величин обчислюється як $2,5 \times 2,5 \times 2,5 \times 2,5 \approx 39$, тобто коефіцієнт яскравості дорівнює приблизно 40-ка одиницям.

Ваше візуальне сприйняття зоряної величини, тобто вважаєте ви зірку «яскравою» чи «слабкою», залежить від розміру телескопа, ступеня збільшення, ясності неба та гостроти вашого зору. Ви звикнете розглядати об'єкти за допомогою власного телескопа та допоміжних окулярів. Малий телескоп у темному місці повинен фіксувати зірки розміром приблизно до 11-ої зоряної величини або слабші, проте телескоп-шукач (малий телескоп, розташований збоку від основного приладу для кращого наведення (див. Розділ 2.3.5) матиме більш яскраву межу зоряної величини (зазвичай близько 7-8-ми одиниць). За умов наявності місячного

result in a brighter magnitude limit for all instruments including the naked eye.

1.3 USING THIS BOOK

It is easy to look through a telescope and see the most obvious features of a bright target, but to see more subtle features and pick up fainter objects, it helps to understand what the telescope is doing to the light and how the eye is responding to it. This book covers all aspects and thus caters for a wide range in observer experience.

Chapter 2 may be regarded as the technical chapter. It discusses the properties of light that affect telescope performance, the way the eye functions when observing, and how the optical parameters of small telescopes affect the appearance of astronomical objects. A relatively shallow read through this chapter will expose an absolute beginner to some of the key concepts of telescope optics and the eye, but as your skills as an observer develop you may wish to re-read the sections of Chapter 2 more deeply, as the significance of some topics will become more apparent when you have encountered them yourself.

Chapter 3 is a brief chapter dealing with planning observations, the competition between interfering sources of light, and how the position of an object in the sky affects its appearance. The topics are less technical than those in Chapter 2 but will similarly lead to a better observing experience.

Chapters 4 and 5 are the heart of the book, presenting a selection of targets suitable for visual observation with a small telescope. Chapter 4 provides a brief introduction to the classes of object, how to observe them, and their astrophysical significance. Chapter 5 provides the charts and accompanying tables, organised according to the 88 constellations, and divided into 43 numbered chart groups to show the positions of the targets and sufficient nearby stars to locate them. Each chart group may comprise more

світла, сутінок, міського світлового забруднення або легкої хмари сприйняття яскравості стає обмеженим для всіх приладів та для людського ока.

1.3 ЯК КОРИСТУВАТИСЯ КНИГОЮ

Подивитися в телескоп і виявити найочевидніші особливості яскравого об'єкта не важко. Втім, щоб роздивитись їх малопомітні деталі і знайти слабші об'єкти, потрібно розуміти, як телескоп пропускає світло та як на це реагує людське око. Ця книга охоплює всі зазначені аспекти, тому стане в нагоді як початківцям, так і досвідченим спостерігачам.

Розділ 2 можна вважати технічним. У ньому описані властивості світла, які впливають на роботу телескопа, механізм функціонування очей при спостереженні та вплив оптичних налаштувань малого телескопа на вигляд астрономічних об'єктів. Проглянувши цей розділ навіть цілковитий новачок зрозуміє деякі ключові поняття оптичної системи телескопа та особливості людського зору. Втім, з розвитком навичок спостереження ви, можливо, захочете перечитати його більш вдумливо, оскільки з власного досвіду усвідомите важливість деяких тем.

Розділ 3 — це короткий розділ присвячений плануванню спостережень, конкуренції між перешкоджаючими джерелами світла та впливу положення об'єкта на небі на його вигляд. Тут описані менш технічні теми, ніж у розділі 2, проте вони так само допоможуть вам покращити методику спостереження.

Головну частину книги становлять розділи 4 та 5, в яких представлена добірка космічних об'єктів, придатних для візуального спостереження за допомогою малого телескопа. У розділі 4 наведено короткий огляд класів небесних тіл, способів їх спостереження та астрофізичне значення. Розділ 5 містить зоряні карти та супровідні таблиці, організовані відповідно до класифікації 88-ми сузір'їв. Вони розділені на 43 пронумеровані групи карт, що демонструють положення космічних об'єктів та достатню кількість наближених до них зірок, щоб полегшити визначення їх положення. Кожна група карт складається з кількох окремих, де детально зображено зоряні поля навколо змінних зір.

Якщо ви помітили чисте нічне небо і вам не терпиться розпочати

than one individual chart, especially to show the star fields around variable stars in more detail.

If you are anxious to start observing and make good use of a clear, dark night, don't be afraid to skip ahead to Chapter 5 and start to observe your favourite objects, beginning with the brightest ones. However, to make the most of your telescope, it helps greatly to understand what the optics of the telescope are designed to do, what they can do and how light interacts with your eye. Chapters 2-4 were written to enhance your ability to observe more challenging targets, so if you do skip ahead to Chapter 5, remember to return to Chapters 2-4 during daylight hours or on cloudy nights to fill in the missing pieces. Most of all, enjoy your experience of visual astronomy with a small telescope.

NOTE

1 For the mathematically minded, five magnitudes is defined as a factor of $1001/5$, in brightness, so each magnitude corresponds to a brightness factor given by 1005 , which is 2.51 . A magnitude difference Δm therefore corresponds to a brightness difference of a factor of $=2,51\Delta m$.

CHAPTER 4

Observing and Locating Targets Visually with a Small Telescope

This chapter introduces the types of targets selected for visual observation with a small telescope. The first section introduces the main types of objects, followed in the second section by advice on star hopping, i.e. tips on how to locate faint targets using a manually operated, small telescope.

4.1 TYPES OF ASTRONOMICAL OBJECTS

4.1.1 The Solar System

The solar system provides some impressive targets for a small telescope that are easy to acquire, especially for inexperienced observers. Most are sufficiently obvious that they need only a brief

спостереження, переходьте відразу до розділу 5 і насолоджуйтесь неймовірним виглядом своїх улюблених небесних тіл, починаючи з найяскравіших. Однак, для максимально ефективного використання вашого телескопа варто спершу розібратися, для чого потрібна оптика, які її можливості та як світло взаємодіє з вашими очима. Розділи 2-4 покликані навчити вас спостерігати за більш складними об'єктами, тому, якщо ви відразу переходите до розділу 5, не забудьте впродовж кількох наступних днів або хмарних ночей повернутися до попередніх та заповнити прогалини. Насамперед, насолоджуйтеся моментами пізнання візуальної астрономії з малим телескопом.

ПРИМІТКИ

1 Для тих, хто має математичний склад розуму, п'ять зоряних величин визначаються як коефіцієнт $1001/5$, яскравості, тому кожна величина відповідає коефіцієнту яскравості, що дорівнює 1005 , тобто $2,51$. Тому різниця величин Δm відповідає різниці яскравості коефіцієнта $=2,51\Delta m$.

РОЗДІЛ 4

Спостереження та візуальне визначення положення об'єктів за допомогою малого телескопа

У цьому розділі представлені типи космічних об'єктів, відібрані для візуального спостереження за допомогою малого телескопа. У першій частині представлені основні типи астрономічних об'єктів, а в другій — поради щодо «зоряних стрибків», тобто як знайти слабкі зорі за допомогою малого телескопа з ручним керуванням.

4.1 ТИПИ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

4.1.1 Сонячна система

Сонячна система налічує багато вражаючих об'єктів, які за допомогою малого телескопа можуть роздивитися навіть недосвідчені спостерігачі. Більшість із них відомі всім, тож достатньо лише побіжно

mention.

The Moon is impressive both at low magnification m_{Min} , when much of the surface may be visible in the eyepiece at one time, and at high magnification m_{Max} when individual craters, mountains and mare may be studied. Vertical relief is more evident close to the terminator - the boundary between sunlit and dark hemispheres where the shadows cast by tall features or crater rims reveal the texture more clearly. The terminator marches across the lunar landscape as each lunation progresses, revealing new features each night. The Moon is a great place to start observing with a small telescope and is worth returning to regularly.

Venus is easily recognisable as one of the brightest early-evening west-ern or late-morning eastern objects. To a small telescope, it is enshrouded in featureless cloud, but displays a cycle of phases like those of the Moon, which change size as the phase progresses. This observation, first made by Galileo in 1610, played a significant role historically by indicating that Venus is in orbit around the Sun rather than Earth. This observation is easily replicated with a small telescope by revisiting Venus regularly over several months.

Jupiter and Saturn are peerless targets for both inexperienced and experienced observers. They are bright and easy to locate and have relatively large apparent sizes: 30-50 arcsec for Jupiter and 15-20 arcsec for Saturn's disk (i.e. excluding its rings). Jupiter's two main equatorial cloud belts and four Galilean satellites are easily recognised in a small telescope, and Saturn's rings leave a lasting impression. Jupiter's great red spot is not as dark red and distinctive as it once was, but if it is near the centre of the visible disk, which it is about 1/6th of the time, and observing conditions are stable, then it may be visible as an orange oval on the southern edge of the southern equatorial cloud belt. (If you're not sure which way is south in the eyepiece, gently push the telescope slightly towards the celestial pole with just one finger. If you are in the northern

про них згадати.

Місяць вражає як при низькому ступені збільшення m_{Min} , коли в окуляр можна побачити більшу частину поверхні, так і при великому — m_{Max} , що дозволяє вивчати місячні кратери, гори та моря. Вертикальний рельєф поверхні більш помітний поблизу термінатора — межі між освітленою сонцем і темною півкулями місяця, де тіні від високих об'єктів або кратерів чіткіше окреслюють фактуру місяця. Термінатор просувається по місячному ландшафту зі зміною місячних фаз і щочоці відкриває нові особливості поверхні. Місяць чудово підходить для початку спостережень за допомогою малого телескопа та вартий не однієї ночі на дослідження.

Одним із найяскравіших небесних тіл, яке можна побачити раннього вечора на заході або пізнього ранку на сході, є планета Венера. Навівши на неї малий телескоп, можна побачити безлику хмару, втім Венера, як і Місяць, має цикл фаз, від зміни яких залежить її розмір. Вперше це помітив Галілей в 1610 році, і його відкриття зіграло важливу роль, вказуючи на те, що Венера обертається навколо Сонця, а не Землі. Його спостереження легко повторити за допомогою малого телескопа, потрібно лише регулярно спостерігати за Венерою впродовж кількох місяців.

Такі планети, як Юпітер і Сатурн, є незамінними об'єктами дослідження як для новачків, так і для досвідчених спостерігачів. Їх легко знайти, вони яскраві, і мають відносно великі видимі розміри: 30-50 arcsec у Юпітера і 15-20 arcsec у диска Сатурна (без урахування його кілець). Використовуючи малий телескоп можна легко розпізнати два основних екваторіальних хмарних пояси Юпітера та чотири галілеєві супутники. Незабутнє враження справляють і кільця Сатурна. Велика червона пляма Юпітера наразі не така темно-червона і виразна, як колись, але якщо вона потрапляє ближче до центру видимого диска, що трапляється приблизно в 1/6 випадків, і умови спостереження стабільні, то її можна побачити як помаранчевий овал з краю південного екваторіального хмарного поясу. (Якщо ви не впевнені, з якої сторони знаходиться південь в окулярі, обережно посуňte телескоп одним пальцем у бік небесного полюса.

hemisphere pushing the telescope north, you should see the planet move slightly towards the south, or vice versa if you are in the southern hemisphere pushing the telescope south. Pushing the telescope slightly to the west will cause the planet to move slightly to the east.) The satellites of Jupiter have a particular appeal, as they illustrate vividly how dynamic the solar system is. Motion of the inner satellites relative to the disk of Jupiter and one another is apparent on timescales as short as 20 minutes, or even less near the edge of Jupiter's disk. Making simple sketches of their relative positions at intervals of 15 minutes, each successive sketch placed below the preceding one, will generate a time-lapse sequence of their motions. Following a satellite into the edge of the planetary disk or shadow likewise highlights motion in the solar system. The expected positions of the satellites and red spot for any date and time can be found online (see Bibliography).

