

Спектроскопия

за астролобители – възможна ли е?

Пенчо Маркишки

Напредъкът на технологиите и постоянно падащите цени на електрониката и на оптичните детайли правят идеята за конструиране на класически спектрограф все по-привлекателна за астрономите любители.

От друга страна, съвременните софтуерни продукти позволяват лесна и прецизна обработка на спектралните изображения, поради което днес в някои страни

по-напредналите астролобители могат да провеждат сложни спектроскопски изследвания на астрономически обекти. До неотдавна това се смяташе за запазена територия само за професионалисти.

Най-лесният начин да фотографираме спектри на звезди и на други далечни точкови светеоизточници е чрез метода „обективна призма“, който описахме в предишната наша статия (Природа, бр. 4/2016). При него триъгълна стъклена призма се закрепва пред фотокамера с телеобектив и с тази проста установка веднага можем да получим първите си резултати. Ако обаче обектът е с непренебрежимо големи видими размери – например Слънцето, някоя планета, мъглявина, комета и пр., така получените негов спектри ще бъдат с твърде ниско разрешение и практически ще е неизползваем. За да получим качествен спектр на такъв обект, трябва да използваме по-сложен спектрограф с процеп. Като поставяме

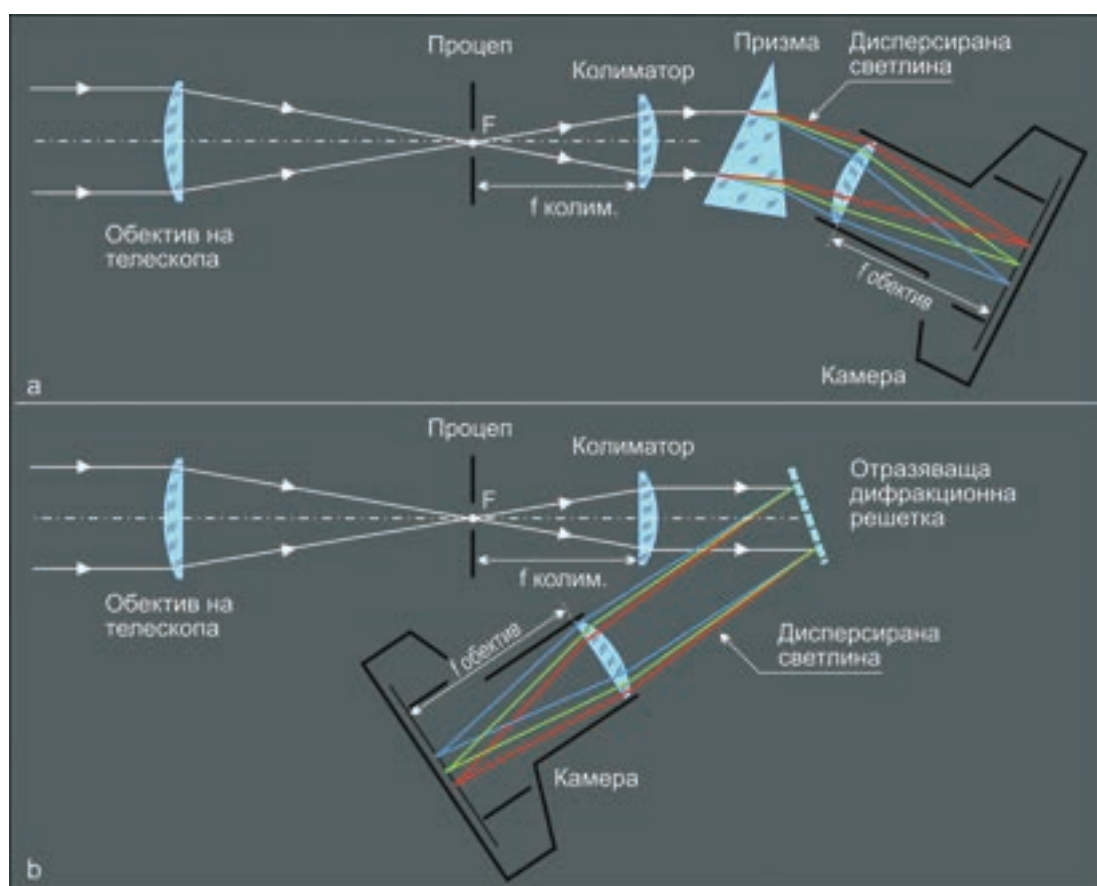
този процеп в избрана част от образа на обекта, проектиран във фокалната равнина на телескопа, ние „отделяме“ ивица светлина, която, пречупена през призма-

