

UNIVERSITATEA PEDAGOGICĂ DE STAT „ION CREANGĂ” DIN CHIȘINĂU

Cu titlu de manuscris
CZU: 37.091:52(043.3)

TERCU JAN-OVIDIU

**FORMAREA COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE
A ELEVILOR DOTAȚI PRIN INTERMEDIUL
ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE**

**Specialitatea 532.02 – Didactica școlară
pe trepte și discipline de învățământ**

Teză de doctor în științe ale educației

Conducător științific:

CHISTOL Vitalie, doctor, conferențiar universitar

Autor:

TERCU Jan-Ovidiu

CHIȘINĂU, 2025

© **TERCU Jan-Ovidiu, 2025**

CUPRINS

ADNOTARE (română, rusă, engleză).....	5
LISTA TABELELOR.....	8
LISTA FIGURILOR.....	8
LISTA ABREVIERILOR.....	10
INTRODUCERE.....	11
1. ABORDĂRI TEORETICO-DIDACTICE PRIVIND NECESITATEA FORMĂRII COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE A ELEVILOR DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE.....	25
1.1. Delimitări conceptuale ale noțiunii de competență investigatională.....	25
1.2. Analiza situației privind educația în astronomie în spațiul românesc și peste hotare.....	40
1.3. Necesitatea dezvoltării competenței investigationale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.....	45
1.4. Concluzii la capitolul 1.....	60
2. METODOLOGIA FORMĂRII COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE A ELEVILOR DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE.....	62
2.1. Instrumente utilizate în observațiile astronomice. Noțiuni de astrometrie și fotometrie.....	62
2.2. Metodologia formării unităților de competențe necesare investigațiilor astronomice.....	76
2.2.1. Metodica observațiilor astrometrice la asteroizi și comete.....	79
2.2.2. Metodica observațiilor astrometrice la stele duble.....	84
2.2.3. Metodica observațiilor fotometrice la stele variabile.....	88
2.2.4. Metodica observării fotometrice a tranzitelor exoplanetelor.....	96
2.2.5. Metodica detecției și observării supernovelor.....	100
2.3. Modelul pedagogic de formare a competenței investigationale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.....	105
2.4. Concluzii la capitolul 2.....	116

3. VALIDAREA EXPERIMENTALĂ A MODELULUI PEDAGOGIC DE FORMARE A COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE LA ELEVII DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE.....	117
3.1. Organizarea și desfășurarea experimentului pedagogic.....	117
3.2. Interpretarea rezultatelor experimentului pedagogic.....	145
3.3. Concluzii la capitolul 3.....	151
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....	152
BIBLIOGRAFIE.....	155
ANEXE.....	178
Declarația privind asumarea răspunderii.....	277
CV Autorului.....	278

ADNOTARE

Tercu Jan-Ovidiu, Formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Teză de doctor în științe ale educației, Chișinău, 2025

Structura tezei: Introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografia din 239 de titluri, 154 pagini de text de bază, 46 figuri, 5 tabele, 34 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 9 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: competență investigațională, elevi dotați, activități extrașcolare, astronomie, model pedagogic de formare a competenței investigaționale, metodologia formării competenței investigaționale.

Scopul cercetării: constă în fundamentarea teoretică și praxiologică a competenței investigaționale, elaborarea și validarea experimentală a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Obiectivele cercetării: 1) Analiza conceptelor fundamentale teoretice referitoare la modul de definire și necesitatea formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie. 2) Determinarea fundamentelor metodologice pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați. 3) Elaborarea și validarea experimentală a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării: constă în elaborarea metodologiei și a modelului pedagogic pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante:

a fost elaborată Metodologia formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, care permite elevilor să investigheze noțiuni de astronomie dincolo de curriculumul standard, acest lucru stimulând curiozitatea și interesul acestora pentru știință.

Semnificația teoretică a cercetării: constă în contribuția adusă la dezvoltarea înțelegerii asupra procesului de formare a competenței investigaționale în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, precum și la extinderea cunoștințelor existente în domeniul pedagogiei. Aceasta nu se limitează doar la sfera educațională, ci are implicații profunde în dezvoltarea cunoașterii umane și în pregătirea noii generații de tineri pentru a face față provocărilor și oportunităților din domeniul astronomiei și științelor conexe.

Valoarea aplicativă a cercetării: constă în furnizarea unei metodologii și a unui model pedagogic, care pot fi utilizate în practica educațională pentru a dezvolta competența investigațională a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie. Această cercetare oferă resurse practice pentru profesorii de fizică și specialiștii în domeniul educației în astronomie care doresc să îmbunătățească procesul de învățare în domeniul astronomiei. Cercetarea contribuie la îmbunătățirea calității educației, sprijinirea elevilor dotați, dezvoltarea competențelor cheie, promovarea științei, tehnologiei și inovării în domeniul educației.

Implementarea rezultatelor științifice: s-a concretizat prin validarea experimentală a metodologiei și a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, desfășurate la Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați, România. De asemenea, metodologia și modelul pedagogic dezvoltate au fost integrate în activitățile extrașcolare organizate la Observatorul Astronomic al Universității Tehnice a Moldovei din Chișinău, Republica Moldova.

АННОТАЦИЯ

Терку Жан-Овидиу, Формирование исследовательской компетентности одаренных учащихся посредством внеклассных занятий по астрономии.

Докторская диссертация в области педагогических наук, Кишинев, 2025 г.

Структура диссертации: Введение, три главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 239 наименований, 154 страниц основного текста, 46 рисунков, 5 таблиц, 34 приложений. Полученные результаты опубликованы в 9 научных статьях.

Ключевые слова: исследовательская компетентность, одаренные учащиеся, внеклассная деятельность, астрономия, педагогическая модель формирования исследовательской компетентности, методика формирования исследовательской компетентности.

Цель исследования: Теоретическое и праксиологическое обоснование исследовательской компетентности, разработке и экспериментальном обосновании педагогической модели воспитания исследовательской компетентности одаренных учащихся при внеклассных занятиях по астрономии.

Задачи исследования: 1) Анализ фундаментальных теоретических положений, касающихся способа определения и необходимости формирования исследовательской компетентности одаренных учащихся при внеклассных занятиях по астрономии. 2) Определение методических основ формирования исследовательской компетентности одаренных учащихся. 3) Разработка и экспериментальное обоснование педагогической модели формирования исследовательской компетентности одаренных учащихся в рамках внеклассных занятий по астрономии.

Новизна и научная оригинальность исследования заключается в разработке методики и педагогической модели формирования исследовательской компетентности одаренных учащихся посредством внеклассных занятий по астрономии.

Полученные результаты способствуют решению важной научной проблемы:

Разработана Методика развития исследовательской компетентности одаренных учащихся при внеклассных занятиях по астрономии, которая позволяет учащимся исследовать концепции астрономии за пределами стандартной учебной программы, стимулируя тем самым их любознательность и интерес к науке.

Теоретическая значимость исследования заключается во вкладе, внесенном в развитие понимания процесса формирования исследовательской компетентности при внеклассных занятиях по астрономии, а также в расширение имеющихся знаний в области педагогики. Это не ограничивается только сферой образования, но имеет глубокие последствия для развития человеческих знаний и подготовки нового поколения молодых людей к решению проблем и возможностей в области астрономии и смежных наук.

Прикладная ценность исследования заключается в предоставлении методологии и педагогической модели, которые могут быть использованы в образовательной практике для развития исследовательской компетентности одаренных учащихся при внеклассных занятиях по астрономии. Это исследование предоставляет практические ресурсы для учителей физики и преподавателей астрономии, которые хотят улучшить обучение астрономии. Исследования способствуют повышению качества образования, поддержке одаренных учащихся, развитию ключевых навыков, продвижению науки, технологий и инноваций в образовании.

Внедрение научных результатов реализовано посредством экспериментальной проверки методики и педагогической модели формирования исследовательской компетентности одаренных учащихся при внеклассных занятиях по астрономии, проведенной в Астрономической обсерватории Музейного Комплекса Естественных Наук «Рэзван Ангелуц». Галац. Также разработанная методология и педагогическая модель были интегрированы во внеклассные мероприятия, организованные в Астрономической обсерватории Технического университета Молдовы в Кишиневе, Республика Молдова.

ANNOTATION

Tercu Jan-Ovidiu, Formation of the investigative competence of gifted students through extracurricular astronomy activities.

PhD Thesis in Educational Sciences, Chişinău, 2025

Structure of the thesis: introduction, three chapters, recommendations and conclusions referring to the whole thesis, bibliography listing 239 titles, 154 pages of basic text, 46 figures, 5 tables, 34 annexes. The obtained results are published in 9 scientific papers.

Keywords: investigative competence, gifted students, extracurricular activities, astronomy, pedagogical model of developing the investigative competence, methodology of investigative competence formation.

Research Aim: consists in both, the theoretical and praxiological argumentation of the investigative competence, in the elaboration and in the validation through experiments of the pedagogical model for achieving the investigative competence in the case of the gifted students implied in extracurricular astronomy activities.

The Objectives of the Research: 1) To analyse the fundamental theoretical concepts regarding the definition and need to train the investigative competence of gifted students during extracurricular astronomy activities; 2) To determine the methodological foundations for the formation of the investigative competence of gifted students; 3) To elaborate and to validate through experiments the pedagogical model for achieving the investigative competence in the case of the gifted students implied in extracurricular astronomy activities.

The scientific novelty and originality of the research: consists, not only, in the elaboration of the methodology, but also in presenting the pedagogical model for the formation of the investigative competence of gifted students through extracurricular astronomy activities.

The Obtained Results that contribute to solve an important scientific issue: The methodology of formation of the investigative competence of gifted students was developed within and in the framework of the extracurricular astronomy activities. This fact allows students to investigate notions of astronomy beyond the standard curriculum level and stimulates their curiosity and interest in studying sciences.

The theoretical significance of the research: The theoretical significance of the research resides, first, in the contribution brought to the development of the understanding of the process of formation of the investigative competence within the extracurricular astronomy activities, as well as to the extension of the existing knowledge in the field of pedagogy. It is not limited only to the educational sphere, but has profound implications in the development of human knowledge and in the preparation of the new generation of young people to face the challenges and opportunities in the field of astronomy and of the related sciences.

The applicative value of the research: This aspect consists in providing a methodology and a pedagogical model, which can be used in educational practice to develop the investigative competence of gifted students through extracurricular astronomy activities. This research provides practical resources for physics teachers and astronomy education specialists who want to improve the learning process in astronomy. This research improves the quality of education, by supporting gifted students, by developing key competences, by promoting science, technology and innovation in educational realm.

The Implementation of the scientific results: it was materialized through the experimental validation of the methodology and of the pedagogical model for the formation of the investigative competence of the gifted students within the extracurricular astronomy activities, carried out at the Astronomical Observatory of the „Răsvan Angheluţă” Natural Sciences Museum Complex from Galaţi, Romania. Also, the developed methodology and pedagogical model were integrated into the extracurricular astronomy activities organized at the Astronomical Observatory of the Technical University of Moldova from Chişinău, Republic of Moldova.

LISTA TABELELOR

Tabelul 2.1. Parametrii sistemului fotometric Johnson-Cousins UBVR:

Banda de frecvență, lungimea de undă efectivă și lățimea de bandă

Tabelul 3.1. Structura eșantionului experimental

Tabelul 3.2. Metodologia cercetării la experimentul pedagogic de constatare

Tabelul 3.3. Corespondența dintre itemii chestionarelor de constatare/validare și variabilele cercetării

Tabelul 3.4. Metodologia cercetării la experimentul pedagogic de validare

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Activități extrașcolare legate de științe oferite de școală

Fig. 2.1. Telescopul Newton

Fig. 2.2. Telescopul Schmidt-Cassegrain

Fig. 2.3. Calibrarea imaginilor. Stânga: imagine necalibrată. Dreapta: imagine calibrată

Fig. 2.4. Profilul stelei și valoarea FWHM

Fig. 2.5. Coordonatele cerești ecuatoriale

Fig. 2.6. Fotometria de apertură

Fig. 2.7. Relația dintre masa de aer și distanța zenitală

Fig. 2.8. Distribuția asteroizilor în zona interioară a Sistemului Solar la 1 ianuarie 2018.

Fig. 2.9. Configurarea camerei CCD cu ajutorul softului MaxIm DL (captură de ecran)

Fig. 2.10. Setarea programului Astrometrica (captură de ecran)

Fig. 2.11. Măsurarea poziției unui asteroid cu softul Astrometrica (captură de ecran)

Fig. 2.12. Orbitale stelelor într-un sistem binar

Fig. 2.13. Separarea și unghiul de poziție la stele duble

Fig. 2.14. Selectarea stelelor variabile (captură de ecran)

Fig. 2.15. Introducerea valorii magnitudinii la stelele de comparație (captură de ecran)

Fig. 2.16. Portalul Vizier (captură de ecran)

Fig. 2.17. Steaua țintă și stelele de comparație (captură de ecran)

Fig. 2.18. Vizualizarea curbei de lumină preliminară (captură de ecran)

Fig. 2.19. Datele fotometrice ale stelei variabile (captură de ecran)

Fig. 2.20. Programul Peranso (captură de ecran)

Fig. 2.21. Programul VStar (captură de ecran)

- Fig. 2.22. Curba de lumină a stelei rezultată în urma tranzitului unei exoplanetei
- Fig. 2.23. Obținerea listei de tranzite ce pot fi observate (captură de ecran)
- Fig. 2.24. Încărcarea datelor fotometrice (captură de ecran)
- Fig. 2.25. Curba de lumină a tranzitului exoplanetei XO-1b
- Fig. 2.26. Supernova 2012aw observată în galaxia M95 (marcată în imagine)
- Fig. 2.27. Achiziționarea imaginilor cu softul MaxIm DL (captură de ecran)
- Fig. 2.28. Încărcarea imaginilor în softul Aladin Sky Atlas (captură de ecran)
- Fig. 2.29. Tranziția cursorului în vederea analizei imaginii pentru detecția de supernove (captură de ecran)
- Fig. 2.30. Cele patru nivele ale modelului educațional bazat pe investigație și informațiile oferite elevului în fiecare model, adaptat după Banchi și Bell
- Fig. 2.31. Cele patru nivele ale modelului educațional bazat pe investigație și nivelul de implicare al profesorului/elevului, adaptat după Banchi și Bell
- Fig. 2.32. Fazele modelului învățării bazate pe investigație, adaptat după Pedaste, Mäeots, Siiman et al.
- Fig. 2.33. Modelul pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie
- Fig. 3.1. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru România
- Fig. 3.2. Distribuția elevilor pe clase pentru România
- Fig. 3.3. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru Republica Moldova
- Fig. 3.4. Distribuția elevilor pe clase pentru Republica Moldova
- Fig. 3.5. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru grupul experimental
- Fig. 3.6. Distribuția elevilor pe clase pentru grupul experimental
- Fig. 3.7. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru grupul de control
- Fig. 3.8. Distribuția elevilor pe clase pentru grupul de control
- Fig. 3.9. Controlul telescopului și a camerei CCD (captură de ecran)
- Fig. 3.10. Camera all-sky pentru controlul telescopului și aspectului cerului
- Fig. 3.11. Controlul de la distanță a mișcărilor telescopului (captură de ecran)
- Fig. 3.12. Configurarea camerei CCD prin intermediul softului MaxIm DL (captură de ecran)

LISTA ABREVIERILOR

UAI - Uniunea Astronomică Internațională
EAAE - European Association for Astronomy Education
ONG - Organizație neguvernamentală
UTM - Universitatea Tehnică a Moldovei
PISA - Programme for International Student Assessment
OECD - Organizației pentru Cooperare și Dezvoltare Economică
CCD - Charge-Coupled Device
FOV - Field of View
FWHM - Full Width Half Maximum
CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor
UT - Universal Time
JD - Data iuliană
MJD - Data iuliană modificată
APASS - AAVSO Photometric All-Sky Survey
SNR - Signal-to-Noise Ratio
MPC - Minor Planet Center
NEAs - Near-Earth Asteroids
au - Unitatea Astronomică
WDS - Washington Double Star Catalog
AAVSO - Association of Variable Stars Observers
VSX - The International Variable Star Index
AIJ - AstroImageJ
TRESCA - TRansiting ExoplanetS and CAndidates
ETD - Exoplanet Transit Database
DSS - Digitized Sky Survey
TNS - Transient Name Server
ERR - Evocare-Realizarea sensului-Reflecție
SPSS - Statistical Package for the Social Sciences
STEM - Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei abordate. Secolul al XXI-lea marchează o fază distinctă în progresul societății umane. Avansul rapid al științei și tehnologiei are la bază în mod direct competiția economică dintre națiuni, impunând, astfel, necesitatea unei abordări noi și pragmatice în sfera educației formale și non-formale. Obiectivul acestei perspective educaționale la nivel național trebuie să fie axat pe stimularea cercetării științifice și tehnologice. Pentru a atinge acest scop, este imperativ să dezvoltăm și să cultivăm un set divers de competențe în rândul elevilor, una dintre acestea fiind și competența investigațională. De asemenea, este esențial ca abordarea pedagogică privind cunoașterea elevilor să se orienteze strategic spre domeniul științelor. Acest demers vizează stimularea unei curiozități sporite în rândul acestora, facilitând angajamentul lor în procesul educațional prin metode de descoperire și investigație a mediului înconjurător. O astfel de orientare pedagogică este importantă pentru dezvoltarea unui spirit investigativ necesar în cercetarea științifică. O observație atentă a comportamentului elevilor ne dezvăluie o atractivitate semnificativă pentru tehnologie, în special, în domeniul tehnologiei informației. Această constatare poate fi un punct de plecare pentru profesori, cercetători și mentori pentru a prezenta elevilor o nouă perspectivă asupra științelor exacte, care au aplicabilitate practică evidentă. De fapt, această perspectivă de dezvoltare intelectuală și personală a elevilor poate cultiva o pasiune durabilă pentru știință, generând, în același timp, un stimulent pentru diverse investigații în procesul educațional și, ulterior, pentru cercetări în domeniul științei și a tehnologiei. Aceste idei subliniază importanța și relevanța temei cercetării doctorale pe care am realizat-o.

În cadrul Uniunii Europene, există preocupări semnificative în legătură cu domeniul educației, ceea ce a condus la elaborarea unui proiect referitor la instituirea Spațiului European al Educației. Acest proiect este prezentat într-un document oficial denumit *Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor privind realizarea Spațiului European al Educației până în 2025*. Documentul precizează că „Educația este fundamentul împlinirii personale, al capacității de inserție profesională și al cetățeniei active și responsabile. Dreptul la educație, formare profesională și învățare pe tot parcursul vieții, care trebuie să fie favorabile incluziunii și de înaltă calitate, este proclamat de Pilonul european al drepturilor sociale ca primul său principiu. Uniunea își restabilește strategia de creștere pe baza durabilității, cu tranziția verde și tranziția digitală ca factori de transformare” [40, p. 1].

În acest document de semnificație vitală pentru națiunile europene, Comisia Europeană a identificat șase direcții principale de acțiune pentru dezvoltarea Spațiului European al Educației. Aceste direcții sunt: îmbunătățirea calității educației, promovarea incluziunii și a egalității de gen,

facilitarea tranziției către o societate verde și o societate digitală, consolidarea competențelor profesorilor și formatorilor, îmbunătățirea învățământului superior și abordarea dimensiunii geopolitice. Un aspect important pe care îl subliniază documentul amintit anterior este „Învățarea nonformală, inclusiv activitatea de voluntariat” deoarece acestea „contribuie la dobândirea abilităților de viață și a aptitudinilor și competențelor profesionale” [Ibidem, p. 19].

În ceea ce privește *Recomandarea Consiliului Uniunii Europene din 22 mai 2018, referitoare la competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții*, se pot identifica anumite competențe care prezintă o conexiune semnificativă cu cercetarea efectuată în cadrul acestei teze de doctorat. Aceste competențe-cheie sunt: competențe în domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, precum și competențe digitale [143, p. 7].

Actualitatea și importanța temei se găsește și în *Codul Educației al Republicii Moldova* unde, în art. 11 (1), se precizează că finalitatea educației constă în dezvoltarea unui sistem de competențe care, o dată dobândit de către individ, îl ajută pe acesta să participe activ la viața socială și economică [38]. Tot în art. 11, la alineatul (2) sunt precizate și competențele-cheie care ar trebui să se formeze în urma finalizării procesului educațional. Două dintre acestea sunt în strânsă legătură cu tema de cercetare doctorală și anume competența în matematică, științe și tehnologie și competența digitală.

În *Codul Educației al Republicii Moldova* se fac mai multe referiri la învățământul extrașcolar, în una dintre acestea se afirmă că este o componentă importantă a învățământului general. În art. 36 la alineatul (1) se precizează că „învățământul extrașcolar se realizează în afara programului și activității școlare prin activități complementare procesului educațional desfășurat în instituțiile de învățământ și are menirea să dezvolte potențialul cognitiv, afectiv și acțional al copiilor și tinerilor, să răspundă intereselor și opțiunilor acestora pentru timpul liber” [Ibidem].

Despre organizarea învățământului extrașcolar se vorbește și în art. 37, alineatul (1) unde se precizează că acesta se desfășoară „în instituțiile de învățământ general și în instituțiile de învățământ extrașcolar publice și private (centre, palate și case de creație, școli de arte, sport etc.), sub formă de activități educative specifice, desfășurate în grup și/sau individual, sub îndrumarea cadrelor didactice cu pregătire specială, în colaborare cu familia, unități socioculturale, mass-media, organizații de copii și tineret” [Ibidem].

În *Cadrul de Referință al Curriculumului Național* elaborat în anul 2017 de Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova, sunt prezentate mai multe concepte ce au legătură directă cu actualitatea și importanța temei. Aceste concepte importante pentru procesul educațional sunt următoarele: competența, structura competenței, taxonomia și tipologia competențelor [78, p. 18-32].

În *Hotărârea Nr. 604 din 12-08-2020 pentru punerea în aplicare a Legii muzeelor nr. 262/2017* din Republica Moldova se precizează, în capitolul II, funcțiile și obiectivele muzeelor, că unul dintre obiectivele acestor instituții este să elaboreze și să organizeze proiecte educaționale [85]. Această dispoziție juridică conferă muzeelor posibilitatea de a desfășura programe de educație extrașcolară destinate elevilor.

Actualitatea și importanța temei le putem identifica și în *Curriculum de bază pentru domeniul Știință. Tehnică. Tehnologii*, acesta fiind o componentă a Cadrului de referință al educației și învățământului extrașcolar. În cadrul acestui domeniu, la profilul Matematică și științe, se asigură o gamă largă de cercuri, inclusiv cercuri de fizică și astronomie. Acest profil creează cadrul necesar pentru a realiza pregătirea și formarea elevilor pentru desfășurarea cercetărilor în domeniul fizicii, astronomiei, chimiei, etc. [79].

Forul superior, responsabil de coordonarea activităților desfășurate în sfera astronomiei este cunoscut sub numele de Uniunea Astronomică Internațională (UAI). În cadrul acestei organizații există *Division C: Education, Outreach and Heritage* și *Commission C1 Astronomy Education and Development*, ceea ce arată o preocupare foarte mare pentru educația în astronomie a acestei organizații. La nivelul comisiei C1 există mai multe grupuri de lucru, unul dintre acestea fiind *Astronomy Education Research and Methods*, dedicat cercetării și metodelor de educație în astronomie [221, p. 1].

Tot la nivel mondial există și un *Birou de Educație pentru Astronomie* al UAI (The IAU Office of Astronomy for Education) care este un proiect comun al Uniunii Astronomice Internaționale și al Institutului Max Planck de Astronomie, găzduit la Haus der Astronomie (Casa Astronomiei) din Heidelberg, Germania [217].

În cadrul *Planului Strategic al Uniunii Astronomice Internaționale pentru perioada 2020-2030*, este prezentată importanța și actualitatea predării astronomiei la diferite niveluri educaționale și subliniază eforturile UAI pentru a integra astronomia în programele școlare și pentru a dezvolta materiale educaționale adaptate la nivel național. De asemenea, acest document pune în evidență valoarea și relevanța activităților extrașcolare de astronomie pentru elevi, pentru a-i încuraja să urmeze o carieră în știință [218].

La nivel european, se distinge prezența notabilă a *European Association for Astronomy Education* (EAAE), asociație care își propune promovarea educației în domeniul astronomiei în Europa. Prezența unui organism european dedicat educației în astronomie subliniază importanța și actualitatea temei. EAAE a fost fondată în 1995, ceea ce arată că preocuparea pentru educația în astronomie, la nivel european, nu este doar recentă, ci și durabilă. Obiectivele asociației includ promovarea interesului și a conștientizării rolului educației în astronomie, creșterea eficacității

acestei educații prin cercetare, schimbul de informații și experiență, și dezvoltarea resurselor pentru predarea astronomie [213].

În contextul actual, la nivel mondial, am constatat o intensificare a competiției între națiunile cu dezvoltare avansată, în ceea ce privește explorarea spațiului cosmic. Această evoluție intrinsecă va genera, inevitabil, o creștere substanțială a cererii de specialiști calificați în domenii precum ingineria, tehnologia informației, fizica și astronomia pe piața forței de muncă.

Analizând cu atenție locul și importanța astronomiei în Republica Moldova și România, constatăm că manualul de Fizică-Astronomie destinat clasei a XII-a, utilizat în Republica Moldova, se limitează la un singur capitol dedicat acestei discipline. Această abordare se dovedește a fi insuficientă, având în vedere provocările semnificative cu care se va confrunta comunitatea globală în viitor în domeniul astronomiei și științelor spațiale. În prezent, în România, astronomia nu este inclusă în programa școlară, deși a fost parte a curriculumului liceal în trecut. Deficitul actual, în ceea ce privește educația în astronomie, în ambele țări, poate fi corectat doar prin intermediul activităților extrașcolare organizate în colaborare cu elevii. Pentru a maximiza impactul acestor activități din perspectivă educațională și științifică, devine esențial ca unele dintre aceste activități extrașcolare să fie orientate către elevii cu aptitudini speciale în acest domeniu.

Astăzi, unul dintre principalele obiectivele ale educației constă în instruirea copiilor în diferite domenii științifice [199, p. 192]. Acest lucru se datorează faptului că societatea contemporană este una caracterizată de o bogăție a informațiilor și de o creștere exponențială a cunoștințelor și, din acest motiv, un obiectiv major al educației este acela de a cultiva gândirea critică și competența investigativă a elevilor [112, p. 954]. Acest aspect este remarcat și de alți specialiști care scriu că evoluțiile de astăzi, în toate domeniile științifice și în tehnologie, au impus o schimbare de paradigmă în domeniul educației și, din această cauză, instrumentele și echipamentele folosite în instituțiile de învățământ au trebuit să fie schimbate.

În prezent, a ajuns aproape obligatoriu ca instituțiile de învățământ să achiziționeze și să utilizeze tehnică nouă, pentru a putea oferi elevilor și studenților acces direct la ultimele tehnologii.

Această mutație ar fi numită „o schimbare de paradigmă”, dacă ar fi să apelăm la cuvintele lui T. S. Kuhn [108 p. 176]. După acest savant, o schimbare de paradigmă este rezultatul faptelor concrete care dovedesc că punctul de vedere tradițional este depășit [128, p. 4574]. Prin urmare, astăzi, mai mult ca niciodată, alfabetizarea științifică este recunoscută ca fiind vitală pentru resursa umană a secolului al XXI-lea [69, p. 70].

Creșterea numărului de elevi dotați interesați de domeniul științei și tehnologiei, în paralel cu dezvoltarea competenței investiționale la aceștia, constituie un fundament robust pentru progresul economic al unei națiuni. Chiar dacă ar trebui să nu existe dubii legate de faptul că o

populație educată generează o bunăstare în cadrul societății, fie că vorbim despre economie sau de nivelul de civilizație, există studii și rapoarte internaționale care analizează chiar acest aspect și care subliniază valoarea capitalului uman [52, pp. 11-13]. Știința ne oferă experiențe în orice aspect al vieții și se ivește în viața noastră de zi cu zi. Ea este prezentă și în viața elevilor sau a copiilor mici. Întrucât copiii au o curiozitate înnăscută și o puternică motivație de a explora lucruri noi din mediul înconjurător, prima întâlnire a unui copil cu știința are loc de îndată ce el descoperă și interacționează, în mod independent, cu un obiect sau un fenomen interesant pentru el [4, p. 245].

Viziunea tradițională asupra învățării, impusă de lucrările lui J. Piaget [135] sau J. Flavell [63], mai ales în ceea ce privește nivelurile de competență ale copiilor, în timpul copilăriei timpurii susține că ei sunt incapabili de a îndeplini cu succes unele sarcini cognitive, cum ar fi conservarea sau reversibilitatea. Cu toate acestea, datele unor studii recente indică faptul că copiii au abilități cognitive remarcabile și ele îi ajută să înțeleagă destul de bine cum funcționează lucrurile în natură sau în lumea din jurul lor. A învăța cum funcționează lucrurile în lumea naturală presupune cunoștințe specifice științei. Cercetările au arătat că copiii dezvoltă o înțelegere a conceptelor de bază din științe și că au abilități investigaționale încă din timpul copilăriei timpurii [69, p. 71].

Dar, acest lucru nu este suficient și este necesar ca profesorii să intervină, cu metode specifice, să le dezvolte copiilor aceste abilități. Educația științifică oferă oportunități de sporire a curiozității copiilor față de lume și îi ajută, în același timp, să dobândească instrumentele necesare pentru dezvoltarea abilităților investigaționale.

Orele de astronomie le oferă elevilor oportunitatea de a obține o înțelegere largă și profundă a lumii naturale și a relației ființei umane cu aceasta. Cunoștințele de astronomie și practica într-un observator astronomic depășesc cu mult simple concepte precum forma Soarelui sau a altor astre și planete ori concepte legate de ciclul zi/noapte. Studiul astronomiei are potențialul de a-i învăța pe elevi, în mod practic, natura științei, deoarece ei pot observa în mod direct fenomene astronomice comune. De exemplu, ei pot observa fazele lunii, pot crea modele, pot înțelege tipare, pot oferi explicații în baza cunoștințelor deja dobândite. Adesea, multe explicații nu presupun și cunoștințe foarte avansate, fie că este vorba de matematică sau de fizică. În definitiv, anticii, de exemplu, nu aveau cunoștințe teoretice foarte avansate și cu toate acestea au fost capabili să ofere explicații fenomenelor cerești [130, p. 79].

Astfel, astronomia poate fi foarte fascinantă și ofertantă pentru elevi, deoarece acest domeniu științific nu cuprinde doar studiul stelelor sau al altor corpuri cerești, ci și studiul naturii universului însuși. Astronomia este o disciplină științifică care puternice legături cu fizica și matematica, pentru a modela și pentru a explica procesele lumii fizice, dar și cu chimia, ramura a științei care cercetează natura materiei și a elementelor chimice și interacțiunea dintre ele.

Observăm, astfel, că astronomia este un domeniu științific care poate răspunde nevoilor, aptitudinilor și așteptărilor unui grup destul de mare de elevi. Prin urmare, implicarea elevilor în activități școlare și extrașcolare care să stimuleze interesul lor pentru astronomie ar putea să satisfacă nevoile unui număr larg de copii dotați. În asemenea activități, pot fi incluși elevii care au performanțe deosebite în domeniul fizicii, matematicii sau al chimiei, dar nu numai. Prin intermediul astronomiei, ei își pot îmbogăți cunoștințele, pot să își lărgescă ariile de interes și competențe și pot să își satisfacă curiozitatea.

Descrierea situației în domeniul cercetării, prezentarea rezultatelor cercetărilor anterioare referitoare la temă. În ultima perioadă, au apărut tot mai multe studii și cercetări care tratează problematica ridicată în această teză. Abordarea, în literatura de specialitate, a conceptului de competență investigativă în contextul formării competențelor la elevi a fost analizat în diferite cercetări făcute în Republica Moldova și din România. Contribuții la analiza acestui concept în cadrul procesului educațional, amintind doar unele lucrări, au fost făcute de următorii autori: A. Ardelean și O. Mândruț [7], A. Gremalschi [75] și în numeroase alte articole scrise de L. Franțuzan, L. Zota [66], C. Barbăroș [13], L. Sclifos [156] și alții. La nivel internațional merită menționate lucrările lui J. Percy [134], P. Blessinger și J. M. Carfora [18], specialiști care și-au dedicat studiile cercetării competenței investigative și a dezvoltării acesteia la orele de astronomie.

Conceptul de competență investigativă sau de competență de cercetare a fost definit din mai multe perspective de către cercetătorii care au avut preocupări în acest domeniu. Conform lui V. Bocancea, „competența investigativă le este specifică tuturor disciplinelor din aria curriculară Matematică și științe” [19, p. 52], dar competențele sunt de mai multe tipuri. În general, ele pot fi împărțite în competențe generale și competențe specifice. În ceea ce privește competența investigativă, definiția oferită de Lia Sclifos este cuprinzătoare, ea considerând că „prin competență de cercetare înțelegem un ansamblu integrat de achiziții specifice exersate în diferite situații, prin îmbinarea cunoașterii cu experiența socială responsabilă, precum și disponibilitatea de a mobiliza, reorganiza resursele interne și externe pentru atingerea scopului.” [155, p. 37]. Pe lângă această perspectivă, o amintim și pe cea a lui Ion Botgros și a colaboratorilor care scriu despre acest concept că „reprezintă realizarea activităților investigative de către elevi, contribuind astfel la stimularea interesului față de cunoașterea științifică a disciplinei de specialitate” [26, p. 33].

Cercetătorii au pus destul de puțin accent pe investigarea practicilor specifice ale unei predări bazate pe investigație care pot conduce la rezultate mai bune pentru elevi. Ba mai mult, după cum reiese din literatura de specialitate, dezbaterile cu privire la eficacitatea instruirii bazate

pe investigații este destul de aprinsă între cercetători. Deși există argumente teoretice puternice și bine fundamentate pentru utilizarea abordărilor de instruire bazate pe anchetă, nu există și o unanimitate între specialiști. Instruirea bazată pe descoperire sau investigație este în mare măsură bazată pe teoria constructivistă [31, p. 2114].

Pe lângă această problemă, în cercetarea noastră avem de a face și cu tema copiilor dotați/supradotați. Cum a remarcat recent D. A. Sisk „cercetătorii încă se luptă să genereze definiții și teorii adecvate ale supradotării la copii și adulți” [162, p. 1]. În secolul trecut, utilizarea testelor de măsurare a IQ-ului era văzută ca principalul mod, dacă nu chiar unicul, prin care erau identificate persoanele dotate/supradotate și acest fapt era aproape unanim acceptat de către psihologi și pedagogi [167, p. 6]. Astăzi, pentru a putea progresa și mai mult și pentru a face față schimbărilor rapide care se petrec în lume, nu se mai consideră că este suficient ca un viitor specialist să dețină un set de abilitățile analitice măsurate prin testele de IQ. Acum este acceptat faptul că, pe lângă acestea mai sunt necesare și alte abilități și atitudini, cum ar fi cele de ordin creativ, practic, etic etc. [149, p. 244]. Prin urmare, aceste calități au început să fie căutate și la copii sau tineri, pentru ca ei să poată fi numiți supradotați.

Mulți experți sunt de părere că este nevoie de o varietate de instrumente pentru identificarea dotării/supradotării, unele din acestea pot fi instrumente obiective de evaluare (teste de IQ) și instrumente subiective (nominalizări din partea profesorilor, părinților, colegilor etc.). [93, p. 579].

Comunitatea științifică apelează adesea și la definiția lui J.S. Renzulli care consideră că ar trebui să împărțim copiii supradotați în două mari categorii: una din care fac parte cei care dau dovadă de o supradotare la școală și o categorie unde sunt regăsiți copiii care au unele abilități creative sau productive remarcabile [145, pp. 63-66].

Există diverse criterii prin care poate fi identificat un elev dotat/supradotat. Cercetătorii R. J. Sternberg și S. B. Kaufman afirmă că criteriile pentru clasificarea unui copil drept dotat/supradotat reprezintă „o chestiune de opinie, nimic mai mult” [168, p. 29]. Ajunși în acest punct, remarcăm că, în lumea științifică occidentală, nu se face o distincție clară între copilul sau elevul dotat și cel supradotat.

Pe lângă problemele legate de definire și de identificare a elevilor dotați, în literatură există numeroase dezbateri legate de metodele de predare pentru această categorie de elevi. După unii autori, ei trebuie să aibă parte de un curriculum diferențiat. Literatura este foarte bogată în acest sens și îi amintim doar pe T. Kettler [99], S. N. Kaplan [96], C. L. Weber și L. Stanley [195], J. F. Smutny [163], S.E. von Fremd [164], C. Boswell [196] etc. Dar, există și altă tabără de specialiști, care consideră că, din punct de vedere democratic, elevii, profesorii și comunitatea trebuie să facă tot posibilul pentru a promova egalitatea socială și educațională pentru toate

categoriile de copii. În plus, cred unii dintre aceștia, un curriculum diferențiat are și numeroase efecte negative asupra dezvoltării unui copil dotat/supradotat, mai ales din punct de vedere emoțional [103, pp. 267-268].

După cum vom vedea în primul capitol al acestei cercetări, pe lângă temele amintite, un alt subiect care trebuie tratat este cel al activităților extrașcolare. În literatura de specialitate remarcăm o dezbateră foarte vie cu privire la acest subiect. Unii specialiști observă diversitatea de opinii din spațiul academic [61, p. 481]. Printre autorii care s-au ocupat recent de acest subiect amintim pe R. D. Heath [83], M. J. Abdullaev [1], Y.-K. Chan [35] sau A. E. King [102]. În spațiul vorbitor de limbă română amintim recente studii aparținând lui L.-E. Dima [55] și A. Barabás [12].

Evidențierea contradicțiilor și formularea problemei de cercetare. În ultimele decenii, la nivel global, dar și în România și Republica Moldova, s-au impus numeroase reforme la nivel de curriculum școlar, iar dascălii au început să adopte noi metode pedagogice de instruire a elevilor.

Multe studii au evidențiat că elevii au performanțe mai bune în științe dacă în clasă se apelează la metode de predare bazate pe investigație sau descoperire [197, pp. 253-255], [17, p. 199], [142, p. 74].

Despre învățarea prin investigație au scris numeroși specialiști, atât la nivel internațional, cât și local. La nivel internațional, trebuie să îi menționăm pe T. Deignan [53], S. Padalkar [129], C. P. Constantinou [41], L. B. Flick [64] și exemplele pot continua. În mod evident, în România și în Republica Moldova nu vom regăsi la fel de mulți specialiști, precum sunt la nivel internațional, dar, și la noi, acest subiect reprezintă tot mai mult o preocupare pentru cercetători. Astfel, în spațiul vorbitor de limbă română avem profesori și cercetători preocupați de această temă precum L. Ciascai [37], în România și R. Solovei [165], C. Vechiu [189], I. Botgros [27], N. Morari [120], M. Calalb [32], L. Sali [152] în Republica Moldova. Cum am amintit deja, părerile referitor la învățarea prin investigație între acești specialiști sunt împărțite.

În mod obișnuit, astronomia face parte din activitățile extrașcolare, nefiind frecvent inclusă în curriculumul școlar. Deși astronomia este considerată una dintre cele mai vechi discipline științifice, în prezent, predarea și învățarea ei în școli se limitează adesea la doar câteva capitole în cadrul programelor de științe. Aceasta, în ciuda faptului că astronomia a avut un impact semnificativ asupra evoluției științei, tehnologiei și al înțelegerii noastre despre natură [130, pp. 78-79]. În plus, profesorilor de astronomie nu le este mereu clar care sunt metodele cele mai eficiente pentru dezvoltarea aptitudinilor investigaționale ale elevilor, cel puțin în această disciplină științifică. Există, puține ce-i drept, instituții sau programe care oferă o educație în acest sens.

Programele de astronomie sunt realizate fie în cadrul unității de învățământ, prin proiecte extracurriculare, fie în cadrul altor organizații din afara școlii, unde se desfășoară activități extrașcolare, precum în planetarii, observatoare publice, astrocluburi, cluburi ale copiilor etc. Învățarea bazată pe descoperire este una dintre cele mai eficiente metode care pot fi utilizate în predarea astronomiei [128, p. 4578].

Având în vedere toate acestea, rezultă că există, preocupări majore în ceea ce privește competența investigațională, educația non-formală și realizarea de activități extrașcolare pentru elevi. În Republica Moldova, formarea competenței investigaționale la elevi prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie, este insuficient cercetată, iar educația elevilor dotați în astronomie este foarte puțin studiată de către specialiștii din Republica Moldova și România, fapt ce evidențiază actualitatea și importanța temei supuse spre cercetare. În urma analizei studiilor realizate despre competența investigațională la elevii dotați în contextul activităților extrașcolare și confruntând diferitele metodologii și domenii în care s-au realizat acestea, pe lângă disputele din mediul academic deja menționate, putem identifica următoarele probleme care cer o rezolvare cât mai rapidă:

- În Republica Moldova și România nu există o metodologie privind formarea competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie;
- În Republica Moldova nu există activități extrașcolare de astronomie în care să fie implicați elevii dotați pentru formarea și dezvoltarea competenței investigaționale;
- În Republica Moldova nu există cadre didactice suficient pregătite în domeniul astronomiei care să poată să realizeze observații astronomice cu elevii, în mod special cu elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare.

Contradicțiile identificate au generat **problema cercetării**: Care este metodologia formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie?

Scopul cercetării constă în fundamentarea teoretică și praxiologică a competenței investigaționale, elaborarea și validarea experimentală a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Obiectivele cercetării:

- Analiza conceptelor fundamentale teoretice referitoare la modul de definire și la necesitatea formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie;

- Determinarea fundamentelor metodologice pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați;
- Elaborarea și validarea experimentală a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Ipoteza de cercetare: dacă elevii dotați participă la activități extrașcolare de astronomie, atunci se formează competența investigațională? Formarea și dezvoltarea competenței investigaționale la astronomie poate fi realizată dacă:

- Se vor defini, sub aspect epistemologic și pedagogic conceptele de competență investigațională, elevi dotați și activități extrașcolare;
- Se va elabora metodologia formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie;
- Se va elabora modelul pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese:

- Metode teoretice: analiza, sinteza, compararea și modelarea teoretică;
- Metode praxiologice: testarea și chestionarea;
- Experimentul pedagogic: a cuprins diferite tipuri de experimente, cum ar fi cele de constatare, de formare și de control;
- Observații astronomice: realizarea de observații astrometrice și fotometrice;
- Reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice;
- Metode matematico-statistice de prelucrare și analiză a datelor rezultate în urma experimentului pedagogic.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării constă în elaborarea metodologiei și a modelului pedagogic pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Problema științifică rezolvată constă în fundamentarea teoretică și metodologică a formării competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie și a vizat o serie de aspecte interconectate din domeniul științelor educației și astronomiei. Această competență este esențială în pregătirea tinerilor pentru a deveni viitori cercetători științifici.

Semnificația teoretică a cercetării constă în contribuția adusă la dezvoltarea înțelegerii asupra procesului de formare a competenței investigaționale în cadrul activităților extrașcolare de

astronomie, precum și la extinderea cunoștințelor existente în domeniul pedagogiei. Aceasta nu se limitează doar la sfera educațională, ci are implicații profunde în dezvoltarea cunoașterii umane și în pregătirea noilor generații de tineri pentru a face față provocărilor și oportunităților din domeniul astronomiei și științelor conexe.

Valoarea aplicativă a cercetării constă în furnizarea unei metodologii și a unui model pedagogic, care pot fi utilizate în practica educațională pentru a dezvolta competența investigațională a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie. Această cercetare oferă resurse practice pentru profesorii de fizică și specialiștii în domeniul educației în astronomie care doresc să îmbunătățească procesul de învățare în domeniul astronomiei.

Cercetarea contribuie la îmbunătățirea calității educației, la sprijinirea elevilor dotați, la dezvoltarea competenței investigaționale, la promovarea științei, tehnologiei și inovării în domeniul educației.

Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:

- Elaborarea și aplicarea unui Model pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, din perspectiva abordărilor constructiviste;
- Elaborarea și aplicarea Metodologiei formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie;
- Validarea experimentală a eficienței modelului pedagogic și a metodologiei elaborate.

Implementarea rezultatelor științifice s-a concretizat prin validarea experimentală a metodologiei și a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, desfășurate la Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. De asemenea, metodologia și modelul pedagogic dezvoltate au fost integrate în activitățile extrașcolare organizate la Observatorul Astronomic al Universității Tehnice a Moldovei.

Aprobarea rezultatelor cercetării. Rezultatele cercetării au fost analizate și avizate în cadrul ședințelor Comisiei de îndrumare a tezei de doctorat de la Școala Doctorală Științe ale Educației, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău.

De asemenea, principale rezultatele ale cercetării au fost publicate în următoarele reviste științifice și în materiale ale conferințelor: „Formarea competenței investigaționale a elevilor prin intermediul observațiilor astronomice la Near-Earth Asteroids”, Materialele Congresului Științific Internațional Moldo-Polono-Român: Educație – Politici – Societate, Chișinău-Cracovia, 11-13 aprilie 2022; „Instrumente utilizate în activitățile extrașcolare pentru observații astronomice”,

Conferința Științifică Studențească cu Participare Internațională, ediția LXXI-a, Chișinău, UST, Republica Moldova, 20 aprilie 2022; „Importanța competenței investigaționale în educația extrașcolară a elevilor dotați”, Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”, Ediția a III-a, dedicată a 85-a aniversare a profesorului Ilie Lupu, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2023; „Methodology of organizing astronomical observations of asteroids and comets within the extracurricular activities of students”, Revista Physics Education, 2024; „Observarea asteroizilor și a cometelor în cadrul experimentului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați”, Conferința Științifico-Practică Internațională „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”, Ediția a XI-a, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 16-17 martie 2024; „The study of variable stars within extracurricular astronomy activities”, Revista Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației), 2024; „Observarea stelelor duble: integrarea astronomiei în activitățile extrașcolare pentru elevii dotați” Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”, 2024; „Predarea astronomiei în România și în Republica Moldova: impactul acesteia asupra educației elevilor”, Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”, 2024; „Automation and research competence in extracurricular astronomy activities for gifted student”, Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 2024.

Totodată, rezultatele cercetării au fost prezentate și comunicate în cadrul următoarelor manifestări științifice publice care au avut un auditoriu de specialitate: „Activități extrașcolare de educație în astronomie”, Conferința Interdisciplinară „Science and Education”, Universitatea Danubius, Galați, 25 martie 2022; „Dezvoltarea competenței investigaționale la elevi și studenți prin intermediul observațiilor astronomice”, Sesiunea Națională de Comunicări Științifice, Ediția a XVII-a, Muzeul „Vasile Pârvan”, Bârlad, 12-14 mai 2022; „Observarea stelelor variabile o activitate extrașcolară de formare a competenței de cercetare științifică la elevi”, ASTRO 2022 – Conferința Națională și Tabăra de Astronomie, Târgoviște și Runcu Stone, 21 - 27 octombrie 2022; „Rolul activităților extrașcolare de astronomie în educația non-formală a elevilor”, Conferința de Educație Non-Formală, Ediția a I-a, Universitatea Danubius, Galați, 8 decembrie 2022; „Activități extrașcolare de astronomie online”, Sesiunea Internațională de Comunicări Științifice, Ediția a XVIII-a, Muzeul „Vasile Pârvan”, Bârlad, 19-20 mai 2023; „The role of automation in the formation of the research competence of gift students in the framework of extracurricular astronomy activities”, Conferința Internațională „Innovative Manufacturing Engineering&Energy”, Ediția a 27-a, Universitatea Tehnică a Moldovei, 12-14 octombrie 2023; „Educația extrașcolară la Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați”, Festivalul de Astronomie ASTRO-FEST 2023, Societatea

Astronomică Română de Meteori, Târgoviște, 18-21 octombrie 2023; „Dezvoltarea competenței investigaționale în cadrul activităților extrașcolare de astronomie”, Seminarul Științifico-Metodologic „Probleme actuale ale predării-învățării-evaluării fizicii în învățământul general”, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 7 martie 2024; „Contribuția competenței investigaționale la formarea elevilor dotați prin activități extrașcolare de astronomie”, Sesiunea Internațională de Comunicări Științifice, Ediția a XIX-a, Muzeul „Vasile Pârvan”, Bârlad, 10-11 mai 2024; „Predarea astronomiei pe meleagurile românești în relație cu istoricul ei”, Simpozionul „Nicolae Donici și astronomia pe meleaguri moldovene”, Academia Română, Academia de Științe a Republicii Moldova și Institutul Astronomic al Academiei Române, 11 septembrie 2024;

Publicații la tema tezei de doctor – 9 lucrări științifice ([174], [175], [176], [177], [178], [179], [181], [182], [183]).

Sumarul capitolelor tezei

În **Introducere** este subliniată importanța și actualitatea temei de cercetare prin evidențierea contextului general și a necesității de a aborda problema studiată. Această secțiune a tezei oferă o privire de ansamblu asupra stadiului actual al cunoștințelor și cercetărilor privind competența investigațională, elevii dotați, activitățile extrașcolare și învățarea prin investigație. Totodată, în introducere sunt prezentate problema cercetării, scopul și obiectivele cercetării, metodologia, noutatea și originalitatea științifică a cercetării, problema științifică rezolvată, semnificația teoretică și valoarea aplicativă a cercetării, rezultatele științifice principale, implementarea și aprobarea rezultatelor obținute.

Capitolul 1, cu titlul **Abordări teoretico-didactice privind necesitatea formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie** oferă o analiză teoretică și critică a conceptelor de competență, investigație, cercetare științifică, competență investigațională, investigație științifică, elevi dotați și activități extrașcolare. Totodată, în acest capitol este prezentată o analiză a situației privind educația în astronomie în România, Republica Moldova și în țările vecine. De asemenea, s-a analizat și rolul curiozității în învățare și cercetare, dar și importanța activităților extrașcolare în dezvoltarea competenței investigaționale la elevii dotați.

Capitolul 2, intitulat **Metodologia formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie**, este axat pe prezentarea Metodologiei formării unităților de competențe necesare investigațiilor astronomice. De asemenea, sunt descrise instrumentele folosite în observațiile astronomice necesare în cadrul activităților extrașcolare, precum și noțiuni de astronomie observațională. Tot în acest capitol sunt expuse reperetele teoretice

care au stat la baza elaborării Modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Capitolul 3, cu titlul **Validarea experimentală a modelului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie** prezintă proiectarea și implementarea experimentului pedagogic de constatare, formare și validare. În continuare, este prezentată în detaliu analiza statistică a datelor obținute în urma experimentului de constatare și validare, cu scopul de a identifica tendințele variabilelor studiate. În acest scop a fost utilizat testul chi-pătrat (χ^2) pentru a evalua validitatea și consistența rezultatelor. Pe baza acestei analize, s-a evidențiat concluziile principale ale cercetării. Aceste concluzii au confirmat eficiența modelului pedagogic și a metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

În **Concluzii generale și recomandări** sunt expuse principalele rezultate ale cercetării teoretice și experimentale obținute, care au validat ipoteza cercetării și au îndeplinit obiectivele stabilite. Pe baza acestor rezultate, au fost formulate concluziile, dar și recomandările pentru sistemul educațional, pentru cercetarea din domeniul științelor educației și pentru politicile din acest domeniu.

Cuvinte-cheie: competență investigațională, elevi dotați, activități extrașcolare, astronomie, model pedagogic de formare a competenței investigaționale, metodologia formării competenței investigaționale.

1. ABORDĂRI TEORETICO-DIDACTICE PRIVIND NECESITATEA FORMĂRII COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE A ELEVILOR DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE

1.1. Delimitări conceptuale ale noțiunii de competență investigatională

1.1.1. Conceptul de competență – delimitări conceptuale

În societatea secolului al XXI-lea, o societate caracterizată de o bogăție a informațiilor și de o extindere rapidă a cunoștințelor, un obiectiv major al educației științifice este acela de a cultiva gândirea critică și competența investigatională a elevilor [112, p. 954]. Conceptul de competență are o lungă istorie, el fiind folosit încă de acum 3000 de ani, când chinezii au început să efectueze examene pentru admiterea în serviciul public. Acum trei milenii, chinezii au ajuns să înlocuiască recomandările superiorilor din aparatul guvernamental cu verificarea competențelor și abilităților indivizilor ce doreau să activeze în administrație [10, p. 20].

Atunci când discutăm despre competențe, abilități, capacități, cunoștințe etc., trebuie să realizăm o delimitare între acești termeni. Astfel, conceptul de „abilitate”, unul extrem de important în teoriile educației, dar și în practicile educaționale, trebuie lămurit în prima fază a acestui studiu. Numeroase definiții ale educației, cât și scopurile acesteia implică, adesea, ideea dezvoltării unui set de abilități, iar discuțiile legate de politicile educaționale sunt construite în jurul conceptului de „abilitate” și a modului în care o anumită abilitate a unui elev poate fi dezvoltată. Cu alte cuvinte, abilitatea reprezintă un concept fundamental în dezbaterile despre educație și joacă un rol elementar în determinarea modului în care resursele educaționale sunt alocate sau a modului în care politicile educaționale sunt evaluate [159, p. 401].

Tammy Harel Ben Shahr [Ibidem, p. 401] susține că, deși acest concept este unul cheie în domeniul pedagogiei, el este caracterizat de ambiguitate. De exemplu, chiar dacă indivizii au multe tipuri de abilități legate de învățare, complexitatea comportamentală, cognitivă și socială a abilităților care sunt determinante pentru un succes academic este de prea puține ori apreciată. De multe ori, dezbaterile despre abilitățile elevilor se referă doar la un set restrâns de abilități cognitive. Confuzia este cauzată și de faptul că termenul de „abilitate” este folosit uneori în mod interșanjabil cu alte concepte uzitate des în literatura de specialitate, termeni precum „IQ”, „inteligență”, „talent”, „aptitudine”, „capacitate”, „potențial”, „cunoaștere”, „experiență” etc. Toți acești termeni pot avea înțelesuri diferite, în funcție de context. O altă sursă de confuzie reiese din faptul că „abilitatea elevului” reprezintă, atât o condiție prealabilă pentru învățare, cât și produsul

final al actului educațional. De asemenea, abilitățile dobândite în urma educației sunt ele însele precondiții pentru dezvoltarea unor abilități ulterioare.

Așa cum consideră Shahar [Ibidem, pp. 401-402], trebuie făcută o distincție între două moduri de a percepe abilitatea unui agent. Pe de-o parte, ea poate fi înțeleasă drept o capacitate a acestuia, ea fiind posibilitatea actuală a agentului de a întreprinde o acțiune specifică. În domeniul educațional, ne putem referi la capacitatea unui elev de a întreprinde acțiuni concrete în mediul școlar, precum citirea, scrierea sau rezolvarea unor ecuații. Tot în acest sens, ne putem referi și la abilități mai abstracte sau mai generale, cum ar fi abilitatea de a întreprinde o evaluare critică sau de a învăța singur. Aceste abilități sunt precondiții pentru învățare, dar sunt și rezultate așteptate în urma procesului educațional. Pe de altă parte, un alt sens al abilității se referă la o calitate a unui agent. Un exemplu ar putea fi o abilitate fizică. Atunci când ne referim la un elev că este apt fizic ne putem gândi la faptul că el are abilitatea de a practica un anumit sport.

Mai amintim că prin deprindere unii specialiștii înțeleg „un comportament dobândit care a atins un anumit grad de automatism, și mai degrabă în registrul conduitelor motorii decât în al celor verbale sau intelectuale” [56, p. 228]. Prin cunoștințe, specialiștii se referă la fapte, la informații și la abilități dobândite în urma unei experiențe sau a educației, dar și la înțelegerea teoretică sau practică a unei teme. Astfel, conceptul de cunoștință poate avea mai multe sensuri, în funcție de contextul în care este utilizat [147, pp. 32-33]. Totuși, cunoașterea, are mai degrabă, un caracter mental sau teoretic decât unul practic.

Capacitatea, în științele educației, este definită în primul volum al *Dicționarului praxiologic de pedagogie*, ca fiind o „însușire psiho-individuală funcțională care permite obținerea rapidă a unor performanțe medii și bune în desfășurarea unei activități practice sau mintale, cu cheltuielă energetică mică; o aptitudine împlinită, îmbogățită și consolidată, grație deprinderilor și cunoștințelor” [22, p. 176]. Creativitatea este văzută de specialiști drept „interacțiunea dintre aptitudini, proces și mediu prin care un individ sau un grup produce un produs palpabil care este atât nou, cât și util, așa cum este definit într-un context social” [184, p. 198]. Atitudinea este văzută de specialiști drept manifestarea sentimentelor pozitive sau negative ale unui individ cu privire la îndeplinirea comportamentului vizat sau ca o combinație de judecăți evaluative despre un fenomen [57, p. 745].

Competența este mai mult decât o simplă cunoștință sau o abilitate. Aceasta presupune capacitatea de a răspunde unor solicitări mai complexe, prin utilizarea și mobilizarea unor resurse psihosociale (inclusiv a unor abilități) într-un context dat. De exemplu, capacitatea de a comunica eficient este o competență care are la bază cunoștințele lingvistice ale unei persoane. Cercetătorul român Sorin Cristea consideră că „definirea competenței din perspectivă pedagogică presupune

analiza semnificațiilor fundamentale ale conceptului care sunt de natură psihologică, abordabile în sens general, comun și specific, elaborat, cu deschideri multiple spre zona educației, instruirii, proiectării educației și instruirii la nivelul sistemului și al procesului de învățământ” [44, p. 466].

În *Glosarul Cedefop* al Uniunii Europene, competențele sunt definite drept „capacitatea de a aplica în mod adecvat rezultatele învățării într-un context definit (educație, muncă, dezvoltare personală sau profesională) sau capacitatea de a folosi cunoștințele, aptitudinile și abilitățile personale, sociale și/sau metodologice, în situații de muncă sau de studiu și în dezvoltarea profesională și personală” [33, p. 47].

Aceeași definiție se regăsește și în documentele Comisiei Europene. Astfel, în raportul unui grup de experți privind noile competențe pentru noi locuri de muncă, pregătit pentru Comisia Europeană în anul 2010, regăsim aceeași definiție amintită anterior [60].

În *Cadrul de referință al curriculumului național al Republicii Moldova*, conceptul de competență este definit ca fiind „un pachet transferabil și multifuncțional de cunoștințe, capacități, deprinderi, abilități, valori și atitudini care permite individului să-și realizeze împlinirea și dezvoltarea profesională, incluziunea socială și inserția profesională în domeniul respectiv” [78, p. 18]. Pe lângă aceste cadre de referință și definiții de dicționar, constatăm că în literatura de specialitate, cercetătorii s-au aplecat de multe ori asupra definirii și înțelegerii acestui concept. Într-o opinie, de exemplu, „conceptul de competențe cuprinde cunoștințe legate de conținut, precum și modalități și mijloace de aplicare a acestor cunoștințe într-un subiect anume sau într-un context general” [144, p. 43].

Într-o altă opinie, competențele sunt „abilități cognitive sau aptitudini deținute de indivizi sau care pot fi învățate de către indivizi care le permit să rezolve anumite probleme, precum și pregătirea motivațională, volițională și socială și capacitatea de a utiliza soluțiile cu succes și responsabil în situații variabile” [86, p. 42]. Conform acestei definiții competențele nu sunt nici trăsături personale, nici un set de caracteristici generale, dar ele pot fi percepute drept cerințe specifice unui domeniu pentru a rezolva o problemă specifică și pot fi dobândite de către un individ prin învățare. De asemenea, conform acestei definiții, atunci când ne referim la competențe avem în vedere două dimensiuni: o dimensiune cognitivă și o dimensiune afectiv-motivațională. În România, Constantin Cucuș definește competențele drept „ansambluri structurate de cunoștințe și deprinderi dobândite prin învățare; acestea apar ca structuri operante cu ajutorul cărora se pot identifica și rezolva, în contexte diverse, probleme caracteristice unui anumit domeniu” [46, p. 202]. Competențele sunt de două tipuri, după cum arată acesta: *competențe generale* și *competențe specifice*. Despre primele, Constantin Cucuș scrie că „se definesc la nivelul unei discipline de studiu și se formează pe durata unui ciclu de învățământ. Ele au un grad ridicat de generalitate și

complexitate și au rolul de a orienta demersul didactic către achizițiile finale dobândite de elev prin învățare” [Ibidem, p. 202]. Despre competențele specifice, universitarul ieșean scrie că „se definesc pe obiect de studiu și se formează pe parcursul unui an școlar. Ele sunt derivate din competențele generale, reprezentând etape în dobândirea acestora. Competențelor specifice li se asociază prin programă unități de conținut” [Ibidem, p. 202].

În urma analizei acestor definiții ale competenței rezultă că aceasta este o capacitate de natură psihologică, specifică omului, de a dobândi cunoștințe, capacități, deprinderi, abilități și atitudini pentru dezvoltarea profesională și personală.

În *Dicționarul explicativ al limbii române* sensul termenului de investigație este de „cercetare, studiere minuțioasă, efectuată sistematic, cu scopul de a descoperi ceva” [211].

În literatura de specialitate, investigația este înțeleasă ca „procesul intenționat de diagnosticare a situațiilor, de formulare a problemelor, de criticare a experimentelor și de distingere a alternativelor, de planificare a investigațiilor, de cercetare a coniecturilor, de căutare de informații, de construire a modelelor, de dezbateri cu colegii folosind dovezi și reprezentări și formarea de argumente coerente” [41, p. 1].

Analizând aceste definiții, putem constata că sensul conceptului de investigație este, aproximativ, identic cu cel de cercetare, ceea ce înseamnă că competența investigațională sau competența de cercetare reprezintă, în esență, același lucru. Utilizarea diferită a acestor doi termeni trebuie făcută în funcție de contextul în care îi folosim. Problematika competenței de cercetare a preocupat atenția mai multor savanți la nivel național și internațional, unii dintre aceștia fiind: J. Dewey, G. De Landsheere, K. Lewin, C. Ulrich, V. Robinson, S. Cristea, I. Jinga, Vl. Guțu, L. Pogolșa, I. Botgros, L. Franțuzan, Teleman, Ginju, L. Sclifos, V. Gh. Cojocaru etc. [14, p. 52].

Cercetarea științifică reprezintă o formă superioară a cunoașterii, deoarece aceasta are la bază metode și principii bine definite și acceptate de întreaga comunitate științifică dintr-un anumit domeniu al științei. În acest context, se cuvine să amintim faptul că, în ultimul secol epistemologia și filosofia științei au ajuns discipline filosofice tot mai bine conturate și mai ancorate în realitatea științifică. Filosofi, precum T. S. Kuhn, K. R. Popper, C. S. Peirce, S. J. Gould, W. V. Quine, A. N. Whitehead au marcat în mod profund paradigma modernă de a întreprinde o cercetare științifică. Totuși, nu trebuie să îi ignorăm nici pe filosofii empiriști, precum R. Bacon, G. Berkeley, D. Hume, J. Locke, și nici pe cei raționaliști, precum R. Descartes, B. Spinoza sau G. W. Leibniz, toți aceștia contribuind, prin munca lor, la evoluția științei și a modului de a face cercetare, dar, de asemenea ei au oferit și o explicație a structurii interne a gândirii științifice și a ideilor științifice [81, p. 3].

Cercetarea este înțeleasă ca „munca creativă și sistematică întreprinsă pentru a crește nivelul de cunoștințe și pentru a elabora noi aplicații ale cunoștințelor deja disponibile” [70, p. 4].

Prin cercetare se vizează atingerea unei cunoașteri noi într-un domeniu și ea este puternic determinată sau stimulată de curiozitatea umană. Dorința de a depăși granițele actuale ale cunoașterii reprezintă o motivație intrinsecă și ea este specifică naturii omului. Această dorință este cea care l-a ajutat pe om să poată stăpâni lumea. Dar, acest lucru nu a fost determinat doar de o simplă curiozitate ci și de faptul că oamenii au constatat că cercetarea și descoperirile sunt elementele care au generat progresul societății umane, așa cum amintește Ghezzi. Revoluția științifică a luat naștere acum câteva secole, prin munca unor gânditori precum F. Bacon, R. Descartes, G. Galilei, G. Bruno, N. Copernicus, ca să enumerăm doar câteva mari personalități

Eforturile lor intelectuale au schimbat în mod semnificativ ceea ce era considerat înainte de ei știință și au conturat paradigma actuală de a percepe știința. După cum notează unii specialiști, viziunea modernă asupra științei diferă de modelul anterior, atât cât poate fi el numit știință, prin trei aspecte fundamentale [23, pp. 115-116]:

- Dispoziția de a recunoaște ignoranța;
- Punerea unui accent pe observație și pe date exacte, măsurabile;
- Interesul de a transforma cunoașterea în putere.

Savanții au dezvoltat noi metode de investigație științifică și nu s-au mai bazat pe dogmele impuse de Biserică, ci pe datele care decurg în urma unei observații directe asupra unui obiect sau a unui fenomen, au realizat raționamente și și-au pus întrebări. Începând cu Empirismul, curent filosofic, cunoașterea lumii a avut la bază observația, emiterea de ipoteze, realizarea experimentelor controlate și analizarea datelor obținute. Alături de progresele tehnologice, noile metode de cercetare au condus la numeroase rezultate pozitive pentru progresul omenirii. De exemplu, după ce în secolul al XVII-lea olandezul Z. Jansen a inventat microscopul, s-a ajuns și la descoperirea microorganismelor, tot prin aceeași epocă, prin eforturile lui R. Hooke și A. van Leeuwenhoek. Vedem, așadar, cât de importante sunt metoda, tehnologia și educația pentru înțelegerea lumii. Totuși, trebuie să amintim că există multe tipuri de cercetare științifică, care diferă de la un domeniu de cercetare la altul. Cercetările pot fi cantitative sau calitative, mixte sau explicative.

Clasificarea depinde de metoda de cercetare, de tehnicile prin care este întreprinsă cercetarea, de modul de colectare a datelor și, în definitiv, de problema cercetării. De exemplu, în științele socio-umane se poate apela la o metodă calitativă, pe când în științele exacte se apelează, de regulă, la metode de cercetare cantitative. Având în vedere toate aceste informații, putem susține că, prin competență de cercetare științifică, trebuie să ne referim la un set de cunoștințe care pot fi transferate și aplicate într-un domeniu științific, dar, de asemenea, ea presupune, în mod necesar, și un set de capacități, deprinderi și abilități care permit utilizarea metodelor caracteristice

cercetării științifice, la care se adaugă și valorile și atitudinile științifice, toate acestea fiind condițiile pe care trebuie să le îndeplinească un individ pentru a putea descoperi noi adevăruri.

Pe parcursul lecțiilor de științe, profesorii au posibilitatea de a încuraja elevii să gândească și să acționeze ca niște mici cercetători. În acest context competența de investigare științifică în cadrul lecțiilor de chimie, biologie și fizică implică desfășurarea unor activități deliberate care au ca scop explorarea, reproducerea și reconstrucția unor fenomene și procese din lumea reală, abordându-le dintr-o perspectivă biologică, fizică și chimică, pentru a dezvălui noi cunoștințe [66, p. 46].

Competența investigațională este fundamentală pentru desfășurarea cercetării științifice și poate avea un rol important în educația elevilor. În domeniul astronomiei observaționale competența investigațională reprezintă o competență specifică a unui individ de a aplica metode și de a utiliza instrumente de observație astronomică pentru a colecta și analiza date despre corpurile cerești și fenomenele cosmice. Aceasta implică cunoștințe, capacități, deprinderi și abilități de operare a telescoapelor și altor echipamente de observare. Competența cuprinde curiozitatea științifică, rigoarea metodologică, abilități analitice și creativitate în interpretarea datelor științifice, precum și prezentarea cercetărilor în domeniul astronomiei [177, p. 111].

Dintr-o altă perspectivă, competența investigațională constă în abilitatea și capacitatea elevului de a integra informații din diverse discipline, permițându-i să interpreteze, să analizeze, să formuleze opinii personale și să folosească informațiile pentru a rezolva probleme specifice.

Pentru a dezvolta această competență, profesorul trebuie să trezească curiozitatea elevilor, să aleagă conținuturi adecvate, să încurajeze exprimarea și argumentarea opiniilor și să faciliteze prezentarea informațiilor către colegi, susținând colaborarea și munca în echipă [88, p. 293].

Competența investigațională se dezvoltă la elevi prin procese de învățare, cercetare și explorare. În cadrul activităților extrașcolare de observație astronomică, competența investigațională poate fi descrisă ca un set de cunoștințe transferabile din domeniul astrometriei și fotometriei, deprinderi, capacități și abilități practice în utilizarea echipamentelor de observație astronomică, precum și atitudini ce reflectă interesul și curiozitatea pentru cercetarea științifică.

Dezvoltarea acestei competențe la elevi prin activități extrașcolare se bazează pe transdisciplinaritate, integrând cunoștințe din fizică, matematică, astronomie și tehnologia informației. Aceste activități extrașcolare pot stimula pasiunea elevilor pentru astronomie, iar învățarea prin descoperire, în acest context, sporește curiozitatea științifică, motivând elevii să exploreze și alte corpuri cerești [174, p. 235].

În urma examinării aprofundate a conceptelor de competență, investigație, cercetare științifică și competență investigațională din diverse perspective pedagogice și filozofice, s-a reușit

evidențierea faptului că toate aceste concepte sunt fundamentale pentru a înțelege procesul de investigație. Analiza integrală, prezentată anterior, a permis o nouă abordare din care poate fi definită competența investigațională. Aceasta este un ansamblul de cunoștințe, capacități, deprinderi, abilități și atitudini care permit unui individ să exploreze sistematic un fenomen, să colecteze și să analizeze date relevante și să obțină concluzii bine argumentate.

1.1.2. Teoria constructivistă a învățării și metodele sale

Unul dintre scopurile majore ale educației actuale este formarea copiilor în diverse discipline științifice [199, p. 192]. Aceste scopuri derivă din caracteristicile societății moderne, care se confruntă cu un flux vast de informații și o expansiune accelerată a cunoștințelor. Din această cauză un obiectiv fundamental al educației este dezvoltarea gândirii critice și a competenței investigaționale în rândul elevilor [112, p. 954]. Acest lucru a fost remarcat și de alți cercetători, care au evidențiat faptul că evoluțiile de astăzi, în toate domeniile științifice și în tehnologie au determinat o schimbare de paradigmă în domeniul educației și, din acest motiv, instrumentele și echipamentele utilizate în instituțiile de învățământ au trebuit să fie schimbate. În prezent, a devenit aproape indispensabil ca instituțiile de învățământ să procure și să utilizeze tehnică nouă, pentru a fi capabile să furnizeze elevilor și studenților acces la ultimele tehnologii. Această evoluție ar putea fi denumită „o schimbare de paradigmă”, dacă ar fi să folosim cuvintele lui T. S. Kuhn [108, p. 176]. Așa cum bine sintetizează Nezhik Önal și Nagihan Tanik Önal, după Kuhn, o schimbare de paradigmă este rezultatul faptelor concrete care dovedesc că punctul de vedere tradițional este depășit [128, p. 4574]. Într-adevăr, Kuhn vorbește, în lucrările sale, despre știința care trebuie să se schimbe în funcție de lumea aflată într-o continuă mișcare, dar analogia este potrivită și pentru contextul cercetării noastre.

Așadar, dezvoltarea învățământului, a științelor și a meseriilor trebuie să implice o reevaluare a modalităților de formare a dascălilor, dar și de schimbare a modelelor de predare și învățare. Accentul trebuie să se pună pe integrarea învățământului cu activități de cercetare. Antrenarea profesorilor, a elevilor și a studenților în „procese investigaționale contribuie la formarea de noi competențe profesionale, la excluderea discrepanțelor dintre conținutul predat și nivelul cercetărilor realizate în domeniile respective, la orientarea procesului de învățământ spre valorile științei la nivel global” [171, p. 54].

Procesul didactic modern trebuie să se realizeze în așa manieră încât să îl poată motiva pe elev, pentru ca el să exploreze lumea din jurul său, prin întreprinderea unor sarcini care comportă un caracter problematizat, care au rolul de a pune în valoare experiența de învățare a elevului din trecut și de a completa experiența sa cu informații noi și utile, printr-o acțiune individuală prin care se învață prin descoperire, prin investigație sau prin rezolvarea problemelor.

În cazul învățării prin descoperire sau al învățării prin investigație, procesul de cercetare al elevului implică mai multe aspecte, printre care abilitățile sale cognitive sau gândirea critică, însă nu fără a se avea la baza procesului principiile și metodele cunoașterii științifice. Este necesar ca elevul să fie provocat să cerceteze diferite teme științifice și, pentru aceasta, un rol important îl are cadrul didactic care trebuie să creeze un climat educațional stimulator pentru ca elevul să își dorească să atingă un nivel de cunoaștere științifică în mod independent, fiind doar ajutat sau ghidat de către profesor [8, p. 45].

Aceste elemente, cum ar fi contextul educațional, abilitățile elevului sau cunoașterea științifică sunt cele care modelează în mod direct comportamentul de cercetare științifică și curiozitatea elevului și vor dezvolta competențele sale investigaționale de cercetare științifică în unitatea de învățământ pe care o frecventează. Elementele acestea sunt foarte importante indiferent de forma de învățământ urmată. Cu alte cuvinte, dezvoltarea competenței de cercetare a unui copil sau a unui tânăr începe în cadrul școlii primare, continuă cu cea gimnazială și cu liceul și se dezvoltă și mai mult în mediul universitar. Dezvoltarea competenței investigaționale sau de cercetare asigură tânărului o continuitate a procesului educațional.

Din câte se poate remarca, o cercetare științifică nu are loc doar într-un mediul universitar, într-un laborator științific de renume și doar de către cercetători științifici. O cercetare științifică poate fi realizată și în cadrul instituțiilor de învățământ preuniversitar, unde cercetarea este condusă de către profesori și este orientată pentru a li se dezvolta competențele celor care frecventează cursurile respective. În cadrul procesului de învățare elevul lucrează cu termeni specifici de ordin științific și, cu timpul, învață să utilizeze limbajul de specialitate specific disciplinei de studiu, dezvoltă o gândire critică și științifică, operează experimente, verifică teorii și devine capabil să conceapă argumente științifice cu privire la fenomenele studiate.

În comparație cu metodele tradiționale de predare, pedagogia constructivistă a devenit un model din ce în ce mai popular și mai apreciat. Unul dintre motivele pentru care metoda este tot mai populară constă în faptul că aceasta oferă elevilor mult mai multă interacțiune socială și o stimulare cognitivă mai mare și îi implică mai mult pe elevi în grupuri care sunt caracterizate de colaborare și cooperare [200, p. 35]. Premisa de bază, de la care pornește teoria constructivistă este aceea că oamenii învață în situația în care ei au câștigat o anumită experiență din ceea ce învață, cu alte cuvinte, indivizii își construiesc un sens despre lumea din jur în urma unei experiențe. Teoria constructivistă își trage originea din mai multe elemente ale teoriei dezvoltării cognitive a lui Piaget [135] și din teoria structuralistă a lui Vygotsky [191].

În abordarea constructivistă a învățării, cercetarea și căutarea sunt elemente esențiale în tot acest proces. Ideea de bază a constructivismului constă în faptul că persoanele care învață ajung

să-și clădească o cunoaștere nouă în baza cunoștințelor dobândite anterior și acest lucru se realizează în urma unor experimente și a unor reflecții față de experiențele realizate. În învățarea constructivistă, mai importantă este construcția decât recepționarea unor informații. Prin intermediul învățării constructiviste, elevul ajunge să devină conștient față de achizițiile informaționale pe care și le clădește în urma interogărilor, a căutărilor și a descoperirilor la care a ajuns chiar el. Faptul că elevul se implică în procesul de cunoaștere determină o serie de înțelegeri personale și foarte active [119, pp. 73-74].

Așadar, teoria constructivistă a învățării percepe actul educațional drept un proces de învățare prin cercetare, unde între învățare și cercetare există un punct comun, și acela este cel al cunoașterii științifice. Elevul nu are rolul de a călca strict pe pașii unui cercetător, ci el este cel care inițiază metodologia și procesul unei cercetări, el prezintă rezultatele studiului său pentru a înțelege în mod științific realitatea supusă observației.

Studiile au evidențiat rezultatele pozitive pe care le au elevii care sunt incluși în programe educaționale unde este aplicată pedagogia constructivistă. De exemplu, Adak a realizat un studiu în anul 2017 și a ajuns la concluzia că elevii care au avut parte de o abordare constructivistă „au avut rezultate semnificativ mai mari decât cei expuși metodei tradiționale de predare în ceea ce privește scorurile obținute la fiecare nivel de inteligență” [3, p. 1074]. Cercetări similare au fost realizate și de alți cercetători care au evidențiat aceleași rezultate pozitive, cum este cazul lui Neutzling, Pratt și Parker, care observă că elevii se bucură și apreciază natura practică a orelor de curs și feedback-ul rapid primit de la profesori. Dar, stabilirea unor relații personale și semnificative între profesori și elevi a fost esențială, chiar necesară, pentru ca elevii să se simtă confortabil să pună întrebări colegilor sau profesorilor [123, p. 772].

Astfel, învățarea prin descoperire sau prin investigație științifică reprezintă abordări ale actului predării și învățării prin care elevilor li se oferă oportunitatea de a investiga o anumită problemă științifică, de a căuta posibile soluții la problema respectivă, de a testa idei, de a face observații, de a pune întrebări, de a gândi într-o manieră creativă și de a-și folosi intuiția.

Investigația este un proces complex, deoarece ea îi face pe elevi să realizeze numeroase conexiuni între datele care decurg dintr-un experiment, spre exemplu. De asemenea, ei trebuie să aibă capacitatea de a comunica cunoștințele abia dobândite într-un mod logic și bine argumentat. Un asemenea proces este provocator și îl solicită pe profesor să joace un rol activ în demersul său de a-i ajuta pe elevi să învețe cum să realizeze fiecare etapă din investigația pe care o derulează [71, pp. 2-3].

Pentru a putea înțelege mai bine ce rol are investigația în procesul educațional, putem apela la o remarcă realizată de filosoful și psihologul american John Dewey, care face o descriere a

diferenței dintre o hartă și o călătorie. Dewey afirmă că o hartă nu ia locul unei călătorii într-o anumită zonă. Se pot învăța multe din studiul unei hărți, dar se pot învăța și mai multe atunci când se face o călătorie. Grant, Swan și Lee preiau argumentul lui Dewey pentru a justifica valoarea unei investigații directe în procesul educațional. Autorii mai notează că în școlile occidentale și mai ales în cele americane s-a recurs la modelul prin care informațiile sunt furnizate prin intermediul unei hărți și mai puțin prin metodele care implică o așa-zisă călătorie caracterizată de investigație. Pentru istorici este destul de dificil de identificat momentul în care oportunitățile de învățare prin investigație au pătruns în școli. Totuși, investigația, ca metodă de predare, i-a preocupat pentru mult timp pe dascăli. John Dewey, arată Grant, Swan și Lee, a fost unul dintre primii promotori ai acestei idei. Filosoful a opinat faptul că problemele care urmează să fie studiate trebuie să îi implice pe elevi, să aibă legătură cu experiențele lor și cu capacitățile lor intelectuale.

În felul acesta elevii învață în mod activ, în tot demersul lor de a găsi răspunsuri [73, p. 13]. În acest context, se cuvine să realizăm o distincție între cunoaștere și înțelegere. Cunoașterea se referă, în general, la fapte și la lucruri care pot fi observate în mod direct, iar înțelegerea este legată de conferirea unui sens lucrurilor din mediul înconjurător și înțelegerea lor.

În termeni educaționali, există o delimitare între aceste două concepte. Atunci când elevii ajung să înțeleagă un concept, ei pot [121, p. 3]:

- să gândească cu ajutorul lui;
- să îl utilizeze în alte domenii decât cel în care ei l-au învățat;
- să îl exprime în propriile cuvinte;
- să găsească o analogie sau o metaforă pentru el;
- să construiască un model mental sau fizic al acestuia.

Cu alte cuvinte, după ce înțeleg un concept, elevii și-l asumă și el devine un instrument care poate fi folosit în diferite aspecte ale vieții sau în diferite aspecte care țin de educație. Este mult mai ușor pentru un elev să utilizeze un concept pe care l-au înțeles pe deplin, decât dacă ei l-ar învăța fără să construiască în mintea lor conexiuni. Una dintre provocările cu care se confruntă un profesor care aplică această metodă pedagogică rezidă în prejudecată că ei dețin deja toate instrumentele necesare pentru a întreprinde o investigație științifică. Mulți profesori, adesea, consideră că ei derulează o investigație științifică prin aceea că ei pur și simplu se află în fața clasei și dirijează o investigație sau demonstrează elevilor cum se face una. Dar, așa cum notează specialiștii, aceasta nu este o investigație științifică.

Investigația științifică presupune ca profesorul să fie capabil să trezească interesul elevilor pentru un anumit subiect și apoi să le ofere oportunitatea de a prelua ei investigația științifică, fie

singuri sau, de preferat, împreună cu colegii. Acest lucru nu înseamnă că profesorul trebuie să se sustragă din tot acest proces, el trebuie să rămână activ în cadrul lecției, să îi ghideze pe elevi, să le pună întrebări care să-i ajute pe aceștia să-și întărească cunoștințele, să le ofere un feedback atunci când este cazul pentru ca ei să realizeze că se află pe o linie a progresului [71, p. 18].

1.1.3. Strategii de promovare competenței investigaționale ale elevilor

Elevii ajung în școală cu un set de idei despre felul în care funcționează știința, dar lecțiile care îi învață pe aceștia să înțeleagă știința și fenomenele naturale printr-un proces educațional le pot întări sau le pot schimba ideile cu care au intrat în școală și, mai mult decât atât, îi pot învăța să abordeze lumea fenomenelor prin instrumente științifice și prin mecanisme logice, gândire critică etc. Lecțiile de științe trebuie să fie organizate în funcție de anumite concepte științifice centrale, în cadrul cărora elevii se implică în experimente pentru a conferi un sens fenomenelor științifice supuse observării. Pentru a întări procesul de învățare, specialiștii consideră că trebuie să se apeleze la experimente și investigații care stimulează gândirea elevilor și este rolul dascălilor de a încuraja elevii să gândească și să-și exprime ideile, apelându-se la modelări, la scheme, la inducție și deducție, la discuții în cadrul clasei și, nu în ultimul rând, la angajarea lor în dezbateri și argumentări pornind de la datele care reies în urma unui experiment sau a unei investigații științifice.

Implicarea într-un proces de descoperire sau de investigație științifică este foarte importantă în dezvoltarea elevilor, dar ea nu se realizează mereu cu foarte mare ușurință. Din păcate, nu există o metodă rapidă de alfabetizare științifică. Elevii pot rata momente cheie atunci când întreprind o anchetă științifică. Spre exemplu, abilitatea de a expune colegilor dovezile științifice legate de un fenomen poate să nu fie una foarte dezvoltată la început. De asemenea, formularea concluziilor poate să nu fie foarte ușor de realizat pentru mulți elevi și, astfel, ei nu pot să elaboreze un dialog constructiv cu colegii. Astfel, este esențial ca dascălii să dezvolte metode de predare bazate pe investigație care să promoveze, într-un mod eficient, competența investigațională științifică a elevilor [112, p. 955]. Cu toate că aceste nevoi sunt unanim recunoscute de specialiști, stabilirea practicilor esențiale în activitățile de învățare bazate pe investigație rămân, totuși, destul de incerte sau neclare, așa cum remarcă unii specialiști [172, p. 282].

Cu toate neajunsurile, după alți specialiști, unele aspecte sunt deja bine lămurite în literatura de specialitate și ele își arată efectul pozitiv asupra dezvoltării competențelor investigaționale ale elevilor. Astfel, cercetători precum Maia Șevciuc consideră că antrenarea elevilor și a studenților într-o cercetare științifică și stimularea interesului lor pentru investigația

științifică și, de asemenea, pentru dezvoltarea potențialului lor creativ presupune următoarele aspecte [171, p. 57]:

- îmbogățirea cunoașterii științifice, proces care are loc atunci când elevii sau studenții sunt puși în situația de a experimenta procese și experiențe științifice în mod practic, procese care presupun folosirea unor metode și mijloace de explorare, de investigație și de redescoperire a unor fenomene, toate acestea încurajând deprinderea elevilor sau a studenților de a învăța prin intermediul investigației;
- îmbogățirea sau consolidarea competenței de a ajunge la cunoștințe noi prin mijlocirea propriilor acțiuni, fapt ce semnifică un fel de transformare a observatorilor, în acest caz – a elevilor și a studenților, din simpli consumatori de informații în generatori ai propriilor cunoștințe; în acest fel, se produce o metamorfoză în individul care participă în procesul de cercetare. Este important ca profesorul sau îndrumătorul să fie interesat mai mult să-i învețe pe aceștia să gândească conform rigurilor științifice. Elevii și studenții devin actori în procesul descoperirii științifice și ei pun întrebări, stabilesc soluții, acționează conștient în investigația lor și participă atât efectiv în cercetare, cât și afectiv;
- consolidarea unei culturi științifice care se realizează prin întemeierea unei relații intim consolidate între cunoștințele fundamentale dobândite în unitatea de învățământ cu cele construite și consolidate prin propriile demersuri. În acest caz se produce o mutație dinspre simpla memorizare și reproducere a unor concluzii sau descoperiri științifice realizate de savanți spre o investigație practică, autonomă, capabilă să genereze informații;
- dezvoltarea competențelor și asimilarea unor mijloace de investigație și de exprimare a informațiilor. Elevii sunt antrenați să folosească metode de investigație deductivă, inductivă și alte strategii de învățare și de investigație, care pot fi utilizate pe cont propriu, după însușirea lor;
- dezvoltarea interesului copiilor sau a studenților pentru știință și dezvoltarea unor capacități cognitive superioare, precum imaginația constructivă, gândirea divergentă sau gândirea convergentă, dezvoltarea capacității de explorare și a celei de furnizare de ipoteze sau de verificare a lor față de cauza unui fenomen sau a relațiilor dintre fenomenele din lumea naturală, capacități rezolutive sau creșterea gradului de generalizare, de identificare a principiilor care guvernează lumea înconjurătoare și capacitatea de a aplica asemenea informații la situații de ordin particular.