The vista of Saturn's rings as seen from the Earth varies as Saturn progresses in its 29.4 year orbit around the Sun. They are edge-on twice during that period, maximally "open" twice, and at intermediate stages the rest of the time. The shadow of the planet can sometimes be seen cast across a small portion of the rings, and vice versa, depending on the location of Saturn in its orbit and the relative positions of the Sun, Earth and Saturn.

Its largest satellite Titan is usually also visible, at distances up to nine times the outer radius of the rings, while Rhea, Tethys and Dione, orbiting closer to the planet, are also frequently visible. Saturn doesn't disappoint!

Mars is distinctly red. It is smaller than Jupiter, with a very large range in apparent size (4-25 arcsec) depending on how far apart Mars and the Earth are in their orbits. When Mars is in "opposition", meaning it is on the opposite side of the Earth to the Sun, its close proximity and hence large apparent diameter afford the best opportunity to discern polar caps and lower-latitude surface markings. Mars comes into opposition every 26 months. When Mars

Якщо ви перебуваєте в північній півкулі і направляєте телескоп на північ, то повинні побачити, як планета трохи зсувається на південь. І навпаки, якщо ви перебуваєте в південній півкулі і направляєте телескоп на південь. Злегка посунувши телескоп на захід, планета дещо зміститься на схід.) Супутники Юпітера становлять особливий інтерес, оскільки яскраво демонструють, наскільки динамічна Сонячна система. Рух внутрішніх супутників відносно диска Юпітера та один одного стає помітний лише за 20 хвилин спостереження, а інколи навіть швидше, якщо супутники знаходяться ближче до краю диска. При замальовуванні відносного положення супутників з інтервалом у 15 хвилин, кожний наступний ескіз, розміщений нижче попереднього, відобразатиме прискорену послідовність їхніх рухів. Спостереження за тим, як супутник заходить на край диска планети або в її тінь, так само наочно демонструє рух Сонячної системи. Розраховане положення супутників та червоної плями на будь-яку дату та час можна знайти в Інтернеті (див. Бібліографія).

Вигляд кілець Сатурна, який відкривається із Землі, змінюється в міру руху планети своєю орбітою навколо Сонця з періодом у 29,4 роки. Протягом цього періоду вони двічі займають крайне положення, двічі максимально «відкриті», а решту часу перебувають у проміжних станах. Тінь від планети іноді можна побачити на невеликій частині кілець і навпаки, залежно від розташування Сатурну на його орбіті та відносного його розташування відносно Сонця та Землі.

Його найбільший супутник — Титан — зазвичай видно на відстані, що в дев'ять разів перевищує зовнішній радіус кілець, тоді як інші супутники — Рея, Тетіс і Діона — обертаються ближче до самої планети і є також доволі видимими. Будьте певні, Сатурн вас достеменно вразить!

Планета Марс вирізняється своїм червоним кольором. Вона менша за Юпітер, але має широкий діапазон видимого розміру (від 4 до 25 arcsec) залежно від відстані між Марсом і Землею на орбітах. Найкраща можливість розрізнити полярні шапки і деталі поверхні Марса на нижчих широтах — коли він знаходиться в «опозиції», тобто на протилежному від Землі боці Сонця. Саме в цей період він розташований найближче до нашої планети і відповідно має великий видимий діаметр. Марс вступає в

(and the more distant planets) are in opposition, they will cross your meridian at midnight, meaning they will be rising in the east around sunset; this is the clue to these planets being in very favourable positions for observation.

When observing Jupiter, Saturn and Mars, do not be in too much haste to move on to your next target. Some of the cloud and surface markings are subtle, and the eye benefits from spending several minutes becoming accustomed to what is there, especially as seeing (Section 3.3) causes finer features to wash in and out of sharp focus. Astrophotographers sometimes use "lucky imaging" techniques to pick out a few frames having particularly sharp images from a series of exposures. The eye-brain pairing has a similar capacity to spot and remember subtle features of the image which briefly come into good focus, but ignore the views where everything is a bit more blurry. Allowed sufficient time, the eye-brain combination will permit you to confirm more fleeting details of features on these planets.¹

Observers with small telescopes should seek out Uranus and Neptune. Neither is visible to the naked eye, so you will need the assistance of online star charts to find out where they are on a particular date and to identify suitable stars to enable you to star hop to them. Their disks are just a few arcsec across, but are large enough to be distinctly non-stellar to a small telescope and to offer a slightly blue/green colour not often seen in other objects. Locating and observing the planets beyond Saturn with a small telescope is an observational milestone to savour.

Mercury, the Sun and Pluto are off the list. Mercury is too difficult a target unless you have a very clear western or eastern horizon, and a lot of patience since Mercury is never more than 19° away from the Sun, so rarely visible. It should never be sought when the Sun is above the horizon, due to the danger of even a brief exposure of the eye to concentrated telescopic light from the Sun causing permanent vision loss or damage; it's not worth the very real

опозицію кожні 26 місяців. Коли Марс (та інші, віддаленіші планети) знаходяться в опозиції, вони опівночі перетинають ваш місцевий меридіан. Це означає, що вони будуть видимі після заходу сонця. Саме в цей період умови для спостереження найбільш сприятливі.

Досліджуючи Юпітер, Сатурн і Марс, не поспішайте переходити до наступних об'єктів. Деякі особливості хмар та поверхні доволі непомітні, тож очам потрібно кілька хвилин, щоб звикнути до їхнього вигляду, позаяк через видимість (див. Розділ 3.3) дрібніші деталі то з'являються у чіткому фокусі, то зникають. Астрофотографи іноді користуються методом багатокadroвої зйомки або, як вони це називають, методом «щасливого кадру», щоб зловити кілька особливо чітких зображень. Нервові канали між очима та мозком так само дозволяють розпізнавати та запам'ятовувати дрібні деталі, що ненадовго потрапляють у фокус, відкидаючи нечіткі зображення. Якщо спостерігати досить довго, система зору, поєднана з мозком, допоможе помітити більш швидкоплинні особливостей цих планет.¹

Кожний спостерігач з малим телескопом зобов'язаний розшукати такі планети, як Уран і Нептун. Їх неможливо побачити неозброєним оком, тому вам знадобиться допомога онлайн карт зоряного неба, щоб дізнатися їх місце розташування в той чи інший день, і визначити зірки, за якими їх можна знайти. Діаметр їх дисків становить лише кілька кутових секунд, але цього достатньо, щоб за допомогою малого телескопа розпізнати їх явно не зоряну природу та унікальний синьо-зелений колір. Варто насолодитися і пошуком та спостереженням об'єктів, що знаходяться за межами Сатурна.

Проте, до цього списку не входять Меркурій, Сонце та Плутон. Меркурій занадто складна ціль, особливо якщо перед вами немає відкритого західного чи східного горизонту і ви не проявляєте достатньо терпіння. Оскільки Меркурій ніколи не віддаляється від Сонця більше ніж на 19°, побачити його велика рідкість. Ніколи не шукайте його, коли Сонце знаходиться над горизонтом, адже навіть короткочасний вплив концентрованого телескопічного світла від Сонця може призвести до втрати зору або його пошкодження. Це точно не варте ризику. Саме

risk. The Sun itself is likewise a specialist and high-risk target and should be avoided in the absence of reliable experience and knowledge. If you must take up solar observing, then do so with a full-aperture professionally made solar filter and check its integrity visu-ally each time before you put it on the telescope; shortcuts are not worth the risk. Pluto, at the other extreme, is just too faint for small telescopes.

In contrast to Pluto, the dwarf planet Ceres is much closer and brighter, as are the asteroids Vesta, Juno and Pallas, for example. Position details for these minor bodies, which will be visible but unresolved (star-like), can be found online, as for Uranus and Neptune.

4.1.2 Double Stars

Stars are some of the easiest targets to observe. In good seeing, their images will be similar in size to the Airy disk. Many are bright enough to observe in twilight and moonlight, and to stimulate the colour-distinguishing cone cells in the eye. However, despite the ease with which stars can be observed, from a visual satisfaction perspective there is not a lot to distinguish one bright, yellowish Airy disk from another. This is where double stars and star clusters come to the fore.

Many stars that appear single to the naked eye or at low magnification turn out, with higher magnification, to be multiple systems. Some are physical binaries, i.e. stars gravitationally bound to one another in elliptical orbits, while others are chance alignments of stars at very different distances from the Earth. The appeal of observing double stars can come from the surprise of finding two or more stars in close proximity, the magnitude or colour contrast between the two, or the optical challenge of separating stars close to the resolution limit of the telescope, which is also a good way to get to know your telescope's capabilities. For the targets in this book, I have focused primarily on the last of these criteria, mostly selecting pairs with separations between 1.5 and 10 arcsec. Below 1.5 arcsec,

Сонце також небезпечна ціль, тому, за відсутності належного досвіду та знань, його слід уникати. Якщо вам потрібно зайнятися спостереженнями за Сонцем, використовуйте професійний сонячний фільтр з повною апертурою та кожного разу перевіряйте його цілісність. У цьому випадку не варто економити. Плутон, з іншого боку, занадто недосяжний для малих телескопів.

На відміну від Плутона, карликова планета Церера знаходиться набагато ближче і є яскравішою, як наприклад, астероїди Веста, Юнона і Паллада. Детальна інформація про положення Урану, Нептуна та зазначених зіркоподібних малих тіл доступна в Інтернеті.

4.1.2 Подвійні зорі

Зірки — одні з найпростіших об'єктів для спостереження. При хорошій видимості вони подібні за розміром до диска Ейрі. Багато зірок досить яскраві. Вони стимулюють колбочки ока — рецептори сітківки, відповідальні за сприйняття кольорів, тому їх можна легко досліджувати навіть в сутінках і при місячному світлі. Однак, незважаючи на їх доступність, з перспективи візуального сприйняття одна яскрава жовтувата пляма диска Ейрі мало чим відрізняється від іншої. Саме в цьому випадку особливої уваги заслуговують подвійні зорі та зоряні скупчення.