та на различни ъгли – според дължините на светлинните вълни, ще възпроизведе върху сензора на камерата поредица от разноцветни изображения на самия процеп. Това всъщност са линиите на получения спектр. Колкото по-свит е процепът на спектрографа, толкова по-детайлен спектр ще получим – с по-тънки линии, което ще ни позволи да видим като разделени някои близки такива – например двете жълти линии на натриевия дублет. Ако обаче свием процепна твърде много, яркостта на получения спектр спада, особено ако и обектът е с ниска яркост.

Изработката на импровизиран класически спектрограф е по-трудна задача. Неговата оптична система се състои от четири задължителни елемента. Първият от тях е вече коментираният процеп, лежащ във фокалната равнина на телескопа или на фотографския телеобектив, който ще бъде насочван към обектите. Вторият елемент

е колиматорът – обектив, който привежда преминалата през процена разсейваща се светлина в успореден сноп лъчи. За колиматор може да се използва по-дългофокусен фотографски обектив – с фокусно разстояние между 80 и 200 mm или обектив от бинокъл. Колиматорът се монтира обърнат обратно – със задната си леща към процена на спектрографа. Така неговият заден фокус трябва да съвпада точно с прекия фокус на телескопа, който се намира в равнина-

та на процена. Това условие гарантира, че преминалата през колиматора светлина продължава във вид на паралелен сноп към дисперсиращия елемент на спектрографа – призма или дифракционна решетка. Тъй като повечето астролюбители не биха решили веднага да заделят нужните средства за закупуване на качествена дифракционна решетка, първо ще обсъдим варианта със стъклена триъгълна призма. Призмата се фиксира в позиция, близка до т.нар. ми-



Принципни оптични схеми на класически спектрографи с призма (а) и с отразяваща дифракционна решетка (b). Обективът на телескопа фокусира светлината от обекта в прекия си фокус F , който се намира в процена на спектрографа. След процена светлината продължава като разсейващ се сноп към колиматора – втори обектив, чиято цел е да приведе тази светлина в успореден сноп лъчи. В такъв вид тя попада в дисперсиращия елемент – призма или дифракционна решетка. След дисперсията разноцветните светлинни снопове попадат във фокусиращия на безкрайност обектив на камерата и спектралното изображение се построява в неговата фокална равнина. Препоръчително е оптичната система на спектрографа да е проектирана така, че фокусното разстояние на колиматора да е по-дълго или съизмеримо с фокусното разстояние на камерния обектив, но не и по-късо



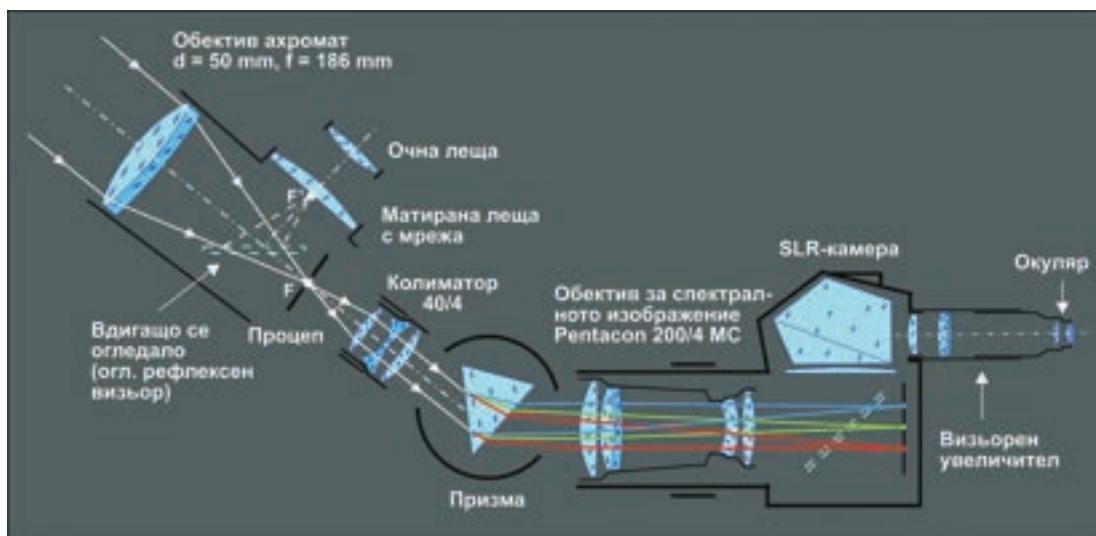
Пенчо Маркишки е оптик в Националната астрономическа обсерватория Рожен от 2008 г. През 1984 г. започва да практикува фотография и астрофотография, отначало като любител. По-късно разработва и усъвършенства свои технически средства за наблюдение и фотографиране на небето.