Într-o școală modernă, chiar de la început, un elev trebuie să fie învățat să facă afirmații, să culegă informații sau date, să stabilească care sunt dovezile care stau la baza argumentelor sale, să stabilească argumente și explicații [42, p. 23].

Pentru a putea realiza o investigație științifică, un elev trebuie să aibă dezvoltate mai multe abilități. În literatura de specialitate se arată că abilitățile necesare pentru a întreprinde o investigație științifică sunt aptitudinile care reprezintă baza cunoașterii științifice. Astfel, investigația științifică și cunoașterea conceptuală în domeniul științelor sunt elemente puternic interconectate. Cu timpul și cu ajutorul sau ghidajul profesorilor sau a unor specialiști, elevii pot să-și dezvolte aptitudinile necesare pentru a putea întreprinde o investigație științifică. Specialiștii consideră că principalele abilități ale elevilor de realizare a unei investigații științifice sunt [Ibidem, pp. 34-35]:

- *Formularea întrebărilor* – în școala generală, la orele de științe, întrebările ar trebuie să fie puse în urma experiențelor și a activităților pe care le-au avut de-a lungul timpului elevii. Copiii au nevoie de mult timp pentru a putea privi și pentru a analiza ceea ce se întâmplă în lumea din jurul lor. Spre exemplu, ei au nevoie de timp pentru a observa și pentru a compara frunzele unor copaci, pentru a analiza vietățile din pământ, pentru a studia modul în care furnicile își construiesc mușuroaiele sau pentru a descoperi schimbările vremii sau a felului în care aerul cald se comportă într-un mod diferit față de aerul rece. Lumea înconjurătoare, mai ales pentru un copil, oferă experiențe foarte accesibile, dar uimitoare în același timp, și ele tind să genereze elevilor un interes față de lumea fenomenelor și, nu în ultimă instanță, îi face să-și pună întrebări;
- *Planificarea și derularea investigațiilor* – atunci când întreprind o investigație științifică, copiii strâng dovezi pentru a răspunde la întrebările pe care și le-au pus în prealabil. În cercetările lor, elevii analizează felul în care sunt lucrurile sau cum funcționează un sistem, colectează diferite specii din regnul animal sau vegetal pentru a le analiza sau realizează experimente;
- *Strângerea și analizarea datelor* – în timp ce elevii derulează o investigație, ei fac apel la instrumente simple, precum termometre, lupe sau rigle și pun în practică aptitudini relativ simple, cum ar fi observația, măsurarea, înregistrarea datelor, realizarea unor scheme, inferența și predicția;
- *Dezvoltarea unei baze de date și/sau găsirea explicațiilor în baza dovezilor* – în timp ce elevii își construiesc diferite explicații pentru întrebările pe care și le-au pus, ei reflectează asupra dovezilor pe care le-au obținut în urma analizelor și suprapun datele colectate pe informațiile dobândite deja sau chiar dezvoltă o cunoaștere științifică nouă

pentru a-și întări modul de gândire. Cei mai mulți copii au teorii proprii și explicații personale cu privire la evenimentele, obiectele sau organismele din mediul înconjurător și, din acest motiv, ei au nevoie de ghidajul unui profesor pentru a-și putea construi explicații în mod științific;

- *Transmiterea rezultatelor investigației* – în timpul procesului investigațional, elevii sunt angajați în discuții cu alți colegi sau cu profesorii lor legate de întrebările pe care le au, despre investigația în sine, despre descoperirile lor și despre explicațiile pe care le propun. Specialiștii recomandă ca elevii să apeleze la mai multe tehnici sau metode de a comunica aceste lucruri, și anume prin dialog, scriere, desene și schițe, toate acestea pentru a reprezenta și a comunica procedurile pe care le-au urmat, observațiile și datele colectate sau explicațiile pentru fenomene.

Terry L. Contant și colaboratorii observă că știința și ingineria sunt intim conectate, dar ele au scopuri diferite. Ei notează că tehnologia este un produs al gândirii ingineresti. Scopul științei este acela de a explica lumea naturală, pe când scopul ingineriei este de a rezolva probleme pentru a satisface nevoile oamenilor. De asemenea, poate fi trasată o paralelă între cele cinci abilități necesare pentru a întreprinde o investigație științifică și abilitățile necesare pentru a ajunge la proiectarea unui produs sau a unei soluții ingineresti. În prima etapă, avem identificarea problemei, apoi urmează proiectarea abordării, urmată de implementarea soluției, evaluarea soluției și, în cea de-a cincea etapă, comunicarea problemei, proiectarea și prezentarea soluției celorlalți. În funcție de curriculum, elevii pot să urmeze și acest ciclu al modelului ingineresc, prin care ei observă, măsoară, inferează, propun ipoteze și predicții, realizează experimente și aplică cunoștințele științifice pe care le au [Ibidem, p. 39].

În literatura de specialitate se mai vorbește și despre cooperarea elevilor în procesul de învățare. Este important pentru ei să lucreze împreună și să asculte ideile colegilor, să încerce să înțeleagă perspectivele celorlalți colegi, dar și să sugereze explicații alternative pentru un fenomen dezbătut sau studiat și să lucreze împreună într-un mod constructiv. Când are loc o cooperare în activitatea de învățare, elevii se angajează într-un dialog care îi încurajează să coopereze într-un mod constructiv, dar și critic față de alte idei sau perspective. Făcând acest lucru, elevii învață cum funcționează o comunitate științifică, ei învață că, pentru a ajunge la adevăr, este nevoie de colaborare și, în cele din urmă, de o căutare comună a adevărului [65, pp. 152-153].

Dat fiind faptul că, prin cooperare, se întăresc asemenea aptitudini, specialiștii consideră că următoarele metode îi pot ajuta pe elevi să lucreze și mai bine împreună [71, pp. 11-12]:

- *Realizarea de brainstorming cu colegii;*
- *Organizarea unor activități de grup;*

- *Ascultarea și rememorarea* – în cadrul unor activități de grup, un elev expune ideile pe care tocmai le-a învățat, iar ceilalți îl ascultă. Aceștia din urmă încearcă să pună întrebări pentru a-și clarifica anumite concepte sau pentru a rememora ceea ce tocmai au învățat.

În cazul unui elev supradotat, profesorii pot apela la un conținut educațional diferențiat care poate fi adăugat experiențelor de învățare de zi cu zi și acesta poate fi implementat prin următoarele strategii [74, p. 142]:

- Se angajează în conversații mai complexe cu copiii;
- Discută cu elevii într-un limbaj care include un vocabular avansat și termeni tehnici;
- Sprijină elevii în toate domeniile în care ei sunt dezvoltați;
- Țin cont de faptul că fiecare elev va avea parte, în dezvoltarea sa, de o cale unică de dezvoltare și de învățare; elevii pot uneori să progreseze foarte rapid, alte ori pot stagna sau chiar pot cunoaște un regres.

Aceste elemente contribuie la dezvoltarea competențelor investigaționale ale elevilor. De asemenea, practica de laborator în cadrul unui curriculum reprezintă un element foarte important care face legătura între înțelegerea teoretică a unui fenomen și dezvoltarea aptitudinilor practice.

Experimentele pot include atât procese fundamentale științifice, cât și punerea în practică a unor procese mai avansate care sunt relevante în domeniul respectiv. Cercetările arată că experimentele de laborator îi ajută pe elevi și pe studenți să-și dezvolte aptitudinile cognitive și cele experimentale sau investigaționale. De asemenea, experimentele de laborator îi ajută pe elevi sau pe studenți să se dezvolte în practica înregistrării datelor observate, a interpretării și a analizei lor [94, p. 581].

Alți specialiști au evaluat mai multe cercetări realizate pe elevi și au realizat un sumar al principalelor beneficii pe care le au elevii care derulează investigații în activități de laborator.

Astfel, Terkowsky și colaboratorii arată că activitățile din laborator îi ajută pe elevi [185, pp. 937-938]:

- să își construiască propria înțelegere a conceptelor științifice;
- să construiască scheme și să rezolve probleme;
- să pună în practică știința asemenea oamenilor de știință;
- să dezvolte o gândire critică;
- să dezvolte abilitățile de luare a deciziilor;
- să dezvolte o atitudine pozitivă față de știință;
- să dezvolte, într-o manieră creativă, propriile întrebări de cercetare.

Cu toate aceste avantaje, din păcate, materialele, strategiile de predare și exercițiile de laborator sunt încă centrate pe metodele tradiționale din ultimele decenii, după cum remarcă autorii amintiți. Din acest motiv este necesară o schimbare a paradigmei educaționale, o acceptare a noilor realități și o încurajare a elevilor de a se implica în munca de laborator pentru a-și dezvolta competențele investigaționale și nu numai.

1.2. Analiza situației privind educația în astronomie în spațiul românesc și peste hotare

1.2.1. Analiza situației privind educația în astronomie în România și Republica Moldova

În România, educația formală în domeniul astronomiei nu este oferită ca un curs specializat la nivel școlar. Cu toate acestea, în trecut, astronomia a fost predată la nivelul liceului, utilizând diverse manuale pentru instruire. În prezent, cunoștințele referitoare la astronomie sunt integrate în programa școlară în cadrul orelor de geografie, matematică și fizică, de la nivelul învățământului primar până la cel liceal. Educația în domeniul astronomiei din România este facilitată în principal prin activități non-formale, extrașcolare.

Noțiuni despre Pământ, Soare și Sistemul Solar sunt studiate în România la disciplina Științele ale naturii în clasa a IV-a și la disciplina Geografie în clasa a V-a. La gimnaziu, în cadrul orelor de Fizică din clasa a VI-a se studiază producerea eclipselor, iar în clasa a IX-a, la disciplina Geografie, sunt explorate teme legate de Sistemul Solar, Universul și evoluția lui [182, p.148]. În anul școlar 2022 – 2023, Ministerul Educației din România a introdus o nouă disciplină opțională în clasele primare, intitulată „Start în aventura cunoașterii Universului”. Programa pentru această disciplină care poate fi inclusă în curriculum la decizia școlii, se poate implementa pe parcursul a doi ani școlari, unul la alegere din primii trei ani de învățământ primar (clasa pregătitoare – clasa a II-a), iar al doilea la alegere în ultimii doi ani (a III-a sau a IV-a) [118].

Activitățile extrașcolare de astronomie în România sunt predominant desfășurate în cadrul planetariilor, observatoarelor astronomice publice, cluburilor și asociațiilor de astronomi amatori [230]. În București, la Palatul Național al Copiilor și la Observatorul Astronomic „Vasile Urseanu”, sunt organizate cursuri și observații astronomice, la care participă, atât elevi, cât și alte persoane interesate de această disciplină. În România, există mai multe planetarii și observatoare astronomice publice, funcționând în cadrul instituțiilor muzeale, precum Complexul Muzeal de Științe ale Naturii din Constanța, Muzeul Județean Argeș din Pitești, care găzduiește primul planetariu digital din România, sau Muzeul Olteniei Craiova. De asemenea, Grădina Zoologică Brașov este gazda celui mai mare planetariu public din România, iar Muzeul de Științe Astronomice Baia Mare a inaugurat în 1969 primul planetariu public din țară. Complexul Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați deține cel mai mare observator astronomic public

și educațional din România, iar alte instituții precum Muzeul „Vasile Pârvan” Bârlad sau Complexul Muzeal de Științele Naturii „Ion Borcea” din Bacău, oferă, de asemenea, activități extrașcolare de astronomie în cadrul unor programe educaționale, tip școli de vară sau tabere de astronomie. În plus, în România există planetarii care funcționează în cadrul unor universități, precum Universitatea din București, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași sau Universitatea de Vest din Timișoara, acestea fiind utilizate, în principal, ca instrument didactic pentru studenții facultăților de matematică. În anumite condiții, aceste planetarii pot fi vizitate și de către elevi și pasionați de astronomie.

La Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava există un planetariu și un observator astronomic public, care servește ca loc pentru activități extrașcolare de astronomie. La Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca, există un observator astronomic care este utilizat ca instrument didactic pentru cursuri de astronomie pentru studenții de la Facultatea de Matematică și Informatică și din Facultatea de Fizică. Din anul 2008, observatorul a devenit, de asemenea, un loc pentru activități de educație în astronomie pentru publicul larg [237].

În România, educația în astronomie este oferită nu numai de instituțiile statului, ci și de organizațiile neguvernamentale (ONG-urile) precum Societatea Astronomică Română de Meteori, Astroclubul București, Asociația Astronomică Sirius din Bârlad, Societatea Română Pentru Astronomie Culturală etc.

În Republica Moldova, introducerea în astronomie începe încă de la grădiniță, prin programe precum „Recunoașterea unor corpuri cerești”, pentru copii între 3-5 ani și „Identificarea și descrierea corpurilor cerești”, pentru copii între 5-7 ani. În școlile primare, sunt incluse la disciplina Științe, în clasa a II-a, 5 ore pentru studierea corpurilor cerești, la disciplina Geografie, în clasa a V-a se studiază mișcările Pământului în jurul axei sale și în jurul Soarelui, la disciplina Fizică, în clasa a VI-a există o oră pentru studierea eclipselor de Soare și de Lună [182, pp.148-149]. În clasa a XII-a sunt 20 de ore pentru capitolul „Elemente de astronomie” din manualul Fizică. Astronomie [25].

La Universitatea Tehnică a Moldovei (UTM), Observatorul Astronomic și Planetariul reprezintă o resursă importantă de educație și divertisment pentru comunitatea locală și elevii din regiune. Aceste facilități sunt echipate cu telescoape și echipamente moderne, permițând prezentări interactive special concepute pentru a stârni interesul și cunoașterea în domeniul astronomiei. Evenimentele organizate sunt deschise pentru toate categoriile de vârstă și atrag un număr semnificativ de vizitatori, contribuind la crearea unui mediu de învățare dinamic și interactiv. Elevii din Republica Moldova beneficiază de oportunitățile educaționale oferite de Observatorul și Planetariul UTM, fiind implicați într-o varietate de activități extrașcolare [228].

Liceul Teoretic situat în comuna Brânza, din raionul Cahul, se distinge ca fiind primul liceu din Republica Moldova care a inaugurat un Planetariu în anul 2019, având ca inițiator pe distinsul academician Ion Bostan, directorul Centrului Național de Tehnologii Spațiale afiliat Universității Tehnice a Moldovei. De asemenea, acest liceu găzduiește un Observator Astronomic dotat cu un telescop performant. Obiectivele principale ale Planetariului și Observatorului Astronomic includ activități de cercetare, dar și activități extrașcolare, de observații astronomice pentru elevii liceelor din Lunca Prutului. În mod complementar, se dorește organizarea unor cursuri de dezvoltare profesională dedicate profesorilor de fizică și astronomie din regiunile sudice ale Republicii Moldova [222].

1.2.2. Analiza situației privind educația în astronomie în țările vecine

În Ucraina, tradiția învățământului în domeniul astronomiei datează din anul 1577 și a continuat în timpul Uniunii Sovietice. În perioada 1991-2000, astronomia nu a fost predată ca materie separată în școlile secundare din Ucraina. Totuși, din anul școlar 2001-2002, astronomia a fost reintrodusă în programa standard a școlilor gimnaziale, fiind predată 17 ore la clasele generale și tehnologice, și 34 ore la clasele de științele naturii și matematică în clasa a XI-a. Pentru a realiza aceasta, au fost create noi manuale și programe de predare. În prezent, astronomia este studiată atât în instituțiile de învățământ superior, cât și în școlile secundare și în instituțiile de învățământ preșcolar. O problemă majoră în predarea astronomiei este lipsa de instrumente optice (telescoape, accesorii etc.) din laboratoarele de fizică. În Ucraina există aproape 30 de universități pedagogice pentru formarea profesorilor, dintre care cinci au o tradiție îndelungată în pregătirea profesorilor pentru a preda astronomia la școală. Totuși, aceștia sunt profesori care vor preda fizică și astronomie, fizică sau astronomie și informatică. Educația extrașcolară în astronomie este oferită în planetarii, centre și muzee științifice, observatoare astronomice publice și cluburi de astronomi amatori [231].

În anul 2017, studiul astronomiei ca disciplină a fost reluat în sistemul educațional din Federația Rusă, fiind inclus în curriculumul claselor a X-a și a XI-a pentru un număr de 35 de ore. Subiectele discutate în timpul acestor ore de instruire sunt relevante pentru domeniile-cheie ale astronomiei, incluzând aspecte fundamentale de cosmogonie și cosmologie. Pe lângă clasele de liceu, noțiuni de astronomie sunt predate și în ciclul primar și gimnazial prin intermediul cursurilor precum „Lumea din jurul nostru” sau „Geografie fizică”. În cadrul acestor cursuri elevii învață despre structura sistemului solar, eclipsele de Soare și de Lună etc. La nivelul grădiniței copiii învață despre structura Sistemului Solar.

Încă din perioada sovietică, olimpiadele de astronomie s-au desfășurat la nivel municipal, regional și național, acestea oferind oportunități pentru elevi de a-și îmbunătăți cunoștințele de

astronomie și de a obține rezultate remarcabile în competiții. În Federația Rusă, există o serie de activități extrașcolare de astronomie organizate în cadrul cluburilor și asociațiilor, care se desfășoară atât în planetarii, cât și în școli. Elevii au posibilitatea de a participa la diverse festivaluri de astronomie, precum Astrofest (Moscova) și Sibastro (Siberia, Novosibirsk), precum și la olimpiade internaționale de astronomie, cum ar fi Olimpiada Asia-Pacific și Olimpiada „URSA Minor” pentru elevii cu vârste cuprinse între 12-14 ani. În centrele de educație suplimentară, cluburile de astronomie funcționează după programe dezvoltate independent, elevii având posibilitatea de a învăța despre constelații, principiile de orientare după stele, structura sistemului solar și elemente generale de astrofizică. Olimpicii la astronomie participă, de asemenea, la diverse proiecte de cercetare pentru conferințe științifice. Federația Rusă finanțează integral sau parțial tabere de astronomie care se desfășoară vara, acestea fiind adresate elevilor care au obținut performanțe remarcabile în conferințe sau olimpiade de astronomie. Universitățile din Rusia au cluburi de astronomie pentru elevii de gimnaziu și liceu, acestea organizând conferințe, olimpiade și festivaluri pentru elevi și studenți, cu scopul de a atrage studenții talentați spre anumite specializări universitare [232].

În Polonia, predarea disciplinei astronomiei nu este inclusă în curriculumul școlar. Cu toate acestea, se oferă o introducere în domeniul astronomiei în primii trei ani de școală primară prin intermediul cursului „Pământul ca planetă” și în următorii cinci ani prin intermediul cursurilor de Fizică, Geografie, Istorie și Mediu. Aceste cursuri oferă o introducere în ceea ce privește gravitația, structura Sistemului Solar, formarea anotimpurilor și schimbările climatice. În acest context, se prezintă și opera lui Nicolaus Copernic și Galileo Galilei. În programa școlilor secundare, se oferă o mai amplă abordare a domeniului astronomiei, acoperind subiecte precum constelațiile, observarea cerului nocturn, gravitația, cinematica sateliților, mișcarea stelelor și planetelor, imponderabilitatea, structura galaxiei, dimensiunile planetelor, orbitele planetelor, eclipsele de Soare și Lună, unități de distanță în astronomie, Big Bang și evoluția Universului, legile lui Kepler, viteza de evadare, proprietățile planetelor din Sistemul Solar etc.

Activitatea extrașcolară de astronomie este desfășurată în centre de știință și cluburi. În Polonia există mai multe centre de centre de știință, precum Centrul Științific Copernicus din Varșovia, Centrul de Științe Experimentale din Gdynia, Hevelianum din Gdańsk, Centrul de Știință Kepler din Zielona Góra etc. De asemenea, în mai multe orașe din Polonia există cluburi locale de astronomie active, unele dintre acestea fiind afiliate la Societatea Poloneză a Astronomilor Amatori. Oamenii de știință și educatorii organizează diverse activități educaționale de astronomie pentru elevi și profesori, cu scopul de a îmbunătăți cunoștințele acestora în domeniul

astronomiei. Există, de asemenea, o revistă de astronomie numită Urania, care este subvenționată de către Ministerul Educației, și care este disponibilă pentru școli [233].

În Ungaria, nu există cursuri școlare specializate de astronomie. Noțiuni de astronomie sunt predate prin intermediul manualului de „Geografie” (clasa a VII-a din ciclul primar, poziția și mișcarea Pământului în Sistemul Solar) și „Fizică” (ultimul an de liceu, elemente de astrofizică și cosmologie). Majoritatea profesorilor din Ungaria nu sunt destul de bine pregătiți pentru a preda astronomia, cu toate că au participat curs de astronomie generală la universitate.

Activitățile extrașcolare de astronomie se bazează în Ungaria pe efortul astronomilor amatori și profesioniști. Acestea sunt activități de popularizarea astronomiei desfășurate de astronomii profesioniști care lucrează în institute de cercetare și universități din marile orașe din Ungaria, precum și pe zecile de astronomi amatori din întreaga țară. Educația în astronomie se face prin intermediul prelegilor orale publice, observații astronomice în locuri publice și în observatoare astronomice accesibile publicului, prezentări ale cerului în planetarii permanente și mobile. În Ungaria există mai multe observatoare publice, acestea sunt susținute de instituții educaționale, asociații, fundații sau administrații locale ale unor orașe. Activități de educație în astronomie se desfășoară și în observatoare private care primesc uneori vizitatori. Un rol important în activitățile de popularizarea astronomiei îl are și Asociația Astronomică Maghiară care realizează publicații care conțin diverse articole și informații din domeniul astronomiei [234].

În Bulgaria, noțiuni de astronomie sunt predate sporadic în curriculumul școlar în materiile „Omul și Natura” (până în clasa a VI-a) și „Fizică și Astronomie” (începând de la clasa a VII-a) unde se abordează diverse subiecte despre Sistemul Solar, mișcarea planetelor, galaxii, expansiunea Universului etc. Educația formală în astronomie din Bulgaria este completată cu diverse activități extrașcolare. Acestea sunt organizate de observatoarele astronomice locale, unele din acestea având planetarii și cluburi de astronomie. În Bulgaria, există zece astfel de instituții în orașele mari inclusiv în Varna, Stara Zagora, Dimitrovgrad, Haskovo, Yambol, Silistra, Gabrovo și Smolyan, unde se află cel mai mare planetariu. Activități de educație în astronomie se mai desfășoară și la Observatorul Astronomic al Universității din Sofia și constau în prelegeri științifice pentru public. Acestea sunt organizate de Departamentul de Astronomie de la Facultatea de Fizică al universității. Universitatea din Sofia mai are și un observator profesionist, dedicat activității de cercetarea științifică și pregătirii studenților. Astronomii profesioniști din Bulgaria desfășoară activități de educație în astronomie cu elevii pentru participarea la olimpada de astronomie.

Observatorul Astronomic și Planetariul din Varna organizează Conferința Națională Anuală de Astronomie pentru Tineret, unde elevii își prezintă propriile observații și proiecte de cercetare. În fiecare an în Munții Rodopi de Est, lângă Kardzhali este organizată Școala de Vară

„Beli Brezi” de Astronomie și Astrofizică, la care participă 60-70 de elevi de liceu, studenți și astronomi profesioniști. Școli de vară și tabere de astronomie sunt organizate și de unele observatoare locale și instituții de învățământ. Unele dintre acestea au loc la Observatorul Rozhen, iar altele în diferite locuri din țară [235].

1.3. Necesitatea dezvoltării competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie

1.3.1. Elevii dotați/supradotați – caracteristici și nevoi educaționale

Conceptele de „genialitate”, de „dotare intelectuală superioară” sau de „supradotare intelectuală” au fost definite în sens larg încă din antichitate, de Platon, dar cercetări sistematice care să abordeze acest subiect au apărut abia recent, odată cu psihologia modernă [50, p. 1].

Cercetătorii sunt, în mare parte, de acord asupra faptului că genialitatea se referă la acel potențial deosebit pentru atingerea unor realizări remarcabile. Între potențial și realizare trebuie situată dezvoltarea talentului. Alți specialiști au considerat că dotarea/supradotarea poate fi remarcată fie prin anumiți indicatori ai potențialului, care se bazează pe o eficacitate predictivă, fie pe obținerea unor rezultate reale, în termenii unor performanțe superioare într-un domeniu [Ibidem, p. 3]. Trebuie avut în vedere că, deși s-au depus numeroase eforturi pentru a conceptualiza dimensiunile esențiale ale copiilor dotați/supradotați și pentru a standardiza diferitele metode de măsurare a inteligenței sau a altor aptitudini, individul, în ansamblul său, este mereu mult mai complex și mai bogat în aptitudini decât ceea ce indică scorurile obținute la unele teste [51, p. 9].

În termeni simpli, elevii dotați/supradotați sunt aceia care manifestă o performanță superioară într-un domeniu specific, comparativ cu performanțele altor elevi de vârsta lor. În limba engleză, prin copil dotat/supradotat - *gifted children* - se acoperă un întreg spectru de situații și, de cele mai multe ori, se face referire, pur și simplu, la acel copil care are structuri intelectuale și aptitudini remarcabile, indiferent de domeniu. De fapt, în spațiul anglo-saxon nu se face o distincție clară între dotare și supradotare și, după cum vom vedea, și la noi termenii sunt folosiți fără o distincție bine definită. În literatura autohtonă s-a constatat o preferință pentru formula „copii dotați/supradotați”.

De multe ori, dezbaterile internaționale legate de acest subiect sunt contradictorii și există mai multe tabere în rândul specialiștilor. Aceștia, în funcție de școala de gândire, utilizează zeci de definiții și această situație este cauzată de faptul că inteligența nu este un concept unitar, ci, mai degrabă, există mai multe tipuri de inteligență și, prin urmare, cu greu se poate apela la o definiție unică pentru a explica acest concept complicat.

Unii specialiști arată că în psihologie și pedagogie, există două abordări ale ideii de dotare/supradotare în rândul copiilor. O abordare pornește de la premisa că toți copiii sunt dotați, dar acest fapt nu este manifestat mereu. Ca atare, profesorului îi revine sarcina de a descoperi și de a dezvolta abilitățile fiecărui copil în parte. Ce-a doua abordare, are la bază ideea că doar unii copii sunt înzestrați cu o serie de abilități remarcabile. Din punctul de vedere al adepților acestui punct de vedere, acești copii devin elita intelectuală și creativă a omenirii și ei trebuie să fie descoperiți pentru a li se încuraja dezvoltarea abilităților, prin cât mai multe mijloace [72, p. 2].

Dintr-o altă perspectivă, psihologul american J.S. Renzulli constată că în literatura științifică care se axează pe tema copiilor dotați/supradotați există două mari școli de gândire – una conservatoare și una liberală. Specialistul american subliniază că nu trebuie să ne gândim la conservatori și liberali în sens politic, ci în sensul unei rigidități sau a unei deschideri, după caz, față de criteriile care determină ce copil poate accesa un anumit program sau serviciu special de instruire. Nivelul de rigiditate poate fi exprimat în două maniere. Pe de o parte, definiția utilizată este cea care poate limita domeniile specifice în care are loc performanța pentru a se stabili cine este eligibil pentru a urma anumite programe speciale. O definiție conservatoare poate să limiteze eligibilitatea doar la performanțele academice și poate exclude alte domenii în care un copil este performant, domenii precum artele plastice, muzica, arta dramatică, leadership-ul, scrierea creativă etc. Pe de altă parte, prin stabilirea unor limite foarte înalte la testele specifice, o definiție poate limita gradul sau nivelul de excelență pe care trebuie să-l atingă un copil pentru a putea fi considerat dotat/supradotat. În tabăra liberală a specialiștilor, se admite că există copii care au un potențial remarcabil în arte, au o înzestrare deosebită la scris sau sunt foarte buni lideri. Din acest motiv, specialiștii din această categorie recomandă ca definiția să fie mai largă și să se ia în calcul orice copil care are o performanță remarcabilă. În acest context, specialistul american susține că problema subiectivității, care se ivește în cadrul procesului de măsurare a abilităților, nu este una ușor de rezolvat. Odată cu acceptarea faptului că nu trebuie să ne limităm doar la unele abilități care sunt măsurate prin testele de inteligență, a devenit, tot mai necesar, să se pună mai puțin accent pe cuantificarea performanței și a potențialului și să se axeze mai mult pe opiniile unor evaluatori calificați atunci când se ia decizia de admitere a unui copil într-un program special [145, pp. 67-68]. Într-o notă similară, scriu și alți specialiști care notează că trebuie ținut cont de faptul că fiecare elev dotat/supradotat are o dezvoltare unică, în sensul că el deține abilități inegal dezvoltate în diferite domenii. În consecință, sunt necesare instrumente multiple de identificare, inclusiv instrumente obiective de evaluare (de exemplu, teste de IQ) și instrumente subiective (de exemplu, nominalizări din partea profesorilor, părinților, colegilor, portofoliul de lucrări etc.) [93, p. 579].

O definiție des utilizată este cea a lui Gagné care scrie că termenul de genialitate desemnează „posesia și utilizarea unor abilități naturale remarcabile, numite aptitudini, în cel puțin un domeniu al abilităților (de exemplu, intelectual, creativ, social, perceptiv, muscular sau control motoriu) într-o măsură care plasează un individ cel puțin printre primii 10% din semenii săi de aceeași vârstă” [67, p. 57]. Citat adesea este și Renzulli care consideră că ar trebui să împărțim copiii dotați/supradotați în două mari categorii: una din care fac parte cei care dau dovadă de rezultate școlare deosebite și o categorie unde sunt regăsiți copiii care au unele abilități creative sau productive remarcabile. Genialitatea, crede același specialist, apare atunci când are loc o interacțiune între următoarele trei elemente: abilități generale și/sau specifice peste media celorlalți copii de vârsta lor; un nivel ridicat de angajament în timpul unor sarcini specifice, adică un grad mare de motivare; un nivel ridicat de creativitate.

Autorul mai susține și că un comportament care să denote genialitate poate să apară la anumite persoane, dar nu la toți oamenii, în anumite momente, dar nu tot timpul și în anumite circumstanțe, însă nu în toate circumstanțele [145, pp. 63-66]. Prin urmare, fenomenul dotării/supradotării este unul „mai degrabă dinamic decât static, o stare funcțională mai degrabă decât o trăsătură” [49, p. 46].

O altă definiție, întâlnită frecvent este cea propusă de Gridley, Norman, Rizza și Decker, care pornește de la teoria Cattell-Horn-Carroll (CHC) a inteligenței [16]. Gridley și colaboratorii susțin că elevii supradotați, din punct de vedere intelectual sunt aceia care au putut demonstra: a) un potențial sau o performanță superioară în capacitatea lor intelectuală generală și/sau b) au un potențial sau o performanță excepțională legat de unele abilități intelectuale specifice și/sau c) au o aptitudine academică generală, sau specifică, excepțională [76, p. 291], [115, p. 592].

Specialiști renumiți din Rusia consideră că, atunci când vorbim despre copii supradotați din punct de vedere cognitiv trebuie să ne referim la aceia care au performanțe care îi situează în primii 1-10% din eșantionul copiilor de aceeași vârstă [100, p. 29].

Gagné susține că abilitățile sau aptitudinile superioare pot fi transformate în talent prin urmarea unui program de activități, în mod sistematic, și cu ajutorul unor elemente intrapersonale (motivație, caracteristici mentale, caracteristici fizice) și de mediu (de exemplu, climatul social, climatul cultural, susținerea primită din partea familiei și a profesorilor) favorabile. Pentru Gagné, talentul reprezintă „stăpânirea abilităților dezvoltate sistematic, numite competențe (cunoștințe și abilități), în cel puțin un domeniu ocupațional (inclusiv diferitele domenii academice, ocupaționale și sportive) într-o măsură care plasează o persoană cel puțin printre primii 10% dintre colegii săi de aceeași vârstă care au fost activi în acel domeniu” [67, p. 48]. Valorificarea potențialului și

actualizarea talentului în realizări concrete necesită cultivarea abilităților prin intermediul unor oportunități de dezvoltare adecvate.

Aptitudinile din unele domenii, cum ar fi cele legate de științele exacte, sunt dezvoltate, în primul rând, prin școlarizare sau printr-o educație formală, în timp ce altele, cum ar fi cele legate de sport, sunt dezvoltate în principal prin lecții private primite în afara programului de la școală [126, p. 110].

În Republica Moldova, unii specialiști oferă o definiție a elevului supradotat ca fiind „acel subiect cu o capacitate intelectuală superioară mediei, la nivel psihometric, observându-se diferențe cognitive atât la nivel cantitativ, cât și calitativ, o maturitate mai mare (percepție și memorie vizuală), dezvoltarea capacității metacognitive la o vârstă timpurie (aproximativ 3-6 ani) și intuiție, în rezolvarea problemelor, talent creativ, motivație intrinsecă pentru învățare, precocitate” [9, p. 180].

În legislația românească se oferă o definiție pentru supradotare și pentru tinerii capabili de performanță înaltă în *Legea nr. 17/2007 privind educația tinerilor supradotați, capabili de performanță înaltă* [110]

Remarcăm faptul că legiuitorul român nu face în acest caz o distincție între copilul dotat și cel supradotat și nici nu prezintă grile cantitative de măsurare a nivelului de dotare intelectuală a elevului.

Conform legii amintite, supradotarea este definită drept „un grad superior mediei convenționale de dezvoltare a aptitudinilor generale sau/și specifice, care necesită experiențe de învățare diferențiate prin volum și profunzime în raport cu experiențele obișnuite furnizate de școală” [Ibidem, art. 3, lit. a], iar tinerii capabili de performanță înaltă sunt definiți în următorul fel: „tinerii identificați prin metode științifice ca având realizări și/sau aptitudini potențiale în oricare dintre următoarele domenii, izolate sau în combinație: capacitatea intelectuală generală, aptitudini academice specifice, gândire productivă și creativă, abilitate în leadership, talent pentru arte, aptitudini psihomotrice” [Ibidem art. 3, lit. b]. În legislația moldovenească se menționează conceptul de copil supradotat, ca de exemplu în *Programul de dezvoltare a educației incluzive în Republica Moldova pentru anii 2011-2020*, însă el nu este definit [141].

La fel, ca și în cazul României, nu se realizează o distincție între copilul dotat și copilul supradotat. În Codul Educației al Republicii Moldova se discută despre elevi capabili de performanțe înalte, dar nici aici acest concept nu este definit [38].

O definiție, care pleacă de la o perspectivă bazată pe școală, stipulează că dotarea/supradotarea este potențialul sau capacitatea de a depăși în mod substanțial nivelul colegilor dintr-o școală într-un domeniu [45, p. 86].

Remarcăm că în literatură pot fi identificate și situații în care specialiștii realizează o delimitare între categoria elevilor dotați și a celor supradotați. Constantin Chiciuc citează o lucrare din anii 1970 a lui L. Terman și arată că, pentru acesta din urmă diferențierea trebuia făcută dependent de „coeficientul de inteligență, astfel cei ce obțineau un IQ între 130 și 140 erau considerați elevi dotați, cei care obțineau un scor între 140 și 150 erau considerați supradotați, iar genii se considerau cei ce obțineau un IQ mai mare de 170” [36, p. 149].

Într-adevăr, termenul de „dotare” ar trebui să fie văzut „drept sintagmă esențială și inițială în evoluția termenului <<supradotare>> unde, prin intermediul prefixului <<supra>> - superior (supradotat - superior dotat) se semnalează o diferențiere de ordin cantitativ” [29, p. 16]. Mai amintim că Nina Sacaliuc subliniază că „conceptele <<dotat>> și <<superior dotat>> au prin ele însele un caracter comparativ, presupunând raportarea lor la o medie. Metodologia determinării acestei medii nu este încă validată științific și variază pe noțiuni și subregiuni, în special în privința ponderii parametrilor ontogenetici considerați și a instrumentelor de evaluare” [151, p. 176].

Poate, și din acest motiv, astăzi, există o tendință de a plasa sub umbrela dotării/supradotării tot mai multe categorii de copii și acest lucru ar putea fi și o explicație pentru ștergerea granițelor dintre dotare și supradotare. Astfel, în ultimele decenii conceptul de (supra)dotat a ajuns să fie un termen generic care surprinde toate categoriile de elevi care dețin un talent special. De multe ori, el este folosit interșanjabil și cu cel de genialitate, însă, în privința acestuia din urmă cei mai mulți specialiști consideră, în continuare, că trebuie să se refere la treapta cea mai înaltă a dezvoltării și funcționării intelectuale și creative [84, p. 582], [173, p. 91].

Având în vedere aceste definiții și coroborat cu studiile de specialitate care au fost conduse în mod special pe copiii cu un coeficient de inteligență înalt (cum sunt, de exemplu, scoruri ridicate de la testele de măsurare a IQ-ului), putem constata faptul că trăsăturile comune ale elevilor dotați/supradotați, adică a acelor care se remarcă ca având abilități intelectuale ridicate, în comparație cu ceilalți colegi de aceeași vârstă, pot fi descrise prin:

- Deținerea unui vocabular avansat [68, p. 84];
- Învățarea într-un ritm mai rapid și reținerea informațiilor cu o ușurință mult mai mare [93, p. 584];
- Dobândirea timpurie a abilităților lingvistice, semnificativ mai devreme decât ar fi fost de așteptat [97, pp. 213-214];
- Stăpânirea timpurie a unor limbaje simbolice din anumite domenii, de exemplu în matematică sau muzică sau deținerea unui set de aptitudini senzoriale și motorii deosebite, precum cele necesare în pictură, dans sau sport [67, p. 43];

- Dezvoltarea timpurie a gândirii abstracte [5, p. 109];
- Capacitatea de absorbție și reținere de mari cantități de informații de natură factuală, o mare profunzime în înțelegerea fenomenelor și ușurința de a face conexiuni între ele [58, p. 99];
- Deschiderea către experiență rezultată din curiozitate intelectuală puternică și preferința pentru noutate și varietate. Această categorie de copii are un nivel mai mare de curiozitate intelectuală față de cea a colegilor [170, pp. 950-954];
- Dețin o intensitate a puterii de concentrare care le dă posibilitatea să-și poată îndrepta atenția asupra subiectelor sau ideilor care îi fascinează pentru o perioadă lungă de timp și se pot angaja pentru perioade lungi în activități intelectuale [161, p. 5].

Lista de mai sus nu este una exhaustivă și poate fi îmbogățită cu ușurință cu alte atribute care se regăsesc la acești copii. În mod cert, trebuie avut în vedere că nu toți elevii cu abilități intelectuale ridicate manifestă toate aceste caracteristici. Înțelegerea acestor trăsături sau caracteristici generale ale elevilor dotați/supradotați și a așteptărilor lor îi poate ajuta pe dascăli să le înțeleagă nevoile speciale de instruire. De asemenea, identificarea unor abilități deosebite îi poate ajuta și pe părinții să le ofere copiilor un suport mai mare. Astfel, pentru a crește și pentru a maximiza potențialul elevilor dotați/supradotați, profesorii, administrația școlii, familia și comunitatea trebuie să ia în calcul utilizarea unor criterii și a unor instrumente potrivite pentru a identifica din timp copiii, pentru a le cunoaște trăsăturile generale și pentru a le satisface nevoile particulare. Nu de puține ori elevii dotați/supradotați pun întrebări, sunt foarte curioși, le place să exploreze și să fie implicați, atât din punct de vedere fizic, cât și intelectual. Ei au o predispoziție pentru discuțiile detaliate, preferă compania persoanelor adulte și fac apel cu ușurință la concepte abstracte.

Alți psihologi, precum Popovici, arată că la creativitatea copiilor dotați/supradotați contribuie mai mulți factori și că, în ordinea frecvenței, aceștia sunt după cum urmează [139, pp. 48-49]:

- Sensibilitatea la problemă;
- Atitudinea caracterizată de nonconformism;
- Originalitatea;
- Spiritul independent;
- Judecarea și filosofarea;
- Toleranța indefinitului;
- Deschiderea determinată de experiențe;

- Imaginația bogată;
- Buna capacitate de observație;
- Curiozitatea;
- Flexibilitatea;
- Intuiția dezvoltată sau extragerea unor concluzii valide fără a avea la îndemână informații suficiente.

Popovici mai notează că „pe baza datelor prezentate se poate ajunge la concluzia că, sensibilitatea în fața problemei și nonconformismul se găsesc în vârful listei (...) și că fără identificarea celor două nu se poate vorbi despre supradotare” [139, pp. 48-49].

Nu trebuie să neglijăm faptul că elevii sau copiii cu un IQ ridicat pot avea parte de numeroase probleme de adaptare, atât din perspectivă socială, cât și emoțională. Situația poate fi relativ ușor de înțeles, „deoarece persoanele cu minți excepțional de luminoase sunt prea inteligente pentru a fi înțelese de persoanele obișnuite cu care contactează și astfel, este foarte dificil ca ei să-și găsească tovarăși agreabili” [150, p. 367].

După cum se poate observa, pot exista mai multe criterii prin care poate fi descoperit un elev dotat/supradotat. Așa cum afirmă Robert J. Sternberg și Scott Barry Kaufman, trebuie să avem în vedere faptul că, în primul rând, genialitatea „este o etichetă, nimic mai mult”. Adesea ne întrebăm dacă un copil sau altul este supradotat. Răspunsul depinde de criteriul de evaluare, dar, consideră autorii, nu există un set de criterii corecte și absolute. Criteriile pentru etichetarea unui copil ca fiind supradotat reprezintă „o chestiune de opinie, nimic mai mult, și există multe neînțelegeri despre cum ar trebui să fie aplicată o asemenea etichetă” [168, p. 29].

Este important să recunoaștem că elevii dotați manifestă de multe ori talente și abilități doar în anumite domenii specifice [177, p. 111].

Identificarea elevilor dotați pentru participarea la activități extrașcolare de astronomie observațională se poate face printr-un set de caracteristici distinctive, predominante în rândul acestora. Aceste caracteristici includ:

- Capacitatea de a se concentra asupra unui subiect pe o perioadă lungă de timp;
- Capacitatea de a se implica într-un proiect care necesită investigație fără a solicita îndrumarea unui profesor;
- Capacitatea de a munci perseverent pentru atingerea unui obiectiv chiar dacă apar eșecuri;
- Capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații;
- Spirit de observație;

- Asumarea responsabilității pentru rezolvarea unor sarcini;
- Capacitatea de a învăța să utilizeze un soft nou fără ajutorul unui profesor;
- Nerăbdare și interes pentru a vedea care sunt posibilitățile de a folosi un soft nou;
- Pasiune și curiozitate pentru formarea deprinderilor necesare de a utiliza un soft nou;
- Curiozitate față de metodele științifice;
- Abilitatea de a explora subiectele științifice dintr-o abordare creativă în cadrul discuțiilor;
- Entuziasm atunci când au loc dezbateri pe diferite subiecte din domeniul științei;
- Capacitatea de a interpreta date științifice;
- Pasiune, curiozitate și tenacitate de a afla informații care sunt dificil de înțeles din domeniul astronomiei [176, p. 439].

Aceste caracteristici, nu numai că evidențiază potențialul și aptitudinile elevilor, dar subliniază și nevoia unui cadru educațional adaptat și stimulativ care să susțină și să promoveze dezvoltarea continuă a acestor tineri talentați. Din aceste motive este esențială crearea unor programe educaționale și activități extrașcolare care să răspundă nevoilor specifice și să valorifice la maximum potențialul elevilor dotați.

1.3.2. Rolul activităților extrașcolare în dezvoltarea abilităților investigaționale ale elevilor

Trebuie să accentuăm că în literatura de specialitate nu există un consens în ceea ce privește definirea activităților extrașcolare. În literatură, așa cum arată G. Fakhretdinova, P. Osipov, L. Dulalaeva, sub umbrela conceptului de activitate extrașcolară, intră o gamă largă de activități, de definiții ale acestora și de metode de măsurare a rezultatelor. Activitățile extrașcolare pot fi academice sau non-academice, pot fi finanțate de ONG-uri sau de instituții de stat, pot fi derulate în afara spațiului școlii sau chiar în incinta școlii, dar în afara orelor de curs obligatorii și nu fac parte din curriculum [61, p. 481]. Faptul că aceste activități pot fi organizate în mediul școlar sau organizate de alte instituții reprezintă o remarcă adesea subliniată în literatură, fapt scos în evidență la noi și de Constantin Cucoș [46, p. 304], printre alții.

Într-un studiu recent, Yan Keung Hui, Lam For Kwok și Horace Ho Shing Ip vehiculează ideea conform căreia, începând cu anul 2012, pe plan internațional, a început, totuși, să se impună o definiție, deși ea nu este unanim acceptată. Conform acestei definiții, activitățile extrașcolare sunt „activități academice sau non-academice care se desfășoară sub auspiciile școlii, dar au loc în afara orelor normale de clasă și nu fac parte din programă. În plus, activitățile extrașcolare nu implică o notă sau credit academic, iar participarea este opțională din partea elevului” [87, p. 173].

Dintr-o altă perspectivă, dar care completează definiția amintită, activitățile extrașcolare pot fi înțelese ca „activități care completează conținutul academic, cum ar fi sporturile, cluburile, asociațiile de elevi, activitățile de voluntariat și corurile școlare. Aceste activități oferă elevilor situații din lumea reală în afara sălilor de curs, cu ajutorul unor adulți care pot juca rolul de mentori” [153, p. 38].

Remarcăm și faptul că aceste activități sunt „o oportunitate practică și creativă de a ocupa timpul liber al elevilor” [127, p. 14].

În contextul dezbaterii, noastre se impune și prezentarea unei tipologii a activităților extrașcolare. Cel mai adesea, specialiștii împart activitățile extrașcolare în cinci categorii [101, p. 2]:

- Prosociale, acestea fiind cele care se desfășoară sub coordonarea Bisericii sau iau forma altor tipuri de activități de voluntariat;
- Sporturi de echipă;
- Activități care presupun o activitate în cadrul școlii, precum apartenența la consiliul elevilor;
- Artistice, precum apartenența la o trupă de teatru, cor, band etc.;
- Cluburi academice, precum cele în care au loc dezbateri, se învață limbi străine, cluburile de matematică sau șah, cluburile sau cercurile științifice etc.

Așadar, în școlile în care activitățile extrașcolare sunt posibile, acestea au rolul de a le oferi copiilor sau tinerilor oportunități multiple de dezvoltare. De exemplu, prin implicarea lor în viața comunității locale ei își dezvoltă aptitudinile emoționale și sociale, inclusiv angajamentul civic atât de necesar pentru dezvoltarea viitorilor adulți.

Apoi, prin activități extrașcolare care se pot desfășura în cadrul unor cluburi sportive, de dans, științifice etc., nu numai că se facilitează o extindere a curriculumului formal, dar se livrează posibilități reale de exprimare și de explorare a identității elevului [194, p. 108].

În cadrul „Programme for International Student Assessment” (PISA), care evaluează mai mulți indicatori educaționali la nivel global, directorii de școli care au participat la studiu au fost întrebați dacă instituția lor organizează cluburi de știință sau competiții științifice.

În urma sondajelor, s-a putut observa că, din rândul statelor membre ale Organizației pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OECD), doar 39% dintre elevi frecventau cursurile unei școli care punea la dispoziția elevilor și un club științific, dar totuși un procent mult mai mare, de 66%, mergeau la o școală care organiza competiții științifice.

O ofertă educațională de acest tip, prin care se pune la dispoziția elevilor un club științific sau se organizează competiții cu tematică științifică, are un impact pozitiv asupra procesului de învățare.

În rândul țărilor OECD, elevii care urmează cursurile unei școli care organizează competiții științifice sau au cluburi științifice obțin la teste un punctaj mai mare la aceste materii. Printre țările OECD analizate, elevii care frecventează cursurile unei școli care pun la dispoziție activități extrașcolare legate de științe au credințe epistemologice mai puternice, precum faptul că o idee științifică se poate schimba uneori în baza unor dovezi care reies în urma unor experimente [125, p. 34].

Cu toate acestea, accesul la aceste forme de activități extrașcolare nu este distribuit egal între diferitele școli. Studiile arată că școlile mai dezavantajate organizează mult mai rar competiții sau cluburi științifice decât școlile avantajate din punct de vedere logistic sau financiar. În medie, dintre statele evaluate, doar 53% dintre elevii care frecventau cursurile unei școli mai dezavantajate aveau parte și de competiții științifice, pe când, în cealaltă categorie de școli astfel de competiții erau organizate pentru 78% dintre elevi. Observăm astfel cât de importante sunt activitățile extrașcolare pentru elevi și că, în cadrul cluburilor școlare, ei își pot dezvolta aptitudinile, rezultatele fiind vizibile în urma susținerii unor teste internaționale, precum testele PISA. Din raport, reiese că în România școlile oferă elevilor cluburi științifice peste media statelor OECD, însă numărul competițiilor științifice este sub această medie, pe când în Republica Moldova numărul competițiilor este cu mult peste media statelor OECD, inclusiv deasupra mediei din România, dar numărul cluburilor științifice este sub media statelor OECD [Ibidem, pp. 59-60] (Figura 1.1).

Din studiu, reiese că diferitele țări membre OECD organizează activitățile extrașcolare în forme dintre cele mai diverse, care variază substanțial de la o țară la alta. În cele mai multe țări, activitățile extrașcolare nu sunt reglementate în mod formal și implementarea unor asemenea activități cade în atribuțiile directorilor școlilor sau în a unor profesori de la școală. În unele state sunt stabilite reglementări naționale pentru activitățile extrașcolare și prin acestea se reglementează tipul de activități și numărul aferent de ore.

Un exemplu, invocat de multe ori de specialiști, este cel al Japoniei, unde curriculumul pentru învățământul primar presupune și un număr de ore pe care unitatea de învățământ trebuie să îl asigure elevului pentru 4 tipuri de activități speciale, printre care activitățile în cadrul unor cluburi sau activitățile în cadrul unor evenimente școlare. De exemplu, pentru această ultimă categorie, școala trebuie să organizeze activități specifice, cum ar fi excursiile cu școala, prin

intermediul cărora elevii pot să aibă parte de interacțiuni de grup intense și prin care pot învăța să se respecte reciproc.

Pe lângă această activitate, cele mai multe școli japoneze organizează programe prin care elevii fac curat în unitățile școlare. Aceste activități le dau elevilor oportunitatea de a învăța să lucreze cu cei din jurul lor și să se disciplineze, dar învață și să își mențină mediul de lucru curat. Reglementări similare pentru activitățile extrașcolare mai sunt întâlnite și în alte state asiatice, precum Coreea de Sud ș.a. [153, p. 40].

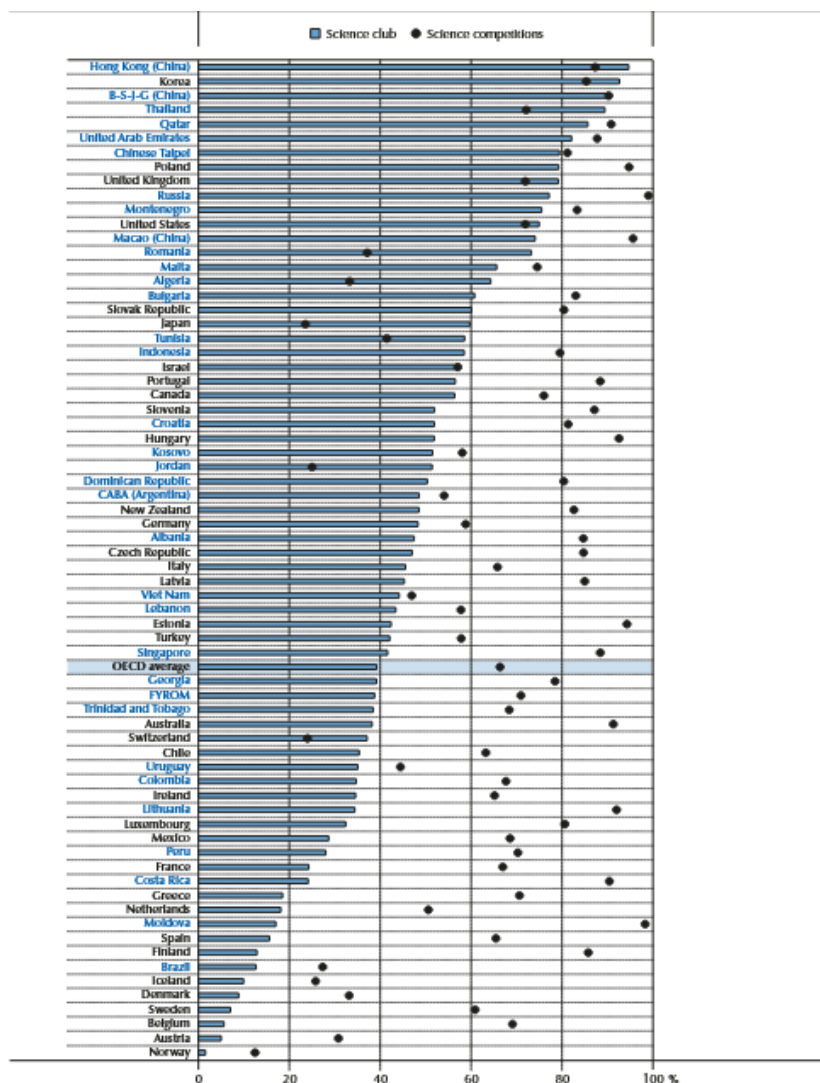


Fig. 1.1. Activități extrașcolare legate de științe oferite de școală [Ibidem, p. 60]

Studiul astronomiei, este, de regulă, parte a activităților extrașcolare. De prea puține ori elementele de astronomie sunt predate și învățate în cadrul unui curriculum școlar, chiar dacă astronomia este, poate, cea mai veche disciplină științifică. De obicei, elementele de astronomie se limitează la câteva capitole din programa școlară de științe, chiar dacă ea a jucat un rol central în progresul științei, al tehnologiei și al înțelegerii noastre despre natură [130, pp. 78-79].

În România, educația în astronomie se realizează preponderent în cadrul activităților extrașcolare. Acestea sunt organizate de planetarii, observatoare publice, asociații de astronomi amatori și astrocluburi.

1.3.3. Rolul curiozității în învățare și cercetare

Oamenii sunt ființe profund curioase și se străduiesc mereu să ofere un sens numeroaselor evenimente din această lume sau din viața lor, dorind să deslușească ceea ce le este ascuns sau vor să depășească, pur și simplu, limitele cunoștințelor lor. Deoarece incertitudinea poate provoca o stare de anxietate, mintea umană a evoluat pentru a o eradica. Astfel, curiozitatea funcționează ca un mecanism de a face față incertitudinilor. Pentru a reduce incertitudinea, oamenii trebuie să caute în mod activ informații relevante legate de respectivul stimul. Dacă acest comportament reduce într-o manieră semnificativă incertitudinile, echilibrul cognitiv se restabilește, fapt ce conduce la o satisfacție emoțională [160, pp. 854-855].

În literatura de specialitate este bine cunoscut faptul că cei mai mulți elevi se simt atrași de activitățile care sunt realizate în afara curriculumului școlar, dar pentru elevii dotați „aceste activități nu sunt suficiente, ei preferă soluționarea de probleme dificile, subiecte din diverse domenii, formularea întrebărilor provocatoare pentru profesor” [152, p. 260]. Prin urmare, această categorie de elevi este caracterizată de o curiozitate mai mare decât cea a colegilor și de un interes sau o preferință mai accentuată pentru rezolvarea unor probleme mai dificile.

Curiozitatea este esențială pentru lumea științifică și inovație, dar, de asemenea, este o caracteristică naturală și de neoprit a copiilor mici [90, p. 243]. Copiii și tinerii sunt curioși în mod natural și pot învăța orice cu ușurință. Atunci când profesorii ocrotesc interesele elevilor și când încurajează aptitudinile acestora încă de la cea mai mică vârstă, elevii au predispoziție mai mare pentru a performa și pentru a avea succes în evoluția lor școlară. În termeni simpli, curiozitatea implică căutarea de noi cunoștințe și experiențe [77, p. 35]. Conform unor specialiști, curiozitatea reprezintă „o nevoie intrinsecă a omului de a căuta noi informații și noi experiențe senzoriale care motivează comportamentul explorator” [140, p. 1246].

Curiozitatea reprezintă un puternic factor motivator în procesul de învățare și are un efect pozitiv asupra învățării sau, după cum notează Sujati curiozitatea este un sistem de orientare emoțională și motivațională spre apreciere, căutare și autoreglare a unor idei noi și a unor informații și experiențe provocatoare [169, p. 61]. Numeroase alte definiții ale curiozității o descriu ca un fenomen dinamic, o „dorință” care crește în intensitate sau scade, în funcție de context, comparabilă cu foamea fizică [77, p. 36]. După unii specialiști, curiozitatea elevilor este caracterizată de [198, p. 409]:

- Entuziasmul de a rezolva probleme;

- Entuziasmul legat de procesele științifice;
- Concentrarea pe obiectele observate sau studiate;
- Interogarea în fiecare etapă a activităților.

Entuziasmul în rezolvarea problemelor poate fi observat atunci când elevii rezolvă exerciții care implică calcule matematice sau atunci când lucrează la orice altfel de probleme pe care le oferă profesorul. Concentrarea pe un obiect observat sau analizat poate să fie sesizată atunci când elevii iau parte la un experiment, cum sunt cele din domeniul chimiei sau fizicii. Entuziasmul legat de procesele științifice poate să fie remarcat când elevii se concentrează pe experimentele realizate în clasă și atunci când ei sunt atenți la fiecare procedură din cadrul experimentului. Interogarea pentru fiecare pas al activității este sesizată când el pune întrebări legate de activitățile derulate.

Alți cercetători au identificat alte semne ale curiozității unui elev. Sujati a centralizat mai mulți indicatori din literatura de specialitate și a arătat că principalele semne care reliefează faptul că un copil este curios sunt următoarele [169, p. 61]:

- îi place să pună întrebări legate de conceptele discutate;
- apelează la toate cele 5 simțuri pentru a recunoaște și a observa un obiect;
- este bucuros să exploreze cărți noi, hărți, obiecte, imagini pentru a descoperi noi idei;
- îi place să conducă experimente;
- are o atitudine pozitivă față de ceea ce este nou, străin sau misterios;
- are o nevoie deosebită de a afla mai multe lucruri despre sine sau despre mediul înconjurător;
- se angajează ușor în noi experiențe;
- resimte o dorință continuă de a explora mediul înconjurător;
- arată creativitate în gândire și comportament;
- nu îi este frică să comită greșeli când realizează experimente în viața de zi cu zi.

Amintim că a învăța fără a avea curiozitate este ca și cum ai mânca fără a avea poftă de mâncare. Cu toate că este unanim acceptat că există o puternică legătură între curiozitate și motivarea pentru a învăța, totuși eforturile de a realiza un mediu de învățare în care să fie cultivată curiozitatea elevilor sunt prea mici. Mai degrabă, arată Shin și Kim [160, p. 867], școlile au tendința de a suprima curiozitatea elevilor deoarece nu permit greșeli din partea lor și limitează oportunitățile de a explora și de a gândi profund. Același lucru este remarcat și de Jirout și colaboratorii care notează că „în timp ce curiozitatea și învățarea au fost în mod tradițional privite ca simbiotice, există motive temeinice pentru a fi îngrijorați că sistemul de învățământ actual suprimă mai degrabă, decât promovează curiozitatea naturală a elevilor” [90, p. 243].

1.3.3.1. Tipologia curiozității

Specialiștii, începând cu D. E. Berlyne în anii '60, disting între două tipuri de curiozitate: o curiozitate specifică și una difuză. Curiozitatea specifică implică investigarea detaliată a stimulilor noi, în timp ce curiozitatea difuză sau diversă reprezintă o explorare a mediului pentru a identifica stimuli noi. Curiozitatea specifică are menirea de a scădea incertitudinea, în timp ce curiozitatea difuză are ca scop creșterea incertitudinii [122, p. 885]. Despre această distincție a scris, recent, și astrofizicianul american (născut la București) M. Livio care notează că Berlyne înțelege curiozitatea de-a lungul a două axe: „una care se întinde de la curiozitatea perceptivă la cea epistemică, cealaltă care se întinde de la curiozitatea specifică la cea difuză. Curiozitatea perceptivă e generată de situații extreme, de stimuli noi, ambigui sau derutanți, și declanșează explorarea vizuală – să ne gândim, de pildă, la reacția unor copii asiatici, dintr-un sat izolat, care văd pentru prima oară un european. De obicei, curiozitatea perceptivă scade odată cu expunerea repetată la stimulul respectiv. Opusă curiozității perceptive, în schema lui Berlyne, curiozitatea epistemică este veritabila <<dorință de cunoaștere>>, după cum o numea Immanuel Kant” [111, p. 15]. Tot el, notează că prin curiozitatea specifică ne referim la interesul pentru o informație specifică, precum în tentativele de a rezolva un rebus ori de amintire a numelui unui film vizionat recent. Curiozitatea specifică este cea care îi poate face pe savanți să cerceteze anumite probleme științifice pentru a le înțelege sau pentru a identifica posibile soluții la acestea. Pe de altă parte, curiozitatea difuză reprezintă acea dorința a omului de a explora și de a identifica noi stimuli pentru a se depăși senzația de plictiseală. În zilele noastre, tipul acesta de curiozitate se poate observa atunci când un individ verifică mereu mesajele de pe telefon sau când accesează frecvent serviciul de e-mail, ori atunci când este nerăbdător față de lansarea unui nou model de telefon sau dispozitiv. Totuși, în unele cazuri, curiozitatea difuză poate genera o curiozitate specifică, un interes specific ajungând să fie stimulat tocmai de căutarea noutății. Cu toate acestea, modelul lui Berlyne nu cuprinde întreaga tipologie a curiozității. Există și o curiozitate morbidă, de exemplu, manifestată atunci când oamenii privesc locul unui accident sau al unei crime. Așa se explică și de ce filmele horror au un succes foarte mare sau de ce criminalitatea este atât de populară în cadrul știrilor din presa scrisă sau din cea audio-vizuală. Așadar, curiozitatea morbidă este o trăsătură psihologică comună [157, pp. 1-2].

1.3.4. Dezvoltarea competenței investigaționale la elevii dotați și creșterea capitalului uman

Dezvoltarea competenței investiționale la elevii dotați reprezintă un prim pas pentru aceștia spre domeniul cercetării științifice și tehnologice, ceea ce reprezintă un lucru pozitiv din punct de vedere social, profesional și economic. Cu alte cuvinte, prin dezvoltarea acestor competențe la elevi, se pot produce numeroase efecte benefice la nivelul individului, a dezvoltării cognitive și

profesionale a acestuia, însă efectele pot fi vizibile și la nivelul societății și al dezvoltării economiei [114, p. 22].

Creșterea numărului de elevi dotați interesați de domeniul științei și tehnologiei, odată cu formarea competenței investiționale la aceștia, reprezintă o bază solidă pentru dezvoltare economică a unei țări. Chiar dacă ar trebui să nu existe dubii legate de faptul că o populație educată generează o bunăstare în cadrul societății, fie că vorbim despre economie sau de nivelul de civilizație, există studii și rapoarte internaționale care analizează chiar acest aspect și care subliniază valoarea capitalului uman [52, pp. 11-13].

În ultimele decenii, la nivel global a fost derulată o revoluție în domeniul educației. Astăzi, nivelul educației a cunoscut, în cele mai multe țări, o creștere remarcabilă. Numărul persoanelor neinstruite se află într-o scădere continuă, iar numărul indivizilor cu educație secundară și terțiară este într-o creștere remarcabilă. Dacă luăm în calcul accesul global la învățământ, este de așteptat ca educarea tinerilor cu un grad mare de competențe să ia și mai multă amploare. În plus, cercetătorii se așteaptă la o creștere exponențială a numărului celor care au studii superioare și care dobândesc o expertiză academică sau profesională înalt calificată. De asemenea, creșterea ofertei de forță de muncă calificată sau înalt calificată este cauzată de creșterea aspirațiilor educaționale ale tinerilor și de investițiile tot mai mari în instruire. Cererea, tot mai mare, pentru o educație de calitate, cât și perspectivele tot mai pozitive de creștere a salariilor pentru cei cu o calificare înaltă, stimulează și mai intens aspirațiile tinerilor de a învăța mai mult, de a acumula mai multe cunoștințe și de a fi mai competitivi [48, p. 3].

Există mai multe strategii, fie la nivel de politică națională, fie la nivel de aspirații personale, care pot genera o stimulare a învățării. Participarea elevilor, mai ales a acelor dotați, în cadrul activităților extrașcolare pentru formarea și dezvoltarea competenței investigaționale ar trebui să fie un obiectiv important pentru sistemul educațional din România și Republica Moldova. În acest context activitățile extrașcolare științifice, precum cele de astronomie, pot fi o modalitate pentru atingerea unui asemenea obiectiv.

1.3.5. Rolul și relevanța competenței investigaționale în activitățile extrașcolare de astronomie ale elevilor dotați

În cadrul activităților extrașcolare axate pe astronomie, elevii dotați beneficiază de o experiență autentică în domeniul științific, participând activ la efectuarea observațiilor astronomice. Acest cadru practic joacă un rol esențial în cultivarea competenței investigaționale, facilitând dezvoltarea abilităților analitice și critice. Prin implicarea în astfel de observații, elevii nu numai că aduc contribuții valoroase în sfera științifică, dar se pregătesc și pentru cariere în

domeniile tehnologice avansate. Stimularea curiozității, prin aceste activități este vitală în procesul de dezvoltare a competenței investigaționale.

Cultivarea curiozității și încurajarea procesului de învățare independentă constituie pilonii esențiali pentru dezvoltarea competenței investigaționale în rândul elevilor dotați. Această abordare este crucială pentru o înțelegere mai profundă a conceptelor din astronomie și pentru dezvoltarea gândirii analitice și critice. În consecință, elevii dotați sunt mai adecvat pregătiți să se confrunte cu dificultăți și să se distingă în sferele academice și științifice.

Curiozitatea elevilor poate fi trezită prin introducerea lor în studiul obiectelor cosmice precum asteroizii, cometele, stelele variabile sau exoplanetele. Această metodă captivantă și ușor de realizat în prezentarea acestor teme poate stimula interesul elevilor de a afla mai multe, de a formula întrebări proprii și de a investiga individual subiectele.

Învățarea independentă oferă elevilor dotați oportunitatea de a se dedica studiului în ritmul lor, de a identifica și soluționa provocări, de a elabora ipoteze și de a descoperi soluții prin cercetare personală. Această metodă susține dezvoltarea gândirii analitice și a abilităților de rezolvare a problemelor, contribuind astfel la o mai bună asimilare și aplicare a cunoștințelor dobândite.

În plus, activitățile extrașcolare de astronomie permit elevilor să își dezvolte abilitățile de analiză și sinteză, oferindu-le oportunitatea de a examina date astronomice și de a stabili conexiuni între diferite concepte științifice.

Prin dezvoltarea competenței investigaționale, elevii sunt încurajați să genereze propriile lor întrebări de cercetare și să exploreze independent diverse subiecte științifice. Această abordare interdisciplinară, care integrează cunoștințe din fizică, astronomie și informatică, contribuie la formarea unei baze solide pentru studii superioare și la dezvoltarea unui mod de gândire științific.

Astfel, competența investigațională a elevilor dotați devine un catalizator pentru pregătirea academică avansată și pentru realizarea de contribuții semnificative la progresul societății, prin inovații și descoperiri [176, pp. 439-442].

1.4. Concluzii la capitolul 1

În ultimele decenii, societatea a ajuns să aprecieze, mai mult ca niciodată, capitalul uman și să îl valorifice. Astăzi, în instituțiile publice sau private, resursa umană este cea mai valoroasă. Noile tehnologii au schimbat considerabil modul în care trăim, lucrăm sau interacționăm. Până acum, acest secol a arătat că transformările din societate sunt mai intense ca niciodată și drept urmare, pentru a putea răspunde nevoilor noii societăți, este vital să putem face față schimbărilor tot mai profunde. Ele influențează lumea în care trăim pe toate planurile, de la cel economic, la cel educațional, social, politic, științific etc. Drept urmare, aceste schimbări impun societății, în

întregul ei, să se adapteze și să educe tinerii în așa manieră, încât ei să poată face față acestor transformări din societate. În primul rând, se impune o strânsă colaborare între reprezentanții guvernamentali și pedagogi pentru a concepe cadre de definiție ale competențelor și abilităților de care tinerii au nevoie în secolul al XXI-lea, după care, trebuie să se construiască și să se implementeze metode și tehnici de dezvoltare a acestora. Având în vedere tema de față, această problemă este și mai stringentă în cazul elevilor dotați/supradotați. Chiar dacă criteriile de evaluare sau de identificare ale acestei categorii de elevi sunt destul de vagi și, adesea, eludează criteriile de evaluare cantitative, un lucru este cert. Statul, atât cel român, cât și cel moldovean, recunoaște nevoile acestor elevi și a realizat o bază legală pentru punerea în valoare a acestora. Constatăm, de multe ori, că în România și Republica Moldova aceste țări elevii dotați sunt numeroși, însă nu tot timpul potențialul lor este valorificat la adevărata valoare. Societățile moderne se bazează foarte mult pe tehnologie și știință, iar, din această motiv, suntem ferm convinși că una dintre competențele pe care elevul trebuie să le dețină este cea investigațională. Dezvoltarea acestei competențe constituie un prim pas pentru ca ei să urmeze un domeniu în care are loc cercetarea științifică. Din punct de vedere social, economic și profesional, ar fi un mare câștig. Dezvoltarea competenței investigaționale poate să producă numeroase efecte pozitive, atât la nivelul elevului, cât și la nivelul societății. Dacă avem în vedere nevoile unui elev dotat, atunci un mediu în care competența investigațională se poate dezvolta ar reprezenta cu siguranță una dintre oportunitățile de satisfacere a trebuințelor elevilor. Activitățile extrașcolare oferă asemenea medii de dezvoltare a personalității și de satisfacere a curiozității, de împlinire a sinelui. Cluburile și cercurile de astronomie sunt unele dintre cele mai facile medii în care pot avea loc activități extrașcolare și aici un elev dotat are ocazia să dezvolte aptitudini investigaționale, să exploreze realitatea din jurul său, de la nivel micro la nivel macro. Prin astronomie, un elev dotat ajunge să pună în practică cunoștințele sale de matematică, fizică, chimie și, totodată, le poate dezvolta și valorifica. Astronomia este interdisciplinară prin excelență, iar interdisciplinaritatea reprezintă astăzi unul dintre conceptele tot mai folosite în curriculumul școlar modern. Într-un observator astronomic sau la un club de astronomie, elevul vede în mod direct că ceea ce a învățat în școală nu rămâne la stadiul de simplă teorie, ci poate fi aplicat în mod direct, în aplicații practice. Tot aici, elevul are parte de o stimulare a curiozității și imaginației și de o dezvoltare a spiritului explorator specific vârstei. După cum am văzut, specialiștii, în unanimitate, susțin că un elev dotat este caracterizat de originalitate, de o sensibilitate la problemă, de o imaginație bogată, de curiozitate, de un bun spirit de observație, de nonconformism, de nevoia de a varia activitățile zilnice pentru a ieși din rutină etc. Astfel, activitățile extrașcolare, implicit cele care pot avea loc într-un observator astronomic, suplinesc aceste nevoi, contribuie la dezvoltarea lor, la formarea de viitori profesioniști și specialiști.

2. METODOLOGIA FORMĂRII COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE A ELEVILOR DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE

2.1. Instrumente utilizate în observațiile astronomice. Noțiuni de astrometrie și fotometrie

Astronomia observațională are ca principal scop măsurarea caracteristicilor radiației electromagnetice care provine de la corpurile cerești. Astronomii utilizează întreg spectrul electromagnetic, de la unde radio cu frecvență joasă, până la raze gamma cu energie înaltă, pentru a investiga universul. În acest domeniu, se pot realiza trei tipuri de măsurători esențiale ale radiației electromagnetice: intensitatea (fotometria), spectrul (spectroscopia) și polarizarea (polarimetria).

Lumina este radiația electromagnetică vizibilă cu lungimi de undă situate în intervalul de la aproximativ 350 până la 750 nm [30, p. 29].

2.1.1. Instrumente utilizate în observațiile astronomice

Pentru a efectua observații astrometrice și fotometrice este necesar un instrument optic și o cameră CCD (Charge-Coupled Device). Instrumentele optice utilizate în astronomie se clasifică în două categorii principale: lunete (denumite și telescoape refractoare) și telescoape (denumite și telescoape reflectoare). Observatoarele astronomice moderne dispun de telescoape reflectoare, în timp ce lunetele sunt mai frecvent utilizate de către astronomi amatori. La momentul actual, există mai multe tipuri de telescoape și camere CCD pentru observații astronomice. Un telescop reflector standard utilizat în astronomie are, de obicei, două oglinzi: principală și secundară. Oglinda principală, denumită obiectiv, are rolul de a captura radiația electromagnetică provenită de la aștri, iar cea secundară direcționează lumina colectată către oglinda secundară, apoi o reflectă spre senzorul CCD al camerei [175, p. 456].

Cele mai populare telescoape folosite de astronomii amatori sunt cele de tipul Newton și Schmidt-Cassegrain. Ele pot fi utilizate cu succes și în activitățile extrașcolare de astronomie. Telescopul Newton este compus dintr-o oglindă principală parabolică și o oglindă secundară plană, poziționată înaintea focarului și înclinată la un unghi de 45° față de axa optică a oglinzii principale (Figura 2.1).

Telescopul Newton este foarte popular în rândul astronomilor amatori datorită dimensiunii sale relativ compacte, ușurinței cu care poate fi construit și a costului relativ redus față de alte tipuri de telescoape. Aceasta face ca telescoapele Newton să fie o alegere foarte populară pentru începători în astronomie. Pe lângă costul redus și ușurința de utilizare, telescoapele Newton sunt apreciate pentru contrastul ridicat și imaginea clară pe care o oferă. De asemenea, acestea sunt

cunoscute pentru capacitatea lor de a capta lumina, ceea ce le face ideale pentru observarea obiectelor deep-sky, cum ar fi nebuloasele, galaxiile și roiurile de stele.

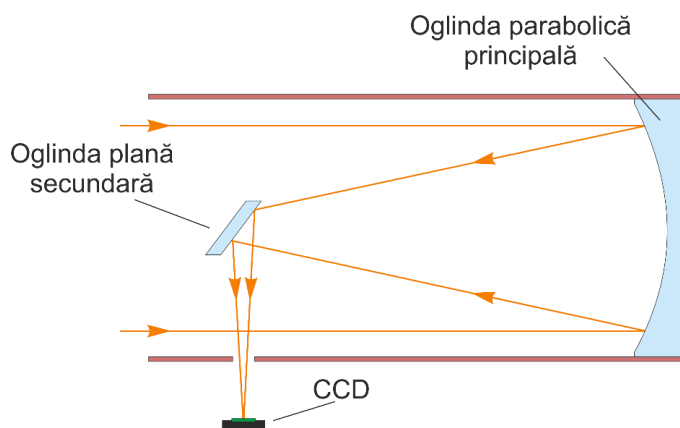


Fig. 2.1. Telescopul Newton

Telescopul Schmidt-Cassegrain are oglinda principală dotată cu un orificiu central care permite luminii să ajungă la camera CCD, astfel încât distanța focală a telescopului poate fi crescută fără a fi necesară extinderea lungimii tubului acestuia. Acest sistem optic are ambele oglinzi sferice, iar pentru a atenua aberația de sfericitate, se utilizează o placă corectoare (Figura 2.2).

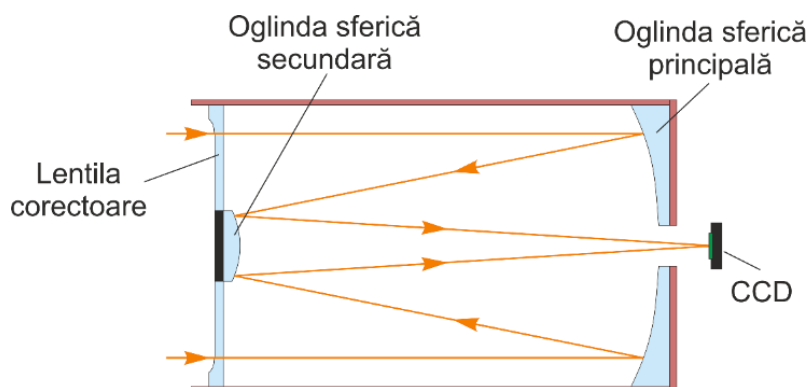


Fig. 2.2. Telescopul Schmidt-Cassegrain

Telescopul Schmidt-Cassegrain este un tip de telescop reflector care combină avantajele telescopului reflector cu cele ale telescopului refractor. Acesta este un sistem optic catadioptric datorită prezenței atât a unor oglinzi, cât și a unei plăci corectoare. Distanța focală (F) și diametrul (D) sunt caracteristicile principale ale telescoapelor. Raportul F/D este o altă caracteristică importantă a telescoapelor și determină luminozitatea imaginii pe care ele o produc [30, p. 50]. Distanța focală reprezintă distanța dintre centrul oglinzii și planul focal, adică locul unde se formează imaginea.

Datorită combinației dintre oglinzi și placa corectoare, telescopul Schmidt-Cassegrain oferă o imagine fără distorsiuni sau aberații optice, chiar și la marginile imaginii. Un alt avantaj al

telescopului Schmidt-Cassegrain este acela că este foarte versatil, putând fi utilizat pentru o varietate largă de aplicații astronomice, cum ar fi observarea planetelor, stelelor, nebuloaselor și galaxiilor. Cu toate acestea, telescoapele Schmidt-Cassegrain au și câteva dezavantaje, cum ar fi prețul relativ ridicat, mai ales pentru telescoapele de dimensiuni mai mari, și, de asemenea, necesită un timp de răcire mare pentru a atinge temperatura ambientală cu scopul obținerii de imagini clare și detaliate.

Detectorul de radiație CCD este utilizat în domeniul astronomiei pentru studii științifice și se instalează în planul focal al telescopului. Acesta utilizează efectul fotoelectric și constă în stocarea electronilor produși de fotonii incidenti.

Senzorul CCD este un circuit integrat din siliciu format din pixeli aranjați sub formă de matrice alcătuită din linii și coloane. Forma pixelilor este pătrată, cu dimensiunea laturii măsurată în microni.

Rezoluția camerei CCD este determinată atât de numărul de pixeli, cât și de dimensiunea acestora. O caracteristică tehnică importantă a detectorului CCD este eficiența cuantică definită ca raportul dintre numărul mediu de fotoni detectați de senzorul CCD pe unitate de suprafață într-o secundă și numărul mediu de fotoni incidenti pe aceeași suprafață în același interval de timp.

Valorile eficienței cuantice ale camerelor CCD pot varia între 40% și 98%, comparativ cu eficiența cuantică a ochiului uman de doar 1% [175, pp. 457-458]. Eficiența cuantică a unui senzor CCD depinde de lungimea de undă a luminii [30, p. 86]. Camerele CCD sunt eficiente în fotometrie, deoarece există un răspuns liniar între durata expunerii și intensitatea imaginii înregistrate [175, p. 458]. Acest lucru înseamnă că numărul de electroni generați de senzorul camerei CCD este direct proporțional cu numărul de fotoni incidenti [30, p. 77].

Pentru atenuarea diverselor artefacte, precum zgomotul electronic, neuniformitatea iluminării, prezența umbrelor generate de particulele de praf de pe senzor și filtre, este necesară calibrarea imaginilor obținute prin intermediul unei camere CCD (Figura 2.3).

Acest proces contribuie la îmbunătățirea calității imaginilor achiziționate, permițând analiza și interpretarea corectă a datelor. Calibrarea este esențială în aplicații care necesită o precizie înaltă, cum ar fi astrometria și fotometria.

Când temperatura siliciului din senzorul camerei CCD este relativ mare, se generează un zgomot termic, provocat de mișcarea aleatorie a electronilor. Pe măsură ce temperatura crește, numărul electronilor liberi va crește și ei vor fi acumulați de pixeli.

Acest fenomen este denumit curent întunecat (Dark Current) al dispozitivului CCD și se exprimă în electroni/pixel/secundă (eps). Zgomotul termic conferă imaginii astronomice un aspect granulat.

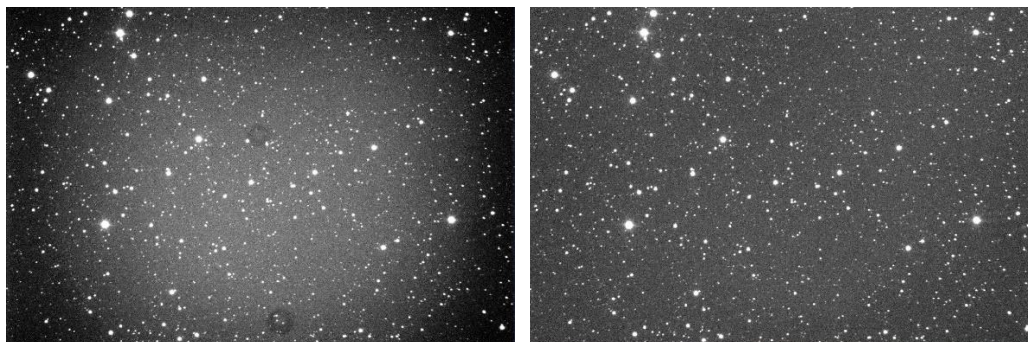


Fig. 2.3. Calibrarea imaginilor.

Stânga: imagine necalibrată. Dreapta: imagine calibrată

**Sursa: Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal
de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați**

Pentru a contracara zgomotul, detectorii CCD includ sisteme de răcire pentru a scădea temperatura sensorului și a reduce numărul de electroni liberi. Cu toate acestea, zgomotul din imagini poate fi încă vizibil. Pentru a diminua semnificativ zgomotul, imaginile sunt calibrate folosind imagini (cadre) dark.

Pentru a obține un cadru dark, se capturează o imagine cu obturatorul camerei CCD închis. Zgomotul depinde de temperatura sensorului CCD și de durata expunerii. Sensorul camerei CCD va genera un zgomot mai redus la temperaturi mai scăzute.

O expunere mai lungă va determina un zgomot mai accentuat. Din aceste motive, durata expunerii și temperatura sensorului trebuie să corespundă cu cele ale imaginii pe care dorim să o calibrăm.

Lumina care ajunge la sensorul camerei CCD nu se distribuie în mod uniform pe întreaga suprafață a acestuia. Acest fenomen poate fi observat în imagini și prezintă zone mai întunecate la margini comparativ cu centrul. În același timp, în imagini pot apărea umbre cauzate de particulele de praf de pe senzor și filtre.

Pentru a elimina aceste imperfecțiuni ale imaginii, este necesară calibrarea acesteia cu ajutorul unor imagini (cadre) denumite flat field. Există diverse metode de obținere a acestor cadre, dar cea mai populară tehnică implică capturarea de imagini flat în timpul crepusculului de seară sau de dimineață, numite sky flats.

Aceste imagini se bazează pe lumina difuză a cerului, care asigură o suprafață iluminată uniform și, prin urmare, ajută la obținerea unei imagini flat, de înaltă calitate.

În procesul de calibrare a imaginilor astronomice, se utilizează și cadre denumite bias care se obțin utilizând timp de expunere zero. Temperatura la care se achiziționează cadrele bias trebuie să fie identică cu temperatura la care a fost achiziționată imaginea supusă calibrării.

Pentru a diminua zgomotul și a optimiza calitatea imaginilor, se obțin cadre master care constau în combinarea unui număr de cadre similare (de exemplu, dark, flat sau bias). Cadrele master sunt aplicate în calibrarea imaginilor achiziționate pe parcursul observațiilor astronomice [181].

Camerele CCD, prin intermediul programelor utilizate, permit crearea unui „super pixel” prin combinarea mai multor pixeli adiacenți într-unul singur. Această tehnică de grupare a pixelilor este denumită binning. Modurile de binning cel mai frecvent utilizate sunt 2X2 și 3X3.

Implementarea binning-ului duce la o creștere a sensibilității, în detrimentul rezoluției imaginii rezultate. De exemplu, binning-ul de tip 2X2 implică unirea a 4 pixeli adiacenți ai camerei CCD care contribuie la formarea un singur pixel în imaginea achiziționată. În acest caz, rezoluția imaginii este redusă la jumătate.