Багато зірок, які на перший погляд або при невеликому ступені збільшення здаються поодинокими, при подальшому приближенні виявляються багатозірковими системами. Частина з них є фізичними бінарними системами — зорями, пов'язаними гравітацією на еліптичних орбітах, тоді як інші — просто випадковий проєкційне скупчення зірок, розташованих на різних відстанях. Досліджувати подвійні зірки цікаво через можливість несподіванки: завжди існує шанс виявити дві або кілька зірок, що перебувають у безпосередній близькості, роздивитися зоряну величину, контраст кольорів між ними або ж зіткнутися з оптичним викликом розподілу зірок, близьких до межі роздільної здатності телескопа. Тож це хороший спосіб дослідити не лише космос, але й

small telescopes will struggle to separate the components though a well-collimated 150 mm tele-scope should be able to split stars as close as 1.0 arcsec. I have also excluded stars where the fainter companion is likely to be overwhelmed by the Airy pattern of the brighter one. You can seek out many additional examples, such as wider doubles or doubles spanning a greater magnitude range, when you have some experience observing the targets listed here. In a few cases, I have relaxed the selection criteria to include additional favourites.

Use a wide-field eyepiece to locate the double stars, and then switch to a high-magnification eyepiece (see Section 2.3.4) to examine them more closely. The magnitudes and separations of the companions are noted in the tables accompanying the charts in Chapter 5, but the separations are not necessarily constant; stars in a binary may show perceptible orbital motion after just a few years, notably the systems of α Cen, which is the closest to the Sun and has a period of 80 years, and α CMa (Sirius) which has a period of just 50 years. To obtain definitive separations for the specific year in which you observe them, see online resources that may provide full orbital details (see Bibliography).

Many star catalogues have been produced over the centuries, and individual stars often acquire multiple designations. I have tended to use designations from early (though not necessarily the first) identifications of double stars. I also provide designations from the Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) catalogue; alternative designations can be found online (see Bibliography).

4.1.3 Variable Stars

Even prior to the development of the telescope, astronomers noticed that some stars vary in brightness. Huge numbers of variable

можливості вашого телескопа. У цій книзі я зосередився насамперед на останньому критерії, переважно обираючи пари зір, що розташовані на відстані від 1,5 до 10 arcsec одна від одної. При відстані, меншій за 1,5 arcsec, малі телескопи матимуть труднощі з розділенням об'єктів, хоча добре колімований 150-мм телескоп може розрізняти зірки на відстані до 1,0 arcsec. Я також виключив об'єкти, у яких слабша зірка, швидше за все, зникне на фоні світла іншої, яскравішої через візерунок Ейрі. Коли ви набудете трохи досвіду у спостереженні наведених об'єктів, то зможете знайти багато інших цілей, як-от подвійні зірки, які знаходяться на більшій відстані або ж охоплюють більший діапазон величин. У деяких випадках я послабив критерії відбору об'єктів для дослідження та додав певні винятки.

Використовуйте ширококутний окуляр, щоб знайти подвійні зірки, а потім переключіться на окуляр з високим ступенем збільшення (див. Розділ 2.3.4), щоб розглянути їх детальніше. Величини та відстані між зірками-супутниками зазначені в таблицях, що супроводжують діаграми в розділі 5, але їх відстані не завжди постійні. Зірки в подвійних системах можуть помітно рухатись по орбіті з інтервалом у кілька років. До таких належить найближча до Сонця зоряна система Альфа Центавра (лат. α Cen), що має період обертання 80 років та зоря Великого Пса, або Сіріус (лат. α CMa), яка має період лише 50 років. Щоб отримати точні дані про відстань об'єктів у той рік, коли ви їх досліджуєте, зверніться до онлайн-ресурсів, які надають повну інформацію про траєкторію руху (див. Бібліографія).

Протягом століть було створено багато карт, де певні зірки мають декілька позначень. Як правило, я використовував найбільш ранні, хоча не обов'язково перші, найменування подвійних зір. Також я запозичив позначення з каталогу Смітсонівської астрофізичної обсерваторії (SAO). Альтернативні найменування можна знайти в Інтернеті (див. Бібліографія).

4.1.3 Змінні зорі

Ще до винайдення телескопа астрономи помітили, що зірки мають різний ступінь яскравості. Наразі відомо про величезну кількість змінних

stars have now been catalogued. They fall into two broad categories: intrinsic variables, the light output of which genuinely changes with time, and extrinsic variables, the light output of which is steady but which some external factor modulates, determining how much reaches the Earth. Dominating the intrinsic class are pulsating stars, whose envelopes (outer regions) change size and temperature, giving rise to variations in luminous output. Most extrinsic variables, on the other hand, are very close (unresolved) binary systems where one component eclipses the other as they orbit their common centre of mass, or where rotational changes in the aspect of a non-spherical star cause the light we receive to fall and rise periodically. Both categories of variables have contributed significantly to our understanding of stellar evolution. Additionally, the discovery of a connection between the periods and luminosities of pulsating stars gave these objects a vital role in revealing distance scales within and beyond the Milky Way, as we shall see later.

Several dozen variable stars have been selected for this book that have a magnitude range large enough for the eye to discern by comparison with neighbouring non-variable stars, and where the complete light curve, i.e. the graph of brightness versus time, can be observed over about 10 days, thus without requiring months of effort. This period limitation inevitably eliminated many long-period variables, most notably the Mira variables, a class of very luminous red giant star that has a huge magnitude range, up to eight or more magnitudes, but with periods from 200 to 500 days. Only the prototype of that group, Mira, also known as \omicron Ceti (omicron Ceti), has been included. You can find the details of other variable stars, including with longer periods, online, the American Association of Variable Star Observers (AAVSO), an international organisation that has encouraged observers to study variable stars for over a century, would be a good starting point.

Identification charts with a $5^\circ \times 5^\circ$ field of view have been produced for each included variable star in Chapter 5 using the

зір. Вони поділяються на дві великі категорії: внутрішньо змінні, світловий потік яких дійсно змінюється з часом, та зовнішньо змінні, світловий потік яких стабільний, проте залежить від зовнішніх факторів, що визначають, скільки світла досягає Землі. У категорії змінних зір переважають пульсуючі зірки, оболонки (зовнішні області) яких змінюють розмір і температуру, що призводить до коливань світлового потоку. Більшість зовнішньо змінних зірок, з іншого боку, — дуже близькі (нероздільні) подвійні системи, де один об'єкт затмарює інший, коли вони обертаються навколо спільного центру мас, або коли зміни обертання асферичної зірки спричиняють періодичне зменшення та збільшення кількості світла, що до нас доходить. Обидві категорії змінних зірок значно вплинули на наше розуміння зоряної еволюції. Крім того, відкриття зв'язку між періодами та світністю пульсуючих зір зробило ці об'єкти критично важливими у визначенні шкали відстаней всередині та за межами галактики Чумацький Шлях, як ми побачимо далі.

Для цієї книги я обрав кілька десятків змінних зір, що мають досить великий діапазон зоряної величини, щоб їх можна було розпізнати візуально серед сусідніх стаціонарних, і в яких графік кривої світла, тобто графік яскравості в залежності від часу, можна спостерігати приблизно протягом 10 днів, не витрачаючи на це місяці. Зрозуміло, що обмеження періоду змінності призвело до виключення багатьох довгоперіодичних змінних зір, зокрема класу Мірид — яскравих червоних гігантів, які мають величезний діапазон до восьми і більше зоряних величин, але період змінності від 200 до 500 днів. До добірки включено лише один прототип цього класу — Міру, також відому як \omicron Кита (лат. \omicron Ceti). Ви можете знайти детальну інформацію про інші змінні зірки, зокрема з більш тривалими періодами блиску, в Інтернеті. Сайт Американської асоціації спостерігачів змінних зірок (the American Association of Variable Star Observers, скор. AAVSO) — міжнародної організації, яка вже понад століття заохочує спостерігачів вивчати змінні зірки, стане хорошою відправною точкою.

Для кожної змінної зірки, описаної в розділі 5, за допомогою онлайн-ресурсів організації AAVSO були створені ідентифікаційні карти з

AAVSO online resources, adopting a magnitude limit appropriate to the minimum brightness of the variable star. You can make visual estimates of the brightness of a variable star by comparing it to adjacent comparison stars of known brightness. The AAVSO convention is to report the visual magnitudes of comparison stars on their charts to one decimal place but excluding the decimal point, so a label stating "78" would mean a magnitude $mV = 7.8$. In two cases of rare variables, RS CVn and SX Phe, there were no visual comparison stars in a suitable magnitude range indicated on the AAVSO charts so unofficial magnitude labels have been added to give you the opportunity to follow the light curves of these two stars, albeit with unofficial comparison magnitudes.

An eyepiece with a wide field of view should be used, to help you locate the field in the first instance and then to shift your attention swiftly between the variable and comparison stars. Ideally, you would identify one comparison star slightly brighter than the variable and another slightly fainter than it, and estimate the number of steps in magnitude between them all to find the value for the variable. This is an inexact process, especially for a beginner, and often the comparison stars are not a good match to the variable, but if you revisit the stars within a short period of time and repeat your measurement before the stars have varied further, you can assess the repeatability of your estimates. Once you have developed experience, you might expect to achieve an internal consistency of around 0.2–0.3 magnitudes; very experienced observers can achieve better. If measuring variable stars this way develops into a more enduring interest, you could explore the AAVSO resources to link with that like-minded community, through which you may contribute measurements.

4.1.3.1 *Cepheids*

The main pulsating variables included in this book are Cepheids. The prototype is δ Cep, and the class is sometimes referred to as delta Cephei variables or classical Cepheids. They are yellow

полем огляду $5^\circ \times 5^\circ$, враховуючи межу зоряної величини, що відповідає мінімальній яскравості змінної зірки. Ви можете візуально оцінити ступінь яскравості змінної зірки, порівнявши її з сусідніми зорями, яскравість яких вже відома. Згідно з конвенцією організації AAVSO, візуальні розміри двох зірок на картах вказуються з точністю до одного десяткового знака, але без коми, тому позначка "78" означає зоряну величину $mV = 7,8$. У двох рідкісних змінних зорях, наприклад у сузір'ї Гончих Псів (лат. RS CVn) та сузір'ї Фенікса (лат. SX Phe), на картах організації AAVSO не було позначено зірок для візуального порівняння в потрібному діапазоні зоряних величин, тому у книзі додані неофіційні позначки. Таким чином, ви можете слідувати за графіками кривих блиску двох зірок, хоча вони й не є офіційними величинами порівняння.

Слід використовувати ширококутний окуляр, який допоможе вам спочатку знайти поле зірки, а потім швидко переключити фокус між змінною та зорею порівняння. Найкраще вибрати одну зірку для порівняння, трохи яскравішу за змінну, та іншу, дещо тьмянішу, а потім оцінити різницю зоряної величини між ними, щоб визначити значення змінної. Це досить неоднозначний процес, особливо для початківців. Часто порівнювані зірки не дуже пасують до змінної, втім якщо ви повернетеся до цих об'єктів через короткий проміжок часу і повторите вимірювання, до того, як змінна зоря набуде іншої яскравості, то зможете оцінити повторюваність своїх вимірювань. Коли набудете досвіду, ваші оцінки яскравості змінних зір стануть стабільні та узгоджені на рівні приблизно 0,2–0,3 зоряних величин. Досвідчені астрономи можуть виконувати ще точніші заміри. Якщо вимірювання змінних зірок переросте в більш стійке захоплення, ви можете скористатися ресурсами організації AAVSO, щоб приєднатися до спільноти однодумців і через неї надсилати свої власні вимірювання.

