

ВЪВЕЖДАНЕ НА УЧЕНИЦИ И СТУДЕНТИ В ПРАКТИЧЕСКАТА АСТРОНОМИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНСТРУМЕНТИ НА ВИРТУАЛНАТА ОБСЕРВАТОРИЯ

Александър Куртенков

Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория към БАН

Резюме. Астрономическите обзори от последните десетилетия превръщат употребата на каталози и архивни данни в едно от основните умения на съвременните наблюдателни астрономи. Инструментите на Виртуалната обсерватория дават на студенти и напреднали ученици възможността сами да провеждат астрономически изследвания, използвайки свободно достъпни наблюдателни данни. За целта те трябва да притежават набор от основни теоретични познания в областта на астрономията. В настоящата статия е направен преглед на тези теоретични познания и на инструменти на Виртуалната обсерватория, удобни за ученици и студенти. Представени са резултати, получени от ученици и студенти с такива инструменти на лагер-школата по астрономия и астрофизика „Бели брези“.

Ключови думи: астрономически каталози; образование по астрономия; наблюдателна астрономия; виртуална обсерватория; наука за данните

1. Тенденции в съвременната наблюдателна астрономия

През последните две десетилетия астрономията се утвърди като една от най-достъпните науки. Научните статии и цитирания в областта на астрономията и астрофизиката са надлежно индексирани в базата данни SAO/NASA ADS (Astrophysics Data System)¹⁾, която не изисква регистрации и такси, а почти всички научни издания в областта поощряват самоархивирането в arXiv.org²⁾, където се публикуват около 50 свободно достъпни публикации дневно. Астрономията е наука, която работи с обекти – често пъти твърде многобройни, за да е практично параметрите им да се опишат в самата научна статия. Поради това астрономическите каталози се индексират отделно от статиите, въпреки че изготвянето на всеки каталог традиционно е описано в конкретна научна статия. Астрономическите каталози се събират и индексират от астрономическия център за данни в Страсбург CDS в базата данни VizieR³⁾. Към август 2021 г. VizieR дава свободен достъп до над 21 000 астрономически каталога, съдържащи таблична информация за координати, потоци в различ-

ни диапазони от електромагнитния спектър, собствени движения по небето,лъчеви скорости, металичности, маси, размери, температури и други параметри на звезди, звездни купове, галактики и други космически обекти. Само един от тези каталози – третият data release от мисията Gaia, публикуван през 2021 г., съдържа информация за над 1,8 милиарда обекта (Gaia collaboration et al. 2021). Информацията, достъпна през ADS и VizieR, се събира и представя структурирано и в бази данни, насочени към отделни типове астрономически обекти. Такива бази данни са MPC за астероиди и комети⁴⁾, NED за галактики и активни галактични ядра⁵⁾, WEBDA за разсеяни звездни купове⁶⁾ и SIMBAD за всякакви обекти извън Слънчевата система⁷⁾ – една от най-използваните, но поради широката си насоченост и една от най-непълните бази данни.

Има два вида астрономически наблюдения в зависимост от начина на планиране – насочени и обзорни. Насочените наблюдения се извършват върху един или повече конкретни астрономически обекти по предварително планирана научна задача, обикновено описана в наблюдателна заявка (proposal). Обзорните наблюдения целят събирането на данни по даден тертип за много на брой обекти – например звездни величини в конкретни филтри на всички обекти, които телескопът може да засече в дадена 20-градусова област от небето. Обзорните мисии може да имат една конкретна водеща научна задача, но почти със сигурност генерират огромно количество данни, които могат да бъдат използвани за странични научни задачи. Припокриването на обзорните наблюдения с възможностите на малките телескопи означава, че малките обсерватории са все по-силно ограничени откъм възможни научни задачи, с които да допълват световната наука. Телескопи с размер на главното огледало до 1 m вече са ограничени почти само до задачи, свързани с променливост, а и тези им функции се изземват все по-силно от мисии за променливи звезди и транзиенти като ASAS-SN (Kochanek et al. 2017), ZTF (Bellm et al. 2019) и предстоящата LSST (Tyson 2002). Вследствие на тези процеси е силно вероятно тези малки телескопи да станат напълно непотребни за извършване на научни задачи в близките няколко десетилетия и да се превърнат в обучителни инструменти, а в някои случаи – в музейни експонати. За сравнение, в България има само един действащ телескоп с главно огледало над 1 m – 2mRCC телескопът на НАО „Рожен“. В момента тече процедура по изграждането на втори телескоп от този калибър в НАО „Рожен“ – 1,5-метров f/6 телескоп с модерна електроника и алт-азимутална монтировка, на който се очаква да започнат редовни наблюдения около 2023 г. Тези два телескопа ще правят извършването на насочени наблюдения достъпно за следващото поколение астрономи в България. Но дори и за астрономи, извършващи наблюдения с най-големите инструменти в света, употребата на архивни данни и каталози вече е неизбежна част от работния процес.