2.1.1.1. Field of View și pixel scale

Este foarte important ca, atunci când realizăm observații astronomice, să cunoaștem dimensiunea câmpului vizual. Câmpul vizual sau Field of View (FOV) al sistemului format din telescop și cameră reprezintă partea din cer care se observă atunci când se achiziționează imagini. Pentru a calcula FOV, se folosește următoarea formulă:

$$\text{FOV} = (57,3 \times \text{lățimea sensorului/distanța focală a telescopului}) \times (57,3 \times \text{înălțimea sensorului/distanța focală a telescopului}),$$

unde FOV se măsoară în grade, iar distanța focală a telescopului, lățimea și înălțimea sensorului – în milimetri [202, p. 30].

O altă caracteristică importantă a sistemului format din telescop și cameră este pixel scale și reprezintă partea din cer care este capturată de fiecare pixel individual al camerei. Pixel scale se poate calcula utilizând următoarea formulă:

$$\text{Pixel scale} = (\text{dimensiunea pixelului/distanța focală a telescopului}) \times 206,265,$$

unde pixel scale se măsoară în arcsecunde/pixel, dimensiunea pixelului – în microni și distanța focală în milimetri [Ibidem, p. 31].

Calitatea observațiilor astronomice poate fi afectată de turbulențele atmosferice care provoacă scintilații ale stelelor și pot distorsiona sau reduce claritatea imaginilor astronomice.

Gradul de afectare a imaginilor, din cauza turbulențele atmosferice poate fi caracterizat prin termenul numit „seeing”, care poate fi calculat folosind următoarea relație:

$$\text{Seeing} = \text{Pixel scale} \times \text{FWHM}$$

unde seeing se măsoară în arcsecunde, pixel scale în arcsecunde/pixel iar FWHM (Full Width Half Maximum) – în pixeli.

În majoritatea locațiilor, seeing-ul este între 3 și 4 arcsecunde, dar variază de la o locație la alta și poate fi mai bun sau mai rău într-o anumită noapte [Ibidem, p. 31].

FWHM este lățimea profilului unei stele la o înălțime care este jumătate din valoarea maximă înregistrată de pixelii sensorului camerei CCD [Ibidem, p. 32] (Figura 2.4).

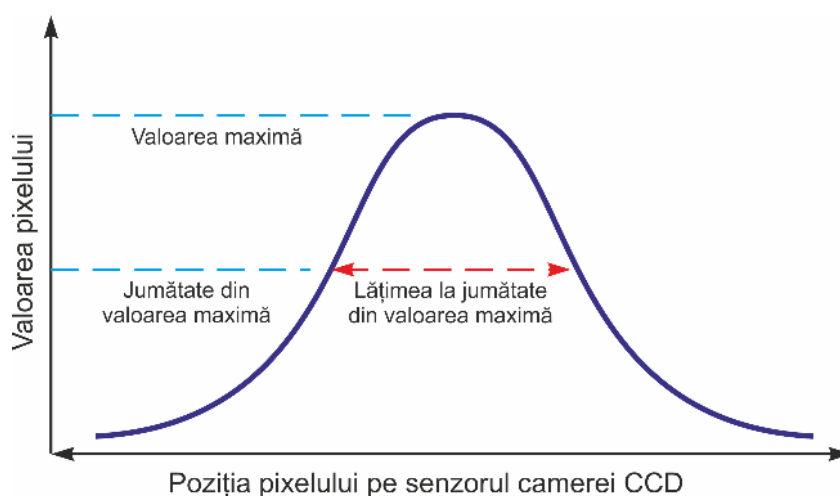


Fig. 2.4. Profilul stelei și valoarea FWHM

Pentru a efectua observații astronomice științifice în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, sunt necesare următoarele instrumente: un telescop dotat cu o oglindă principală având cel puțin 200 mm în diametru, o montură ecuatorială de tip german cu sistem GoTo, precum și o cameră CCD sau CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) pentru achiziția imaginilor. Completarea acestui ansamblu de echipamente se face cu o lunetă și o cameră dedicate pentru ghidaj, adaptoare și cabluri corespunzătoare, alături de un laptop ce dispune de o conexiune la internet [175, p. 457].

Softurile necesare pentru achiziționarea imaginilor și pentru reducerea și analiza datelor în cadrul activităților extrașcolare ale elevilor dotați sunt: MaxIm DL [212], MPO Canopus [224], AstroImageJ [39], Peranso [132], VStar [204] și Astrometrica [207]. Montura ecuatorială tip german permite orientarea telescopului către zona dorită de pe cer prin intermediul sistemului GoTo, oferind astfel capacitatea de a urmări obiectul ceresc vizat în mod sideral [175, p. 457].

Cu ajutorul echipamentelor enumerate mai sus, în cadrul activităților extrașcolare elevii dotați pot realiza diverse observații astronomice științifice, incluzând:

- Observații astrometrice la asteroizi, comete, stele duble și supernove;

- Observații fotometrice la stele variabile, supernove și a tranzitelor exoplanetelor [Ibidem, p. 458], [183, p. 660].

În cadrul activităților extrașcolare de astronomie pot fi folosite în mod optim și camere cu senzor CMOS. Acest senzor care a fost inventat în anul 1963 de către Frank Wanlass. Analog senzorilor CCD, tehnologia CMOS utilizează efectul fotoelectric pentru transformarea luminii în semnale electrice. Un singur senzor CMOS integrează sute de tranzistori, fiecare pixel fiind reprezentat de un tranzistor distinct, facilitând astfel producerea lor la costuri reduse. În ultima perioadă, aplicațiile senzorilor CMOS, în domeniul astronomiei, au cunoscut o creștere importantă în utilizările practice [137, pp. 55-56].

2.1.2. Noțiuni de astrometrie și fotometrie

Astrometria reprezintă cea mai veche ramură a astronomiei, focalizându-se asupra efectuării măsurătorilor precise ale pozițiilor și mișcărilor stelelor și ale altor obiecte cerești.

Această disciplină se ocupă de tehnicile de observație astronomică, utilizarea instrumentelor adecvate, procesarea și analiza datelor obținute, precum și de sisteme și cadre de referință. Înainte de apariția astrofizicii, în perioada de până la sfârșitul secolului al XIX-lea, aproape toate observațiile astronomice se concentrau asupra determinării precise a pozițiilor corpurilor cerești. Cu toate acestea, în prima parte a secolului al XX-lea, astrometria a fost eclipsată de dezvoltarea astrofizicii. O schimbare semnificativă în acest domeniu a avut loc odată cu utilizarea fotografiei pentru determinarea pozițiilor stelelor, aceasta începând la sfârșitul secolului al XIX-lea și devenind o tehnică extrem de importantă în astrometrie pe parcursul multor ani. În anii '70, contribuția astrometriei la progresul astronomiei a crescut din nou, în special datorită apariției detectorilor CCD și a lansării sateliților spațiali artificiali cu misiuni concentrate pe observații astrometrice [106, p. 91].

2.1.2.1. Coordonate cerești ecuatoriale

În domeniul astronomiei, sunt utilizate diverse sisteme de coordonate, respectiv: orizontale, orare, ecuatoriale, ecliptice, galactice. În măsurătorile astrometrice cel mai utilizat este sistemul de coordonate ecuatoriale. Acest sistem are ca plan fundamental de referință – planul ecuatorului ceresc, iar ca axă fundamentală – axa lumii care este determinată de poliul nord (P) și sud (P') cerești. Coordonatele ecuatoriale a unui corp ceresc se determină prin declinație și ascensia dreaptă (Figura 2.5).

Declinația (δ) unui astru reprezintă unghiul care se formează între direcția către astru și planul ecuatorului ceresc. Aceasta se măsoară prin arcul de cerc orar de la ecuatorul ceresc spre astru. Ecuatorul ceresc este un cerc mare al sferei cerești, reprezentând proiecția ecuatorului terestru pe aceasta. Valorile declinației sunt măsurate de la ecuatorul ceresc și sunt pozitive pentru

obiectele aflate în emisfera cerească nordică, în timp ce sunt negative pentru cele din emisfera cerească sudică. Intervalul de valori pentru declinație se situează între 0° și $\pm 90^\circ$.

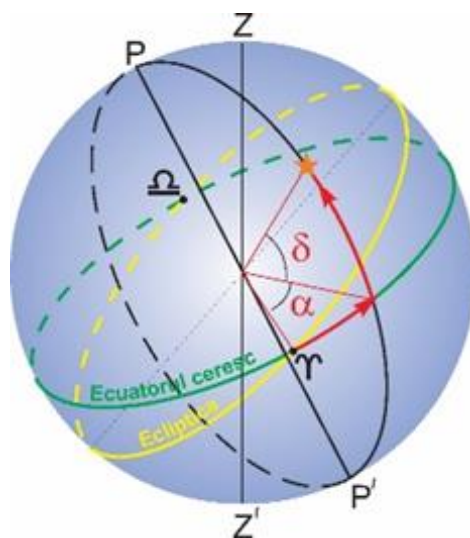


Fig. 2.5. Coordonatele cerești ecuatoriale

Ascensia dreaptă (α) a unui astru reprezintă unghiul ce se formează între planul cercului orar al astrului respectiv și direcția către punctul vernal (γ). Aceasta se măsoară pe ecuatorul ceresc, începând de la punctul vernal și urmând direcția opusă mișcării acelor de ceasornic. Intervalul de valori pentru ascensia dreaptă se situează între 0^h și 24^h [186, pp. 51-52].

2.1.2.2. Scări de timp

Timpul este esențial în descrierea și înțelegerea fenomenelor fizice și a legilor care guvernează universul. Fundamentul măsurării timpului constă în mișcarea de rotație a Pământului în jurul axei sale și mișcarea sa de revoluție în jurul Soarelui. Aceste mișcări reprezintă puncte de referință esențiale în determinarea timpului în astronomie. Mai departe, vor fi prezentate principalele unități de măsură a timpului utilizate în astrometrie și fotometrie. Timpul universal este timpul solar mediu de pe meridianul Observatorului Greenwich, care este utilizat ca punct de referință global. Timpul solar mediu reprezintă intervalul de timp scurs de la culminația inferioară a soarelui mijlociu ecuatorial până la oricare alt moment și este exprimat în submultipli ai zilei solare medii. Unitatea de măsură a timpului solar mediu este ziua solară medie, definită ca intervalul de timp dintre două culminații inferioare consecutive, ale soarelui mijlociu ecuatorial pe același meridian geografic. Timpul universal este notat cu UT (Universal Time) și este folosit în elaborarea efemeridelor pentru asteroizi, comete și alte corpuri cerești. Pentru a calcula cu precizie momentul unei observații astronomice a asteroizilor și cometelor utilizând efemeridele, este necesar să determinăm timpul legal corespunzător fusului orar al locației observatorului

astronomic. Timpul legal reprezintă timpul solar mediu al fusului orar. Relația dintre timpul fusului orar al observatorului astronomic (T_n) și timpul universal (UT) este definită în următorul mod:

$$T_n = UT \pm n^h,$$

unde n este numărul de ordine al fusului orar exprimat în ore al observatorului astronomic, iar semnul plus (+) se aplică la Est și semnul minus (-) la Vest față de primul meridian care este al Observatorului de la Greenwich.

În cazul României și Republicii Moldova, determinarea timpului legal se efectuează în conformitate cu formula următoare:

$$T = UT + 2^h.$$

Ora de vară, cunoscută și sub denumirea de timp de vară (T_v), este definită ca fiind cu o oră înaintea timpului legal al fusului orar corespunzător și, în consecință, timpul oficial este determinat folosind următoarea formulă:

$$T_v = UT + 3^h.$$

Schimbarea la ora de vară are loc în ultima duminică a lunii martie, în timp ce trecerea înapoi la ora standard are loc în ultima duminică a lunii octombrie [Ibidem, pp. 98-101].

Data iuliană (JD) reprezintă o metodă de numerotare continuă a zilelor, în care fiecare zi este asociată cu un număr distinct. Originea datei iuliene este 1 ianuarie 4713 î.Hr. ora 12.00 UT, moment în care JD primește valoarea 0. Pentru a exprima orice dată, ca epoca iuliană, se folosește următoarea relație:

$$\text{Epoca iuliană} = 2000,0 + (\text{JD} - 2451545,0)/365,25.$$

Data iuliană modificată (MJD) a fost introdusă în utilizare către sfârșitul anilor 1950, iar metoda de calcul este următoarea:

$$\text{MJD} = \text{JD} - 2400000,5.$$

Data iuliană a fost utilizată de secole de către astronomi, fiind un sistem de numărătoare care se bazează pe continuitatea numărului de zile [89, p. 76].

2.1.2.3. Cataloage de stele

În domeniile astrometriei și fotometriei, există o varietate de cataloage esențiale, dintre care unele sunt indispensabile în cadrul astronomiei observaționale. În cele ce urmează, se vor prezenta câteva dintre aceste cataloage fundamentale folosite în studiile astronomice.

Catalogul Gaia DR2. Acest catalog include date pentru aproximativ 1,7 miliarde de surse până la magnitudinea 21. Pentru aproximativ 1,3 miliarde de surse (majoritatea fiind stele), sunt disponibile date referitoare la poziții, mișcarea proprie și paralaxă. Pentru stelele rămase, este indicată doar poziția. Pozițiile din catalogul Gaia sunt extrem de precise, având o incertitudine de aproximativ 2 miliarcsecunde pentru stelele cu magnitudinea până la 20 [206].

Catalogul UCAC 4. Observațiile pentru catalogul UCAC 4, au început în anul 1998 și au fost completate în 2004. Cu aceste observații, UCAC este primul catalog de stele modern de mare densitate și complet, care nu se bazează pe imagini fotografice ale cerului, ci pe observații CCD recente. UCAC 4 include poziții, mișcări proprii și magnitudini pentru 113.780.093 de obiecte.

Precizia măsurătorilor pozițiilor stelelor de referință în UCAC 4 este de aproximativ 0,02" pentru stelele cu magnitudini cuprinse între 10 și 14, iar o precizie mai bună de 0,1" este așteptată la stelele până la magnitudinea 16. Magnitudinile au fost măsurate într-o singură bandă de culoare non-standard, dar catalogul include măsurători fotometrice în cinci benzi (B, V, g, r, i) din APASS (AAVSO Photometric All-Sky Survey) pentru peste 50 de milioane de stele [Ibidem].

2.1.2.4. Fotometria astronomică

„Ramura astrofizicii care se ocupă cu măsurarea fluxului sau intensității radiației electromagnetice emise de obiectele astronomice în intervale largi de lungime de undă este cunoscută sub numele de fotometrie astronomică” [186, p. 143].

În trecut, în cadrul observațiilor astronomice, s-au folosit în principal următoarele instrumente: ochiul, fotometrul fotoelectric, placa fotografică, bolometrul, și altele.

Cu toate acestea, în prezent, tehnologia dominantă în fotometrie este reprezentată de camera CCD. În domeniul fotometriei astronomice, există mai multe noțiuni și mărimi, iar o parte dintre acestea vor fi prezentate în continuare.

„Energia radiației electromagnetice, vizibile sau invizibile, emisă de o sursă cosmică este numită energie radiantă. Unitatea de energie radiantă, în SI, este un Joule (1 J), la fel ca și pentru celelalte forme de energie” [Ibidem, pp. 143-144].

„Cantitatea de energie radiantă care străbate o suprafață (de exemplu, obiectivul telescopului) în unitatea de timp (1 s) este numită flux radiant sau putere radiantă. Fluxul radiant

se notează cu simbolul Φ și este noțiunea fundamentală a fotometriei. Unitatea SI a fluxului radiant este un Joule pe secundă (1 J/s) sau un Watt (1 W)” [Ibidem, p. 144].

„Cantitatea totală de energie radiantă emisă de o stea ori de alt obiect astronomic în unitatea de timp (1 s) pe toate lungimile de undă este numită luminozitate. În astronomie, luminozitatea se notează cu L și se exprimă în Joule pe secundă (J/s) sau Watt, la fel ca fluxul radiant” [Ibidem, p. 145].

Luminozitatea unei stele se poate determina folosind următoarea formulă:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4,$$

unde σ este constanta lui Stefan-Boltzman: $5,67037 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$, T_e – temperatura efectivă a stelei, în Kelvin (K) și R – raza stelei în metri [89, p. 191].

Strălucirea aparentă caracterizează luminozitatea unei stele așa cum este percepută de pe Pământ. Ea depinde, atât de luminozitatea stelei, cât și de distanța acesteia față de observator. Relația dintre strălucirea aparentă și luminozitate este descrisă de următoarea formulă:

$$E = \frac{L}{4\pi r^2},$$

unde E este strălucirea aparentă a stelei (W/m^2), L – luminozitatea stelei (W) și r – distanța stelei față de Pământ (m) [Ibidem, p. 190].

2.1.2.5. Magnitudinea aparentă și absolută a stelelor

În antichitate, astronomul grec Hipparchus a elaborat un catalog astronomic conținând aproximativ 1.000 de stele. În acesta, a inclus pozițiile și strălucirea lor aparentă. Hipparchus a clasificat strălucirea stelelor în șase clase distincte și a atribuit fiecărei clase o magnitudine.

Astfel, stelele cele mai strălucitoare au fost clasificate cu magnitudinea 1, iar cele mai puțin strălucitoare, care erau vizibile cu dificultate cu ochiul liber, au fost clasificate cu magnitudinea 6.

Magnitudinea aparentă a unei stele este un număr care exprimă percepția luminoasă a stelei respective asupra ochiului uman [Ibidem, p. 191].

Magnitudinea aparentă este o măsură a strălucirii aparente a unei stele și este esențială în astronomie pentru clasificarea și compararea stelelor de pe cer.

În domeniul astronomiei, se folosește formula lui Pogson, care stabilește o relație matematică între magnitudinile aparente ale două stele și strălucirea lor:

$$m_1 - m_2 = -2,51g \frac{E_1}{E_2},$$

unde m_1, E_1 și m_2, E_2 reprezintă magnitudinile aparente și strălucirile a două stele diferite [Ibidem, p. 192].

Magnitudinea absolută reprezintă magnitudinea unei stele în cazul în care aceasta ar fi poziționată la o distanță standard de 10 parseci față de observator. Pentru a calcula magnitudinea absolută, se folosește relația următoare:

$$M = m + 5 - 5lgr,$$

unde M este magnitudinea absolută, m – magnitudinea aparentă și r – distanța în parseci [Ibidem, p. 192].

2.1.2.6. Sistemul fotometric Johnson–Cousins UBVRI. Filtre fotometrice.

Măsurarea magnitudinii unei stele depinde de fluxul său de lumină, precum și de caracteristicile telescopului și ale camerei, și chiar de condițiile atmosferice. Astronomii au dezvoltat sisteme fotometrice standard pentru a compensa și caracteriza aceste efecte. Aceștia pot compara măsurătorile de la diferite telescoape și instrumente, folosind filtre pentru a replica funcțiile de răspuns ale sistemelor standard. Primul sistem standard bine caracterizat a fost stabilit de Johnson și Morgan în 1953. Sistemul consta doar din trei benzi de frecvență, U, B și V. Ulterior, sistemul a fost extins spre partea roșie (R) și infraroșie (I) a spectrului. Banda de frecvență, lungimea de undă efectivă și lățimea de bandă pentru sistemul fotometric Johnson–Cousins UBVRI este prezentă în Tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Parametrii sistemului fotometric Johnson-Cousins UBVRI:

Banda de frecvență, lungimea de undă efectivă și lățimea de bandă [30, p. 70]

Bandă de frecvență	U	B	V	R	I
λ_{eff} (nm)	366	436	545	641	798
$\Delta\lambda$ (nm)	65	89	84	158	154

În tabel, λ_{eff} reprezintă lungimea de undă la care filtrul este cel mai sensibil sau transmisiv și $\Delta\lambda$ descrie gama de lungimi de undă pe care un filtru o permite să treacă. Majoritatea detectoarelor CCD sunt sensibile la roșu și au un răspuns slab la U, astfel că majoritatea observațiilor CCD sunt realizate cu filtrele B, V, R și I [Ibidem, pp. 107-108].

2.1.2.7. Fotometria diferențială

Pentru observarea unei stele variabile, trebuie să comparăm luminozitatea acestei stele cu cea a unei stele de referință, despre care știm că nu este variabilă. Această metodă se numește fotometrie diferențială. Atunci când cele două stele se găsesc în cadrul aceleiași imagini, procesul comparativ se simplifică. Magnitudinea instrumentală a stelei analizate în raport cu cea a stelei de referință este exprimată prin următoarea relație:

$$m_V - m_C = -2,51g \frac{\Phi_V}{\Phi_C},$$

unde m_V , Φ_V reprezintă magnitudinea și fluxul stelei variabile, iar m_C , Φ_C este magnitudinea și fluxul stelei de comparație.

În cadrul fotometriei diferențiale, magnitudinea unei stele variabile se determină față de două sau mai multe stele de referință, toate fiind în aceeași imagine, deoarece s-ar putea să nu știm dacă una dintre stelele de comparație este variabilă [Ibidem, p. 118]. Pentru măsurarea fluxului de lumină a stelelor în imaginile obținute cu ajutorul camerei CCD, se utilizează o metodă numită fotometrie de apertură [Ibidem, pp. 111-115], ilustrată în (Figura 2.6).

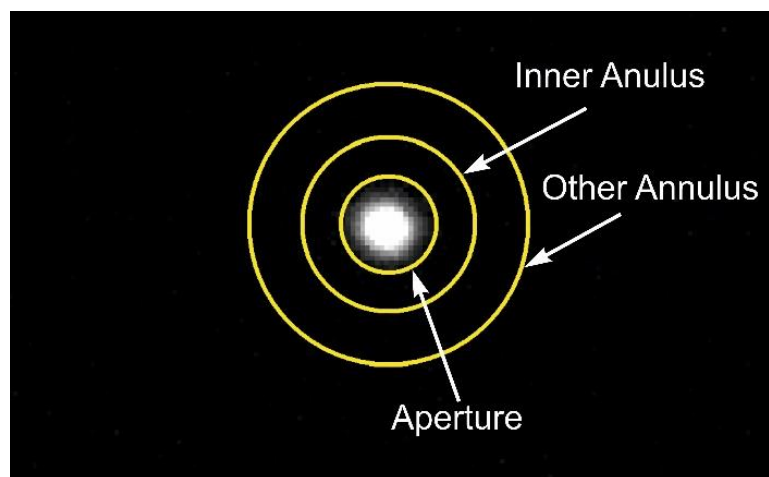


Fig. 2.6. Fotometria de apertură

Sursa: Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științe Naturii „Răsvan Angheluță” Galați

Zona delimitată de cercul interior, denumit „Aperture”, este destinată măsurării fluxului stelei în imagine. Intervalul cuprins între „Aperture” și „Inner Annulus” are rolul de a evita măsurarea fluxului de la stelele învecinate țintei și de a preveni măsurarea de două ori a aceluiași pixel pentru obiectul țintă și fundalul cerului.

Fundalul cerului este măsurat în regiunea dintre „Inner Annulus” și „Outer Annulus”. Este esențial ca, în acest interval, să nu se afle stele din imediata apropiere a obiectului țintă.

În cadrul fotometriei de apertură, prezentată în figura anterioară, dimensiunea zonelor circulare poate fi optimizată pentru a asigura măsurarea precisă a fluxului [227].

În domeniul fotometriei, o mărime fundamentală este Signal-to-Noise Ratio (SNR) care înseamnă raportul semnal/zgomot al unei surse de lumină, cum ar fi o stea, un asteroid sau o supernovă, dintr-o imagine achiziționată cu camera CCD.

Acesta ne oferă informații despre precizia măsurărilor efectuate. Precizia este exprimată în magnitudini și poate fi determinată folosind următoarea relație [193, pp. 58-60]:

$$1\sigma_{\text{mag}} = \frac{1,0857}{\text{SNR}}.$$

2.1.2.8. Extincția atmosferică și masa de aer

Scăderea intensității luminii unei stele, cauzată de trecerea acesteia prin atmosfera Pământului, este cunoscută sub numele de extincție atmosferică. Acest fenomen devine mai pronunțat atunci când observăm steaua aproape de linia orizontului.

De asemenea, efectul extincției variază în funcție de lungimea de undă a luminii din spectrul vizibil. De exemplu, lumina roșie este afectată mai puțin de acest fenomen comparativ cu cea albastră, deoarece atmosfera dispersează într-o măsură mai mică radiația roșie [30, p. 120].

Masa de aer reprezintă o măsură a lungimii drumului luminii de la un obiect astronomic prin atmosfera Pământului la observator. Când steaua se află direct deasupra noastră (la zenit), această distanță este minimă.

În contrast, când steaua este în apropiere de linia orizontului, distanța parcursă de lumină prin atmosferă este maximă. Putem determina „masa de aer” utilizând următoarea formulă:

$$X = \frac{1}{\cos z},$$

unde z este distanța zenitală a stelei. $z = 900 - h$, unde h este înălțimea stelei deasupra orizontului. Când o stea este la zenit, $z = 0$ și $X = 1,00$. (Figura 2.7).

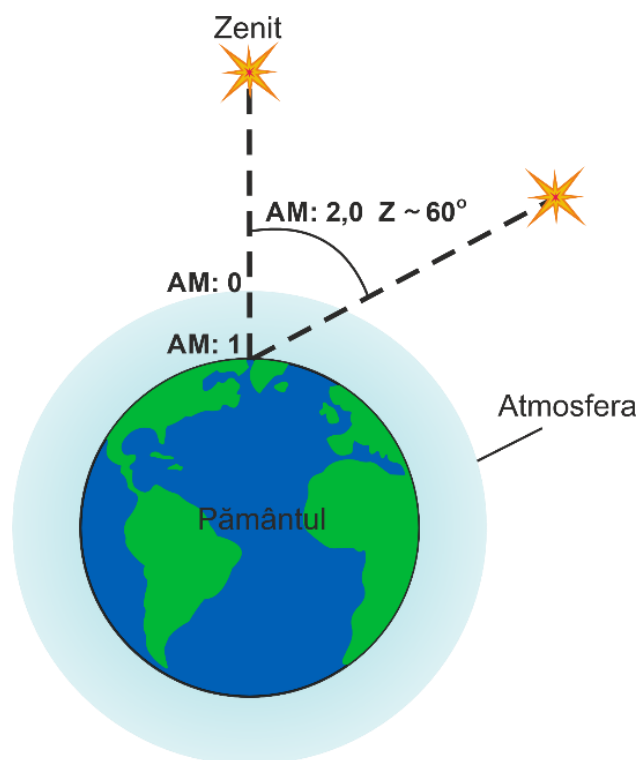


Fig. 2.7. Relația dintre masa de aer și distanța zenitală

Dacă steaua este la 30° deasupra orizontului, atunci $z = 60^{\circ}$ și $X = 2,0$. În domeniul astronomiei observaționale nu este recomandată observarea corpurilor cerești aflate la o înălțime sub 30° față de orizont, deoarece acest lucru afectează calitatea observațiilor [193, pp. 68-69].

2.2. Metodologia formării unităților de competențe necesare investigațiilor astronomice

Într-un sens larg, metodologia este văzută ca știința care se ocupă cu studiul metodelor și ea „denumește în principal teoria științifică a metodelor de cercetare și mai ales de interpretare, ansamblul principiilor după care o disciplină se călăuzește și construiește” [190, p. 49]. Într-o altă accepțiune, metodologia se referă la studierea metodelor de cercetare și implică, totodată, și „angajamentele filozofice și teoretice care stau la baza cercetării” [158, p. 140]. Din acest motiv, fără stăpânirea fundamentelor metodologice ale unei științe, nu se poate înțelege esența aplicării acelei științe în practică [92, p. 2019].

În pedagogie, în schimb, metodologia are un sens mai restrâns și se referă la „disciplinele didactice speciale privind condițiile, metodele și procedeele adecvate predării și învățării unei materii de învățământ” [190, p. 49]. Într-o definiție mai succintă, metodologia este „ansamblul metodelor și procedeele aplicate în procesul de instruire” [116, p. 49]. Într-o altă lucrare, Mușata-Dacia Bocoș definește metodologia didactică drept „o pârgie operațională de asigurare a învățării și formării, a însușirii cunoștințelor și a formării abilităților, capacităților, competențelor,

comportamentelor elevilor” [20, p. 211]. Ioan Cerghit scrie că „A vorbi despre metodologia instruirii înseamnă a vorbi despre modul în care învață elevii/studentii, despre modul în care se predă materia și despre felul în care sunt evaluate rezultatele înregistrate” [34, p. 21]. Pentru Elubaeva Aysuliv, metodologia definește un sistem de tehnici și strategii de instruire care sunt utilizate pentru a îmbunătăți experiența de învățare a elevilor, scopul fiind acela de a reduce decalajul dintre profesor și elev și de a facilita un transfer eficient de cunoștințe [59, p. 82]. O altă definiție este propusă de Hamrakulov J. care notează că metodologia pedagogică conține principiile, tehnicile, metodele, procedeele și tot ansamblul organizatoric necesar efectuării cercetării științifice specifice, adică, în acest caz, este vorba de studiul fenomenelor pedagogice în vederea atingerii obiectivelor specifice procesului de învățământ. Metodologia pedagogică nu se referă la o predare a metodelor specifice, ci, ea este o modalitate de planificare, de proiectare, de implementare și apoi de control, monitorizare și de evaluare a metodelor pedagogice utilizate în domeniul educației și formării [80, p. 24].

Conceptul de metodă își are originea în greaca veche unde „methodos” înseamnă „cale”. Cu toate acestea, termenul, așa cum este folosit de noi astăzi, este unul modern. El este folosit cu sensul actual abia în anul 1620, în Noul Organon al lui Francis Bacon [43, p. 242].

În percepția unor specialiști, metoda didactică este calea prin care se desfășoară procesul pedagogic, calea pe care conducem elevul dinspre ignoranță spre cunoaștere [113, p. 2484]. La noi, metoda a fost văzută drept „un ansamblu organizat de procedee sau moduri de realizare practică a operațiilor care stau la baza acțiunii; o înlănțuire de procedee care conduc în mod programat și eficace la realizarea scopurilor sau obiectivelor propuse” [34, p. 20]. Ca o completare, merită adusă observația făcută de Mușata-Dacia Bocoș care scrie că „metoda didactică reprezintă elementul de legătură între componentele procesului curricular: obiectivele educaționale, conținuturile curriculare, resursele umane, resursele curriculare, relațiile educative ș.a.” [21, p. 77].

Aceeași autoare scrie într-o altă lucrare că metodica este „un ansamblu de instrumente teoretice operaționale, extrem de utile cadrului didactic în proiectarea, realizarea, evaluarea și reglarea activităților educaționale” [20, p. 30]. Metodica, ajunge în acest fel, să indice și să analizeze „obiectivele, resursele, condițiile, metodele și procedeele adecvate pentru predarea-învățarea-evaluarea unei discipline de învățământ, pentru însușirea de către elevi sau studenți a unei discipline de învățământ, la nivelul structurilor sale de bază, determinate curricular, psihologic și social” [190, pp. 48-49].

Într-un studiu care abordează problema conceptelor de „metodică”, „metodologie” și „metodologie specială”, Maria Rotaru examinează evoluția acestor concepte în literatura pedagogică. Autoarea arată că, atunci când se vorbește despre metodologia instruirii, specialiștii

se referă la „teoria care urmărește prin esența sa valorificarea mijloacelor, metodelor și procedeele didactice în relație optimă cu atitudinea profesională a cadrelor didactice, cu harul pedagogic și celelalte componente ale procesului de instruire, în vederea optimizării în permanență a activității didactice” [148, p. 6].

Maria Rotaru notează că definițiile metodologiei de instruire sunt multe la număr, așa cum am putut observa, și ele evocă o evoluție în timp, atât a praxiologiei instruirii, cât și a teleologiei acesteia din urmă. Totuși, ea îmbrățișează definiția în care metodologia de acest tip este văzută ca o „construcție teoretică, care orientează modalitățile, procedeele și mijloacele de cercetare a realității, aplicabile la nivelul activității umane aflate în studiu, în cazul nostru la nivelul acțiunii de instruire” [Ibidem, p. 7]. Autoarea arată și că o definiție, care circula în spațiul rusesc, la începutul secolului trecut, prezenta metodologia drept „totalitatea metodelor, prin aplicarea cărora știința își obține statutul său” [Ibidem, p. 8].

Pe de altă parte, prin metodică se trimite la suma procedeele care împlinesc realizarea principiilor enunțate „care întemeiază acest statut, *cel de metodologie*” [Ibidem, p. 8].

Astfel, obiectivul metodicii este cel de a-i învăța anumite lucruri pe ceilalți într-o manieră care trebuie să dea dovadă că este cât mai rațională, pe când metodologia are menirea de a-i face pe cei care se află în poziția de învățător să fie chiar ei cei învățați într-un domeniu anume.

Rotaru invocă mai mulți pedagogi și constată că aceștia cad de comun acord asupra definirii altor termeni care intră sub incidența problematicii noastre. Astfel, autoarea ajunge să sintetizeze o serie de alți termeni necesari demersului nostru de cercetare.

Printre aceștia, amintim următoarele definiții: *strategiile*, care în sinteza autoarei, sunt definite ca „aspecte de pregătire, proiectare, realizare a unei activități de predare/învățare/evaluare; structuri dinamice ale variabilelor procesului de învățământ în scopul atingerii obiectivelor educaționale în condițiile unei investiții minime de resurse [Ibidem, p. 9]; *tehnicele* sunt „totalitatea de procedee utilizate în executarea unor operațiuni, modalități de a realiza ceva; ansamblul prescripțiilor metodologice (reguli, procedee) pentru o acțiune eficientă” [Ibidem, p. 10]; *metodele* se referă la „căi, direcții de acțiune, moduri de realizare a acțiunilor concrete pentru atingerea unui scop concret în procesul de învățământ” [Ibidem, p. 9].

În acest context, trebuie definit un alt concept folosit în această teză: unitatea de competență. Acesta nu a fost definit doar de către specialiști, ci a făcut și obiectul definirii din punct de vedere legal. Astfel, în *Ghidul practic de elaborare a curriculumului pentru învățământul profesional tehnic postsecundar și postsecundar nonterțiar*, publicat în anul 2016, sub auspiciile Ministerului Educației al Republicii Moldova, el este definit drept „un sistem de cunoștințe,

abilități practice și/sau atitudini necesare pentru a realiza anumite atribuții și sarcini cognitive și/sau funcțional-acționare” [117, p. 13].

2.2.1. Metodica observațiilor astrometrice la asteroizi și comete

Obiectivele educaționale:

- Acumularea de cunoștințe și capacități pentru realizarea de observații astrometrice la asteroizi și comete;
- Dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru reducerea și analiza datelor astrometrice.

Pentru efectuarea observațiilor astrometrice la asteroizi și comete, se recomandă următorul material didactic: un telescop echipat cu o oglindă principală de minimum 200 mm în diametru, montat pe o montură ecuatorială de tip german cu sistem GoTo, împreună cu o cameră CCD sau CMOS pentru achiziția imaginilor. Setul de echipamente este completat de o lunetă și o cameră specializată pentru ghidaj, adaptoare și cabluri necesare, plus un laptop cu acces la internet. Pentru achiziția imaginilor și reducerea datelor se recomandă utilizarea programelor MaxIm DL și Astrometrica.

În cadrul metodicii de realizare a observațiilor astrometrice la asteroizi și comete, activitățile de învățare se împart în teoretice și practice. Activitățile teoretice se concentrează pe transmiterea cunoștințelor privind definirea, clasificarea și observarea asteroizilor și a cometelor, prin intermediul prezentărilor multimedia, cum ar fi cele realizate în PowerPoint. Activitățile practice se concentrează pe instruirea utilizării instrumentelor, cum ar fi telescopul și camera CCD, pentru observarea asteroizilor și a cometelor, precum și pe inițierea elevilor dotați în procesul de reducere și analiză a datelor științifice obținute prin intermediul observațiilor. Evaluarea progresului elevilor și a eficacității metodei didactice se face prin intermediul unor teste de verificare a cunoștințelor. Activitățile de autoevaluare care permit elevilor să-și evalueze progresul se pot realiza atunci când aceștia pot să realizeze observații la asteroizi și comete fără ajutorul unui profesor.

Sistemul nostru solar este format din opt planete care orbitează Soarele, precum și din planete pitice, asteroizi, comete, obiecte transneptuniene și sateliți care orbitează planetele. Acesta s-a format, acum aproximativ 4,5 miliarde de ani, dintr-o nebuloasă de praf și gaz interstelar.

Materia din această nebuloasă primordială nu a fost consumată complet la formarea Soarelui și a planetelor, reziduurile acestora fiind gheață, metale și rocă. Din aceste resturi s-au format corpurile mici din Sistemul Solar. Un corp mic al Sistemului Solar se referă la orice corp ceresc care nu este considerat planetă, planetă pitică sau satelit natural. Această definiție a fost dată în anul 2006 de către Uniunea Astronomică Internațională (UAI) prin intermediul Rezoluției

B5 [219]. Conform acestei rezoluții corpurile mici ale Sistemului Solar includ asteroizii și cometele.

Asteroizii reprezintă un grup numeros și dispersat de corpurile mici din Sistemul Solar care orbitează în jurul Soarelui. Majoritatea asteroizilor sunt situați între Marte și Jupiter într-o zonă numită centura principală de asteroizi (Figura 2.8).

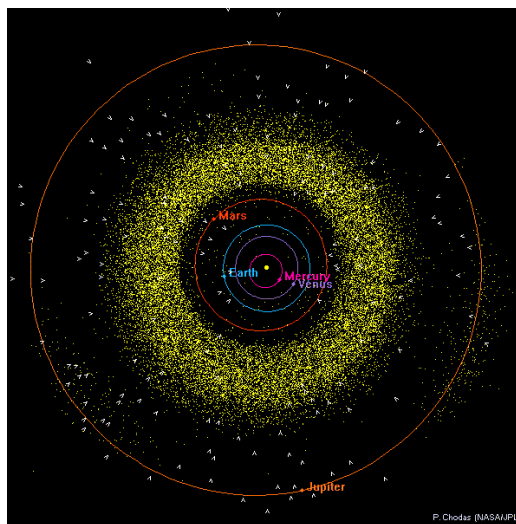


Fig. 2.8. Distribuția asteroizilor în zona interioară a Sistemului Solar la 1 ianuarie 2018

Sursa: [220]

La data de 7 februarie 2023, erau descoperiți 1.264.731 de asteroizi. Această statistică a făcut uz de date furnizate de Minor Planet Center (MPC). Aceasta este o instituție ce funcționează sub auspiciile Uniunii Astronomice Internaționale [223]. Cei mai observați asteroizi din Sistemul Solar sunt asteroizi apropiați Pământului numiți Near-Earth Asteroids (NEAs). Orice asteroid cu o distanță la periheliu mai mică de 1,3 unități astronomice (au) este clasificat ca fiind un NEA [209]. Periheliul este cel mai apropiat punct de Soare, situat pe orbita eliptică a unui corp ceresc ce gravitează în jurul acestuia, iar „au” este o unitate de măsură a lungimii folosită în astronomie și este egală cu aproximativ 150 de milioane de kilometri [174, p. 234].

Cometele sunt formate din praf și gheață, cu un nucleu de câțiva kilometri în diametru și au fost observate pe cer încă din cele mai vechi timpuri. O cometă este compusă din nucleu, coamă și coadă. Majoritatea acestor corpurilor cerești au orbite eliptice și sunt comete periodice. Există, de asemenea, comete care trec o singură dată prin apropierea Soarelui, numite comete neperiodice, cu orbite parabolice sau hiperbolice. La data de 7 februarie 2023, conform statisticii oficiale de la Minor Planet Center, erau descoperite 4.497 de comete [223]. Pentru a efectua observații astrometrice la asteroizi și comete, este necesar să se alcătuiască o listă de obiecte eligibile pentru observare, lista care este alcătuită în urma analizării bazei de date de la MPC [Ibidem].

Pentru a face acest lucru, trebuie accesate paginile NEO Confirmation și Possible Comet Confirmation pentru identificarea obiectelor nou-descoperite, precum și verificarea paginilor NEOCMTChecker și MPCChecker, din secțiunea NEO Services, pentru identificarea asteroizilor apropiați Pământului, cometelor sau asteroizilor din centura principală.

După obținerea listei de obiecte, se accesează pagina Ephemeris Service (Minor Planet & Comet Ephemeris) pentru a obține efemeridele acestora, care conțin diverse informații, inclusiv coordonatele lor. Pentru a obține aceste efemeride, se introduce numele obiectului, intervalul de timp pentru care se doresc predicții și codul MPC al observatorului astronomic sau coordonatele geografice și altitudinea locului de unde se vor face observațiile.

Pentru a realiza observații astronomice, se introduc coordonatele obiectului în softul MaxIm DL, după care se da comanda „Go To”, astfel încât telescopul să țintească către zona de pe cer unde se găsește obiectul vizat. Este foarte important ca, în timpul observațiilor, obiectul să aibă o înălțime de peste 30° deasupra orizontului.

În continuare, se utilizează funcția Autosave Setup disponibilă în MaxIm DL pentru a configura camera CCD pentru realizarea unui set de imagini necalibrate. Această funcție permite și configurarea duratei de expunere a imaginilor care trebuie să fie destul de lungă, astfel încât raportul semnal/zgomot (SNR) al obiectului ceresc să fie mai mare de 5. Numărul de imagini trebuie să fie trei sau patru, iar durata de expunere poate varia între câteva zeci de secunde și câteva minute, în funcție de viteza aparentă de deplasare a obiectului pe cer (sky motion) și de mărimea acestuia (Figura 2.9).

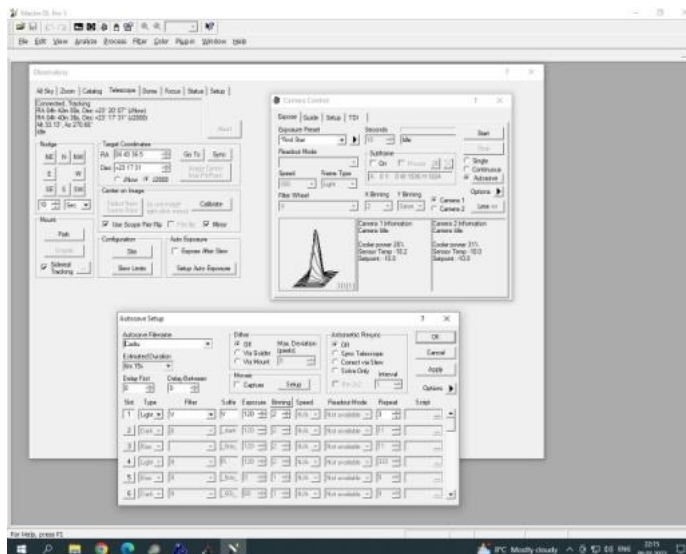


Fig. 2.9. Configurarea camerei CCD cu ajutorul softului MaxIm DL (captură de ecran)

După obținerea imaginilor, acestea sunt calibrate cu cadre master flat, master dark și master bias utilizând softul MaxIm DL. În etapa următoare, imaginile calibrate sunt analizate cu ajutorul softului Astrometrica, care este specializat în reducerea datelor astrometrice din imagini. Înainte de a putea utiliza eficient softul Astrometrica, sunt necesare câteva setări ale programului pentru procesare imaginilor. În acest scop, se poate consulta ghidul disponibil la adresa: <http://www.astrometrica.at/Papers/Astrometrica-Settings.pdf> (Figura 2.10).

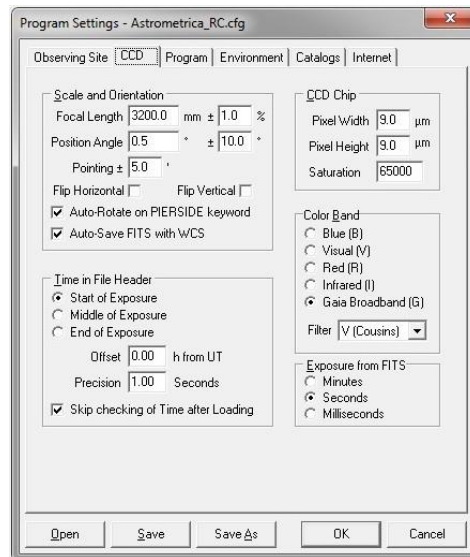


Fig. 2.10. Setarea programului Astrometrica (captură de ecran)

Pentru utilizare softului Astrometrica există un manual elaborat de astronomii Dr. Ruxandra Toma și Dr. Ovidiu Văduvescu pentru proiectul EURONEAR (disponibil la adresa: <http://www.euronear.org/manuals/Astrometrica-UsersGuide-EURONEAR.pdf>).

În continuare, voi expune o metodă simplificată pentru utilizarea programului Astrometrica:

- Se deschide softul;
- Se încarcă imaginile prin intermediul comenzilor „File/Load Images”;
- Se dau comenzile „Internet/Download MPCOrb” pentru actualizarea bazei de date cu asteroizi și comete cunoscute;
- După încărcarea imaginilor, se utilizează comenzile „Astrometry/Data Reduction” și se recunosc stelele din imagini utilizând catalogul de referință ales;
- Se folosește comenzile „Tools/Known Object Overlay” pentru a vizualiza obiectele (asteroizi, comete) cunoscute din cadrul imaginilor;
- Urmează comenzile „Tools/Blink Images” pentru a observa mișcarea aparentă a obiectului;

- Pe prima imagine se măsoară poziția acestuia prin intermediul comenzilor „click stânga la mouse/ /OK/Accept” (Figura 2.11);
- Această procedură se repetă pentru fiecare imagine.

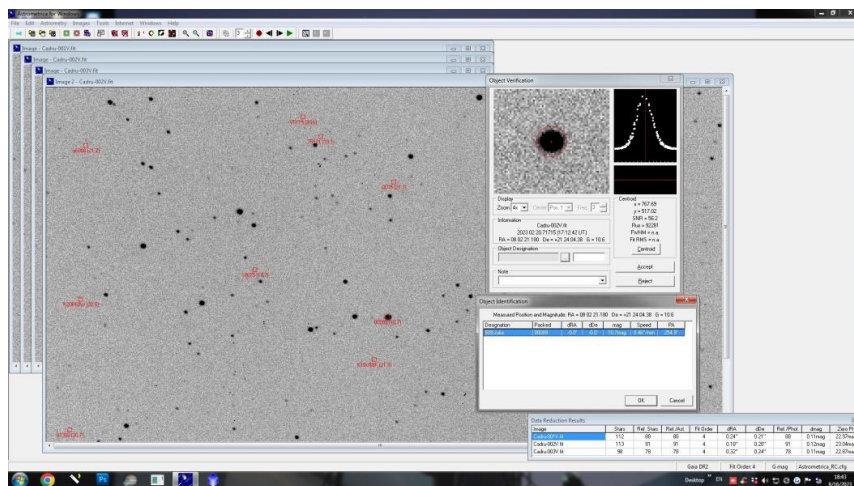


Fig. 2.11. Măsurarea poziției unui asteroid cu softul Astrometrica (captură de ecran)

Raportul care conține măsurătorile astrometrice poate fi vizualizat prin intermediul comenzilor „File/View MPC Report File”. La final, se întocmește un raport cu măsurătorile astrometrice care poate fi trimis către Minor Planet Center prin intermediul adresei de e-mail: obs@cfa.harvard.edu. În continuare se poate vedea ca exemplu un model de raport cu măsurătorile la asteroidul Thyra:

COD C73

OBS O. Tercu

MEA O. Tercu

TEL 0.4-m f/8 Ritchey-Chretien + CCD

AC2 ovidiu.tercu@gmail.com

NET Gaia DR2

00115	C2023 03 13.73633 04 36 24.322+27 54 36.12	11.6 G	C73
00115	C2023 03 13.73712 04 36 24.446+27 54 35.95	11.6 G	C73
00115	C2023 03 13.73792 04 36 24.559+27 54 35.52	11.6 G	C73

În cadrul acestui raport, următoarele componente înseamnă:

COD C73 este codul MPC al observatorului astronomic unde s-au realizat observațiile;

OBS O. Tercu – persoana care a realizat observațiile;

MEA O. Tercu – persoana care a realizat măsurătorile;

TEL 0.4-m f/8 Ritchey-Chretien + CCD – instrumentele cu care s-au realizat observațiile;

AC2 ovidiu.tercu@gmail.com – adresa de e-mail a persoanei care trimite raportul;

NET Gaia DR2 – catalogul cu stele de referință care a fost utilizat la realizarea măsurătorilor astrometrice;

00115 – identificator al asteroidului atribuit de MPC;

C2023 03 13.73633 – este timpul la începutul expunerii, exprimat în UT cu fracțiune de zi;

04 36 24.322 – ascensia dreaptă a asteroidului;

27 54 36.12 – declinația asteroidului;

11.6 G – magnitudinea aparentă a asteroidului.

Analiza acestor rezultate permite ca măsurătorile astrometrice obținute să fie comparate cu alte măsurători realizate anterior, atât de noi cât și de alți observatori, pentru a evalua consistența datelor și pentru a identifica orice variații în mișcarea și magnitudinea asteroizilor și cometelor observate în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Metodica observațiilor astrometrice la asteroizi și comete are o importanță pedagogică deosebită, deoarece permite elevilor să-și dezvolte competențele în domeniul științific, precum și abilitățile de observare, analiză și interpretare a datelor obținute din observații. Această metodică de învățare practică le permite elevilor să înțeleagă procesul de investigație științifică și să își dezvolte competența investigativă prin intermediul observațiilor astronomice. Utilizând această metodică, elevii au ocazia de a învăța prin experiență și de a experimenta direct cu instrumentele și tehnicile utilizate în observațiile astronomice. Această experiență poate avea un impact puternic asupra înțelegerii lor a procesului de investigație științifică. Efectuarea observațiilor astrometrice impune elevilor lucrul în echipă și colaborarea pentru a obține date precise, ceea ce contribuie la dezvoltarea abilităților de lucru în echipă. Această metodică implică utilizarea unor instrumente și tehnologii sofisticate, cum ar fi telescopul și camera CCD, ceea ce le oferă elevilor o oportunitate excelentă de a dezvolta abilități tehnologice și digitale. Observarea astrometrică a asteroizilor și cometelor poate fi o activitate fascinantă și impresionantă, care poate motiva elevii să își continue studiile în domeniul astronomiei și, în general, al științei.

2.2.2. Metodica observațiilor astrometrice la stele duble

Obiectivele educaționale:

- Acumularea de cunoștințe și capacități pentru realizarea de observații astrometrice la stele duble;
- Dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru reducerea și analiza datelor astrometrice.

Pentru realizarea observațiilor la stele duble, se recomandă materialul didactic care a fost indicat la metodica observațiilor astrometrice la asteroizi și comete. În vederea achiziției imaginilor și reducerii datelor se recomandă utilizarea programelor MaxIm DL și Astrometrica.

În cadrul acestei metodici, activitățile de învățare sunt compuse atât din aspecte teoretice, cât și din aspecte practice. Componenta teoretică se concentrează pe transmiterea cunoștințelor privind definirea, clasificarea și observarea stelelor duble, prin intermediul prezentărilor multimedia, cum ar fi cele realizate în PowerPoint. Pe de altă parte, componenta practică se concentrează pe instruirea utilizării instrumentelor, cum ar fi telescopul și camera CCD, pentru observarea stelelor duble, precum și pe inițierea elevilor în procesul de reducere și analiza datelor științifice obținute prin intermediul observațiilor. Evaluarea performanțelor elevilor și eficacității acestei metode didactice se realizează prin intermediul instrumentelor de evaluare, cum ar fi testele de verificare a cunoștințelor. Activitățile de autoevaluare, care permit elevilor să-și evalueze progresul, pot fi implementate prin realizarea de observații independente la stele duble, fără asistența directă a profesorului. Stelele duble pot fi clasificate în două categorii principale: stele duble optic și stele duble fizic. Stelele duble optic au poziții aparente apropiate pe bolta cerească, fără o legătură fizică, deoarece distanța dintre stele este mare, iar acestea se află pe direcția noastră de observație. Pe de altă parte, stelele duble fizic sunt sisteme în care stelele se mișcă pe orbite eliptice în jurul centrului comun de masă. Perioada orbitală variază de la câteva ore sau ani la până zeci de mii de ani. Stelele duble fizic sunt, de asemenea, cunoscute în literatura de specialitate sub numele de stele binare (Figura 2.12).

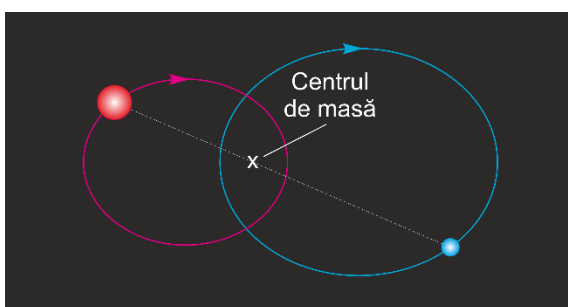


Fig. 2.12. Orbitele stelelor într-un sistem binar

Astronomii au descoperit și sisteme formate din trei sau mai multe stele legate fizic. Mai mult de 50% din stele se află în sisteme binare sau multiple [98, p. 241].

Observațiile astrometrice ale stelelor duble se concentrează pe determinarea a doi parametri importanți: unghiul de poziție și separarea unghiulară dintre componentele sistemului binar [47, p. 202]. Aceste observații sunt esențiale pentru studiul dinamicii acestor sisteme și determinarea orbitei celor două componente.

Separarea este un parametru important în studiul stelelor duble, reprezentând distanța unghiulară dintre cele două componente ale sistemului. Unghiul de poziție reprezintă unghiul dintre o linie imaginară care trece prin pozițiile celor două componente și direcția nordului. Acesta se măsoară de la nord către est (Figura 2.13).

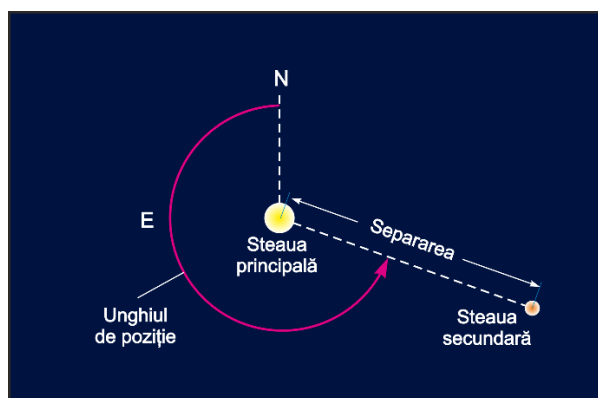


Fig. 2.13. Separarea și unghiul de poziție la stele duble

Magnitudinile stelelor din sistem pot fi determinate, iar componenta cea mai strălucitoare este considerată componenta primară. Schimbările pozițiilor celor două stele în sistemul binar permite determinarea orbitei acestora, dacă există suficiente măsurători de poziție efectuate în timp. Aceasta reprezintă importanța științifică a observațiilor astrometrice ale stelelor duble.

În vederea selecției stelelor duble pentru realizarea observațiilor astrometrice, se pot utiliza diverse instrumente. Unul dintre acestea este Washington Double Star Catalog (WDS), care poate fi accesat prin intermediul site-ului web: <http://www.astro.gsu.edu/wds/>. În plus, astronomul amator Lucian Curelaru a dezvoltat o altă metodă de selecție, bazată pe o vastă experiență în observarea stelelor duble, prin intermediul unui instrument specializat disponibil pe pagina web EURONEAR sub denumirea de WDSFilter și care poate fi accesat la următoarea adresă: <http://www.euronear.org/tools/dstars/wdsfilter/wdsfilter.php>.

La selecția stelelor duble pentru realizarea observațiilor astrometrice cu elevii dotați trebuie utilizate următoarele criterii:

1. Magnitudinea celor două componente trebuie să fie mai mică decât magnitudinea limită a telescopului, astfel încât cele două componente să fie vizibile în imagine. Magnitudinea limită a unui telescop dotat cu o cameră CCD este cea mai mică magnitudine a unei stele pe care telescopul o poate detecta și măsura cu precizie utilizând camera CCD. Această magnitudine depinde de mai mulți factori, inclusiv de diametrul oglinzii principale a telescopului, eficiența cuantică a camerei CCD și nivelul de poluare luminoasă;

2. Separarea dintre cele două stele trebuie să fie cât mai mare ca să poată fi ușor de observat cele două componente. Stelele duble selectate trebuie să fie situate în zone de pe cer mai puțin populate cu stele, deoarece sunt mai greu de identificat și mai puțin potrivite pentru observare. Steaua dublă selectată trebuie să fie la cel puțin 30° deasupra orizontului în timpul observației pentru a evita un seeing mare. Acesta influențează calitatea imaginii datorită turbulenței atmosferice.

Acestea sunt două criterii generale, dar atunci când se realizează observații astrometrice vom întâlni mai multe dificultăți. Pixel scale și seeing sunt doi factori importanți care pot influența separarea pe care trebuie să o alegem pentru observarea unei stele duble. În general, cu cât pixel scale-ul este mai mic și seeing-ul este mai bun, cu atât poate fi observată o separare mai mică între componentele unei stele duble. Prin urmare, dacă există un pixel scale mic și un seeing bun, se poate alege o separare mai mică pentru observarea stelei duble, în timp ce dacă pixel scale-ul este mai mare sau seeing-ul este mai slab, este recomandat să se aleagă o separare mai mare.

Observațiile astrometrice ale stelelor duble implică obținerea unui set de imagini cu diferiți timpi de expunere, pentru a determina dacă cele două componente sunt vizibile și pot fi măsurate astrometric. În același timp, se verifică dacă steaua principală nu este saturată. O stea este saturată într-o imagine achiziționată cu o cameră CCD dacă pixelii au atins capacitatea maximă de a înregistra fotoni suplimentari. Imaginile sunt calibrate cu cadre master flat, master dark și master bias utilizând softul MaxIm DL. La sfârșit, se alege cea mai optimă imagine și se efectuează măsurătorile pozițiilor celor două componente cu softul Astrometrica, la fel cum se măsoară pozițiile asteroizilor. Procedura utilizării softului Astrometrica pentru măsurători astrometrice este descrisă în subcapitolul unde este prezentată metoda observațiilor astrometrice la asteroizi și comete.

Pentru a vizualiza măsurătorile obținute pentru fiecare componentă, se poate utiliza comenzile „File/View MPC Report File”. Pentru a calcula unghiul de poziție și separarea, se copiază fiecare linie care conține măsurători și alte date din MPC Report File pentru fiecare componentă a sistemului binar utilizând comanda „copy”, iar cu comanda „paste” se introduc într-o foaie de calcul Excel realizată de astronomul amator Lucian Curelaru.

Această foaie de calcul Excel poate fi accesată la următoarea adresă: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1uNyVdGDD3tyMtPPWz1tJEiInKKeasV6ZdaT0G63G9zU/edit#gid=154464203>. După utilizarea acestei foi de calcul, valorile rezultate vor fi exprimate în următoarele unități de măsură: unghiul de poziție în grade, separarea – în arcsecunde. În cazul în care aceste rezultate sunt prezentate într-un articol, valorile pentru unghiul de poziție vor fi exprimate cu o singură cifră zecimală, iar valorile pentru separare vor fi exprimate cu două cifre

zecimale. La final, valorile unghiului de poziție și ale separării se compară cu datele anterioare obținute din Washington Double Star Catalog pentru a observa evoluția sistemului binar de-a lungul timpului.

Metodica observațiilor astrometrice la stelele duble are ca obiective educaționale acumularea de cunoștințe și deprinderi pentru realizarea observațiilor astrometrice asupra stelelor duble și dezvoltarea abilităților de reducere și analiză a datelor astrometrice.

Aceasta se realizează prin activități de învățare compuse atât din aspecte teoretice, cât și din aspecte practice, care se concentrează pe transmiterea cunoștințelor privind definirea și clasificarea stelelor duble. Prin aplicarea acestei metodici, elevii dobândesc o serie de competențe, cum ar fi dezvoltarea gândirii critice și a spiritului de observație, dezvoltarea abilităților de analiză și interpretare a datelor astrometrice, dezvoltarea abilităților practice de utilizare a instrumentelor de observație și a softurilor de reducere și analiză a datelor, precum și dobândirea cunoștințelor teoretice privind observarea stelelor duble. Această metodică poate fi eficientă în contextul activităților educaționale extrașcolare sau în cadrul programelor de studiu a astronomiei, deoarece implică formarea competenței investigaționale în cadrul activităților de observație și interpretare a datelor obținute, care sunt esențiale în cercetarea științifică. Prin intermediul acestei metodici, elevii dobândesc cunoștințe și competențe practice utile pentru activitățile viitoare de cercetare, precum și o mai bună înțelegere a fenomenelor astronomice și a metodelor de investigație a acestora.

Cu toate acestea, aplicarea acestei metodici poate fi dificilă și necesită o pregătire temeinică a elevilor și a profesorilor implicați în proces. De asemenea, este necesară asigurarea unor resurse adecvate pentru realizarea observațiilor astrometrice. Este important de menționat că observațiile astrometrice ale stelelor duble necesită anumite echipamente și instrumente specializate, ceea ce poate fi o limitare pentru unele școli sau instituții de învățământ.

În concluzie, utilizarea acestei metodici în activitățile educaționale poate fi eficientă pentru dezvoltarea competenței investigaționale și dobândirea de cunoștințe și abilități practice esențiale pentru activitățile de cercetare în domeniul astronomiei observaționale și poate fi benefică pentru dezvoltarea abilităților elevilor în domeniul astronomiei și științelor conexe, precum și pentru dezvoltarea interesului lor pentru aceste domenii.

2.2.3. Metodica observațiilor fotometrice la stele variabile

Obiectivele educaționale:

- Acumularea de cunoștințe și capacități pentru realizarea observațiilor fotometrice la stele variabile;

- Dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru reducerea datelor fotometrice și analiza curbelor de lumină.

În vederea efectuării observațiilor fotometrice la stele variabile, se recomandă utilizarea materialului didactic care a fost indicat la celelalte metodici de observare astronomică prezentate anterior. Pentru achiziția imaginilor, reducerea datelor și analiza curbei de lumină se recomandă utilizarea programelor MaxIm DL, AstroImageJ, MPO Canopus, Peranso și VStar.

În cadrul metodicii pentru realizarea observațiilor fotometrice la stele variabile, activitățile de învățare sunt compuse atât din activități teoretice, cât și din activități practice. Componenta teoretică se concentrează pe transmiterea cunoștințelor privind definirea, clasificarea și observarea stelelor variabile, prin intermediul prezentărilor multimedia, cum ar fi cele realizate în PowerPoint.

Pe de altă parte, activitățile practice constau în instruirea utilizării instrumentelor, cum ar fi telescopul și camera CCD, pentru observarea stelelor variabile, precum și pe inițierea elevilor în procesul de reducere și analiză a datelor științifice obținute prin intermediul observațiilor.

Evaluarea elevilor se poate realiza cu ajutorul unor teste de verificare a cunoștințelor. Autoevaluarea elevilor poate fi realizată prin realizarea de observații astronomice, fără prezența unui îndrumător.

Stelele variabile sunt stele care prezintă fluctuații în luminozitatea lor, acestea fiind clasificate în două categorii principale: stele variabile intrinseci și extrinseci.

La stelele variabile intrinseci, variația în luminozitate poate fi cauzată de fenomene fizice care au loc în interiorul sau la suprafața stelei. La cele extrinseci, variabilitatea se datorează unor factori externi, cum ar fi eclipsarea reciprocă a două stele dintr-un sistem binar sau fenomene legate de rotația lor [180, p. 89].

Observațiile fotometrice ale stelelor variabile cu cele mai mari precizii sunt cele realizate prin metode fotoelectrice sau utilizând camere CCD. Curba de lumină a unei stele variabile reprezintă variația magnitudinii (luminozității) în timp a stelei și prin analiza acestei curbe, se poate determina amplitudinea magnitudinii și perioada, în cazul în care steaua variabilă este periodică [98, p. 299].

Prima etapă, constă în selecția stelelor variabile care vor fi observate în cadrul activităților extrașcolare ale elevilor dotați, acest lucru fiind realizat prin utilizarea site-ului web al *American Association of Variable Stars Observers (AAVSO)*, accesând The International Variable Star Index (VSX). Pentru a începe selecția unei stele variabile, se alege opțiunea Search (<https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=search.top>) (Figura 2.14).

Fig. 2.14. Selectarea stelelor variabile (captură de ecran)

Inițial se selectează numele constelației sau a stelei care va fi observată. Este recomandat ca această selecție să se realizeze prin utilizarea numelui constelației, verificând dacă respectiva constelația a răsărit în momentul în care se dorește realizarea observațiilor și dacă nu va apune înainte de finalizarea acestora.

În plus, este important să se asigure că, în timpul observațiilor, steaua să aibă o înălțime de peste 30° deasupra orizontului. Aceste verificări pot fi efectuate cu ajutorul programului de planetariu Stellarium [229], care este larg utilizat în activitățile extrașcolare de educație în astronomie.

Pentru a maximiza eficiența observațiilor cu elevii, în cazul unui interval scurt de timp, se recomandă selectarea stelelor variabile cu perioade scurte.

După identificarea stelei variabile, se selectează coordonatele sale ecuatoriale și se introduc în softul MaxIm DL. Apoi, se utilizează comanda „Go To” pentru a direcționa telescopul către zona de observație.

În timpul observațiilor fotometrice, este important să se aleagă un timp de expunere care să permită obținerea unui raport semnal/zgomot suficient de mare pentru a asigura precizia măsurărilor fotometrice.

Camera CCD este configurată pentru a achiziționa un set de imagini necalibrate, utilizând funcția „Autosave Setup” din softul MaxIm DL. Achiziția imaginilor trebuie să se desfășoare pe o perioadă mai mare decât perioada stelei variabile. Imaginile pot fi achiziționate cu sau fără filtre fotometrice. Ulterior, imaginile sunt calibrate cu softul MaxIm DL, utilizând cadre master flat, master dark și master bias. Reducerea datelor fotometrice poate fi realizată prin intermediul utilizării programului AstroImageJ (AIJ).

Pentru a putea face acest lucru există un manual online disponibil pentru utilizarea programului AIJ la următoarea adresă: <https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>.

Utilizarea acestui soft este recomandată pentru stele cu magnitudine sub 14. Pentru stele cu magnitudine mai mare, la reducerea datelor fotometrice poate fi utilizat eficient programul MPO Canopus, existând un manual online disponibil la următoarea adresă: <http://www.euronear.org/manuals/Canopus-EURONEAR-Cookbook.pdf>.

MPO Canopus este un soft complet pentru astrometrie și fotometrie, creat de astronomul amator Brian D. Warner, care permite realizarea de măsurători fotometrice la asteroizi și stele variabile, rezultatele acestor măsurători putând fi utilizate pentru a obține curbe de lumină care pot fi analizate pentru stabilirea perioadei de variabilitate.

Înainte de a utiliza unul dintre aceste programe pentru reducerea datelor fotometrice, se realizează astrometria la prima imagine din setul de imagini, utilizând comanda „PintPoint Astrometry” din programul MaxIm DL.

Modul de utilizare a programului AIJ pentru reducerea datelor fotometrice este prezentat în continuare. În primul pas, se deschide programul AIJ și se încarcă imaginile prin intermediul comenzilor „File/Import/Image Sequence”, selectând opțiunea „Use virtual stack” în fereastra „Sequence Options”. Ulterior, se utilizează comanda „perform multi-aperture photometry” pentru a seta mărimile aperturilor, în funcție de diametrul aparent al stelei țintă, pentru a face acest lucru se folosește fereastra „Multi-Aperture Measurements” și comanda „Aperture Settings”.

În fereastra „Aperture Photometry Settings” se introduc valorile pentru CCD gain, CCD readout noise și CCD dark curent per sec, care pot fi obținute din manualul camerei. Următorul pas implică selectarea stelei țintă și a stelelor de comparație prin intermediul comenzii „Place Apertures”.

În final, se introduc valorile magnitudinilor stelelor de comparație dintr-un catalog prin intermediul comenzii „Magnitude Entry” (Figura 2.15).

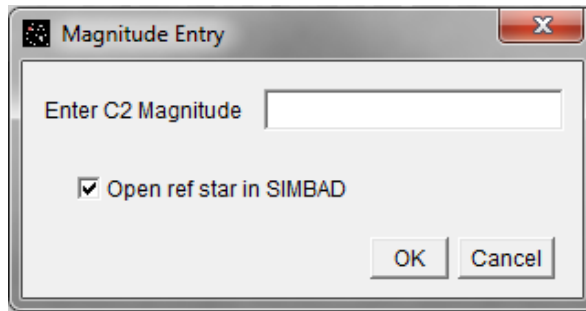


Fig. 2.15. Introducerea valorii magnitudinii la stelele de comparație (captură de ecran)

Pentru a alege un catalog adecvat în scopul reducerii datelor fotometrice, se recomandă accesarea portalului VizieR. Acest portal oferă acces la numeroase cataloage de stele, iar utilizatorul poate selecta catalogul necesar introducând coordonatele stelei de comparație și valoarea pentru „Target dimension” care trebuie să fie de minim 5 arcsec în funcție de rezoluția imaginii obținute prin observații astronomice (Figura 2.16).

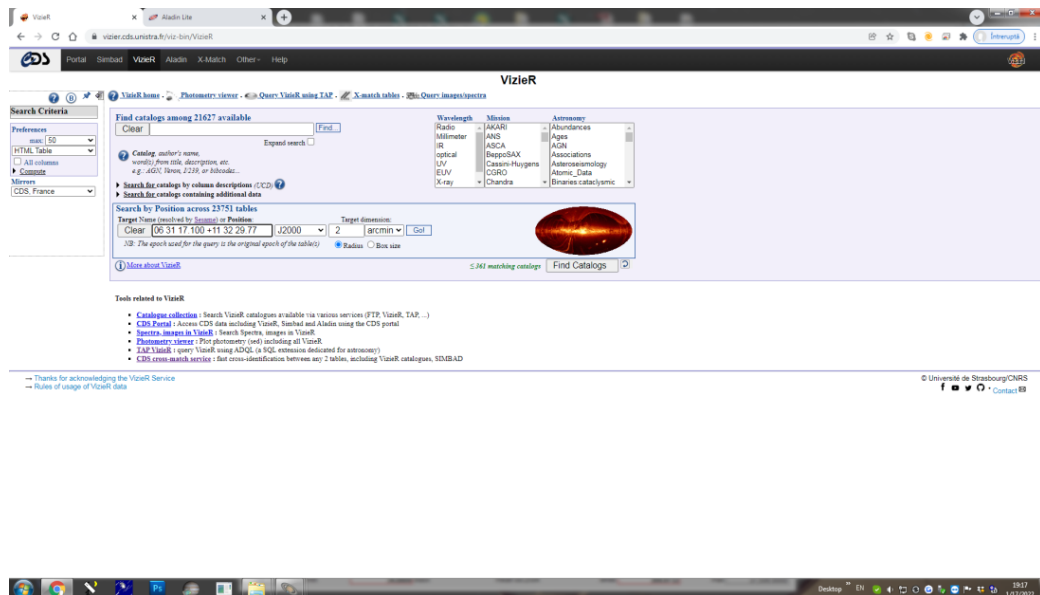


Fig. 2.16. Portalul VizieR (captură de ecran)

În final, se dă comanda „Go” care va duce la afișarea mai multor opțiuni de cataloage de stele, unde se pot găsi diferite valori pentru magnitudinea stelei de comparație.

Criteriile de selecție a catalogului de stele sunt următoarele: se alege catalogul cu cea mai mică eroare de măsurare a magnitudinii stelei de comparație și catalogul trebuie să conțină măsurători fotometrice pentru steaua în filtrul în care s-au efectuat observațiile.

După ce se selectează valoarea magnitudinii pentru prima stea de comparație, se procedează în mod similar pentru fiecare stea de comparație.

Este recomandat ca numărul total al stelelor selectate să fie impar, iar numărul stelelor de comparație să fie minim 4 (Figura 2.17).

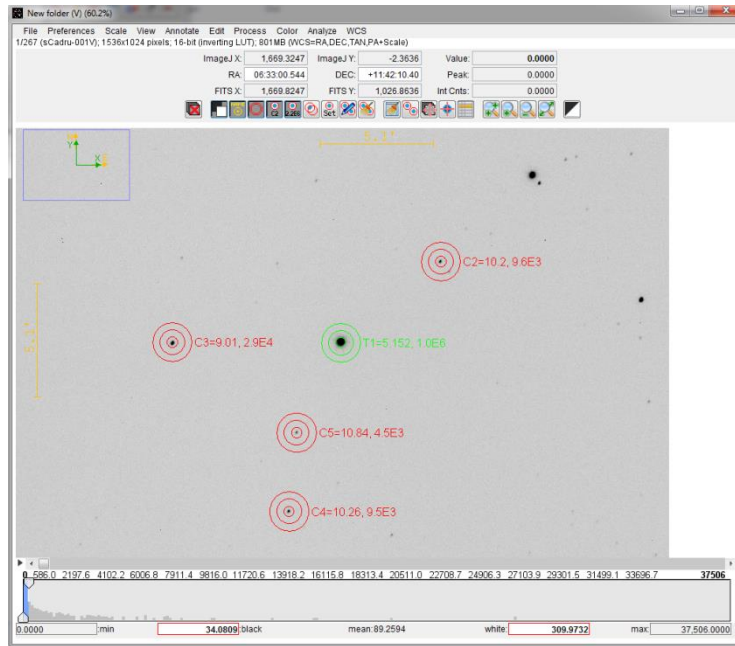


Fig. 2.17. Steaua țintă și stelele de comparație (captură de ecran)

Prin introducerea valorilor magnitudinilor pentru stelele de comparație și prin apăsarea comenzii „Enter”, se generează curba de lumină (Figura 2.18).

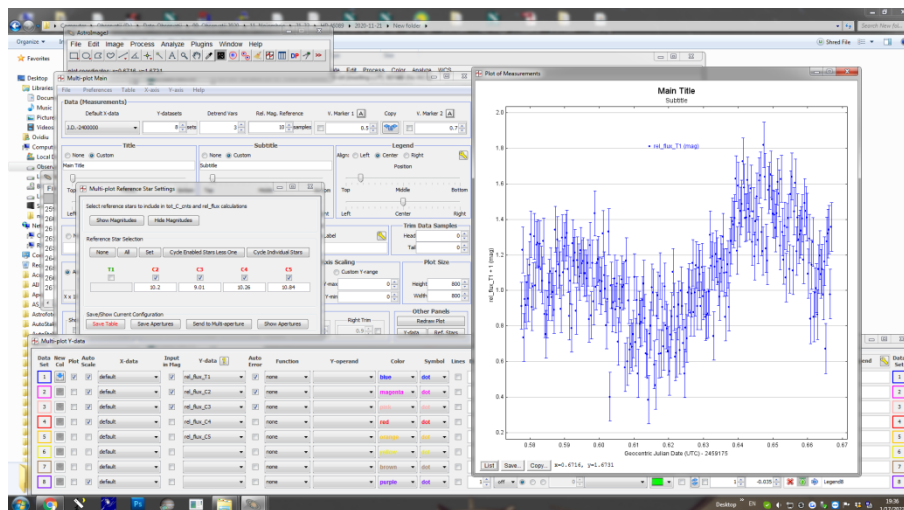


Fig. 2.18. Vizualizarea curbei de lumină preliminară (captură de ecran)

După introducerea valorilor magnitudinilor pentru stelele de comparație și generarea curbei de lumină, se utilizează comanda „Save Table” pentru a extrage datele reduse. Aceste date sunt salvate în fișierul Measurements.xls, care poate fi salvat în folderul dorit. În fișierul Measurements.xls, coloanele Source_AMag_T1 și Source_AMag_Err_T1 sunt selectate și transferate după coloana JD.UTC prin utilizarea comenzilor „cut/paste”. Ulterior, cele trei coloane selectate (JD.UTC, Source_AMag_T1, Source_AMag_Err_T1) sunt transferate într-un fișier text (.txt) prin utilizarea comenzilor „copy/paste” (Figura 2.19).

Label	slice	JD	JD.UTC	Source	AMag_T1	Source AMag_Err_T1	BJD_TDB	AIRMASS_ALT_OBJ	CCD-TEMP	EXPTIME	RAOBJ2
1 sCadru-001V.fit	1	59175.577627	2459175.577627	5.152086	0.008574	NaN	1.262032	NaN	-9.787817	20	NaN
2 sCadru-002V.fit	2	59175.577963	2459175.577963	5.170169	0.008465	NaN	1.262795	NaN	-10.203084	20	NaN
3 sCadru-003V.fit	3	59175.578287	2459175.578287	5.141922	0.008579	NaN	1.263536	NaN	-10.203084	20	NaN
4 sCadru-004V.fit	4	59175.578623	2459175.578623	5.154279	0.008512	NaN	1.264309	NaN	-9.787817	20	NaN
5 sCadru-005V.fit	5	59175.578958	2459175.578958	5.152284	0.008542	NaN	1.265087	NaN	-10.203084	20	NaN
6 sCadru-006V.fit	6	59175.579294	2459175.579294	5.159711	0.008519	NaN	1.265871	NaN	-9.787817	20	NaN
7 sCadru-007V.fit	7	59175.57963	2459175.57963	5.154473	0.008537	NaN					
8 sCadru-008V.fit	8	59175.579965	2459175.579965	5.16536	0.008543	NaN					
9 sCadru-009V.fit	9	59175.580301	2459175.580301	5.175255	0.008524	NaN					
10 sCadru-010V.fit	10	59175.580637	2459175.580637	5.151666	0.008612	NaN					
11 sCadru-011V.fit	11	59175.580972	2459175.580972	5.158311	0.008638	NaN					
12 sCadru-012V.fit	12	59175.581308	2459175.581308	5.174573	0.008488	NaN					
13 sCadru-013V.fit	13	59175.581644	2459175.581644	5.158675	0.008459	NaN					
14 sCadru-014V.fit	14	59175.581979	2459175.581979	5.171865	0.008518	NaN					
15 sCadru-015V.fit	15	59175.582315	2459175.582315	5.172426	0.008496	NaN					
16 sCadru-016V.fit	16	59175.58265	2459175.58265	5.164601	0.008594	NaN					
17 sCadru-017V.fit	17	59175.582986	2459175.582986	5.17217	0.008492	NaN					
18 sCadru-018V.fit	18	59175.583322	2459175.583322	5.163897	0.008466	NaN					
19 sCadru-019V.fit	19	59175.583657	2459175.583657	5.160205	0.008577	NaN					
20 sCadru-020V.fit	20	59175.583993	2459175.583993	5.173096	0.00848	NaN					
21 sCadru-021V.fit	21	59175.584329	2459175.584329	5.149451	0.00853	NaN					
22 sCadru-022V.fit	22	59175.584664	2459175.584664	5.142976	0.008658	NaN					
23 sCadru-023V.fit	23	59175.585	2459175.585	5.149307	0.008633	NaN					
24 sCadru-024V.fit	24	59175.585336	2459175.585336	5.154924	0.008596	NaN					

Fig. 2.19. Datele fotometrice ale steii variabile (captură de ecran)

În acest moment, dispunem de datele de fotometrie necesare pentru a genera o curbă de lumină a unei stele variabile, care poate fi analizată utilizând softul Peranso sau VStar. Programul Peranso oferă un set de metode de analiză eficiente pentru combinarea și analizarea seturilor mari de date de fotometrie, provenite de la mai multe observatoare astronomice, fiind accesibil și pentru utilizatorii neprofesioniști prin intermediul unui manual disponibil online la următoarea adresă: <https://www.cbabelgium.com/peranso/UserGuideHTML/WelcometoPeranso.html>.

Metodele de analiză utilizate de programul Peranso pentru detecția periodicității folosesc o serie de date în funcție de timp. Peranso oferă mai multe ferestre de lucru, cum ar fi periodograme, diagrame de fază (phase plot-uri) și seturi de observații, fiecare set de date fotometrice fiind reprezentat prin o culoare. De asemenea, programul permite accesarea directă a datelor fotometrice obținute de la observatoare, precum Zwicky Transient Facility, All Sky Automated Survey, misiunea Kepler, Northern Sky Variability Survey, Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System1, telescopul SkyMapper, observatorul robotizat SuperWASP și Transiting Exoplanet Survey Satellite.

Analizând curba de lumină, Peranso poate furniza informații precum perioada variabilității steii și erorile calculate, extremii strălucirii (minimum și maximum magnitudinii steii variabile) și momentele aferente, prin fitarea curbei. Acestea sunt determinate cu erorile aferente de calcul.

Minimum și maximum magnitudinii sunt determinate pe Phase Plot prin medierea curbei de lumină, alegându-se un punct de date care mediază punctele de date care se găsesc în zona minimumului sau maximumului. În procesul de analiză a unei stele variabile, trebuie determinată epoca, care este un moment specific de timp când luminozitatea steii atinge o anumită valoare în ciclul său de variabilitate, cum ar fi maximum sau minimum magnitudinii. Această epocă se determină în funcție de tipul steii variabile și este exprimată sub formă de dată iuliană.

Imaginea prezentată mai jos ilustrează utilizarea programului Peranso în contextul analizei curbei de lumină a unei stele variabile (Figura 2.20).

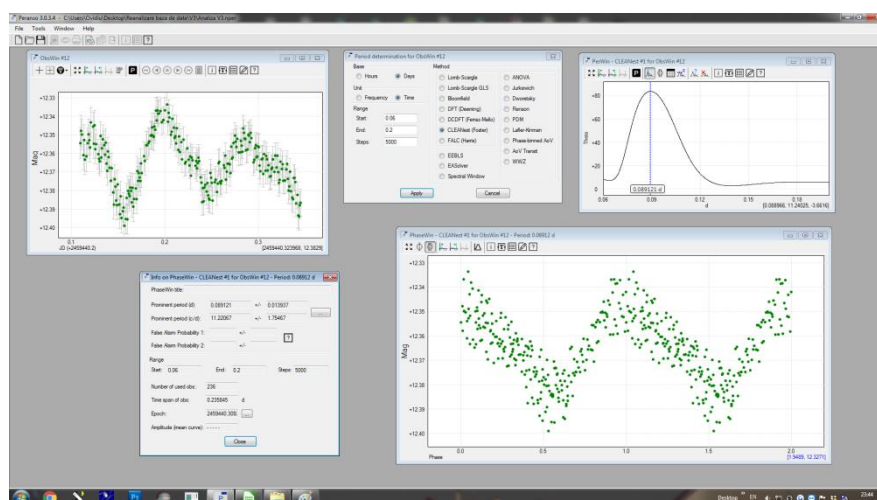


Fig. 2.20. Programul Peranso (captură de ecran)

Analiza curbei de lumină a stelelor variabile poate fi efectuată prin intermediul mai multor programe. În urma experienței noastre de la Observatorul Astronomic Galați, acumulată în cadrul activităților extrașcolare cu elevii, recomandăm utilizarea programului VStar, dezvoltat de AAVSO, pentru analizarea curbelor de lumină ale stelelor variabile (Figura 2.21).

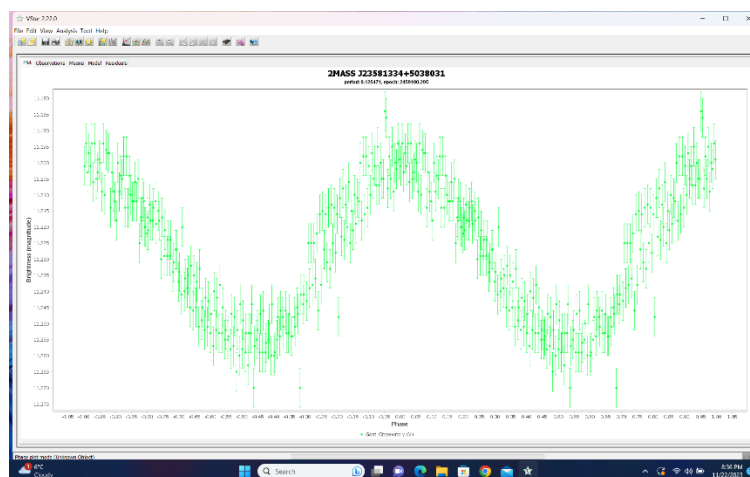


Fig. 2.21. Programul VStar (captură de ecran)

Acest program este disponibil gratuit și poate fi descărcat împreună cu manualul de utilizare de pe site-ul web al AAVSO, prin intermediul următoarei adrese: <https://www.aavso.org/vstar>.