нимална девиация за зелените лъчи. При тази позиция ъгълът на попадане на бялата светлина върху входната повърхност на призмата е равен на ъгъла, под който зелените лъчи от получения спектър напускат изходната повърхност. Пречупената през призмата дисперсирана светлина попада в четвъртия и последен оптичен елемент – обектива на камерата. За такъв може да се използва телеобектив с неголямо фокусно разстояние. Този обектив построява спектралното изображение върху сензора на камерата. Необходимо е диаметърът му да е достатъчно голям, а разстоянието между него и призмата – възможно по-късо, за да може разноцветните светлинни снопове, напускащи призмата под различни ъгли, да попадат изцяло в обектива, без да имаме загуби. В ролята на камера на първо време можете да използвате огледално-рефлексен (DSLR) фотоапарат, който ще улесни много настройката на спектрографа и с който

лесно ще извършите първите тестове. Ако обаче планирате да провеждате стойностни спектрални изследвания на астрономически обекти, трябва да помислите за добра CCD камера с монохромен сензор. Изображенията от такава камера могат да бъдат коректно анализирани със специализиран софтуер и носят надеждна информация за интензитета на спектралните линии. Причината за тази препоръка е, че сензорите на обикновените фотоапарати са покрити с мозайка от миниатюрни разноцветни светофилтърчета – например т.нар. Байерови филтри (Bayer filter mosaic),



Саморъчно конструиран от автора призмов спектрограф, монтиран на телескоп "Кописрасе-500", 1999 г. Спектрографът има собствен обектив, а телескопът и монтировката му служат за водене (проследяване на обекта по време на дългите експозиции чрез бавно движение на телескопа, синхронно с видимото въртене на небесната сфера)



Оптическа схема на самоделния спектрограф. Първият обектив построява образа на избрана звезда в прекия си фокус F , където лежи процепът на спектрографа. В този случай процепът може да бъде отворен по-широко – около 1 mm , тъй като образът на звездата е с размери едва няколко микрона – почти точков. При снимане на звезден спектър функцията на процепта е само да ограничи полето, с цел в системата да не попадне светлина от близко проектиращи се други звезди. Фокусировката на системата се извършва чрез придвижване на колиматора или на първия обектив спрямо равнината на процепта.

Ако наблюдаваният обект има видими размери (мъглявина, комета), чрез свития процеп може да бъде избрана произволна част от неговия образ и да се получи спектър само от нея. Прецизното насочване към обекта се контролира чрез визьор с разчертана мерителна мрежа върху матово стъкло и с подвижно отклоняващо огледало. С вдигането на последното може да се даде начало на експозицията, ако затворът на камерата е предварително отворен

при които всеки пиксел от матрицата е покрит с един син, зелен или червен светопилтър и поради това е чувствителен само към съответния цвят. Така сензорът може да регистрира цветни изображения, но тези изображения не са годни за фотометричен анализ, тъй като резултатите от него биха били лошо повлияни от цветната филтърна мозайка.

Важно е да се знае, че процепът на спектрографа, намиращ се в предния фокус на колиматора, трябва да се ориентира успоредно на оста на призмата. Изработката на процепта изисква малко повече внимание. Препоръчително е той да бъде с регулираща се ширина – например чрез микрометричен винт, което обаче усложнява много конструкцията. Добро решение е да се закупи фабричен регулируем процеп. Най-лесно

е да се изработи процеп с фиксирана ширина (примерно 0.03 mm) от две бръснарски ножчета, лежащи в една равнина с остриетата си едно срещу друго. Образуваният между тях процеп трябва да бъде равномерно широк по цялата си дължина, а по остриетата не бива да има подбитости и пращинки.