2. Инструменти на Виртуалната обсерватория (VO)

Огромното количество налични данни за космическите обекти отваря възможността за конструиране и изпълнение на много задачи, свързани с установяване на статистически зависимости, data mining и т.н. Би било твърде непрактично всеки учен индивидуално да пише код за визуализация и проверка на всяка зависимост, за всяко ограничение по координати и за другите често извършвани операции с въпросните данни. За целта е разработен набор от софтуерни продукти, обединени под шапката на Виртуалната обсерватория. В началото на XXI век различни национални научни общества организират свои виртуални обсерватории (AstroGrid⁸), US NVO⁹) и др.), включващи архиви от данни (таблицы, спектри, кадри във FITS формат). Но тъй като астрономията е изключително интернационална като динамика на научната работа, индивидуалността на тези проекти бързо се обезсмисля и те замират. Поради това в наши дни под „Виртуална обсерватория“ се имат предвид всички налични данни и VO инструментите: софтуерните продукти и онлайн базите, които могат да си взаимодействат да представят данните в унифициран формат, така че астрономът да получи интегрирана user-friendly среда за бърза работа с тях. Най-добрият пример за такава унификация е форматът за таблици VOTable, предпочитан пред CSV и ASCII, тъй като на множество типови астрономически колонки се присвоява т.нар. Universal Content Descriptor, който е ползван за идентификация на значението на колонката от съответния VO инструмент. Взаимодействието между VO инструментите може да се осъществи със SAMP – messaging хъб, създаден, за да прехвърля данни директно между два едновременно активни VO инструмента: например html таблица, отворена в браузъра във VizieR, може да бъде препратена директно към Aladin, за да се визуализира по небето върху изображения на звезди в даден регион, а Aladin може да я препрати в TOPCAT, където да се сложат ограничения по параметри на звездите. Според IVOA (International Virtual Observatory Alliance)¹⁰) Виртуалната обсерватория „не е фиксирана система, а по-скоро начин на правене на нещата“. Но не липсва и конкретика – в списъка на сайта на IVOA са представени и класифицирани 29 софтуера, които Виртуалната обсерватория ползва като инструменти. Отделно от тях много от популярните астрономически онлайн инструменти и софтуерни продукти имат функции, които ги интегрират с Виртуалната обсерватория – напр. SIMBAD, IRAF, DS9, и най-вече VizieR.

И какво печелим от това? Отговорът е: удобство. Представете си например, че имаме разсеян звезден куп – гравитационно свързана система от звезди, родени заедно, които се движат заедно в галактиката ни. Заради гравитационното взаимодействие между отделните звезди в купа се случва някоя от тях да получи необходимата кинетична енергия за излизане от купа. Такава звезда, изхвърлена наскоро от купа (преди по-малко от милион години), все още ще

е сравнително близо до купа по небето и ще може да бъде идентифицирана измежду многото звезди от фона, ако използваме правилните параметри. От един каталог ще вземем координатите на звездите, собствените им движения (ъгловите скорости спрямо координатна система, фиксирана върху далечните галактики), а от друг каталог – звездни величини на звездите в полето в различни филтри. След това ще пробваме да търсим с различни ограничения (на разстояние от купа, равно на 3, 5, 8 радиуса на купа, разлика в собственото движение 2, 3, 4 mas/yr и т.н.) и ще извадим списък от кандидати. Ще ги проверим, използвайки звездните величини – ако лягат върху диаграмата цвят – звездна величина за купа, има висок шанс да са асоциирани с него. Всички тези операции (комбинирането на таблици с критерии по екваториални координати, извършване на аритметични операции с колонките, поставяне на ограничения) могат да бъдат извършени за даден куп за 2 – 3 дни, ако астрономът сам реши да пише кода, с който да ги извърши, или за половин час, ако използва инструментите на Виртуалната обсерватория. Тази възможност на VO инструментите им дава две големи предимства.