4.1.3.1 *Цефеїди*

Основними пульсуючими змінними зорями, що описані в цій книзі, є цефеїди. Їхній прототип — Дельта Цефея (лат. δ Cep), тому цей клас іноді називають дельта-цефеїдними змінними зорями або класичними

giant and supergiant stars, broadly comparable to the Sun in surface temperature but 4-20 times more massive and around 100000 times brighter on account of their huge surface areas. Their pulsations are very regular, characterised by a steeper increase and more gradual decrease in brightness (Figure 4.1) over a period of typically 1-50 days, though only examples with a period shorter than about 10 days are included in this book. Henrietta Swan's discovery of the period-luminosity law for Cepheid variables in the Magellanic Clouds in the years leading up to 1912² resulted in Cepheids becoming a crucial means for determining distances both within and beyond the Milky Way. On the basis of measurements of Cepheid variables, Edwin Hubble declared in 1925 that NGC 6822, a dwarf irregular galaxy similar to the Magellanic Clouds, was "the first object definitely assigned to a region outside the galactic system".

4.1.3.2 Population II Cepheids and W Virginis Stars

The naming of the delta Cephei variables above as classical Cepheids suggests there might be another class. Stars now called Type II Cepheids or Population II Cepheids also pulsate with periods in a 1-50 day range and obey a period-luminosity relation akin to that for the classical Cepheids, but at systematically lower luminosities. These Population II Cepheids are fundamentally very different stars; they are amongst the oldest stars known, having condensed out of gas that was only slightly enriched in heavy elements at the time of their formation. As most massive stars of their generation have now burnt out, only the lowest mass, slowest evolving examples remain. Those which have now evolved to become giants include what we call Population II Cepheids, but with each having a mass only half that of the Sun and possessing a more primitive composition, they are a very different entity to the classical Cepheids, which also accounts for why their period-luminosity relations differ. Population II Cepheids serve as distance indicators to older populations of stars,

цефеїдами. Це жовті гігантські та надгігантські зорі, які за температурою поверхні загалом можна прирівняти до Сонця, але через свою величезну площу вони в 4, а то й 20 разів масивніші та приблизно в 100000 разів яскравіші за Сонце. Їхні пульсації досить регулярні, вони характеризуються різким зростанням яскравості і її більш поступовим зменшенням (мал. 4.1) протягом періоду, що, як правило, становить від 1 до 50 днів. Однак, до цієї книги входять лише приклади зір з періодом змінності, коротшим за приблизно 10 днів. Відкриття Генріеттою Свон залежності періоду-світності для змінних зірок типу Цефеїди у карликових галактиках Магелланові Хмари у роки, що передували 1912-му², призвело до того, що Цефеїди стали важливим засобом визначення відстаней всередині та за межами галактики Чумацький Шлях. У 1925 році, на основі вимірювань змінних Цефеїд, Едвін Хаббл заявив, що NGC 6822 — це карликова неправильна галактика, схожа на галактики Магелланові Хмари, «перший об'єкт, що безперечно знаходиться поза межами галактичної системи Чумацький Шлях».

4.1.3.2 Популяція Цефеїд II типу та зорі типу W Діву

Позначення змінних зірок типу дельта Цефея як класичних свідчить про існування ще одного класу. Зірки, які наразі називають цефеїдами II типу або популяцією цефеїд II типу, також пульсують з періодом від 1-го до 50-ти днів і підкоряються залежності періоду-світності, подібній до тієї, що наявна у класичних цефеїд, але при систематично меншій світності. Цефеїди II типу є принципово різними — це одні з найстаріших відомих зірок, що утворилися внаслідок конденсації газу, який на момент їхнього формування був збагачений незначною кількістю важких елементів. Оскільки більшість масивних зірок того покоління вже згоріли, залишилися лише найменші, що розвиваються найповільніше. До зірок, які еволюціонували до гігантів, належать і ті, які ми називаємо цефеїдами II типу. Але кожна така зірка має масу лише вдвічі меншу за сонячну та простіший склад, отже вони значно відрізняються від класичних цефеїд, що також пояснює різницю у співвідношенні період-світність. Цефеїди II типу допомагають визначити відстань до старших зір, як наприклад до тих, що знаходяться в кулястих

such as are found in globular clusters. Two examples are included in the target list of this book, belonging to a subclassification called W Vir stars.

4.1.3.3 RR Lyrae Stars

A related and similarly important class of pulsating variable stars is the RR Lyrae class. Like the Population II Cepheids, RR Lyrae stars are old stars formed from gas deficient in heavy elements, and as surviving members of that early generation of stars, they too have masses only half that of the Sun. Unlike the Population II Cepheids which are bright giants, the RR Lyraes have ignited helium in their cores to enter a stable phase of evolution as "horizontal branch" stars. This "horizontal branch" terminology, like "main sequence" and "giant branch", refers to a particular location in the Hertzsprung-Russell diagram, a key diagram for understanding the evolution of stars according to their luminosity and temperature (or equivalently, magnitude and colour). RR Lyrae variables have light curves which look somewhat like the other pulsating variables, but with much shorter periods of only 0.5 days. They serve as excellent distance indicators because of their well-established luminosity but offer the additional practical benefit that their light curves can be measured in a single night of observations. Three examples are listed, including the prototype RR Lyrae itself.

4.1.3.4 SX Phe

A further class of short-period, Population II pulsating variable stars is the SX Phe class, with pulsation periods of just an hour or so, even shorter than the RR Lyr stars. The period-luminosity relation of pulsating variables indicates that the SX Phe variables must therefore be below the luminosity of the horizontal branch, and indeed the stars of this class exist as an extension of the main sequence. The star SX Phe, the prototype of the class, is included on Chart 38, and has a period of just 79 minutes!

4.1.3.5 Algol Variables

скупченнях. Також в цій книзі описано два представники підкласу зірок типу W Діви (лат. W Vir).

4.1.3.3 Зорі типу RR Ліри

Ще одним схожим і не менш важливим видом пульсуючих змінних зірок є клас типу RR Ліри. Як і популяція цефеїд II типу, зірки типу RR Ліри — це старі зірки, що утворилися з газу, бідного на важкі елементи. Як представники раннього покоління зірок, що збереглися до наших днів, вони теж мають масу, що відповідає половині маси Сонця. На відміну від популяції цефеїд II типу, які є яскравими гігантами, зорі типу RR Ліри буквально запалили гелій у своїх ядрах, щоб перейти на стабільну фазу еволюції, як зірки "горизонтальної гілки". Термін «горизонтальна гілка», як і «головна послідовність» та «гілка гігантів», позначає певне розташування на діаграмі Герцшпрунга—Рассела, яка є ключовою для розуміння еволюції зірок залежно від їхньої світності та температури, інакше кажучи — від зоряної величини та кольору. У змінних зір типу RR Ліри графік кривої блиску дещо схожий на графіки інших пульсуючих змінних зірок, але період в них набагато коротший, і становить лише 0,5 дня. Ці зорі слугують відмінними показниками відстані через свою точно визначену світність. Втім вони мають ще одну практичну перевагу — їхній графік кривої світла можна скласти за одну ніч спостережень. В книзі подано три приклади, серед яких і зоря RR Ліра — прототип цього класу.

4.1.3.4 Зорі типу SX Фенікса

Ще одним класом короткоперіодичних пульсуючих змінних зір популяції II типу є клас SX Фенікса (лат. SX Phe). Період їх пульсації становить близько години, що навіть коротше, ніж у зірок типу RR Ліри. Залежність період-світність пульсуючих змінних зірок вказує на те, що змінні типу SX Фенікса мають світність, нижчу за світність горизонтальної гілки. І Справді, зірки цього класу є продовженням головної послідовності. Зображена на карті 38 зірка SX Фенікса — прототип цього класу — має період світності всього 79 хвилин!

4.1.3.5 Змінні зорі типу Алголя

The most common class of extrinsic variables is the eclipsing variables of the Algol type, named after the prototype. These are binary stars whose orbital planes lie in the line of sight from Earth, so that as the two stars orbit their common centre of mass, one periodically passes in front of the other, blocking some or all of its light so that a dip in the light curve is seen. The depth of the dip depends on the temperatures (and hence surface brightness) of the two stars and whether the eclipse is partial or complete. A secondary dip in the light curve is commonly observed when the two stars shift to opposite sides of their orbits and another eclipse occurs in the reverse orientation. The repetition period depends on the orbital characteristics, governed by the masses and separations of the components. Their importance to astronomy is that modelling of eclipsing binary systems provides a rare method by which reliable stellar masses may be obtained.

4.1.3.6 Beta Lyrae Binaries

Some binary stars are sufficiently close that when one member evolves into the giant phase and expands, some of its outermost material may flow across the orbital system to its companion. Such binaries are called interacting binaries. The giant star in such systems is no longer spherical, so as it rotates it presents continuously varying aspects, and hence varying amounts of light, to a distant observer. If the system is also eclipsing, then the light curve will resemble an Algol type to some degree but with a continuous, more smoothly varying form due to the non-spherical giant companion. Beta Lyrae variables are of this type and, though less common, are included in the charts that follow.

4.1.3.7 RS CVn

RS Canem Venaticorum is an eclipsing binary star broadly similar to the Algol type, except that one member of the system is a giant star sporting very large star spots. These are cool regions associated with unusually strong magnetic fields, which suppress convection and result in radiative cooling of zones of the surface.

Найпоширенішим класом зовнішніх змінних зір є затемнювані зорі типу Алголя, названі на честь їх прототипу. Це подвійні зірки, орбітальні площини яких розташовані так, що з Землі ми бачимо, як дві зірки обертаються навколо спільного центру мас і одна періодично проходить перед іншою, частково або повністю закриваючи її світло, що призводить до спаду на графіку кривої блиску. Ступінь зменшення яскравості на графіку кривої блиску залежить від температури (а, отже, від яскравості поверхні) двох зірок і від ступеня затемнення — часткового чи повного. Вторинне падіння на графіку кривої блиску зазвичай спостерігається, коли зорі переходять на протилежні сторони своїх орбіт і відбувається затемнення іншої зорі. Період повторення затемнення залежить від характеристик орбіти — маси зір та відстані між ними. Затемнювані подвійні зорі відіграють важливу роль в астрономії, адже їх моделювання дозволяє точно визначати масу зір, а така можливість трапляється досить рідко.

4.1.3.6 Подвійні бета Ліри

Деякі подвійні зорі розташовані наскільки близько, що коли одна з них еволюціонує до гігантської та розширюється, частина її зовнішнього шару може перетікати через орбітальну систему до зорі-супутника. Такі подвійні системи називають взаємодіючими. Гігантська зірка в таких системах вже не сферична, тому під час обертання постійно змінює свій вигляд, а отже, і кількість світла, що доходить до спостерігача. Якщо подвійна система також затемнювана, то графік кривої блиску буде певною мірою схожий на графік Алголя, але через несферичну гігантську супутникову зірку матиме безперервну лінію з більш плавними змінами форми. Бета Ліри теж належать до цього типу змінних зір, і хоча зустрічаються рідше, теж позначені на наступних картах.