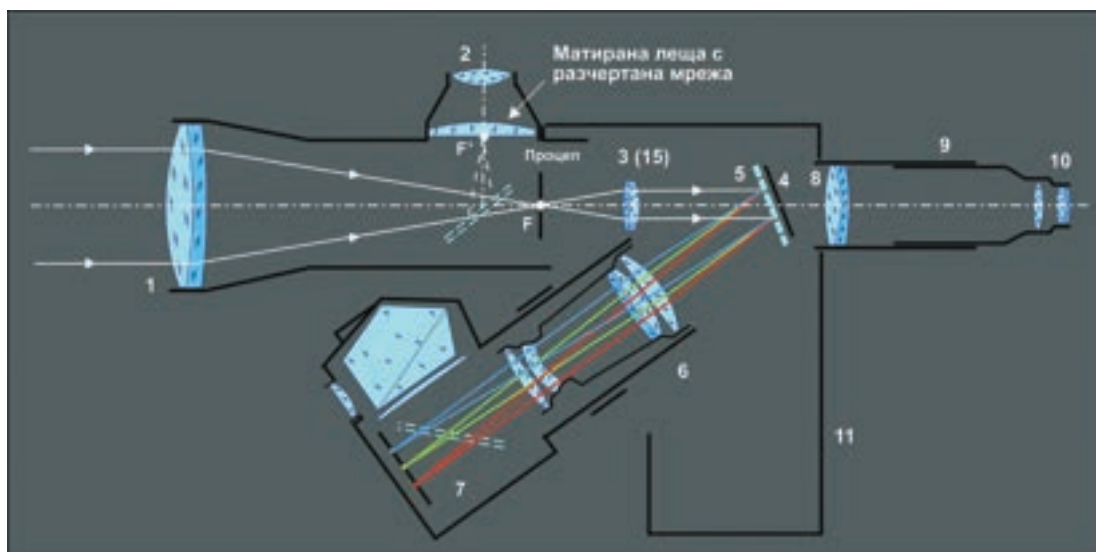
Ако решите да конструирате спектрограф с дифракционна решетка, значи имате намерение да го използвате за по-сериозни цели и сте готови да инвестирате повече средства и време в това начинание. Какво е нужно да се знае за дифракционните решетки? Като начало – немного.

Има два основни типа дифракционни решетки – прозрачни (работещи в преминала светлина) и отразяващи. Чрез специални технологии върху едната повърхност на



Саморъчно конструиран от автора спектрограф с отразяваща дифракционна решетка (1996 г.)

- 1 – първи обектив – фотографски нормален или телеобектив, построяващ образа на наблюдавания обект в равнината на процепъ;
- 2 – окуляр на огледално-рефлексен визьор с подвижно вдигащо се огледало. В задната част на този визьор е монтиран процепът;
- 3 – телеобектив Revuenon 135/2.8 auto, в ролята на колиматор;
- 4 – механизъм за настройка и фиксиране на работния ъгъл на дифракционната решетка;
- 5 – отразяваща дифракционна решетка с 600 линии/мм;
- 6 – телеобектив Pentacon 200/4 на огледално-рефлексния фотоапарат 7, фокусиран на безкрайност;
- 8 – двуелементен обектив-ахромат 25/125 mm, f/5, на контролната зрителна тръба 9, с окуляр 10 с фокусно разстояние 15 mm. Увеличение на тръбата: 8.3x;
- 11 – корпус на прибора, матово черен от вътре, с възможност за паралелно прикачване към гидиращ инструмент, монтиран на статив с екваториална глава;
- 12 – подвижен сенник, предпазващ вътрешността на прибора от странична светлина;
- 13 – зрителна тръба с увеличение 4x и с обрнат образ, съставена от нормален фотообектив Хелиос-44М-4, 58/2 и окуляр Ерфле с фокусно разстояние 14 mm. Тръбата е предварително фокусирана по далечни обекти. Ако тя бъде монтирана на мястото на фотоапарата 7, получените спектрални изображения се наблюдават визуално;
- 14 – стандартни удължителни гривни за макроснимки с резби М 42 x 1, използвани за монтаж на описаните до тук компоненти. Чрез комбинации от различни по дължина такива гривни може бързо да се установят разстоянията, на които трябва да бъдат фиксирани обективите или окулярите, според техните фокусни разстояния. Това е изключително удобно и дава възможност за бързо модифициране на оптичната схема на спектрографа;
- 15 – втори колиматор – двуелементен ахромат 30/125 mm, f/4.16, алтернатива на телеобектива Revuenon 135/2.8 (виж 3).