1. Научно – астрономът ще може да направи по-голям брой проверки и операции с данните, което ще го доближи много по-бързо до научния му резултат.
2. Образователно – това, че VO инструментите са толкова лесни за употреба, ги прави изключително подходящи като образователни средства за студенти, а и за напреднали ученици в гимназиален етап. Тази user friendly VO среда позволява на ученици и студенти да обърнат вниманието си не върху технически детайли, а върху самите научни задачи, до които води наблюдателната астрономия, т.е. директно върху фундаменталната причина да се занимават с астрономия – да изследват Космоса. В настоящата статия се концентрираме именно върху този аспект.

3. Учениците и практическата астрономия – минимални изисквания и бърз поглед върху образователната система

Разбира се, за всяка практическа научна работа има необходим минимум теоретични познания. За ученик/студент, който не притежава такива познания, съществува сериозен риск научната работа да остане процес, чийто смисъл и подходи не са добре разбрани, и да се превърне в занаятчийство. Ученик/студент, който не притежава теоретичния минимум, по-късно трудно ще бъде достатъчно критичен към собствената си научна работа, ако въобще е в състояние да извършва такава, т.е. той не може да бъде пълноценен научен кадър. За да не поощряваме такива ситуации, в тази секция ще разгледаме набързо основни теоретични познания, които ученик/студент трябва да притежава, преди да бъде запознат с инструментите на Виртуалната обсерватория (а и с практическата астрономия изобщо).

Координатни системи в астрономията. Небесните координати са основният начин за идентификация на повечето астрономически обекти до такава степен, че повечето големи съвременни каталози включват екваториални координати като част от самото обозначение на обекта. Например SDSS J112232.44+445542.5 е обект в каталога SDSS, който е на екваториални координати $RA = 11^h22^m32.44^s$ $Dec = +44^\circ55'42.5''$. Като минимум, ученикът трябва да е запознат с екваториалните координати (ректасцензия RA , деклинация Dec) и галактичните координати (гал. дължина l , гал. ширина b), както и с факта, че екваториалните координати се променят заради прецесията на земната ос, поради което се дават за дадена година (епоха). Към 2021 г. екваториалните координати в каталозите стандартно се дават в епоха J2000.

Мерни единици за разстояние. Докато в Слънчевата система се използват най-вече астрономически единици ($1 \text{ AU} = 149.6 \times 10^9 \text{ m}$), за обекти извън Слънчевата система се използват най-вече парсеци: $1 \text{ pc} = 206265 \text{ AU}$, и производните им мегапарсеци (Mpc) и гигапарсеци (Gpc) за извънгалактична астрономия.

Слънчеви мерни единици. Масата и радиусът на звездите стандартно се мерят в слънчеви маси и слънчеви радиуси. Слънчевата маса е приблизително $2 \times 10^{30} \text{ kg}$, а слънчевият радиус – около $696\,000 \text{ km}$.

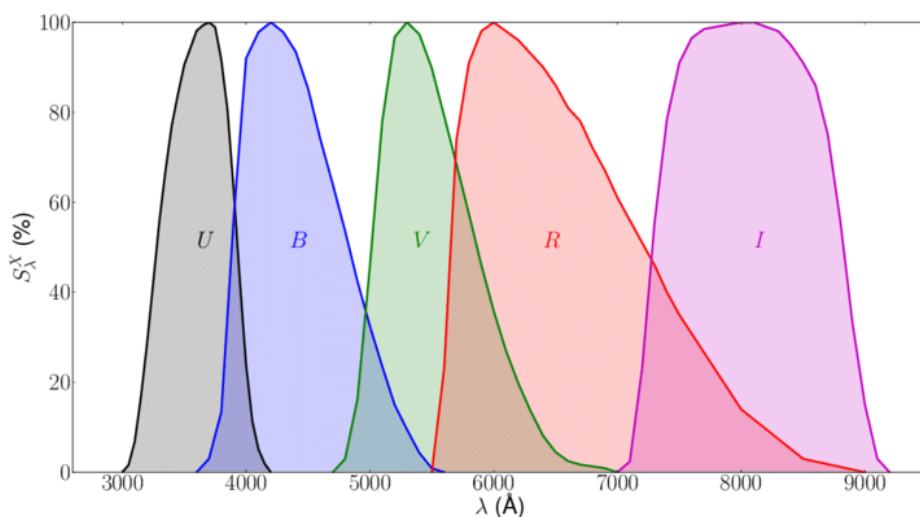
Паралакси и собствени движения. Разстоянието до звезда в парсеци в идеалния случай е равно на реципрочната стойност на годишния паралакс в дъгови секунди. Поради големите разстояния до звездите (паралаксът на най-близката звезда е $0.7''$) предпочитана мерна единица е дъговата милисекунда mas ($1'' = 1000 \text{ mas}$). Аналогично, собствените движения μ на звездата се мерят в mas/уг (дъгови милисекунди годишно). Препоръчително е ученикът да разбира понятията „тангенциална скорост“ и „лъчева скорост“ и да може да прави връзката между тангенциална скорост, разстояние и собствено движение със съответните превръщания на мерни единици.