4.1.3.7 Зоря RS Гончих Псів

RS Гончих Псів (лат. RS Canem Venaticorum, RS CVn) — це подвійна затемнювана зірка, що в цілому подібна до зірок типу Алголя, за винятком того, що одна з зірок її системи — гігант з великими плямами на поверхні. Означені плями — це холодні ділянки, що утворились через надзвичайно сильний вплив магнітних полів. Вони гальмують конвекцію

Unlike sunspots which account for only a tiny fraction of the Sun's surface and barely affect its visible brightness, the star spots on the RS CVn giant are huge; they cover from 1/6th to 1/3rd of its surface, and as the star rotates, their passage across the disk produces further dimming of the light curve. As a visual observer, you are more likely to see the usual eclipsing binary behaviour than the modulation by the star spots, but it's worth trying to observe it, just in case.

4.1.4 Open Clusters

Stars form when a large, cold cloud of gas collapses and fragments into many smaller parcels. These form individual stars, spanning a wide range in mass, temperature and brightness, which we observe as a star cluster. You are possibly aware already that the Sun is slowly converting hydrogen into helium via nuclear fusion reactions in its core. The least massive stars are 1/12th the mass of the Sun, which is the lower threshold for the onset of nuclear fusion reactions, but the most massive extend to tens of times the mass of the Sun. Although the most massive stars contain more hydrogen fuel, they are also very much brighter, so they burn their fuel much faster, with the result that they complete their hydrogen-burning phase, as well as later phases of evolution, sooner.

You may have noticed a subtle but important phrasing in the preceding paragraph: massive stars are "brighter, so they burn their fuel much faster". In other words, the rate of nuclear burning is dictated by the luminosity of the star, not the other way around. This happens because "normal" stars are spheres of gas that adjust their structure in response to their internal pressures, and this adjustment sets the temperature in the core. If the core temperature and density are high enough, then nuclear reactions will start. When the nuclear reactions achieve a rate that liberates the same amount of energy as is being radiated from the surface, the star achieves a phase of stability that can be sustained for a very long time. On the other hand, if the

й призводять до радіаційного охолодження ділянок поверхні. На відміну від сонячних плям, які покривають лише крихітну частину поверхні Сонця і майже не впливають на його видиму яскравість, плями на гігантській зорі RS CVn величезні. Вони покривають від 1/6 до 1/3 частини поверхні, і коли зірка обертається, їх проходження через диск призводить до подальшого падіння яскравості на графіку кривої блиску. Під час спостереження ви, найімовірніше, помітите типові ознаки затемненої подвійної зорі, ніж зміну зоряних плям, але все ж варто спробувати їх упіймати.

4.1.4 Розсіяні зоряні скупчення

Зірки утворюються, коли велика холодна газова хмара стискається та розпадається на безліч дрібніших частинок. Вони утворюють окремі зірки широкого діапазону маси, температури та яскравості, які ми бачимо як зоряне скупчення. Можливо, вам вже відомо, що в Сонячному ядрі відбуваються реакції ядерного синтезу, внаслідок якого водень повільно перетворюється на гелій. Найлегші зірки становлять 1/12 маси Сонця - це мінімальна межа для початку ядерних реакцій синтезу. Натомість наймасивніші зірки в десятки разів її перевищують. Вони містять більше водневого палива, але також є яскравішими, тому і спалюють його швидше, завершуючи в результаті свою фазу спалювання водню та наступні фази еволюції.

Можливо, ви звернули увагу на неprimітне, але важливе формулювання виразу в попередньому абзаці: масивні зорі "містять більше водневого палива, але також є яскравішими, тому і спалюють його швидше". Іншими словами, швидкість ядерного горіння залежить від світності зірки, а не навпаки. Це відбувається тому, що «нормальні» зірки — це газові сфери, які змінюють свою структуру відповідно до внутрішнього тиску, а це в свою чергу визначає температуру ядра. Якщо температура та щільність ядра достатньо високі, то починаються ядерні реакції. Коли ядерні реакції досягають швидкості, при якій вивільняється така ж кількість енергії, що й випромінюється з поверхні, зірка переходить у фазу стабільності, яка може тривати дуже довго. З іншого боку, якщо температура ядра недостатньо висока, щоб запустити реакцію

temperature in the core is not high enough to initiate reactions of the available nuclear fuel, then the core will contract and heat up further. The contraction stops when one of two things happens: either a hotter phase of nuclear fusion reactions eventually is established and that releases energy that stops the core contracting, thus attaining a stable phase of evolution after all, or else some other structural change intervenes. So, the truth of the matter is that hot stars make nuclear reactions happen; nuclear reactions don't make stars hot. In fact, nuclear reactions stop stars from getting hotter, because they delay the gravitational contraction of the gas.

Clusters of stars that have formed from a fragmented gas cloud will disperse over time due to the different motions of the stars, exacerbated by gravitational interactions with other large concentrations of mass in the Milky Way. However, if they are observed while still young enough, a wide variety of stellar masses, magnitudes and colours may still be observed together, and this is what we see telescopically as an open cluster. They may even be seen still in the vicinity of gas left over from the cloud from which they formed, and which has since been ionised (stripped of its electrons) by ultraviolet light emitted from the hottest, most luminous stars of the cluster. Thus, diffuse emission nebulae, whose gas is predominantly ionised, are found only in the vicinity of young open clusters. Open clusters are consequently a diverse category of object, some being dense, others loose, and the ranges of colours and luminosities present depend on how far the evolutionary process has advanced, i.e. how long ago they formed. The open cluster M67, in Cancer (Chart 16), is one of the oldest open clusters, and therefore provides important observational constraints on stellar evolution.

As the majority of intact open clusters are young astronomically speaking, still containing fast-evolving, hot massive stars that have yet to complete their evolution, they tend to be found in regions of the Galaxy where star-forming gas clouds are abundant and dense, i.e. close to the plane of the Milky Way. This can also

з наявним ядерним паливом, то ядро буде стискатися та нагріватися ще більше. Стискання припиняється у двох випадках: якщо розпочинається інтенсивніша фаза ядерного синтезу, при якій вивільняється енергія, що зупиняє стискання ядра і як наслідок зірка переходить на стабільну фазу еволюції, або ж якщо відбувається якась інша структурна зміна. Отже, висновок такий: висока температура спричиняє ядерний синтез, але ядерні реакції не впливають на температуру зірки. Насправді такі реакції запобігають нагріванню зірок, оскільки вони уповільнюють процес гравітаційного стискання газу.

Скупчення зір, що утворилися з частин газової хмари, з часом розсіюються через різні рухи самих зірок, що посилюються гравітаційною взаємодією з іншими великими скупченнями мас в галактиці Чумацький Шлях. Однак, якщо спостерігати за досить молодими скупченнями, можна побачити широке розмаїття зоряних мас різних величин та кольорів. Саме так виглядають через телескоп розсіяні зоряні скупчення. Їх можна помітити навіть серед залишків газової хмари, з якої вони утворилися. Сам газ під дією ультрафіолетового випромінювання, яке надходило з найгарячіших та найяскравіших скупчень, згодом іонізувався (тобто втратив електрони). Таким чином, дифузні емісійні туманності, газ яких переважно іонізований, зустрічаються лише неподалік молодих розсіяних скупчень. Отже, зоряні скупчення — доволі різноманітні. Вони можуть бути щільні або розсіяні, з різним діапазоном кольорів та яскравості залежно від того, на якому етапі еволюції вони перебувають, тобто як давно вони сформувалися. Розсіяне скупчення M67 (Месцьє 67), що знаходиться в сузір'ї Рака (Карта 16) — одне з найстаріших скупчень цього виду, а отже є зразком, який дозволяє астрономам перевіряти теорії еволюції зір.

Оскільки більшість цілісних розсіяних скупчень за астрономічними мірками є молодими, вони так само містять гарячі масивні зірки, які ще не завершили свій еволюційний цикл, але швидко розвиваються. Їх, як правило, знаходять в областях галактики з великою кількістю щільних скупчень газових хмар, тобто неподалік галактичної площини Чумацького Шляху. Також це означає, що на зоряному тлі або в околицях скупчень

mean that the background or vicinity of some open clusters is already quite rich in stars, so you may find many rich star fields on your way to locating a target open cluster. Located close to the plane of the Milky Way, they can also be near dark dust clouds, which give rise to some quite contrasting vistas.

The star-hopping journey to an open cluster should be undertaken with a low-magnification, wide-field eyepiece. Once located, a higher magnification approaching m_{Max} may help raise the contrast of unresolved stars against the background, but this may only be worthwhile if the cluster fits within the field of view. The Pleiades is a good example of an open cluster that is so large that it may exceed the field of view even of a small telescope if its focal length is high enough or if the eyepiece has too small a field of view and focal length (see Section 2.3.4).

The open clusters included in the charts below (Chapter 5) are mostly from the Messier (M) catalogue, New General Catalogue (NGC) and Index Catalogue (IC). The angular size of each open cluster is given in the accompanying tables, along with its integrated (total) magnitude, but neither figure should be regarded as precise. Open clusters have very loosely defined edges, so the criteria used to specify the size won't necessarily be the same in all studies, and studies that reach down to the faintest stars may also estimate larger sizes. For that reason, I have sometimes erred on the side of stating smaller sizes, which can be more representative of what visual observers will see through small telescopes. The integrated magnitude is similarly affected by assessments about how large the cluster is, and in any case says nothing about the distribution of brightness within the cluster. So, these figures should be treated as broadly indicative of over-all cluster properties, but far from definitive.

4.1.5 Globular Clusters

Like the Population II Cepheids and RR Lyrae stars, globular clusters belong to the old stellar population of the Galaxy, having

уже є достатня кількість зір. Тож поки ви шукаєте те чи інше зоряне скупчення, можете помітити багато щільних зоряних полів. Вони також можуть знаходитися неподалік галактичної площини Чумацького Шляху, поблизу темних пилових хмар, які створюють досить контрастні космічні краєвиди.

Зоряні стрибки слід починати з ширококутного окуляра низького ступеня збільшення. Після визначення місця розташування, подальше приближення до m_{Max} допоможе підвищити контраст невиразних зірок на космічному фоні, але це доцільно лише в тому випадку, якщо ціле скупчення знаходиться в полі зору. Хорошим прикладом розсіяного зоряного скупчення є Плеяди. Воно настільки велике, що може не поміститися в полі зору малого телескопа, якщо його фокусна відстань висока або якщо окуляр має занадто мале поле зору та фокусну відстань (див. Розділ 2.3.4).

Відкриті скупчення, зображені на картах нижче (розділ 5), переважно взяті з каталогу Мессьє (англ. the Messier catalogue або M), Нового загального каталогу (англ. New General Catalogue або NGC) та Індексного каталогу (англ. Index Catalogue або IC). Кутовий розмір відкритих скупчень наведено в супровідних таблицях разом з їхньою інтегрованою (загальною) зоряною величиною, але жодну цифру не слід вважати точною. Відкриті скупчення мають дуже нечіткі межі, тому критерії, за якими визначають їх розмір при дослідженні, можуть різнитися. Крім того, якщо враховувати навіть дуже тьмяні зорі, скупчення здається більшим. З цієї причини я іноді навмисно помилявся та вказував менші розміри, які будуть корисними для спостерігачів, що використовують малий телескоп. Інтегрована зоряна величина також залежить від оцінки розміру скупчення і в будь-якому разі не надає інформації про розподіл яскравості всередині самого скупчення. Отже, всі цифри лише приблизно описують властивості зоряного скупчення і не є остаточними.