Metodica prezentată își propune să ofere o metode de reducere a datelor fotometrice și de analiză a curbelor de lumină ale stelelor variabile. Această metodă poate fi utilizată în cadrul activităților extrașcolare pentru a oferi elevilor oportunitatea de a dobândi experiență în utilizarea

unor instrumente și programe folosite în domeniul astronomiei. În primul rând, utilizarea programului AIJ pentru reducerea datelor fotometrice poate fi folosit pentru a le oferi elevilor o experiență practică în reducerea și analiza datelor fotometrice. Metodica expusă în acest subcapitol poate ajuta la dezvoltarea abilităților de lucru cu programe și instrumente specifice astronomiei și poate contribui la formarea unei perspective mai profunde asupra observațiilor astronomice. De asemenea, utilizarea portalului Vizier, pentru alegerea unui catalog adecvat, poate încuraja elevii să înțeleagă importanța utilizării unor surse de date fiabile și verificate științific. Metodica prezentată anterior poate contribui la dezvoltarea abilităților de cercetare și de înțelegere a importanței validării surselor de date. Utilizarea programelor Peranso și VStar pentru analiza curbelor de lumină ale stelelor variabile poate fi utilă în îmbunătățirea abilităților de analiză a datelor astronomice și de interpretare a rezultatelor obținute. Metodica mai poate contribui la dezvoltarea abilităților de gândire critică și de rezolvare de probleme, precum și la creșterea interesului și a pasiunii pentru astronomie și astrofizică.

În ceea ce privește eficiența metodicii, aceasta depinde de nivelul de experiență și de cunoștințele anterioare ale elevilor în domeniul astronomiei și astrofizicii. În plus, o atenție deosebită ar trebui acordată asigurării că elevii sunt familiarizați cu instrumentele și programele utilizate și că au acces la ghiduri și instrucțiuni clare pentru utilizarea acestora.

În concluzie, această metodică poate fi eficientă în dezvoltarea abilităților practice și de analiză a datelor astronomice ale elevilor și poate contribui la creșterea interesului și a pasiunii pentru acest subiect fascinant.

2.2.4. Metodica observării fotometrice a tranzitelor exoplanetelor

Obiectivele educaționale:

- Acumularea de cunoștințe și capacități pentru realizarea de observații fotometrice a tranzitelor exoplanetelor;
- Dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru reducerea și analiza datelor fotometrice.

Pentru realizarea observațiilor fotometrice a tranzitelor exoplanetelor, se recomandă materialul didactic care a fost indicat la celelalte metodici de observare astronomică prezentate anterior. În vederea achiziției imaginilor și reducerii datelor se recomandă utilizarea programelor MaxIm DL, MPO Canopus și AstroImageJ.

În cadrul metodicii pentru observarea fotometrică a tranzitelor exoplanetelor, activitățile de învățare sunt compuse din aspecte teoretice, cât și din aspecte practice. Aspectele teoretice se concentrează pe transmiterea cunoștințelor privind definirea, clasificarea și observarea exoplanetelor, prin intermediul prezentărilor multimedia, cum ar fi cele realizate în PowerPoint.

Componenta practică a activităților de învățare consta în instruirea utilizării instrumentelor, cum ar fi telescopul și camera CCD, pentru observarea tranzitelor exoplanetelor, precum și pe inițierea elevilor în procesul de reducere și analiză a datelor științifice obținute prin intermediul observațiilor. Evaluarea elevilor și a eficacității metodicii observării fotometrice a tranzitelor exoplanetelor se face cu ajutorul unor teste de verificare a cunoștințelor. Activitățile de autoevaluare se pot realiza atunci când elevii pot să realizeze observații fără ajutorul unui profesor.

Exoplanetele, cunoscute și sub denumirea de planete extrasolare, sunt corpuri cerești ce orbitează în jurul altor stele decât Soarele. Totuși, trebuie menționat că există, de asemenea, exoplanete care orbitează liber în jurul centrului galactic și nu sunt legate gravitațional de nicio stea [226]. La data de 5 martie 2024, numărul de exoplanete descoperite și confirmate a fost de 5.587 [225]. Există mai multe metode pentru descoperirea exoplanetelor, dintre care cea mai productivă este metoda tranzitului [Ibidem]. Metoda tranzitului se bazează pe observații fotometrice efectuate asupra stelei în jurul căreia orbitează exoplaneta. În timpul tranzitului exoplanetei, se observă o scădere a luminozității stelei, care poate fi măsurată prin metode fotometrice (Figura 2.22).

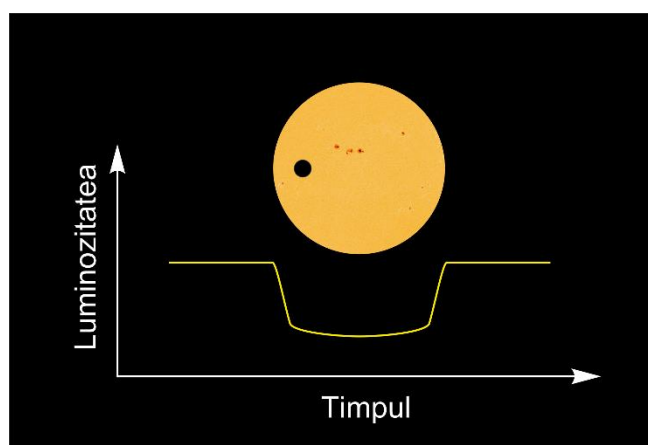


Fig. 2.22. Curba de lumină a stelei rezultată în urma tranzitului unei exoplanetei

Pentru a putea observa tranzitul, direcția noastră de observație trebuie să fie foarte aproape de planul în care se află orbita exoplanetei. Prima etapă în procesul de observare constă în selectarea exoplanetei a cărei tranzit va fi urmărit cu elevii dotați. Aceasta se realizează utilizând baza de date de la Exoplanet Transit Database, care face parte din secțiunea „Stele variabile și exoplanete” a Societății Astronomice Cehe. Această societate coordonează activități de observare și cercetare în cadrul a patru proiecte, unul dintre acestea fiind numit TRESKA (TRansiting ExoplanetS and CAandidates). Proiectul este dedicat observării tranzitelor sistemelor exoplanetare cunoscute și căutării de noi exoplanete [136]. Folosind site-ul web ETD - Exoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD/>) se accesează Transit predictions. Prin introducerea

coordonatelor geografice ale locului de observație (latitudine și longitudine), se poate obține o listă de tranzite ce au loc începând de la momentul începerii căutării (Figura 2.23).

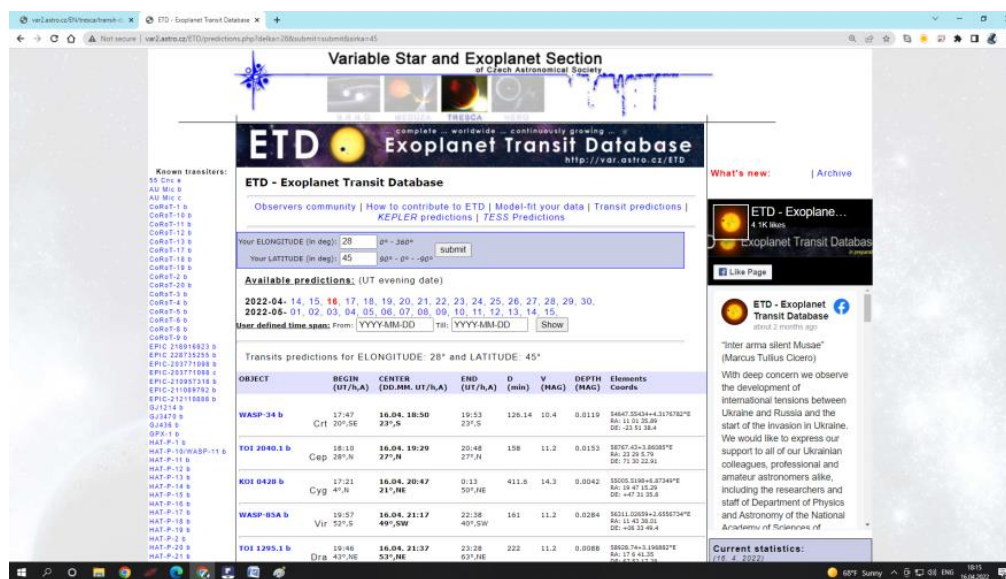


Fig. 2.23. Obținerea listei de tranzite ce pot fi observate (captură de ecran)

Pentru a efectua observații fotometrice, se identifică o exoplanetă astfel încât steaua în jurul căreia orbitează să aibă o înălțime deasupra orizontului de cel puțin 30° în momentul începerii observației. Ulterior, se selectează coordonatele ecuatoriale ale stelei și se introduc în softul MaxIm DL, urmând a se da comanda „Go To”. Această comandă va orienta telescopul către zona de observație în care se află steaua și exoplaneta.

Timpul de expunere trebuie stabilit astfel încât raportul semnal/zgomot al stelei să fie suficient de mare pentru a permite observarea tranzitului cu o precizie adecvată. Cu cât amplitudinea tranzitului exoplanetei este mai mică, cu atât precizia trebuie să fie mai mare. Următorul pas este configurarea camerei CCD pentru achiziționarea unui set de imagini necalibrate prin intermediul funcției „Autosave Setup”, din softul MaxIm DL.

Numărul de imagini achiziționate va depinde de perioada tranzitului și de timpul de expunere. Imaginile pot fi achiziționate cu sau fără filtre fotometrice. La finalul sesiunii de observații fotometrice, imaginile achiziționate sunt calibrate cu cadre master flat, master dark și master bias.

Procesul de reducere a datelor fotometrice este efectuat folosind softul AstroImageJ, prin care se obține o curbă de lumină. Acest proces a fost descris în subcapitolul unde a fost prezentată metoda observațiilor fotometrice la stele variabile. Ulterior, datele fotometrice obținute sunt încărcate utilizând protocolul online disponibil pe site-ul web ETD - Exoplanet Transit Database, accesând următoarea adresă: <http://var2.astro.cz/ETD/protocol.php> (Figura 2.24).

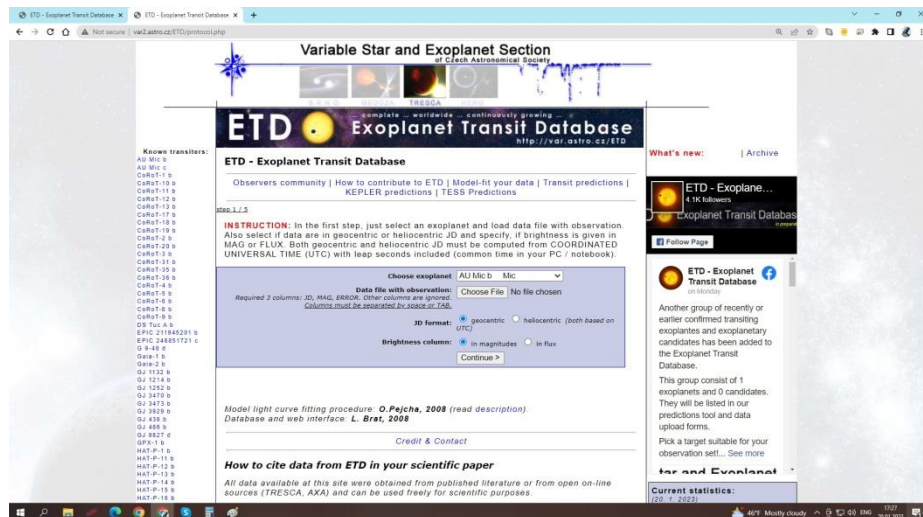


Fig. 2.24. Încărcarea datelor fotometrice (captură de ecran)

În final, se parcurg pașii indicați, care conduc la obținerea curbei de lumină și a altor informații științifice derivate din analiza tranzitului exoplanetei. Mai jos, ca exemplu, prezentăm curba de lumină a tranzitului exoplanetei XO-1b, obținută în cadrul activităților extrașcolare la Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați (Figura 2.25).

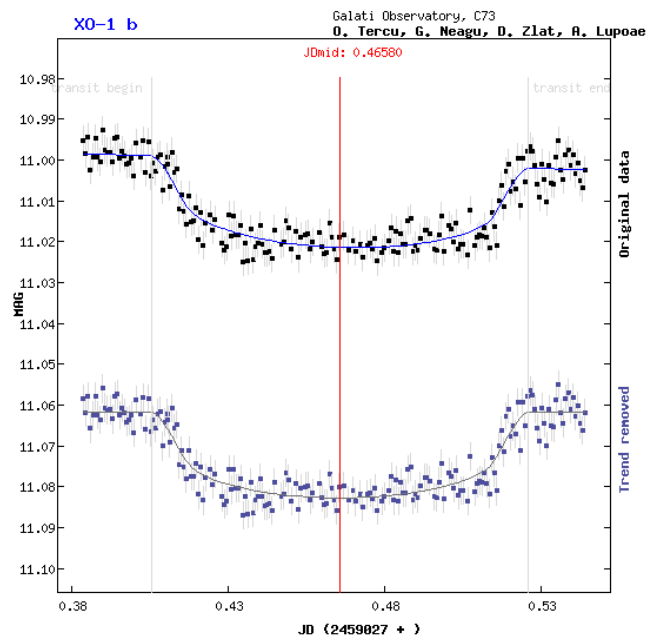


Fig. 2.25. Curba de lumină a tranzitului exoplanetei XO-1b Sursa: O. Tercu, G. Neagu, D. Zlat, A. Lupoae, TRESKA [238]

Analiza rezultatelor, obținute în urma observării fotometrice a tranzitelor exoplanetelor, constă în compararea curbei de lumină pe care am realizat-o cu curbele obținute de alți astronomi, pentru aceeași exoplanetă, pentru a verifica consistența datelor, precum durata și adâncimea tranzitului.

Prin utilizarea unor instrumente și softuri specifice, elevii pot învăța să colecteze date și să le analizeze pentru a obține curbe de lumină și alte informații științifice legate de exoplanete. Implicațiile pedagogice ale acestei metode sunt multiple. În primul rând, elevii învață despre exoplanete și importanța acestora în studiul universului și al vieții extraterestre. În al doilea rând, elevii dobândesc abilități practice în utilizarea instrumentelor și softurilor necesare pentru a colecta și analiza date științifice. În al treilea rând, această metodică încurajează implicarea activă a elevilor în procesul de învățare și îi motivează prin oferirea posibilității de a efectua observații reale și de a obține rezultate palpabile. Motivația pedagogică a acestei metodici constă în integrarea experiențelor practice și teoretice, ceea ce poate crește interesul și angajamentul elevilor în procesul de învățare. În plus, metodică oferă posibilitatea de a dezvolta abilități interdisciplinare, cum ar fi fizica, matematica, informatica și astronomia, ceea ce poate ajuta la formarea unei înțelegeri mai complete a legilor naturii și a universului. Prin urmare, această metodică poate fi utilă pentru a îmbunătăți calitatea și eficacitatea educației științifice în rândul elevilor.

2.2.5. Metodica detecției și observării supernovelor

Obiectivele educaționale:

- Acumularea de cunoștințe și deprinderi pentru detecția supernovelor;
- Acumularea de cunoștințe și capacități pentru realizarea de observații astrometrice și fotometrice la supernove;
- Dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice.

Pentru efectuarea detecției și observării supernovelor, se recomandă materialul didactic care a fost indicat la celelalte metodici de observare astronomică prezentate anterior. În vederea realizării achiziției imaginilor și reducerii datelor se recomandă utilizarea programelor MaxIm DL, Aladin Sky Atlas, Astrometrica și AstroImageJ. În cadrul acestei metodici activitățile de învățare sunt teoretice și practice. Activitățile teoretice au ca scop principal transmiterea cunoștințelor privind definirea, clasificarea, detecția și observarea supernovelor, prin intermediul prezentărilor multimedia, cum ar fi cele realizate în PowerPoint. Activitățile practice constau în instruirea utilizării instrumentelor, cum ar fi telescopul și camera CCD, pentru detecția și observarea supernovelor, precum și pe inițierea elevilor în procesul de reducere și analiza datelor științifice obținute prin intermediul observațiilor.

Mecanismul de evaluare a progresului elevilor care au abilități speciale poate fi realizat prin intermediul unor teste de verificare a cunoștințelor. Autoevaluarea elevilor dotați poate fi implementată prin realizarea de căutări independente de supernove, fără intervenția directă a unui mentor sau a unui profesor.

Supernovele reprezintă evenimente explozive puternice, marcând finalul evoluției unor stele. Aceste evenimente pot avea un impact semnificativ asupra mediului intergalactic. În medie, o galaxie poate găzdui două supernove în fiecare secol. Acestea pot fi observate, atât prin metode fotometrice, cât și prin metode spectroscopice, din perspectiva științifică. Există două mecanisme explozive distincte care definesc cele două tipuri principale de supernove [6, p. 3].

Supernovele de tip Ia sunt rezultatul procesului de acumulare a materiei de către o pitică albă din cadrul unui sistem binar, prin intermediul unui disc de acreție, de la o stea-companion.

Când masa piticei albe depășește limita Chandrasekhar, aproximativ 1,38 mase solare, se produce o explozie care poate distruge pitica albă. Acest tip de supernovă poate fi caracterizat prin precizia maximului luminozității determinat din curba de lumină. Din acest motiv, supernovele de tip Ia sunt utilizate ca „lumânări standard” pentru a determina distanțe în univers și parametrii cosmologici [98, p. 309]. Supernovele de tip II sunt rezultatul colapsului nucleului unei stele supergigante cu masa mai mare de 8 mase solare. Acest proces duce la o explozie violentă, marcând o etapă importantă în evoluția stelelor masive [6, p. 3]. Datorită fluctuațiilor luminozității care au loc în timpul unei supernove, acestea sunt considerate a fi un subgrup al stelelor variabile cataclismice [203].

Pentru a detecta supernove, se compară două imagini ale aceleiași galaxii și se observă dacă a apărut o sursă de lumină. Supernovele pot apărea în orice galaxie și nu sunt limitate la un anumit tip de galaxie (Figura 2.26).

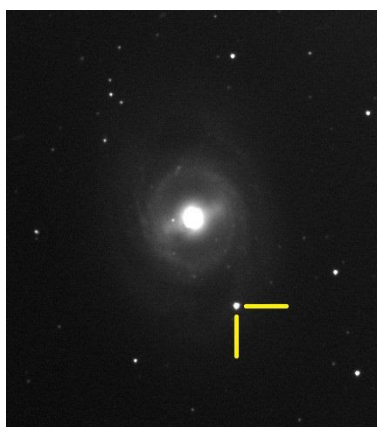


Fig. 2.26. Supernova 2012aw observată în galaxia M95 (marcată în imagine)

**Sursa: Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal
de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați**

Pentru identificarea supernovelor, prima fază implică achiziționarea de imagini astronomice. Determinarea timpului de expunere optim este esențială în acest proces. Timpul de expunere se alege astfel încât magnitudinea limită să fie cea mai mare posibilă.

Determinarea precisă a acestuia este realizată prin intermediul unor teste fotometrice preliminare. În procesul de achiziție a imaginilor, pot fi utilizate, de asemenea, filtre fotometrice.

După ce a fost stabilit timpul de expunere, se achiziționează trei imagini utilizând camera CCD cu ajutorul softului MaxIm DL (Figura 2.27).

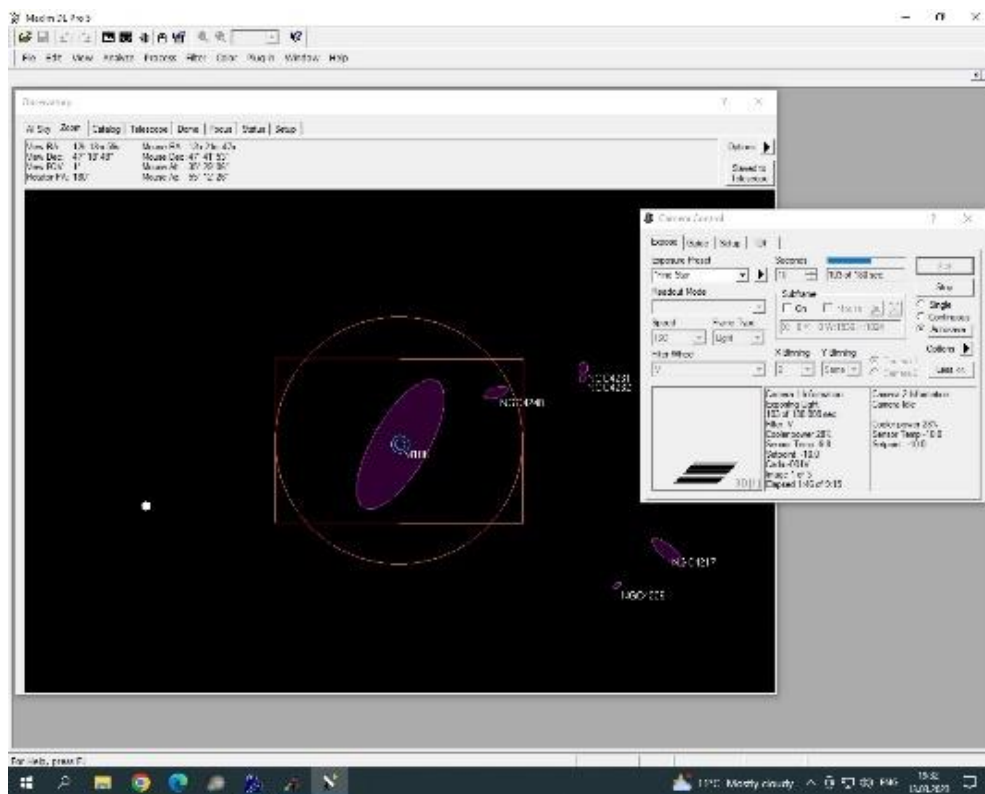


Fig. 2.27. Achiziționarea imaginilor cu softul MaxIm DL (captură de ecran)

Ulterior, aceste imagini sunt calibrate utilizând cadre master flat, master dark și master bias. Prin intermediul softului Astrometrica, cele trei imagini sunt combinate folosind comenzile „Astrometry/Track&Stack/Add/OK/OK”. Ulterior, imaginea rezultată este salvată în folderul specificat, utilizând comenzile „File/Save as Fits”.

În acest mod, în imaginea obținută, raportul semnal/zgomot al stelelor și magnitudinea limită are valori superioare în comparație cu cele ale imaginilor achiziționate individual.

Pentru a detecta supernove, se poate utiliza softul Aladin Sky Atlas, cu ajutorul căruia se compară imaginile proprii cu imagini din baze de date astronomice, cum ar fi arhiva de date Digitized Sky Survey (DSS) sau arhiva de date PanSTARRS, care conțin imagini de calitate ridicată ale galaxiilor și ale altor obiecte astronomice [210].

Pentru a utiliza softul Aladin Sky Atlas, în scopul detecției de supernove, se începe prin încărcarea imaginii destinate analizei, folosind comanda „Load local file” din meniul „File”. (Figura 2.28).

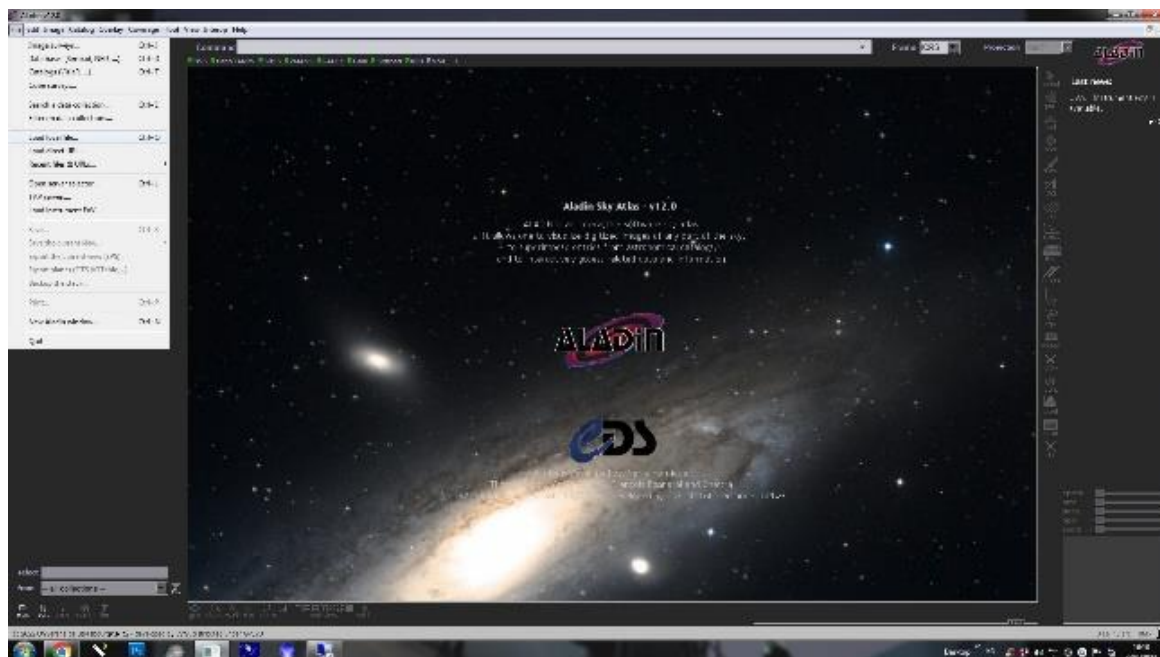


Fig. 2.28. Încărcarea imaginilor în softul Aladin Sky Atlas (captură de ecran)

Pentru a optimiza contrastul acestei imagini, se accesează meniul „Image” și se selectează submeniul „Pixel contrast & map...”, alegând apoi modalitatea de vizualizare „Log”. În vederea comparării cu o imagine de referință, se inițiază comanda „DSS” situată în partea superioară a interfeței grafice a programului Aladin Sky Atlas, ce permite încărcarea imaginilor din arhiva DSS.

În consecință, imaginea supusă analizei este aliniată și suprapusă cu imaginea de referință de la DSS. Pentru a utiliza imaginea proprie și imaginea de referință în vederea detectării de supernove se utilizează comanda „click stânga” a mouse-ului și se mută cursorul de culoare roșie corespunzător imaginii analizate din partea stângă în dreapta, schimbându-și culoarea în verde, așa cum este ilustrat în (Figura 2.29).

Pentru o analiză detaliată și o detecție eficientă a supernovelor, se utilizează funcția „wink” amplasată în partea inferioară a interfeței. Această funcționalitate permite alternarea rapidă între imaginea proprie și imaginea de fundal oferită de DSS. În timpul acestei tranziții, este esențială examinarea minuțioasă a fiecărei galaxii prezente în imagine.

În cadrul activităților extrașcolare pentru detecția supernovelor, există posibilitatea ca un satelit artificial, apărând ca un obiect luminos, sau un asteroid să se intercaleze în linia de observație, interferând astfel cu imaginea galaxiei analizate.

Această circumstanță poate induce eronat impresia identificării unei posibile supernove. Disponând de cele trei imagini achiziționate anterior și utilizând softul Astrometrica, se poate determina dacă sursa luminoasă care este pe direcția galaxiei este un asteroid sau un satelit artificial.

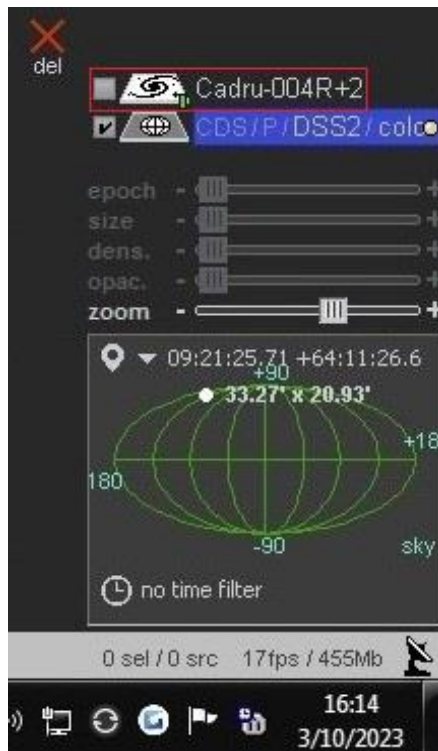


Fig. 2.29. Tranziția cursorului în vederea analizei imaginii pentru detecția de supernove (captură de ecran)

În cazul în care este descoperită o posibilă supernovă, se măsoară poziția și magnitudinea acesteia cu softul Astrometrica. Pentru a determina cu precizie magnitudinea unei posibile supernove este recomandată utilizarea softului AstroImageJ. Toate aceste date științifice obținute se raportează la Transient Name Server (TNS). Acesta este mecanismul oficial al Uniunii Astronomice Internaționale pentru raportarea noilor „astronomical transients”, precum și a posibilelor supernove. Odată confirmate spectroscopic, noile descoperiri de supernove primesc oficial o denumire, de exemplu SN 2023vrw [236].

Utilizând metodica descrisă anterior, se pot identifica, atât nove în galaxia noastră, cât și stele variabile cu perioade lungi. Un exemplu notabil în acest context este descoperirea la Observatorul Astronomic din Galați a unei stele variabile cu perioadă lungă de tip Mira, denumită 2MASS J19441156+2003462 [201].

În cadrul activităților extrașcolare se pot face observații astronomice și măsurători la supernove recent descoperite. Măsurătorile de poziție și magnitudine determinate pentru o supernovă recent descoperită, se compară cu măsurători anterioare realizate în cadrul activităților extrașcolare de către elevi sau de alți astronomi, fie profesioniști sau amatori, pentru a monitoriza evoluția supernovei. Metodica detecției și observării supernovelor implică efectuarea de observații, colectarea de date și analiza acestora. Elevii învață să aplice metode științifice și să

gândească critic în procesul de investigație, ceea ce contribuie la dezvoltarea abilităților de cercetare științifică.

Această metodică implică utilizarea unor instrumente și tehnologii specializate, cum ar fi telescopul, camera CCD și programe de calculator pentru achiziția și analiza datelor. Elevii învață să utilizeze aceste instrumente și să lucreze cu softurile necesare, dezvoltând abilități practice esențiale în domeniul astronomiei și științei în general.

Prin implicarea directă în observarea și detectarea supernovelor, elevii sunt expuși unui domeniu fascinant al astronomiei observaționale. Această experiență practică poate stimula un interes profund pentru astronomie și științe conexe, cum ar fi fizica și matematica.

Metodica detecției și observării supernovelor oferă elevilor oportunitatea de a dobândi cunoștințe și abilități practice în astronomie, stimulează interesul pentru știință și dezvoltă abilități de cercetare și colaborare, având o relevanță semnificativă în contextul științific actual.

2.3. Modelul pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie

2.3.1. Necesitatea unui model educațional bazat pe investigație

Conceptul de învățare bazată pe investigație nu este unul foarte nou, el fiind în atenția unor specialiști încă din secolul trecut. Ne gândim aici la savanți precum Dewey (1859-1952) [54], Joseph J. Schwab (1909–1988) [154], Jerome Bruner (1915-2016) [28] etc. Totuși, noutatea rezidă în faptul că pedagogia bazată pe investigație a ajuns să fie în ultimii ani tot mai promovată, într-un mod foarte activ, în cadrul educației științifice. Acest fapt se datorează potențialului major pe care îl are în ghidarea spre înțelegerea unor concepte, a unor teorii sau fenomene. De asemenea, acest model are meritul de a dezvolta competențele și atitudinile de care au nevoie toți indivizii dintr-o societate modernă care este din ce în ce mai bazată pe tehnologie și știință. Prin urmare, conceptul de învățare bazată pe investigație este relevant pentru educația contemporană unde sunt predate și deprinse atât cunoștințe, cât și abilități, promovându-se dobândirea atât a cunoștințelor științifice, cât și a unor competențe de raționament științific [187, pp. 1-2].

Încă din anii 1960, Jerome Bruner susținea că scopul educației este acela de a facilita dezvoltarea gândirii și a abilităților de rezolvare a problemelor în așa mod încât un elev sau un copil să poată, mai apoi, să realizeze un transfer al acestor abilități în diverse alte situații practice [28, p. 17]. Pentru a se întâmpla acest lucru, Bruner consideră că trebuie îndeplinite 4 criterii [Ibidem, pp. 69-92]:

- a) *motivarea* - este necesar să se stimuleze interesul și curiozitatea elevului pentru învățare;

- b) *structurarea* - trebuie să existe o structură și un set de cunoștințe pe care elevii le pot însuși cât mai bine;
- c) *organizarea* - profesorii și îndrumătorii trebuie să identifice cele mai bune modalități pentru a prezenta materialul;
- d) *consolidarea* – aceasta este necesară pentru a susține motivația prin recompense.

2.3.2. Modelul învățării bazate pe investigație în contextul paradigmelor pedagogice

Într-un sens larg, învățarea bazată pe investigație cuprinde o gamă largă de abordări ale procesului de învățare. Specialiștii includ, sub umbrela acestui termen, învățarea bazată pe rezolvarea problemelor, învățarea bazată pe proiecte, studiile de caz, învățarea pe teren etc. [91, p. 800].

Modelul învățării bazate pe investigație este puternic legat de alte două paradigme educaționale: învățarea activă și învățarea experiențială. Învățarea activă trimite la acele abordări prin care elevii sunt văzuți drept participanți activi la procesul de învățare și ea se axează pe activități care îi implică pe aceștia în procesul învățării. Astfel, învățarea activă oferă elevilor un nivel ridicat de implicare [192, p. 59]. Învățarea experiențială, pe de altă parte, reprezintă procesul prin mijlocirea căruia cunoașterea survine în urma unei experiențe directe sau, altfel spus, ea înseamnă „a învăța din experiență”, iar experiența se află în centrul procesului educațional.

Așadar, în acest tip de abordare, învățarea vine din înțelegerea și din transformarea unei experiențe într-o formă de cunoaștere [15, p. 2]. În domeniul științelor, și prin urmare și în astronomie, participarea elevilor la activități care presupun o colaborare sau un contact direct cu fenomenele studiate pot consolida cunoștințele și interesul față de obiectul de studiu și pot dezvolta aptitudinile lor investigaționale. Procesul de învățare, în cadrul unei investigații, este de natură experiențială, prin aceea că elevii sau studenții învață în urma unor experiențe realizate în cadrul unor anchete, experimente sau studii de ordin practic, însă, cred unii cercetători, învățarea experiențială cuprinde un set mai larg de activități și, prin urmare, ea include activități care depășesc activitățile specifice investigației [2, p. 897].

După alți experți, învățarea bazată pe investigație este strâns legată de învățarea bazată pe probleme, model educațional centrat pe elev prin care elevii sunt ghidați să efectueze cercetări, să combine teoria cu practica și să pună în aplicare cunoștințele și abilitățile pe care le dețin pentru a furniza o soluție la o problemă dată. Totuși, între cele două modele există o diferență considerabilă în ceea ce privește rolul profesorului.

În învățarea bazată pe investigație, rolul profesorilor este acela de a facilita învățarea și de a furniza informații, pe când în învățarea bazată pe probleme profesorul are doar rolul de a sprijini procesul [105, p. 61].

2.3.3. Modelul pedagogic de formare a competențelor investigaționale

Conform unor specialiști, investigațiile sau anchetele diferă în funcție de unele criterii și ele pot fi [2, pp. 899-901]:

- a) închise sau deschise;
- b) concentrate pe informații sau concentrate pe descoperire;
- c) individuale sau conduse în echipă.

Este numită „investigație deschisă” aceea în care elevii experimentează un grad mare de autonomie în desfășurarea actului cercetării sau a anchetei științifice. Gradul său de autonomie crește pe măsură ce el este capabil să identifice, atât problema, cât și modalitățile de rezolvare.

În contrapondere, o „anchetă închisă” are loc atunci când profesorul prezintă elevilor problema și conturează, de asemenea, modul în care ea se poate rezolva. Altfel spus, profesorul ajunge, în acest caz, să proiecteze încă de la început traseul pe care trebuie să îl aibă desfășurarea anchetei; el selectează întrebările și modalitățile de abordare pentru rezolvarea lor.

În cadrul unei investigații axate pe descoperire se dorește crearea unui lucru original, cum ar fi, de exemplu, dobândirea unor date noi din punct de vedere științific. Pe de altă parte, într-o investigație științifică axată pe informații, obiectivul constă în explorarea și dobândirea de cunoștințe deja existente.

În contextul investigațiilor individuale sau a celor în echipă, diferența rezidă în numărul de participanți. În cadrul activităților extrașcolare de astronomie pot fi regăsite toate aceste tipuri de abordări.

Pornind de la studiile lui Joseph J. Schwab [154, pp. 377-379] și transpunând ideile sale într-un limbaj modern, alți specialiști consideră că învățarea bazată pe investigație trebuie împărțită în patru categorii [146, p. 251], [95, p. 868], [104, pp. 91-92], [82, pp. 6-7].

Toate aceste nivele sau modele se bazează pe gradul de autonomie pe care îl are elevul în procesul de învățare din sălile de curs.

Astfel, se pot întâlni următoarele tipuri de abordări, aplicabile și orelor de astronomie, în vederea formării și dezvoltării de competențe investigaționale:

- a) *investigație confirmativă*: acest tip de abordare a investigației este caracterizat de faptul că profesorul dirijează întregul proces. Întrebarea sau problema și modalitatea de abordare, procedurile necesare strângerii de date și instrumentele optime pentru găsirea răspunsului la rezolvarea problemei sunt date, în prealabil elevilor, de către profesor, iar rezultatele sunt cunoscute, deja. Profesorul îl îndrumă pe elev pe tot parcursul procesului de învățare și intervine, corectând decizia și acțiunile elevului, de câte ori este necesar, pentru a-l ajuta să finalizeze sarcinile. Scopul investigației este de a

confirma un principiu științific deja cunoscut. În cadrul unei astfel de abordări, elevul se familiarizează cu principiile științifice, începe să înțeleagă faptul că știința trebuie să se bazeze pe dovezi;

- b) *investigație structurată*: această manieră de abordare a investigației este în mare parte dirijată de către profesor. Întrebarea sau problema care trebuie cercetată, instrumentele, informațiile necesare și modalitatea de abordare pentru găsirea răspunsului sunt furnizate tot de către profesor sau de către instructor și rezultatele, de asemenea, sunt cunoscute. Dar, în acest caz, elevii trebuie să formuleze o explicație a problemei ridicate în baza investigației derulate. Cu alte cuvinte, în acest tip de abordare, elevii sunt motivați să investigheze, să colecteze date și să le analizeze pentru a găsi răspunsurile la întrebările sau problemele ridicate de profesor;
- c) *investigația orientată*: în acest tip de abordare elevul este cel care derulează, într-o mare parte, investigația. Profesorul poate ridica anumite întrebări de cercetare sau ipoteze, pentru a-i ghida pe elevi. Aceștia din urmă trebuie să elaboreze o metodologie de cercetare și să o aplice, sub supravegherea profesorului, pentru a strânge și analiza date. Elevii sunt motivați de către profesor să aleagă ce probleme vor fi rezolvate sau sunt motivați să genereze propriile întrebări și ipoteze. În acest caz, investigația îi facilitează elevului o experiență mai autentică a naturii științei și îi oferă oportunități reale pentru dezvoltarea abilităților de investigare;
- d) *investigația deschisă*: în cadrul acestui tip de investigație, elevul conduce investigația, în cea mai mare parte. Cu sprijinul profesorului, elevii înșiși iau o decizie cu privire la întrebările și ipotezele pe care vor să le studieze. Singuri aleg și procedurile și instrumentele pe care le consideră oportune. Profesorul poate să ofere un ghidaj, dar elevii sunt cei care se află la conducerea acestui proces. Cu alte cuvinte, într-o manieră aproape autonomă, elevii concep și analizează ce pași trebuie urmați în abordarea lor, întreprind o cercetare și, în cele din urmă, formează rezultatele obținute. Acest tip de abordare este mai eficientă atunci când elevii dețin deja competențe investigaționale pe care le-au dezvoltat de-a lungul unor investigații anterioare, dar acum ele sunt dezvoltate considerabil.

Aceeași tipologie este folosită și de Heather Banchi și Randy Bell, într-o lucrare adesea citată de ceilalți specialiști din domeniu.

Specialiștii schematizează într-un mod foarte intuitiv esența fiecărei categorii amintite [11], așa cum se observă în Figura 2.30.

Nivel de investigație	Întrebare	Procedură	Soluție
Investigație confirmativă <i>Elevii confirmă un principiu științific printr-o activitate când rezultatele sunt cunoscute dinainte.</i>	✓	✓	✓
Investigație structurată <i>Elevii investighează o problemă prezentată de profesor printr-o procedură prescrisă dinainte.</i>	✓	✓	
Investigație orientată sau ghidată <i>Elevii investighează o problemă prezentată de profesor folosind proceduri concepute/selectate.</i>	✓		
Investigație deschisă <i>Elevii investighează probleme care sunt formulate tot de ei și utilizează proceduri concepute/selectate tot de aceștia.</i>			

Fig. 2.30. Cele patru nivele ale modelului educațional bazat pe investigație și informațiile oferite elevului în fiecare model, adaptat după Banchi și Bell [Ibidem, p. 27]

Observăm că, în acest model, odată ce nivelul de implicare al profesorului scade, implicarea elevului crește. În cazul investigației confirmative implicarea profesorului este maximă, iar cea a elevului este minimă, în contrapondere cu exemplul investigației deschise, unde profesorul are o implicare minimă și elevul se implică cel mai mult (Figura 2.31).

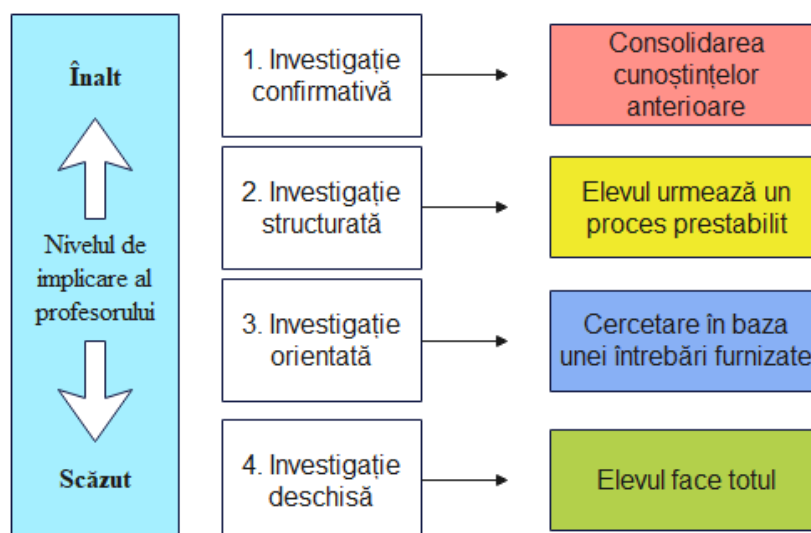


Fig. 2.31. Cele patru nivele ale modelului educațional bazat pe investigație și nivelul de implicare al profesorului/elevului, adaptat după Banchi și Bell [Ibidem, pp. 26-27]

Nivelurile 3 și 4 indică o abordare centrată pe elev. Nivelul 4 este cel mai puternic centrat pe elev, așa cum s-a amintit, iar Heather Banchi și Randy Bell scriu despre această situație că

„studenții au cele mai pure oportunități de a se comporta ca oameni de știință, formulând întrebări, proiectând și efectuând investigații și comunicând rezultatele. Acest nivel necesită cel mai mult raționamentul științific și cea mai mare solicitare cognitivă din partea elevilor” [Ibidem, p. 27]. La celălalt pol, investigația confirmativă „este utilă atunci când scopul unui profesor este de a consolida o idee introdusă anterior; de a introduce elevii în experiența de a efectua investigații; sau pentru a-i determina pe elevi să practice o anumită abilitate de investigare, cum ar fi colectarea și înregistrarea datelor” [Ibidem, p. 26]. Investigațiile structurate „sunt importante deoarece le permit elevilor să-și dezvolte treptat abilitățile de a efectua anchete deschise” [Ibidem, p. 27] și sunt foarte utilizate de profesori în predarea științelor exacte. În cazul celui de-al treilea nivel, „profesorul oferă elevilor doar întrebarea de cercetare, iar elevii proiectează procedura (metoda) pentru a-și testa ipoteza și pentru a explica rezultatele. Deoarece acest tip de anchetă presupune mai multă implicare decât investigația structurată, el are cel mai mare succes atunci când elevii au avut numeroase oportunități de a învăța și de a exersa diferite moduri de a planifica experimente și de a înregistra date” [Ibidem, p. 27].

Modelul învățării bazate pe investigație a fost implementat în multe clase și în numeroase domenii ale educației. Pentru aceasta au fost propuse mai multe modele și diferite cicluri de învățare. Acest lucru a condus, de numeroase ori, la unele dificultăți în rândul profesori atunci când era necesar ca ei să aleagă cele mai eficiente metode pe care să le aplice la clasă. Acum câțiva ani, Margus Pedaste și colaboratorii săi au făcut un inventar al metodelor propuse în 32 de articole din literatura de specialitate și au propus un cadru de referință general care să surprindă rezultatele cercetărilor anterioare [133, pp. 51-55]. Studiul a ajuns să fie foarte influent în mediul academic, având peste 1.700 de citări.

Pedaste și colaboratorii au ajuns la concluzia că modelul pedagogic al învățării bazate pe investigație conține 5 faze: orientarea, conceptualizarea, investigația, concluzia și discuția. Pentru aceste faze există alte 7 sub-faze sau etape: chestionarea sau întrebarea, generarea de ipoteze, explorarea, experimentarea, interpretarea datelor, comunicarea și reflecția (Figura 2.32).

Astfel, orientarea este procesul de stimulare a curiozității elevului cu privire la un anumit subiect și de abordare a unei provocări de învățare printr-o problemă ridicată; conceptualizarea se referă la procesul în cadrul căruia sunt formulate întrebările și/sau ipotezele în baza teoriei; investigația reprezintă acțiunea de planificare a experimentului sau a explorării unui fenomen, colectarea datelor și analiza lor, toate în baza protocolului sau a designului cercetării; concluzia reprezintă etapa în cadrul căreia sunt extrase concluziile din datele culese – aici se realizează o comparare între întrebările de cercetare, ipoteze și datele strânse, realizându-se o inferență; discuția este ultima etapă și ea este definită de procesul de prezentare a rezultatelor anumitor etape ale

investigației și/sau a întregului ciclu de cercetare, prin intermediul comunicării cu ceilalți colegi sau cu profesorul și/sau controlarea întregului proces de învățare sau a anumitor etape ale acestuia, printr-o angajare într-o activitate reflexivă.

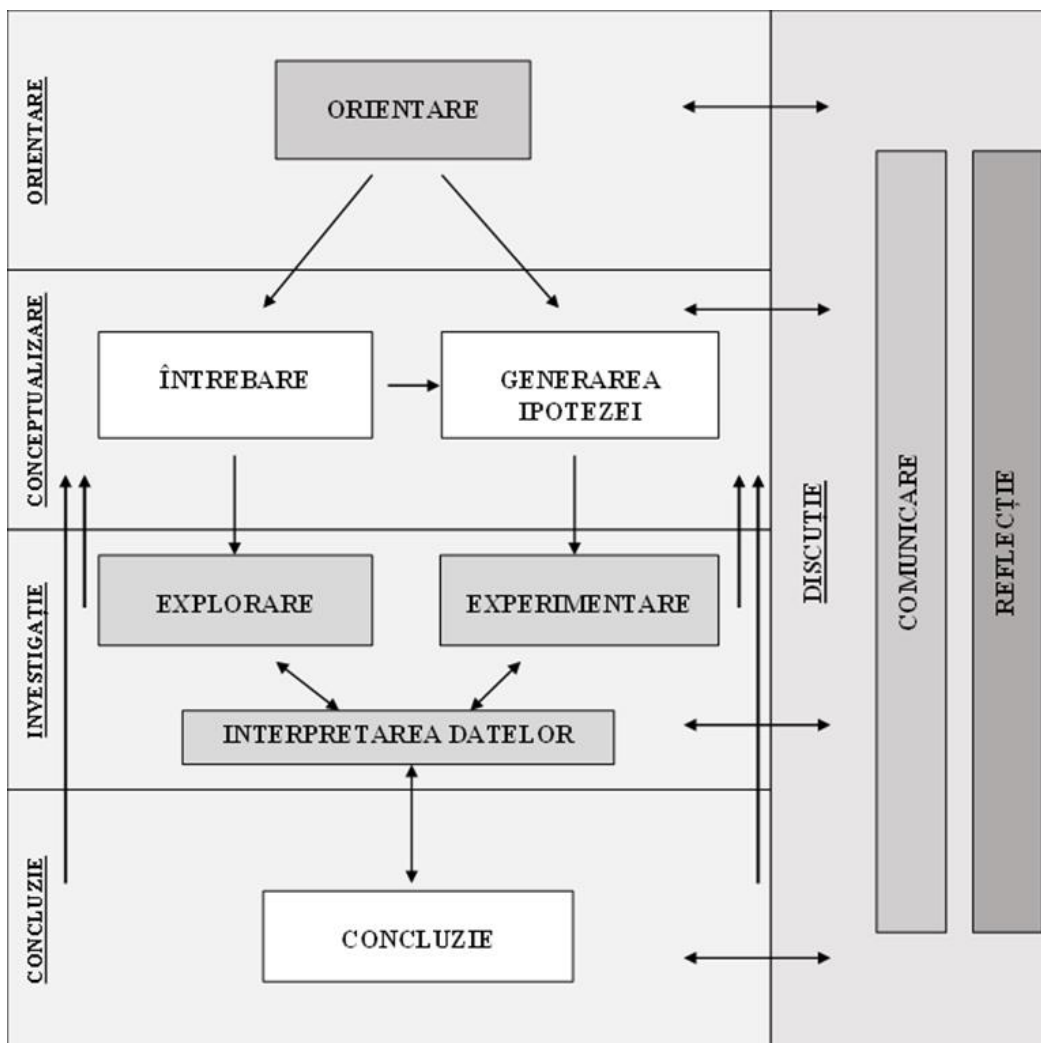


Fig. 2.32. Fazele modelului învățării bazate pe investigație, adaptat după Pedaste, Mäeots, Siiman et al. [Ibidem, p. 51]

În acest context, Pedaste și colaboratorii au propus 3 căi sau modele de abordare pentru această paradigmă educațională. Astfel, ei consideră că putem întâlni [Ibidem, pp. 55-56]:

- a) *modelul bazat pe date*: „Orientare - Întrebare - Explorare - Chestionare - Explorare - Interpretarea datelor - Concluzie”;
- b) *modelul bazat pe ipoteze*: „Orientare - Generare ipoteze - Experimentare - Interpretarea datelor - Generare ipoteze - Experimentare - Interpretarea datelor - Concluzie”;

- c) *modelul bazat pe întrebări*: „Orientare - Întrebare - Generarea ipotezelor - Experimentare - Interpretarea datelor - (Întrebare) Generarea ipotezei - Experimentare - Interpretarea datelor - Concluzie”.

Specialiștii subliniază faptul că orientarea constituie o etapă crucială în acest model, întrucât prin ea elevii vor obține conceptele de bază cu care vor lucra, care vor fi explorate prin intermediul investigației și, nu în ultimul rând, tot prin eforturile specifice acestei etape se stimulează curiozitatea elevilor față de anumite teme sau subiecte. În ceea ce privește cele trei modele de abordare amintite, fiecare dintre acestea au un anumit specific de implementare. De exemplu, o abordare bazată pe date este mult mai potrivită pentru elevii care nu afișează un interes particular față de cele studiate sau dacă au competențe investigaționale limitate. Pe de altă parte, calea abordării bazate pe ipoteze este potrivită pentru elevii care au competențe investigaționale bine dezvoltate și știu cum să realizeze o cercetare.

Prin aplicarea acestei metode didactice, elevii pot dobândi un set larg de abilități și competențe specifice [107, p. 416]:

- identificarea problemelor care se cer a fi studiate și a conceptelor cu care trebuie să se lucreze în investigația științifică;
- realizarea designului de cercetare și derularea investigației științifice;
- utilizarea tehnologiei și a conceptelor științifice, specifice matematicii, fizicii, chimiei etc., pentru realizarea unei investigații aprofundate și pentru comunicarea datelor strânse și a rezultatelor cercetării;
- formularea sau reformularea explicațiilor științifice, a ipotezelor sau a concluziilor, apelându-se la raționamente logice și la gândire critică;
- comunicarea concluziilor unor investigații științifice și susținerea lor într-un mod argumentat.

De asemenea, trebuie menționat că, prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie observațională, elevii mai dobândesc capacități, abilități și deprinderi, precum:

- Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice;
- Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice;
- Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea datelor astrometrice și fotometrice [175, p. 458-459].

După cum observă și autorii volumului coordonat de Liliana Ciascai, [37, p. 17] interactivitatea este mereu prezentă în modelul învățării bazată pe investigație. Pe de o parte, avem

interacțiunea elev-profesor, dar avem și interacțiune elev-elev și interacțiune elev-mijloc de învățare.

Despre strategiile didactice interactive, Mușata-Dacia Bocoș scrie că „reprezintă un tip superior de instruire, care se bazează pe asigurarea interactivității subiecților instruirii, respectiv pe implicarea și participarea lor (inter)activă și deplină (intelectuală/cognitivă, afectiv-motivațională și psihomotorie) în procesul propriei formări, prin stabilirea de interacțiuni intelectuale, verbale, social-emoționale și afective cu cadrul didactic și cu ceilalți colegi și de interacțiuni cu conținuturile curriculare” [21, p. 14].

În modelul adoptat sunt promovate mai multe metode de dezvoltare a spiritului activ, printre care amintim conversația, explicația și demonstrația, însă accentul va fi pus pe promovarea metodelor care presupun învățarea bazată pe investigație și pe experiment, învățarea prin descoperire și, nu în ultimul rând, învățarea prin cooperare. Datorită obiectivului general de a dezvolta competența investigațională, ultimele patru metode amintite sunt capitale.

Se cuvine să explicităm cum sunt înțelese de către specialiști aceste metode. În acest context, vom urma definițiile propuse de Mușata-Dacia Bocoș. Astfel:

- „învățarea bazată pe experiment este o metodă de instruire și autoinstruire care presupune explorarea realității prin activități intenționate de provocare, reproducere, reconstituire și modificare a unor fenomene și procese, în scopul studierii lor și al acumulării de informații științifice” [Ibidem, p. 265]. Pentru învățarea astronomiei, experimentele de laborator, în sens clasic, nu sunt posibile, însă datorită tehnologiei se pot realiza observații astronomice utilizând instrumente optice, în cadrul unor metode științifice;
- „învățarea prin intermediul lucrărilor experimentale de laborator reprezintă o activitate experimentală complexă de efectuare a unui grupaj de experimente practice, îmbinate cu activități intelectuale, în scopul dobândirii, fixării și consolidării achizițiilor și al formării de abilități practice și intelectuale. Ea presupune desfășurarea de către elevi a unor demersuri experimentale complexe și utilizarea unor strategii specifice, într-un interval de timp de 1-3 ore și într-un cadru organizatoric specific, care include un minim de resurse curriculare” [Ibidem, p. 272]. Și în acest caz, realizarea de observații astronomice facilitează această formă de învățare;
- „învățarea prin descoperire reprezintă acea modalitate de participare activă și interactivă a elevilor în procesul didactic care constă în efectuarea de activități și investigații proprii, independente (individuale sau colective), orientate în direcția cercetării,

reconstrucției și redescoperirii adevărurilor științifice și a metodelor de elaborare a acestora” [Ibidem, p. 308];

- „învățarea cooperativă este o metodă didactică bazată pe organizarea, în funcție de obiective operaționale bine stabilite, a unei munci colective fondate pe complementaritate și convergență teleologică, orientată spre asigurarea aspectului social al învățării și care vizează dezvoltarea deprinderilor de comunicare interpersonală, a interacțiunilor, competențelor și comportamentelor sociale, de tip interacționist și comunicativ ale elevilor” [Ibidem, p. 319].

În cazul învățării astronomiei, sunt implicate toate cele trei tipuri de relații amintite (elev-profesor, elev-elev și elev-mijloc de învățare).

Într-adevăr, există specialiști care consideră că, în privința relației dintre elev și mijloacele de învățare, cercetarea științifică poate fi posibilă și ca o activitate de tip *minds-on*, adică prin simpla documentare sau axare pe o serie de resurse disponibile în mod direct.

Pentru studierea astronomiei și mai ales pentru dezvoltarea aptitudinilor investigaționale este nevoie și de o abordare de tip *hands-on*, cât și *hearts-on*, pe lângă activitatea de tip *minds-on*.

În acest fel, ne adresăm unui cadru mai larg de nevoi specifice elevilor cu dotări intelectuale superioare. Mai exact, o astfel de abordare holistică răspunde nevoilor emoționale, sociale și cognitive ale elevilor, încurajându-i pe aceștia să experimenteze și să se implice direct în actul învățării, cu propriile *mâini*, să analizeze cu *mintea* și să investească cu *inima* [187, p. 82], [166, pp. 142-143].

2.3.4. Nucleul modelului

Nucleul modelului pedagogic propus are la baza sa cadrul ERR (Evocare-Realizarea sensului-Reflecție). Cadrul acesta permite elevilor să își consolideze și să își construiască competențele și cunoștințele prin investigație [131, pp. 200-202].

Prin cadrul ERR, se stimulează învățarea activă și acest lucru se face prin stabilirea unor conexiuni între cunoștințele anterioare și noile cunoștințe. Cunoștințele anterioare pot fi naive sau preștiințifice, iar cele noi sunt dobândite printr-o studiere sistematică a științei în cauză [124, p. 348].

Principala trăsătură a modelului pedagogic bazat pe investigație constă în faptul că el se axează pe elev, învățarea este auto-dirijată, elevul este implicat activ în actul învățării, iar profesorul nu este decât un facilitator în tot acest proces, un furnizor de ghidaje. Abordarea are la baza sa principiile enunțate de curentul constructivist (Figura 2.33).

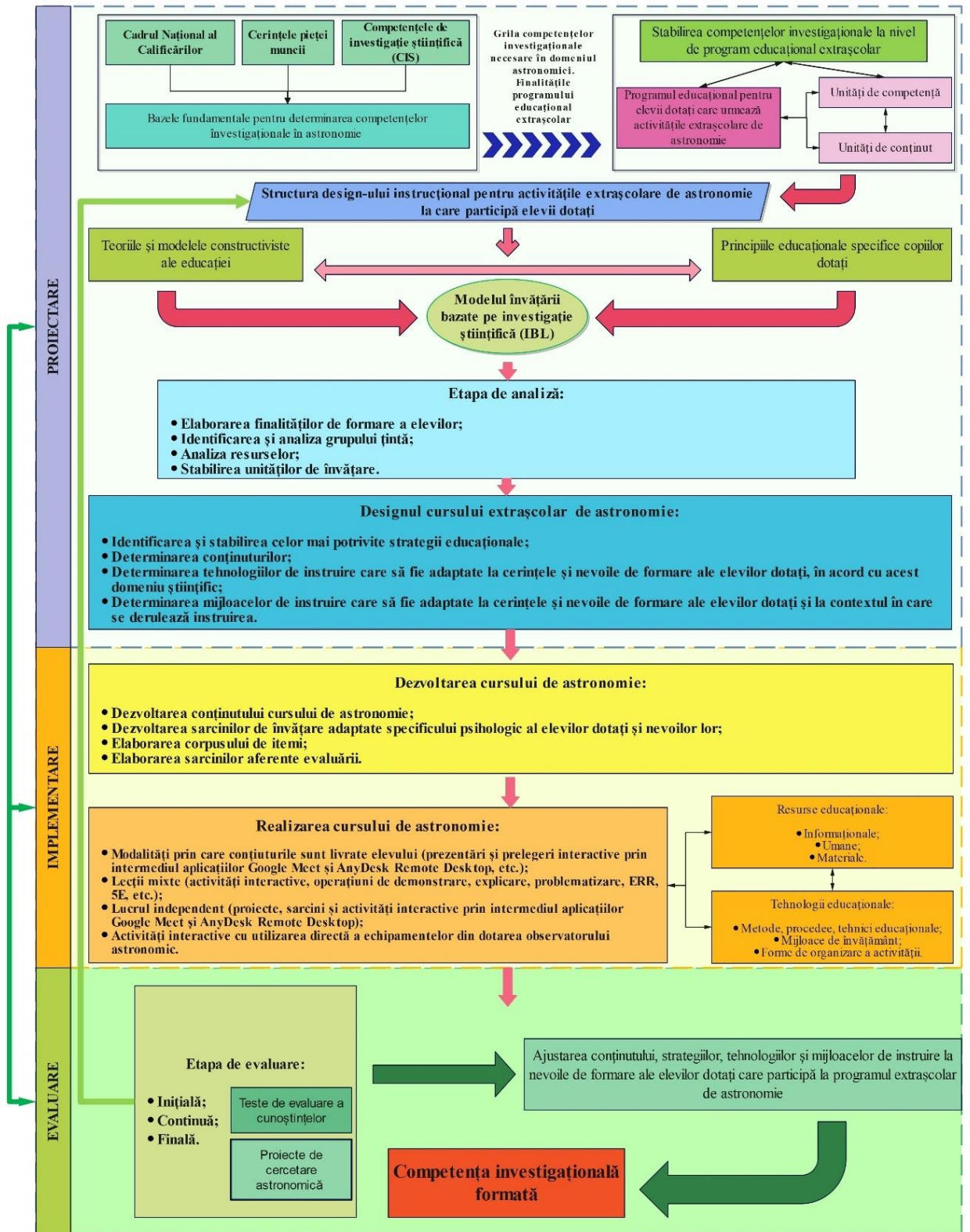


Fig. 2.33. Modelul pedagogic de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie

În cadrul orelor de astronomie, abordarea aceasta le permite elevilor să aibă un contact direct cu fenomenele și corpurile din univers sau cu procesele științifice studiate. Studiarea unui corp ceresc, prin intermediul telescopului, oferă elevului o experiență științifică mai intimă decât dacă respectivul corp ar fi studiat doar la nivel teoretic. Conform procesului de învățare bazat pe investigație, sunt susținute și dezvoltate competențele investigaționale ale elevului. Cu alte cuvinte, un asemenea model poate ajuta elevii să dezvolte abilități de cercetare, care sunt atât de importante pentru a se dezvolta spiritul inovator. Culegerea de informații relevante și verificabile din punct de vedere științific cu privire la subiectele studiate dezvoltă numeroase aptitudini în rândul elevilor. Astfel, ei învață să apeleze la gândirea critică, dar aici are loc și o alfabetizare de ordin informațional, deoarece elevul învață să selecteze și să utilizeze informațiile și instrumentarul de lucru.

2.4. Concluzii la capitolul 2

Metodicile prezentate în acest capitol, care pot fi implementate în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, reprezintă un instrument esențial, nu doar în transmiterea cunoștințelor teoretice, ci și în cultivarea abilităților practice și investigaționale ale elevilor. Aceste oportunități de învățare le permit elevilor să-și exercite și să-și aprofundeze abilitățile analitice, oferindu-le, în același timp, o perspectivă asupra aplicațiilor reale ale științei. Activitățile extrașcolare de astronomie, desfășurate pe baza unor metodologii detaliate, sunt cruciale, nu doar pentru dezvoltarea competenței investigaționale a elevilor, dar și pentru formarea lor ca potențiali cercetători în domeniul astronomiei. Implementarea unui model pedagogic de formare a competenței investigaționale, în contextul activităților extrașcolare de astronomie, poate avea un impact semnificativ asupra dezvoltării elevilor, mai ales a celor dotați sau cu potențial ridicat.

Impactul pedagogic poate fi analizat din mai multe perspective. Astronomia, în sine, este un domeniu care atrage atenția prin misterul și vastitatea universului. Prin introducerea unui model pedagogic adecvat, elevii sunt motivați să exploreze și să înțeleagă fenomenele cosmice, generând astfel o curiozitate și pasiune pentru știință. Un model pedagogic, bazat pe competența investigațională, va încuraja elevii să pună întrebări, să formuleze ipoteze, să analizeze date și să tragă concluzii bazate pe evidențe. Aceste abilități sunt esențiale, nu doar în domeniul științific, ci și în viața de zi cu zi. Toate aceste aspecte contribuie la dezvoltarea gândirii critice și analitice.

Astronomia este legată de matematică, fizică și domeniul tehnologiei informației. Prin activitățile extrașcolare, elevii pot vedea aceste conexiuni interdisciplinare și pot aprecia relevanța și aplicabilitatea cunoștințelor lor.

3. VALIDAREA EXPERIMENTALĂ A MODELULUI PEDAGOGIC DE FORMARE A COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE LA ELEVII DOTAȚI ÎN CADRUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE

3.1. Organizarea și desfășurarea experimentului pedagogic

„Experimentul pedagogic este o metodă de cunoaștere, cu ajutorul căreia se studiază fenomenele, procesele, faptele, experiența pedagogică; este o activitate atât a profesorului, cât și a studenților, special organizată, în scopul verificării și fundamentării unor presupuneri teoretice sau ipoteze; este o experiență de modificare a procesului de învățământ, bazată pe o anumită teorie, în condiții controlabile; de asemenea, este o intervenție activă a cercetătorului în fenomenul pedagogic abordat, în ideea de a descoperi anumite legități și a schimba practica educațională” [138, pp. 16-17].

Într-o altă opinie, experimentul pedagogic reflectă „o metodă esențială de investigație pedagogică directă, fiind definită ca o observare provocată, care are drept scop optimizarea procesului pedagogic urmărind fie ameliorarea unor soluții instructiv educative, fie descoperirea altor soluții noi, calitativ superioare, mai moderne și mai eficiente” [24, p. 215].

Organizarea și desfășurarea experimentului pedagogic s-a realizat în perioada octombrie 2022 – decembrie 2023 și a cuprins următoarele etape:

3.1.1. Experimentul pedagogic de constatare

Experimentul pedagogic de constatare se referă la procesul prin care cercetătorul este pus în fața analizării situației date din domeniul cercetării. El studiază literatura de specialitate, analizează starea practicii din cadrul acelei discipline de studiu, scoate în evidență contradicțiile sau aspectele necercetate suficient, ridică problema ce se vrea a fi cercetată, punctează obiectivul cercetării și scopul ei, formulează ipotezele de lucru și construiește instrumentul cercetării [138, p. 17].

Scopul experimentului pedagogic de constatare a vizat evaluarea nivelului inițial de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați în astronomie.

Acest experiment a fost util pentru identificarea elevilor dotați și pentru dezvoltarea unui model pedagogic pentru formarea competenței investigaționale pentru aceștia prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Obiectivele experimentului pedagogic de constatare au fost următoarele:

- Identificarea elevilor dotați pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie;
- Aplicarea unui chestionar de constatare pentru identificarea nivelului de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați selectați.

În cadrul experimentului pedagogic de constatare, s-au utilizat metode de cercetare: testul, chestionarul, comparația, analiza datelor obținute prin intermediul testului și chestionarului, precum și interpretarea calitativă a acestora.

Metodologia cercetării. Experimentul pedagogic de constatare a inclus următoarele etape:

- Elaborarea instrumentului de evaluare (test) pentru identificarea elevilor dotați pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie. Scopul testului a fost acela de a selecta elevii dotați care au participat la experimentul pedagogic de formare, pentru a constitui cele două eșantioane, respectiv grupul experimental și grupul de control. Prin elaborarea și aplicarea unui instrument de evaluare, în cazul de față un test, s-a putut identifica elevii dotați, care au putut fi utilizați ca eșantioane pentru formarea grupului experimental și a celui de control. De asemenea, prin selecția atentă a elevilor dotați, s-a asigurat faptul că aceștia sunt capabili să înțeleagă și să aplice noțiunile de astronomie prezentate în cadrul activităților și, prin urmare, să obțină o experiență valoroasă și relevantă;
- Aplicarea instrumentului de evaluare, selecția elevilor dotați și stabilirea celor două eșantioane (grupul experimental și grupul de control). Această etapă a fost relevantă în cadrul cercetării pedagogice, deoarece a permis selecția riguroasă a elevilor dotați, care au fost ulterior repartizați în cele două eșantioane, respectiv grupul experimental și grupul de control, pentru a participa la experimentul pedagogic de formare. Prin intermediul aplicării acestui instrument de evaluare, am putut identifica elevii cu abilități și aptitudini speciale pentru astronomie, oferindu-le astfel oportunitatea de a-și dezvolta competențele în acest domeniu. Selecția a asigurat, de asemenea, omogenitatea grupurilor de elevi, în vederea realizării unei comparații valide între grupul experimental și grupul de control. Aplicarea instrumentului de evaluare și identificarea elevilor dotați a fost un pas important în asigurarea valabilității experimentului pedagogic și a rezultatelor obținute;
- Elaborarea unui chestionar de constatare pentru evaluarea nivelului de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați din cele două grupuri (experimental și

de control). Chestionarul a fost conceput astfel încât să permită evaluarea competenței investigaționale, înainte de experimentul pedagogic de formare. Au fost elaborate întrebări specifice, clare, relevante și adaptate cercetării pedagogice care a fost efectuată;

- Aplicarea experimentală a chestionarului de constatare pentru determinarea nivelului de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați selectați din grupul experimental și grupul de control. Acest lucru a fost o etapă importantă în cadrul cercetării pedagogice și a permis obținerea de date semnificative cu privire la nivelul de cunoștințe și dezvoltarea abilităților practice necesare pentru efectuarea investigațiilor în astronomie observațională, precum și evaluarea nivelului de competență investigatională la elevi.

Elaborarea și aplicarea testului au reprezentat etape esențiale în identificarea elevilor dotați care să participe în experimentul pedagogic de formare, iar selecția riguroasă a elevilor a permis constituirea celor două eșantioane de elevi dotați (grupul experimental și grupul de control) pentru experimentul pedagogic de formare. Elaborarea testului pentru identificarea elevilor dotați a reprezentat o etapă crucială în cercetarea pedagogică, întrucât acesta a avut drept scop identificarea elevilor potențial dotați pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie. Testul a fost conceput pentru a asigura identificarea celor mai buni candidați pentru participarea la activitățile extrașcolare de astronomie, iar structura acestuia a fost adaptată pentru a evalua atent caracteristicile necesare pentru o astfel de participare. Itemii testului pentru identificarea elevilor dotați, precum și punctajul, se pot vedea în Anexa 1. Testul a fost structurat pe baza unui set de itemi, fiecare având asociate mai multe opțiuni de răspuns. Scopul acestei abordări a fost de a identifica un spectru larg de caracteristici ale elevilor dotați necesare pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie [177, p. 111], [179, p. 141]. Caracteristicile vizate de cercetare la elevi au fost următoarele:

- Capacitatea de a se concentra asupra unui subiect pe o perioadă lungă de timp;
- Capacitatea de a se implica într-un proiect care necesită investigație fără a solicita îndrumarea unui profesor;
- Capacitatea de a munci perseverent pentru atingerea unui obiectiv chiar dacă apar eșecuri;
- Capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații;
- Spiritul de observație;
- Asumarea responsabilității pentru rezolvarea unor sarcini;

- Capacitatea de a învăța să utilizeze un soft nou fără ajutorul unui profesor;
- Nerăbdarea și interesul pentru a vedea care sunt posibilitățile de a folosi un soft nou;
- Pasiunea și curiozitatea pentru formarea deprinderilor necesare de a utiliza un soft nou;
- Curiozitatea față de metodele științifice;
- Abilitatea de a explora subiectele științifice dintr-o abordare creativă în cadrul discuțiilor;
- Entuziasmul atunci când au loc dezbateri pe diferite subiecte din domeniul științei;
- Capacitatea de a interpreta date științifice;
- Pasiunea, curiozitatea și tenacitatea de a afla informații care sunt dificil de înțeles din domeniul astronomiei [176, p. 439].

Pentru fiecare item, opțiunile de răspuns au fost proiectate astfel încât să reflecte diferite niveluri de capacități sau atitudini, fiecare răspuns având alocat un anumit punctaj. Testul a fost aplicat prin intermediul aplicației Google Forms/Formfacade, care a permis crearea și gestionarea eficientă a întrebărilor și răspunsurilor într-un format online. Această metodă a permis o colectare și o analiză mai ușoară a datelor obținute prin testare. Google Forms este o aplicație web gratuită oferită de Google, care permite utilizatorilor să creeze și să gestioneze formulare și sondaje online [215]. Formfacade este o extensie Google Chrome pentru Google Forms, care permite utilizatorilor să creeze și să genereze automat testele în Google Forms, inclusiv prin atribuirea de puncte pentru fiecare întrebare [214]. Testul pentru identificarea elevilor dotați pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie a fost difuzat în mediul online (rețele sociale, WhatsApp, Viber, e-mail etc.) către profesorii de Fizică din școlile gimnaziale, liceele și colegiile din România și Republica Moldova. Ulterior, profesorii de Fizică au distribuit testul doar elevilor din clasele VI – XII care, pe baza observațiilor efectuate de cadrele didactice, în timpul orelor de la școală, au fost identificați cu caracteristici precum genialitate și talent în disciplina Fizică, care se manifestă prin performanță superioară comparativ cu ceilalți elevi din clasă, precum și prin nivel sporit de creativitate și intuiție în rezolvarea problemelor, motivație și interes pentru învățarea Fizicii, capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații, spirit de observație în experimentele de Fizică, abilități experimentale în domeniul Fizicii, asumarea responsabilității pentru rezolvarea unor sarcini în cadrul orelor de Fizică, curiozitate față de metodele științifice utilizate în Fizică, abilități de comunicare în discuțiile pe diferite subiecte din domeniul Fizicii, capacitatea de a interpreta date științifice la Fizică, gândire creativă manifestată în discuțiile despre diferite subiecte științifice și perseverență în dobândirea informațiilor cu grad sporit de complexitate din domeniul științei [177, p. 111], [179, p. 140-141]. Prin această metodă, testul a fost distribuit elevilor din clasele VI – XII din România și Republica Moldova, pentru stabilirea eșantioanelor în vederea

realizării experimentului pedagogic. Acest studiu a inclus un număr total de 327 de participanți din România și Republica Moldova. Distribuția elevilor pe diferite unități de învățământ pentru România, utilizând datele colectate prin intermediul testului este prezentată în Figura 3.1.

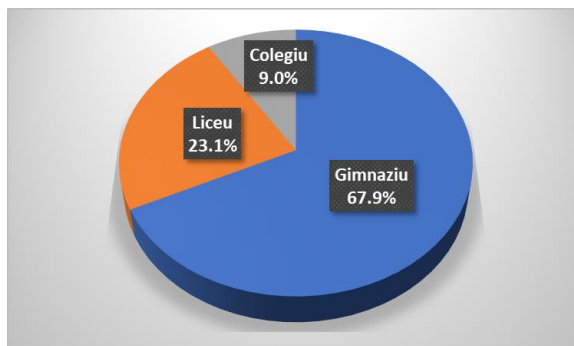


Fig. 3.1. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru România

Repartizarea elevilor pe diferite clase pentru România, utilizând datele obținute prin intermediul testului este ilustrată în Figura 3.2.

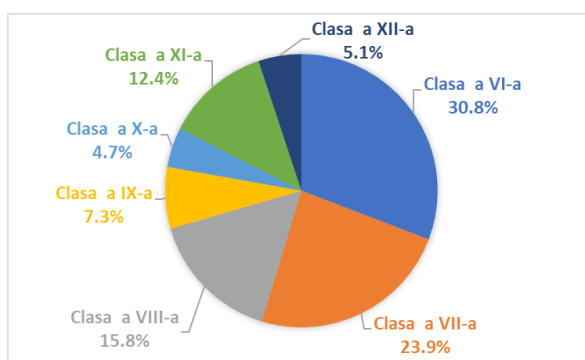


Fig 3.2. Distribuția elevilor pe clase pentru România

Distribuția elevilor pe diferite unități de învățământ pentru Republica Moldova, utilizând datele colectate prin intermediul testului este prezentată în Figura 3.3.

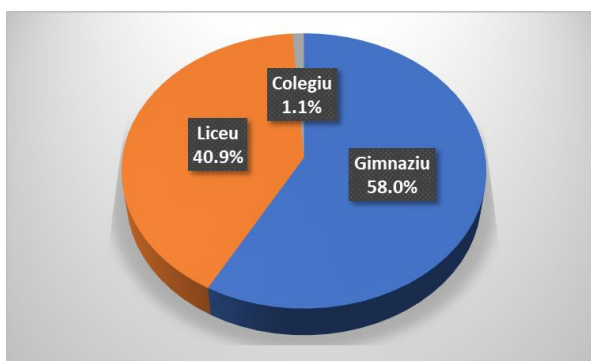


Fig. 3.3. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru Republica Moldova

Repartizarea elevilor pe diferite clase pentru Republica Moldova, utilizând datele obținute prin intermediul testului este ilustrată în Figura 3.4.

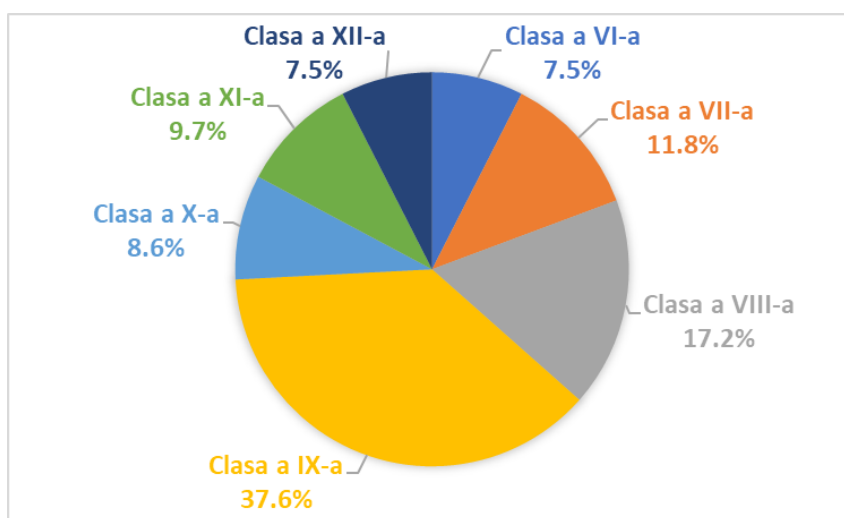


Fig. 3.4. Distribuția elevilor pe clase pentru Republica Moldova

Analiza statistică referitoare la răspunsurile obținute la itemii testului colectate pentru România și Republica Moldova este disponibilă în Anexele 2 și 3.

Selecția elevilor dotați pentru a participa la activități extrașcolare de astronomie a fost efectuată pe baza punctajului obținut de fiecare elev în urma testului. Toate punctajele elevilor au fost generate automat cu ajutorul lui Google Forms/Formfacade, și salvate într-o foaie de calcul de tip Excel, având acces facil la aceste date.

În acest mod am obținut două foi de calcul, câte una pentru fiecare țară. Ulterior, am utilizat programul Microsoft Excel pentru a genera două liste cu elevii care au participat la acest test, în ordinea punctajului obținut, o listă pentru elevii din Republica Moldova și o listă pentru elevii din România. Primii 55 de elevi din lista generată pentru Republica Moldova au format grupul experimental, iar primii 55 de elevi din lista generată pentru România au format grupul de control.

Selecția numărului de participanți a fost o decizie informată și deliberată, bazată pe o combinație de considerente metodologice și pragmatice. Au fost luate în considerare atât limitările cât și avantajele acestei alegeri în proiectarea și implementarea experimentului pedagogic.

Alegerea unui număr de 55 de elevi pentru fiecare grup de cercetare (experimental și de control) a fost făcută pentru a asigura o dimensiune a eșantionului suficient de mare pentru a permite analize statistice relevante, dar suficient de mică pentru a menține calitatea și profunzimea intervenției pedagogice.

Selectarea a 55 de elevi pentru fiecare grup a fost determinată de dorința de a controla variabilele în cadrul experimentului, asigurându-se că intervenția pedagogică poate fi administrată

în mod uniform și că rezultatele pot fi atribuite cu încredere acestei intervenții. Un alt motiv pentru stabilirea acestui număr de elevi care să participe la experiment a fost influențat de resursele disponibile (timp de observare și echipamente) pentru experiment din partea Observatorului Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați.

Acest număr de elevi a permis o gestionare eficientă a resurselor fără a compromite calitatea experimentului. Distribuția elevilor pe diferite unități de învățământ pentru grupul experimental este prezentată în Figura 3.5.

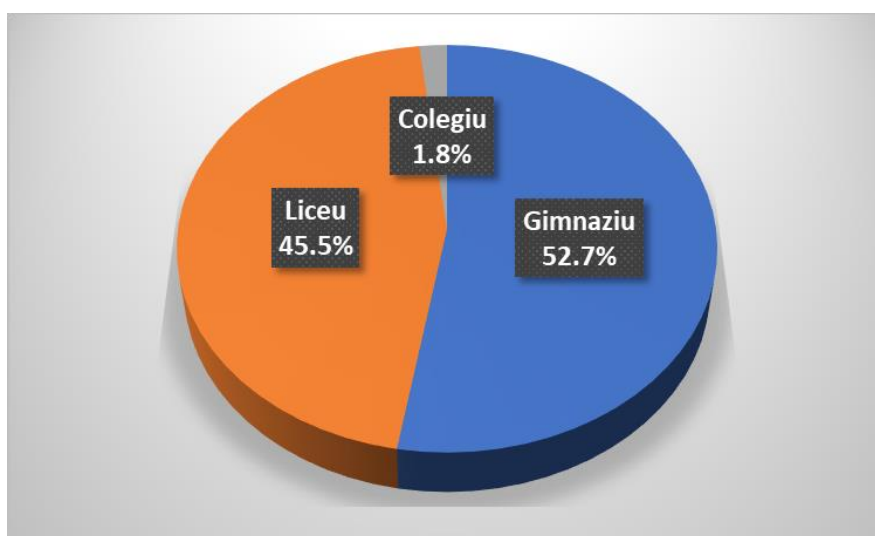


Fig. 3.5. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru grupul experimental

Repartizarea elevilor pe diferite clase pentru grupul experimental este ilustrată în Figura 3.6.

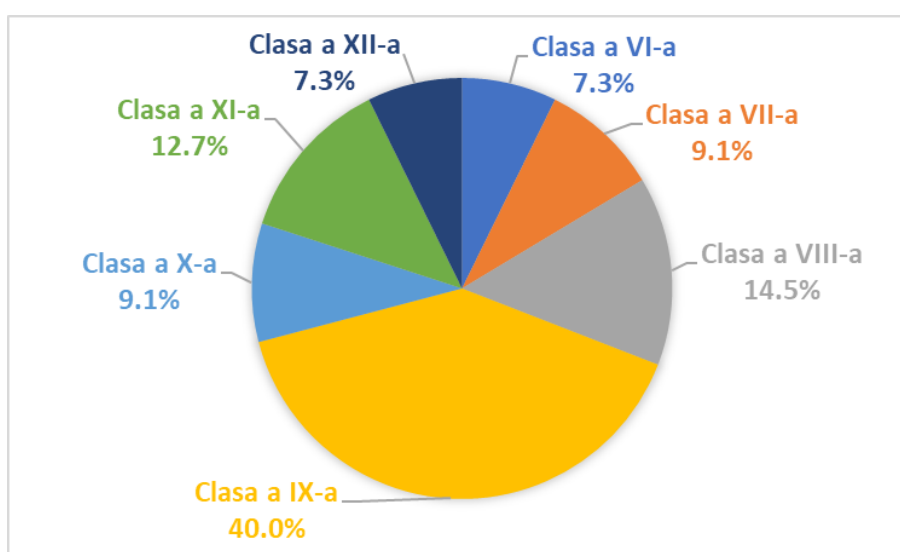


Fig. 3.6. Distribuția elevilor pe clase pentru grupul experimental

Distribuția elevilor pe diferite unități de învățământ pentru grupul de control este prezentată în Figura 3.7.

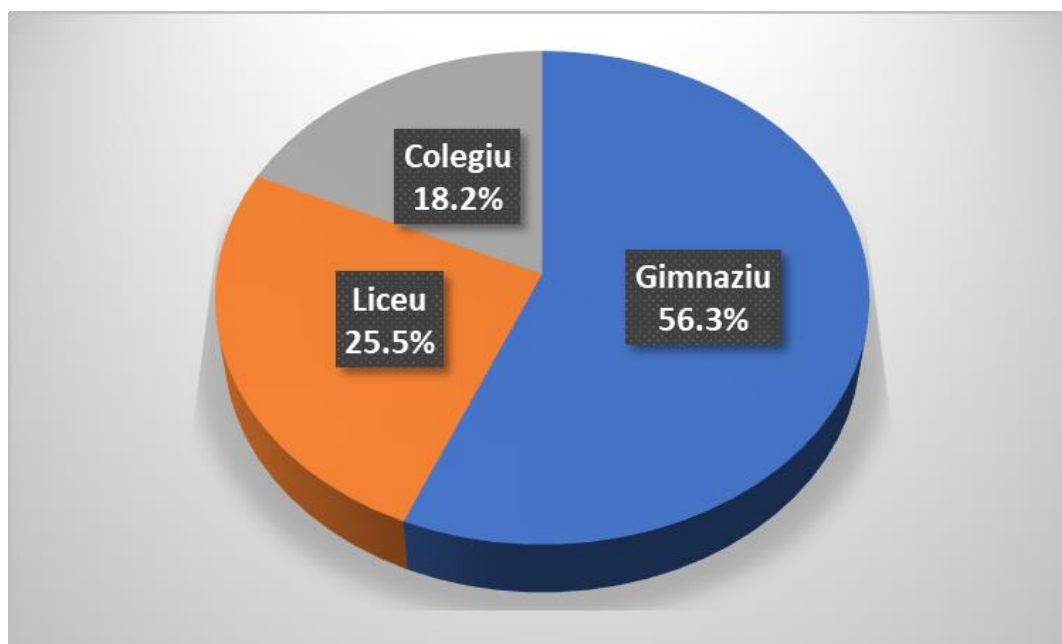


Fig. 3.7. Distribuția elevilor pe unități de învățământ pentru grupul de control
Repartizarea elevilor pe diferite clase pentru grupul de control este ilustrată în Figura 3.8.