$$v_T = \mu d$$

Звездни величини и фотометрични системи. Звездните величини в астрономията са основен показател за яркостта на даден обект в даден спектрален диапазон. За да се ограничи този диапазон, се използва филтър (за предпочитане със стандартна крива на пропускане). Самата звездна величина се дефинира като сравнителна характеристика посредством закона на Pogson (Pogson, 1856):

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left(\frac{E_1}{E_2} \right)$$

В този израз m_1 и m_2 са звездните величини на два обекта в даден филтър, а E_1 и E_2 са светлинните потоци на обекта в съответния филтър (измервани в система SI във W/m^2). Това къде се дефинира нулпунктът на звездната величина, зависи от фотометричната система. В система Вега, в която обикновено се ползват звездните величини във филтри UBVRIJHK (фиг. 1), звездната величина на Вега е фиксирана на 0,03 във всички филтри. В система AB, в която най-често се използват ugrizy филтрите на каталозите SDSS и PanSTARRS, звездна величина 0 съответства на въображаем източник с фиксиран интензитет по честота $dE/df = 3.63 \times 10^{-20} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$. Разясненията за фотометричните системи могат да бъдат направени в контекст на употреба на данните, но необходимият теоретичен минимум е ученикът/студентът да знае и използва закона на Pogson.



Фигура 1. Криви на пропускане на Johnson-Cousins UBVRI филтрите (Coelho et al., 2015, European Journal of Physics, 36, 1, article id. 015007)

Връзка между светимост и светлинен поток. Светимостта L (мощността на излъчване) в даден спектрален диапазон, потокът и разстоянието са свързани чрез:

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

Разбира се, според научната задача, която се осъществява с инструментите на Виртуалната обсерватория, необходимите основни познания

варира. Например, ако се ползват данни в радиоастрономията, вместо звездни величини ще се използват потоци в янски (Jy). Но изброените горе основни познания дават възможността на учениците да подхождат с разбиране при извършване на добър набор от научни задачи.

Основни качествени познания за изследваните обекти. Ако се работи със звезди и звездни купове – основни познания по звездна еволюция и звездна астрофизика (закон на Стефан – Болцман, чернотелно излъчване, Харвардска спектрална класификация). Ако се работи с галактики – основни познания, свързани с динамика, строеж, морфология. Ако се работи с планетарни мъглявини – основни познания за естеството им като финален етап в звездната еволюция и за характерния им спектър, и т.н.

Покриват ли учениците тези образователни изисквания? Астрономията е слабо застъпена в учебния материал по физика и астрономия, така че средностатистическият ученик не покрива (и няма нужда да покрива) тези образователни изисквания. Но дейностите, свързани с практическата астрономия за ученици, са насочени към учениците със специализиран интерес към астрономията. Такива ученици имат възможност да добият тези и други основни астрономически познания в образователните материали, достъпни през уебсайта на Националната олимпиада по астрономия¹¹⁾. В материала за олимпиадата по астрономия координатните системи и мерните единици за разстояние се използват от състезателна група VII – VIII клас и по-големи, а останалият описан материал (с изключение на детайлите за фотометричните системи) – от група IX – X клас и по-големи. Тъй като за всеки ученик запознаването с теорията и утвърждаването на познанията (чрез упражнения) отнемат време, в повечето случаи на ученици с активен интерес добро време за запознаване с инструменти на Виртуалната обсерватория е около XI – XII клас, когато интересите от чисто познавателни започват да се трансформират в професионални. В по-редките случаи на силно напреднали ученици (от порядъка на 10 – 20 в страната годишно), такова запознаване е възможно и в IX – X клас. За студенти по физика/астрофизика употребата на VO инструменти може да започне още от I курс, но преди това пълнотата на основните им теоретични познания трябва да бъде проверена, както и при учениците.