Оптическа схема на решетъчния спектрограф

прозрачните решетки са образувани тесни успоредни процепчета, през които светлината дифрактира, а при отразяващите решетки е формиран профил с тесни успоредни огледални ивици. За по-кратко тези процепчета респ. ивици се наричат шрихи или линии. Разстоянието между средите на две съседни процепчета или ивици е основен параметър на дифракционната решетка – нейната константа. По-често обаче се упоменава броят линии на 1 mm дължина от работната повърхност, например 600 линии/mm, 800 линии/mm и пр.

Ако пропуснем бяла светлина през прозрачна дифракционна решетка, след нея с невъоръжено око можем да видим до няколко на брой редуващи се непрекъснати спектъра, разположени симетрично от двете страни на един бял централен максимум. Ще забележим още, че с отдалечаване от централния максимум тези спектри стават все по-бледи и с тенденция в тях да преобладават все по-сини и виолетови цветове. Всеки от тези спектри, в зависимост от отдалечеността си от централния бял максимум, се номерира като спектър от порядък 1-ви, 2-ри и т.н. Всичко това най-лесно

може да се види, като се държи решетката срещу светеща електрическа крушка. Колкото дисперсията на решетката е по-голяма, т. е. при повече линии на 1 mm, толкова по-малък брой спектрални порядъци се наблюдават от двете страни на централния максимум. Последният се брои като порядък 0. Порядъците, които са по-отдалечени от нулевия, са с видимо по-голяма дисперсия – отделните цветове в тях са разпръснати в по-голям ъгъл.

Обикновено в спектрографите се използват отразяващи дифракционни решетки. Техните линии – споменатите тесни огледални ивици, са под неголям страничен наклон спрямо основната равнина на решетката – като миниатюрни ниски стъпалца. От този наклон зависи т.нар. оптимизация на решетката – в коя посока и в спектър от кой порядък ще се концентрира по-голямата част от светлинната енергия, при условие че осветяваме решетката фронтално. С други думи – къде полученият спектър ще бъде най-ярък. В документацията на една отразяваща дифракционна решетка можем да видим например следните данни:

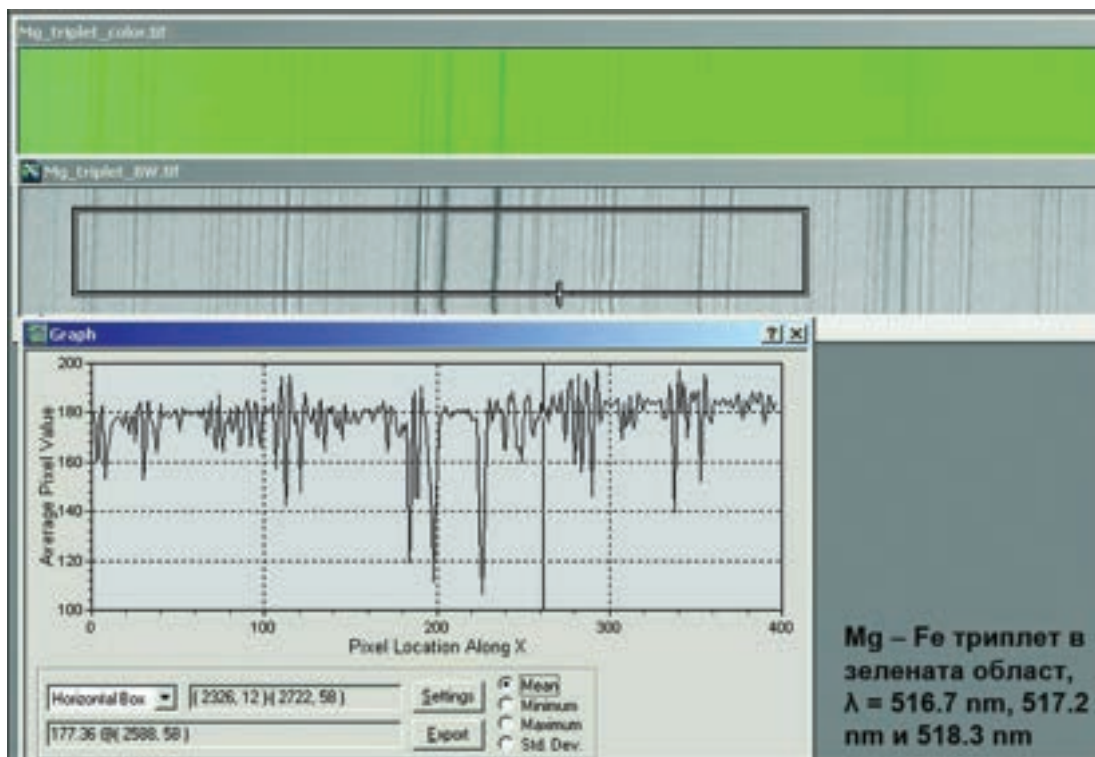
Брой линии на 1 mm от повърхността: 1200;