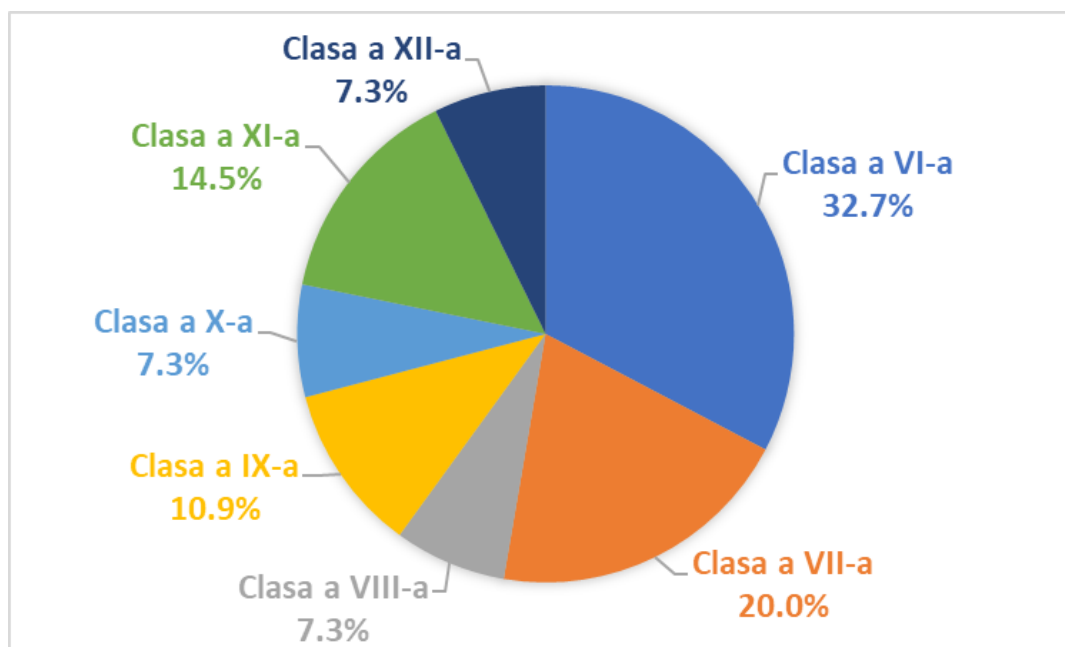


Fig. 3.8. Distribuția elevilor pe clase pentru grupul de control

În următorul tabel este prezentată structura eșantionului experimental (Tabelul 3.1):

Tabelul 3.1. Structura eșantionului experimental

Tipul eșantionului	Nr. și categorii de subiecți	Etapile cercetării aplicate:			Eșantion total:
Grupul experimental	Republica Moldova: 55 de elevi din clasele VI - XII	Constatare octombrie 2022 – ianuarie 2023	Formare februarie – august 2023	Validare septembrie – decembrie 2023	110 de subiecți
Grupul de control	România: 55 de elevi din clasele VI – XII	Constatare octombrie 2022 – ianuarie 2023	Formare februarie – august 2023	Validare septembrie – decembrie 2023	

În continuare, este prezentată metodologia cercetării la experimentul pedagogic de constatare (Tabelul 3.2).

Tabelul 3.2. Metodologia cercetării la experimentul pedagogic de constatare

Tipul eșantionului	Nr. și categoriile de subiecți	Metodele cercetării
Grupul experimental	Republica Moldova: 55 de elevi din clasele VI - XII	Chestionar
Grupul de control	România: 55 de elevi din clasele VI – XII	Chestionar

În cadrul experimentului pedagogic, variabila independentă este reprezentată de metodologia formării competenței investigaționale. Aceasta a fost prezentată detaliat în capitolul anterior și reprezintă factorul ce este manipulat în cadrul experimentului. Variabilele dependente reprezintă nivelul de competență investigațională la elevii dotați, măsurat atât înainte, cât și după programul de formare, fiind afectate de variabila independentă. Variabile dependente sunt:

- Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră);
- Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice;
- Cunoștințe despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice;
- Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice;

- Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice;
- Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice;
- Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice;
- Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice.

În următorul tabel este prezentată corespondența dintre itemii chestionarelor de constatare/validare și variabilele cercetării (Tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Corespondența dintre itemii chestionarelor de constatare/validare și variabilele cercetării

Variabilele cercetării	Itemii chestionarului de constatare	Itemii chestionarului de validare
Componenta cunoștințe a competenței investigaționale		
Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)	În ce măsură dețineți cunoștințe despre instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.	Cât de mult cunoașteți despre funcționarea telescopului și a camerei CCD? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc;
Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice	Cunoașteți modul în care pot fi utilizate softurile pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice? a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.	Cât de bine sunteți familiarizat cu utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice? a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.

<p>Cunoștințe despre metodică observațiilor astrometrice și fotometrice</p>	<p>Cât de bine știți cum se realizează observațiile astrometrice și fotometrice? a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.</p>	<p>Cum apreciați nivelul dumneavoastră de cunoștințe despre metodică observațiilor astrometrice și fotometrice? a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.</p>
<p>Componenta capacități/abilități/deprinderi a competenței investigaționale</p>		
<p>Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice</p>	<p>Puteți realiza observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>	<p>În ce măsură considerați că sunteți capabil să realizați observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>
<p>Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice</p>	<p>Ați mai utilizat softuri pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>	<p>În ce măsură considerați că ați dezvoltat abilități de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>

<p>Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice</p>	<p>În ce măsură aveți deprinderi de a utiliza instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>	<p>Aveți deprinderi pentru realizarea observațiilor astrometrice și fotometrice utilizând instrumentele necesare (telescop și cameră)? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>
<p>Componenta atitudinală a competenței investigaționale</p>		
<p>Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice</p>	<p>În ce măsură manifestați interes și curiozitate pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>	<p>În ce măsură sunteți interesat și curios să învățați prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice? a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.</p>
<p>Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice</p>	<p>Cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice pentru învățarea astronomiei? a) Foarte necesare; b) Necesare; c) Puțin necesare.</p>	<p>În procesul de învățare a astronomiei, cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice? a) Foarte necesare; b) Necesare; c) Puțin necesare.</p>

Variabilele cercetării au fost importante pentru a măsura diferitele componente ale competenței investigaționale. Acestea au inclus următoarele componente: cunoștințe, capacități, abilități, deprinderi și atitudini ale competenței investigaționale. Acestea au oferit o structură clară pentru a identifica și evalua schimbările în competența investigațională la elevii dotați.

În concluzie, variabilele cercetării și întrebările din chestionarele de constatare și de validare au fost esențiale pentru a evalua formarea competenței investigaționale și pentru a stabili eficacitatea modelului pedagogic și metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

La finalul acestei etape, chestionarul de constatare a fost distribuit prin intermediul poștei electronice (e-mail) elevilor dotați din cele două grupuri, respectiv cel experimental și cel de control, înainte de desfășurarea experimentului pedagogic de formare. Acest chestionar poate fi vizualizat în Anexa 4. Statistica răspunsurilor obținute la itemii chestionarului de constatare pentru ambele grupuri este disponibilă în Anexa 5.

3.1.2. Experimentul pedagogic de formare

În cadrul experimentului pedagogic de formare, cercetătorul ajunge să menționeze „metodica folosită și modul de organizare a experimentului (grupele-țintă, termenele de realizare) și desfășoară experimentul” [138, p. 17].

Scopul experimentului pedagogic de formare a fost de a dezvolta competența investigațională a elevilor dotați prin intermediul unor activități extrașcolare de astronomie observațională adecvate, care au constat în observații astrometrice și fotometrice, precum și în reducerea și analiza datelor. Prin intermediul experimentului pedagogic de formare, elevii dotați din grupul experimental au avut oportunitatea de a pune în practică cunoștințele și abilitățile dobândite în cadrul instruirii și de a dezvolta noi abilități, precum abilități de observare, analiză și interpretare a datelor astronomice. Acest lucru este important pentru a consolida competența investigațională la elevi și pentru a-i pregăti pentru aplicații practice în viitor. Experimentul pedagogic de formare a contribuit la dezvoltarea interesului și pasiunii pentru astronomie la elevi, oferindu-le oportunități de a se implica activ în activități de cercetare și de a-și dezvolta creativitatea. Acest lucru a fost benefic pentru dezvoltarea lor personală și poate avea un impact pozitiv asupra viitoarelor lor cariere.

Obiectivele experimentului pedagogic de formare au fost următoarele:

- Analizarea și interpretarea nivelului inițial al competenței investigaționale la elevii dotați, prin intermediul datelor experimentului pedagogic de constatare;

- Elaborarea unui model pedagogic adecvat pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați, prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie;
- Implementarea experimentală a modelului elaborat prin aplicarea unei metodologii adecvate pentru formarea competenței investigaționale.

Metodologia cercetării. Experimentul pedagogic de formare a inclus următoarele etape:

- Examinarea răspunsurilor rezultate în urma aplicării chestionarului de constatare pentru analizarea și interpretarea datelor;
- Analiza literaturii de specialitate existente în domeniul formării competenței investigaționale la elevi, în vederea identificării celor mai relevante și actuale informații și practici pedagogice în acest domeniu pentru elaborarea unui model pedagogic adecvat pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie;
- Organizarea și desfășurarea programului de formare a competenței investigaționale la elevii dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Colectarea răspunsurilor la chestionarul de constatare a fost realizată prin intermediul platformei Google Forms și distribuirea acestuia a fost efectuată prin e-mail către elevii dotați din cele două grupuri, experimental și de control, înainte de începerea experimentului pedagogic de formare. Răspunsurile la chestionar au fost colectate și stocate în baza de date a programului Google Forms. În urma colectării răspunsurilor la chestionarul de constatare, s-au obținut date referitoare la nivelul de dezvoltare inițial al competenței investigaționale la elevii dotați din cele două grupuri. Organizarea activităților de formare a competenței investigaționale la elevii dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie s-a bazat pe un program de formare.

Acesta a constat într-un curs extrașcolar de astronomie observațională. Programul de formare a inclus atât activități teoretice, cât și practice, care au fost concepute în mod specific pentru a dezvolta competența investigațională la elevii dotați. Activitățile au fost adecvate și accesibile pentru toți elevii, indiferent de vârsta lor. Aceste activități au fost organizate într-un mod structurat și bine planificat, care a permis elevilor să dezvolte competența investigațională prin intermediul unor lecții și observații astronomice științifice. Astfel, programul de formare a fost conceput și implementat astfel încât să maximizeze eficiența și eficacitatea procesului de formare a competenței investigaționale la elevii dotați. Mai trebuie să avem în vedere că acești elevi dotați au o capacitate de învățare și de adaptare foarte mare, ceea ce a permis să implementarea unui un program eficient de formare a competenței investigaționale într-un timp

relativ scurt. Deși unii cercetatori ar putea considera că programul de formare ar fi trebuit să dureze ani de zile, trebuie să ținem cont de faptul că, în cazul elevilor dotați, timpul de formare este diferit față de cel al celorlalți elevi. Acești elevi au nevoie de provocări și de un ritm de învățare rapid, iar un program care ar fi durat prea mult timp, ar fi putut duce la demotivare sau dezinteres din partea lor, iar acest lucru ar fi putut avea un impact negativ asupra procesului de învățare.

Pe de altă parte, programul a fost conceput astfel încât să aibă un echilibru între activitățile teoretice și practice, iar elevii au avut ocazia să aplice cunoștințele teoretice în practică într-un mediu stimulant și adecvat.

În plus, programul a fost monitorizat constant, iar activitățile și strategiile de formare au fost adaptate și ajustate în funcție de nevoile specifice ale elevilor dotați. Durata programului a fost adecvată și eficientă în ceea ce privește formarea competenței investigationale la elevii dotați în contextul activităților extrașcolare de astronomie observațională. Programul a fost conceput într-un mod echilibrat și adecvat, și a dus la obținerea rezultatelor dorite într-un timp relativ scurt. Trebuie spus că există și o altă perspectivă din care se poate privi durata programului de formare.

Deoarece elevii dotați au caracteristici speciale și pot fi instruiți cu ușurință și rapid, o perioadă mai scurtă de timp este suficientă pentru a dezvolta competența investigațională la un nivel ridicat. Durata programului de formare a trebuit să fie adaptată la nevoile și caracteristicile elevilor dotați și la obiectivele specifice ale programului.

Mai trebuie spus că, un program intensiv de formare poate fi motivant și stimulant pentru elevii dotați, care sunt de obicei interesați să învețe mai mult decât colegii lor și să-și utilizeze abilitățile la un nivel mai înalt.

Prin urmare, un program de formare care are un ritm rapid și oferă oportunități frecvente pentru elevii dotați să-și utilizeze abilitățile poate fi mai motivant și mai stimulant pentru aceștia decât un program care este prea lent sau care nu oferă suficiente oportunități de practică.

Cu elevii dotați din grupul experimental, au fost desfășurate o serie de activități teoretice și practice de astronomie observațională, în mediul online, în cadrul Observatorului Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați.

Activitățile teoretice ale cursului de astronomie observațională s-au desfășurat în cadrul a 13 module, fiecare având o durată de 3 ore. Subiectele abordate în cadrul acestui curs au fost următoarele:

- Noțiuni introductive de astronomie;
- Instrumente utilizate în observațiile astronomice;
- Noțiuni de astrometrie și fotometrie;

- Asteroizii și cometele – corpuri mici ale Sistemului Solar. Observarea asteroizilor și cometelor;
- Stele duble. Clasificarea și observarea stelelor duble;
- Stele variabile. Clasificarea și observarea stelelor variabile;
- Exoplanete. Metode utilizate pentru descoperirea de exoplanete. Observarea fotometrică a tranzitelor exoplanetelor;
- Supernove. Tipuri de supernove. Detecția și observarea supernovelor.

Activitățile teoretice cu elevii s-au desfășurat online prin intermediul aplicației Google Meet [216]. Înainte de fiecare întâlnire, am contactat elevii prin e-mail pentru a-i anunța despre activitatea care va fi derulată și pentru a le oferi informații detaliate despre subiectele care vor fi discutate.

La fiecare întâlnire, au fost prezentate slide-uri ale prezentărilor PowerPoint prin screen sharing, adică a fost partajat ecranul calculatorului cu elevii, astfel încât aceștia să poată vedea ceea ce era prezentat.

Aceasta a fost o metodă eficientă de a prezenta informații vizuale, iar în contextul activităților teoretice, a permis elevilor să vadă și să citească informațiile importante legate de astronomie. Din punct de vedere pedagogic, prezentarea teoretică a avut scopul de a îmbogăți cunoștințele elevilor în domeniul astronomiei observaționale.

Modul în care a fost organizată activitatea a oferit oportunități pentru comunicare și colaborare, deoarece elevii au putut pune întrebări și au fost discutate informațiile prezentate. Implicațiile pedagogice ale acestei abordări au inclus dezvoltarea competențelor de comunicare, colaborare și analiză, precum și creșterea interesului și pasiunii pentru astronomie.

Prezentarea online și interacțiunea cu elevii în mediul virtual au încurajat dezvoltarea competențelor digitale și i-au pregătit pe elevi pentru a face față cerințelor și oportunităților din lumea digitală. În ceea ce privește prezentarea observatorului astronomic, au fost folosite prezentări în PowerPoint și materiale vizuale pentru a ajuta elevii să înțeleagă cum funcționează instrumentele și ce pot să observe cu acestea.

De asemenea, au fost făcute demonstrații practice în timpul sesiunilor de teorie pentru a-i ajuta să înțeleagă modul de utilizare a instrumentelor. Activitățile teoretice au avut o importanță deosebită pentru formarea competenței investigaționale la elevii dotați în astronomie observațională.

Aceștia i-au ajutat să dobândească cunoștințe teoretice solide în domeniul astronomiei observaționale și să înțeleagă principiile de bază ale observațiilor astronomice.

De asemenea, activitățile teoretice i-au ajutat pe elevi să-și dezvolte abilitățile de analiză și sinteză a informațiilor, să își îmbunătățească abilitățile de gândire critică și de rezolvare a problemelor, ceea ce a contribuit la dezvoltarea competenței investigaționale. Prin intermediul activităților teoretice, elevii au dobândit cunoștințe solide despre instrumentele utilizate în observațiile astronomice și au înțeles principiile de bază ale acestora.

Aceste cunoștințe i-au ajutat să devină mai autonomi și să-și îmbunătățească abilitățile de investigație și analiză, ceea ce a contribuit la dezvoltarea competenței investigaționale. Activitățile teoretice i-au încurajat pe elevi să-și dezvolte curiozitatea și să-și pună întrebări, ceea ce este esențial pentru a dobândi abilități de investigație.

Elevii au fost încurajați să exploreze concepte noi și să își dezvolte abilitățile de gândire creativă, ceea ce a contribuit la dezvoltarea competenței investigaționale. Prin prezentarea noțiunilor de bază ale astronomiei și a instrumentelor utilizate în observațiile astronomice, elevii au dobândit cunoștințe teoretice solide care i-au ajutat să înțeleagă fenomenele astronomice și să le observe în mod corespunzător.

Lecțiile teoretice despre astrometrie, fotometrie, asteroizi, comete, stele duble, stele variabile, exoplanete și supernove au fost bine structurate și prezentate într-un mod interactiv, ceea ce a stimulat interesul elevilor și i-a determinat să își dorească să afle mai multe. În acest fel, elevii și-au dezvoltat abilități de cercetare și de sinteză a informațiilor, ceea ce reprezintă componente importante ale competenței investigaționale.

De asemenea, utilizarea aplicației Google Meet a permis o interacțiune mai bună între mentor și elevi. Aceasta a creat un mediu virtual de învățare colaborativ, în care elevii au putut pune întrebări, participând activ la lecție și împărtășind ideile lor. În acest fel, elevii au dezvoltat abilități de comunicare și colaborare, ceea ce reprezintă, de asemenea, componente esențiale ale competențelor secolului al XXI-lea.

Aceste activități teoretice au oferit elevilor o bază solidă de cunoștințe în astronomia observațională, care au fost esențiale pentru formarea competenței investigaționale pentru a efectua cercetări și observații științifice.

Pentru a le oferi elevilor o experiență cât mai apropiată de realitate, a fost realizat un tur virtual al Observatorului Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați, prin intermediul aplicației Google Meet.

A fost folosită camera de la telefonul mobil pentru a filma instrumentele optice și camerele CCD, iar imaginea captată a fost partajată, prin screen sharing, pe ecranul calculatoarelor elevilor.

În timpul turului virtual, au fost prezentate instrumentele optice, telescoapele refractoare și reflectoare, precum și camerele CCD utilizate în observațiile astronomice.

Au fost explicate funcționarea fiecărui instrument și utilizarea lor pentru a obține imagini ale corpurilor cerești. Prin această metodă, a fost oferită elevilor o experiență interactivă, crescându-le interesul pentru astronomie și tehnologie, ceea ce a permis elevilor să participe la activitățile de astronomie observațională, chiar dacă locuiesc în Republica Moldova.

Prezentarea online a oferit și oportunități pentru comunicare și colaborare între elevi, deoarece aceștia au putut împărtăși cunoștințe și idei. Pe parcursul activităților extrașcolare, elevii au primit o bibliografie pentru studiul individual, care a inclus cărți de specialitate, articole științifice și ghiduri de utilizarea a softurilor pentru reducerea și analiza datelor.

Studiul individual este un proces de învățare prin care un elev își consolidează cunoștințele prin lectură, cercetare și analiză a diferitelor surse de informații, precum cărți de specialitate, articole științifice și alte resurse relevante pentru subiectul de studiu. Acesta a contribuit la formarea autonomiei elevilor, pregătindu-i astfel pentru activitățile de cercetare, iar învățarea prin investigație a completat studiul individual oferindu-le elevilor oportunități de a-și aplica cunoștințele teoretice într-un mod practic.

Prin intermediul studiului individual, elevii și-au însușit cunoștințe în domeniul astronomiei, ceea ce le-a permis să planifice și să efectueze investigații științifice pentru a realiza proiecte de cercetare eficiente în domeniul astrometriei și fotometriei. Această etapă a reprezentat un demers fundamental în procesul investigativ.

Studiul individual al cărților de specialitate, articolelor științifice și ghidurilor pentru observații astronomice și reducerea datelor au oferit elevilor o mai bună înțelegere a conceptelor științifice și a metodelor de cercetare utilizate în astrometrie și fotometrie. Evaluarea performanței elevilor dotați la activitățile teoretice a fost realizată prin intermediul testelor de evaluare a cunoștințelor, utilizând instrumentul Google Forms (Anexa 6 și 7).

Aceste teste au fost importante în contextul experimentului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie, deoarece au oferit o modalitate obiectivă de a măsura nivelul de înțelegere și de aplicare a cunoștințelor teoretice dobândite în cadrul activităților practice de observație și analiză a datelor astrometrice și fotometrice.

În ansamblu, testele de evaluare a cunoștințelor au fost o componentă importantă a experimentului pedagogic, deoarece au permis o evaluare obiectivă a competenței investigaționale a elevilor și a eficacității activităților de formare a competenței investigaționale prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

În cadrul primului test de evaluare a cunoștințelor, aproximativ 95% dintre elevii au obținut un punctaj de 11 sau 12, în timp ce un procent minor de aproximativ 5% a înregistrat punctaje mai

mici. Statistica răspunsurilor date de elevi la acest test se poate vedea în Anexa 8. În contextul celui de al doilea test de evaluare a cunoștințelor, s-a constatat că aproximativ 93% dintre elevi au realizat un punctaj de 11 sau 12, în timp ce o fracțiune redusă, reprezentând aproximativ 7% din grupul experimental a înregistrat punctaje mai mici. Statistica răspunsurilor date de elevi la acest test se poate vedea în Anexa 9.

Acest profil al distribuției punctajelor sugerează o dobândire eficientă și generalizată a cunoștințelor în domeniul astronomiei observaționale, fenomen care poate fi corelat cu implicarea activă și sistematică a elevilor în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Activitățile practice ale cursului de astronomie observațională s-au realizat prin intermediul aplicațiilor Google Meet și AnyDesk Remote Desktop [205] și au cuprins următoarele:

- Instruire practică privind utilizarea telescopului și a camerei CCD în vederea efectuării observațiilor astronomice. Aceste activități au fost programate seara, înainte de apusul Soarelui, constând în 25 de module, cu o durată de 3 ore fiecare;
- Observații astronomice realizate împreună cu elevii. Aceste activități s-au desfășurat pe parcursul a 23 de nopți. Obiectivul educațional al instruirii practice privind utilizarea telescopului și a camerei CCD, precum și al observațiilor astronomice, a fost formarea și dezvoltarea deprinderilor necesare pentru utilizarea programelor Autoslew [208] și MaxIm DL pentru controlul telescopului și a camerei CCD, precum și pentru achiziționarea și calibrarea imaginilor. Aceste activități practice s-au realizat utilizând următoarele echipamente: telescop Ritchey–Chrétien cu diametrul oglinzii principale $D = 0,4$ m și raportul focal $f/8$, montură ecuatorială de tip german ASA Direct Drive DDM 85 și cameră CCD SBIG STL-6303E dotată cu filtre fotometrice UBVR (Johnson/Cousins) [183, pp. 658-661];
- Reducerea și analiza datelor realizate împreună cu elevii. Aceste activități s-au desfășurat pe parcursul a 20 de module, de câte 3 ore fiecare. Obiectivul educațional al acestor activități a fost formarea și dezvoltarea abilităților și deprinderilor necesare pentru utilizarea programelor Astrometrica, AstroImageJ, Peranso și Vstar în scopul reducerii datelor astrometrice și fotometrice și analizarea curbei de lumină. În cadrul acestor activități, s-au folosit atât imagini obținute în timpul nopților de observație, cât și din baza de date a Observatorului Astronomic Galați. Suplimentar, elevii au primit seturi de imagini pentru analiză independentă, utilizând programele necesare pentru a face acest lucru [178, p. 153].

Aplicația AnyDesk Remote Desktop a permis elevilor să controleze telescopul și camera CCD în cadrul instruirii și pentru a efectua observații astronomice de la distanță (Figura 3.9).

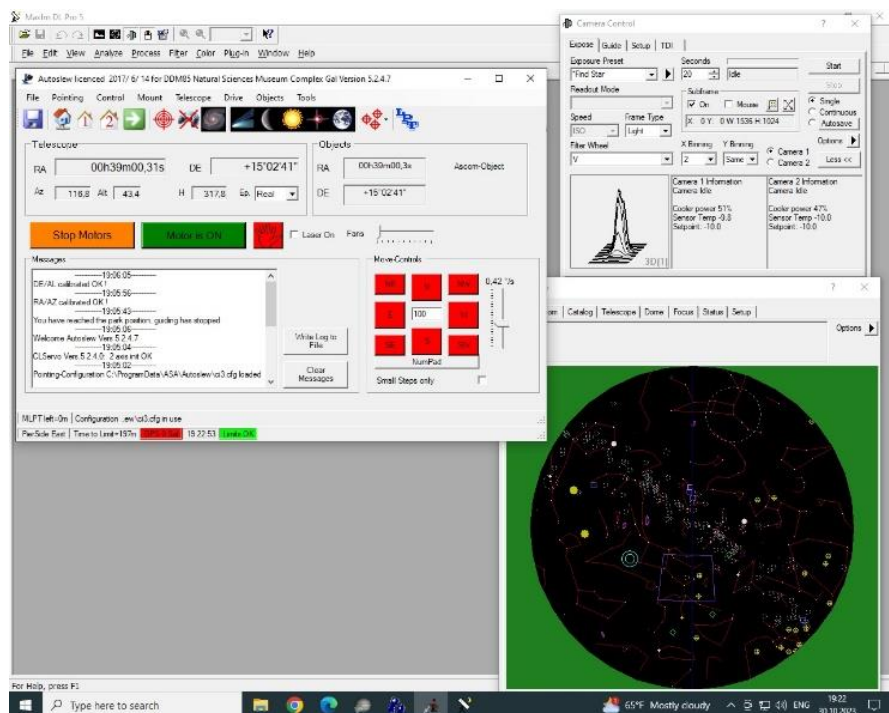


Fig. 3.9. Controlul telescopului și a camerei CCD (captură de ecran)

Aceste activități au permis elevilor să se familiarizeze cu utilizarea programelor Autoslew și MaxIm DL pentru controlul telescopului și a camerei CCD, precum și pentru achiziționarea și calibrarea imaginilor.

De asemenea, elevii au învățat cum să utilizeze programele Astrometrica, AstroImageJ, Peranso și VStar pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice.

Pentru a realiza activitățile de observații astronomice cu elevii dotați, a fost necesară o pregătire temeinică, din punct de vedere logistic și pedagogic.

Această organizare eficientă a activității a permis elevilor să aibă mai multe oportunități pentru efectuarea observațiilor astronomice, iar programul a fost adaptat pentru a se potrivi cu disponibilitatea elevilor.

Strategia adoptată a asigurat un program de observații astronomice bine structurat și eficient, care a permis elevilor să se implice în mod activ în procesul de învățare și să experimenteze, în mod practic, principiile astronomiei observaționale.

Pe parcursul experimentului pedagogic de formare s-au organizat instruirii prealabile pentru elevi, înainte de apusul Soarelui și în timpul crepuscului de seară, astfel încât aceștia să fie cât mai bine pregătiți și să se simtă confortabil în utilizarea echipamentelor și a softurilor de control al acestora în timpul observațiilor nocturne.

Această abordare de pregătire premergătoare observațiilor astronomice a permis dezvoltarea încrederii și siguranței elevilor în propriile deprinderi și cunoștințe.

Prin faptul că au putut exersa cât mai mult înainte de observațiile astronomice propriu-zise, aceștia au putut să-și dezvolte și să-și consolideze deprinderile, astfel încât să poată realiza observații cât mai bune. Pregătirea atentă și riguroasă a elevilor pentru observațiile astronomice a avut un impact pozitiv atât din punct de vedere pedagogic, cât și din punct de vedere al calității observațiilor realizate. Prin efectuarea instruirilor înainte de apusul soarelui, elevii au putut să se familiarizeze cu utilizarea telescopului și a camerei CCD în condiții de siguranță și să își dezvolte competențele de utilizare a acestora. Pentru realizarea observațiilor astronomice cu elevii a fost necesară instalarea unei camere all-sky pe un trepied, care a fost plasat în apropierea telescopului pentru a permite elevilor să vadă cerul și să observe mișcarea telescopului către diverse obiecte cerești (Figura 3.10).



Fig. 3.10. Camera all-sky pentru controlul telescopului și aspectului cerului

În acest mod elevii au avut un control total asupra telescopului și aspectului cerului pe parcursul observațiilor. Observațiile astronomice au fost realizate prin intermediul aplicației AnyDesk Remote Desktop, care a permis controlul la distanță al desktop-ului calculatorului conectat la telescop și la camera CCD, echipamente aflate în dotarea observatorului astronomic.

Acest lucru a făcut posibilă observarea de la distanță a obiectelor cerești și controlul mișcărilor telescopului prin intermediul computerului (Figura 3.11).

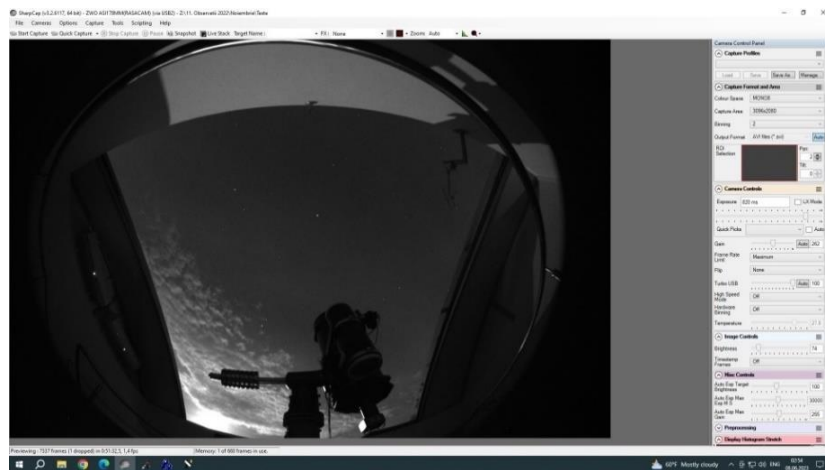


Fig. 3.11. Controlul de la distanță a mișcărilor telescopului (captură de ecran)

Pentru a realiza observații astronomice de la distanță, fiecare elev a accesat desktop-ul calculatorului conectat la telescop prin intermediul aplicației AnyDesk Remote Desktop. Elevii au utilizat softul MaxIm DL pentru a introduce coordonatele ecuatoriale ale obiectului pe care au trebuit să-l observe. Pentru a obține aceste coordonate elevii au folosit date dintr-un catalog de obiecte cerești sau din surse online specializate. După introducerea coordonatelor, elevii au dat comanda „Go To”, iar telescopul s-a mișcat automat spre obiectul respectiv. Pentru a realiza observații cu ajutorul camerei CCD, elevii au învățat să realizeze procesul de focalizare a telescopului. Au folosit softul MaxIm DL pentru a configura camera CCD, stabilind timpul de expunere, filtrul fotometric, numărul de imagini necesare și folderul unde au fost salvate imaginile (Figura 3.12).

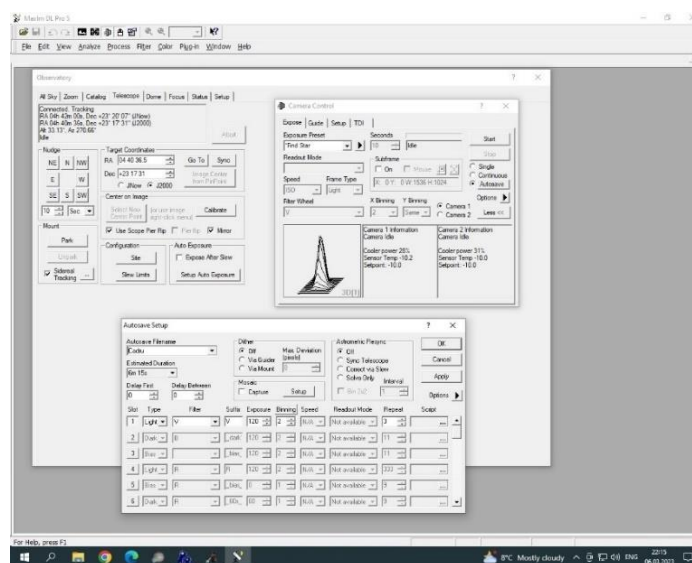


Fig. 3.12. Configurarea camerei CCD prin intermediul softului MaxIm DL (captură de ecran)

Prin intermediul acestei experiențe, elevii au dobândit competențe tehnice și practice pentru a realiza observații astronomice de la distanță. Pe parcursul acestor activități practice elevii au fost asistați de mentor, explicându-le cum să folosească fiecare funcție în parte și cum să utilizeze instrumentele pentru a obține cele mai bune rezultate.

Prin realizarea activităților de observații astronomice, elevii dotați au avut posibilitatea să aplice cunoștințele teoretice acumulate anterior și să se familiarizeze cu echipamentele din observator. Aceste activități au avut un impact puternic asupra formării competenței investigaționale a elevilor, dezvoltându-le deprinderile de observare și achiziționare a imaginilor astronomice.

În procesul de reducere și analiză a datelor desfășurat împreună cu elevii, au fost prezentate principiile și metodele utilizate pentru folosirea programului Astrometrica necesar reducerii datelor astrometrice și a programului AstroImageJ pentru reducerea datelor fotometrice. A fost explicat fiecare pas în detaliu și s-a răspuns la întrebările elevilor.

După ce elevii au înțeles principiile și metodele au fost utilizate imagini obținute în urma observațiilor astronomice realizate împreună cu aceștia, dar și imagini din baza de date a Observatorului Astronomic Galați, pentru a realiza reducerea datelor astrometrice și fotometrice.

În continuare, am utilizat programele Peranso și VStar pentru analiza curbelor de lumină, care ne-au permis să obținem o serie de parametri importanți, cum ar fi perioada, epoca și amplitudinea variabilității [178, p. 153-154].

Procesul de reducere și analiză a datelor a fost realizat în colaborare cu elevii, utilizând aplicațiile Google Meet și AnyDesk Remote Desktop în cadrul mai multor sesiuni de lucru online.

Astfel, fiecare elev a avut posibilitatea de a accesa sub supraveghere calculatorul din camera de control al observatorului astronomic, folosind programele specifice reducerii datelor astrometrice și fotometrice și analizării curbei de lumină.

În timpul ședințelor, au fost discuții interactive cu elevii, abordând metodele și tehnicile utilizate pentru reducerea și analiza datelor.

Pentru a putea exersa utilizarea acestor programe la domiciliu, elevii au primit seturi de imagini din baza de date a Observatorului Astronomic Galați, pe care le-au descărcat și salvat pe propriul calculator.

Pentru a putea fi utilizate aceste imagini elevii au descărcat de pe internet și softurile necesare gratuit (trial) pentru reducerea și analiza datelor [178, p. 154].

Imaginile au fost folosite pentru utilizarea practică a programelor de reducere a datelor astrometrice și fotometrice, precum și pentru analizarea curbei de lumină. Aceste imagini au conținut diferite obiecte precum asteroizi, comete, stele duble, stele variabile etc. Realizarea

acestor activități independente acasă de către elevi a îmbogățit experiența de învățare, a promovat autonomia și responsabilitatea în învățare, a implicat aplicarea cunoștințelor teoretice într-un context practic și, astfel, a consolidat competența investigațională.

Evaluarea performanței elevilor dotați din grupul experimental la activitățile practice s-a făcut prin intermediul a două proiecte de cercetare astronomică realizate individual de către aceștia.

Un proiect de cercetare astronomică pentru elevi este o inițiativă educațională unde participanții sunt angajați în cercetări autentice în domeniul astronomiei.

Acest proiect implică utilizarea de date astronomice reale, colectate de către elevi sau obținute din baze de date ale observatoarelor astronomice. Proiectul de cercetare astronomică pentru elevi depășește simpla colectare de date și analiza lor, respectând și aplicarea metodologiilor standard de cercetare științifică în astronomie.

Scopul educațional al unui asemenea proiect este de a imita cercetarea astronomică realizată de către astronomi, acoperind diverse etape, de la achiziția și analiza datelor, până la interpretarea rezultatelor [62].

Obiectivul educațional al acestor proiecte de cercetare astronomică realizate în cadrul experimentului de formare au avut ca scop principal evaluarea abilităților și deprinderilor elevilor de a utiliza softurile pentru reducerea și analiza datelor.

Proiectele de cercetare astronomică au fost o modalitate excelentă de a pune în practică cunoștințele teoretice dobândite anterior și de a dezvolta abilități de cercetare și analiză.

Elevii au primit și structura proiectelor de cercetare astronomică pe care au trebuit să o respecte pentru realizarea acestora (Anexa 10 și 11). De asemenea, elevii au avut la dispoziție cărți de specialitate și ghiduri de utilizare a softurilor pentru reducerea și analiza datelor.

În procesul de apreciere al proiectelor realizate de către elevii, au fost utilizate următoarele criterii de evaluare: complexitatea descrierii scopului și importanței proiectului, profunzimea înțelegerii metodologiei de cercetare și a tehnicilor utilizate în reducerea și analiza datelor, precizia și acuratețea măsurărilor realizate, prezentarea concisă și clară a rezultatelor și concluziilor, precum și calitatea prezentării scrise a proiectului.

Rezultatele evaluării au fost exprimate prin intermediul calificativelor, cum ar fi „Foarte bine”, „Bine”, „Satisfăcător” și „Nesatisfăcător”. Primul proiect de cercetare astronomică a fost numit „Studiul asteroizilor prin intermediul softului Astrometrica”.

Prin realizarea acestui proiect de către elevii s-a încercat evaluarea, în primul rând, a cunoștințelor, capacităților, deprinderilor și abilităților elevilor de a utiliza softul Astrometrica pentru reducerea datelor astrometrice. Din punct de vedere statistic, s-a constatat că procentul de

elevi care au obținut calificativele „Foarte bine” și „Bine” este de aproximativ 89%, ceea ce a sugerat că majoritatea elevilor au dobândit cunoștințe, capacități, deprinderi și abilități de utilizare a softului Astrometrica.

De asemenea, procentul mic de elevi de aproximativ 11% care au obținut calificativul „Satisfăcător” sugerează posibile lacune în înțelegere sau aplicare [177, p. 113]. Statistica calificativelor obținute de elevi la acest proiect de cercetare se poate vedea în Anexa 12.

Proiectul următor de cercetare a fost denumit „Studiul stelelor variabile prin metode fotometrice” și și-a propus evaluarea cunoștințelor, capacităților, deprinderilor și abilităților elevilor de a utiliza softurile necesare pentru reducerea datelor fotometrice și analiza curbelor de lumină.

La acest proiect majoritatea elevilor (aproximativ 85%) au obținut calificativele „Foarte bine” și „Bine”, indicând faptul că aceștia au dezvoltat deprinderile și abilitățile necesare pentru a utiliza softurile pentru reducerea datelor fotometrice și analiza curbelor de lumină. Procentul mic de elevi de aproximativ 15% care au obținut calificativul „Satisfăcător” poate indica existența unor deficiențe în utilizarea softurilor pentru analiza datelor științifice [178, p. 155].

Statistica calificativelor obținute de elevi la acest proiect de cercetare astronomică poate fi vizualizată în Anexa 13.

După analiza rezultatelor obținute la cele două proiecte realizate de elevii, se poate observa o diferență la procentul de calificative „Foarte bine” și „Bine”. Aceasta se datorează faptului că reducerea datelor fotometrice și analiza curbelor de lumină este o cercetare mai complexă și presupune mai multe dificultăți în comparație cu utilizarea softului Astrometrica. Evaluarea activităților practice prin intermediul unor proiecte de cercetare astronomică a avut o importanță crucială în experimentul pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie.

Aceste proiecte au permis elevilor să își aplice cunoștințele teoretice într-un cadru practic și să dezvolte abilitățile de analiză a datelor. Prin intermediul proiectelor elevii au putut să exploreze propriile idei și întrebări legate de astronomie, ceea ce a contribuit la dezvoltarea curiozității și interesului lor în acest domeniu.

De asemenea, evaluarea proiectelor a permis observarea și evaluarea competenței investigaționale a elevilor, cum ar fi abilitățile de a reduce și analiza date, de a comunica și a prezenta rezultatele cercetării.

Activitățile desfășurate prin intermediul Observatorului Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați, în colaborare cu elevii dotați din

Republica Moldova, au avut un impact pozitiv asupra formării competenței investigaționale în domeniul astronomiei observaționale.

Prin intermediul acestor activități teoretice și practice, elevii au avut oportunitatea să dobândească cunoștințe, capacități, deprinderi și abilități esențiale pentru realizarea observațiilor astronomice, utilizarea instrumentelor optice și camerelor CCD, achiziționarea și procesarea imaginilor astronomice, reducerea și analiza datelor, precum și realizarea unor proiecte de cercetare astronomică.

Exemple de rezultate științifice, obținute împreună cu elevii dotați, în urma reducerii datelor astrometrice, fotometrice și analizei curbei de lumină pot fi vizualizate în Anexa 14.

Participarea la activitățile teoretice și practice de la Observatorul Astronomic Galați le-a oferit elevilor din Republica Moldova oportunitatea de a învăța noțiuni și concepte noi din astronomia observațională, care nu erau în cadrul curriculumului lor școlar. Utilizarea aplicației Google Meet a oferit oportunități pentru comunicare și colaborare, deoarece elevii au putut pune întrebări și discuta împreună informațiile prezentate, chiar dacă se aflau la distanță.

Acest lucru a contribuit la dezvoltarea competențelor lor de comunicare și colaborare, care sunt esențiale pentru învățarea la distanță și pentru succesul în lumea digitală. Prin intermediul acestor activități, elevilor le-a crescut interesul și pasiunea pentru astronomie și le-a stimulat gândirea critică și creativă.

Activitățile extrașcolare de astronomie observațională realizate cu elevii dotați au avut un impact pozitiv în formarea competenței investigaționale, oferind elevilor oportunități semnificative de a-și dezvolta abilitățile practice și cunoștințele teoretice în domeniul astronomiei, prin intermediul unor activități teoretice și practice complexe, într-un context interactiv și stimulant, care a valorificat la maximum potențialul aplicațiilor de comunicare online.

Avantajele utilizării aplicațiilor de comunicare online și a softurilor de control a echipamentelor din observatorul astronomic sunt multiple și pot depăși limitele geografice sau de timp.

Experiența anterioară, de aproximativ 13 de ani, cu elevii și studenții în realizarea de observații astrometrice și fotometrice, a reprezentat un factor esențial în formarea competenței investigaționale la elevii dotați, în cadrul experimentului pedagogic de formare desfășurat online cu grupul experimental din Republica Moldova.

Această experiență a fost acumulată în cadrul activităților extrașcolare desfășurate în cadrul Astroclubului „Călin Popovici”, care reprezintă programul educațional principal al Observatorului Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați.

Acest astroclub a fost fondat de autorul acestei teze în anul 2005 în cadrul muzeului și îl coordonează și în prezent. Pe parcursul anilor, împreună cu elevi și studenți, autorul acestei teze a realizat observații la asteroizi și comete, observații ale tranzitelor exoplanetelor și a descoperit 26 de stele variabile.

Împreună cu elevii dotați ai grupului de control din România, s-a desfășurat o serie de activități la Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. Aceste activități au inclus 12 lecții online de câte 3 ore fiecare, desfășurate prin intermediul aplicației de comunicare Google Meet. În cadrul acestor lecții, s-au abordat diverse subiecte de astronomie, și anume:

- Stelele. Magnitudini aparente și absolute. Clasificarea spectrală a stelelor;
- Ciclul de viață al stelelor;
- Formarea și structura Sistemului Solar;
- Soarele și activitatea solară;
- Configurațiile planetelor. Mișcările aparente ale planetelor pe cer;
- Luna. Relieful lunar. Mișcările Lunii. Sistemul Pământ – Lună. Fenomenul mareelor;
- Eclipsese. Prezentare generală. Eclipsese de Lună și de Soare;
- Curenții meteorici;
- Nebuloasele și roiurile stelare;
- Galaxia noastră Calea Lactee. Galaxii și roiuri de galaxii. Clasificarea galaxiilor;
- Formarea și evoluția Universului. Teoria Big Bang. Legea lui Hubble. Expansiunea Universului;
- Istoria cercetării spațiului cosmic.

3.1.3. Experimentul pedagogic de validare

În etapa care presupune experimentul de control sau de validare, cel ce realizează cercetarea investighează impactul pe care l-a avut experimentului de formare. Acum, cercetătorul realizează măsurători și analize, prelucrează datele obținute din punct de vedere statistic, realizează comparații cu alte date și propune interpretări, rolul major fiind acela de a colecta date suficiente pentru a valida ipoteza cercetării [138, p. 17].

Experimentul pedagogic de validare a avut scopul de a evalua modelul pedagogic și metodologia de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Acest experiment a oferit informații utile pentru identificarea succeselor și limitărilor metodologiei utilizate și pentru ajustarea sau îmbunătățirea acesteia în viitor. Experimentul a avut rolul de a verifica eficiența metodelor și a modelului pedagogic folosit.

De asemenea, a asigurat că elevii și-au dezvoltat competența investigațională, măsurată prin determinarea nivelului cunoștințelor, capacităților, abilităților, deprinderilor și atitudinilor lor în domeniul astronomiei observaționale.

Obiectivele experimentului pedagogic de validare au fost următoarele:

- Elaborarea unui chestionar pentru evaluarea nivelului de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați la finalul programului de formare;
- Aplicarea experimentală a chestionarului pentru determinarea nivelului de dezvoltare a competenței investigaționale la elevii dotați, pentru a evalua eficiența programului de formare;
- Evaluarea eficacității modelului pedagogic și a metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie pentru a identifica eventualele nevoi de ajustare sau îmbunătățire a instruirii și evaluării ulterioare.

Metodologia cercetării. Experimentul pedagogic de validare a inclus următoarele etape:

- Elaborarea unui set de întrebări specifice pentru chestionarul de validare;
- Distribuirea chestionarului de validare prin intermediul unei platforme Google Forms, utilizând adresele de e-mail ale elevilor;
- Analizarea și interpretarea datelor colectate din chestionarul de validare;
- Compararea, analizarea și interpretarea datelor colectate din chestionarele de constatare și validare. Rezultatele obținute în cadrul grupului experimental au fost comparate cu cele obținute în cadrul grupului de control.

În următorul tabel este prezentată metodologia cercetării la experimentul pedagogic de validare (Tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Metodologia cercetării la experimentul pedagogic de validare

Tipul eșantionului	Nr. și categoriile de subiecți	Validare
Grupul experimental	Republica Moldova: 55 de elevi din clasele VI - XII	Chestionar
Grupul de control	România: 55 de elevi din clasele VI – XII	Chestionar

În această etapă, a fost elaborat și aplicat un chestionar elevilor dotați din ambele grupuri (experimental și de control) pentru experimentul pedagogic de validare prin intermediul instrumentului Google Forms (Anexa 15). Acest experiment a fost important pentru a asigura că metodele și strategiile pedagogice folosite sunt eficiente și că elevii au atins un nivel adecvat de dezvoltare a competenței investigaționale. Statistica răspunsurilor obținute la itemii chestionarului de validare pentru ambele grupuri este disponibilă în Anexa 16.

3.2. Interpretarea rezultatelor experimentului pedagogic

Pentru analiza statistică a rezultatelor obținute în cadrul experimentului pedagogic, s-a recurs la utilizarea softului Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Acesta este un instrument avansat, utilizat pentru analize statistice în diverse domenii de cercetare, incluzând științele sociale, psihologia, sociologia, marketingul, științele educației și altele. SPSS dispune de o interfață grafică intuitivă, care permite utilizatorilor să efectueze operațiuni statistice complexe fără necesitatea de a avea cunoștințe avansate de programare. De asemenea, oferă acces la o gamă largă de diagrame și grafice pentru o vizualizare eficientă a datelor. Pentru realizarea unei analize statistice riguroase și detaliate, a fost necesară construirea unei baze de date structurate și bine organizate. Această etapă preliminară a implicat colectarea și organizarea datelor într-un format compatibil cu cerințele programului SPSS. Inițial, s-au colectat datele necesare pentru cercetare din chestionarele de constatare și validare, acest lucru făcându-se prin importarea de fișiere Excel.

Pentru a facilita analiza în SPSS, variabilele au fost codificate, atribuindu-se valori numerice și etichete variabilelor nominale. În final, s-au definit variabilele de interes și grupurile necesare pentru comparație (grupul experimental și cel de control). Prin urmare, construirea bazei de date pentru utilizarea în SPSS nu a fost doar o etapă preliminară, ci o componentă crucială a procesului de cercetare, esențială pentru realizarea unei analize statistice valide și pentru extragerea unor concluzii fiabile și relevante științific [109].

3.2.1. Analiza statistică a rezultatelor obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Cercetarea a început cu efectuarea unei analize statistice asupra datelor obținute prin intermediul experimentului de constatare. Utilizarea testului chi-pătrat (χ^2) a fost preferată pentru analiza datelor, având în vedere că ordinea valorilor variabilelor dependente nu este relevantă și aceste variabile pot fi clasificate ca nominale, iar datele provin din două eșantioane independente.

Detaliile statistice, obținute prin aplicarea testului χ^2 cu programul SPSS pentru experiment de constatare, sunt prezentate în anexele acestei teze. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)* sunt disponibile în Anexa 17. Din

tabelul A17.2. Chi-Square Tests (Anexa 17), rezultă că *Cunoștințele despre instrumente (telescop și cameră)* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 1,482, p = 0,686 > 0,05$).

Datele statistice, referitoare la variabila *Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* sunt expuse în Anexa 18. Din tabelul A18.2. Chi-Square Tests (Anexa 18), rezultă că *Cunoștințele despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(4) = 1,431, p = 0,839 > 0,05$).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice* este disponibilă în Anexa 19. Din tabelul A19.2. Chi-Square Tests (Anexa 19), rezultă că *Cunoștințele despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(4) = 4,687, p = 0,321 > 0,05$).

Datele statistice, referitoare la variabila *Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice* sunt prezentate în Anexa 20. Din tabelul A20.2. Chi-Square Tests (Anexa 20), rezultă că *Capacitățile de a realiza observații astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 0,572, p = 0,903 > 0,05$).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* este disponibilă în Anexa 21. Din tabelul A21.2. Chi-Square Tests (Anexa 21), rezultă că *Abilitățile și deprinderile de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 0,201, p = 0,977 > 0,05$).

Datele statistice, referitoare la variabila *Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* sunt prezentate în Anexa 22. Din tabelul A22.2. Chi-Square Tests (Anexa 22), rezultă că *Deprinderile de a utiliza instrumentele (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 0,345, p = 0,951 > 0,05$).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice* sunt expuse în Anexa 23. Din tabelul A23.2. Chi-Square Tests (Anexa 23), rezultă că *Interesul și curiozitatea pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice* nu diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(2) = 1,125, p = 0,570 > 0,05$).

Datele statistice, referitoare la variabila *Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice* sunt prezentate în Anexa 24. Din tabelul A24.2. Chi-Square Tests (Anexa 24), rezultă că nu există diferențe semnificative între nivelul de *conștientizare a importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice* în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(1) = 0,377, p = 0,539 > 0,05$).

În concluzie, rezultatele testului χ^2 , utilizat pentru analizarea datelor obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare, demonstrează că există o interdependență nesemnificativă între distribuția variabilelor cercetate și grupul de cercetare (nivelele variabilelor cercetate nu depind semnificativ de eșantionul de cercetare). Acest lucru înseamnă că grupul experimental și cel de control au fost suficient de similare (omogene) din punct de vedere statistic, înainte de începerea experimentului pedagogic de formare. Aceasta a fost o premisă importantă pentru experimentul pedagogic, deoarece a asigurat că orice diferență observată după implementarea etapei de formare a putut fi atribuită mai degrabă, intervenției pedagogice, decât diferențelor preexistente între grupuri.

3.2.2. Analiza statistică a rezultatelor obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

În faza terminală a cercetării, s-a efectuat o evaluare statistică riguroasă a setului de date acumulat prin intermediul experimentului de validare. Optarea pentru testul chi-pătrat (χ^2) s-a bazat pe caracterul nominal al variabilelor dependente și a neimportanței ordinii acestora, precum și a independenței eșantioanelor.

Rezultatele statistice, obținute prin utilizarea softului SPSS în aplicarea testului χ^2 sunt prezentate detaliat, în anexele tezei. Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)* este realizată în Anexa 25. Din tabelul A25.2. Chi-Square Tests (Anexa 25), rezultă că *Cunoștințele despre instrumente (telescop și cameră)* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 86,960, p = 0,000 < 0,05$).

Subiecții care dețin cunoștințe despre instrumente în *foarte mare măsură* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin aceste cunoștințe în *mică măsură* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. În tabelul A25.3. Symmetric Measures (Anexa 25) sunt indicatori ai mărimii efectului variabilei independente asupra variabilei dependente: $\Phi = 0,889$, care se interpretează ca și coeficientul de corelația r Pearson, măsurându-se pe scara lui Cohen.

Astfel, se constată o legătură foarte puternică între nivelul cunoștințelor despre instrumente ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $\Phi = 0,889 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (cunoștințe despre instrumente).

Datele statistice, referitoare la variabila *Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* sunt expuse în Anexa 26. Din tabelul A26.2. Chi-Square Tests (Anexa 26), rezultă că *Cunoștințele despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 79,964, p = 0,000 < 0,05$). Subiecții care dețin cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice *foarte bune* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin aceste cunoștințe *foarte puțin* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. Din tabelul A26.3. Symmetric Measures (Anexa 26), se constată o legătură foarte puternică între nivelul cunoștințelor despre utilizarea softurilor ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,853 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (cunoștințe despre utilizarea softurilor).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Cunoștințe despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice* este realizată în Anexa 27. Din tabelul A27.2. Chi-Square Tests (Anexa 27), rezultă că *Cunoștințele despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(4) = 81,417, p = 0,000 < 0,05$). Subiecții care dețin cunoștințe despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice *foarte bune* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin aceste cunoștințe *foarte puțin* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. Din tabelul A27.3. Symmetric Measures (Anexa 27), se constată o legătură foarte puternică între nivelul cunoștințelor despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,860 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (cunoștințe despre metodica observațiilor).

Datele statistice, referitoare la variabila *Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice* sunt expuse în Anexa 28. Din tabelul A28.2. Chi-Square Tests (Anexa 28), rezultă că *Capacitățile de a realiza observații astrometrice și fotometrice* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 75,934, p = 0,000 < 0,05$). Subiecții care au capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice *în foarte mare măsură* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin această capacitate *în mică măsură* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. Din tabelul A28.3. Symmetric Measures (Anexa 28), se constată o legătură foarte puternică între capacitățile de a realiza observații astrometrice și fotometrice ale subiecților și

eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,831 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* este realizată în Anexa 29.

Din tabelul A29.2. Chi-Square Tests (Anexa 29), rezultă că nivelul *Abilităților și deprinderilor de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 75,406, p = 0,000 < 0,05$).

Subiecții care dețin abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice *în foarte mare măsură* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin această capacitate *în mică măsură* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. Din tabelul A29.3. Symmetric Measures (Anexa 29), se constată o legătură foarte puternică între abilitățile și deprinderile de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,828 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice).

Datele statistice, referitoare la variabila *Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* sunt expuse în Anexa 30. Din tabelul A30.2. Chi-Square Tests (Anexa 30), rezultă că nivelul *Deprinderilor de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* diferă semnificativ în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(3) = 74,837, p = 0,000 < 0,05$). Subiecții care dețin deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice *în foarte mare măsură* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control, iar cei care dețin această capacitate *în mică măsură* sau *deloc* sunt într-un procent semnificativ mai mic în eșantionul experimental, decât în cel de control. Din tabelul A30.3. Symmetric Measures (Anexa 30), se constată o legătură foarte puternică între deprinderile de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,825 > 0,80$ se atestă un efect foarte puternic a variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente (deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice).

Prezentarea rezultatelor statistice, asociate cu variabila *Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice* este realizată în Anexa 31. În cazul variabilei *Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice*, de asemenea se atestă diferențe semnificative în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(1) = 6,264, p = 0,012 < 0,05$). Subiecții care manifestă interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice în *foarte mare măsură* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control. Însă din tabelul A31.3. Symmetric Measures (Anexa 31), se constată o legătură modestă între nivelul interesului și curiozității pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice ale subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,239 < 0,30$ se atestă un efect modest al variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente. Acest fapt este legat de conținutul variabilei, manifestarea interesului și curiozității nefiind neapărat dependentă de eșantionul din care face parte subiectul.

Datele statistice, referitoare la variabila *Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice* sunt prezentate în Anexa 32. Același lucru se constată și în cazul variabilei *Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice*, unde se atestă diferențe semnificative în funcție de grupul de cercetare ($\chi^2(1) = 10,446, p = 0,001 < 0,05$). Subiecții care conștientizează importanța învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice ca *foarte necesară* sunt într-un procent semnificativ mai mare în eșantionul experimental, decât în cel de control. Dar și în acest caz, din tabelul A32.3. Symmetric Measures (Anexa 32), se constată o legătură modestă între nivelul conștientizării importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice al subiecților și eșantionul din care fac parte, iar deoarece $Phi = 0,308 < 0,50$ se atestă un efect moderat al variabilei independente (eșantion) asupra variabilei dependente. Acest fapt este legat de conținutul variabilei, conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice nefiind neapărat dependentă de eșantionul din care face parte subiectul.

În concluzie, rezultatele testului χ^2 , utilizat pentru analizarea datelor obținute în cadrul experimentului de validare, demonstrează că există o interdependență semnificativă între distribuția variabilelor cercetate și grupul de cercetare (nivelele variabilelor cercetate depind semnificativ de eșantionul de cercetare). Cu alte cuvinte, intervenția pedagogică, testată în experimentul de validare, a avut un efect statistic semnificativ asupra variabilelor măsurate, iar diferențele observate între cele două grupuri (experimental și de control) nu sunt rezultatul întâmplării, ci indică faptul că modelul pedagogic și metodologia de formare a competenței investigaționale a

elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie a avut un impact semnificativ, validând, astfel, eficacitatea acestora în contextul studiat.

3.3. Concluzii la capitolul 3

Experimentul pedagogic, desfășurat pentru formarea competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, a fost structurat în trei etape esențiale: de constatare, formare și validare. La începutul experimentului, a fost efectuată o selecție atentă a elevilor dotați, formându-se astfel grupul experimental și grupul de control. Utilizarea unui chestionar de constatare, pentru stabilirea nivelului inițial de dezvoltare a competenței investigaționale, a asigurat o bază solidă pentru evaluarea progresului. Pe parcursul experimentului pedagogic de formare, elevii au fost implicați în activități teoretice și practice la Observatorul Astronomic din Galați. Aceste activități au fost concepute, nu doar pentru a îmbogăți cunoștințele elevilor, ci și pentru a oferi o platformă reală de formare și dezvoltare a competenței investigaționale. Evaluarea acestor activități, realizată prin teste de evaluare a cunoștințelor și proiecte de cercetare, a reflectat rezultate bune, subliniind eficacitatea modelului pedagogic și a metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie. În etapa de validare, s-a aplicat un chestionar ambelor grupuri, urmat de o analiză statistică a rezultatelor obținute în cadrul experimentelor de constatare și validare, efectuată cu ajutorul softului SPSS. Analiza rezultatelor la experimentul de validare a evidențiat diferențe semnificative între grupul experimental și grupul de control la variabilele măsurate, confirmând astfel succesul modelului pedagogic și a metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Studiile și cercetările efectuate, atât din perspectiva teoretică cât și practică, au facilitat cunoașterea și expunerea fundamentelor teoretice și metodologice care au stat la baza creării modelului pedagogic și a metodologiei de formare a competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie.

Rezultatele și constatările teoretice și experimentale obținute au validat ipoteza cercetării și au îndeplinit obiectivele stabilite, ceea ce permite posibilitatea de a enunța următoarele concluzii:

- În cadrul acestei cercetări, a fost dezvoltată o metodologie destinată identificării elevilor dotați pentru participarea la activități extrașcolare de astronomie. Această metodologie se distinge prin abordarea sa integrată, care îmbină observațiile profesorilor de fizică în timpul orelor de curs cu aplicarea unui test specific conceput pentru a evidenția anumite caracteristici esențiale în determinarea înclinației elevilor către astronomie observațională. Metodologia elaborată contribuie semnificativ la literatura de specialitate prin oferirea unei strategii eficiente și replicabile de identificare a elevilor cu potențial în astronomie;
- Pentru a răspunde nevoilor specifice ale elevilor dotați, a fost elaborat Modelul pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie. Acest model furnizează un cadru teoretic și aplicativ adaptat nivelului de înțelegere și interes ale acestor elevi;
- Dezvoltarea unui model pedagogic destinat formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie a facilitat conceperea unei metodologii eficiente pentru formarea acestei competențe. Metodologia elaborată a contribuit atât la acumularea cunoștințelor de astronomie, cât și la dezvoltarea capacităților, deprinderilor și abilităților elevilor dotați în domeniul astronomiei observaționale. Aceasta a condus la formarea competenței investigaționale;
- Rezultatele analizei statistice, împreună cu cele ale testelor de evaluare a cunoștințelor și ale proiectelor de cercetare astronomică, demonstrează că modelul pedagogic și metodologia aplicată în cadrul experimentului pedagogic au avut un impact semnificativ asupra elevilor dotați din grupul experimental. Aceasta confirmă ipoteza inițială a cercetării, potrivit căreia activitățile extrașcolare de astronomie contribuie la formarea și dezvoltarea competenței investigaționale a elevilor dotați;

- Obiectivele cercetării au fost atinse, ceea ce a determinat soluționarea problemei cercetării: *care este metodologia formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie?* Soluționarea problemei de cercetare și îndeplinirea obiectivelor propuse sunt confirmate prin rezultatele publicate în articole ([174], [175], [176], [177], [178], [179], [181], [183]) și contribuie la extinderea bazei de cunoștințe existente în domeniul formării competenței investigaționale a elevilor dotați în cadrul activităților extrașcolare de astronomie, oferind noi perspective și înțelegeri;
- Activitățile extrașcolare de astronomie au motivat elevii să adopte rolul de cercetători, stimulând inițiativa și autonomia lor. Rezultatul a fost o creștere semnificativă a nivelului de motivație și angajament în cadrul procesului de învățare;
- În cadrul acestor activități, elevii au avut posibilitatea să-și dezvolte abilitățile de observare, analiză, gândire critică și rezolvarea problemelor, toate fiind esențiale în formarea lor ca viitori cercetători;
- Activitățile extrașcolare au stimulat la elevi interesul pentru știință și astronomie, ceea ce poate avea un impact pozitiv asupra alegerii carierei viitoare;
- Mentoratul a jucat un rol esențial în ghidarea elevilor, prin complexitatea procesului investigațional, facilitând astfel o înțelegere mai profundă a conceptelor astronomice. Acesta a oferit un sprijin continuu elevilor în cadrul activităților extrașcolare, contribuind activ la procesul lor de învățare și cercetare;
- Implementarea activităților extrașcolare de astronomie în format online la Observatorul Astronomic din Galați a demonstrat eficacitatea tehnologiei digitale ca mijloc de extindere a accesului la educația științifică de la distanță pentru elevii dotați. Această abordare le-a permis elevilor să participe la activități de cercetare astronomică fără constrângeri geografice, oferindu-le oportunitatea unică de a interacționa în timp real cu echipamente și tehnologii avansate. Mediul virtual a facilitat formarea competenței investigaționale a elevilor, permițându-le să participe la activități extrașcolare de astronomie.

Luând în considerare concluziile discutate anterior, se propun următoarele recomandări:

- ✓ Pentru sistemul educațional:
 - Dezvoltarea și implementarea unor programe similare de activități extrașcolare în alte domenii ale științei care să formeze competența investigațională la elevii dotați;

- Integrarea observațiilor astronomice în curriculumul școlar, pentru a asigura tuturor elevilor accesul la oportunități de învățare bazate pe investigație;
 - Formarea cadrelor didactice în vederea organizării de activități extrașcolare de astronomie, aplicând metodologia de formare a competenței investigaționale prezentată în această teză.
- ✓ Pentru cercetare în domeniul științelor educației:
- Recomand desfășurarea unor studii aprofundate care să evalueze impactul integrării observațiilor astronomice în curriculumul școlar asupra dezvoltării competenței investigaționale la elevi.
- ✓ Pentru politici în domeniul educației:
- Susținerea dezvoltării infrastructurii necesare, cum ar fi observatoarele astronomice și planetariile, pentru a facilita activitățile extrașcolare de astronomie. Acest obiectiv se poate atinge prin inițierea de proiecte finanțate din fonduri europene;
 - Alocarea de resurse și fonduri, atât guvernamentale, cât și europene, pentru susținerea programelor ce promovează educația în domeniile STEM (Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică);
 - Încurajarea și susținerea parteneriatelor între școli și planetarii/observatoare astronomice, pentru a oferi elevilor acces la resurse specializate și la expertiza specialiștilor din domeniul astronomiei.

BIBLIOGRAFIE

1. ABDULLAEV, M. J. Characteristics, forms and methods of extracurricular activities with athletes of different ages. In: *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 2020, pp. 110-114. ISSN 2056-5852.
2. ACAR, O. A., TUNCDOGAN, A. Using the inquiry-based learning approach to enhance. In: *Teaching in Higher Education*, 24, 2019, pp. 895-909. ISSN: 1356-2517.
3. ADAK, S. Effectiveness of constructivist approach on academic achievement in science at secondary level. In: *Educational Research and Reviews*, 12(22), 2017, pp. 1074-1079. ISSN: 1990-3839.
4. AKMAN, B., ÖZGÜL, S. G. Role of Play in Teaching Science in the Early Childhood Years. In: K. C. Trundle, M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education*, Dordrecht: Springer, 2015, pp. 237-258. ISBN 978-94-017-9504-3.
5. AL-MOMANI, H., AL-OWEIDI, A. The Psychometric Characteristics of the Renzulli Scale of Behavioral Characteristics (3rd Edition) in the Detection of Gifted Students in Jordan. In: *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*. 2020, Nr. 8(1), pp. 105-132, e-ISSN: 2149-360X.
6. ALSABTI, A.W., MURDIN, P., (Eds.), *Handbook of Supernovae*. Springer International Publishing AG, 2017, 2727 p. ISBN 978-3-319-21845-8.
7. ARDELEAN A., MÂNDRUȚ O. *Didactica formării competențelor*. Arad: „Vasile Goldiș” University Press, 2012, ISBN 978-973-664-578-5.
8. ARIK, S., YILMAZ, M. The Effect of Constructivist Learning Approach and Active Learning on Environmental Education: A Meta-Analysis Study. In: *International Electronic Journal of Environmental Education*. 2020, Nr. 10(2), pp. 44-84. ISSN 2146-0329.
9. AVEKERITSE, A., SCRIPA, T., Repere teoretice ale educației copiilor supradotați. In: *Materialele conferinței științifice a studenților. 1-2 octombrie 2019, Chișinău*. Chișinău: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2019, pp. 180-183. ISBN 978-9975-76-280-9.
10. AYOO, S., WILCOX, Y., LAVELLE, J. M. et al. Grounding the 2018 AEA Evaluator Competencies in the broader context of professionalization. In: *New Directions for Evaluation*. 2020, 168, pp. 13-30. ISSN 1534-875X.
11. BANCHI, H., BELL, R. The many levels of inquiry. In: *Science and Children*. 2008, 46 (2), pp. 26-29. ISSN: 0036-8148.

12. BARABÁS, A., et al. Efectele activităților extracurriculare și extrașcolare asupra performanței școlare. In: *Revista de Pedagogie*, 2020, 68.1, pp. 173-192. ISSN 2559-639X.
13. BARBĂROȘ, C. Valențe teoretice privind competențele profesionale ale cadrelor didactice. In: *Curriculumul școlar: provocări și oportunități de dezvoltare*, Ed. 1, 7-8 decembrie 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Institutul de Științe ale Educației, 2018, pp. 478-485. ISBN 978-9975-48.
14. BARBĂROȘ, C. Competența de cercetare științifică a cadrelor didactice: demers al schimbării realităților în procesul educațional. In: *Univers Pedagogic*. 2020, nr. 1(65), pp. 52-56. ISSN 1811-5470.
15. BEARD, C., WILSON, J. P. *Experiential Learning: A Practical Guide for Training, Coaching and Education*. London: Kogan Page, 2018, 376 p. ISBN: 978-0-7494-8303-6.
16. BEAUJEAN, A. A. Cattell–Horn–Carroll Theory of Intelligence. In: B. B. Frey (ed.), *The SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement, and Evaluation*. Thousand Oaks: SAGE, 2018, pp. 243-247. ISBN 9781506326139.
17. BEVINS. S., LEHANE, L., BOOTH, J. Reflections on Inquiry. In: S. Bevins, L. Lehane, J. Booth (Eds.), *Comparative Perspectives on Inquiry-Based Science Education*, Hershey: IGI Global, 2019, pp. 197-210. ISBN 9781522554394.
18. BLESSINGER, P., CARFORA, J. M. (ed.). *Inquiry-based learning for the arts, humanities and social sciences: A conceptual and practical resource for educators*. Bingley: Emerald Group Publishing, 2014. ISBN 978-1-78441-237-1.
19. BOCANCEA, V. Corelarea profilului absolventului cu sistemul de competențe școlare. In: *Revista Didactica Pro..., revistă de teorie și practică educațională*, 2019, nr. 4-5(116-117), pp. 50-52. ISSN 1810-6455.
20. BOCOȘ, M.-D. *Didactica disciplinelor pedagogice. Un cadru constructivist*. Pitești: Editura Paralela 45, 2008. ISBN 978-973-47-2482-6.
21. BOCOȘ, M.-D. *Instruirea interactivă. Repere axiologice și metodologice*. Iași: Polirom, 2013. ISBN 978-973-46-3248-0.
22. BOCOȘ, M.-D. (coord.). *Dicționar praxiologic de pedagogie. Volumul I (A – D)*. Pitești: Paralela 45, 2016. ISBN 978-973-47-2213-6.
23. BONGERS, B. *Understanding Interaction: The Relationships Between People, Technology, Culture, and the Environment: Volume 1. Evolution, Technology, Language, and Culture*. Boca Raton: CRC Press, 2022. ISBN 9781032157658.
24. BOSTAN, M. Repere privind pregătirea și desfășurare experimentului pedagogic privind implementarea noilor tehnologii informaționale în predarea cursului universitar „Teoria

- Grafurilor”. In: *Învățământ superior: tradiții, valori, perspective: Științe Exacte și ale Naturii și Didactica Științelor Exacte și ale Naturii*, 1-2 octombrie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2020, Vol. 1, pp. 215-218. ISBN 978-9975-76-361-5.
25. BOTGROS, I., BOCANCEA, V., CIUVAGA, V., PĂGÎNU, V. *Fizică. Astronomie. Ghid de implementare a curriculumului modernizat pentru treapta liceală, Ediția I*. Editura Cartier, Chișinău, 2010 [citată 23.03.2022]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/ghid_fizica_astronomie.pdf
26. BOTGROS, I., et al. Probleme generale ale formării și dezvoltării competențelor școlare în domeniul științelor reale. In: *Univers Pedagogic*, 2011, nr. 1, pp. 29-36. ISSN 1811-5470.
27. BOTGROS, I., ȘARGAROVȘCHI, S. Experimentul la fizică – o metodologie eficientă de formare la elevi a deprinderilor practice. In: *Revista Didactica Pro..., revistă de teorie și practică educațională*, 2017, nr. 4(104), pp. 39-42. ISSN 1810-6455.
28. BRUNER, J. *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press, 1999. ISBN: 0-674-71001-0.
29. BULARGA, T. Copiii dotați/talentați – cadrul de referință al învățământului artistic extrașcolar. In: M. Rusu (coord.), *Geniu, talent, creativitate - o perspectivă socio-culturală. Volumul II, Ediția a-XIII, 1 mai 2022, Iași*. Iași: Performantica, 2022, pp. 15-19. ISBN 978-606-685-906-6.
30. BURNS, M. S. *A Practical Guide to Observational Astronomy*, CRC Press, 2022, 162 p. ISBN: 978-0-367-76863-8.
31. CAIRNS, D. Investigating the relationship between instructional practices and science achievement in an inquiry-based learning environment. In: *International Journal Of Science Education*. 2019. Nr. 41(15), pp. 2113–2135. ISSN 1464-5289.
32. CALALB, M. Pedagogia învățării prin investigație și impactul ei asupra deprinderilor de cercetare științifică și învățare pe tot parcursul vieții. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*, 2017, nr. 5(105), pp. 32-39. ISSN 1857-2103.
33. CEDEFOP (European Centre for the Development of Vocational Training). *Terminology of European education and training policy. A selection of 130 key terms*, Luxembourg: Publications office of the European Union, 2014, ISBN 978-92-896-1165-7, p. 47 [citată 04.10.2023]. Disponibil: https://www.cedefop.europa.eu/files/4117_en.pdf

34. CERGHIT, I. Metode de învățământ. Iași: Editura Polirom, 2006. ISBN 973-46-0175-X.
35. CHAN, Yiu-Kong. Investigating the relationship among extracurricular activities, learning approach and academic outcomes: A case study. *Active Learning in Higher Education*, 2016, 17.3: 223-233. ISSN: 1469-7874.
36. CHICIUC, C. Clasificări ale definițiilor supradotării. In: *Școala modernă: provocări și oportunități, 5-7 noiembrie 2015, Chișinău*. Chișinău: Institutul de Științe ale Educației, 2015, pp. 149-152. ISBN 978-9975-48-100-7.
37. CIASCAI, L. *Model ciclic de predare-învățare bazat pe investigație*. Cluj Napoca: Presa Universitară Clujeană, 2016. ISBN 978-606-37-0109-2.
38. *Codul Nr. 152 din 17.07.2014 Codul Educației al Republicii Moldova Publicat: 24.10.2014 în Monitorul Oficial Nr. 319-324, art Nr: 634* [citată 9.01.2022]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=110112&lang=ro
39. COLLINS, K. A. et al. Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves. In: *The Astronomical Journal*, 2017, Vol. 153, nr. 2 [citată 15.08.2023]. Disponibil: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/153/2/77/pdf>
40. *Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor privind realizarea Spațiului european al educației până în 2025* COM/2020/625 final, COM (2020) 625 final, Bruxelles, 30.9.2020 [citată 9.01.2022]. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0625>
41. CONSTANTINOU, C. P., TSIVITANIDOU, O. E., RYBSKA, E. What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning?. In: O. E. Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, et al. (Eds.), *Professional development for inquiry-based science teaching and learning*, 2018, Cham: Springer, pp. 1-23. ISBN: 978-3-319-91405-3.
42. CONTANT, T. L., TWEED, A. L., BASS, J. E. et al. *Teaching Science Through Inquiry-Based Instruction*, New York: Pearson, 2018. ISBN 978-0-13-451679-0.
43. COSTACHE, A. The shortcomings of the methodical approach in teaching philosophy and the human sciences. In: *Meta: Research in hermeneutics, phenomenology, and practical philosophy*, 2021, Vol. XIII, No. 1, pp. 241-259. ISSN 2067-3655.
44. CRISTEA, S. *Dicționar Enciclopedic de Pedagogie Volumul I A-C*. București: Editura Didactică, 2015. ISBN: 978-606-683-295-3.
45. CROSS, T. L., CROSS, J. R. A School-Based Conception of Giftedness: Clarifying Roles and Responsibilities in the Development of Talent in Our Public Schools. In: R. J.

- Sternberg, D. Ambrose (Eds.), *Conceptions of Giftedness and Talent*, Cham: Palgrave, 2021, pp. 83-98. ISBN 978-3-030-56868-9.
46. CUCOȘ, C. *Pedagogie*. Iași: Polirom, 2002. ISBN: 973-681-063-1.
47. CURELARU, L., **TERCU, O.**, DUMITRIU, A., GAVRILA, V., URSACHE, F., VLADU, C. Neglected Double Star Measurements at the Astronomical Observatory of the Natural Science Museum Galati. In: *Journal of Double Star Observations*, 2012, Vol. 8 No. 3, pp. 201-209. ISSN 2572-4436 [citat 15.08.2023]. Disponibil: http://www.jdso.org/volume8/number3/Curelaru_v8_p201.pdf
48. CZAİKA, M. High-Skilled Migration. Introduction and Synopsis. In: M. Czaika (Ed.), *High-Skilled Migration: Drivers and Policies*. Oxford: Oxford University Press, 2018, pp. 1-19. ISBN: 9780198815273.
49. DAI, D. Y. Essential Tensions Surrounding the Concept of Giftedness. In: L. V. Shavinina (Ed.), *International Handbook on Giftedness*, Cham: Springer, 2009, pp. 39-80. ISBN: 978-1-4020-6161-5.
50. DAI, D. Y., A History of Giftedness: Paradigms and Paradoxes. In: S. I. Pfeiffer (Ed.), *Handbook of Giftedness in Children. Psychoeducational Theory, Research, and Best Practices*, Cham: Springer, 2018, pp. 1-14. ISBN 978-3-319-77003-1.
51. DAI, D. Y., Assessing and accessing high human potential: A brief history of giftedness and what it means to school psychologists. In: *Psychology in the Schools*. 2020, Nr. 57(10), pp. 1-14. ISSN: 1520-6807.
52. DALZIEL, P., SAUNDERS, C., SAUNDERS, J. *Wellbeing Economics. The Capabilities Approach to Prosperity*, 2018, Cham: Palgrave. ISBN 978-3-319-93193-7.
53. DEIGNAN, T. Enquiry-based learning: Perspectives on practice. *Teaching in Higher Education*, 2009, 14.1: 13-28. ISSN: 1470-1294.
54. DEWEY, J. *The Later Works, 1925-1953*, Vol. 12. Carbondale: Southern Illinois University Press, 1986. ISBN: 0-8093-1268-9.
55. DIMA, L.-E. Determinarea climatului psihosocial al copiilor din ciclul primar prin activități extrașcolare conform criteriilor lui M. Lușer. *Știința Culturii Fizice*, 2018, 2.31, pp. 45-47. ISSN: 1857-4114.
56. DORON, R., PAROT, F. *Dicționar de psihologie*, București: Humanitas, 2006. ISBN 973-50-1164-6.
57. EAGLY, A. H., CHAIKEN, S. Attitude Research in the 21st Century: The Current State of Knowledge. In: Albarracín, D., Johnson, B. T., M. P., Zanna (eds.), *The Handbook of Attitudes*, New York: Psychology Press, 2014, pp. 743-768. ISBN 9781410612823.

58. EL KHOURY, S., AL-HROUB, A., (Eds.), *Gifted Education in Lebanese Schools. Integrating Theory, Research, and Practice*, Cham: Springer, 2018, 141 p. ISBN 978-3-319-78591-2.
59. ELUBAEVA, A. Pedagogical teaching methodology. In: *Eurasian Journal of Mathematical Theory and Computer Sciences* 3.6, 2023, pp. 82-85. ISSN 2181-2861.
60. EUROPEAN UNION (EU). *New skills for new jobs: Action now, A report by the Expert Group on New Skills for New Jobs prepared for the European Commission*, 2010, p. 4 [citat 19.01.2022]. Disponibil: https://ec.europa.eu/migrant-integration/sites/default/files/2010-02/doc1_12065_173509900.pdf
61. FAKHRETDINOVA, G.N., OSIPOV, P., DULALAEVA, L.P. (2021). Extracurricular Activities as an Important Tool in Developing Soft Skills. In: M. E. Auer, T. Rüttmann (Eds.) *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer: Cham, 2021, pp. 480-487. ISBN 978-3-030-68201-9.
62. FITZGERALD, M. T. et al. A Review of High School Level Astronomy Student Research Projects Over the Last Two Decades. In: *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2014, Vol. 31 [citat 22.01.2024]. Disponibil: https://nitarp.ipac.caltech.edu/system/media_files/binaries/151/original/fitzgeraldetal.pdf?1410561685
63. FLAVELL, J. H., MILLER, P. H., MILLER, S. A. *Cognitive development*, 2002, Upper Saddle River, Pearson Education. ISBN 0137915756.
64. FLICK, L. B., LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. ISBN 978-1-4020-2672-0.
65. FORD, M. J., FORMAN, E. A. Uncertainty and Scientific Progress in Classroom Dialogue. In: L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan, S. N. Clarke (Eds.), *Socializing Intelligence Through Academic Talk and Dialogue*, Washington: American Educational Research Association, 2015, pp. 143-155. ISBN 978-0935302400.
66. FRANȚUZAN, L., ZOTA, L. Dimensiuni metodologice de formare a competenței de investigare științifică la elevi. In: *Revista Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională, 2014, nr. 2(84), pp. 45-48. ISSN 1810-6455.
67. GAGNÉ, F., *Differentiating Giftedness from Talent: The DMGT Perspective on Talent Development*, New York: Routledge, 2021. ISBN 9780367540678.