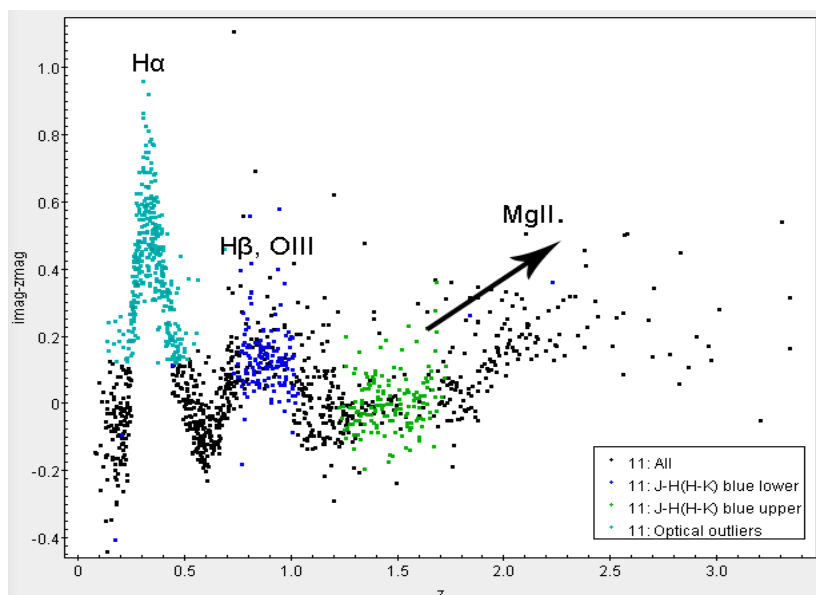
4. TOPCAT – основен VO инструмент за работа с таблици

За напреднали ученици и студенти с добра теоретична подготовка VO инструментите дават прекрасната възможност за пряк досег с реални научни задачи, прилагани с реални данни при много ниски технически

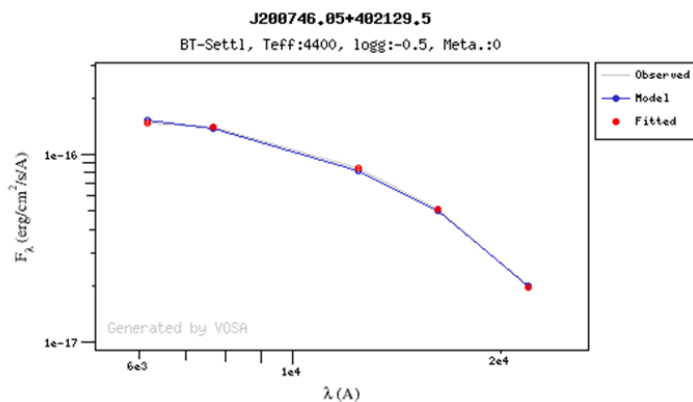
изисквания – есенциално е необходим един лаптоп и добра интернет връзка. Множество лесни и образователни упражнения могат да бъдат извършени с базите данни в комбинация със софтуера TOPCAT. Както името му подсказва, TOPCAT¹²⁾ (Tool for OPERations on Catalogues and Tables) е софтуер за работа с астрономически таблици. Работи с много формати, измежду които – VOTable, FITS, ASCII, CSV, може да извършва аритметични операции с колонките и да създава нова колонка като функция от наличните, може да строи хистограми, 2D и 3D графики с данните и да дава статистика по колони (аритметични, медианни и квантилни стойности, стандартни отклонения и др.). Изключително ценни функции в TOPCAT са ръчното дефиниране на подмножества от данни с огораждане на зона по 2D диаграма, както и идентифицирането на обекти от един каталог в друг по координати с ръчно зададен радиус на търсене (опцията Pair Match¹³⁾).