4.1.5 Кулясті зоряні скупчення

Кулясті скупчення, як і популяція цефеїд II типу та зорі RR Ліри, представляють категорію старого населення Галактики, що утворилось з

formed from primitive gas. The surviving stars of this generation are all lower in mass than the Sun and are either red giants or yellow/red dwarfs. Globular clusters therefore lack the luminous, hot, blue stars that are often found in younger open clusters, and they are devoid of gas. They formed long before the oldest stars in the plane of the Milky Way, and in more remote environments where they were less likely to be dissolved by regular gravi-tational encounters with other large concentrations of mass. Their appearance is therefore completely different, as the name suggests.

The distribution of globular clusters is also very different to the open clusters found in the Milky Way's disk. Globular clusters occupy a more spherical volume of space, still centred on the Galaxy but with the density of the system diminishing at a greater distance from the centre. As the centre of the Milky Way as seen from the Sun is in the direction of the constellation Sagittarius, so too is the centre of the globular cluster distribution. Of the globular clusters included on the charts in this book, 40% are located within just three neighbouring constellations: Sagittarius, Ophiuchus and Scorpius. As with the thickening of the Milky Way star fields in that direction, the concentration of the globular cluster system seems to be saying, "This is where the Galaxy is centred." Measurements of the distance from the Sun to the centre of the globular cluster distribution provided one of the first reliable measurements of the distance to the centre of the Galaxy, which is close to 26000 light years.

Because of their great distance and the sheer number of stars they contain, typically 10000 to 100000 each, globular clusters are mostly unresolved in small telescopes, appearing as diffuse balls of light. In such cases, they are usually best observed at relatively low magnification, as higher magnification will not reveal more detail, it will just spread the diffuse light out more and make them appear fainter. However, in a very small number of cases, you might be able to discern a few of the brightest giants and this can justify a higher magnification to increase their contrast. You can always experiment

примітивного газу. Зірки цього покоління, що збереглися до наших днів, мають меншу в порівнянні з Сонцем масу і є червоними гігантами або жовтими чи червоними карликами. Тому кульові зоряні скупчення не містять газу та яскравих, гарячих, блакитних зірок, які часто зустрічаються в молодших розсіяних скупченнях. Вони утворилися задовго до найстаріших зірок в галактичній площині Чумацького Шляху і в більш віддалених районах, де рідше розчинялися через регулярні гравітаційні зіткнення з іншими великими масами. Тож, як можна зрозуміти з назви, виглядають вони зовсім по іншому.

Класифікація кульових скупчень також відрізняється від розсіяних скупчень, знайдених в галактичному диску Чумацького Шляху. Кульові скупчення займають більш сферичний об'єм простору в межах тієї ж Галактики, але що далі від центру, то щільність системи зменшується. Центр Чумацького Шляху, як і центр розподілу кульових скупчень, можна знайти у напрямку від Сонця до сузір'я Стрільця. 40% всіх кульових скупчень, поданих у книзі, розташовані лише у трьох сусідніх сузір'ях: Стрільця, Змієноця та Скорпіона. Потовщення зоряних полів Чумацького Шляху та концентрація кульових скупчень в цьому напрямку ніби кричать: "Ось тут знаходиться центр Галактики". Вимірювання відстані від Сонця до центру розподілу кульових зоряних скупчень дозволило отримати одне з перших надійних показників відстані до центру Галактики, який становить близько 26000 світлових років.

Через велику відстань та кількість зірок у кульових скупченнях (а це, як правило, від 10000 до 100000 об'єктів) їх в основному неможливо розгледіти в малий телескоп, адже виглядають вони як дифузні кулі світла. У таких випадках їх, як правило, найкраще роздивлятися при відносно низькому ступені збільшення, оскільки високий ступінь не дозволить побачити деталі, а просто розсіє світло і зробить їх розмитішими. Однак, у дуже рідкісних випадках ви можете розрізнити кілька найяскравіших зір-гігантів, і тоді високий ступінь збільшення допоможе зробити їх контрастнішими. Також ви завжди можете експериментувати з окуляром високого ступеня збільшення (до m_{Max}), втім не сподівайтеся роздивитись велику кількість окремих зірок.

with a higher magnification eyepiece (up to m_{Max}), but don't expect to resolve significant numbers of individual stars. The southern globular clusters ω Cen and 47 Tuc are probably the finest examples.

Because the fainter globular clusters can appear very indistinct and diffuse, they can be difficult to observe, which is also true of most galaxies (Section 4.1.8). Consequently, it is important to develop the visual observing technique called "averted vision" (Section 2.2), i.e. directing your vision 15° to 20° away from the target so the peripheral but responsive rod cells are illuminated. It can also be helpful to make small, slow motions of the telescope, by about one-quarter of the field of view, to see whether the eye detects the movement of a diffuse source across the field of view. If you can't see your object move when you move the telescope a small amount, you're probably not seeing it at all. Recall also that dark adaptation of the eye takes up to 30 minutes, but can be reversed, unhelpfully, in just a few seconds. For this reason, avoid using or being near bright lights when observing, and if you do need illumination, use red light since the rod cells are least sensitive to longer wavelengths (Section 2.2).

Південні кулясті скупчення ω Cen (Омега Центавра) та 47 Tuc (47 Тукана), ймовірно, є найкращими прикладами.

Оскільки слабші кульові скупчення можуть бути нечіткими та дифузними, їх, як і більшість галактик, іноді важко вивчати (див. Розділ 4.1.8). Тому важливо опанувати техніку візуального спостереження, що називається "відведене бачення" (див. Розділ 2.2), тобто спрямувати ваш зір на $15\text{-}20^\circ$ в бік від цілі, щоб світло потрапляло на периферійні, але водночас дуже чутливі паличкові фоторецепторні клітини ока. Також спробуйте повільно змістити телескоп приблизно на чверть поля зору, щоб перевірити, чи вловлюють очі рух слабого розсіяного об'єкта в полі зору телескопа. Якщо ви не помітили, як об'єкт рухається, то, ймовірно, взагалі його не бачите. Не забувайте, що процес адаптації ока до темряви займає до 30 хвилин, але світло, на жаль, може зупинити його лише за кілька секунд. Тому під час спостережень уникайте яскравого освітлення, втім якщо воно вам все ж потрібне, замініть його на червоне, оскільки паличкові фоторецепторні клітини ока найменш чутливі до довгохвильового випромінювання (див. Розділ 2.2).

Chapter 2. Translation features of non-fiction astronomical discourse into Ukrainian: a case study of *Visual astronomy with a small telescope* by Sean G. Ryan

2.1 Information about the author's biography and the characteristics of the text

Before embarking on a detailed analysis of the book, it is important to consider the author's personality as a factor shaping the work's content and form. This section is therefore devoted to an overview of the author's biography and a description of his book.

Sean G. Ryan is an astronomer who has spent many years working as an amateur observer and later became a professional scientist. According to the information provided in his book, his interest in astronomy was sparked during his teenage years, when he learnt to observe the night sky at the Canterbury Astronomical Society. Whilst studying astronomy, physics and mathematics at the University of Canterbury in New Zealand, he gained practical experience during public observation sessions. Later, he pursued his doctoral studies and earned a PhD in observational astronomy at the Mount Stromlo and Siding Spring Observatories, conducting extensive observations using telescopes with apertures ranging from one to 3.9 metres (Ryan, 2025, xiv).

During his career, he worked at several well-known institutions, including the University of Victoria in Canada and the University of Texas, where in 1991 he was awarded a prestigious Hubble Fellowship. He also held positions at major observatories such as the Anglo-Australian Observatory and the Royal Greenwich Observatory, and spent time at the National Astronomical Observatory of Japan. In 1999, he joined the Open University in the UK, and in 2006 he became a Professor of Astrophysics at the University of Hertfordshire.

In addition to his academic and research work, Sean G. Ryan has authored more than 100 scientific papers and co-authored several textbooks. In 2024, he published another book, *Visual Astronomy with a Small Telescope*, which was selected for the study.

Visual Astronomy with a Small Telescope is thematically devoted to astronomy and tailored to beginners who have just purchased a telescope or plan to do so. According to one of the editorial reviews on Routledge website, it is "just the book to help get you started in your new observing journey" (2026). This statement is confirmed by its highly coherent and sequential manner of the book that gradually build the reader's skills. As it stated at the beginning of the book, the volume is divided into several distinct chapters, each addressing specific aspects of the subject in a systematic way (Ryan, 2025, p. 5). The first chapter serves as an introduction and functions as a guide for using the book. It explains the structure of the text and introduces key concepts, such as visual astronomy and small telescope with its characteristics. The second chapter is primarily technical, addressing the properties of light, the specifications and functions of telescopes, and the principles of human vision during astronomical observation. Chapters four and five are the most significant as they provide detailed lists of celestial objects suitable for visual observation with a small telescope, their description, astrophysical significance, precise coordinates, and practical advice for locating them in the night sky, as well as tips for the effective use of the telescope. Such organization helps the reader gradually develop skills and master the subject.

A notable feature of the book is its rich astronomical terminology. It is consistently used throughout the text to ensure precision in describing celestial objects, observational tools, and physical processes. At the same time, many terms are accompanied by contextual explanations, which contributes to their accessibility for non-specialist readers. This balance between terminological accuracy and clarity is a key characteristic of the author's writing style.

Overall, the organisation of the material and the use of specialised terminology demonstrate the author's intention to guide readers step by step from theoretical understanding to practical application in observational astronomy, making the book both scientifically reliable and educationally effective.

2.2 Semantic and stylistic features of the non-fiction astronomical discourse

This subchapter examines the concept of discourse, focusing on its meaning and significance in the context of the study. Attention is paid to defining discourse in the selected book, as well as identifying its distinctive stylistic features.

The focus on the notion of discourse in this chapter arises from the need to consider its characteristics in translation, which contributes to the adequate rendering of the text's content and pragmatics, as it involves identifying not only the content of the message, but also its communicative function, intended audience, and pragmatic orientation, which is particularly significant in translation since different types of discourse require different translation strategies.

According to Goddard and Carey, the term discourse originates from the Latin word *discursus*, meaning “to run to and from”, which reflects the dynamic nature of language (2017, p. 1). However, during the process of reviewing relevant literature, it becomes evident that the term itself does not have a single fixed definition. O. Gryshchenko (2024) states that discourse has a multidisciplinary nature and can be defined, on the one hand, as “a communicative process and an interaction between communicators” and on the other hand, it is also understood as “a distinct way of representing and perceiving the world.” (p. 4) This variation in meanings can be explained by its use across different academic disciplines and spheres of communication.

It is worth noting that discourse is considered “dynamic”. Carlotta S. Smith states that “representation is continuously updated as discourse develops”, which implies that discourse is not static but evolves throughout the process of communication (2003, p. 12). From this perspective, it can be concluded that a single text may incorporate and shift between different discourse types, as communicative purposes and contextual meanings are gradually constructed and modified.