Максимална концентрация на светлинната енергия: за дължина на вълната 500 nm в спектъра от 1-ви порядък;

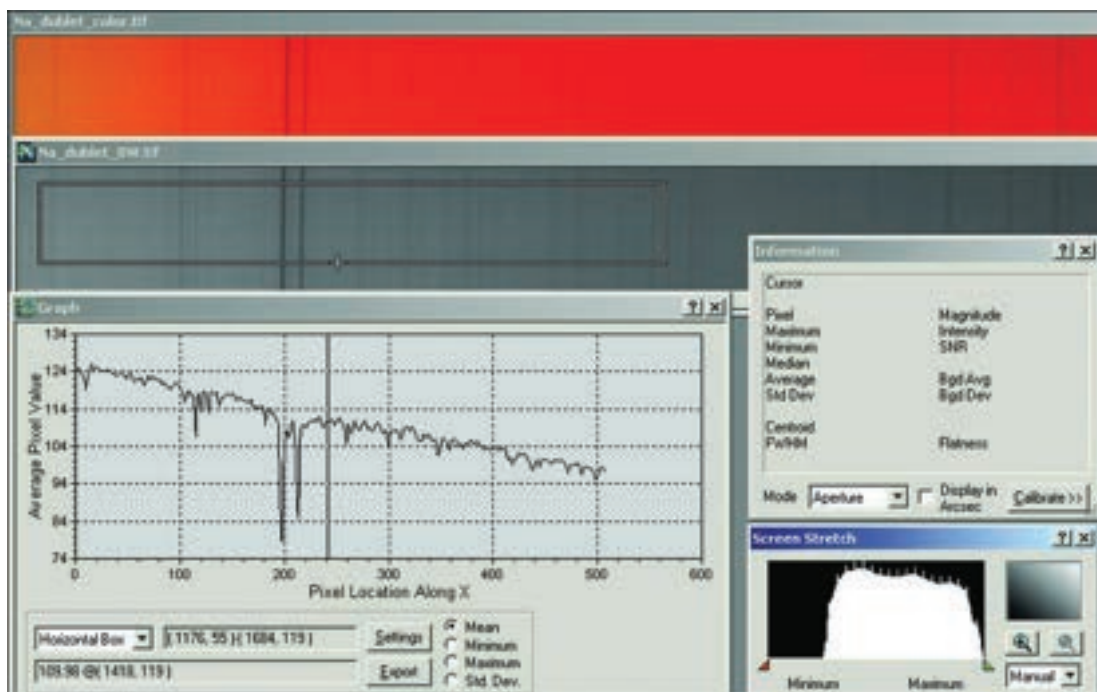
Област с преимуществена концентрация на над 40 % от светлинната енергия: от 350 до 1000 nm в спектъра от 1-ви порядък.

Накрая, но не на последно място по значение, трябва да помним, че дифракционните решетки са особено уязвими. Всеки допир до работната им повърхност може да увреди непоправимо фината структура от стотици щрихи на милиметър. Почистването на дифракционни решетки е деликатна процедура и е най-добре да не се достига до нужда от такава.