5. Практически резултати на ученици, постигнати с VO инструменти на лагер-школата по астрономия и астрофизика „Бели брези“

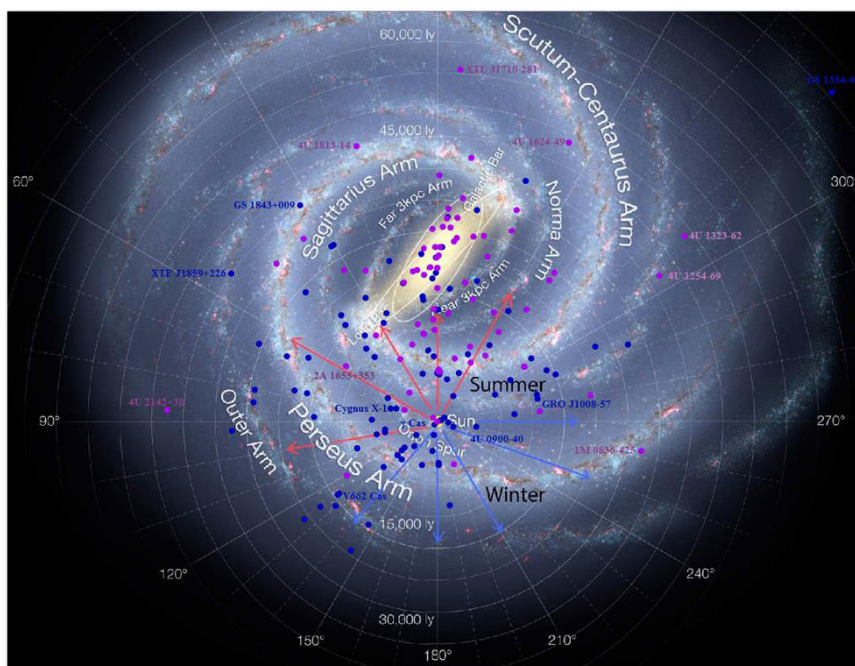
Лятната лагер-школа по астрономия и астрофизика „Бели брези“ е най-мощното ежегодно събитие по наблюдателна астрономия в страната. Организирана от астрономически клуб „Вега“ (Кърджали), Школата събира ученици, студенти и професионални астрономи за две седмици всеки август в комплекса „Бели брези“ на 6 километра от гр. Ардино в Източните Родопи, където се провеждат нощни наблюдения, практически занятия по астрономия и теоретични лекции. Традиционно в Школата участват ръководители от катедра „Астрономия“ на Софийския университет и от Института по астрономия с НАО на БАН, а през годините е била допълвана от много български астрономи в престижни институции, вкл. Харвардския университет, MIT, Европейската южна обсерватория, Лайденската обсерватория, Парижката обсерватория и други. Паралелно с нощните визуални, фотометрични и спектрални наблюдения от 2014 г. насам по време на Школата се провеждат и организирани упражнения за употреба на инструменти на Виртуалната обсерватория. На фиг. 2 – фиг. 7 са представени някои резултати от тези упражнения с кратки описания. През 2016 г. беше публикувана първата научна статия с участие на ученици, базирана на упражнения с VO инструменти от лагер-школата „Бели брези“: *Improved proper motion determinations for 15 open clusters based on the UCAC4 catalog* (Kurténkov 2016). В публикацията в журнала *Research in Astronomy and Astrophysics* с импакт-фактор 1,3 се демонстрира необходимостта от прилагане на фотометрични критерии при определяне на собствените движения на разсеяни звездни купове в нашата галактика.



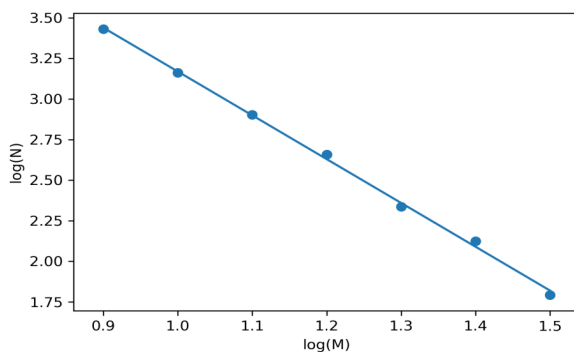
Фигура 2. Зависимост на цветовия индекс (I-z) на квазари от червеното отместване. Работа на Зорница Белчева (University of Bath, I курс), „Бели брези“ 2016 г. Емисионните линии в спектрите на квазарите, отговорни за пиковите, са обозначени до точките