During the translation process, it became clear that the *Visual Astronomy with a Small Telescope* written by Sean G. Ryan is realised in the genre of popular science literature and consequently belongs to the popular science discourse. The Cambridge Dictionary defines popular science as “science presented in a way that is interesting and understandable to people who are not experts”. Thus, the main aim of such texts is to convey information to people who lack expertise in a particular field or as S. Radetska notes, namely “to form a scientific outlook in the reader” as well as “popularize scientific knowledge” (2019, p. 124).

Considering this, one can conclude that such texts have certain stylistic features. The most important of them are accessibility, simplicity, concreteness, and clarity of presentation (Radetska, 2019, p. 124). This implies explaining all complex concepts and terms in language that is understandable to the reader. For example, the concept of the “*celestial sphere*” is introduced in the book by the phrase “*Astronomers imagine the Earth surrounded by a sphere...*” (Ryan, 2025, p. 3). To simplify the information, the author also makes frequent use of comparisons. Thus, in the lines “*Mars is distinctly red. It is smaller than Jupiter...*” the size of unfamiliar phenomena (Mars) is explained in terms of familiar ones (Jupiter), which helps the reader better visualize the object (Ryan, 2025, p. 4).

Another important feature of such texts noted by S. Radetska is the use of dialogue's means. In the case of *Visual Astronomy with a Small Telescope*, the author addresses the reader directly using “you” and refers to himself as “I”. For example, in the sentences “*If you can't see your object move when you move the telescope a small amount, you're probably not seeing it at all*” (Ryan, 2025, p. 57) or “*I have also excluded stars where the fainter companion is likely to be overwhelmed by the Airy pattern of the brighter one*” (Ryan, 2025, p. 48). That creates an impression of interaction between the author and the reader.

Moreover, as Radetska notes the typical instructional voice is usually interspersed with emotionally coloured vocabulary like “*wow factor*” in the sentence “*No photograph replaces the wow factor of observing... Saturn's rings*” (Ryan, 2025, p. 2). Furthermore, in some cases, the author explicitly expresses his emotions, like in the sentence “*Saturn doesn't disappoint!*” (Ryan, 2025, p. 47). These techniques aim to capture the reader's attention and keep them engaged.

To conclude, discourse is a multidimensional and dynamic phenomenon that has no single definition and varies depending on the context and sphere of use. In the translation process, it is important to take into account its pragmatic and content-related characteristics, as they influence the adequacy of the text's reproduction. The analysed work, *Visual Astronomy with a Small Telescope*, belongs to the popular science discourse, the main aim of which is to present scientific information in an accessible manner to a non-specialist audience and to foster an interest in science, particularly in astronomy. This type of text is characterised by simplicity of presentation, clarity, the use of explanations and comparisons, as well as elements of dialogue and emotional tone, which contribute to a better understanding of the material and engage the reader.

2.3. Translation techniques and challenges of rendering the meaning of terminology in *Visual astronomy with a small telescope* by Sean G. Ryan

Given the book's specific nature, it uses a wide range of specialised terminology to cover key concepts in astronomy. This subchapter therefore examines the notions of terminology and term, their features and significance in shaping the reader's scientific understanding; it presents a classification of the terms used in the book *Visual Astronomy with a Small Telescope* and analyses the translation techniques employed to render them into Ukrainian.

Before analysing terminology, it is necessary to distinguish what the notions "terminology" and "term" mean. L. Bowker states that *terminology* is "the discipline concerned with the collection, description, processing and presentation of terms" and the *term* itself is "an item belonging to specialised areas of usage of one or more languages" (2019, p. 5).

Accordingly, it is reasonable to assume that the term differs from a commonly used word and possesses a specific set of distinctive characteristics. Dyakov, Kyiak and Kudelko (2000), identify the following:

1. A term must conform to the rules and norms of a given language.
2. A term must be systematic.
3. A term is characterised by definability.
4. A term possesses relative independence from context.
5. A term must be precise.
6. A term should be concise, although this requirement often conflicts with the need for completeness.
7. A term must be unambiguous.
8. Terminology does not permit synonymy, as it hinders mutual understanding.
9. Terms are stylistically neutral and lack expressiveness.
10. A term should be euphonic (i.e., it should meet the requirement of euphony).

Following these requirements, terminology ensures clarity and prevents misinterpretation that may arise while using general vocabulary. Therefore, strictly defined terminology plays an important role in the field of science, as it serves as a basis for knowledge transfer and effective communication as well as mutual understanding both within individual disciplines and across different areas of knowledge.

During the translation of Chapters 1 and 4 of the book *Visual Astronomy with a Small Telescope*, more than 200 terms were identified. To simplify further analysis and enhance clarity, it was decided to categorize them. For this purpose, it is reasonable to apply the typology proposed by D. Furt and L. Dmytruk, which divides them into the following three categories:

1. *General scientific terms*. These are lexical units that are used in most branches of science and have a broad, universal meaning (Furt & Dmytruk, 2020, p. 22). They denote fundamental scientific concepts that are common to various disciplines. In the analysed text this category accounts for 19,4%. For example, such terms as "evolution" (Ryan, 2025, p. 66), "motion" (Ryan, p. 46) or "force" (Ryan, 2025, p. 1) are not limited to a single specific field of knowledge. However, within a particular discipline, they may take on a more precise, specialised meaning (Ryan, 2025, p. 22). Thus, the term "lens" is used in a general scientific sense across

various disciplines, whereas “*limiting lens*” (Ryan, 2025, p. 3) represents a more specific, specialised use of the term within a particular observational context. Similarly, “*system*” is a broad scientific concept applicable across many fields, whereas “*solar system*” (Ryan, 2025, p. 45) is a specific instance of its use in astronomy.

2. *Interdisciplinary terms*. They are used in several related or even distant fields of knowledge (Furt & Dmytruk, 2020, p. 22). This category of terms retains a similar meaning, thereby facilitating cooperation between disciplines, and constitutes 20,4% of the total. For instance, the terms “*arcminute*” and “*arcsecond*” (Ryan, 2025, p. 3) are applied in astronomy to measure angular distances between celestial objects, while in mathematics they denote units of angular measurement.

3. *Narrowly specialised terms* are unique to a particular field and not commonly used outside it (Furt & Dmytruk, 2020, p. 22). They denote highly specific concepts relevant to a particular discipline and ensure precision within that domain. This category constitutes 60.2% of all terms. It includes terminology denoting observational instruments and targets, particularly the names of planets (e.g., “*Venus*”, “*Saturn*”, “*Mars*” etc.) (Ryan, 2025, p. 4), stars (e.g., “*RR Lyrae*”, “*Cepheids*”, “*RS Canem Venaticorum*” etc.) (Ryan, 2025, p. 50-53), star clusters (e.g., “*M67*”, “*47 Tuc*” etc.) (Ryan, 2025, p. 55-57) and constellations (e.g., “*The Plough*”, “*The Big Dipper*”, “*The False Cross*” etc.) (Ryan, 2025, p. 4).

Having examined the discourse of the book, attention can now be directed to its translation. When rendering a text into another language, translators apply a wide range of translation techniques to adapt the source material for the target audience. The present study adopts the framework proposed by L. Molina and A. H. Albir for the analysis of terminological units in the book, who identify eighteen translation techniques used to transfer meaning, stylistic features, and cultural references across languages (2002, p. 509–511).

After analyzing the source text and its translation, it was found that eight translation techniques were employed in rendering astronomical terminology. In the majority of cases (27.1%), I relied on established equivalent. This technique involves using an existing equivalent in the target language (Molina & Albir, 2002, p. 510). Such terms can typically be found in dictionaries. In particular, I frequently relied on the online English–Ukrainian–English Dictionary of Scientific Language, which provides established equivalents for a range of astronomical terms (Kocherha & Meynarovych, Part I, 2010). Let us consider the sentences:

(1-s) “*The satellites of Jupiter have a particular appeal, as they illustrate vividly how dynamic the solar system is*” (Ryan, 2025, p. 46). – (1-t) “*Супутники Юпітера становлять особливий інтерес, оскільки яскраво демонструють, наскільки динамічна Сонячна система.*” as an example to define the use of established equivalent. The word *satellites* here is rendered as “супутники”, and such concept as “*the solar system*” corresponds to “Сонячна система”.

Many other terms were translated in a similar way. For instance, in the next sentence the term “*nebulae*” is translated into Ukrainian as “туманності” and “*cores*” as “ядра”. (2-s) “*The exposed cores of stars in planetary nebulae are entering this twilight zone where ordinary matter becomes degenerate*” (Ryan, 2025, p. 58). – (2-t) “*Відкриті ядра зірок у планетарних туманностях входять у цю сутінкову зону, де звичайна матерія перетворюється на вироджену*”.

The second most frequently employed technique was calque (26%). This technique involves translating a source-language expression by rendering its individual components literally, which results in a word-for-word translation in the target language (Molina & Albir, 2002, p. 510). For instance, in the sentence (3-s) *The modern theory of gravity, Einstein's Theory of General Relativity, has triumphed over the old approximation that is Newton's "law" of gravity, but telescopes also brought challenges: the discovery of dark matter a material of currently unknown type that exerts a gravitational attraction on ordinary matter and dark energy, which seems to be an expansion force evident on the largest scales in the Universe, a sort of antigravity but not as science fiction writers imagined it* (Ryan, 2025, p. 1) such phrases as

“law” of gravity”, “dark matter”, “gravitational attraction”, “ordinary matter” and “dark energy” was translated as “закон гравітації”, “темна матерія”, “гравітаційний вплив”, “звичайна матерія”, “темна енергія” preserving the original structure and meaning. It allows facilitate the integration of new concepts into the target language without distortion of meaning. **(3-t)** *Загальна теорія відносності Ейнштейна, перемогла застарілий «закон» гравітації Ньютона, та стала передовою теорією, що пояснює силу тяжіння. Але з телескопом з'явилися і нові виклики, як наприклад, відкриття темної матерії - матеріалу невідомого на даний час типу, який чинить гравітаційний вплив на звичайну матерію та темну енергію. Темна енергія, в свою чергу, є ймовірною силою розширення, своєрідною антигравітацією, що проявляється у найбільших масштабах Всесвіту. Але все ж описи письменників-фантастів виявились далекі від реальності.*

In 17.3% of the cases, amplification was also employed, involving the addition of information details that are not formulated in the source text (Molina & Albir, 2002, p. 510). Taking the following sentence into account, it can be observed that the term “eyepiece” was translated as “телескопічний окуляр”, with the addition of a specification indicating the instrument to which it refers. **(4-s)** *Much of the content of this book, including the selection of targets, information on the resolution of small telescopes and factors affecting the visibility of objects, is equally applicable to those instruments, but this book also includes information relating to human vision, eyepiece selection and observing technique” (Ryan, 2025, p. 2). – **(4-t)** *“Значна частина змісту цієї книги, зокрема вибір цілей, інформація про роздільну здатність малих телескопів та фактори, що впливають на видимість об'єктів, однаково підходить для обох приладів, але тут також міститься інформація, що стосується людського зору, вибору телескопічного окуляра та техніки спостереження”.**

Amplification was also repeatedly used in the translation of headlines. For instance, **(5-s)** “Globular clusters” (Ryan, 2025, p. 56) was translated as **(5-t)** “Кулясті зоряні скупчення”, and **(6-s)** “Open clusters” (Ryan, 2025, p. 54) as **(6-t)** “Розсіяні зоряні скупчення”, with the added specification indicating that these are stellar objects. Without all the presented clarification, the meaning would be less explicit and potentially ambiguous.