Вече имаме нужната информация, за да обсъдим един от най-важните параметри на спектрографа – каква ще бъде неговата линейна дисперсия, т. е. колко нанометра (nm) или ангстрьома (Å) ще се падат на всеки пиксел от матрицата на камерата. Обикновено линейната дисперсия се дава в Å/пиксел. Тя зависи от ъгловата дисперсия на призмата или на решетката и от фокусното разстояние на камерния обектив. При дълго фокусно разстояние на последния, при тесен процеп и при голяма ъглова дисперсия ще получим детайлен спектър с високо разрешение, но ще бъдем принудени да избираме коя област от него да наблюдаваме, тъй като размерът на сензора на камерата ще се окаже недостатъчен, за да се побере ця-



Цветно и монохромно изображение на зелената област от слънчевия спектър с линиите на магнезиево-железния триплет, заснети със самоделен спектрограф на автора. Представен е профил на същата област (долу), получен с продукта MaxIm DL v. 5.02. Линиите са тъмни на светъл фон, т.е. спектърът е абсорбиционен



Изображения и профил на жълто-оранжевата област от слънчевия спектър с линиите на натриевия дублет. Двете близки тъмни линии са на дължини 588.99 и 589.59 nm (λ ср. = 589.29 nm). Данните от профила могат да бъдат експортирани в Excel или в друг софтуер във вид на числов масив, с цел допълнителна обработка и извличане на стойностна информация за обекта. При такъв анализ интерес представляват главно положенията и интензитетът на линиите. Спектърът на обекта може софтуерно да се наложи върху спектър за сравнение (калибровъчен) – например такъв от ториево-аргонова лампа, в който положенията на линиите са известни и са описани в атласи. Такъв атлас може да бъде разгледан на адрес http://nao-rozhen.org/telescopes/pdf-s/thar_cs-atlas-390-920nm.pdf

лото спектрално изображение в един кадър. Желаната област от спектъра се избира чрез промяна на работния ъгъл на решетката, за което трябва да се предвиди подходящ механизъм. Типичен недостатък на високодисперсните спектрографи е това, че с тях могат да се наблюдават спектри само на по-ярки обекти. За да се изследват и по-слаби, трябва спектрографът да се прикачи към голям телескоп, способен да осигури нужния по-голям светлинен поток от обекта.

При късо фокусно разстояние на камерния обектив и при по-малка ъглова дисперсия на решетката ще получаваме спектри с ниско разрешение, но ще можем да наблюдаваме такива от по-слаби обекти. Ето защо трябва да съобразим параметрите на оптичната система на спектрографа с целите, за които смятаме да го използваме. Освен с изчисления линейната дисперсия може да бъде установена и експериментално – например по спектър на газоразрядна лампа с познати линии. ■

За биологичните ефекти на витамин D още не всичко е известно



Върху всеки от познатите понастоящем витамини и до ден-днешен продължават да се провеждат различни изследвания, които обогатяват нашите познания за тези жизненоважни химически съединения. Непрекъснато научаваме по нещо ново за химията, биологичната роля и значението на витамините за здравето на човека. Витаминологията вече отдавна се е утвърдила като интердисциплинарна област, в която си сътрудничат химията, биохимията, медицината, науката за храните, биотехнологията и някои други научни дисциплини. Витаминологията е типичен пример на научна област, в която неспонтанно се съчетават фундаментални и чисто приложни проблеми. За всеки от познатите витамини може да се говори и пише достатъчно много и при това – интересно и полезно. Витамин D е подходящ пример в това отношение.

Витамин D е известен също като антирахитичен витамин. Причина за това е, че липсата или недоимъкът на този витамин в организма довежда до възникването на болестта рахит. Английски лекари още през XVII в. описват заболявания при деца, като установяват размякване и деформации на костите при боледувалите. Медици и учени постепенно натрупват любопитни факти от различно естество, които обогатяват познанията за рахита и някои начини за неговото лекуване. Оказва се, че едно добро средство за лекуването на болестта е рибеното масло. От друга страна, прави впечатление своеобразната разпространеност на болестта: в Африка той е почти неизвестен, малко познат е в Китай и Япония, в северните страни като Гренландия, Исландия или Норвегия, където в храната редовно присъстват рибеното масло или съдържащи го продукти, рахитът също е почти непознат. Така още преди много време е станало ясно, че за лечението и профилактиката на рахита определена роля играе не само рибеното масло, но и слънчевото греене. Това е причината на хората, особено

но на децата, да се препоръчва излагане на въздействието на слънчевите лъчи. Днес знаем, че слънчевите лъчи превръщат веществата, наречени „провитамини“ („предшественици“) на витамин D в „истинския“ витамин D.