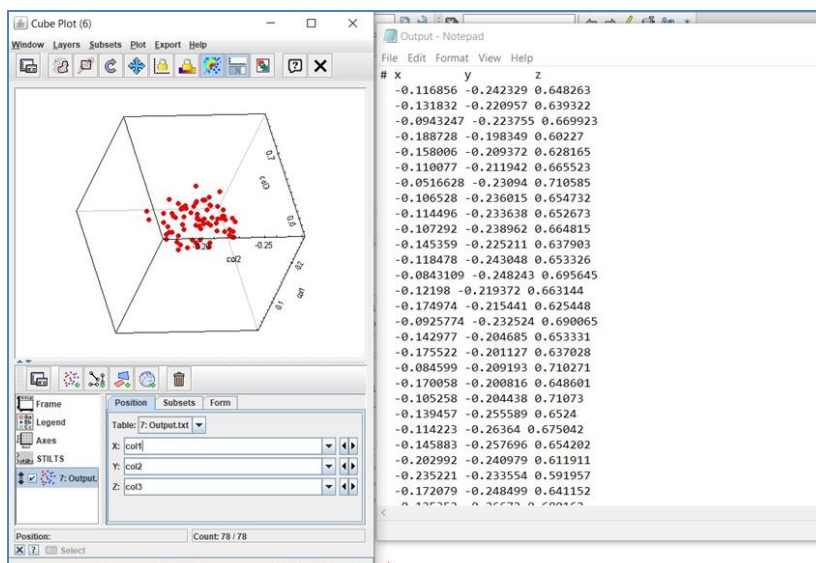
Фигура 3. Спектрално разпределение на енергията на една от 880 звезди, изследвани от Стефан Иванов (ППМГ Бургас, X клас) на лагер-школата „Бели брези“ 2016 г. След напасване на атмосферния модел (синята линия) температурите на звездите са определени с точност 100 K



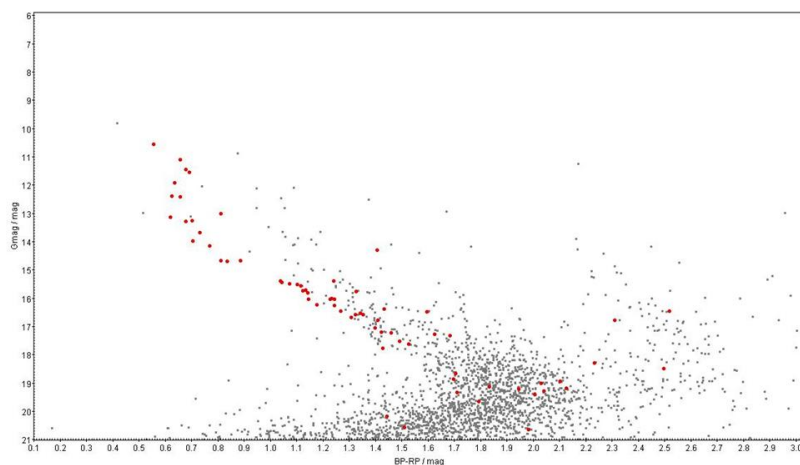
Фигура 4. Карта на добре изследваните рентгенови двойни системи в галактиката, построена от Валентин Делийски (Физически факултет на СУ, III курс) и Александър Атанасов (МГ Плевен, XII клас) на лагер-школата „Бели брези“ 2016 г.



Фигура 5. Начална функция на масите (разпределение по маса) на звездите в галактиката NGC 6822, построена от Божидара Стоянова (University of Manchester, II курс) и Даниел Бумбалов (СУ „Св. Кл. Охридски“, Ямбол, XII клас), „Бели брези“ 2020 г.



Фигура 6. 3D модел на близкия звезден куп Сота, построен от Кристиан Минчев (ППМГ Бургас, XII клас) и Здравко Славов (МГ – Варна, XII клас), „Бели брези“ 2020 г.