68. GAGNÉ, F., Implementing the DMGT's Constructs of Giftedness and Talent: What, Why, and How? In: S.R. Smith (Ed.), *Handbook of Giftedness and Talent Development in the Asia-Pacific*, Singapore: Springer, 2021, pp. 71-99. ISBN 978-981-13-3040-7.
69. GERDE, H.K., PIERCE, S.J., LEE, K. et al. Early Childhood Educators' Self-Efficacy in Science, Math, and Literacy Instruction and Science Practice in the Classroom. In: *Early Education and Development*. 2017, Nr. 29(1), pp. 70-90. ISSN 1556-693.
70. GHEZZI, G. *Being a Researcher: An Informatics Perspective*. Cham: Springer, 2020, ISBN 978-3-030-45156-1.
71. GILLIES, R. M. *Inquiry-Based Science Education*, Boca Raton: CRC Press, 2020. ISBN 978-0-367-27923-3.
72. GILMANSHINA, S., SMIRNOV, S., IBATOVA, A. et al. The assessment of critical thinking skills of gifted children before and after taking a critical thinking development course. In: *Thinking Skills and Creativity*. 2021, Nr. 39, pp. 1-12. ISSN 1871-1871.
73. GRANT, S. G., SWAN, K., LEE, J. *Inquiry-Based Practice in Social Studies Education. Understanding the Inquiry Design Model*, New York: Routledge, 2017. ISBN 978-1-138-04787-7.
74. GRANT, A., MORRISSEY, A.-M., The Young Gifted Learner: What We Know and Implications for Early Educational Practice. In: S. R. Smith (Ed.), *Handbook of Giftedness and Talent Development in the Asia-Pacific*, Singapore: Springer, 2021, pp. 129-150. ISBN 978-981-13-3040-7.
75. GREMALSCHI, A. *Formarea competențelor-cheie în învățământul general: Provocări și constrângeri: Studiu de politici educaționale*, Chișinău: Lexon-Prim, 2015, ISBN 978-9975-9609-8-4.
76. GRIDLEY, B. E., NORMAN, K. A., RIZZA, M. G. et al. Assessment of gifted children with the Woodcock–Johnson III. In: F. A. Schrank, D. P. Flanagan (eds.), *WJ III clinical use and interpretation: Scientist-practitioner perspectives*. San Diego: Academic Press, 2003, pp. 285-317, ISBN 0-12-628982-4.
77. GROSS, M. E., ZEDELIOUS, C. M., SCHOOLER, J. W. Cultivating an understanding of curiosity as a seed for creativity. In: *Current Opinion in Behavioral Sciences*. 2020, Nr. 35, pp. 77-82. ISSN 2352-1546.
78. GUȚU, V., BUCUN N., GHICOV, A. et al., coordonatori: POGOLȘA, L., CRUDU, V., experți internaționali: FARTUȘNIC, C., FUNERIU, D. F., *Cadrul de referință al curriculumului național*. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova, Chișinău: Lyceum, 2017 (F.E.-P. „Tipografia Centrală”). 104 p. ISBN 978-9975-3157-7-

- 7 [citat 11.01.2022]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/cadrul_de_referinta_final_rom_tipar.pdf
79. GUȚU, V., BOCANCEA, V., CIUVAGA, V., SOCHIRCĂ, E., coordonator general: CRUDU, V., coordonator științific: GUȚU, V., *Curriculum de bază pentru domeniul Știință. Tehnică. Tehnologii*, Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova. Chișinău, 2021, 56 p. [citat 11.01.2022]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/curriculum_stiinta_tehnica_tehnologii.pdf
80. HAMRAKULOV, J. Formation of ecological ethical competence in students. In: *Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences* 2.15, 2023, pp. 21-25. Disponibil: <http://econferences.ru/index.php/tafps/article/view/7892/4304>
81. HANSON, N. R. *Perception and Discovery. An Introduction to Scientific Inquiry*. Cham: Springer, 2018. ISBN: 978-3-319-69744-4.
82. HEALEY, M, JENKINS, A. *Developing undergraduate research, and inquiry*. York: The Higher Education Academy, 2009, 156 p. ISBN 978-1-905788-99-6.
83. HEATH, R. D., et al. Extracurricular activities and disadvantaged youth: A complicated—but promising—story. *Urban Education*, 2022, 57.8: 1415-1449. ISSN: 0042-0859.
84. HOLIUK, O., DEMCHENKO, O., KIT, G., et al. Pedagogical conditions for creativity development in mathematically gifted elementary students. In: *Problem space of modern society: philosophicalcommunicative and pedagogical interpretations. Part II*, Warsaw: BMT Erida Sp. z o.o, 2019, pp. 580-606. ISBN 978-83-950153-8-0.
85. *Hotărâre Nr. 604 din 12-08-2020 pentru punerea în aplicare a Legii muzeelor nr. 262/2017* [citat 11.01.2022]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=123059&lang=ro
86. HOTH, J., et al. Diagnostic competence of primary school mathematics teachers during classroom situations. In: *ZDM – Mathematics Education*. 2016, 48 (1-2), pp. 41-53. ISSN: 1863-97040.
87. HUI, Y. K., KWOK, L. F., IP, H. H. S. Employability: Smart learning in extracurricular activities for developing college graduates' competencies. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2021, 37 (2), pp. 171–188. ISSN 1449-5554.
88. IORDACHE (NEAGU), M. Impactul interdisciplinarității în dezvoltarea competenței investigaționale. In: *Educația în fața noilor provocări*, 5-6 noiembrie 2021, Chișinău. Chișinău: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2021, Vol.1, pp. 291-296. ISBN 978-9975-76-372-1 [citat 30.07.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/291-296_10.pdf

89. JINCA, M., IDITA, A. *Astronomie. Manual pentru amatori*. Bumbesti-Jiu, 2017, 288 p. ISBN 978-973-0-25203-3.
90. JIROUT, J. J., VITIELLO, V. E., ZUMBRUNN, S. K. Curiosity in Schools. In: G. Gordon (Ed.), *The New Science of Curiosity*, New York: Nova Science Publishers, 2018, pp. 243-266. ISBN: 978-1-53613-800-9.
91. JOSEPH, V., SHEIKH, I., RAJANI, S. Inquiry Based Learning Method of Teaching in Education: A Literature Review. In: *Webology*, 19. 3, 2022, pp. 799-813. ISSN: 1735-188X.
92. JUMAKUZIYEVICH, Y. U. Pedagogy Methodology As The Basis For The Formation Of Teacher Methodological Culture. In: *Journal of Positive School Psychology*, 2022, 6.11, pp. 2019-2022. ISSN 2717-7564.
93. JUNG, J. Y., WORRELL, F.C., School Psychological Practice with Gifted Students. In: M. Thielking, M. D. Terjesen. (Eds.), *Handbook of Australian School Psychology. Integrating International Research, Practice, and Policy*, Cham: Springer, 2017, pp. 575-594. ISBN 978-3-319-45164-0.
94. KALITA, P., BANIK, R. K., DAS, S, et al. An Approach Towards Sustainable Energy Education in India. In: M. Bose, A. Modi, *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Energy Research*, Singapore: Springer, 2021, pp. 575-586. ISBN 978-981-15-5954-9.
95. KANG, J., KEINONEN, T. The Effect of Student-Centered Approaches on Students' Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. In: *Research in Science Education*, 48(4), 2017, pp. 865–885. ISSN 1573-1898.
96. KAPLAN, S. N. The grid: A model to construct differentiated curriculum for the gifted. In: *Systems and models for developing programs for the gifted and talented*. Routledge, 2023. p. 235-251. ISBN 9781003419426.
97. KARADAĞ, F., YILDIZ DEMİRTAŞ, V., Early Literacy Skills of Gifted Children in Preschool. In: *The Journal of Buca Faculty of Education*. 2022, Nr. 53, pp. 212-223. ISSN: 2602-2850.
98. KARTTUNEN, H., KRÖGER, P., OJA, H. et al. (Eds.), *Fundamental Astronomy*, Sixth Edition, Heidelberg: Springer, 2017, 550 p. ISBN 978-3-662-53044-3.
99. KETTLER, Todd (ed.). *Modern curriculum for gifted and advanced academic students*. Austin: Prufrock Press, Incorporated, 2015. ISBN 161821473X.

100. KHOROSHKOVA, E., SIZOVA, V., LIASHENKO, A. et al. Theoretical and Empirical Criteria for Selecting Cognitive Over-Performers: Data from a Primary School in Moscow. In: B. M. Velichkovsky, P. M. Balaban, V. L. Ushakov (Eds.), *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics. Proceedings of the 9th International Conference on Cognitive Sciences, Intercognsci-2020, October 10–16, 2020, Moscow, Russia*, Cham: Springer, 2021, pp. 29-35. ISBN 978-3-030-71636-3.
101. KIM, S., JEONG, H., CHO, H. et al. Extracurricular activities in medical education: an integrative literature review. In: *BMC Medical Education*. 2023, 23, 278, pp. 1-11. ISSN: 1472-6920.
102. KING, A. E., MCQUARRIE, F. A. E; BRIGHAM, S. M. Exploring the relationship between student success and participation in extracurricular activities. In: *SCHOLE: A Journal of Leisure Studies and Recreation Education*, 2021, 36.1-2: pp. 42-58. ISSN: 2162-4097.
103. KITSANTAS, A., BLAND, L., CHIRINOS, D. S. Gifted Students' Perceptions of Gifted Programs: An Inquiry Into Their Academic and Social-Emotional Functioning. In: *Journal for the Education of the Gifted*. 2017, Nr. 40(3), pp. 266-288. ISSN 0162-3532.
104. KLIEME, K., LEHMANN, T., SCHMIDT-BORCHERDING, F. Fostering professionalism and scientificity through integration of disciplinary and research knowledge. In: T. Lehmann (Ed.), *International Perspectives on Knowledge Integration. Theory, Research, and Good Practice in Pre-service Teacher and Higher Education*. Leiden: Brill, 2020, pp. 79-107. ISBN: 978-90-04-42949-9.
105. KORI, K. Inquiry-Based Learning in Higher Education. In: C. Vaz de Carvalho, M. Bauters (Eds.), *Technology Supported Active Learning. Student-Centered Approaches*, Cham: Springer, 2021, pp. 59-74. ISBN: 978-981-16-2081-2.
106. KOVALEVSKY, J. *Modern Astrometry*. 2nd ed. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 2002, 382 p. ISBN 978-3-662-04730-9.
107. KRUIT, P. M., OOSTDAM, R. J., VAN DEN BERG, E. et al. Assessing students' ability in performing scientific inquiry: instruments for measuring science skills in primary education. In: *Research in Science & Technological Education*, 36 (4), 2018, pp. 413-439. ISSN: 0263-5143.
108. KUHN, T. S., *Structura revoluțiilor științifice*, 2008, București: Humanitas. ISBN 978-973-50-2030-9.
109. LABĂR, A.V. *SPSS pentru științele educației: metodologia analizei datelor în cercetarea pedagogică*. Iași: Polirom, 2008. 347 p. ISBN 978-973-46-1148-5.

110. *Legea nr. 17/2007 privind educația tinerilor supradotați, capabili de performanță înaltă* [citată 2.10.2022]. Disponibil: <https://lege5.ro/Gratuit/geydmobyha/legea-nr-17-2007-privind-educatia-tinerilor-capabili-de-performanta-inalta>
111. LIVIO, M. *De ce?: ce ne stârnește curiozitatea*. București: Humanitas, 2022. ISBN 978-973-50-7418-0.
112. LU, Y.-Y., LIN, H.-s., SMITH, T. J. et al. The Effects of Critique-Driven Inquiry Intervention on Students' Critical Thinking and Scientific Inquiry Competency. In: *Journal of Baltic Science Education*. 2020. Nr. 19(6), pp. 954-971. ISSN 2538-7138.
113. MAKSUDOVA, G. O., ILKHAMOVAET, I. N., RUZMETOVA, D. A. et al. Research of Modern Technologies of Education. In: *Journal of Pharmaceutical Negative Results* 13.8, 2022, pp. 2483-2485. ISSN 2229-7723.
114. MARCOCI-DIMA, A. Transdisciplinaritatea în predarea disciplinelor economice. In: *Perspectivile și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației. Vol. 8, Partea 2, 4 iunie 2021, Cahul*. Cahul: Universitatea de Stat „Bogdan Petriceicu Hașdeu din Cahul, 2021, pp. 21-26. ISBN 2587-3563.
115. MCINTOSH, D. E., DIXON, F. A., PIERSON, E. E. Use of Intelligence Tests in the Identification of Giftedness. In: D. P. Flanagan, E. M. McDonough (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: theories, tests, and issues*, New York: The Guilford Press, 2018, pp. 587-607. ISBN 9781462535781.
116. MIHĂILĂ, M.-M., PETROVSCHI, N. Oportunități metodologice de modernizare a predării-învățării istoriei prin intermediul interactivității. In: *Univers Pedagogic*, 2021, nr. 1(69), pp. 49-53. ISSN 1811-5470.
117. Ministerul Educației al Republicii Moldova, *Ghid practic de elaborare a curriculumului pentru învățământul profesional tehnic postsecundar și postsecundar nonterțiar* [citată 05.02.2024]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/ome_296_din_21.04.2016_1.pdf
118. Monitorul oficial al României, partea I, Nr. 670/5.VII.2022, ORDIN privind aprobarea programei școlare pentru disciplina opțională „Start în aventura cunoașterii Universului”, curriculum la decizia școlii — învățământ primar, [citată 23.03.2022]. Disponibil: <http://86.105.216.122:83/MOfsWeb/2022/0670.pdf>
119. MORARI, N. Competența de cercetare științifică: dimensiuni pedagogice. In: *Învățământ superior: tradiții, valori, perspective Pedagogia Școlii Superioare și Psihopedagogie și Pedagogie în Învățământul Preșcolar și Primar. Vol. 2, 29-30 septembrie 2020, Chișinău*.

- Chișinău: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2020, pp. 73-75. ISBN 978-9975-76-311-0, 978-9975-76-313-4.
120. MORARI, N. Strategia didactică bazată pe cercetare. In: *Educația: factor primordial în dezvoltarea societății*, 9 octombrie 2020, Chișinău. Chișinău: Institutul de Științe ale Educației, 2020, pp. 463-469. ISBN 978-9975-48-178-6.
121. MOYNIHAN, R., VAN KAMPEN, P., FINLAYSON, O. et al. Superposition of Vectors and Electric Fields: A Study Using Structured Inquiry Tutorial Lessons with Upper Secondary Level Students. In: *Physics Education*. 2020, 55(2), pp. 1-10. ISSN 1361-65-52.
122. MURAYAMA, K., FITZGIBBON, L., SAKAKI, M. Process Account of Curiosity and Interest: A Reward-Learning Perspective. In: *Educational Psychology Review*. 2019, Nr. 31(4), pp. 875-895. ISSN 1573-336X.
123. NEUTZLING, M., PRATT, E., PARKER, M. Perceptions of Learning to Teach in a Constructivist Environment. In: *Physical Educator*. 2019, Nr. 76(3), pp. 756-776. ISSN: 2160-1682.
124. NIXON, S. B., SAUNDERS, G.L. Implementing an Instructional Framework and Content Literacy Strategies into Middle and High School Science Classes. In: *Literacy Research and Instruction*, 51, 2012, pp. 344-365. ISSN 1938-8063.
125. OECD. *PISA 2015 Results (Volume II): Policies and Practices for Successful Schools*. Paris: OECD Publishing. ISBN 978-92-64-26751-0.
126. OLSZEWSKI-KUBILIUS, P., SUBOTNIK, R. F., WORRELL F.C. et al. Sociocultural Perspectives on the Talent Development Megamodel. In: S. R. Smith (Ed.), *Handbook of Giftedness and Talent Development in the Asia-Pacific*, Singapore: Springer, 2021, pp. 101-128. ISBN: 978-981-13-3040-7.
127. OLTU, L. Abordări ale managementului de calitate pentru optimizarea performanțelor în instituțiile extrașcolare. In: *Revista Didactica Pro..., revistă de teorie și practică educațională*. 2021, 2 (126), pp. 13-16. ISSN 1810-6455.
128. ÖNAL, N. T., ÖNAL, N. The effect of augmented reality on the astronomy achievement and interest level of gifted students. In: *Education and Information Technologies*. 2021, Nr. 26(4), pp. 4573-4599. ISSN 1573-7608.
129. PADALKAR, S., RAMADAS, J. Designed and spontaneous gestures in elementary astronomy education. In: *International Journal of Science Education*, 2011, 33.12: 1703-1739. ISSN: 1464-5289.

130. PADALKAR, S., RAMCHAND, M., SHAIKH, R. ET AL. *Science Education. Developing Pedagogical Content Knowledge*. London: Routledge, 2023. ISBN: 978-0-367-48592-4.
131. PASANEC PREPROTIĆ, S., PETKOVIĆ, G., From Visualization Framework on Teaching Process: New Methodical Approach to the Teaching of Bookbinding in Graphic Technology. In: *Information Resources Management Association, Research Anthology on Developing Critical Thinking Skills in Students*, Hershey: Information Science Reference, 2021, pp. 195-209. ISBN 9781799830221.
132. PAUNZEN, E., VANMUNSTER, T. Peranso - Light Curve and Period Analysis Software. In: *Astronomische Nachrichten*, 2016, Vol. 337, pp. 239-245 [citată 15.08.2023]. Disponibil: <https://arxiv.org/pdf/1602.05329.pdf>
133. PEDASTE, M., MÄEOTS, M., SIIMAN, L. A. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. In: *Educational Research Review*, 14, 2015, pp. 47-61. ISSN: 1747-938X.
134. PERCY, J. R. Astronomy education: An international perspective. In: *International Astronomical Union Colloquium*. Cambridge University Press, 1998. p. 2-6. ISSN 0252-9211.
135. PIAGET, I., INHELDER, B. *Psihologia copilului*. Chişinău: Editura Cartier, 2011. ISBN 978-9975-79-719-1.
136. PODDANY, S., BRAT, L., PEJCHA, O. Exoplanet Transit Database. Reduction and processing of the photometric data of exoplanet transits. In: *New Astronomy*, 2010, vol. 15, pp. 297-301. [citată 6.10.2023]. Disponibil: <https://arxiv.org/pdf/0909.2548v1.pdf>
137. POLATOĞLU, A., ÖZKESEN, İ. C. Working Principles of CCD and CMOS Sensors and Their Place in Astronomy. In: *Journal of Anatolian Physics and Astronomy*, 2022, Volume 2, Issue 1, pp. 51-59. ISSN: 2791-8718 [citată 10.04.2023]. Disponibil: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2316214>
138. POPOV, L. Pregătirea unui experiment pedagogic privind dezvoltarea competenţelor digitale la studenţii domeniului sociojuridic prin tehnologii interactive, la unitatea de curs TIC. In: *Publicaţia Periodică Revista "Didactica Pro..."*, 2018, 18(112), pp. 15-23. ISSN 1810-6455.
139. POPOVICI, D. V. Dinamism şi relaţie în dezvoltarea activităţii supradotaţilor. In: E. Verza, F. E. Verza (coord.), *Tratat de psihopedagogie specială*, Bucureşti: Editura Universităţii din Bucureşti, 2011, pp. 45-59. ISBN 978-606-16-0006-9.

140. PRÓCHNIAK, P. Development and Testing of The Elements of the Nature Curiosity Scale. In: *Social Behavior and Personality: an International Journal*. 2017, Nr. 45(8), pp. 1245-1254. ISSN 0301-2212.
141. *Programul de dezvoltare a educației incluzive în Republica Moldova pentru anii 2011-2020* [citată 02.10.2022]. Disponibil: <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=339343>
142. RADZI, R. M., ABDULLAH, M. N. S., MURUTHI, K. Inquiry-Discovery Teaching Approach as a Means to Remediate Primary Students' Misconceptions About the Phases of the Moon. In: M. Karpudewan, A. N. M. Zain, A.L. Chandrasegaran (Eds.), *Overcoming Students' Misconceptions in Science. Strategies and Perspectives from Malaysia*, Singapore: Springer, 2017, pp. 71-90. ISBN: 978-981-10-3437-4.
143. *Recomandarea consiliului din 22 mai 2018 privind competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții* [citată 9.01.2022]. Disponibil: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)
144. REISS, K., OBERSTEINER, A. Competence Models as Normative Definitions of Educational Goals. In: Fritz, A, Haase, V. G., Räsänen, P. (eds.), *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties. From the Laboratory to the Classroom*. 2019, Cham: Springer, pp. 43-56. ISBN: 978-3-319-97147-6.
145. RENZULLI, J. S. The Three-Ring Conception of Giftedness. A Developmental Model for Promoting Creative Productivity. In: S. M. Reis (Ed.). *Reflections On Gifted Education. Critical Works by Joseph S. Renzulli and Colleagues*, Waco: Prufrock Press, 2016, pp. 173-192. ISBN: 9781618215055.
146. RIGA, F., WINTERBOTTOM, M., HARRIS, E. et al. Inquiry-Based Science Education. In: K. S. Taber, B. Akpan (Eds.), *Science Education. An International Course Companion*. Rotterdam: Sense Publishers, 2017, 616 p. ISBN: 978-94-6300-747-4.
147. ROGERS, M., ALLEN, D. *Applying Critical Thinking and Analysis in Social Work*, Los Angeles: SAGE, 2019. ISBN: 9781526436580.
148. ROTARU, M. Conceptele metodologie/metodică/metodologie specială: interpretare retrospectivă. In: *Psihologie. Pedagogie Specială. Asistență Socială*, 2012, nr. 29, pp. 6-16. ISSN 1857-0224.
149. RUNCO, M. A. Active Ethical Leadership, Giftedness, and Creativity. In: *Roeper Review*. 2017, Nr. 39(4), pp. 242-245. ISSN 1940-865X.
150. SACALIUC, N. Repere etice și deontologice în educația copiilor supradotați. In: *Educația incluzivă: dimensiuni, provocări, soluții. Ediția 3, 29 noiembrie 2017, Bălți*. Bălți:

- Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, 2017, pp. 365-369. ISBN 978-9975-132-99-2.
151. SACALIUC, N., Copiii supradotați și educația lor. In: *Educația incluzivă: dimensiuni, provocări, soluții. 19 octombrie 2018, Bălți*. Bălți: Tipografia din Bălți, 2018, pp. 176-180. ISBN 978-9975-3276-1-9.
152. SALI, L. Abordarea psihodidactică și metodologia organizării activității extracurriculare la matematică. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2012, 9 (59), pp. 257-261. ISSN 1857-2103.
153. SCHLEICHER, A., *Valuing Our Teachers and Raising their Status. How Communities Can Help*. Paris: OECD Publishing, 2018. ISBN 978-92-64-29269-7.
154. SCHWAB, J. J. The Teaching of Science as Inquiry. In: *Bulletin of the Atomic Scientists*, 14(9), 1958, pp. 374-379. ISSN: 0096-3402.
155. SCLIFOS, L. Competența de cercetare – factor de continuitate în educație. In: *Revista Didactica Pro..., revistă de teorie și practică educațională*. 2006. Nr. 38.4, pp. 35-41. ISSN 1810-6455.
156. SCLIFOS L., *Repere psihopedagogice ale formării competențelor investigaționale la liceeni*. Teză de doctor în pedagogie. Chișinău, 2007.
157. SCRIVNER, C. The psychology of morbid curiosity: Development and initial validation of the morbid curiosity scale. In: *Personality and Individual Differences*. 2021, Nr. 183, pp. 1-10. ISSN 0191-8869.
158. SENSING, T. *Qualitative Research, Second Edition. A Multi-Methods Approach to Projects for Doctor of Ministry Dissertations*. Eugene: Wipf and Stock Publishers, 2022. ISBN 9781725267725.
159. SHAHAR, T. H. B. Ability and Ability Grouping. In: R. Curren (Ed.), *Handbook of Philosophy of Education*, New York: Routledge, 2023, pp. 401-412. ISBN 978-1-032-00005-3.
160. SHIN, D. D., KIM, S. Homo Curious: Curious or Interested?. In: *Educational Psychology Review*. 2019, Nr. 31, pp. 853-874. ISSN 1573-336X.
161. SINGER, F. M., SHEFFIELD, L. J., FREIMAN, V. et al. *Research on and Activities for Mathematically Gifted Students*, Cham: Springer, 2016, 49 p. ISBN 978-3-319-39449-7.
162. SISK, D. A. Concepts of Giftedness and Identification: Social and Emotional Needs. In: B. Wallace, D.A. Sisk, J. Senior (Eds.), *The SAGE Handbook of Gifted and Talented Education*. Los Angeles: SAGE, 2019, pp. 1-3. ISBN 978-1-5264-3115-8.

163. SMUTNY, J. F. Communicating effectively with your gifted child's school. In: *Success Strategies for Parenting Gifted Kids*. Routledge, 2021. p. 307-316. ISBN 9781003238287.
164. SMUTNY, J. F.; VON FREMD, S. E. (ed.). *Igniting creativity in gifted learners, K-6: Strategies for every teacher*. Corwin Press, 2008. ISBN 9781412957786.
165. SOLOVEI, R., BOBOC, V. Învățarea bazată pe proiecte la disciplina Istorie. In: *Școala modernă.: provocări și oportunități, 5-7 noiembrie 2015, Chișinău*. Chișinău, Republica Moldova: Institutul de Științe ale Educației, 2015, pp. 616-620. ISBN 978-9975-48-100-7.
166. SONG, J, CHO, S.-K. Yet another paradigm shift?: from minds-on to hearts-on. In: *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 24 (1), 2004, pp. 129-145. ISSN: 2288-8489.
167. STERNBERG, R. J. Is Gifted Education on the Right Path? In: B. Wallace, D.A. Sisk, J. Senior (Eds.), *The SAGE Handbook of Gifted and Talented Education*. Los Angeles: SAGE, 2019, pp. 5-18. ISBN 978-1-5264-3115-8.
168. STERNBERG, R. J., KAUFMAN, S. B. Theories and Conceptions of Giftedness. In: S. I. Pfeiffer (Ed.), *Handbook of Giftedness in Children. Psychoeducational Theory, Research, and Best Practices*, Cham: Springer, 2018, pp. 29-48. ISBN 978-3-319-77003-1.
169. SUJATI, H. Assessing the discriminant validity of curiosity scale using confirmatory factor analysis. In: Y. W. Purnomo, Herwin (Eds.), *Educational Innovation in Society 5.0 Era: Challenges and Opportunities. Proceedings of the 4th International Conference on Current Issues in Education (ICCIE 2020), Yogyakarta, Indonesia, 3 - 4 October 2020*, London: Routledge, 2021, pp. 60-63. ISBN 9781003206019.
170. SYAFRIL, S., YAUMAS, N. E., ISHAK, N. M., et. al. Characteristics and educational needs of gifted young scientists: a focus group study. In: *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*. 2020, Nr. 8(2), pp. 947-954. e-ISSN: 2149-360X.
171. ȘEVCIUC, M. Formarea competenței investigaționale la studenți din perspectiva interconexiunii intra- și intercicluri în cadrul universitar. In: *Studia Universitatis Moldaviae*. 2016, Nr. 5(95), pp. 54-58. ISSN 2345-1025.
172. TANG, K.-S., PUTRA, G. B. S., Infusing literacy into an inquiry instructional model to support student's construction of scientific explanations. In: L.-S. Tang, K. Danielsson, *Global Developments in Literacy Research for Science Education*, Cham: Springer, 2018, pp. 281-300. ISBN: 978-3-319-69196-1.
173. TĂNASE, L. G., DASCĂLU, R. The extraordinary abilities of gifted children (genius, talent, creative skills). In: M. Rusu (coord.), *Geniu, talent, creativitate: - o perspectivă*

- socio-culturală, Volumul I, Ed. XIII, 1 mai 2022, Iași. Iași: Performantica, 2022, pp. 91-95. ISBN 978-606-685-905-9.*
174. **TERCU, J.-O.** Formarea competenței investigaționale a elevilor prin intermediul observațiilor astronomice la Near-Earth Asteroids. In: *Materialele Congresului științific internațional Moldo-Polono-Român: Educație – Politici – Societate*, Chișinău-Cracovia, 11-13 aprilie 2022, Vol. V, nr. 1, pp. 233-239. ISBN 978-9975-76-398-1 [citat 7.02.2023]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/233-239_15.pdf
175. **TERCU, J.-O.** Instrumente utilizate în activitățile extrașcolare pentru observații astronomice. In: *Conferința științifică studențească cu participare internațională*, ediția LXXI-a, Chișinău, UST, Republica Moldova, 20 aprilie 2022, VOL. 1, pp. 455-459. ISBN 978-9975-76-394-3 [citat 10.04.2023]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/455-459_2.pdf
176. **TERCU, J.-O.** Importanța competenței investigaționale în educația extrașcolară a elevilor dotați. In: *Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”*, Ediția a III-a, dedicată a 85-a aniversare a profesorului Ilie Lupu, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2023, pp. 437-443. ISBN 978-9975-46-813-8 [citat 10.01.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Volum_Conf_STEAM_2023-437-443.pdf
177. **TERCU, J.-O.** Observarea asteroizilor și a cometelor în cadrul experimentului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați. In: *Conferința științifico-practică internațională „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”*, Ediția a XI-a, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 16-17 martie 2024, Vol.2, pp. 110-115. ISBN 978-9975-46-904-3 [citat 30.07.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/110-115_30.pdf
178. **TERCU, J.-O.** The study of variable stars within extracurricular astronomy activities. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*, 2024, nr. 5(175), pp. 152-156. ISSN 1857-2103 [citat 18.08.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/152-156_45.pdf
179. **TERCU, J.-O.** Observarea stelelor duble: integrarea astronomiei în activitățile extrașcolare pentru elevii dotați. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2024, nr. 1(72), pp. 139-142. ISSN 1857-0461 [citat 31.07.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/139-142_45.pdf

180. **TERCU, J.O.**, NEAGU G.C. Observarea fotometrică a stelelor variabile de tip Delta Scuti. In: *Materialele Conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”* dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol Gremalschi, Chișinău, UST, Republica Moldova, 29-30 octombrie 2021, Volumul II, pp. 89-92. ISBN 978-9975-76-358-5 [citat 15.08.2023]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/89-92_36.pdf
181. **TERCU, J.-O.**, CHISTOL, V. Methodology of organizing astronomical observations of asteroids and comets within the extracurricular activities of students. In: *Physics Education*, 2024, Vol. 59, nr. 1. ISSN: 1361-6552.
182. **TERCU, J.-O.**, CHISTOL, V. Predarea astronomiei în România și în Republica Moldova: impactul acesteia asupra educației elevilor. In: *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2024, nr. 2(73), pp. 145-151. ISSN 1857-0461 [citat 23.08.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/145-151_29.pdf
183. **TERCU, J.-O.**, CHISTOL, V. Automation and research competence in extracurricular astronomy activities for gifted student. In: *Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering*, 2024, Vol 67, No 2S, pp. 655-662. ISSN 2393-2988 [citat 27.08.2024]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/2436-4180-1-PB.pdf
184. TERKOWSKY, C., HAERTEL, T. Fostering the Creative Attitude with Remote Lab Learning Environments – An Essay on the Spirit of Research in Engineering Education. In: Frerich, S., Meisen, T., Richert, A. et al. *Engineering Education 4.0. Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences*, Cham: Springer, 2016, pp. 197-212. ISBN 978-3-319-46915-7.
185. TERKOWSKY, C., HAERTEL, T., BIELSKI, E. et al. Bringing the Inquiring Mind Back into the Labs – A Conceptual Framework to Foster the Creative Attitude in Higher Engineering Education. In: S. Frerich, T. Meisen, A. Richert, et al. *Engineering Education 4.0. Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences*, Cham: Springer, 2016, pp. 937-948. ISBN 978-3-319-46915-7.
186. TIRON, Ș.D.; NACU, I.M. *Astronomie*. Chișinău: Editura Lyceum, 2014, 416 p. ISBN 978-9975-3064-0-9.
187. TRUNDLE, K. C., SMITH, M. M. Preschool: A Hearts-on, Hands-on, Minds-on Model for Preschool Science Learning. In: *YC Young Children*, 72 (1), 2017, pp. 80–86. ISSN: 1538-6619.

188. VAN DER GRAAF, J. Inquiry-Based Learning and Conceptual Change in Balance Beam Understanding. In: *Frontiers in Psychology*, 11, 2020, pp. 1-16. ISSN: 1664-1078.
189. VECHIU, C.-G., BUDEVICI-PUIU, L. Învățarea prin investigație, tehnică eficientă de predare în instituțiile de învățământ superior de educație fizică și sport. In: *Problemele acmeologice în domeniul Culturii fizice*, Ed. Ediția 3, 8 decembrie 2017, Chișinău. Chișinău: Tipografia "Valinex" SRL, 2017, Ediția 3, pp. 53-60. ISBN 978-9975-131-55-1.
190. VERDES, M.-R. Interconexiuna Psihologie-Pedaagogie Generala-Didactica-Filosofie-Metodica-Istoria Pedagogiei. In: *Annals of the „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, Letter and Social Science Series*, Supplement 3, 2017, pp. 47-51. ISSN 1844-6051.
191. VYGOTSKY, L. S. *Educational Psychology*. Boca Raton: St. Lucie Press, 1997. ISBN 9780429273070.
192. WALTER, E. M., SENN, L., MUNOZ, E. E. Navigating the Barriers to Adoption and Sustained Use of Active Learning. In: J. J. Mintzes, E. M. Walter (Eds.), *Active Learning in College Science. The Case for Evidence-Based Practice*, Cham: Springer, 2020, pp. 59-70. ISBN: 978-3-030-33599-1.
193. WARNER, B. D. *A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis*. Second Edition. Switzerland: Springer International Publishing, 2016, 410 p. ISBN 978-3-319-32749-5.
194. WATTS, P., FULLARD, M., PETERSON, A., *Understanding Character Education: Approaches, Applications and Issues*. London: Open International Publishing Limited, 2021. ISBN 9780335250516.
195. WEBER, C. L.; STANLEY, L. Educating parents of gifted children: Designing effective workshops for changing parent perceptions. In: *Gifted Child Today*, 2012, 35.2, pp. 128-136. ISSN: 1076-2175.
196. WEBER, C. L., BOSWELL, C., BEHRENS, W. *Exploring critical issues in gifted education: A case studies approach*. New York: Routledge, 2021. ISBN 9781618210975.
197. WILLIAM, D. Conclusion: Why formative Assessment is Always Both Domain-General and Domain-Specific and What Matters is the Balance Between the Two. In: H. L. Andrade, R. E. Bennett, G. J. Cizek (Eds.), *Handbook of Formative Assessment in the Disciplines*, 2019, pp. 243-264. ISBN 9781138054363.
198. WULANDARI, N., NUGROHO, S. E., LISDIANA, L. T. The Analysis of Character Formation of Curiosity in Science Learning in Elementary Schools. In: *Journal of Primary Education*. 2020, Nr. 9(4), pp. 408-412. ISSN 2502-4515.

199. YENICE, N., ÖZDEN, B. The Relationship between Scientific Inquiry and Communication Skills with Beliefs about the Nature of Science of Pre-Service Science Teachers?. In: *Participatory Educational Research (PER)*, 2022, Nr. 9(1), pp. 192-213. ISSN: 2148-6123.
200. ZAJDA, J. *Globalisation, Comparative Education and Policy Research. Creating Effective Learning Environments*, Cham: Springer, 2021. ISBN 978-3-030-71574-8.

Resurse on-line:

201. AMERICAN ASSOCIATION OF VARIABLE STAR OBSERVERS (AAVSO) [online]. [citat 31.10.2023]. Disponibil: <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=477563>
202. American Association of Variable Star Observers (AAVSO). Guide to CCD/CMOS Photometry with Monochrome Cameras. Version 1.0. Cambridge, 2022, 132 p. ISBN 978-1-939538-62-8 [citat 5.10.2023]. Disponibil: https://www.aavso.org/sites/default/files/publications_files/ccd_photometry_guide/CCDPhotometryGuide.pdf
203. AMERICAN ASSOCIATION OF VARIABLE STAR OBSERVERS (AAVSO). Variable star type designations in VSX [online]. [citat 31.10.2023]. Disponibil: <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=about.vartypes>
204. AMERICAN ASSOCIATION OF VARIABLE STAR OBSERVERS: VStar. [software]. [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://www.aavso.org/vstar>
205. ANYDESK. [online]. [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://anydesk.com/en>
206. ASTROMETRICA. Catalogs [online]. [citat 27.09.2023]. Disponibil: <http://www.astrometrica.at/default.html?/catalogs.html>
207. ASTROMETRICA. RAAB, H. [software]. 2015 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <http://www.astrometrica.at/>
208. AUTOSLEW. ASA Astrosysteme GmbH. [software]. Versiunea 5.6.2. 2012 [citat 15.08.2023]. Disponibil: www.astrosysteme.com
209. CENTER FOR NEAR EARTH OBJECT STUDIES. NEO Groups [online]. [citat 7.02.2023]. Disponibil: https://cneos.jpl.nasa.gov/about/neo_groups.html
210. CENTRE DE DONNÉES ASTRONOMIQUES DE STRASBOURG. Aladin Sky Atlas [online]. [citat 31.10.2023]. Disponibil: <http://aladin.cds.unistra.fr/>
211. DEX Online [citat 18.01.2022]. Disponibil: <https://dexonline.ro/definitie/investiga%C8%9Bie>

212. DIFFRACTION LIMITED: Maxim DL. [software]. 2023 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://diffractionlimited.com/product/maxim-dl/>
213. European Association for Astronomy Education (EAAE), 2023 [citat 28.09.2023]. Disponibil: <https://www.eaae-astronomy.org/?view=article&id=6:about-eaae&catid=42>
214. GOOGLE. Formfacade [online]. 2023 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://formfacade.com/enhance/>
215. GOOGLE. Google Forms [online]. [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://www.google.com/forms/about/>
216. GOOGLE: Google Meet [online]. [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://meet.google.com/>
217. Haus der Astronomie, 2023 [citat 28.09.2022]. Disponibil la: <https://www.haus-der-astronomie.de/OAE>
218. International Astronomical Union. IAU Strategic Plan 2020–2030, 2020 [citat 28.09.2023]. Disponibil: https://www.iau.org/static/administration/about/strategic_plan/strategicplan-2020-2030.pdf
219. INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION. Resolution B5. Definition of a Planet in the Solar System [online]. [citat 7.02.2023]. Disponibil: https://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf
220. JET PROPULSION LABORATORY. Diagrams and Charts [online]. [citat 7.02.2023]. Disponibil: <https://ssd.jpl.nasa.gov/diagrams/>
221. LAGO, M. T., ed. *Transactions IAU, Volume XXXIA, Reports on Astronomy*, 2018-2021, 2021. [citat 12.01.2022]. Disponibil: https://www.iau.org/static/science/scientific_bodies/commissions/c1/c1-triennial-report-2018-2021.pdf
222. Liceul Teoretic din comuna Brânză are un Planetariu „made in UTM” [citat 23.03.2022]. Disponibil: <https://utm.md/blog/2019/06/03/liceul-teoretic-din-comuna-branza-are-un-planetariu-made-utm/>
223. MINOR PLANET CENTER. [online]. [citat 7.02.2023]. Disponibil: <https://minorplanetcenter.net/>
224. MPO Software. MPO Canopus. [software]. 2022 [citat 15.08.2023]. Disponibil: <https://minplanobs.org/BdwPub/php/mpocanopus.php>
225. NASA EXOPLANET EXPLORATION. Discovery [online]. [citat 5.03.2024]. Disponibil: <https://exoplanets.nasa.gov/discovery/discoveries-dashboard/>
226. NASA EXOPLANET EXPLORATION. What is an Exoplanet? [online]. [citat 7.12.2022]. Disponibil: <https://exoplanets.nasa.gov/what-is-an-exoplanet/overview/>

227. NIEVES OBSERVATORY AT SOKA UNIVERSITY OF AMERICA. Aperture Photometry with Maxim DL. [online]. 2022 [citat 31.10.2023]. Disponibil: <https://sites.soka.edu/suo/resources/maximdl/>
228. Observatorul Astronomic al Universității Tehnice a Moldovei [citat 23.03.2022]. Disponibil: <https://observator.utm.md/>
229. STELLARIUM. [software]. [citat 13.11.2023]. Disponibil: <https://stellarium.org/>
230. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Romania, 2020 [citat 23.03.2022]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_in_Romania_2020.pdf
231. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Ukraine, 2020 [citat 26.03.2022]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_Ukraine_2020.pdf
232. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Russia, 2020 [citat 26.03.2022]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_Russia_2020.pdf
233. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Poland, 2020 [citat 26.03.2022]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_Poland_2020.pdf
234. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Hungary, 2020 [citat 13.03.2024]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_Hungary_2020.pdf
235. The IAU Office of Astronomy for Education (OAE). Astronomy Education in Bulgaria, 2020 [citat 13.03.2024]. Disponibil: https://www.astro4edu.org/media/documents/Astronomy_Education_in_Bulgaria_2020.pdf
236. THE INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION (IAU). The IAU Transient Name Server (TNS) [online]. [citat 31.10.2023]. Disponibil: <https://www.wis-tns.org/>
237. Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca. Observatorul Astronomic [citat 23.03.2022]. Disponibil: https://www.ubbcluj.ro/ro/structura/unitati/observatorul_astronomic#prezentare
238. VARIABLE STAR AND EXOPLANET SECTION OF CZECH ASTRONOMICAL SOCIETY. Transit observations (TRESKA database) [online]. [citat 20.02.2023]. Disponibil: <http://var2.astro.cz/EN/tresca/transit-detail.php?id=1649711661&lang=en>

239. VARIABLE STAR AND EXOPLANET SECTION OF CZECH ASTRONOMICAL SOCIETY. Transit observations (TRESKA database) [online]. [citat 20.02.2023].
Disponibil: <http://var2.astro.cz/tresca/transit-detail.php?id=1676911172&lang=en>

ANEXE

Anexa 1. Test pentru identificarea elevilor

Test pentru identificarea elevilor care vor participa la activități extrașcolare de astronomie

Dragă elev!

Vă rugăm să răspundeți sincer și corect la întrebările din acest test. Răspunsurile dumneavoastră sunt confidențiale și vor fi prelucrate statistic într-o cercetare în domeniul științelor educației. În funcție de rezultatele obținute la acest test veți participa la un proiect educațional de astronomie care se va desfășura la Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. În cadrul acestui proiect educațional se vor desfășura lecții de astronomie și alte activități specifice. Vă mulțumim anticipat pentru colaborare! Înainte de a completa testul vă rugăm să citiți nota de informare pentru consimțământ care cuprinde informarea și acordul cu privire la prelucrarea datelor cu caracter personal:

https://bit.ly/NOTA_INFORMARE_CONSIMTAMANT_OVIDIU_TERCU

În continuare vă rugăm să precizați următoarele:

Adresa de e-mail:

Unitatea de învățământ:

Gimnaziu; b) Liceu; c) Colegiu.

Clasa:

a VI-a; b) a VII-a; c) a VIII-a; d) a IX-a; e) a X-a; f) a XI-a; g) a XII-a.

1. Aveți capacitatea de a vă concentra asupra unui subiect pe o perioadă lungă de timp?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

2. Atunci când sunteți implicat într-un proiect care necesită o cercetare sunteți îndrumat și de un profesor?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	1	2	3	4

3. Aveți capacitatea de a munci perseverent pentru atingerea unui obiectiv chiar dacă apar eșecuri?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

4. Aveți capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

5. Aveți spirit de observație?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

6. Vă asumați responsabilitatea pentru rezolvarea unor sarcini într-un domeniu cunoscut?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

7. Puteți învăța să utilizați un soft nou fără ajutorul unui profesor?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

8. Manifestați nerăbdare și interes pentru a vedea care sunt posibilitățile de a folosi un soft nou?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

9. Utilizați timpul liber pentru formarea și dezvoltarea deprinderilor necesare de a utiliza un soft nou?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

10. Manifestați curiozitate față de metodele științifice?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

11. Manifestați entuziasm atunci când au loc dezbateri pe diferite subiecte care vă interesează din domeniul științei?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

12. Manifestați capacitatea de interpreta date științifice?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

13. Citiți informații din domeniul astronomiei?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

14. Manifestați curiozitate despre subiecte din domeniul astronomiei?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

15. Aveți tenacitatea de a afla informații care sunt dificil de înțeles din domeniul astronomiei?

	Întotdeauna	De cele mai multe ori	Uneori	Niciodată
Punctaj:	4	3	2	1

Anexa 2. Statistica răspunsurilor la itemii testului pentru România

Statistica răspunsurilor la itemii testului de identificare a elevilor dotați pentru România

1. Aveți capacitatea de a vă concentra asupra unui subiect pe o perioadă lungă de timp?

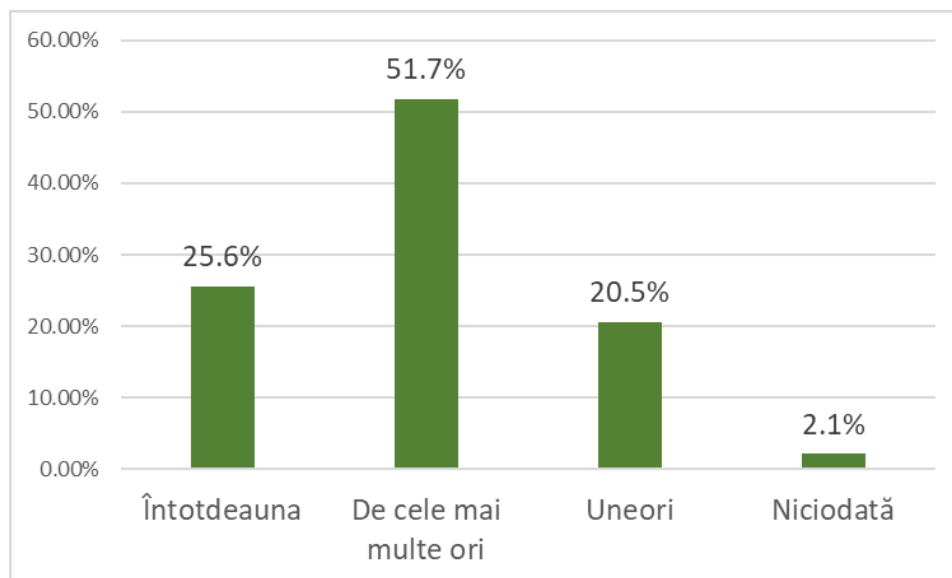


Fig. A2.1. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 1

2. Atunci când sunteți implicat într-un proiect care necesită o cercetare sunteți îndrumat și de un profesor?

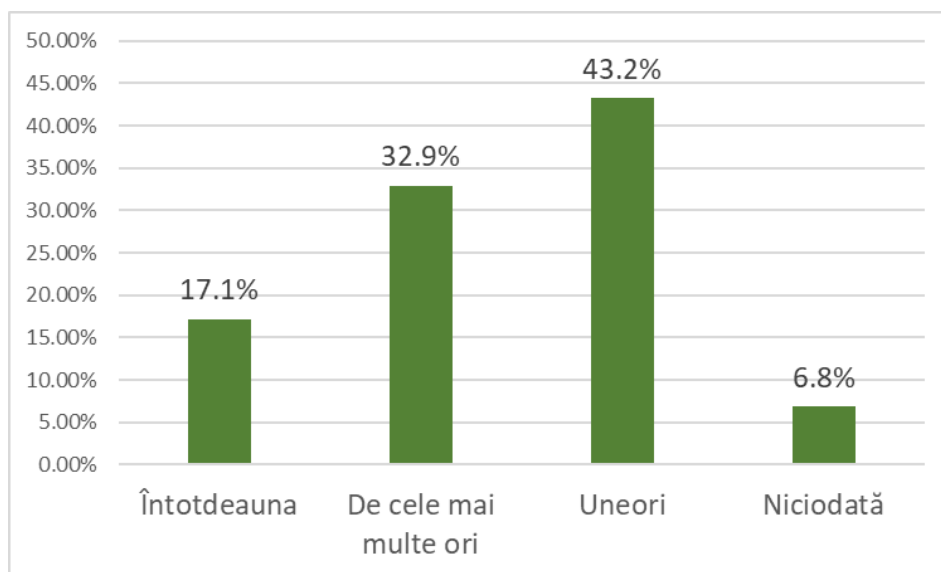


Fig. A2.2. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 2

3. Aveți capacitatea de a munci perseverent pentru atingerea unui obiectiv chiar dacă apar eșecuri?

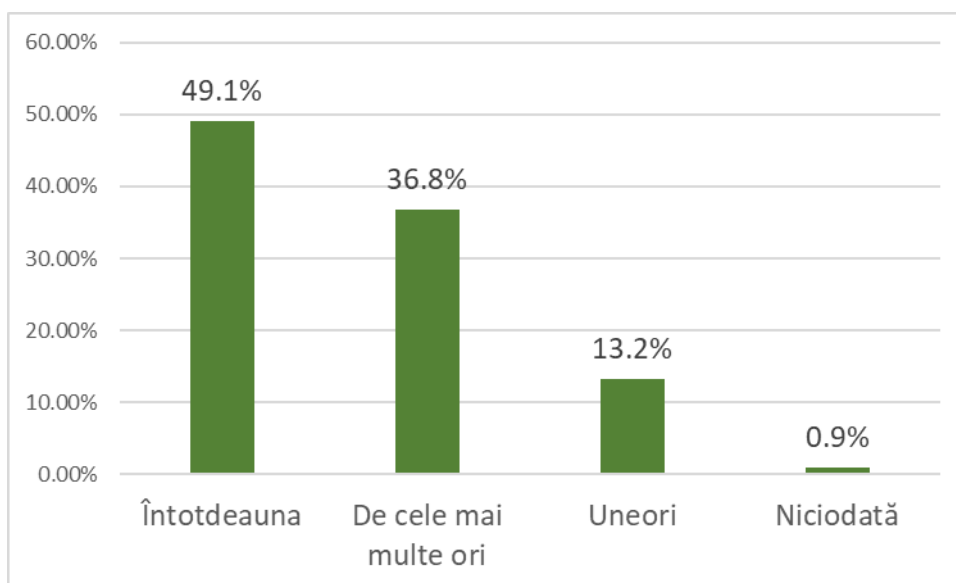


Fig. A2.3. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 3

4. Aveți capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații?

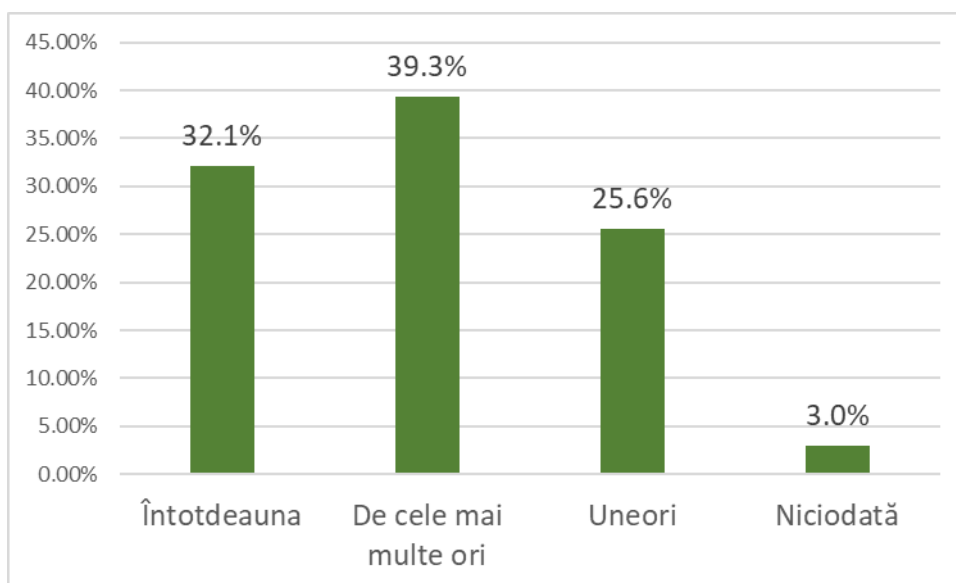


Fig. A2.4. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 4

5. Aveți spirit de observație?

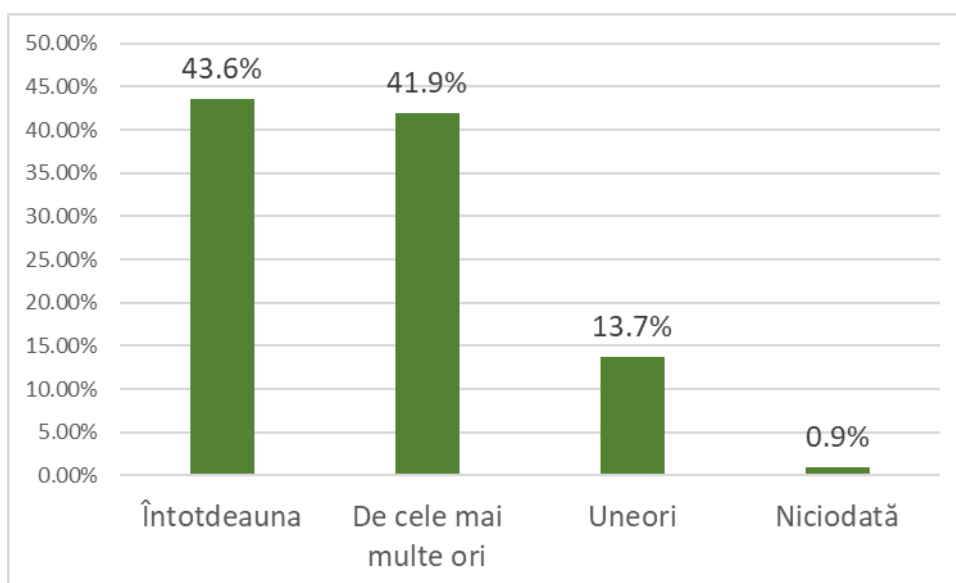


Fig. A2.5. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 5

6. Vă asumați responsabilitatea pentru rezolvarea unor sarcini într-un domeniu cunoscut?

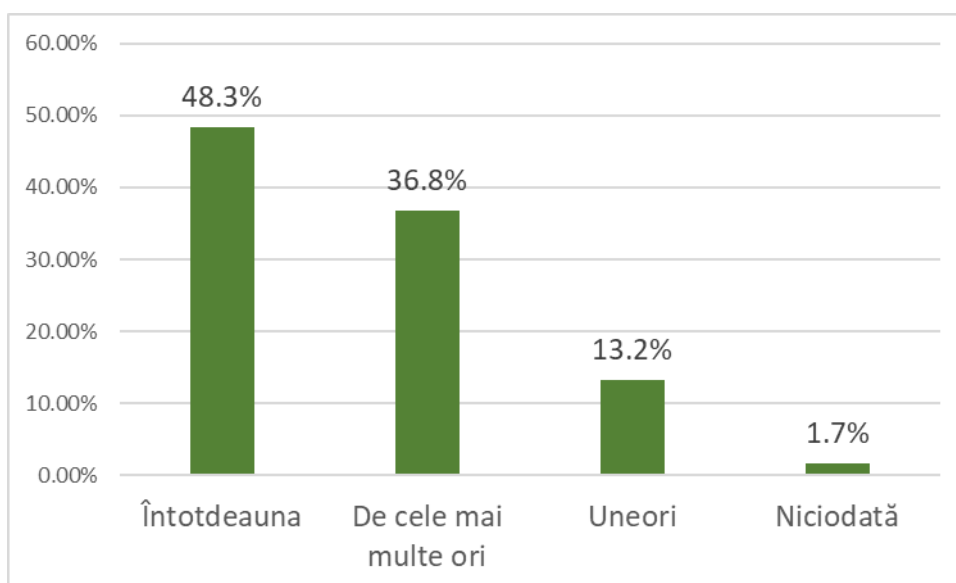


Fig. A2.6. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 6

7. Puteți învăța să utilizați un soft nou fără ajutorul unui profesor?

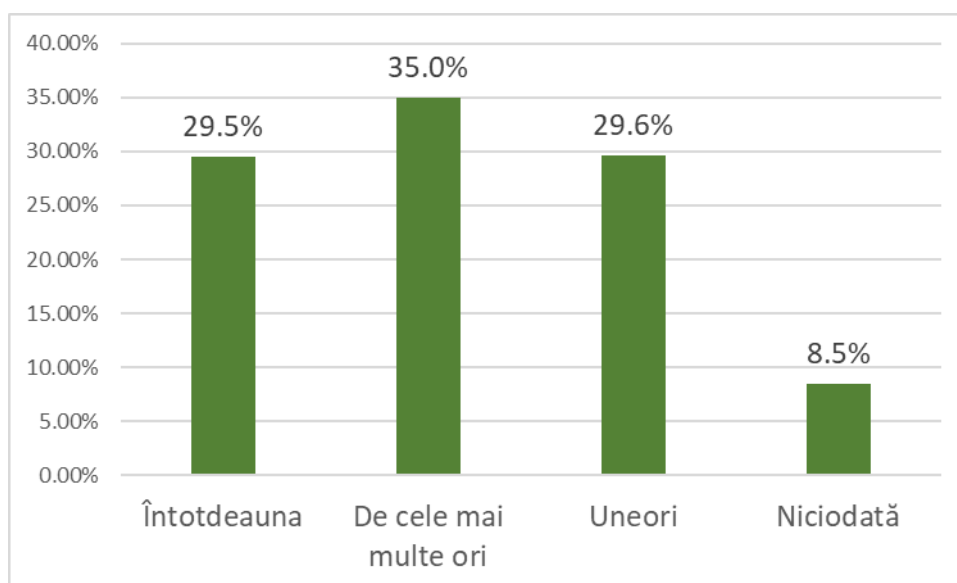


Fig. A2.7. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 7

8. Manifestați nerăbdare și interes pentru a vedea care sunt posibilitățile de a folosi un soft nou?

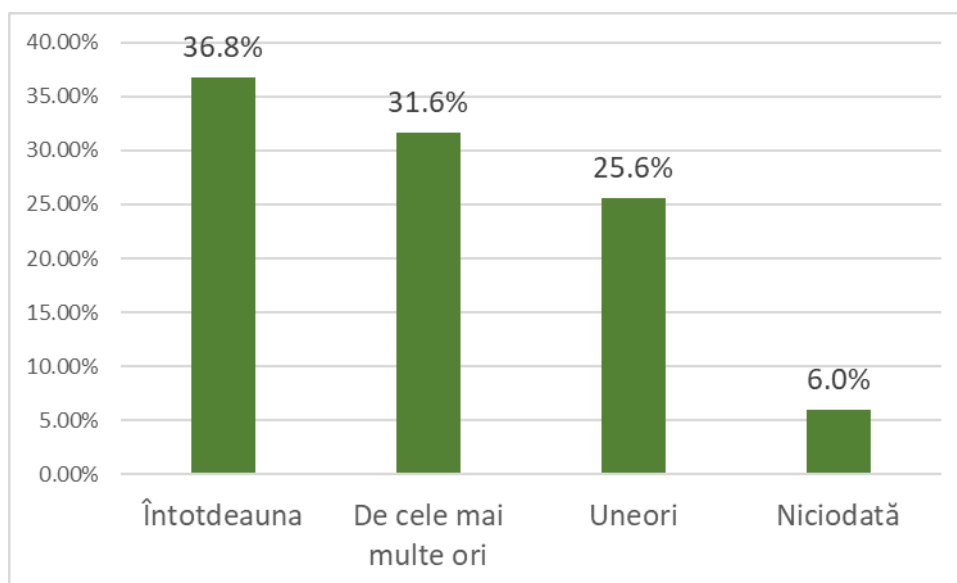


Fig. A2.8. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 8

9. Utilizați timpul liber pentru formarea și dezvoltarea deprinderilor necesare de a utiliza un soft nou?

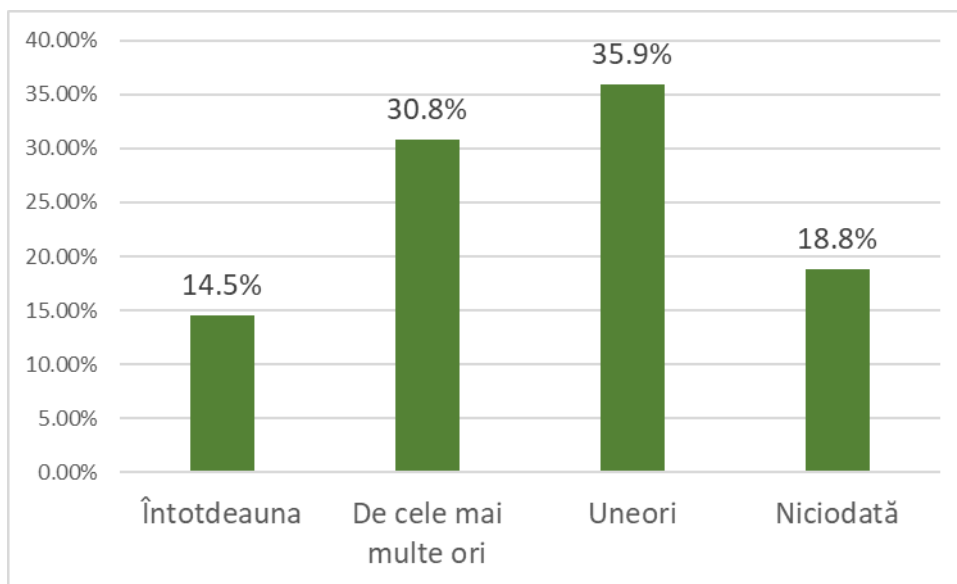


Fig. A2.9. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 9

10. Manifestați curiozitate față de metodele științifice?

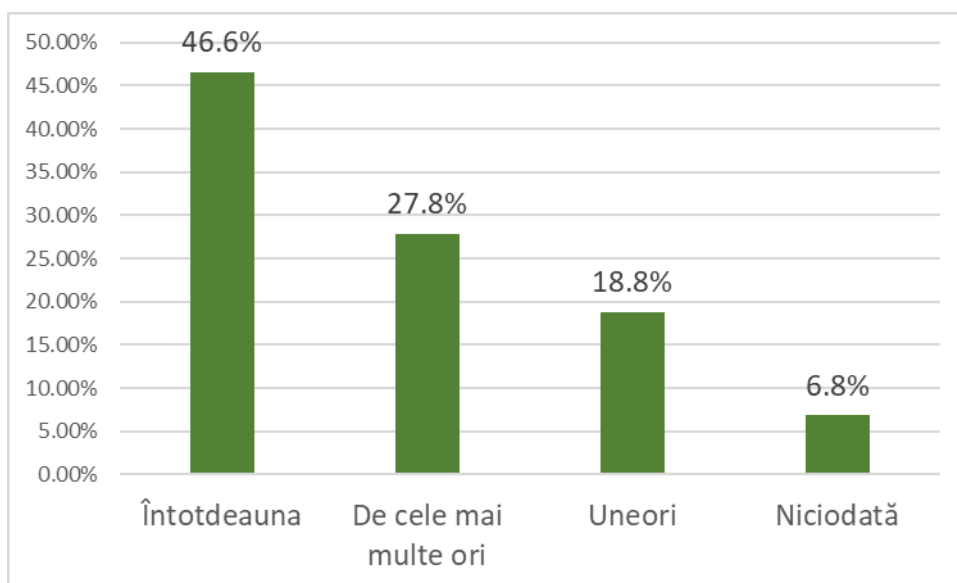


Fig. A2.10. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 10

11. Manifestați entuziasm atunci când au loc dezbateri pe diferite subiecte care vă interesează din domeniul științei?

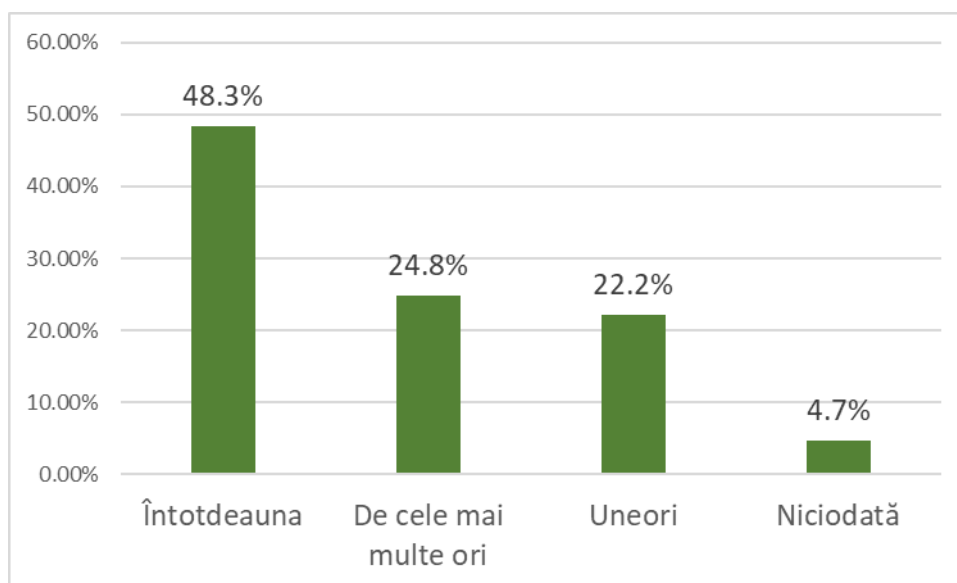


Fig. A2.11. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 11

12. Manifestați capacitatea de interpreta date științifice?

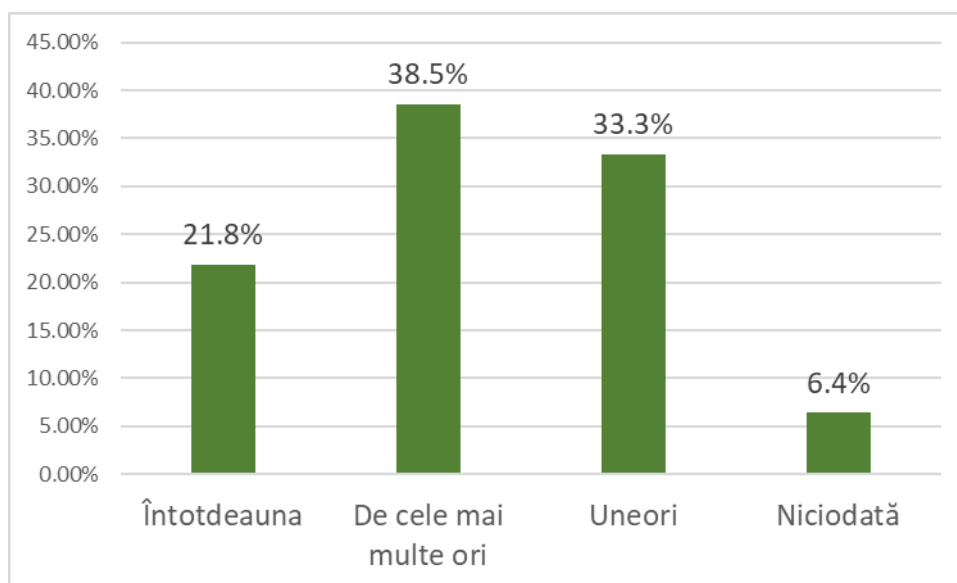


Fig. A2.12. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 12

13. Citiți informații din domeniul astronomiei?

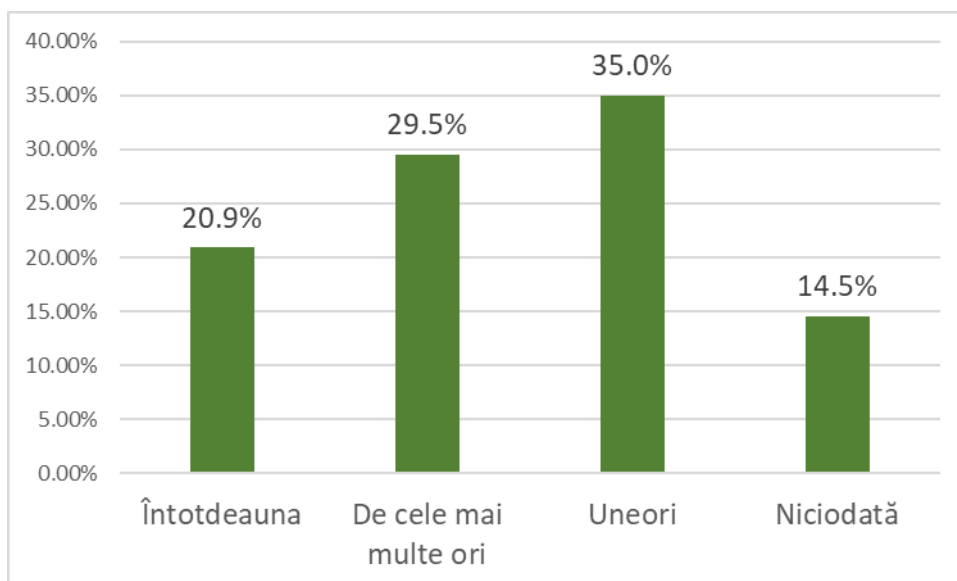


Fig. A2.13. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 13

14. Manifestați curiozitate despre subiecte din domeniul astronomiei?

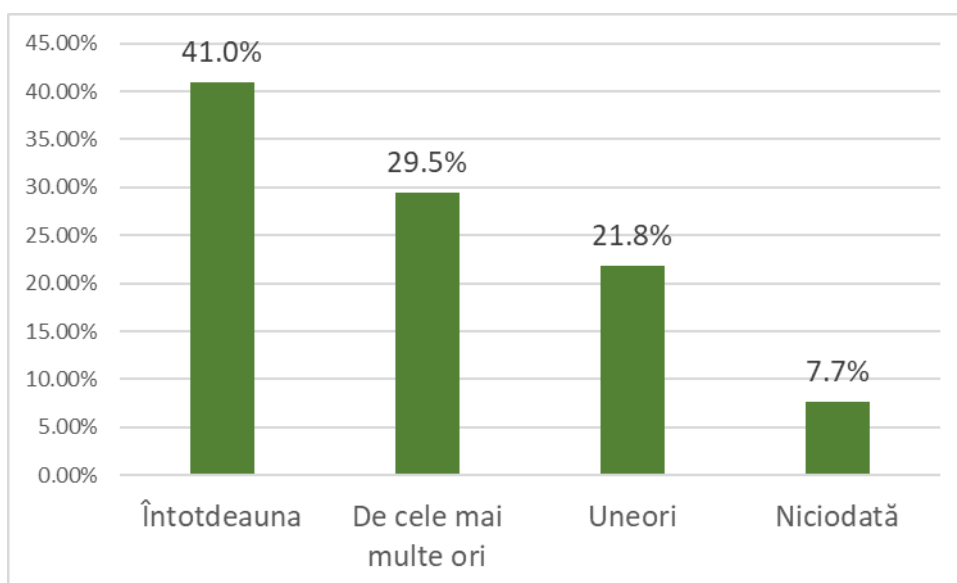


Fig. A2.14. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 14

15. Aveți tenacitatea de a afla informații care sunt dificil de înțeles din domeniul astronomiei?

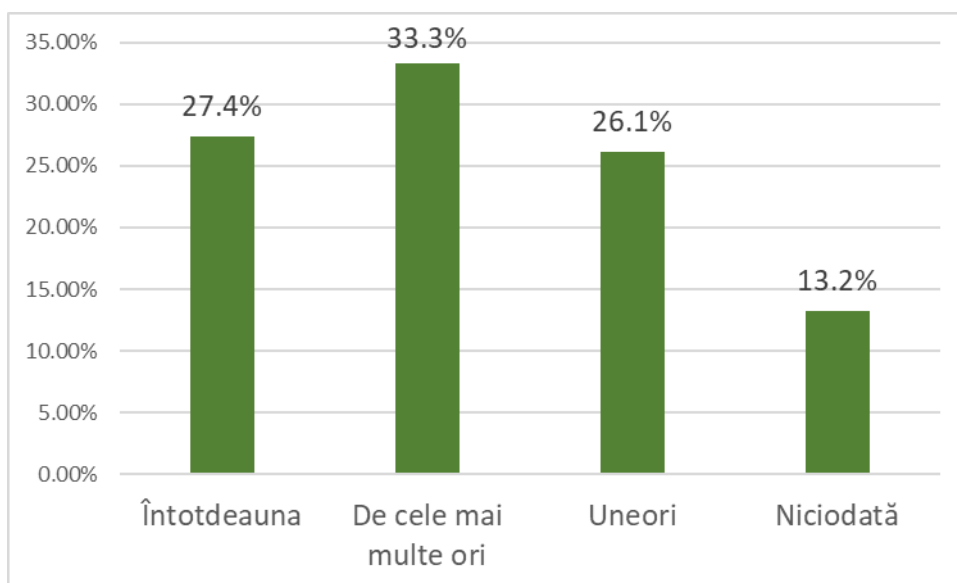


Fig. A2.15. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 15

Anexa 3. Statistica răspunsurilor la itemii testului pentru Republica Moldova

Statistica răspunsurilor la itemii testului de identificare a elevilor dotați pentru Republica Moldova

1. Aveți capacitatea de a vă concentra asupra unui subiect pe o perioadă lungă de timp?

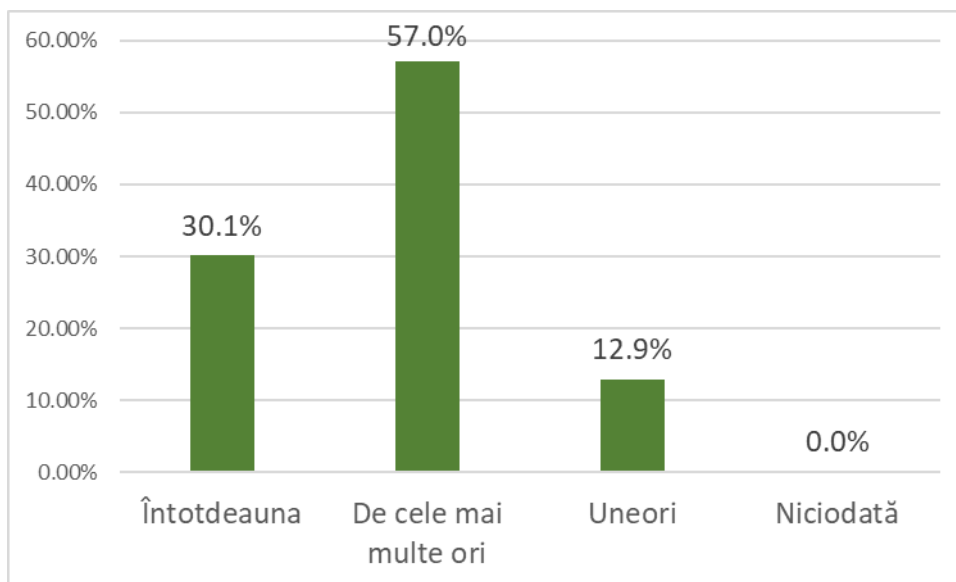


Fig. A3.1. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 1

2. Atunci când sunteți implicat într-un proiect care necesită o cercetare sunteți îndrumat și de un profesor?

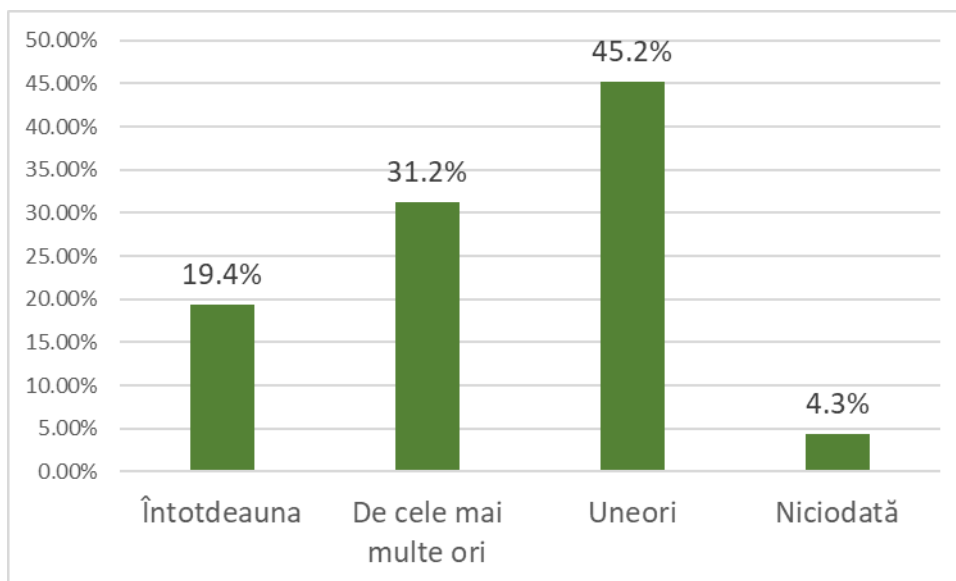


Fig. A3.2. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 2

3. Aveți capacitatea de a munci perseverent pentru atingerea unui obiectiv chiar dacă apar eșecuri?

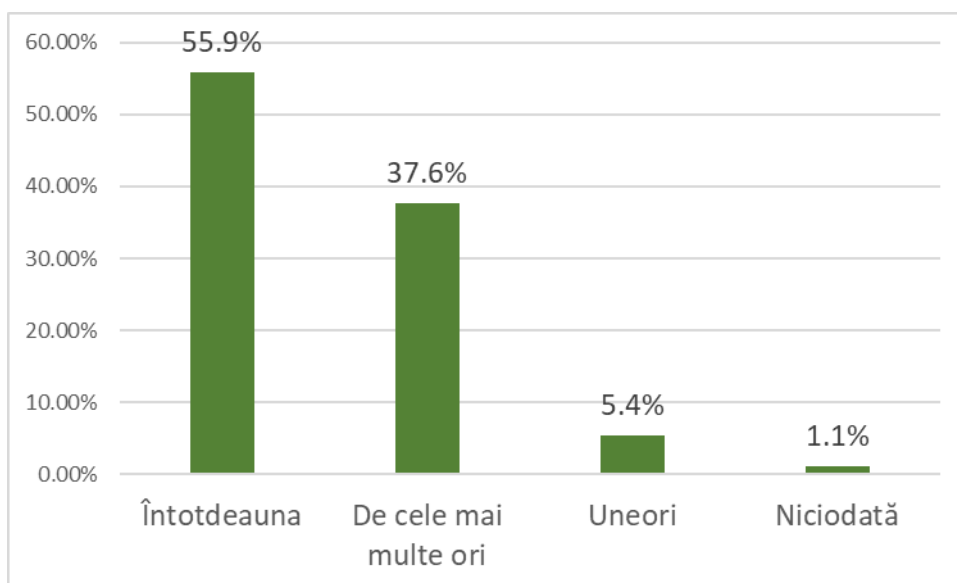


Fig. A3.3. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 3

4. Aveți capacitatea de a învăța într-un ritm rapid și de a reține cu ușurință informații?

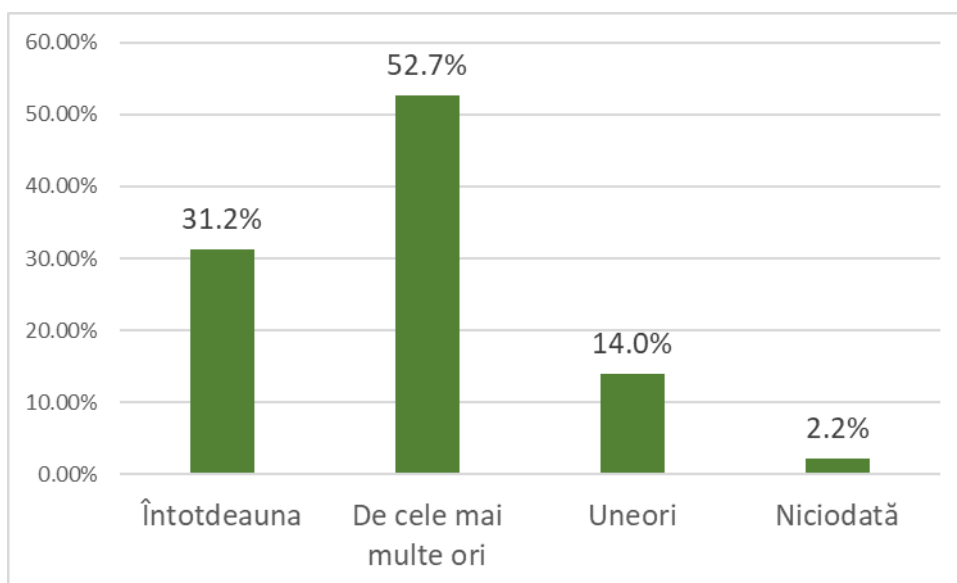


Fig. A3.4. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 4

5. Aveți spirit de observație?

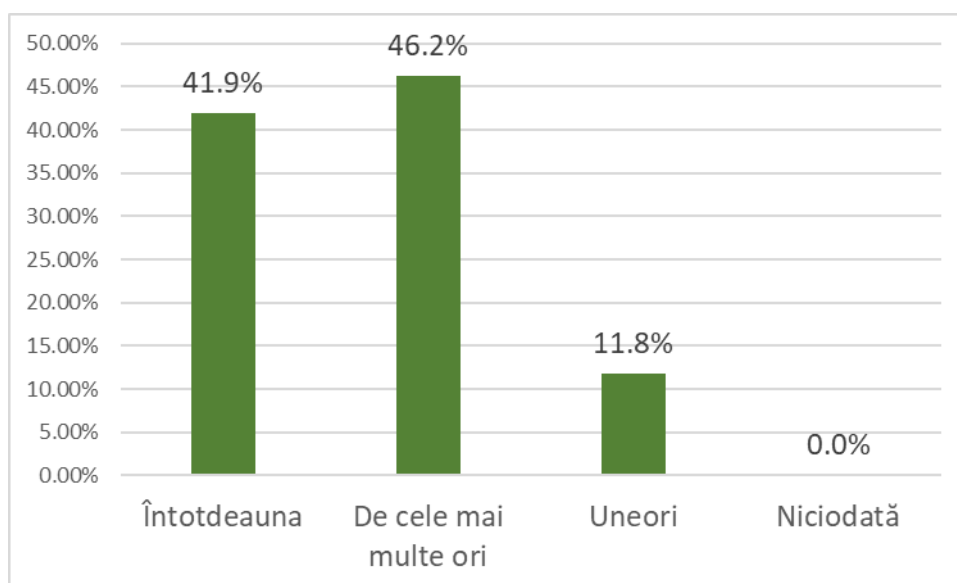


Fig. A3.5. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 5

6. Vă asumați responsabilitatea pentru rezolvarea unor sarcini într-un domeniu cunoscut?

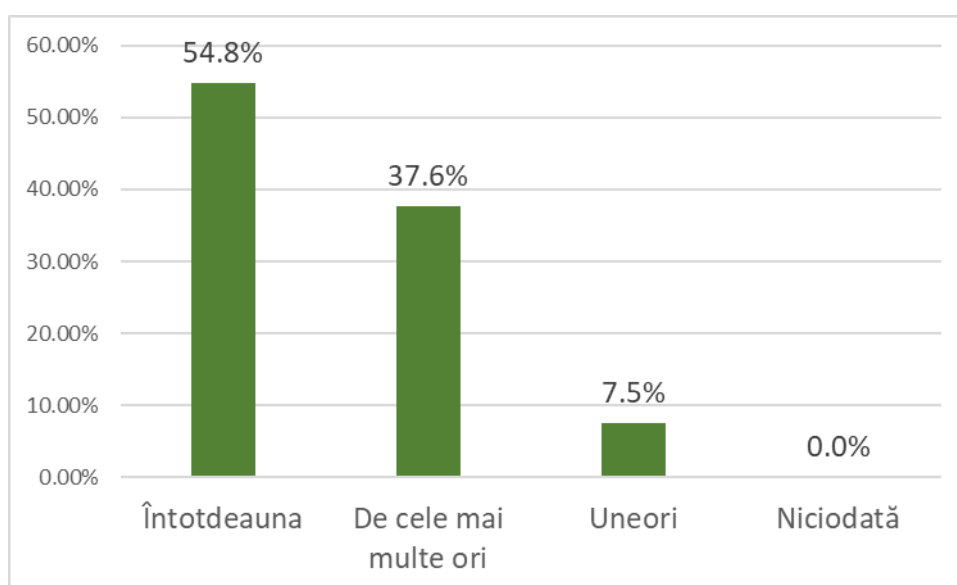


Fig. A3.6. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 6

7. Puteți învăța să utilizați un soft nou fără ajutorul unui profesor?

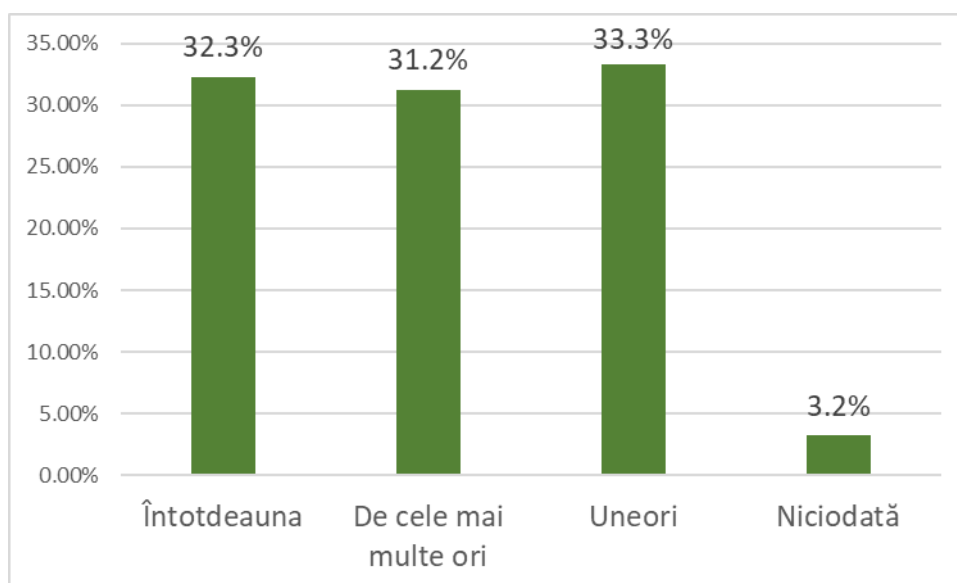


Fig. A3.7. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 7

8. Manifestați nerăbdare și interes pentru a vedea care sunt posibilitățile de a folosi un soft nou?

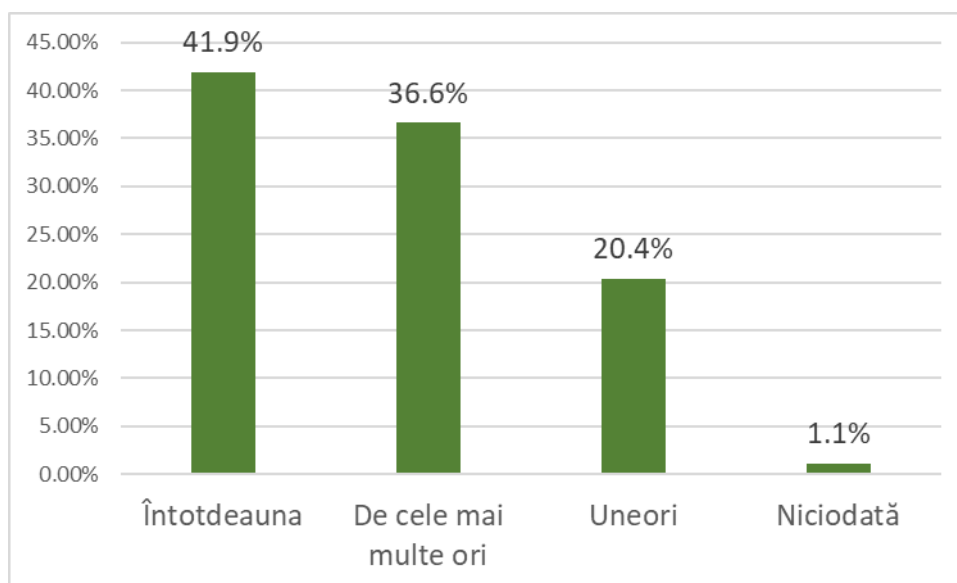


Fig. A3.8. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 8

9. Utilizați timpul liber pentru formarea și dezvoltarea deprinderilor necesare de a utiliza un soft nou?

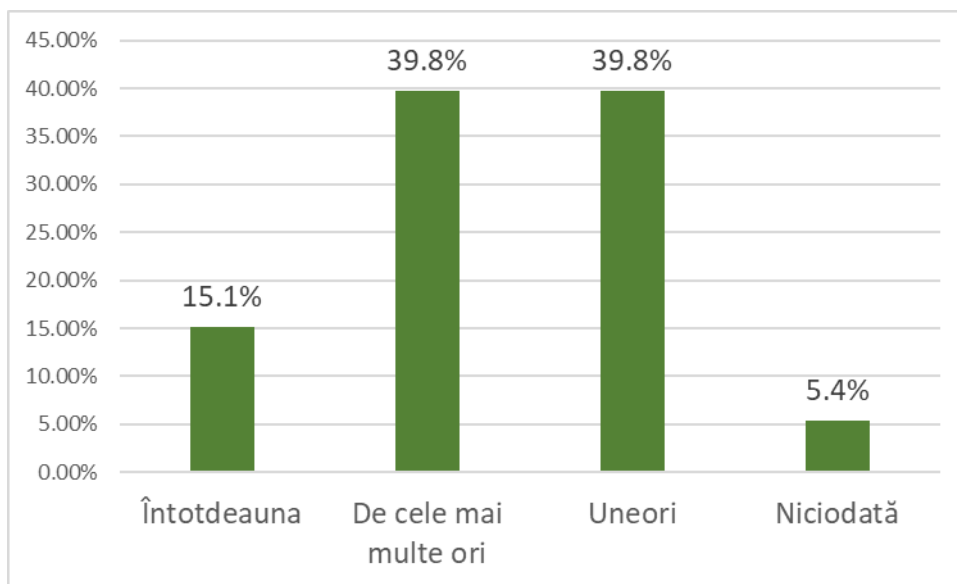


Fig. A3.9. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 9

10. Manifestați curiozitate față de metodele științifice?

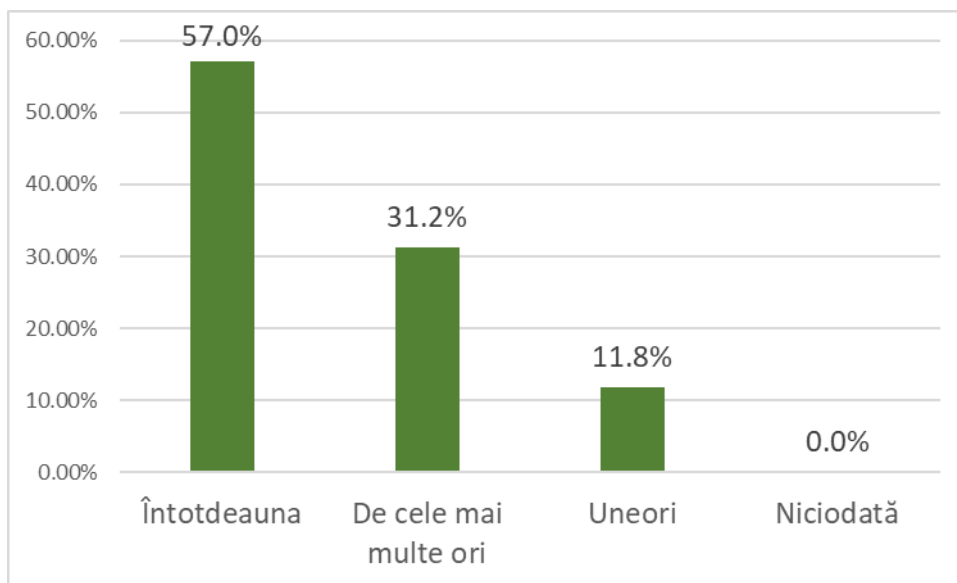


Fig. A3.10. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 10

11. Manifestați entuziasm atunci când au loc dezbateri pe diferite subiecte care vă interesează din domeniul științei?

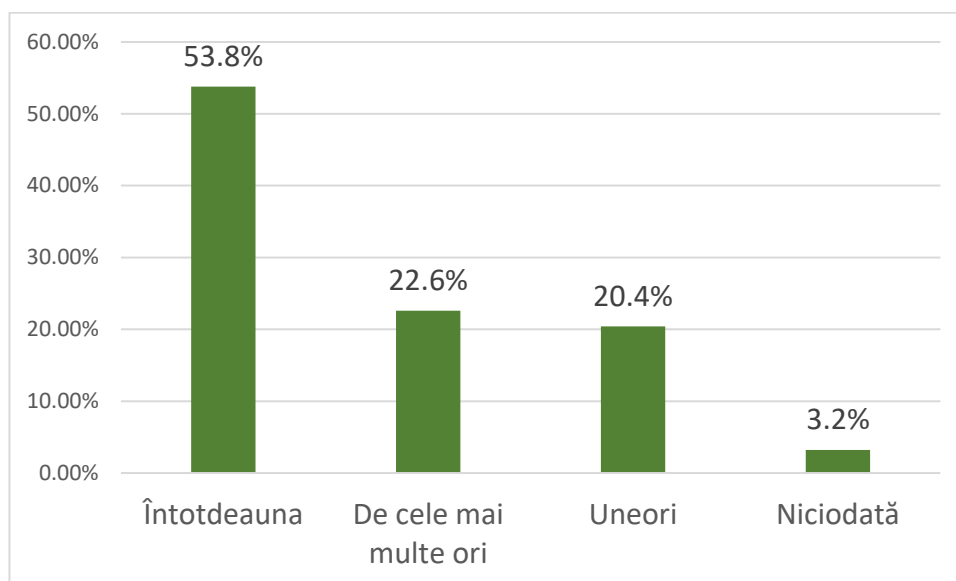


Fig. A3.11. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 11

12. Manifestați capacitatea de interpreta date științifice?

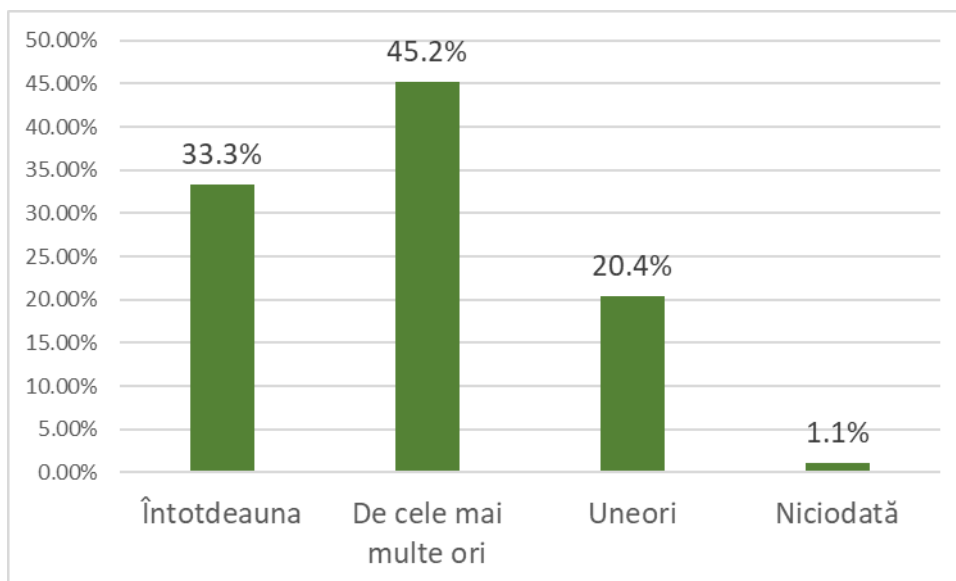


Fig. A3.12. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 12

13. Citiți informații din domeniul astronomiei?

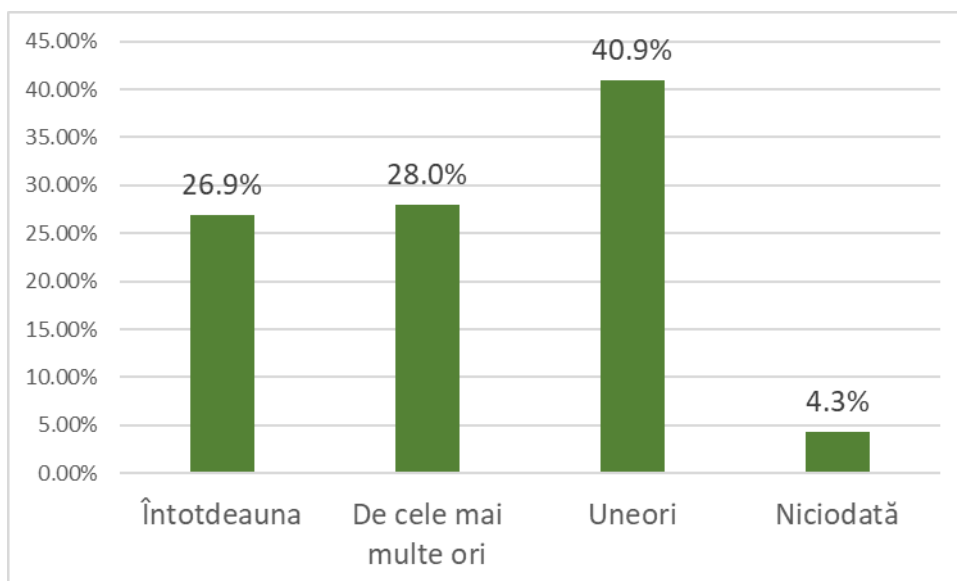


Fig. A3.13. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 13

14. Manifestați curiozitate despre subiecte din domeniul astronomiei?

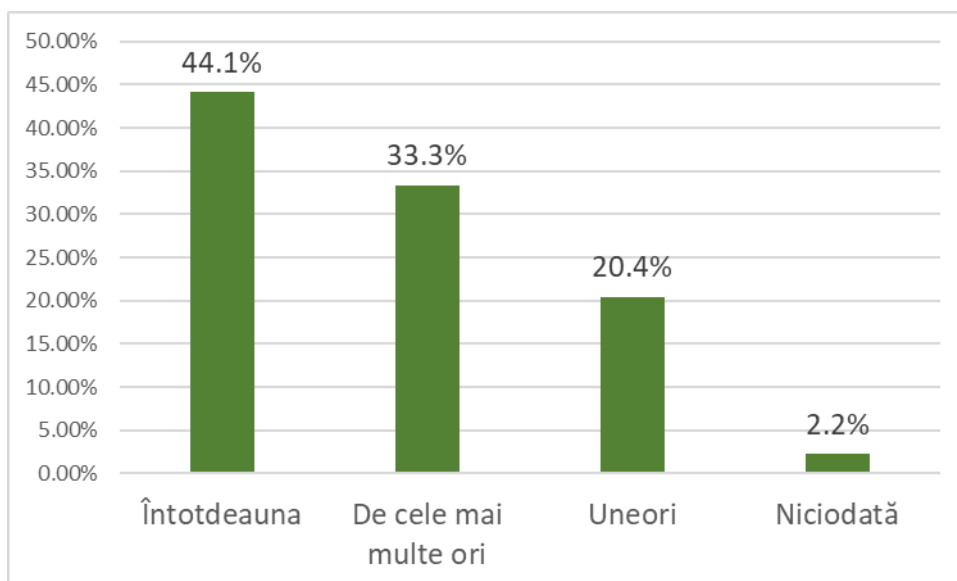


Fig. A3.14. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 14

15. Aveți tenacitatea de a afla informații care sunt dificil de înțeles din domeniul astronomiei?

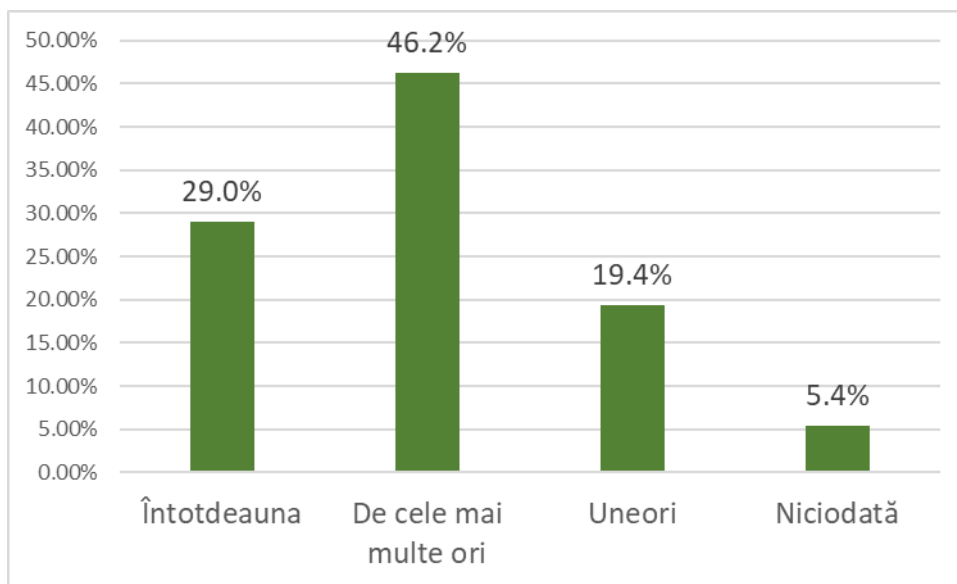


Fig. A3.15. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 15

Anexa 4. Chestionar pentru experimentul pedagogic de constatare

Chestionar pentru experimentul pedagogic de constatare

Dragă elev!