Това, което означаваме като „витамин D“, е по същество доста сложна смес от химически родствени вещества. Особено съществени съставки на витамин D са витамин D₂ (ергокалциферол, калциферол) и витамин D₃ (холекалциферол). В природните продукти се съдържат не толкова самите витамини, а техните провитамини – провитамин D₂ (ергостерол, ергостерин) и провитамин D₃ (холестерол).

Ролята на витамин D във възникването на рахита и при неговото лекуване е сложен процес, изясняването на който привлече участието на много учени-биохимици. Беше изяснено, че витамин D играе важна роля в регулирането на усвояване на калция и фосфора в организма. Това от своя страна има възлова роля за нормалното формиране на костната система и зъбите. Изучаването на ролята на витамин D в обмяната на калция и фосфора е довело до практически пълна победа над рахита например в онези региони на планетата, където слънчевото греене през зимата е значително ограничено. Това е дало възможност за рационалното използване от децата на препаратите, съдържащи витамин D в подходяща форма.

С течение на времето стана ясно, че витамин D играе твърде важна роля не само за поддържането на здравето на костната система на организмите, но и в протичането на много други физиологични процеси. Беше доказано, че този витамин участва в нормалната функция на мускулите, на имунната система, на мозъка и на кръвоносната система. В последно време беше изучено също и свойството на витамин D да предотвратява в известна степен развитието на някои видове рак, като потиска формирането на кръвоносни съдове около туморни образувания, но също и да понижава агресивността



и метастазирането на туморите. Ако човек в напреднала възраст страда от недоимък на витамин D, това може да доведе не само до остеопороза, но дори и до повишаване на риска от възникване на деменция. Въпреки всичко казано дотук обаче специалистите са убедени, че приемането на витамин D от здрави хора, необременени от никакви симптоми на хиповитаминоза D, е напълно излишно. В допълнение на това се изтъкват данни от нови изследвания, според които прекомерната употреба на витамин D от стари хора вместо полза дори довежда до повишаване на риска от счупвания на кости.

Към все още малко изучените биологични ефекти на витамин D напоследък се прибавят и макар и все още противоречивите и неокончателни сведения за протективното действие на този витамин срещу настинки, бронхит и белодробни инфекции. За да направят крачка напред в изясняването на този въпрос, д-р Ейдриън Мартино (Adrian Martineau) и неговите колеги от Университета Куин Мери (Queen Mary University) в Лондон проучват грижливо резултатите от 25 досегашни клинични изследвания върху 11 321 пациенти. Стана ясно, че при хората, които са приемали допълнително витамин D, рискът за възникване на инфекции на дихателните пътища е намален с 12 %. Особено подчертано се проявявала тази тенденция, ко-

гато витаминът е бил приеман редовно, всекидневно или ежеседмично. При децата протективното действие на витамин D било особено ясно изразено. Същевременно изследователите подчертават, че протективният ефект на витамин D се установява достоверно най-вече тогава, когато съдържанието на витамин D в кръвта е бил под 25 наномола за литър, което всъщност отговаря на една тежка витамин-D-авитаминоза.

Преценката на специалистите-медици относно значимостта на получените резултати за протективното действие на витамин D при инфекции на дихателните пътища е предпазлива. В авторитетното английско научно списание „Бритиш Медицинал Джърнал“ (BMJ, 2017) се изтъква, че протективното действие на витамин D в разглеждания случай може да се очаква при лица, чиито стойности на витамин D лежат под посочените 25 наномола за литър и които поради това са подложени на висок риск от увреждания на костната система.

Бъдещи изследвания ще покажат, доколко е съществена ролята на витамин D като протектор при възникването на заболявания на дихателните пътища. Впрочем сигурно и някои други биологични ефекти на този витамин ще бъдат доизяснени и използвани за медицински цели.

По scinexx.de