Фигура 7. Диаграма цвят – звездна величина на звездите в разсеяния звезден куп NGC 6830, построена като свидетелство за възможна връзка между NGC 6830 и купа Bicaikan 1 (Гергана Чолакова и Добриня Енева, СМГ, XII клас, „Бели брези“ 2020 г.). Звездите – членове на купа, са обозначени с червени точки, а звездите от фона – със сиви точки

6. Заключение

Каталозите и архивните данни бързо се превръщат във водещ фактор в наблюдателната астрономия. За да бъдат пълноценни специалисти, бъдещите поколения български наблюдателни астрономи трябва да бъдат обучени както в провеждане на астрономически наблюдения, така и в работа с огромното количество свободно достъпни данни. Запознаването с инструментите на Виртуалната обсерватория е важна стъпка в тази посока на професионална квалификация. За ученици с изявен интерес и за студенти по физика/астрофизика, такава стъпка може да бъде предприета относително рано – още от 17 – 20-годишна възраст, при наличие на необходимите теоретични познания. Така потенциалните бъдещи астрономи могат отрано да се докоснат до реални научни данни, методи и резултати и да получат мощен инструмент, с който лесно и удобно да изследват Космоса сами, започвайки прехода от теоретични познания към практическа астрономия.

Благодарности

Тази статия е подкрепена финансово от Министерството на образованието и науката, като част от Националната програма „Млади учени и постдокторанти“, одобрена с договор номер #577/17.08.2018.

NOTES

1. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
2. <https://arxiv.org/archive/astro-ph>
3. <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
4. <https://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>
5. <https://ned.ipac.caltech.edu/>
6. <https://webda.physics.muni.cz/>
7. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
8. <http://www.astrogid.org/>
9. <https://sites.google.com/site/usvirtualobservatory/>
10. <http://ivoa.net/>
11. <http://astro-olymp.org/>
12. TOPCAT е свободно достъпен за сваляне като JAR файл (Java формат, изпълним под Windows и Linux базирани системи) и като DMG файл (за MacOS) на адрес <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/>
13. Скрийншотовете на тези опции са достъпни на <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/screenshots.html>

REFERENCES

- Gaia collaboration et al., 2021. Gaia Early Data Release 3. Summary of the contents and survey properties. *Astronomy & Astrophysics* **649**(A1).
- Kochanek, C. S., Shappee, B. J. & Stanek, K. Z., 2017. The All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server v1.0. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **129**(980), 104502.
- Bellm, Eric C., Kulkarni, Shrinivas R. & Graham, Matthew J., 2019. The Zwicky Transient Facility: System Overview, Performance, and First Results. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **131**(995), 018002.
- Tyson, J. Anthony, 2002. Large Synoptic Survey Telescope: Overview. Survey and Other Telescope Technologies and Discoveries. Edited by Tyson, J. Anthony; Wolff, Sidney. *Proceedings of the SPIE* (4836), 10 – 20.
- Kurtenkov, A., Dimitrova, N., Atanasov, A. & Aleksiev, T. D., 2016. Improved proper motion determinations for 15 open clusters based on the UCAC4 catalog. *Research in Astronomy and Astrophysics* **16**, 7.
- Pogson, N., 1856, Magnitudes of Thirty-six of the Minor Planets for the first day of each month of the year 1857, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 17, 12-15.

INTRODUCING HIGH-SCHOOL AND UNIVERSITY STUDENTS TO PRACTICAL ASTRONOMY VIA VIRTUAL OBSERVATORY TOOLS

Abstract. Large-scale astronomical surveys from the last decades have turned the usage of catalogs and archival data into one of the primary skills of contemporary observational astronomers. Virtual observatory tools give high-school and university students the opportunity to conduct astronomical research by themselves, using freely available observational data. For this purpose, they need basic theoretical knowledge in astronomy. The current paper includes a review of this theoretical knowledge as well as a review of Virtual observatory tools suitable for students. Results obtained by students using VO tools at the Beli Brezi Summer School in Astronomy and Astrophysics are presented as well.

Keywords: astronomical catalogs; astronomical education; observational astronomy; virtual observatory; data science

✉ **Alexander Kurtenkov**

Institute of Astronomy and National Astronomical Observatory,
Bulgarian Academy of Sciences
72, Tsarigradsko shose
1784 Sofia, Bulgaria
E-mail: al.kurtenkov@abv.bg