Vă rugăm să răspundeți sincer și corect la întrebările din acest chestionar. Răspunsurile dumneavoastră sunt confidențiale și vor fi prelucrate statistic într-o cercetare în domeniul științelor educației. Vă mulțumim anticipat pentru colaborare! Înainte de a completa chestionarul vă rugăm să citiți nota de informare pentru consimțământ care cuprinde informarea și acordul cu privire la prelucrarea datelor cu caracter personal:

https://bit.ly/Nota_De_Informare

1. În ce măsură dețineți cunoștințe despre instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

2. Cunoașteți modul în care pot fi utilizate softurile pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.

3. Cât de bine știți cum se realizează observațiile astrometrice și fotometrice?

a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.

4. Puteți realiza observații astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

5. Ați mai utilizat softuri pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

6. În ce măsură aveți deprinderi de a utiliza instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

7. În ce măsură manifestați interes și curiozitate pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

8. Cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice pentru învățarea astronomiei?

a) Foarte necesare; b) Necesare; c) Puțin necesare.

Anexa 5. Statistica răspunsurilor la itemii chestionarului de constatare

Statistica răspunsurilor la itemii chestionarului de constatare

1. În ce măsură dețineți cunoștințe despre instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

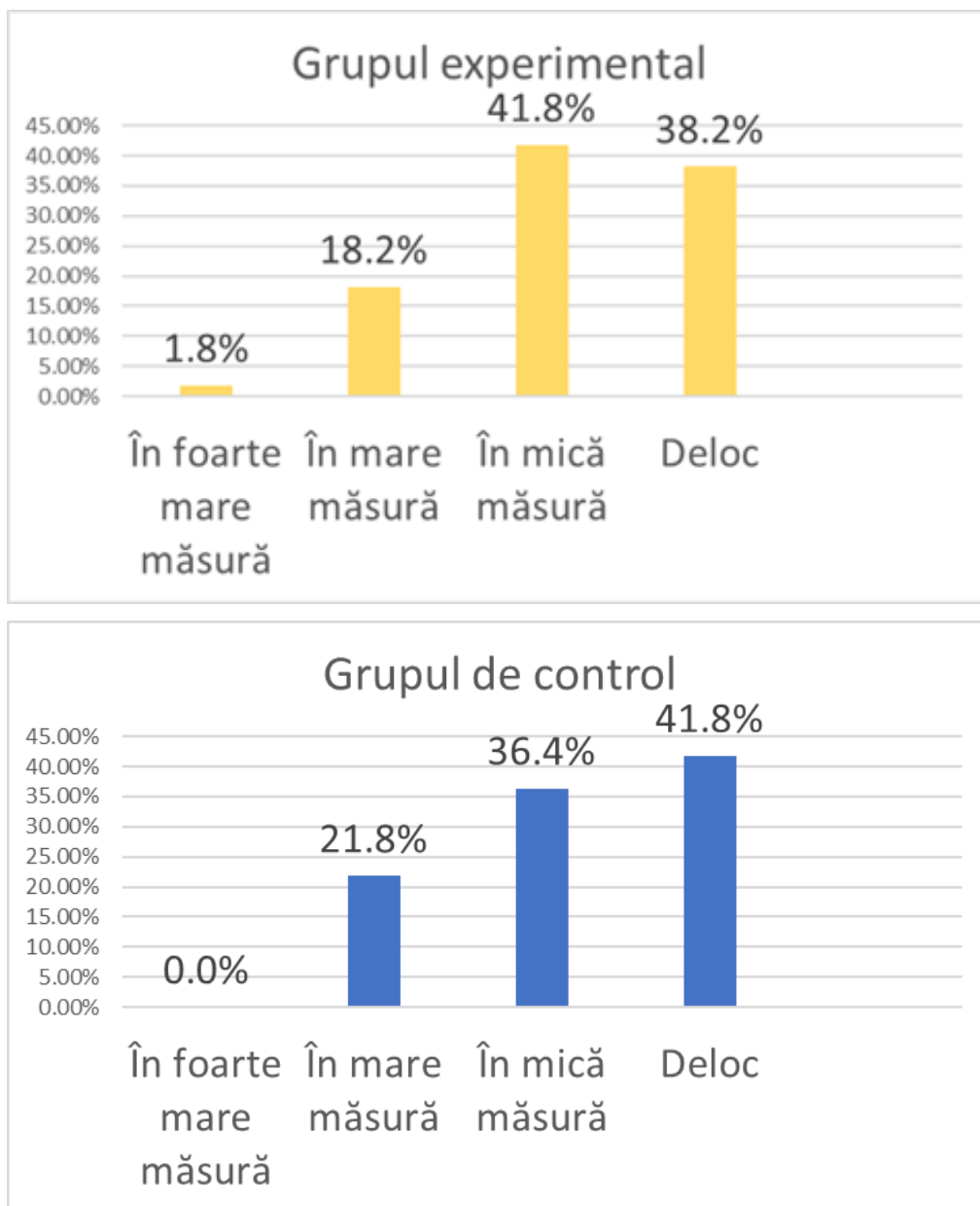


Fig. A5.1. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 1 pentru fiecare grup de cercetare

2. Cunoașteți modul în care pot fi utilizate softurile pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

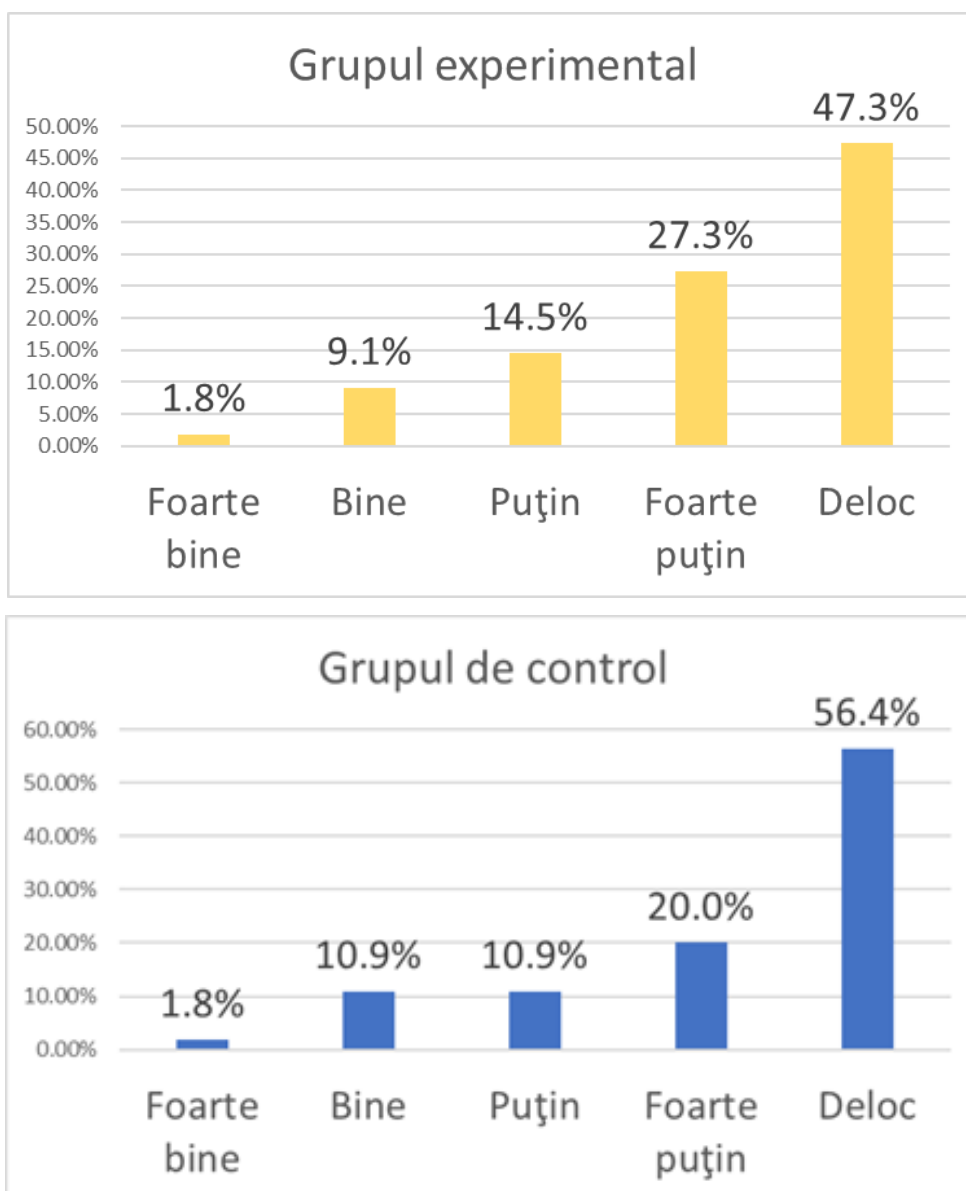


Fig. A5.2. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 2 pentru fiecare grup de cercetare

3. Cât de bine știți cum se realizează observațiile astrometrice și fotometrice?

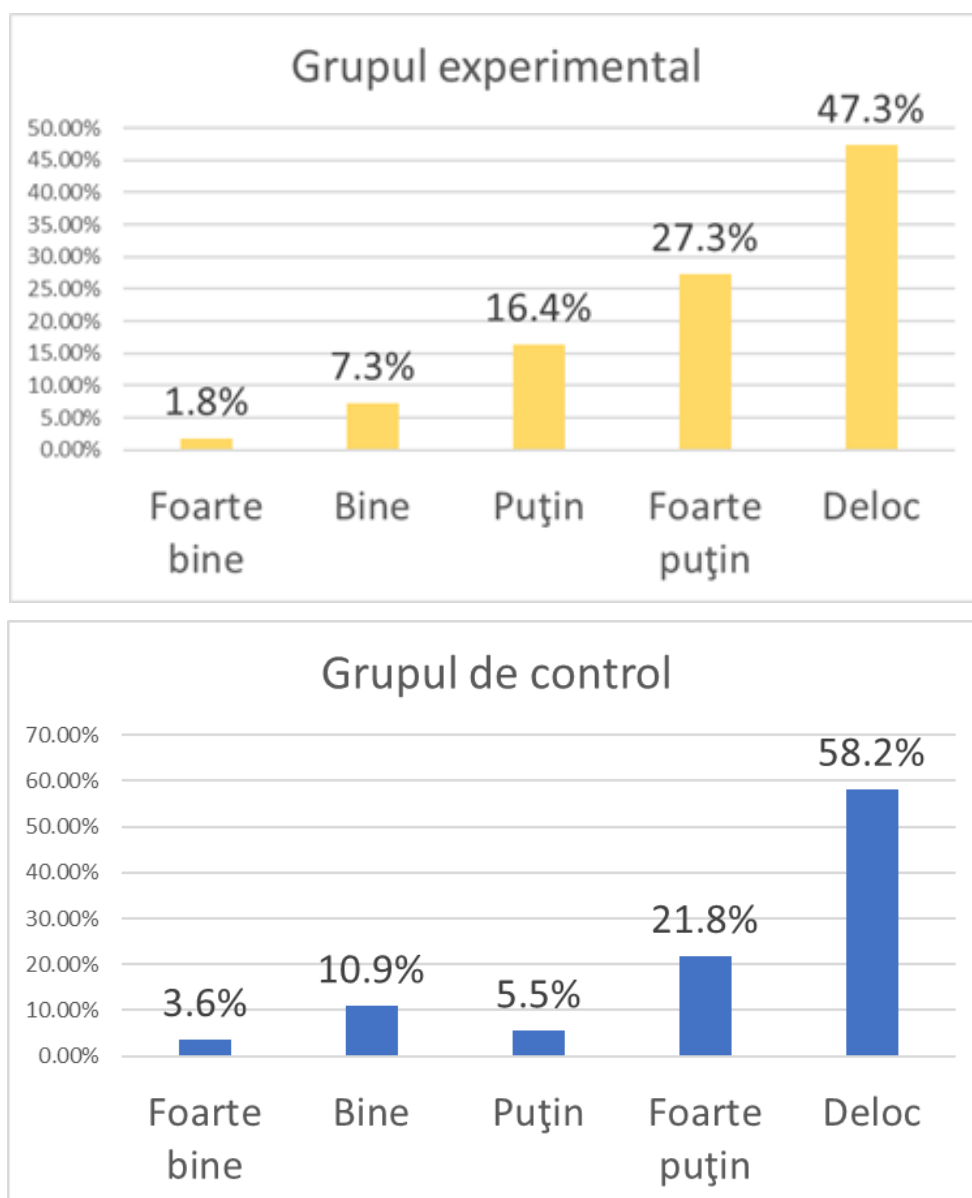


Fig. A5.3. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 3 pentru fiecare grup de cercetare

4. Puteți realiza observații astrometrice și fotometrice?

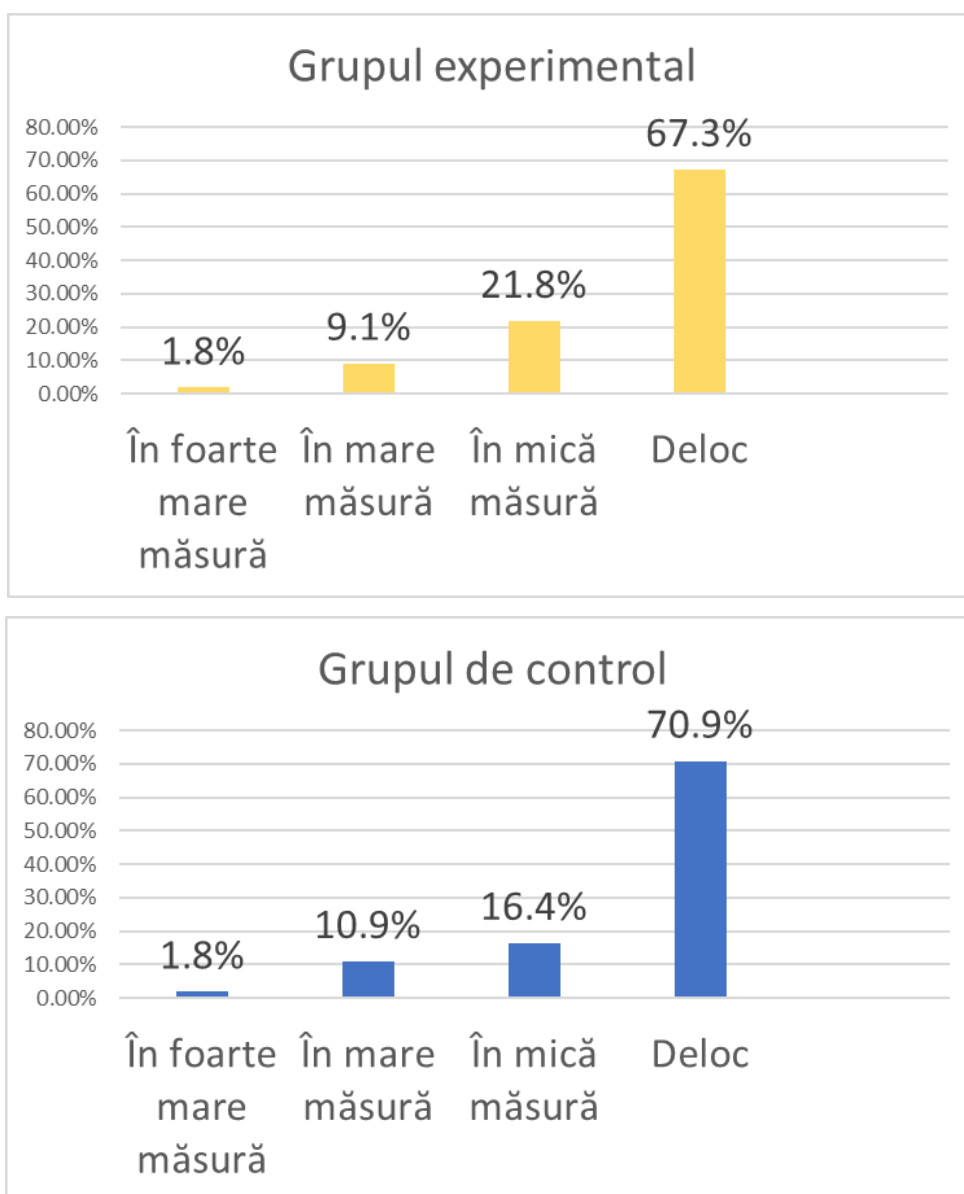


Fig. A5.4. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 4 pentru fiecare grup de cercetare

5. Ați mai utilizat softuri pentru obținerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

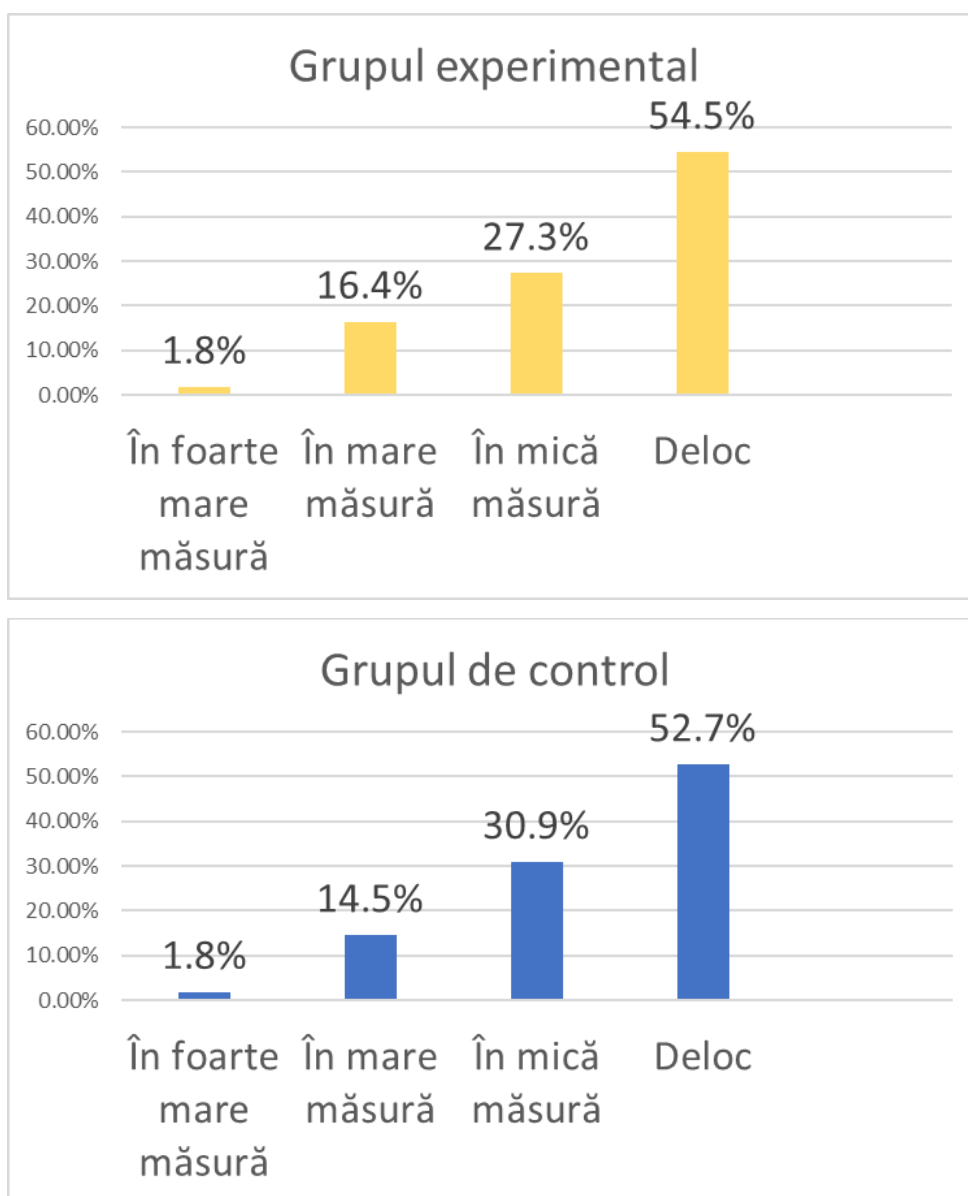


Fig. A5.5. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 5 pentru fiecare grup de cercetare

6. În ce măsură aveți deprinderi de a utiliza instrumentele necesare (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

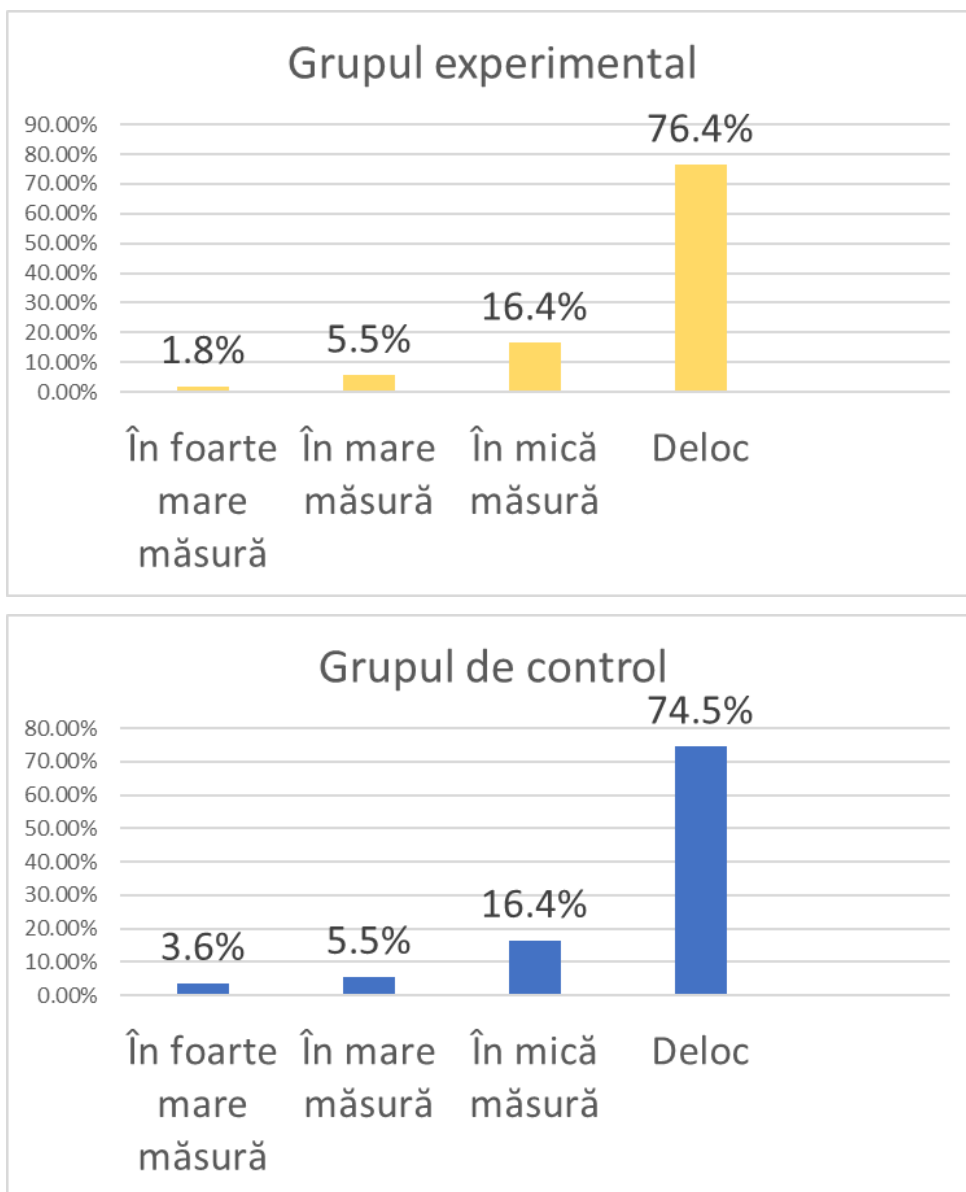


Fig. A5.6. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 6 pentru fiecare grup de cercetare

7. În ce măsură manifestați interes și curiozitate pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice?

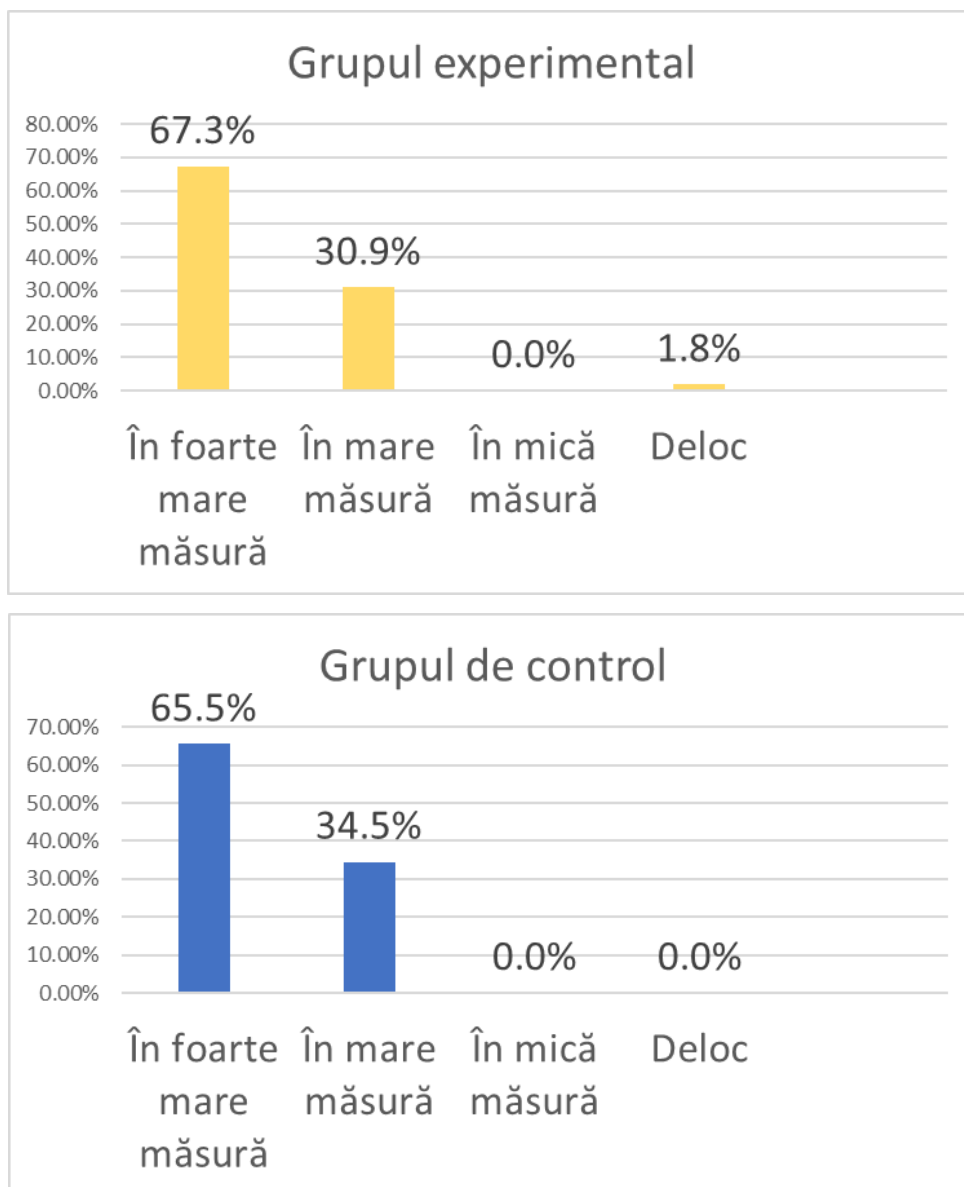


Fig. A5.7. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 7 pentru fiecare grup de cercetare

8. Cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice pentru învățarea astronomiei?

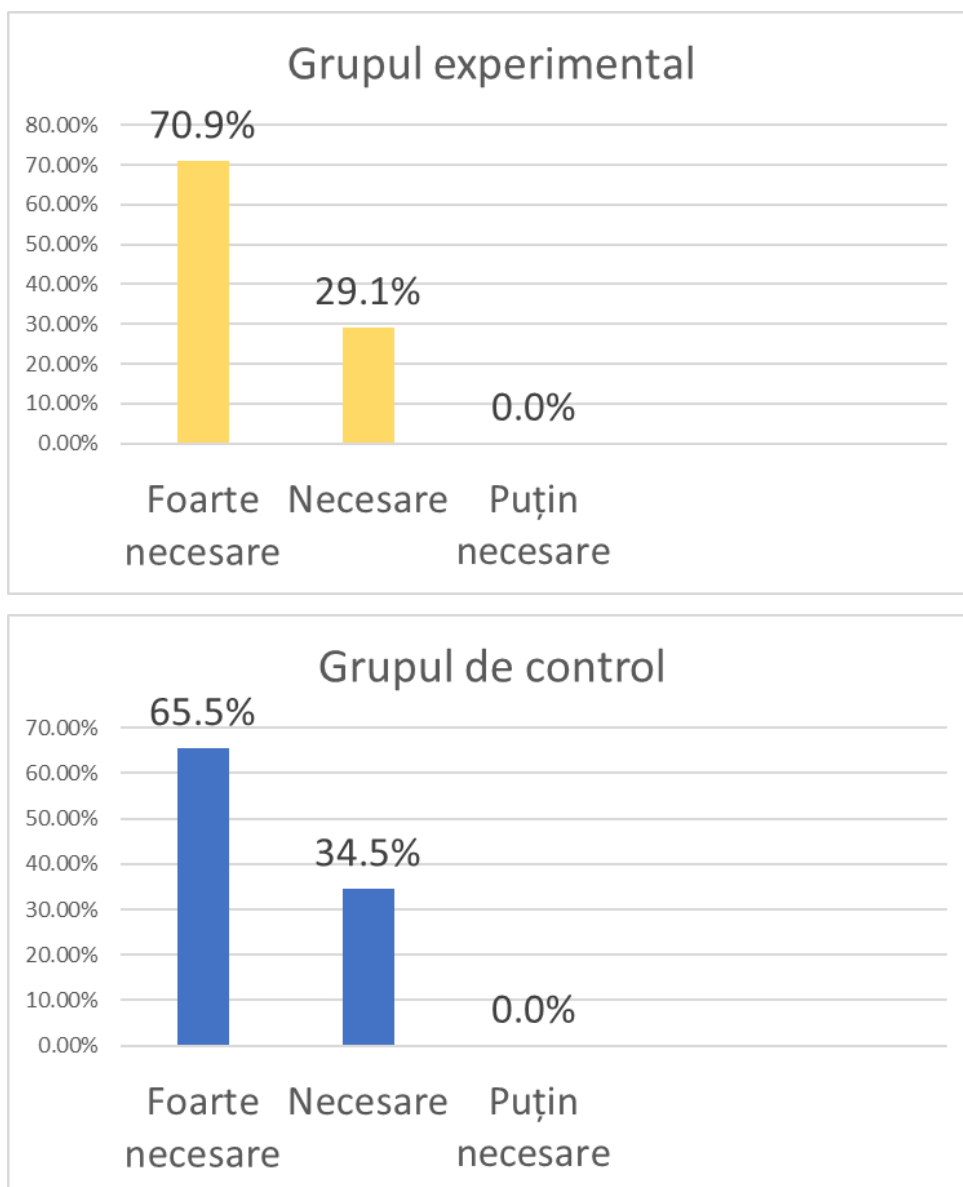


Fig. A5.8. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 8 pentru fiecare grup de cercetare

Anexa 6. Test de evaluare a cunoștințelor nr. 1

Test de evaluare a cunoștințelor nr. 1

Dragă elev!

Vă rugăm să răspundeți sincer și corect la întrebările din acest test. Răspunsurile dumneavoastră sunt confidențiale și vor fi prelucrate statistic într-o cercetare în domeniul științelor educației. Vă mulțumim anticipat pentru colaborare!

1. Care este principala diferență dintre comete și asteroizi?

- a) Cometele sunt mai mari decât asteroizii
- b) Cometele au o compoziție bogată în gheață și substanțe volatile, în timp ce asteroizii sunt compuși în principal din roci și metale
- c) Cometele se formează doar în apropierea Soarelui, în timp ce asteroizii se formează în afara Sistemului Solar

2. Care este scopul observațiilor astrometrice?

- a) Măsurarea poziției și mișcării corpurilor cerești
- b) Determinarea compoziției chimice a corpurilor cerești
- c) Studiarea structurii interne a corpurilor cerești

3. Ce este un sistem de coordonate ecuatoriale?

- a) Un sistem de coordonate care folosește latitudinea și longitudinea pentru a descrie poziția unui obiect pe cer
- b) Un sistem de coordonate care folosește ascensia dreaptă și declinația pentru a descrie poziția unui obiect pe cer
- c) Un sistem de coordonate care folosește altitudinea și azimutul pentru a descrie poziția unui obiect pe cer

4. Care este scopul observațiilor fotometrice?

- a) Studiarea atmosferei corpurilor cerești
- b) Măsurarea mișcării corpurilor cerești
- c) Măsurarea luminozității corpurilor cerești

5. Care dintre următoarele metode este utilizată pentru a descoperi asteroizi noi în cadrul observațiilor astrometrice?

- a) Compararea pozițiilor corpurilor cerești în imagini succesive realizate de-a lungul timpului
- b) Măsurarea magnitudinii aparente a corpurilor cerești
- c) Analizarea spectrelor corpurilor cerești

6. Cum se numește steaua dublă în care ambele componente sunt vizibile prin intermediul unui telescop, iar acestea orbitează în jurul centrului de masă comun?

- a) Stea dublă optică
- b) Stea dublă spectroscopică
- c) Stea dublă vizuală

7. În observațiile astrometrice, ce reprezintă unghiul de poziție în cazul unei stele duble?

- a) Unghiul dintre linia imaginară ce unește poziția celor două componente cu direcția nordului, măsurat de la nord către est
- b) Unghiul dintre direcția către componenta secundară și direcția către Soare, măsurat în sensul acelor de ceasornic
- c) Unghiul dintre direcția către componenta secundară și direcția către Polul Sud ceresc, măsurat în sensul acelor de ceasornic

8. Ce este un telescop Schmidt-Cassegrain?

- a) Un telescop reflector
- b) Un telescop refractor
- c) Un telescop catadioptric

9. Ce este modul binning în utilizarea camerei CCD?

- a) Combinarea mai multor imagini pentru a crea o imagine finală
- b) Divizarea unei imagini în mai multe cadre mici pentru a le fotografia separat
- c) Combinarea mai multor pixeli pentru a crește sensibilitatea camerei CCD

10. Ce este o stea de comparație în fotometria diferențială?

- a) O stea cu o magnitudine cunoscută și relativ constantă folosită pentru comparație
- b) O stea cu o luminozitate necunoscută folosită pentru comparație

c) O stea utilizată pentru a verifica funcționarea corectă a unui telescop, înainte de a începe observațiile științifice

11. Ce este magnitudinea limită?

- a) Magnitudinea absolută a unei stele detectate într-o imagine la un anumit timp de expunere
- b) O măsură a distanței maxime până la care se pot observa stelele cu o anumită magnitudine aparentă într-o anumită regiune a cerului
- c) Magnitudinea aparentă a celei mai slabe stele detectate într-o imagine la un anumit timp de expunere

12. Ce este rezoluția la o cameră CCD?

- a) Distanța minimă între două obiecte care pot fi separate vizual
- b) Numărul de pixeli care compun imaginea achiziționată de cameră
- c) Raportul dintre nivelul semnalului și nivelul zgomotului în imaginea achiziționată de cameră

Anexa 7. Test de evaluare a cunoștințelor nr. 2

Test de evaluare a cunoștințelor nr. 2

Dragă elev!

Vă rugăm să răspundeți sincer și corect la întrebările din acest test. Răspunsurile dumneavoastră sunt confidențiale și vor fi prelucrate statistic într-o cercetare în domeniul științelor educației. Vă mulțumim anticipat pentru colaborare!

1. Ce este o stea variabilă?

- a) O stea care își schimbă poziția pe cer
- b) O stea care își schimbă luminozitatea în timp
- c) O stea care orbitează în jurul unei alte stele

2. Ce ar trebui să facă un astronom atunci când observă o sursă de lumină nouă într-o imagine a unei galaxii?

- a) Ignore sursa de lumină, deoarece este probabil o eroare
- b) Continuă să observe galaxia pentru a verifica dacă luminozitatea sursei se modifică în timp
- c) Să creadă imediat că a descoperit o supernovă

3. Ce tip de supernovă are loc într-un sistem binar în care se desfășoară un transfer de masă de la o stea la o pitică albă?

- a) Supernovă de tip Ia
- b) Supernovă de tip Ib
- c) Supernovă de tip II

4. În cadrul observațiilor fotometrice, cum poate fi realizată clasificarea unei stele variabile?

- a) Analizând spectrul stelei
- b) Măsurând viteza radială a stelei
- c) Analizând variația luminozității și perioada

5. În contextul observațiilor fotometrice, care dintre următoarele metode este folosită pentru a determina perioada orbitală a unei exoplanete observată prin metoda tranzitului?

- a) Analiza variației luminozității stelei gazdă în timp

- b) Măsurarea separării unghiulare a componentelor
- c) Analiza spectrului stelei gazdă

6. Cum poate fi determinată diametrul unei exoplanete prin metoda tranzitului?

- a) Analizând spectrul stelei gazdă
- b) Măsurând viteza radială a stelei gazdă
- c) Măsurând adâncimea tranzitului

7. Care tip de stea variabilă prezintă variații de luminozitate datorate pulsațiilor radiale și non-radiale?

- a) Stelele de tip Delta Scuti
- b) Stelele de tip Beta Cephei
- c) Stelele de tip RR Lyrae

8. Care este principalul avantaj al observațiilor fotometrice pentru detectarea exoplanetelor?

- a) Permit identificarea planetelor direct prin lumina pe care o reflectă
- b) Permit măsurarea masei exacte a unei exoplanete
- c) Permit detectarea exoplanetelor prin analiza scăderilor periodice ale luminozității stelelor

9. Care dintre următoarele tipuri de stele variabile prezintă variații periodice ale luminozității, determinate prin observații fotometrice?

- a) Stele variabile pulsante
- b) Stele variabile eruptive
- c) Stele variabile cataclismice

10. Ce înseamnă amplitudinea variației luminozității în cadrul observațiilor fotometrice ale stelelor variabile?

- a) Diferența dintre luminozitatea maximă și minimă a unei stele variabile într-un ciclu complet de variație
- b) Diferența dintre temperatura maximă și minimă a unei stele variabile într-un ciclu complet de variație
- c) Diferența dintre masa maximă și minimă a unei stele variabile într-un ciclu complet de variație

11. În cazul stelelor variabile de tip Mira, ce caracteristică a curbei de lumină este tipică pentru aceste stele?

- a) Variații periodice ale luminozității cu o amplitudine mare
- b) Variații periodice ale luminozității cu o amplitudine mică
- c) Variații neregulate ale luminozității

12. Care dintre următoarele este un exemplu de stea variabilă eruptivă?

- a) Betelgeuse
- b) Polaris
- c) UV Ceti

Anexa 8. Rezultatele la testul de evaluare a cunoștințelor nr. 1

Rezultatele la testul de evaluare a cunoștințelor nr. 1

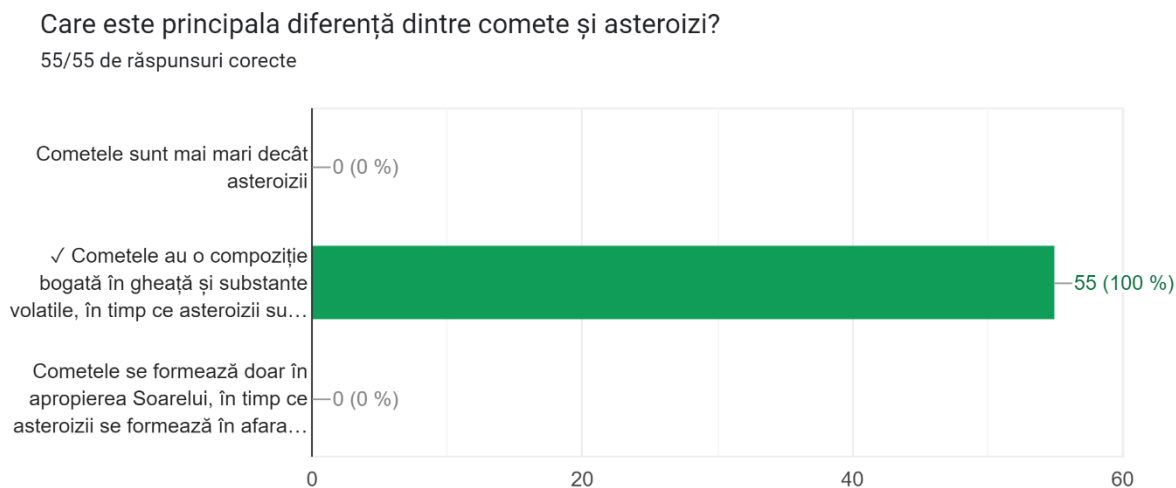


Fig. A8.1. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 1

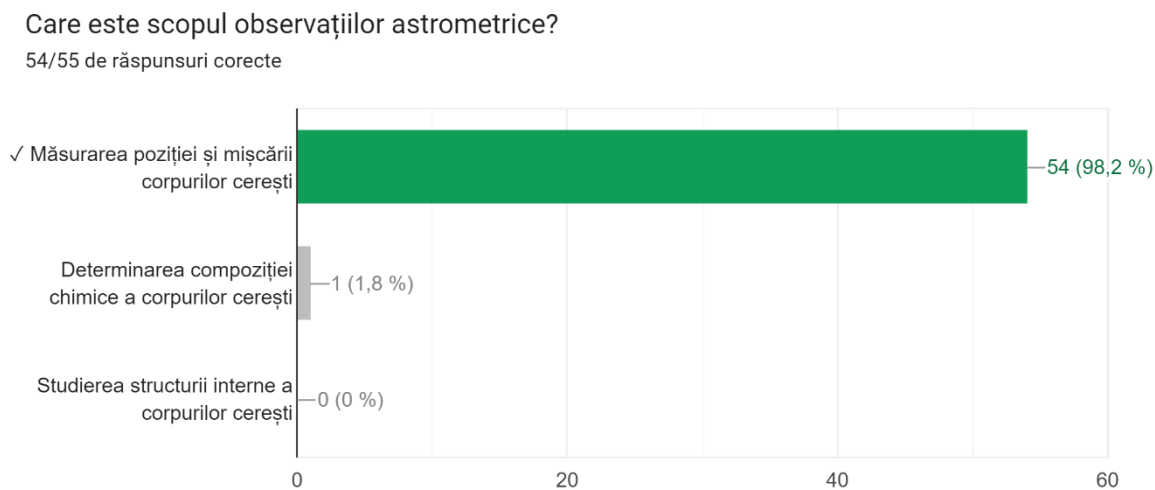


Fig. A8.2. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 2

Ce este un sistem de coordonate ecuatoriale?

50/55 de răspunsuri corecte

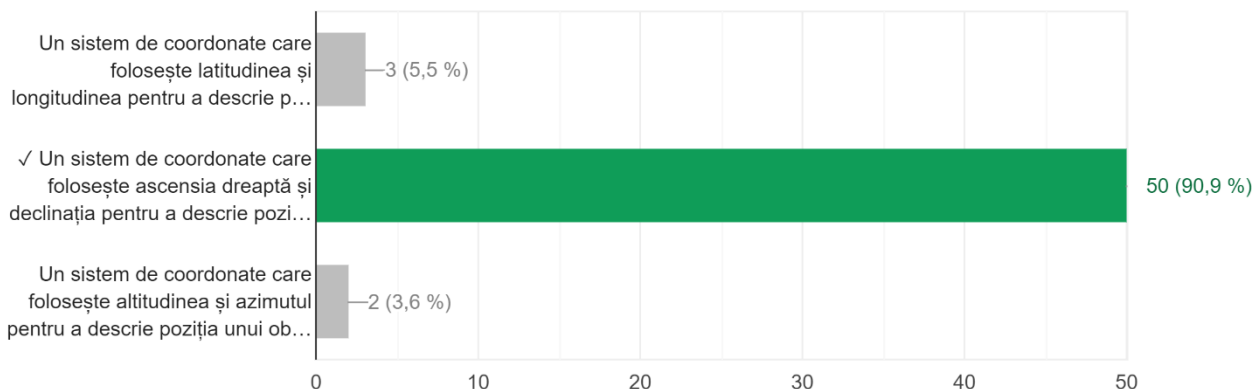


Fig. A8.3. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 3

Care este scopul observațiilor fotometrice?

52/55 de răspunsuri corecte

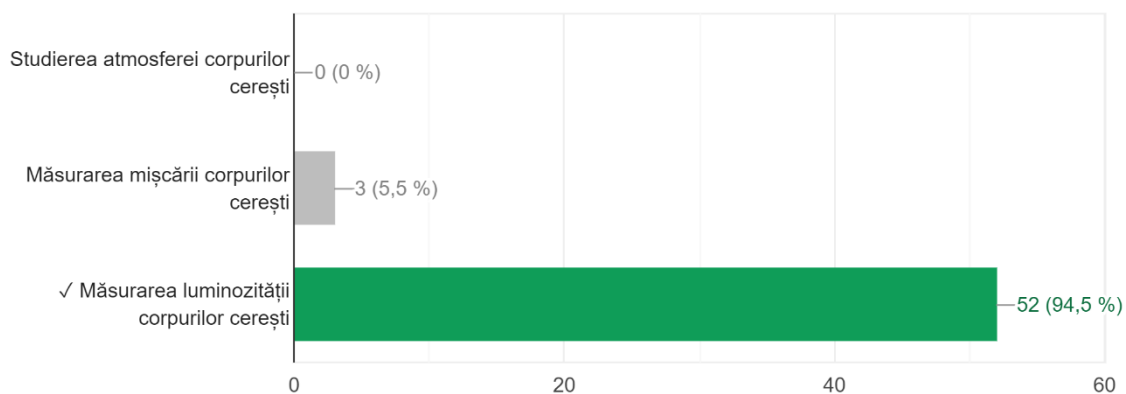


Fig. A8.4. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 4

Care dintre următoarele metode este utilizată pentru a descoperi asteroizi noi în cadrul observațiilor astrometrice?

54/55 de răspunsuri corecte

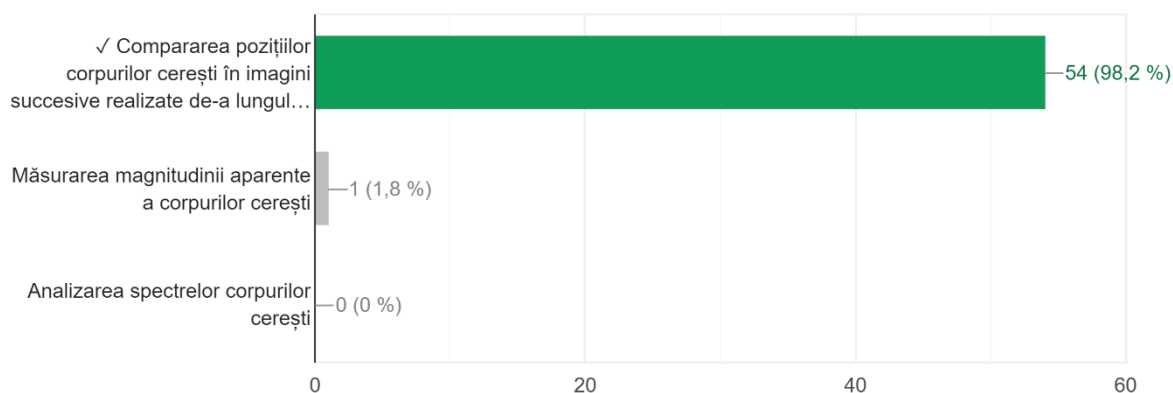


Fig. A8.5. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 5

Cum se numește steaua dublă în care ambele componente sunt vizibile prin intermediul unui telescop, iar acestea orbitează în jurul centrului de masă comun?

51/55 de răspunsuri corecte

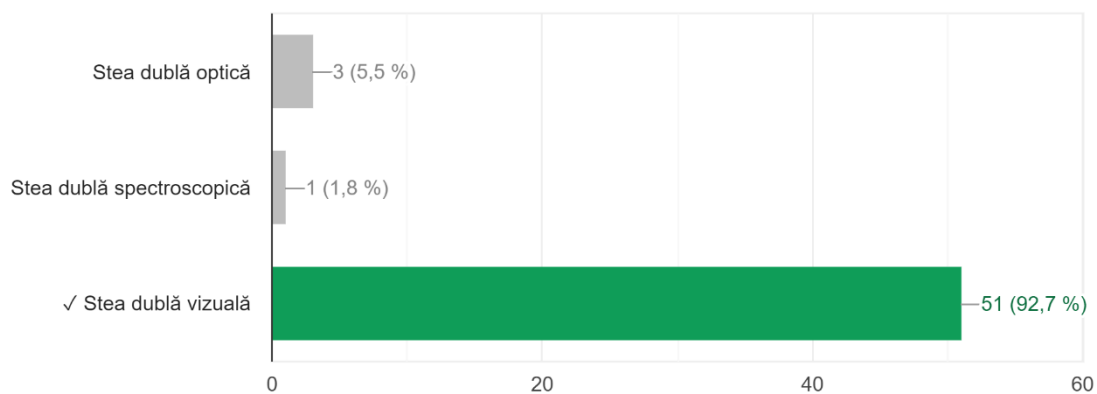


Fig. A8.6. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 6

În observațiile astrometrice, ce reprezintă unghiul de poziție în cazul unei stele duble?
51/55 de răspunsuri corecte

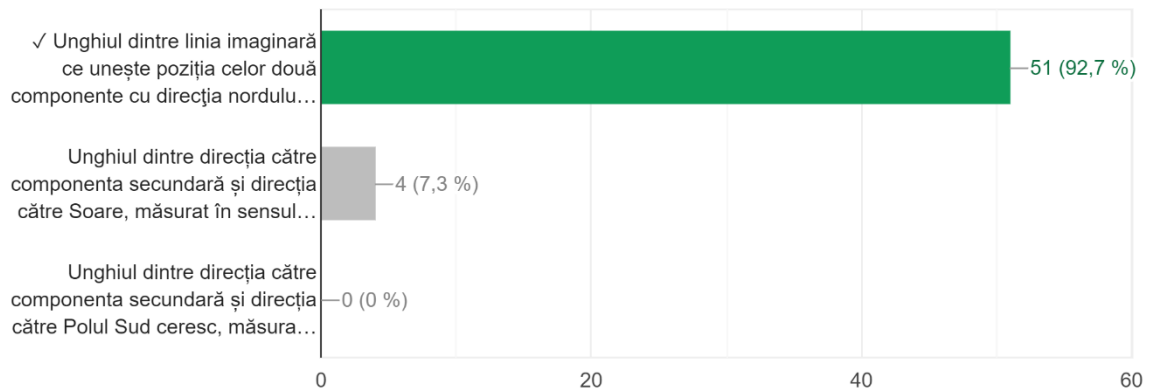


Fig. A8.7. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 7

Ce este un telescop Schmidt-Cassegrain?
50/55 de răspunsuri corecte

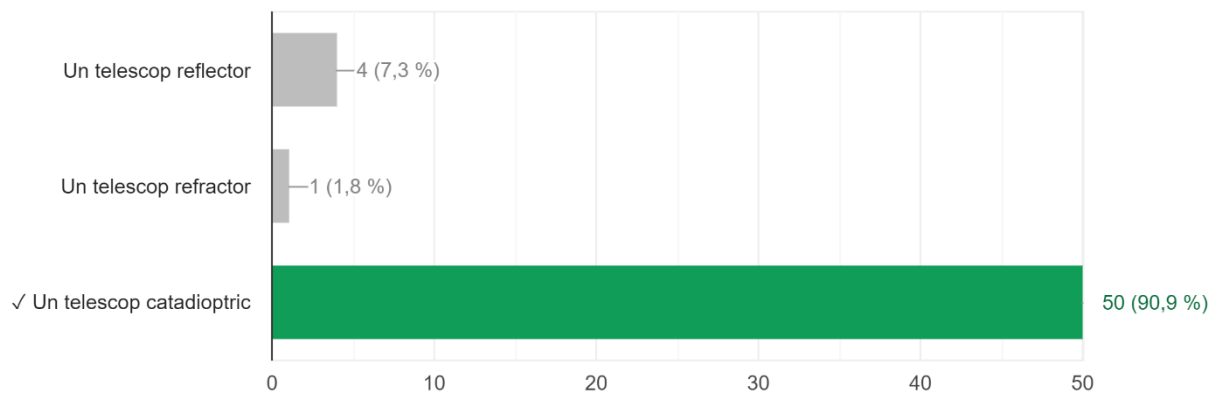


Fig. A8.8. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 8

Ce este modul binning în utilizarea camerei CCD?

51/55 de răspunsuri corecte

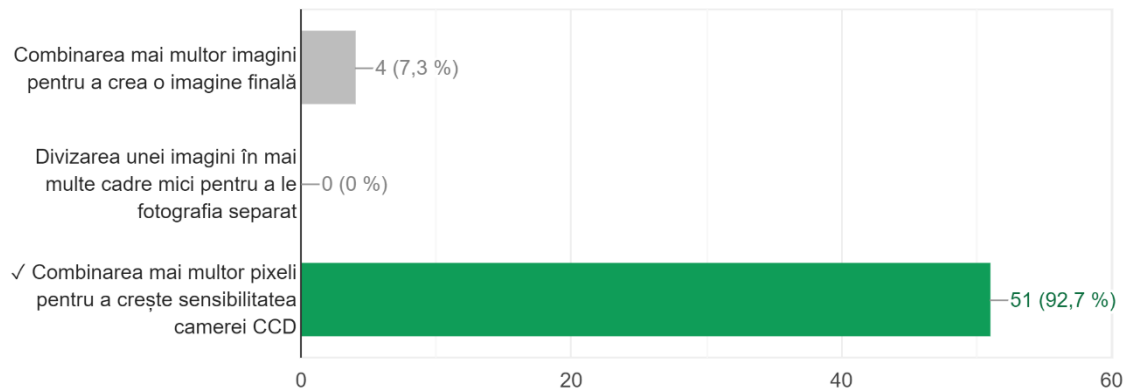


Fig. A8.9. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 9

Ce este o stea de comparație în fotometria diferențială?

54/55 de răspunsuri corecte

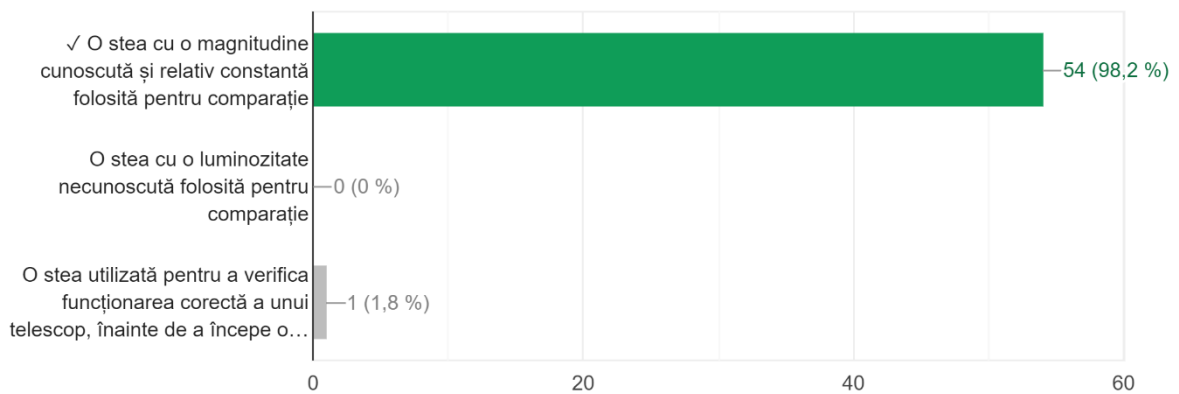


Fig. A8.10. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 10

Ce este magnitudinea limită?

53/55 de răspunsuri corecte

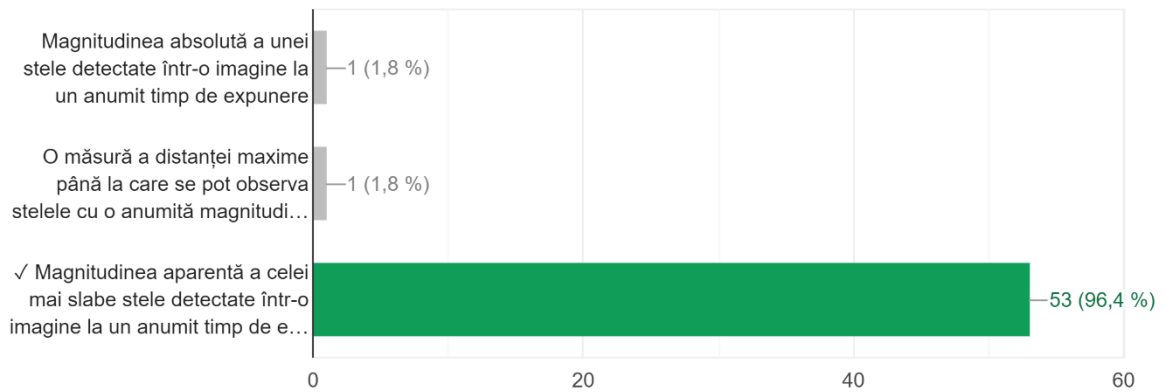


Fig. A8.11. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 11

Ce este rezoluția la o cameră CCD?

55/55 de răspunsuri corecte

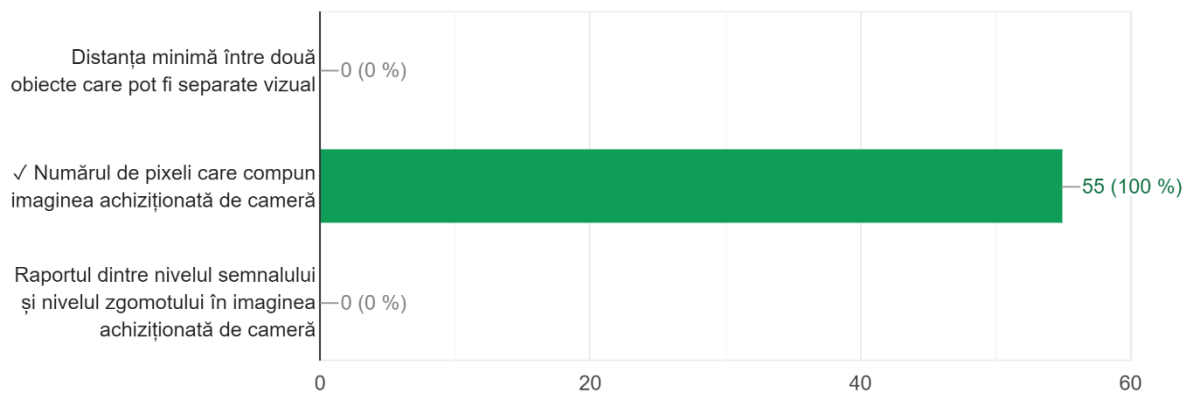


Fig. A8.12. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 12

Anexa 9. Rezultatele la testul de evaluare a cunoștințelor nr. 2

Rezultatele la testul de evaluare a cunoștințelor nr. 2

Ce este o stea variabilă?

52/55 de răspunsuri corecte

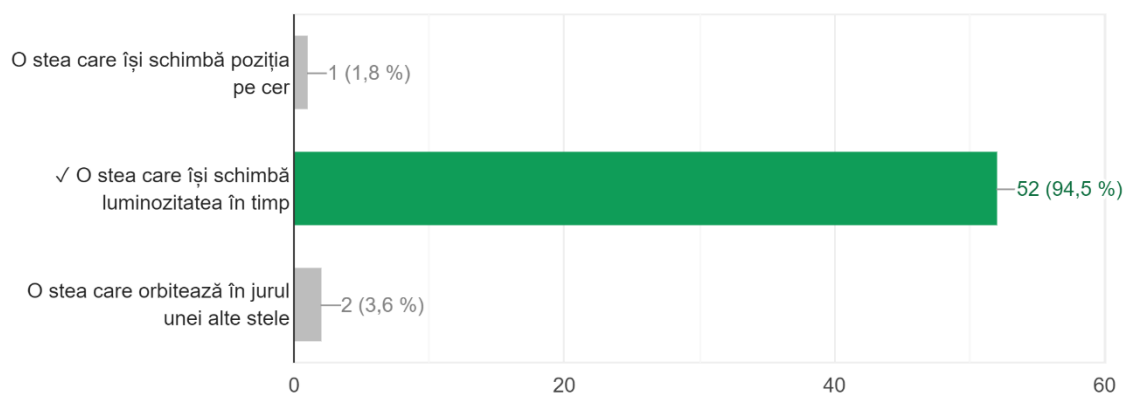


Fig. A9.1. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 1

Ce ar trebui să facă un astronom atunci când observă o sursă de lumină nouă într-o imagine a unei galaxii?

48/55 de răspunsuri corecte

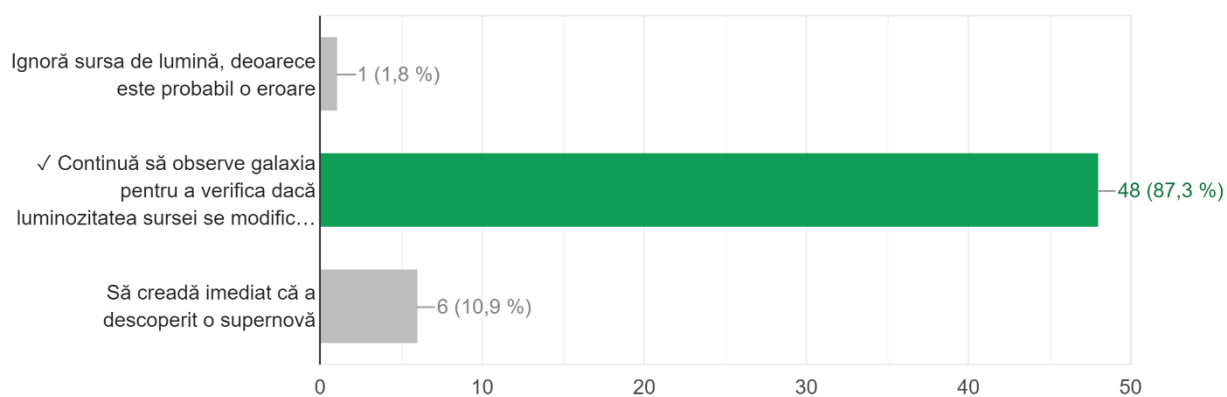


Fig. A9.2. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 2

Ce tip de supernovă are loc într-un sistem binar în care se desfășoară un transfer de masă de la o stea la o pitică albă?

53/55 de răspunsuri corecte

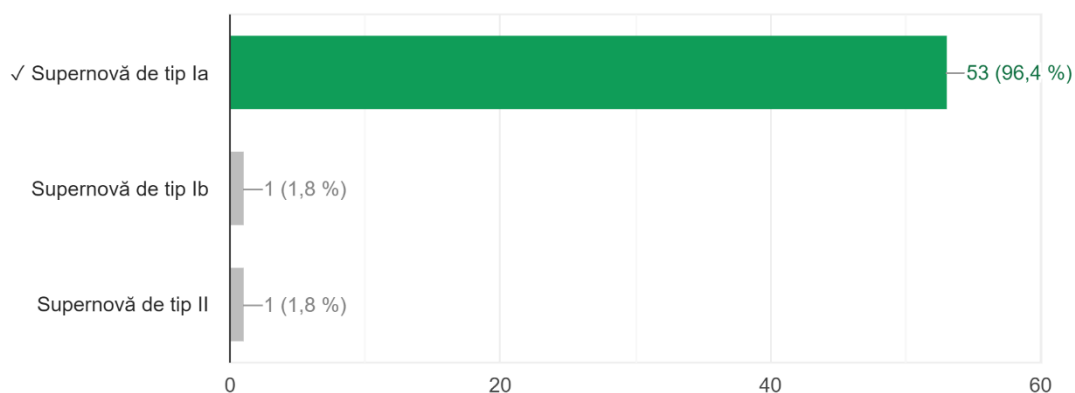


Fig. A9.3. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 3

În contextul observațiilor fotometrice, care dintre următoarele metode este folosită pentru a determina perioada orbitală a unei exoplanete observată prin metoda tranzitului?

54/55 de răspunsuri corecte

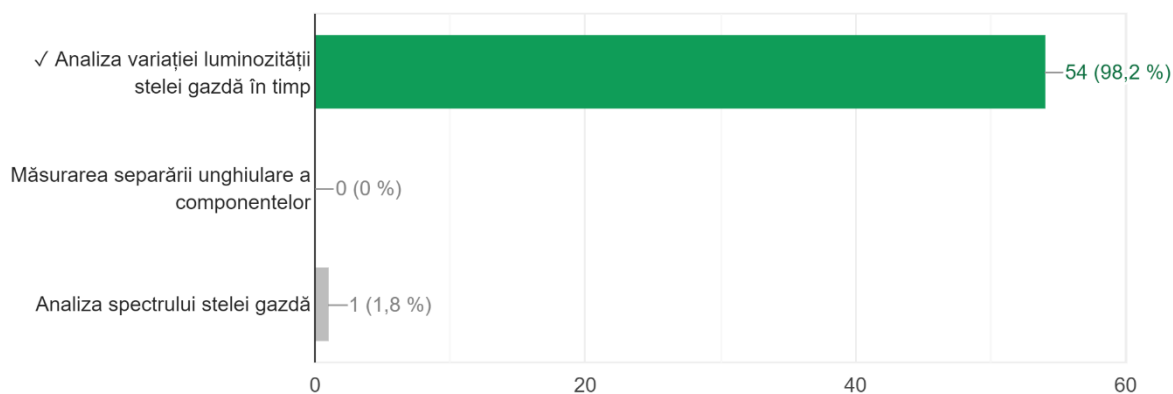


Fig. A9.4. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 4

În cadrul observațiilor fotometrice, cum poate fi realizată clasificarea unei stele variabile?
54/55 de răspunsuri corecte

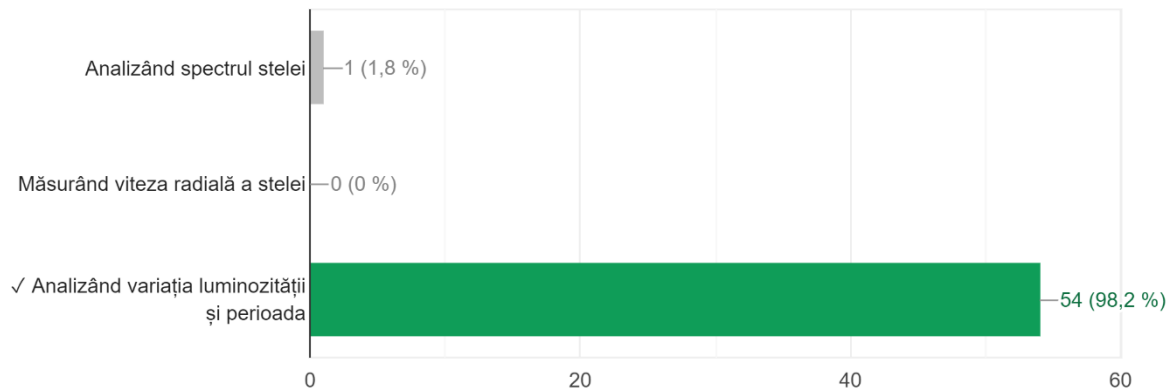


Fig. A9.5. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 5

Cum poate fi determinat diametrul unei exoplanete prin metoda tranzitului?
53/55 de răspunsuri corecte

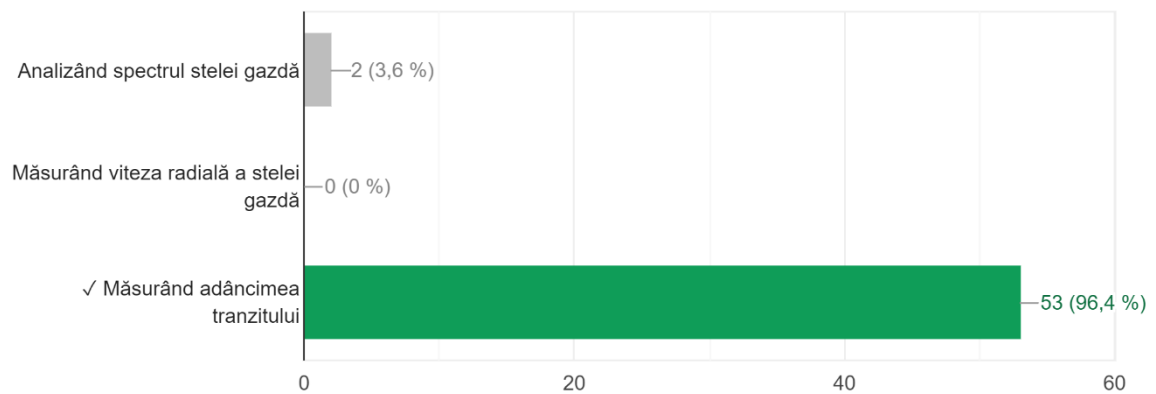


Fig. A9.6. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 6

Care tip de stea variabilă prezintă variații de luminozitate datorate pulsațiilor radiale și non-radiale?
46/55 de răspunsuri corecte

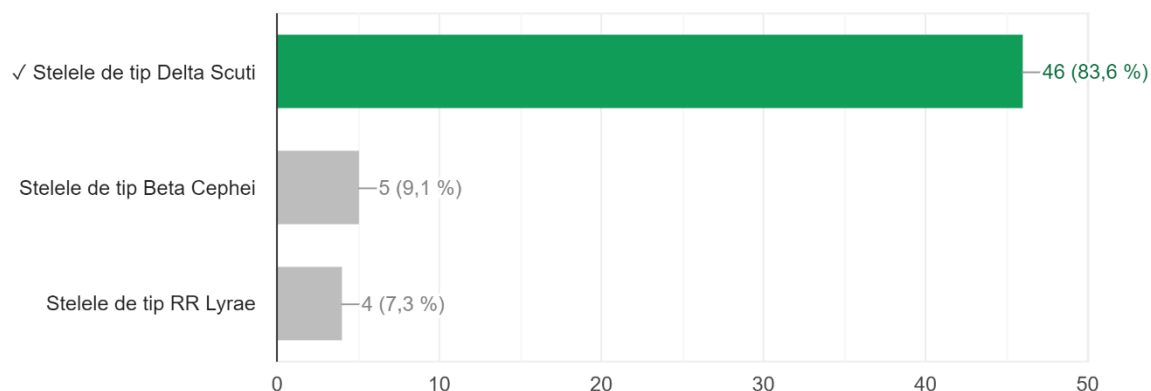


Fig. A9.7. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 7

Care este principalul avantaj al observațiilor fotometrice pentru detectarea exoplanetelor?
54/55 de răspunsuri corecte

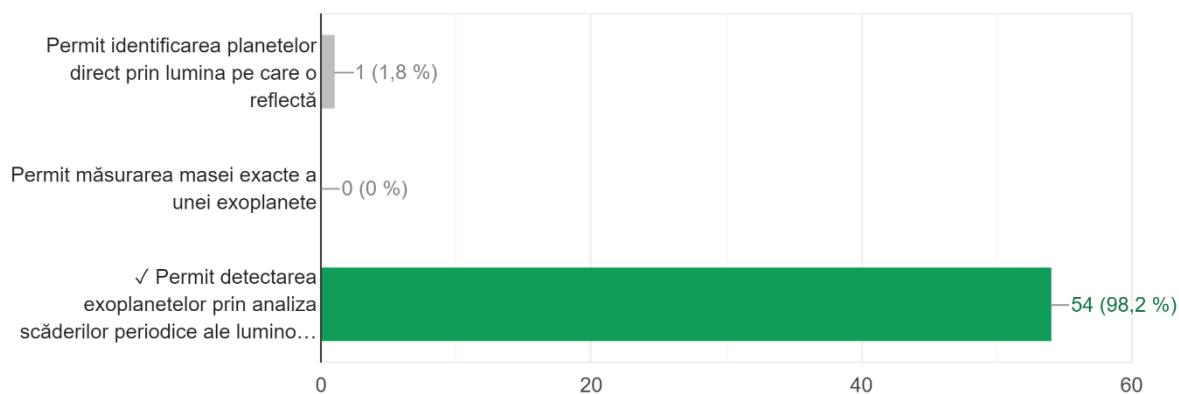


Fig. A9.8. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 8

Care dintre următoarele tipuri de stele variabile prezintă variații periodice ale luminozității, determinate prin observații fotometrice?