With a slight variation, techniques such as transposition (11.9%) and borrowing (10.4%) were applied. L. Molina and A. H. Albir define transposition it as “a change of grammatical category” (2002, p.511). This is an important tool that makes the text sound natural to the target audience by considering its structural features. One of the most notable examples is the following sentence: **(7-s)** *If you must take up solar observing, then do so with a full-aperture professionally made solar filter and check its integrity visually each time before you put it on the telescope; shortcuts are not worth the risk”* (Ryan, 2025, p. 47). – **(7-t)** *“Якщо вам потрібно зайнятися сонячними спостереженнями, використовуйте професійний сонячний фільтр з повною апертурою та кожного разу перевіряйте його цілісність. В даному випадку високі ціни не варті ризику”.* In the phrase “професійний сонячний фільтр з повною апертурою”, transposition is realised through a systematic shift in grammatical categories and syntactic structure. The English participial construction “professionally made” is rendered as the adjective “професійний”, while the compound modifier “full-aperture” is transformed into a prepositional phrase “з повною апертурою”. Thus, transposition in this case ensures both structural adequacy and naturalness of expression while preserving the original semantic content.

In certain cases, the words are transferred directly from the source language. L. Molina and A. H. Albir refer to this technique as borrowing (2002, p. 510). This can be illustrated by the term “термінатор”, which is borrowed and phonologically adapted to the norms of the Ukrainian language. The primary aim of this technique is to ensure accuracy and terminological precision. **(8-s)** *Vertical relief is more evident close to the terminator – the boundary between sunlit and dark hemispheres where the shadows cast by tall features or crater rims reveal the texture more clearly”* (Ryan, 2025, p. 45). – **(8-t)** *“Вертикальний рельєф поверхні більш помітний поблизу термінатора – межі між освітленою сонцем і темною півкулями*

Місяця, де тіні, від високих об'єктів або кратерів, більш чітко окреслюють фактуру Місяця”.

Modulation is another essential translation technique that cannot be avoided in the process of rendering a text into another language. It involves a change in perspective or focus in the source text while preserving its original meaning (Molina & Albir, 2002, p. 510). This technique allows the translator to produce a more natural and contextually appropriate expression in the target language, especially when a direct translation would sound unnatural or fail to convey the intended sense.

In the next example sentence, the word “*output*” was translated as “потік”. The modulation lies in the fact that the translation does not render the target word literally, but replaces it with another term that is more appropriate in scientific Ukrainian. The overall usage rate for this technology in translation the text of the book is 4.4%. **(9-s)** “*Dominating the intrinsic class are pulsating stars, whose envelopes (outer regions) change size and temperature, giving rise to variations in luminous output*” (Ryan, 2025, p. 49). – **(9-t)** “*У категорії змінних зір переважають пульсуючі зірки, оболонки (зовнішні області) яких змінюють розмір і температуру, що призводить до коливань світлового потіку*”.

In addition, the study of terminology revealed some cases of the use of reduction and description (1.1% each). Although it may initially seem that reduction cannot be applied in the translation of scientific terminology, in fact, it is a useful technique for shortening lengthy structures and eliminating redundant information that does not contribute to the core meaning of the text. For example in the sentence **(10-s)** “*Such binaries are called interacting binaries*” (Ryan, 2025, p.49) the same word appears twice, although it does not convey any new information. So to avoid tautology it was omitted and the target text looks like **(10-t)** “*Такі подвійні системи називають взаємодіючими*”.

Description was used in only 0.7% of all cases to translate interdisciplinary terms. In order to understand the use of this technique, let's take into consideration the following sentence: **(11-s)** “*Astrophotographers sometimes use 'lucky imaging' techniques to pick out a few frames having particularly sharp images from a series of exposures*” (Ryan, 2025, p. 47). – **(11-t)** “*Астрофотографи іноді користуються методом багатокadroвої зйомки або, як вони це називають, методом «щасливого кадру», щоб зловити кілька особливо чітких зображень*”. Indeed, the highlighted element clearly describes a filming technique that might otherwise be unclear to the reader.

Another notable example of description is an explanation of the concept “*cone cells*” relating to the functioning of the eye. The sentence **(12-s)** “*Many are bright enough to observe in twilight and moonlight, and to stimulate the colour-distinguishing cone cells in the eye*” (Ryan, 2025, p. 48) was rendered into Ukrainian as **(12-t)** “*Багато зірок досить яскраві. Вони стимулюють колбочки ока – рецептори сітківки, відповідальні за сприйняття кольорів, тому їх можна легко досліджувати навіть в сутінках і при місячному світлі*”.

Concluding the results of this section, it can be noted that the terminological system of *Visual astronomy with the small telescope* is clearly structured, functionally motivated and directly linked to the scientific specifics of astronomy. The analysis demonstrated the predominance of highly specialised terminology. It reflects the professional orientation of the text, while the presence of interdisciplinary and general scientific vocabulary ensures conceptual connections with related scientific fields and contributes to the accessibility of the material for non-specialist readers.

The study of translation techniques showed that the Ukrainian translation of the terminology is primarily based on established equivalents and calque, which preserve scientific precision and terminological consistency. At the same time, such techniques as amplification, transposition, borrowing, modulation, reduction, and descriptive translation, presented in descending order of frequency, facilitate the adaptation of complex astronomical concepts to the norms of the target language and improve the clarity and comprehensibility of the translated text.

Conclusions

The translation project was based on the selected excerpts from *Visual Astronomy with a Small Telescope* by Sean G. Ryan. In accordance with the research objectives, the study involved the translation of the book, the analysis of the genre and stylistic features of the source text, the identification and classification of astronomical terminology, as well as the examination of translation techniques used in the rendering process.

The analysis shows that the book is written in the popular science genre which is aimed at non-expert readers who seek to acquire skills in astronomical observation using a small telescope and to broaden their knowledge of astronomy. This orientation determines a set of specific stylistic features of the text, particularly simplified explanation of terms, conversational style, instructive tone and coloured vocabulary aimed at enhancing readability.

The analysis confirms that the terminology of the book constitutes a set of specialised lexical units directly related to its subject matter, namely astronomy. It was established that terms differ significantly from general vocabulary due to a set of specific characteristics that ensure their scientific accuracy and functional efficiency. These features include conformity with language norms, systematic organisation, clear definability, contextual independence, precision, conciseness combined with completeness, unambiguity, and the absence of synonymy. In addition, terminology is characterised by stylistic neutrality and lack of expressiveness, as well as the requirement of euphony.

Furthermore, the terms used in the book were classified into three main categories. The largest group, accounting for 60.2%, consists of narrowly specialised terms, which denote highly specific astronomical concepts and are restricted to the field of astronomy. The second category, interdisciplinary terms, makes up 20.4% of the total and includes units that are used across different, often related disciplines while maintaining a similar meaning. The smallest group, general scientific terms, constitutes 19.4% and comprises lexical units with broad, universal meanings that are common to various fields, although they may acquire more specialised meanings in specific contexts or in combination with other words (see Appendix A).

The analysis revealed that eight translation techniques were employed in the translation process. The most frequently used technique is established equivalent (27%), followed by calque (25.9%), both of which ensure accuracy and adherence to scientific standards. A significant role is also played by amplification (17.3%), which serves to clarify and specify the meaning of terms. In addition, transposition (11.9%) and borrowing (10.8%) contribute to the naturalness of expression and terminological precision in the target text. Less frequently applied techniques, such as modulation (5%), as well as reduction and description (1.1% each), perform a supplementary function by facilitating adaptation and clarification of complex scientific concepts (see Appendix B).

The findings of the study indicate that the applied translation strategies effectively ensure both terminological accuracy and communicative clarity in the target text. However, the results also suggest that further research could be extended to a broader corpus of popular science astronomical texts in order to compare the frequency and distribution of translation techniques across different authors and genres.

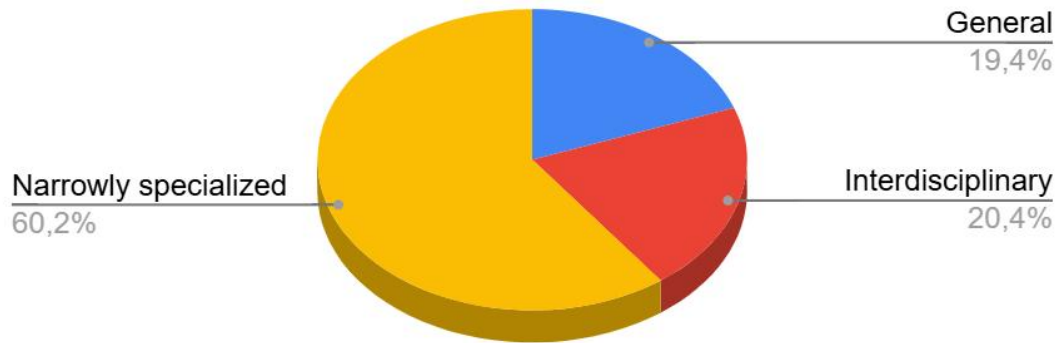
References

1. Amazon. About the author. Retrieved April 13, 2026, from <https://www.amazon.com/stores/author/B0036CGRK6/about>
2. Bowker, L. (2019). Terminology. In *Routledge encyclopedia of translation studies* (p. 579–583). Routledge.
3. Cambridge dictionary Retrieved April 10, 2026, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/popular-science>
4. Goddard, A., & Carey, N. (2017). *Discourse: the basics*. Routledge.
5. Gryshchenko, O. (2024). Discourse: Knowledge, news, and fake intertwined. *Філологічний часопис*, (1), 4–11.
6. Molina, L., & Hurtado Albir, A. (2002). Translation techniques revisited: A dynamic and functionalist approach. *Meta*, 47 (4), 498–512.
7. Radetska, S. (2019). Popular scientific literature as a means of scientific knowledge popularization: Linguistic aspects. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*, 123-125.
8. Ryan, S. G. (2025). *Visual astronomy with a small telescope*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
9. Ryan, S. G. (2025). *Visual astronomy with a small telescope*. Routledge.
10. Smith, C. S. (2003). *Modes of discourse: The local structure of texts* (Vol. 103). Cambridge University Press.
11. Д'яков, А. С., Кияк, Т. Р., & Куделько, З. Б. (2000). *Літературне місто*. Доступ 20 квітня 2026. https://litmisto.org.ua/?page_id=21972
12. Кочерга, О., & Мейнарович, Є. (2010). *Англійсько-українсько-англійський словник наукової мови (фізика та споріднені науки), Частина I*. Доступ 23 квітня 2026. <https://e2u.org.ua/dicts/4>
13. Фурт, Д., & Фурт, Д. В. (2020). *Термінологія: навчальний посібник*. Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. І. Туган-Барановського.

Appendices

Appendix A

Terminology in the source text



Appendix B

Translation techniques