53/55 de răspunsuri corecte

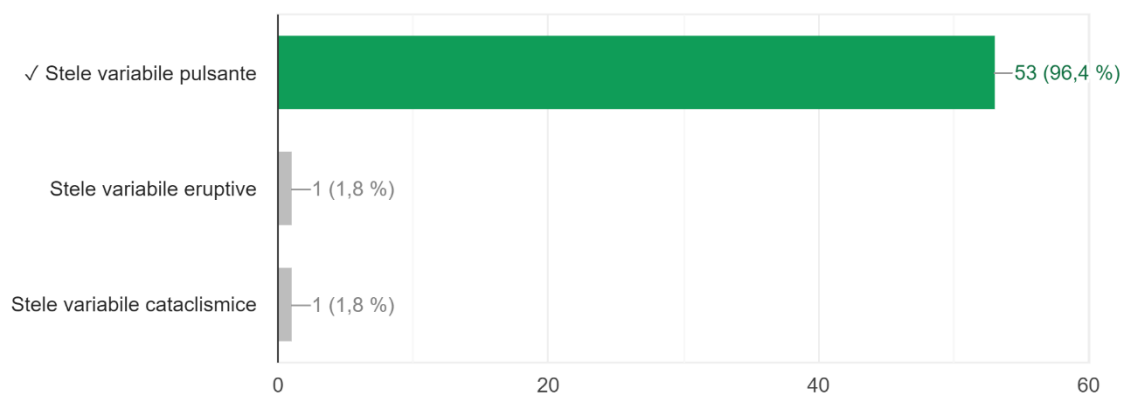


Fig. A9.9. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 9

Ce înseamnă amplitudinea variației luminozității în cadrul observațiilor fotometrice ale stelelor variabile?

54/55 de răspunsuri corecte

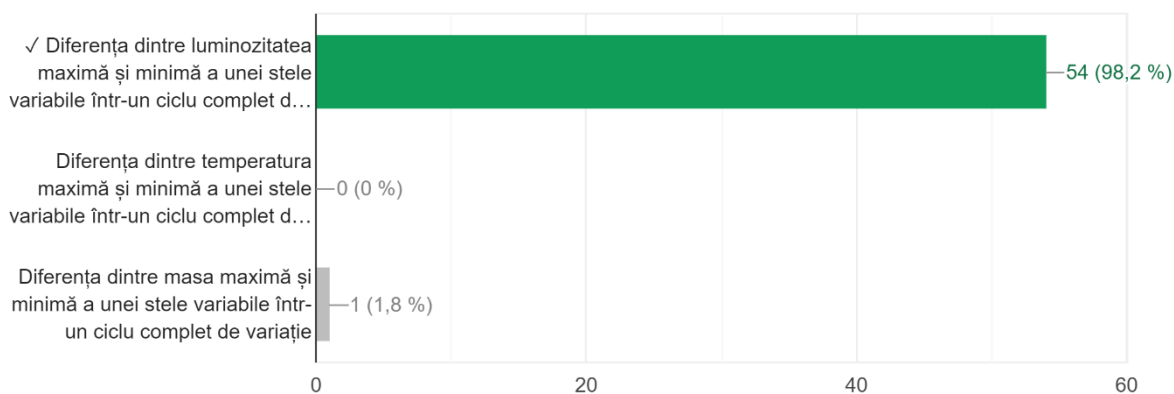


Fig. A9.10. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 10

În cazul stelelor variabile de tip Mira, ce caracteristică a curbei de lumină este tipică pentru aceste stele?

53/55 de răspunsuri corecte

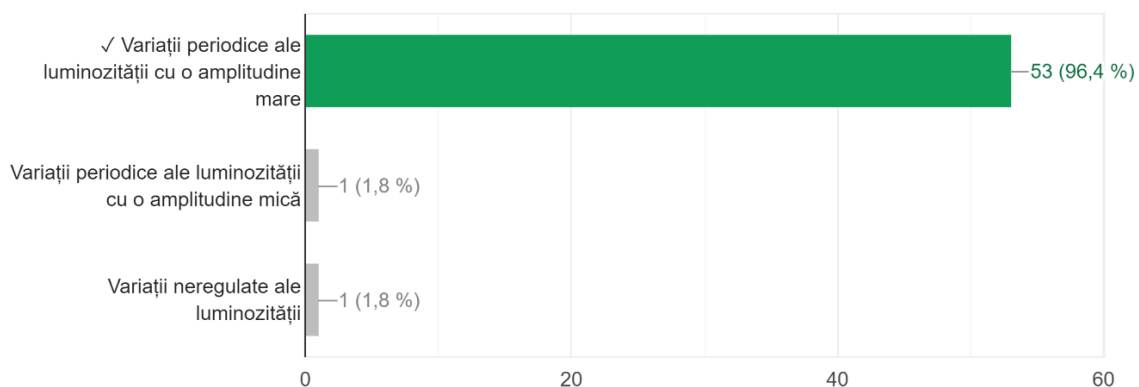


Fig. A9.11. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 11

Care dintre următoarele este un exemplu de stea variabilă eruptivă?

53/55 de răspunsuri corecte

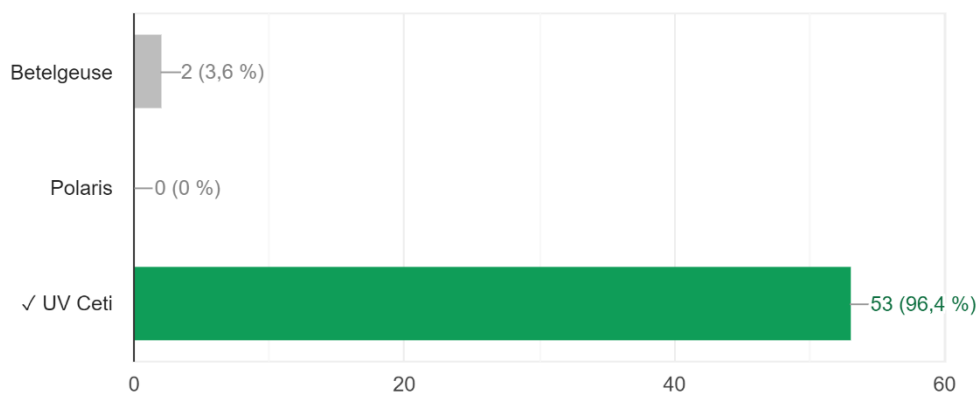


Fig. A9.12. Distribuția răspunsurilor elevilor la itemul nr. 12

Anexa 10. Proiect de cercetare astronomică pentru elevi. Studiul asteroizilor prin intermediul softului Astrometrica

Studiul asteroizilor prin intermediul softului Astrometrica

ID elev:

Structura proiectului de cercetare individuală:

I. Introducere

Scopul proiectului de cercetare;
Importanța studiului asteroizilor;
Prezentarea softului Astrometrica.

II. Informații generale despre asteroizi

Definiția asteroizilor;
Distribuția asteroizilor în Sistemul solar;
Clasificarea asteroizilor.

III. Metodologia de cercetare

Descărcarea softului Astrometrica;
Încărcarea fișierului de configurare;
Descrierea procesului de reducere a datelor prin utilizarea softului Astrometrica.

IV. Rezultate

Prezentarea rezultatelor obținute prin măsurarea pozițiilor asteroizilor.

V. Concluzii

Rezumatul principalelor constatări din proiectul de cercetare;
Implicații și aplicații practice ale rezultatelor obținute;
Propuneri pentru continuarea cercetării pe aceasta temă.

VI. Bibliografie

Lista surselor utilizate în proiectul de cercetare, incluzând cărți, articole, resurse online etc.

Anexa 11. Proiect de cercetare astronomică pentru elevi. Studiul stelelor variabile prin metode fotometrice

Studiul stelelor variabile prin metode fotometrice

ID elev:

Structura proiectului de cercetare individuală:

I. Introducere

Scopul proiectului de cercetare;
Importanța studiului stelelor variabile;
Prezentarea softurilor AstroImageJ și VStar.

II. Informații generale despre stele variabile

Definiția stelelor variabile;
Clasificarea stelelor variabile.

III. Metodologia de cercetare

Prezentarea metodei de reducere a datelor fotometrice utilizând softul AstroImageJ;
Prezentarea analizei curbei de lumină utilizând softul VStar.

IV. Rezultate

Prezentarea rezultatelor obținute prin reducerea datelor fotometrice și analiza curbei de lumină;
Interpretarea rezultatelor obținute.

V. Concluzii

Rezumatul principalelor constatări din proiectul de cercetare;
Implicații și aplicații practice ale rezultatelor obținute;
Propuneri pentru continuarea cercetării pe această temă.

VI. Bibliografie

Lista surselor utilizate în proiectul de cercetare, incluzând cărți, articole, resurse online etc.

Anexa 12. Statistica calificativelor obținute de elevi la proiectul de cercetare astronomică „Studiul asteroizilor prin intermediul softului Astrometrica”

Tabelul A12. Statistica calificativelor obținute de elevi la proiectul de cercetare astronomică. „Studiul asteroizilor prin intermediul softului Astrometrica”

ID elev	Calificativ	ID elev	Calificativ	ID elev	Calificativ
ASTRO1	Bine	ASTRO20	Bine	ASTRO39	Satisfăcător
ASTRO2	Foarte bine	ASTRO21	Foarte bine	ASTRO40	Foarte bine
ASTRO3	Foarte bine	ASTRO22	Foarte bine	ASTRO41	Bine
ASTRO4	Bine	ASTRO23	Bine	ASTRO42	Foarte bine
ASTRO5	Bine	ASTRO24	Foarte bine	ASTRO43	Foarte bine
ASTRO6	Foarte bine	ASTRO25	Bine	ASTRO44	Bine
ASTRO7	Bine	ASTRO26	Foarte bine	ASTRO45	Bine
ASTRO8	Satisfăcător	ASTRO27	Bine	ASTRO46	Foarte bine
ASTRO9	Foarte bine	ASTRO28	Bine	ASTRO47	Bine
ASTRO10	Bine	ASTRO29	Satisfăcător	ASTRO48	Foarte bine
ASTRO11	Foarte bine	ASTRO30	Bine	ASTRO49	Bine
ASTRO12	Bine	ASTRO31	Foarte bine	ASTRO50	Foarte bine
ASTRO13	Bine	ASTRO32	Bine	ASTRO51	Bine
ASTRO14	Bine	ASTRO33	Foarte bine	ASTRO52	Foarte bine
ASTRO15	Foarte bine	ASTRO34	Bine	ASTRO53	Satisfăcător
ASTRO16	Satisfăcător	ASTRO35	Bine	ASTRO54	Bine
ASTRO17	Bine	ASTRO36	Foarte bine	ASTRO55	Foarte bine
ASTRO18	Foarte bine	ASTRO37	Foarte bine		
ASTRO19	Satisfăcător	ASTRO38	Bine		

Anexa 13. Statistica calificativelor obținute de elevi la proiectul de cercetare astronomică „Studiul stelelor variabile prin metode fotometrice”

Tabelul A13. Statistica calificativelor obținute de elevi la proiectul de cercetare astronomică „Studiul stelelor variabile prin metode fotometrice”

ID elev	Calificativ	ID elev	Calificativ	ID elev	Calificativ
ASTRO1	Foarte bine	ASTRO20	Bine	ASTRO39	Foarte bine
ASTRO2	Bine	ASTRO21	Satisfăcător	ASTRO40	Bine
ASTRO3	Foarte bine	ASTRO22	Bine	ASTRO41	Foarte bine
ASTRO4	Satisfăcător	ASTRO23	Foarte bine	ASTRO42	Bine
ASTRO5	Bine	ASTRO24	Satisfăcător	ASTRO43	Foarte bine
ASTRO6	Foarte bine	ASTRO25	Bine	ASTRO44	Bine
ASTRO7	Bine	ASTRO26	Foarte bine	ASTRO45	Bine
ASTRO8	Satisfăcător	ASTRO27	Bine	ASTRO46	Foarte bine
ASTRO9	Foarte bine	ASTRO28	Satisfăcător	ASTRO47	Bine
ASTRO10	Bine	ASTRO29	Foarte bine	ASTRO48	Satisfăcător
ASTRO11	Foarte bine	ASTRO30	Bine	ASTRO49	Foarte bine
ASTRO12	Bine	ASTRO31	Foarte bine	ASTRO50	Bine
ASTRO13	Foarte bine	ASTRO32	Bine	ASTRO51	Foarte bine
ASTRO14	Bine	ASTRO33	Foarte bine	ASTRO52	Bine
ASTRO15	Satisfăcător	ASTRO34	Bine	ASTRO53	Satisfăcător
ASTRO16	Foarte bine	ASTRO35	Bine	ASTRO54	Bine
ASTRO17	Bine	ASTRO36	Foarte bine	ASTRO55	Foarte bine
ASTRO18	Foarte bine	ASTRO37	Bine		
ASTRO19	Foarte bine	ASTRO38	Foarte bine		

Anexa 14. Exemple de rezultate științifice obținute împreună cu elevii dotați

Exemple de rezultate științifice obținute împreună cu elevii dotați în urma reducerii datelor astrometrice, fotometrice și analizei curbei de lumină

Rezultate științifice obținute în urma reducerii datelor astrometrice:

Asteroidul (6478) Gault

06478	C2023 06 07.92796 17 00 55.086+21 10 26.30	16.5 G	C73
06478	C2023 06 07.93015 17 00 55.008+21 10 26.35	16.6 G	C73
06478	C2023 06 07.93234 17 00 54.912+21 10 27.12	16.5 G	C73
06478	C2023 06 07.93454 17 00 54.804+21 10 27.65	16.9 G	C73

Asteroidul (914) Palisana

00914	C2023 07 03.93738 20 43 23.876+15 53 41.71	12.0 G	C73
00914	C2023 07 03.93818 20 43 23.844+15 53 42.75	12.0 G	C73
00914	C2023 07 03.93898 20 43 23.797+15 53 43.61	12.0 G	C73
00914	C2023 07 03.93978 20 43 23.772+15 53 44.72	12.0 G	C73

Cometa C/2019 T4 (ATLAS)

CK19T040	C2023 06 07.91307 15 17 58.289+21 33 57.41	15.8 G	C73
CK19T040	C2023 06 07.91456 15 17 58.211+21 33 57.49	15.8 G	C73
CK19T040	C2023 06 07.91692 15 17 58.238+21 33 57.89	15.9 G	C73
CK19T040	C2023 06 07.91843 15 17 58.156+21 33 57.14	15.7 G	C73

Cometa 237P/LINEAR

0237P	C2023 06 21.89359 19 58 34.321-03 12 47.38	14.6 G	C73
0237P	C2023 06 21.89439 19 58 34.271-03 12 47.08	14.5 G	C73
0237P	C2023 06 21.89519 19 58 34.303-03 12 46.33	14.5 G	C73
0237P	C2023 06 21.89600 19 58 34.240-03 12 46.29	14.5 G	C73

Tabelul A14.1. Rezultate științifice obținute la stele duble

Discoverer code stea dublă	Unghiul de poziție (°)	Separarea (")
GRV 919	174.6	45.17
LAU 2	68.2	36.42
BEM9023	50.2	15.60
HJ 579	102.9	31.07
STF2020 AB	243.5	26.74

Tabelul A14.2. Rezultate științifice obținute la supernove

Nume supernovă	Poziție (RA, DEC)	Magnitudine
SN 2023ixf	14 03 38.583+54 18 41.91	11.4 V
SN 2023gfo	13 09 39.672-07 50 11.73	15.3 R
SN 2023axu	06 45 55.332 -18 13 53.84	14.2 G
SN 2023bee	08 56 11.645 -03 19 31.94	13.1 G

II. Rezultate științifice obținute în urma reducerii datelor fotometrice și analizei curbei de lumină:

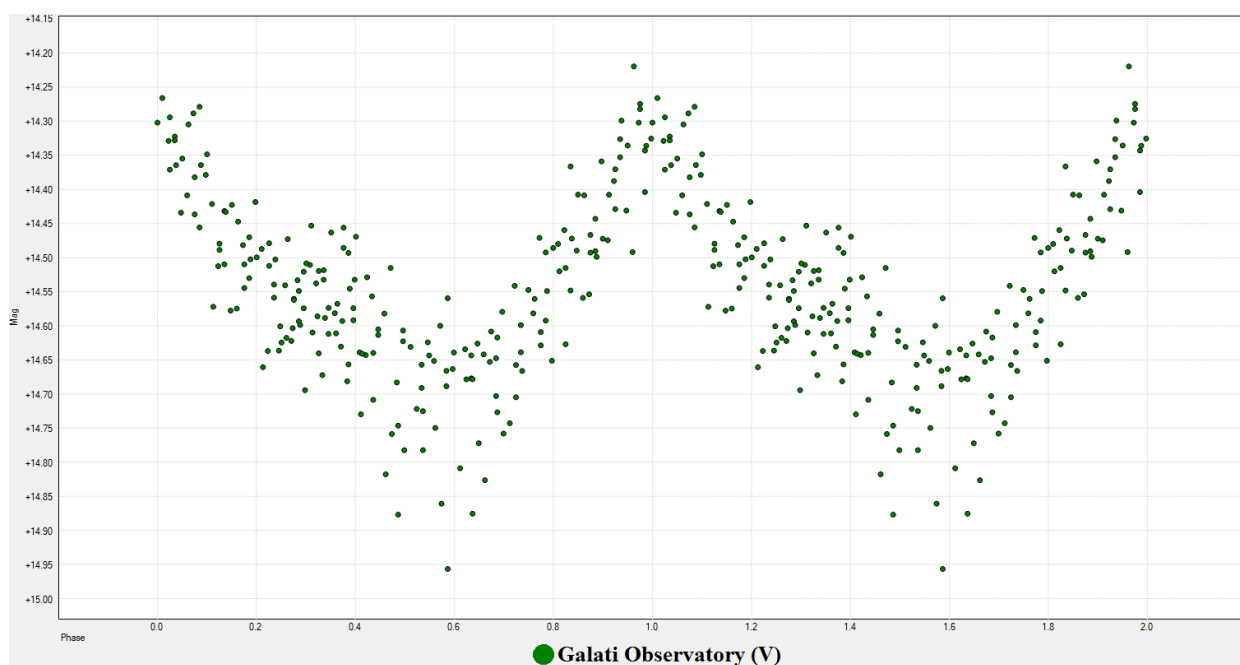


Fig. A14.1. Phase Plot al steii variabile 2MASS J05203962+5525492

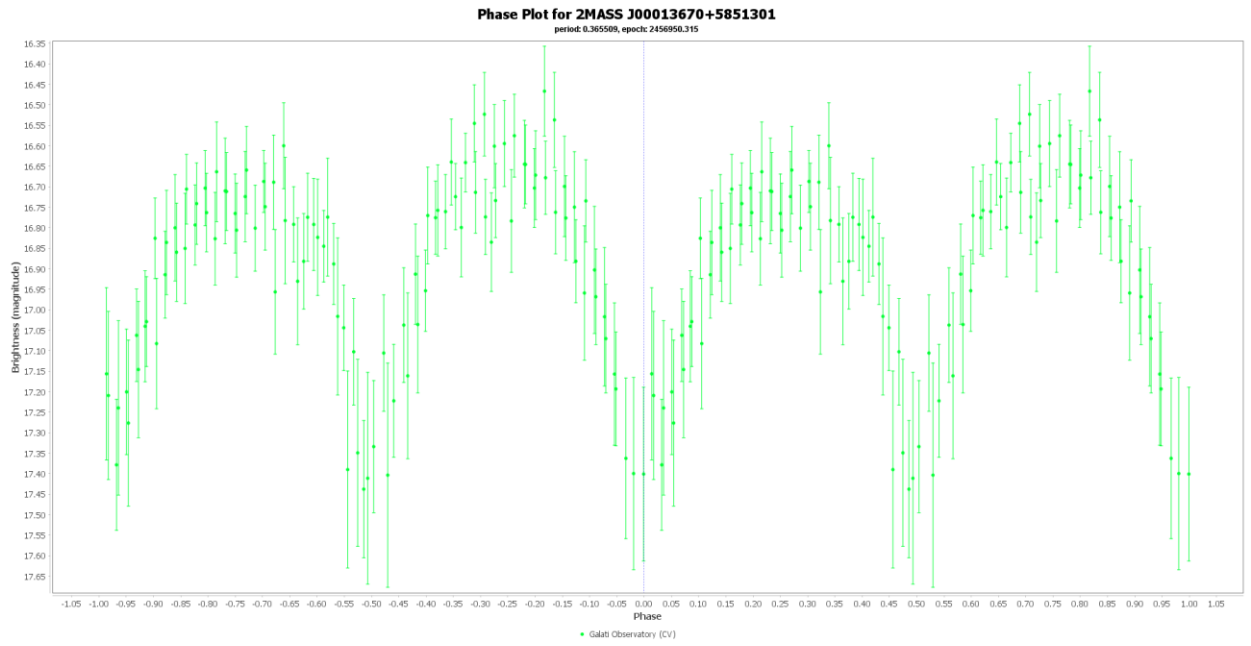


Fig. A14.2. Phase Plot al stelei variabile 2MASS J0013670+5851301

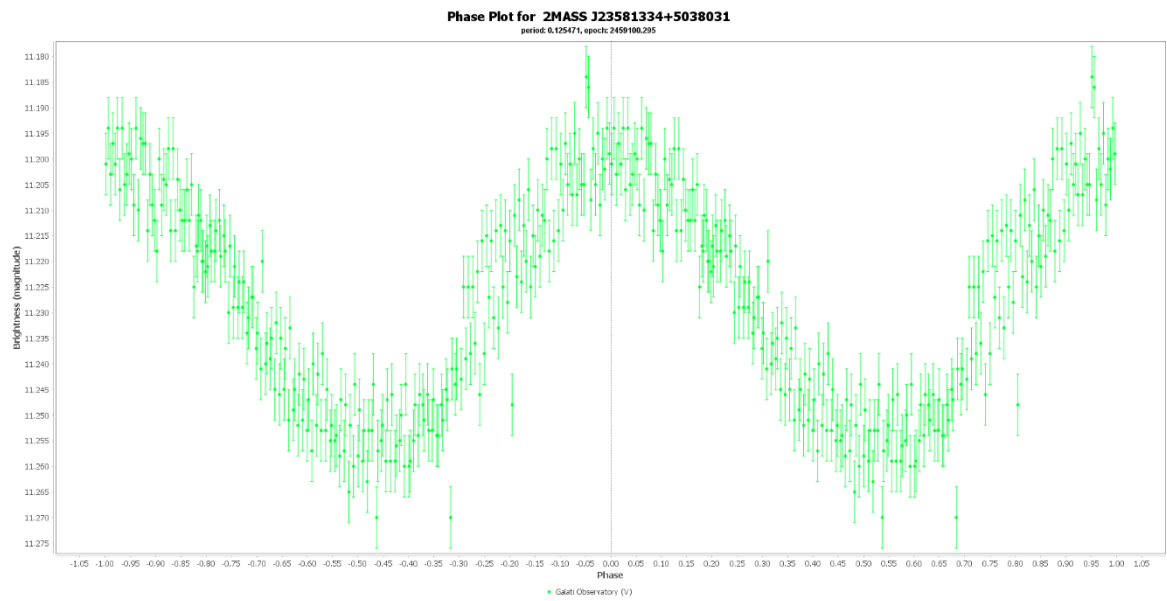


Fig. A14.3. Phase Plot al stelei variabile 2MASS J23581334+5038031

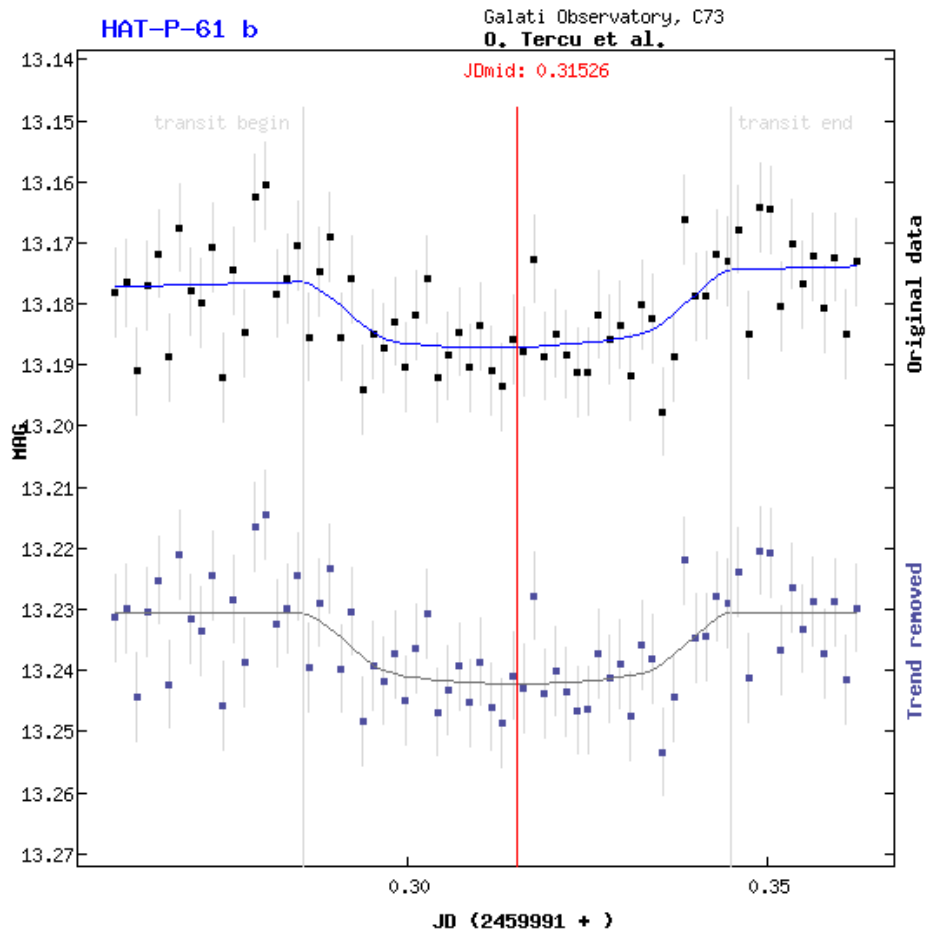


Fig. A14.4. Curba de lumină a tranzitului exoplanetei HAT-P-61 b

Sursa: O. Tercu et al., TRESCA [239]

Anexa 15. Chestionar pentru experimentul pedagogic de validare

Chestionar pentru experimentul pedagogic de validare

Dragă elev!

Vă rugăm să răspundeți sincer și corect la întrebările din acest chestionar. Răspunsurile dumneavoastră sunt confidențiale și vor fi prelucrate statistic într-o cercetare în domeniul științelor educației. Vă mulțumim anticipat pentru colaborare! Înainte de a completa chestionarul vă rugăm să citiți nota de informare pentru consimțământ care cuprinde informarea și acordul cu privire la prelucrarea datelor cu caracter personal:

https://bit.ly/Nota_De_Informare

1. Cât de mult cunoașteți despre funcționarea telescopului și a camerei CCD?
a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.
2. Cât de bine sunteți familiarizat cu utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?
a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.
3. Cum apreciați nivelul dumneavoastră de cunoștințe despre metodică observațiilor astrometrice și fotometrice?
a) Foarte bine; b) Bine; c) Puțin; d) Foarte puțin; e) Deloc.
4. În ce măsură considerați că sunteți capabil să realizați observații astrometrice și fotometrice?
a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.
5. În ce măsură considerați că ați dezvoltat abilități de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?
a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.
6. Aveți deprinderi pentru realizarea observațiilor astrometrice și fotometrice utilizând instrumentele necesare (telescop și cameră)?
a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

7. În ce măsură sunteți interesat și curios să învățați prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice?

a) În foarte mare măsură; b) În mare măsură; c) În mică măsură; d) Deloc.

8. În procesul de învățare a astronomiei, cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice?

a) Foarte necesare; b) Necesare; c) Puțin necesare.

Anexa 16. Statistica răspunsurilor la itemii chestionarului de validare

Statistica răspunsurilor la itemii chestionarului de validare

1. Cât de mult cunoașteți despre funcționarea telescopului și a camerei CCD?

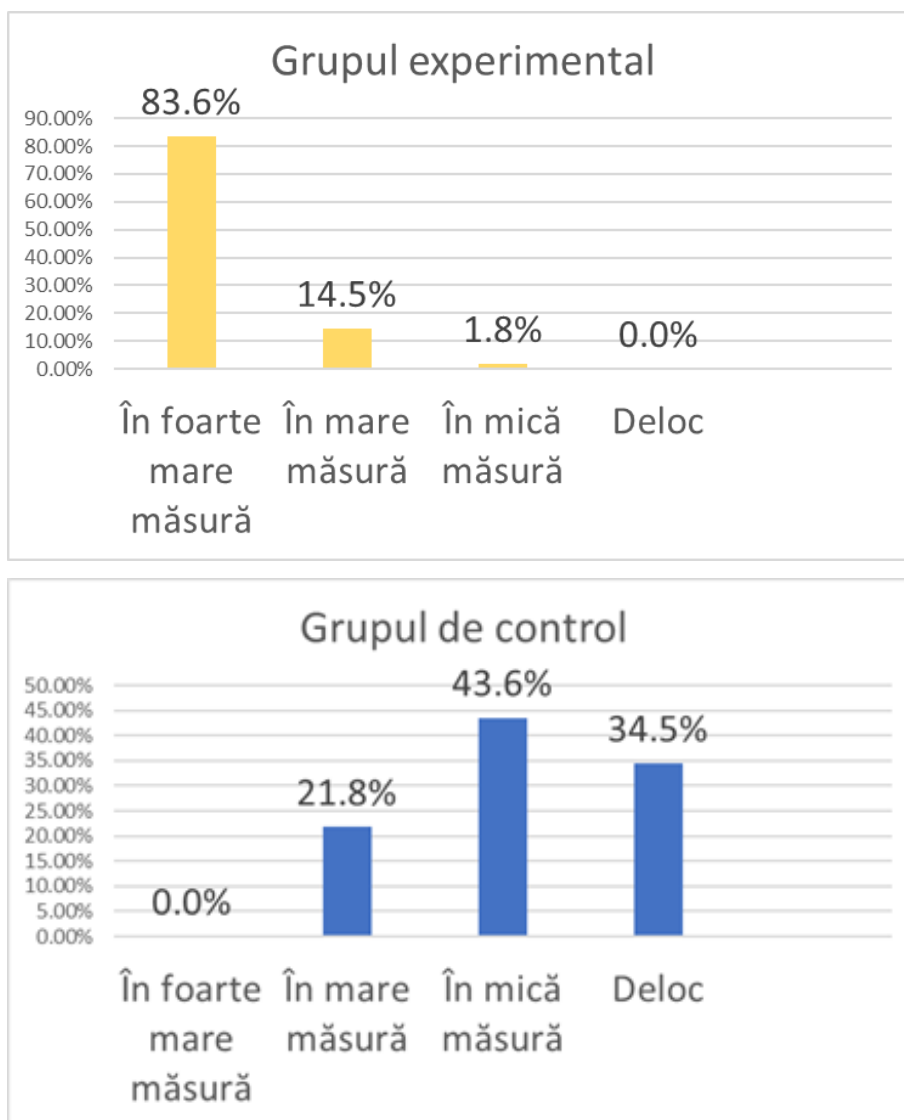


Fig. A16.1. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 1 pentru fiecare grup de cercetare

2. Cât de bine sunteți familiarizat cu utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

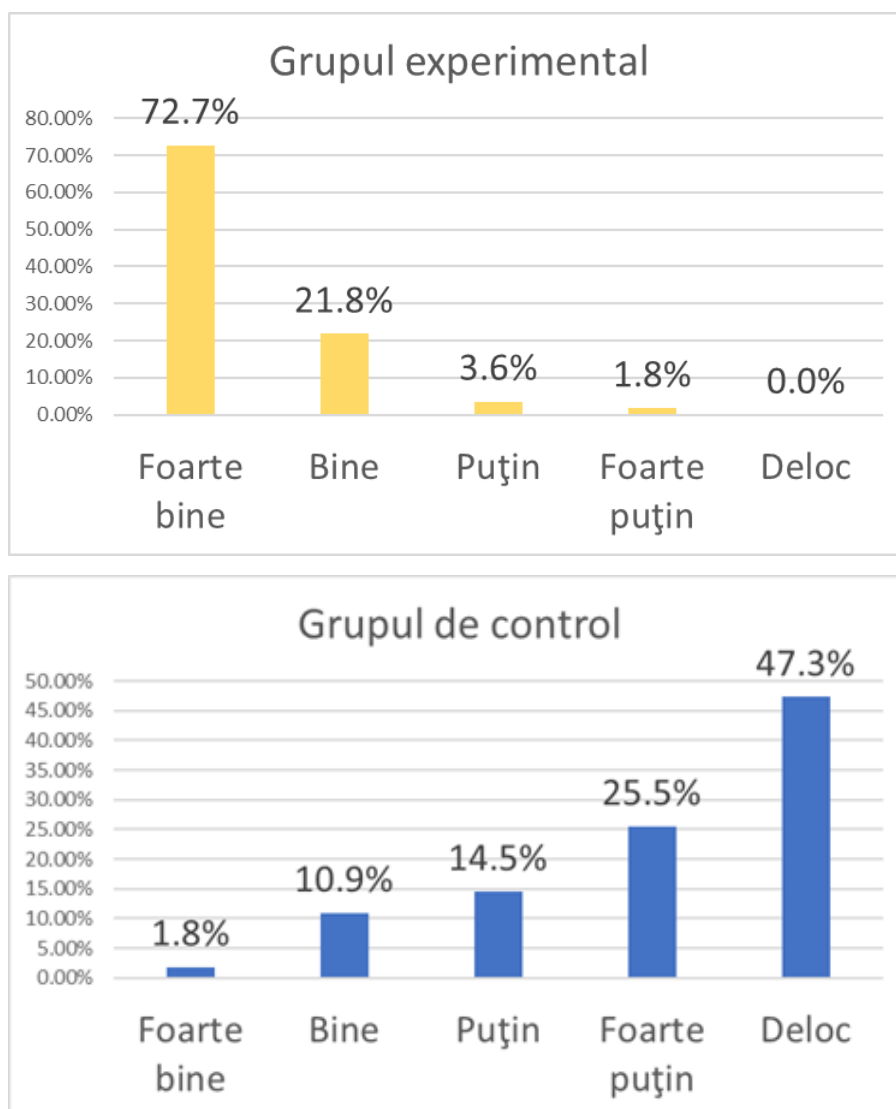


Fig. A16.2. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 2 pentru fiecare grup de cercetare

3. Cum apreciați nivelul dumneavoastră de cunoștințe despre metodica observațiilor astrometrice și fotometrice?

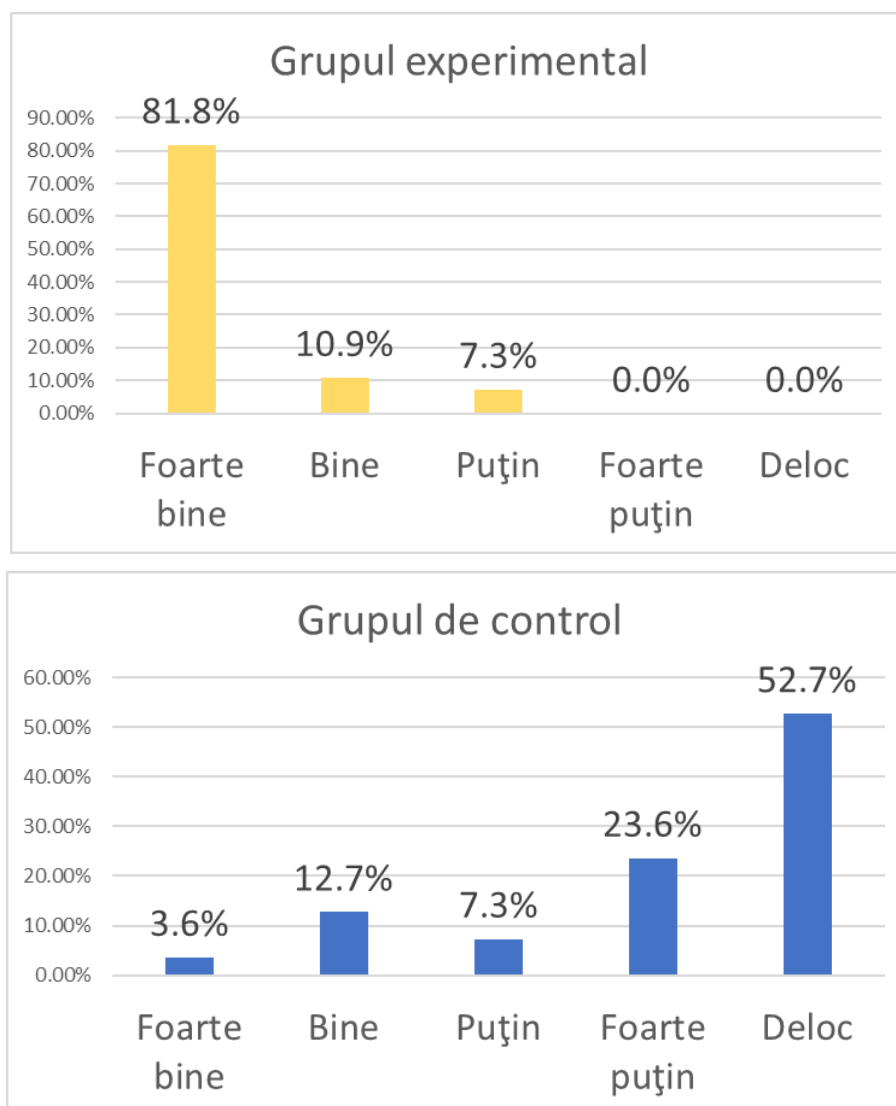


Fig. A16.3. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 3 pentru fiecare grup de cercetare

4. În ce măsură considerați că sunteți capabil să realizați observații astrometrice și fotometrice?

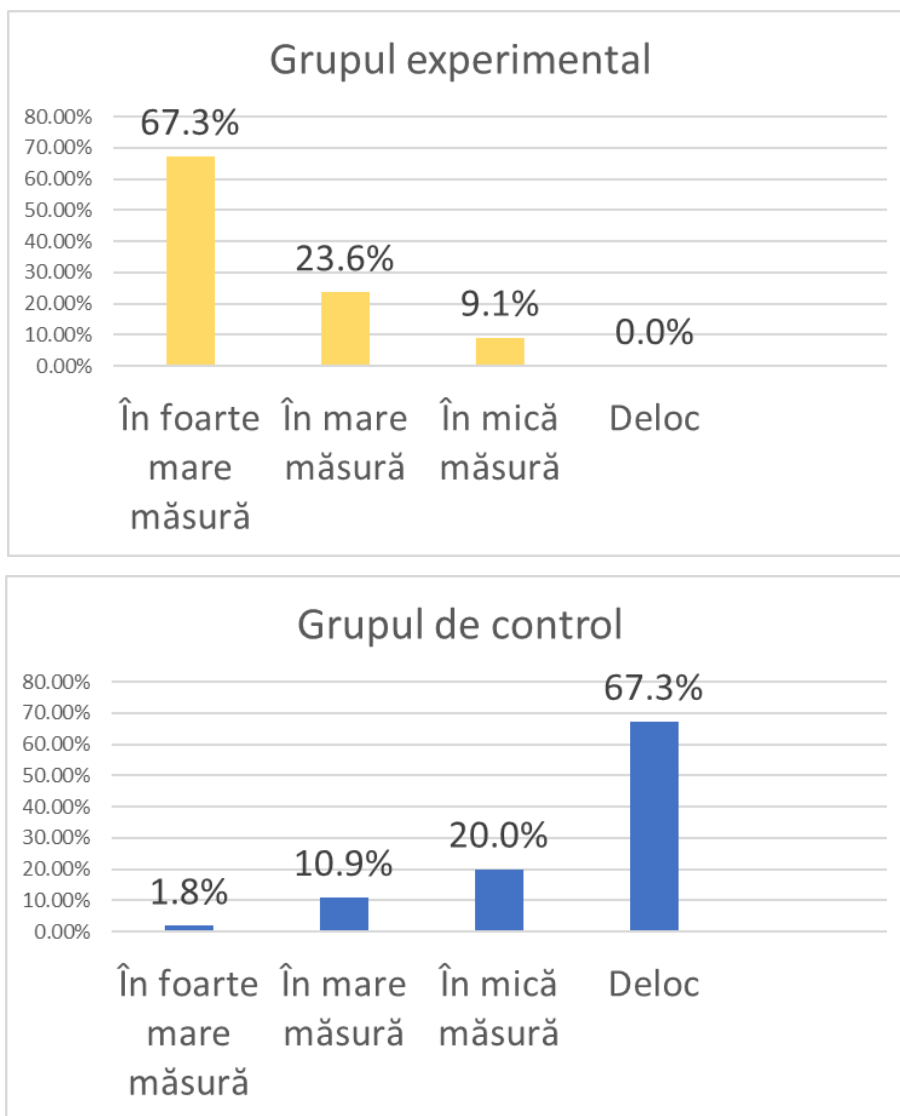


Fig. A16.4. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 4 pentru fiecare grup de cercetare

5. În ce măsură considerați că ați dezvoltat abilități de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice?

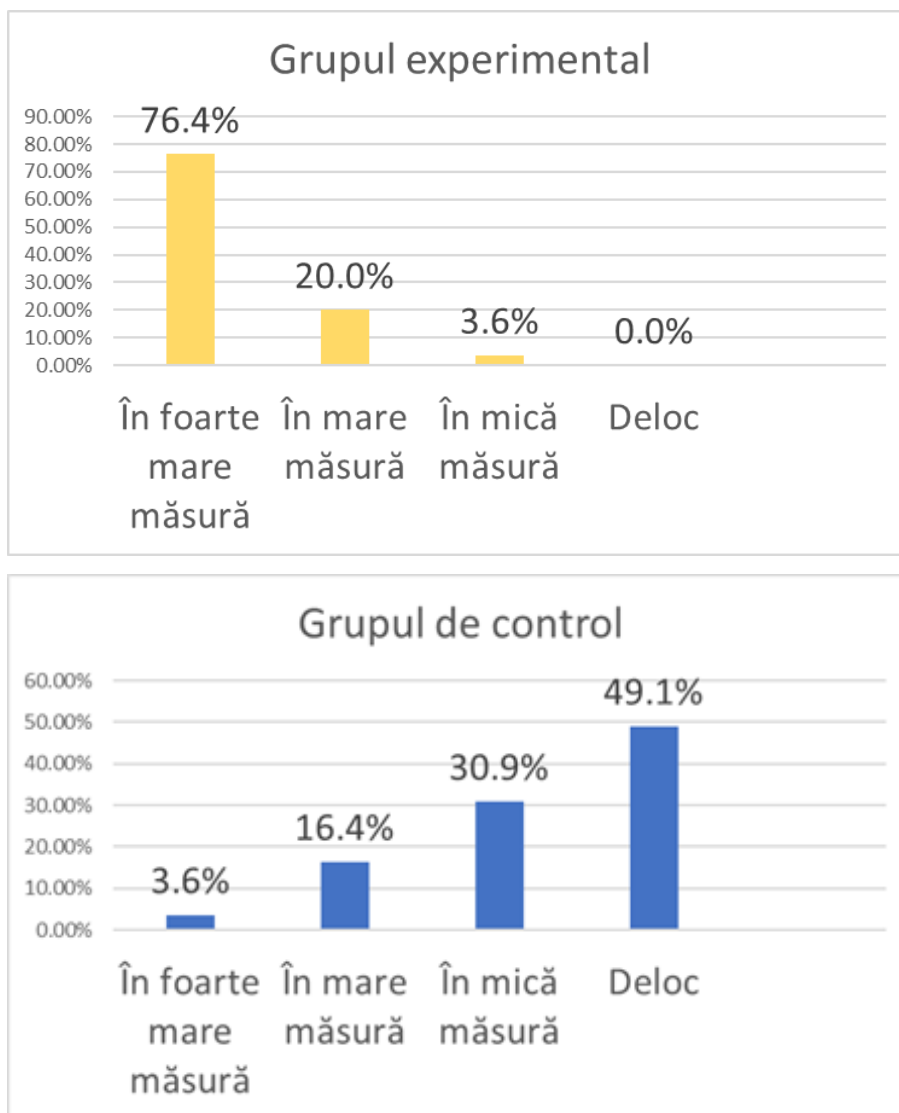


Fig. A16.5. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 5 pentru fiecare grup de cercetare

6. Aveți deprinderi pentru realizarea observațiilor astrometrice și fotometrice utilizând instrumentele necesare (telescop și cameră)?

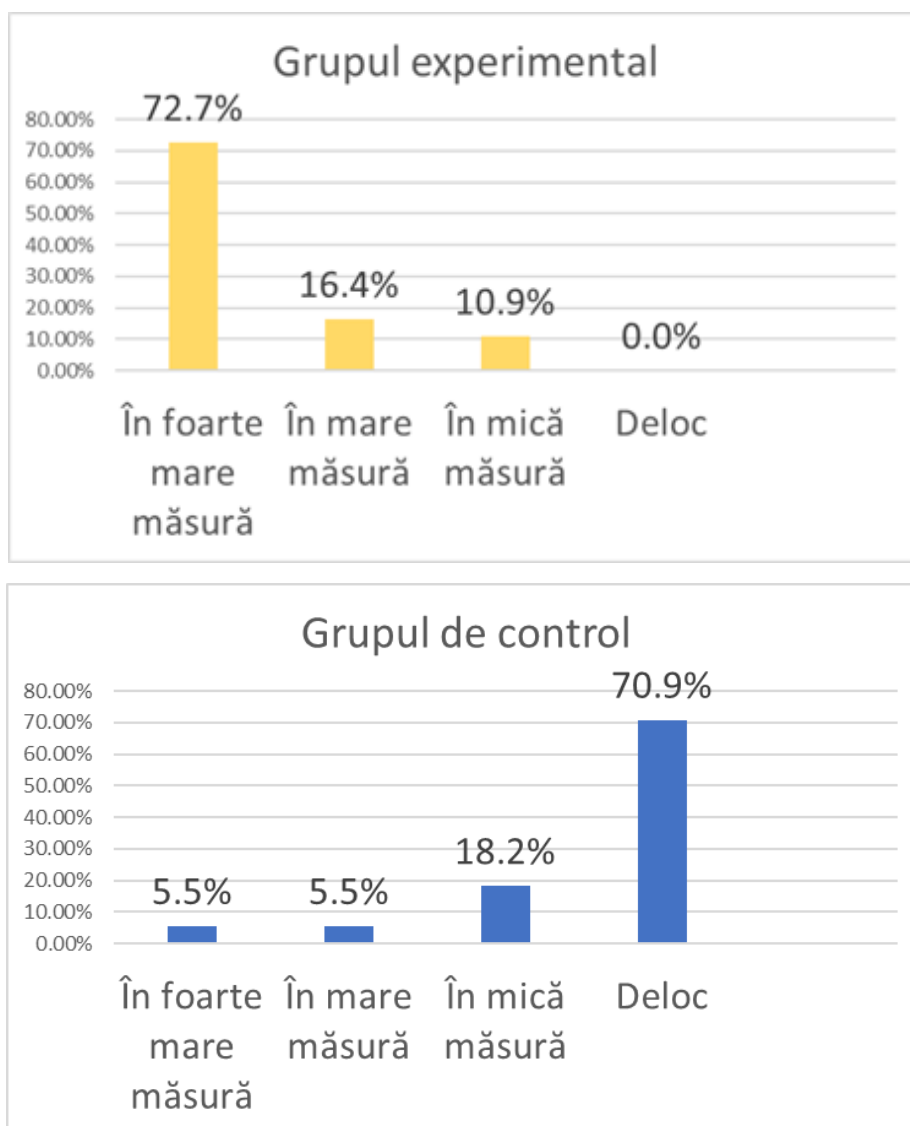


Fig. A16.6. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 6 pentru fiecare grup de cercetare

7. În ce măsură sunteți interesat și curios să învățați prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice?

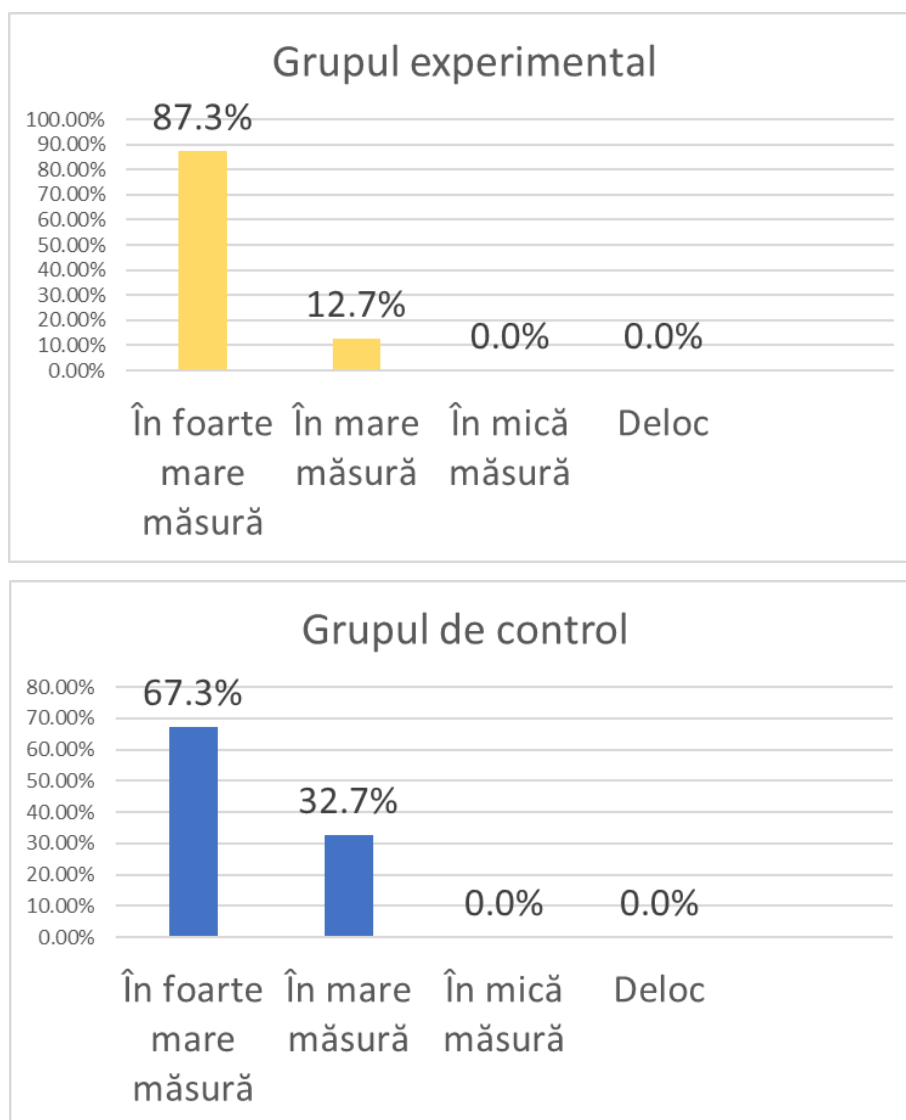


Fig. A16.7. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 7 pentru fiecare grup de cercetare

8. În procesul de învățare a astronomiei, cât de necesare sunt observațiile astrometrice și fotometrice?

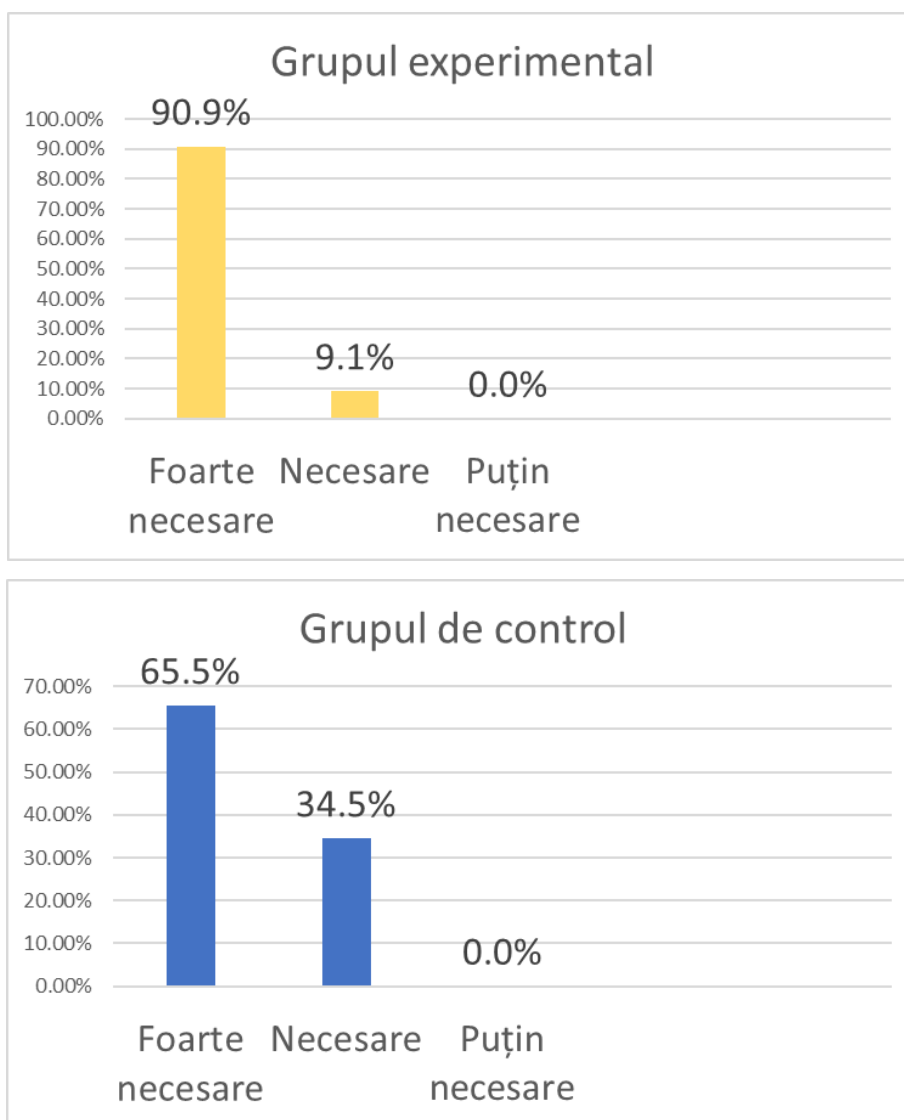


Fig. A16.8. Distribuția răspunsurilor la itemul nr. 8 pentru fiecare grup de cercetare

Anexa 17. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)* în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A17.1. Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră) *

Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare			
		control	experimenta 1	Total	
Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)	În foarte mare măsură	Count	0	1	1
		Expected Count	,5	,5	1,0
		% within Grup de cercetare	0,0%	1,8%	0,9%
		Adjusted Residual	-1,0	1,0	
	În mare măsură	Count	12	10	22
		Expected Count	11,0	11,0	22,0
		% within Grup de cercetare	21,8%	18,2%	20,0%
		Adjusted Residual	,5	-,5	
	În mică măsură	Count	20	23	43
		Expected Count	21,5	21,5	43,0
		% within Grup de cercetare	36,4%	41,8%	39,1%
		Adjusted Residual	-,6	,6	
	Deloc	Count	23	21	44
		Expected Count	22,0	22,0	44,0
		% within Grup de cercetare	41,8%	38,2%	40,0%
		Adjusted Residual	,4	-,4	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A17.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,482 ^a	3	,686
Likelihood Ratio	1,869	3	,600
Linear-by-Linear Association	,060	1	,807
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,50.

Anexa 18. Datele statistice referitoare la variabila *Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A18.1. Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare		Total	
		control	experimental		
Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice	Foarte bine	Count	1	1	2
		Expected Count	1,0	1,0	2,0
		% within Grup de cercetare	1,8%	1,8%	1,8%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	Bine	Count	6	5	11
		Expected Count	5,5	5,5	11,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	9,1%	10,0%
		Adjusted Residual	,3	-,3	
	Puțin	Count	6	8	14
		Expected Count	7,0	7,0	14,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	14,5%	12,7%
		Adjusted Residual	-,6	,6	
	Foarte puțin	Count	11	15	26
		Expected Count	13,0	13,0	26,0
		% within Grup de cercetare	20,0%	27,3%	23,6%
		Adjusted Residual	-,9	,9	
	Deloc	Count	31	26	57
		Expected Count	28,5	28,5	57,0
		% within Grup de cercetare	56,4%	47,3%	51,8%
		Adjusted Residual	1,0	-1,0	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A18.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,431 ^a	4	,839
Likelihood Ratio	1,435	4	,838
Linear-by-Linear Association	,189	1	,664
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (20,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,00.

Anexa 19. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A19.1. Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice *
Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare			
		control	experimental	Total	
Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice	Foarte bine	Count	2	1	3
		Expected Count	1,5	1,5	3,0
		% within Grup de cercetare	3,6%	1,8%	2,7%
		Adjusted Residual	,6	-,6	
	Bine	Count	6	4	10
		Expected Count	5,0	5,0	10,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	7,3%	9,1%
		Adjusted Residual	,7	-,7	
	Puțin	Count	3	9	12
		Expected Count	6,0	6,0	12,0
		% within Grup de cercetare	5,5%	16,4%	10,9%
		Adjusted Residual	-1,8	1,8	
	Foarte puțin	Count	12	15	27
		Expected Count	13,5	13,5	27,0
		% within Grup de cercetare	21,8%	27,3%	24,5%
		Adjusted Residual	-,7	,7	
	Deloc	Count	32	26	58
		Expected Count	29,0	29,0	58,0
		% within Grup de cercetare	58,2%	47,3%	52,7%
		Adjusted Residual	1,1	-1,1	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A19.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,687 ^a	4	,321
Likelihood Ratio	4,838	4	,304
Linear-by-Linear Association	,184	1	,668
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (20,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,50.

Anexa 20. Datele statistice referitoare la variabila *Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A20.1. Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice *

Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experiment al	
Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	1	1	2
		Expected Count	1,0	1,0	2,0
		% within Grup de cercetare	1,8%	1,8%	1,8%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	În mare măsură	Count	6	5	11
		Expected Count	5,5	5,5	11,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	9,1%	10,0%
		Adjusted Residual	,3	-,3	
	În mică măsură	Count	9	12	21
		Expected Count	10,5	10,5	21,0
		% within Grup de cercetare	16,4%	21,8%	19,1%
		Adjusted Residual	-,7	,7	
	Deloc	Count	39	37	76
		Expected Count	38,0	38,0	76,0
		% within Grup de cercetare	70,9%	67,3%	69,1%
		Adjusted Residual	,4	-,4	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A20.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	,572 ^a	3	,903
Likelihood Ratio	,574	3	,902
Linear-by-Linear Association	,016	1	,899
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,00.

Anexa 21. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A21.1. Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimental	
Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	1	1	2
		Expected Count	1,0	1,0	2,0
		% within Grup de cercetare	1,8%	1,8%	1,8%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	În mare măsură	Count	8	9	17
		Expected Count	8,5	8,5	17,0
		% within Grup de cercetare	14,5%	16,4%	15,5%
		Adjusted Residual	-,3	,3	
	În mică măsură	Count	17	15	32
		Expected Count	16,0	16,0	32,0
		% within Grup de cercetare	30,9%	27,3%	29,1%
		Adjusted Residual	,4	-,4	
	Deloc	Count	29	30	59
		Expected Count	29,5	29,5	59,0
		% within Grup de cercetare	52,7%	54,5%	53,6%
		Adjusted Residual	-,2	,2	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	

	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%
--	----------------------------	--------	--------	--------

Tabelul A21.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	,201 ^a	3	,977
Likelihood Ratio	,201	3	,977
Linear-by-Linear Association	,000	1	1,000
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,00.

Anexa 22. Datele statistice referitoare la variabila *Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A22.1. Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimental	
Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	2	1	3
		Expected Count	1,5	1,5	3,0
		% within Grup de cercetare	3,6%	1,8%	2,7%
		Adjusted Residual	,6	-,6	
	În mare măsură	Count	3	3	6
		Expected Count	3,0	3,0	6,0
		% within Grup de cercetare	5,5%	5,5%	5,5%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	În mică măsură	Count	9	9	18
		Expected Count	9,0	9,0	18,0
		% within Grup de cercetare	16,4%	16,4%	16,4%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	Deloc	Count	41	42	83
		Expected Count	41,5	41,5	83,0
		% within Grup de cercetare	74,5%	76,4%	75,5%
		Adjusted Residual	-,2	,2	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	

	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%
--	----------------------------	--------	--------	--------

Tabelul A22.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	,345	3	,951
Likelihood Ratio	,352	3	,950
Linear-by-Linear Association	,162	1	,688
N of Valid Cases	110		

a. 4 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,50.

Anexa 23. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A23.1. Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimental	
Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	36	37	73
		Expected Count	36,5	36,5	73,0
		% within Grup de cercetare	65,5%	67,3%	66,4%
		Adjusted Residual	-,2	,2	
	În mare măsură	Count	19	17	36
		Expected Count	18,0	18,0	36,0
		% within Grup de cercetare	34,5%	30,9%	32,7%
		Adjusted Residual	,4	-,4	
	Deloc	Count	0	1	1
		Expected Count	,5	,5	1,0
		% within Grup de cercetare	0,0%	1,8%	0,9%
		Adjusted Residual	-1,0	1,0	
Total		Count	55	55	110
		Expected Count	55,0	55,0	110,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A23.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,125 ^a	2	,570
Likelihood Ratio	1,511	2	,470
Linear-by-Linear Association	,032	1	,858
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,50.

Anexa 24. Datele statistice referitoare la variabila *Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de constatare

Tabelul A24.1. Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare		Total	
		control	experimenta l		
Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice	Foarte necesare	Count	36	39	75
		Expected Count	37,5	37,5	75,0
		% within Grup de cercetare	65,5%	70,9%	68,2%
		Adjusted Residual	-,6	,6	
	Necesare	Count	19	16	35
		Expected Count	17,5	17,5	35,0
		% within Grup de cercetare	34,5%	29,1%	31,8%
		Adjusted Residual	,6	-,6	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A24.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,377 ^a	1	,539		
Continuity Correction ^b	,168	1	,682		
Likelihood Ratio	,377	1	,539		
Fisher's Exact Test				,683	,341
Linear-by-Linear Association	,374	1	,541		
N of Valid Cases	110				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 13,50.

b. Computed only for a 2x2 table

Anexa 25. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A25.1. Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră) *

Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimenta 1	
Cunoștințe despre instrumente (telescop și cameră)	În foarte mare măsură	Count	0	46	46
		Expected Count	23,0	23,0	46,0
		% within Grup de cercetare	0,0%	83,6%	41,8%
		Adjusted Residual	-8,9	8,9	
	În mare măsură	Count	12	8	20
		Expected Count	10,0	10,0	20,0
		% within Grup de cercetare	21,8%	14,5%	18,2%
		Adjusted Residual	1,0	-1,0	
	În mică măsură	Count	24	1	25
		Expected Count	12,5	12,5	25,0
		% within Grup de cercetare	43,6%	1,8%	22,7%
		Adjusted Residual	5,2	-5,2	
	Deloc	Count	19	0	19
		Expected Count	9,5	9,5	19,0
		% within Grup de cercetare	34,5%	0,0%	17,3%
		Adjusted Residual	4,8	-4,8	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A25.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	86,960	3	,000
Likelihood Ratio	117,175	3	,000
Linear-by-Linear Association	78,581	1	,000
N of Valid Cases	110		

0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 9,50.

Tabelul A25.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,889	,000
	Cramer's V	,889	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 26. Datele statistice referitoare la variabila *Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A26.1. Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare		Total	
		control	experimental		
Cunoștințe despre utilizarea softurilor pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice	Foarte bine	Count	1	40	41
		Expected Count	20,5	20,5	41,0
		% within Grup de cercetare	1,8%	72,7%	37,3%
		Adjusted Residual	-7,7	7,7	
	Bine	Count	6	12	18
		Expected Count	9,0	9,0	18,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	21,8%	16,4%
		Adjusted Residual	-1,5	1,5	
	Puțin	Count	8	2	10
		Expected Count	5,0	5,0	10,0
		% within Grup de cercetare	14,5%	3,6%	9,1%
		Adjusted Residual	2,0	-2,0	
	Foarte puțin	Count	14	1	15
		Expected Count	7,5	7,5	15,0
		% within Grup de cercetare	25,5%	1,8%	13,6%
		Adjusted Residual	3,6	-3,6	
	Deloc	Count	26	0	26
		Expected Count	13,0	13,0	26,0
		% within Grup de cercetare	47,3%	0,0%	23,6%
		Adjusted Residual	5,8	-5,8	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A26.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	79,964	4	,000
Likelihood Ratio	102,819	4	,000
Linear-by-Linear Association	75,573	1	,000
N of Valid Cases	110		

0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,00.

Tabelul A26.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,853	,000
	Cramer's V	,853	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 27. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A27.1. Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice *
Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare			
		control	experimental	Total	
Cunoștințe despre metoda observațiilor astrometrice și fotometrice	Foarte bine	Count	2	45	47
		Expected Count	23,5	23,5	47,0
		% within Grup de cercetare	3,6%	81,8%	42,7%
		Adjusted Residual	-8,3	8,3	
	Bine	Count	7	6	13
		Expected Count	6,5	6,5	13,0
		% within Grup de cercetare	12,7%	10,9%	11,8%
		Adjusted Residual	,3	-,3	
	Puțin	Count	4	4	8
		Expected Count	4,0	4,0	8,0
		% within Grup de cercetare	7,3%	7,3%	7,3%
		Adjusted Residual	,0	,0	
	Foarte puțin	Count	13	0	13
		Expected Count	6,5	6,5	13,0
		% within Grup de cercetare	23,6%	0,0%	11,8%
		Adjusted Residual	3,8	-3,8	
	Deloc	Count	29	0	29
		Expected Count	14,5	14,5	29,0
		% within Grup de cercetare	52,7%	0,0%	26,4%
		Adjusted Residual	6,3	-6,3	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A27.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	81,417 ^a	4	,000
Likelihood Ratio	106,916	4	,000
Linear-by-Linear Association	75,781	1	,000
N of Valid Cases	110		

a. 2 cells (20,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4,00.

Tabelul A27.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,860	,000
	Cramer's V	,860	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 28. Datele statistice referitoare la variabila *Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A28.1. Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice *

Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experiment al	
Capacități de a realiza observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	1	37	38
		Expected Count	19,0	19,0	38,0
		% within Grup de cercetare	1,8%	67,3%	34,5%
		Adjusted Residual	-7,2	7,2	
	În mare măsură	Count	6	13	19
		Expected Count	9,5	9,5	19,0
		% within Grup de cercetare	10,9%	23,6%	17,3%
		Adjusted Residual	-1,8	1,8	
	În mică măsură	Count	11	5	16
		Expected Count	8,0	8,0	16,0
		% within Grup de cercetare	20,0%	9,1%	14,5%
		Adjusted Residual	1,6	-1,6	
	Deloc	Count	37	0	37
		Expected Count	18,5	18,5	37,0
		% within Grup de cercetare	67,3%	0,0%	33,6%
		Adjusted Residual	7,5	-7,5	
Total	Count	55	55	55	
	Expected Count	55,0	55,0	55,0	
	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabelul A28.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	75,934	3	,000
Likelihood Ratio	99,670	3	,000
Linear-by-Linear Association	75,154	1	,000
N of Valid Cases	110		

0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 8,00.

Tabelul A28.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,831	,000
	Cramer's V	,831	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 29. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A29.1. Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimental	
Abilități și deprinderi de a utiliza softuri pentru reducerea și analiza datelor astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	2	42	44
		Expected Count	22,0	22,0	44,0
		% within Grup de cercetare	3,6%	76,4%	40,0%
		Adjusted Residual	-7,8	7,8	
	În mare măsură	Count	9	11	20
		Expected Count	10,0	10,0	20,0
		% within Grup de cercetare	16,4%	20,0%	18,2%
		Adjusted Residual	-,5	,5	
	În mică măsură	Count	17	2	19
		Expected Count	9,5	9,5	19,0
		% within Grup de cercetare	30,9%	3,6%	17,3%
		Adjusted Residual	3,8	-3,8	
	Deloc	Count	27	0	27
		Expected Count	13,5	13,5	27,0
		% within Grup de cercetare	49,1%	0,0%	24,5%
		Adjusted Residual	6,0	-6,0	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0

	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%
--	----------------------------	--------	--------	--------

Tabelul A29.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	75,406	3	,000
Likelihood Ratio	95,908	3	,000
Linear-by-Linear Association	72,070	1	,000
N of Valid Cases	110		

0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 9,50.

Tabelul A29.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,828	,000
	Cramer's V	,828	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 30. Datele statistice referitoare la variabila *Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A30.1. Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

			Grup de cercetare		Total
			control	experimental	
Deprinderi de a utiliza instrumente (telescop și cameră) pentru a realiza observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	3	40	43
		Expected Count	21,5	21,5	43,0
		% within Grup de cercetare	5,5%	72,7%	39,1%
		Adjusted Residual	-7,2	7,2	
	În mare măsură	Count	3	9	12
		Expected Count	6,0	6,0	12,0
		% within Grup de cercetare	5,5%	16,4%	10,9%
		Adjusted Residual	-1,8	1,8	
	În mică măsură	Count	10	6	16
		Expected Count	8,0	8,0	16,0
		% within Grup de cercetare	18,2%	10,9%	14,5%
		Adjusted Residual	1,1	-1,1	
	Deloc	Count	39	0	39
		Expected Count	19,5	19,5	39,0
		% within Grup de cercetare	70,9%	0,0%	35,5%
		Adjusted Residual	7,8	-7,8	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0

	% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%
--	----------------------------	--------	--------	--------

Tabelul A30.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	74,837	3	,000
Likelihood Ratio	96,065	3	,000
Linear-by-Linear Association	73,331	1	,000
N of Valid Cases	110		

0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6,00.

Tabelul A30.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,825	,000
	Cramer's V	,825	,000
N of Valid Cases		110	

Anexa 31. Rezultatele statistice asociate cu variabila *Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A31.1. Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare		Total	
		control	experimental		
Interes și curiozitate pentru a învăța prin investigație realizarea de observații astrometrice și fotometrice	În foarte mare măsură	Count	37	48	85
		Expected Count	42,5	42,5	85,0
		% within Grup de cercetare	67,3%	87,3%	77,3%
		Adjusted Residual	-2,5	2,5	
	În mare măsură	Count	18	7	25
		Expected Count	12,5	12,5	25,0
		% within Grup de cercetare	32,7%	12,7%	22,7%
		Adjusted Residual	2,5	-2,5	
Total		Count	55	55	110
		Expected Count	55,0	55,0	110,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A31.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6,264 ^a	1	,012		
Continuity Correction ^b	5,176	1	,023		
Likelihood Ratio	6,437	1	,011		
Fisher's Exact Test				,022	,011
Linear-by-Linear Association	6,207	1	,013		
N of Valid Cases	110				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 12,50.

b. Computed only for a 2x2 table

Tabelul A31.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	-,239	,012
	Cramer's V	,239	,012
N of Valid Cases		110	

Anexa 32. Datele statistice referitoare la variabila *Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice* obținute în cadrul experimentului pedagogic de validare

Tabelul A32.1. Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice * Grup de cercetare Crosstabulation

		Grup de cercetare		Total	
		control	experimental		
Conștientizarea importanței învățării astronomiei prin observații astrometrice și fotometrice	Foarte necesare	Count	36	50	86
		Expected Count	43,0	43,0	86,0
		% within Grup de cercetare	65,5%	90,9%	78,2%
		Adjusted Residual	-3,2	3,2	
	Necesare	Count	19	5	24
		Expected Count	12,0	12,0	24,0
		% within Grup de cercetare	34,5%	9,1%	21,8%
		Adjusted Residual	3,2	-3,2	
Total		Count	55	55	55
		Expected Count	55,0	55,0	55,0
		% within Grup de cercetare	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelul A32.2. Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	10,446 ^a	1	,001		
Continuity Correction ^b	9,007	1	,003		
Likelihood Ratio	10,997	1	,001		
Fisher's Exact Test				,002	,001
Linear-by-Linear Association	10,351	1	,001		
N of Valid Cases	110				

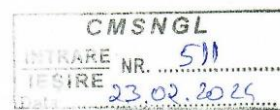
0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 12,00.

Computed only for a 2x2 table

Tabelul A32.3. Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	-,308	,001
	Cramer's V	,308	,001
N of Valid Cases		110	

Anexa 33. Certificat de implementare a experimentului pedagogic



Complexul Muzeal de Științele Naturii "Răsvan Angheluță" Galați

Strada Regiment 11 Siret, nr.6 A, cod 800340, Galați - România,
telefon: +40 236 411898, fax: +40 236 414475,
e-mail: contact@cmsngl.ro, web: www.cmsngl.ro



CERTIFICAT DE IMPLEMENTARE

Prin prezenta, se confirmă că domnul Tercu Jan-Ovidiu, doctorand al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, în perioada 2022 – 2023, a realizat online experimentul pedagogic pentru teza de doctorat cu tema „Formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie”, la Observatorul Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați.

Manager,

Dr. ing. Lupoae Paul



Anexa 34. Confirmare privind implementarea rezultatelor cercetării

MINISTERUL EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA
**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
A MOLDOVEI**



MINISTRY OF EDUCATION
AND RESEARCH OF THE REPUBLIC
OF MOLDOVA
**TECHNICAL UNIVERSITY
OF MOLDOVA**

MD-2004, Chișinău, Bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, Tel: 022 23-78-61 | Fax: 022 23-54-41, www.utm.md

Nr. 05-2594 din 19.09.2024

CONFIRMARE

Prin prezenta se confirmă că, rezultatele cercetării obținute în cadrul tezei de doctor cu titlul „Formarea competenței investigaționale a elevilor dotați prin intermediul activităților extrașcolare de astronomie”, elaborate de domnul Tercu Jan-Ovidiu în perioada 1.01.2024 – 31.08.2024 au fost implementate în cadrul Observatorului Astronomic al Universității Tehnice a Moldovei.

Prorector pentru cercetare, dr. hab., prof.univ.

Vasile TRONCIU



Executor:
Vitalie Chistol
Tel. 069253062

Acest document conține date cu caracter personal, prelucrate în sistemul de evidență nr. 0000692, înregistrat în Registrul de evidență al operatorilor de date cu caracter personal www.registru.datepersonale.md. Prelucrarea acestor date poate fi efectuată doar în condițiile prevăzute de Legea nr. 133 din 08.07.2011 privind protecția datelor cu caracter personal.

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul Tercu Jan-Ovidiu, doctorand în cadrul Școlii Doctorale „Științe ale Educației”, a Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, declar pe proprie răspundere că materialele prezentate în teza de doctorat cu tema „FORMAREA COMPETENȚEI INVESTIGAȚIONALE A ELEVILOR DOTAȚI PRIN INTERMEDIUL ACTIVITĂȚILOR EXTRAȘCOLARE DE ASTRONOMIE” sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Semnătura:

Data: 4.10.2024

CURRICULUM VITAE

Numele: Tercu Jan-Ovidiu

Data nașterii: 10.05.1971, Galați

Cetățenie: română



Educație și formare:

1990 – 1996: Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Mecanică, Specializarea: UTS, Inginer;

2009: Universitatea din Craiova, Facultatea de Fizică. Studii postuniversitare de specializare în astronomie;

2019 – 2021: Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul în Chișinău), Facultatea de Fizică, Matematică și Tehnologii Informaționale. Master în Științe ale educației, Programul de studii: Fizică modernă și tehnologii formative;

2021 – 2024: Universitatea de Stat din Tiraspol (cu sediul în Chișinău), Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, Școala doctorală „Științe ale Educației”, Doctorand.

Domenii de interes științific:

- ✓ Educația în astronomie;
- ✓ Didactica astronomiei;
- ✓ Educația muzeală;
- ✓ Astrometria și fotometria.

Participări la manifestări științifice naționale și internaționale:

- Conferința „Diaspora în Cercetarea Științifică și Învățământul Superior din România”, Workshop Exploratoriu „Astronomia Românească în Contextul Mondial Actual” Agenția Spațială Română (ROSA) - Institutul Național pentru Cercetări Aerospațiale, București, 21-24 septembrie 2010;
- Sesiunea Națională de Comunicări Științifice, Edițiile VII-XVII, Muzeul „Vasile Pârvan”, Bârlad, 2011-2022;

- The 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics - ICTEI 2018, Microsystems, Robotics, Space Technologies and Applied Astronomy, Technical University of Moldova, Chișinău, 24-27 mai 2018;
- Conferința Științifică a Studenților, Chișinău, UST, Republica Moldova, 13-14 mai 2020;
- Conferința Științifică Internațională „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)” dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol Gremalschi, Chișinău, UST, Republica Moldova, 29-30 octombrie 2021;
- Conferința Interdisciplinară „Science and Education”, Universitatea Danubius, Galați, 25 martie 2022;
- Congresul Științific Internațional Moldo-Polono-Român: Educație – Politici – Societate, Chișinău-Cracovia, 11-13 aprilie 2022;
- Conferința Științifică Studențească cu Participare Internațională, ediția LXXI-a, Chișinău, UST, Republica Moldova, 20 aprilie 2022;
- Conferința de Educație Non-Formală, Ediția a I-a, Universitatea Danubius, Galați, 8 decembrie 2022;
- Conferința Internațională „Innovative Manufacturing Engineering&Energy”, Ediția a 27-a, Universitatea Tehnică a Moldovei, 12-14 octombrie 2023;
- Conferința Științifică Internațională „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)” Ediția a III-a, dedicată a 85-a aniversare a profesorului Ilie Lupu, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2023;
- Sesiunea Internațională de Comunicări Științifice, Edițiile XVIII-XIX, Muzeul „Vasile Pârvan”, Bârlad, 2023-2024;
- Seminarul Științifico-Metodologic „Probleme actuale ale predării-învățării-evaluării fizicii în învățământul general”, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 7 martie 2024;
- Conferința Științifico-Practică Internațională „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”, Ediția a XI-a, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 16-17 mai 2024;
- Simpozionul „Nicolae Donici și astronomia pe meleaguri moldovene”, Academia Română, Academia de Științe a Republicii Moldova și Institutul Astronomic al Academiei Române, 11 septembrie 2024.

Lucrări științifice și științifico-metodice publicate:

- CURELARU, L., **TERCU, O.**, DUMITRIU, A., GAVRILA, V., URSACHE, F., VLADU, C. Neglected Double Star Measurements at the Astronomical Observatory of the Natural Science Museum Galati. In: Journal of Double Star Observations, 2012, Vol. 8 No. 3, pp. 201-209. ISSN 2572-4436;
- VADUVESCU, O., et al. 739 observed NEAs and new 2-4 m survey statistics within the EURONEAR network, In: Planetary and Space Science, Volume 85, 2013, pp. 299-311. ISSN 0032-0633. (incluzând pe **TERCU, O.** ca autor);
- **TERCU, O.** Activitatea științifică și educațională desfășurată la Planetariul și Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii Galați. In: The 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics ICTEI 2018. Chișinău, Republica Moldova, 24 – 27 May 2018, pp. 291 – 294. ISBN 978-9975-45-540-4;
- **TERCU, J.O.** Observarea asteroizilor și a cometelor cu camera CCD. In: Materialele conferinței științifice a studenților, 13-14 mai 2020, Chișinău, Ediția 69, pp. 197-201. ISBN 978-9975-76-309-7;
- COLAS, F., et al. FRIPON: A worldwide network to track incoming meteoroids. In: Astronomy and Astrophysics, 2020, Volume 664, pp. 1-23. ISSN 0004-6361. (incluzând pe **TERCU, J.O.** ca autor);
- **TERCU, J.O.**, NEAGU G.C. Observarea fotometrică a stelelor variabile de tip Delta Scuti. In: Materialele Conferinței științifice internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)” dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol Gremalschi, Chișinău, UST, Republica Moldova, 29-30 octombrie 2021, Volumul II, pp. 89-92. ISBN 978-9975-76-358-5;
- SANTOS-SANZ, P., et al. Physical properties of the trans-Neptunian object (38628) Huya from a multi-chord stellar occultation. In: Astronomy and Astrophysics, 2022, Volume 664, pp. 1-18. ISSN 0004-6361. (incluzând pe **TERCU, J.O.** ca autor);
- **TERCU, J.-O.** Formarea competenței investigaționale a elevilor prin intermediul observațiilor astronomice la Near-Earth Asteroids. In: Materialele Congresului științific internațional Moldo-Polono-Român: Educație – Politici – Societate, Chișinău-Cracovia, 11-13 aprilie 2022, Vol. V, nr. 1, pp. 233-239. ISBN 978-9975-76-398-1;
- **TERCU, J.-O.** Instrumente utilizate în activitățile extrașcolare pentru observații astronomice. In: Conferința științifică studentescă cu participare internațională, ediția

LXXI-a, Chișinău, UST, Republica Moldova, 20 aprilie 2022, VOL. 1, pp. 455-459. ISBN 978-9975-76-394-3;

- **TERCU, J.-O.** Importanța competenței investigaționale în educația extrașcolară a elevilor dotați. In: Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept STEAM)”, Ediția a III-a, dedicată a 85-a aniversare a profesorului Ilie Lupu, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2023, pp. 437-443. ISBN 978-9975-46-813-8;
- **TERCU, J.-O.** Observarea asteroizilor și a cometelor în cadrul experimentului pedagogic de formare a competenței investigaționale la elevii dotați. In: Conferința științifico-practică internațională „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”, Ediția a XI-a, Chișinău, UPSC, Republica Moldova, 16-17 martie 2024, Vol.2, pp. 110-115. ISBN 978-9975-46-904-3;
- **TERCU, J.-O.** The study of variable stars within extracurricular astronomy activities. In: Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației), 2024, nr. 5(175), pp. 152-156. ISSN 1857-2103;
- **TERCU, J.-O.** Observarea stelelor duble: integrarea astronomiei în activitățile extrașcolare pentru elevii dotați. In: Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”, 2024, nr. 1(72), pp. 139-142. ISSN 1857-0461;
- **TERCU, J.-O., CHISTOL, V.** Methodology of organizing astronomical observations of asteroids and comets within the extracurricular activities of students. In: Physics Education, 2024, Vol. 59, nr. 1. ISSN: 1361-6552;
- **TERCU, J.-O., CHISTOL, V.** Predarea astronomiei în România și în Republica Moldova: impactul acesteia asupra educației elevilor. In: Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”, 2024, nr. 2(73), pp. 145-151. ISSN 1857-0461.
- **TERCU, J.-O., CHISTOL, V.** Automation and research competence in extracurricular astronomy activities for gifted student. In: Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 2024, Vol 67, No 2S, pp. 655-662. ISSN 2393-2988.

Premii, mențiuni, distincții:

2013: Premiul Municipiului Galați oferit de Consiliul Local Galați pentru performanță în domeniul Știință;

2016: Premiul Fundației Horia Hulubei oferit de Fundația „Horia Hulubei” pentru descoperirea mai multor stele variabile de tip W Ursae Majoris și a celorlalte stele variabile

din seria Galati V1 - Galati V9, pentru prima observație din România a unei planete extrasolare, pentru numeroasele observații asupra asteroizilor și a cometelor și pentru susținuta activitate de astronomie educațională în cadrul Observatorului Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați;

2017: Premiul de Excelență în cadrul Galei Culturii și Patrimoniului, ediția a V-a oferit de Direcția Județeană pentru Cultură Galați, Ministerul Culturii și Identității Naționale;

2018: Premiul Municipiului Galați oferit de Consiliul Local Galați pentru întreaga activitate din domeniul astronomiei;

2020: Certificate for the FIRST PRIZE In European Astronomy Contest „Catch a Star” European oferit de Association for Astronomy Education pentru Project: The discovery of the variability of HD 46089, which visible to the naked eye, is the most important one made by the Galati Astronomical Observatory;

2024: Asteroidul (664136) Tercu a fost denumit în onoarea autorului de către Uniunea Astronomică Internațională (UAI), în semn de recunoaștere pentru contribuțiile sale la realizarea Observatorului Astronomic al Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” și pentru înființarea Astroclubului „Călin Popovici”. Totodată, recunoașterea a vizat aportul adus în educația astronomică și popularizarea astronomiei în rândul publicului larg, pentru observațiile realizate asupra asteroizilor și cometelor, precum și pentru descoperirea de stele variabile și rolul de mentor pentru mai multe generații de astronomi, atât amatori, cât și profesioniști.

Apartenență la societăți/asociații științifice naționale și internaționale:

Membru în Asociația „Astronomia 21”.

Activități în cadrul colegiilor de redacție ale revistelor științifice:

Membru al colegiului de redacție al revistei de astronomie Perseus.

Cunoașterea limbilor:

Engleză – Mediu.

Date de contact de serviciu:

Complexul Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați,

Compartimentul Planetariu/Observator Astronomic;

Adresa: Strada Regimentul 11 Siret 6A, Galați 800340;

Telefon: 0746020001;

e-mail: ovidiu.tercu@gmail.com