

# ГИД НА ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМ

2023

Катедра „Астрономия“  
Физически факултет  
Софийски университет „Св. Климент Охридски“



*„Гид на любителя астроном“ традиционно съдържа информация за предстоящите през годината по-забележителни астрономически явления, като е отделено специално внимание на условията за тяхното наблюдение от България. Освен това книгата съдържа авторски статии на различни теми от астрономията и оптиката. Изданието е насочено към широкия кръг читатели, проявяващи интерес към тези области и може да бъде полезно за любителите астрономи, при планирането на техните наблюдения.*

*Авторът изказва благодарност към своите колеги, допринесли с труда си или с материали за тази книга: екипът на катедра „Астрономия“ при Софийския университет „Св. Климент Охридски“.*

ПЕНЧО МАРКИШКИ

# ГИД НА ЛЮБИТЕЛЯ АСТРОНОМ

2023

София • 2023

Университетско издателство „Св. Климент Охридски“

Изданието е финансирано със средства по Договор Д01-176/29.07.2022 г. с МОН

Предна корица: тъмната мъглявина „Конска глава“ (Horsehead Nebula, известна още като Barnard 33), открояваща се на фона на емисионната мъглявина IC434 в съзвездието Орион. Изображение получено с 50/70 см Шмит телескоп на НАО Рожен.  
Снимка: Пенчо Маркишки.

© 2023 Пенчо Маркишки

© 2023 Физически факултет при Софийски университет „Св. Климент Охридски“

© 2023 Университетско издателство „Св. Климент Охридски“

ISSN 2738-7925

## СЪДЪРЖАНИЕ

НАЧАЛО НА СЕЗОНИТЕ, ПЕРИХЕЛИЙ И АФЕЛИЙ НА ЗЕМЯТА .....	6
ФАЗИ НА ЛУНАТА, ПЕРИГЕИ И АПОГЕИ, ДРУГИ ЛУННИ ЯВЛЕНИЯ .....	7
ПОЛУМРАКЪТ .....	10
СЛЪНЧЕВИ И ЛУННИ ЗАТЪМНЕНИЯ .....	13
ВИДИМОСТ НА ПЛАНЕТИТЕ ОТ СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА .....	22
По-атрактивни взаимни съединения на планетите, планетни паради.....	29
ПО-ЯРКИ КОМЕТИ .....	33
ПО-АКТИВНИ МЕТЕОРНИ ПОТОЦИ .....	38
ОПТИЧНИ СИСТЕМИ ЗА АСТРОНОМИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТИ .....	48
ЗНАНИЯТА НА ДРЕВНИТЕ – МИСТЕРИЯ ИЛИ ПЛОД НА НАХОДЧИВОСТ? .....	77
ДЕЙСТВАЩИ ПРОЕКТИ КЪМ КАТЕДРА „АСТРОНОМИЯ“ ПРЕЗ 2023 Г..	94

Моментите на астрономическите явления са дадени в българско официално време. Изключения са малко на брой случаи, в които са посочени моменти по UTC, като това е изрично указано. Моментите на видимите от България явления са изчислени за Астрономическата обсерватория на Софийския университет „Св. Климент Охридски“, с координати  $42^{\circ} 40' 54.7''\text{N}$  и  $23^{\circ} 20' 40.2''\text{E}$  ( $\lambda$  в часови единици  $01^{\text{h}} 33^{\text{m}} 22.68^{\text{s}}$ ).

## **НАЧАЛО НА СЕЗОНИТЕ, ПЕРИХЕЛИЙ И АФЕЛИЙ НА ЗЕМЯТА**

Астрономическа пролет: 20 март  $23^{\text{h}} 24^{\text{m}}$  (пролетно равноденствие)

Астрономическо лято: 21 юни  $17^{\text{h}} 57^{\text{m}}$  (лятно слънцестоене, най-дългият ден в годината, траещ 15 часа и 20 минути за София)

Астрономическа есен: 23 септември  $09^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  (есенно равноденствие)

Астрономическа зима: 22 декември  $05^{\text{h}} 27^{\text{m}}$  (зимно слънцестоене, най-късият ден в годината, траещ 09 часа и 03 минути за София)

Земята ще бъде в перихелий (в най-близката до Слънцето точка от своята орбита) на 4 януари в  $18^{\text{h}} 17^{\text{m}}$ , при разстояние Земя-Слънце  $147\,098\,925\text{ km}$ . По време на своя перихелий Земята се движи най-бързо по орбитата си – със скорост  $30.29\text{ km/s}$ .

Земята ще бъде в афелий (в най-отдалечената от Слънцето точка на своята орбита) на 6 юли в  $23^{\text{h}} 06^{\text{m}}$ , при разстояние до Слънцето  $152\,093\,251\text{ km}$ . По време на своя афелий нашата планета се движи най-бавно по орбитата си – със скорост  $29.29\text{ km/s}$ .

През 2023 г. лятно часово време (с 1 час напред) ще се въведе на 26 март (неделя) в  $03^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ .

Връщането към зимно часово време ще стане на 29 октомври (неделя) в  $04^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ .

Дните на астрономията за 2023 г. ще бъдат 29 април – пролетен и 23 септември – есенен.

## ФАЗИ НА ЛУНАТА, ПЕРИГЕИ И АПОГЕИ, ДРУГИ ЛУННИ ЯВЛЕНИЯ ПРЕЗ 2023 г.

Таблица 1. Лунни фази през 2023 г.

	Пълнолуние 	Последна четвърт 	Новолуние 	Първа четвърт 	Пълнолуние 
Месец	dd hh:mm	dd hh:mm	dd hh:mm	dd hh:mm	dd hh:mm
Януари	<b>7 01:07</b>	15 04:10	<b>21 22:53</b>	28 17:18	—
Февруари	<b>5 20:28</b>	13 18:00	<b>20 09:05</b>	27 10:05	—
Март	7 14:40	15 04:08	21 19:23	29 05:32	—
Април	6 07:34	13 12:11	20 07:12	28 00:19	—
Май	5 20:34	12 17:28	19 18:53	27 18:22	—
Юни	4 06:41	10 22:31	18 07:37	26 10:49	—
Юли	3 14:38	10 04:47	17 21:31	26 01:06	—
Август	<b>1 21:31</b>	8 13:28	<b>16 12:38</b>	24 12:57	<b>31 04:35</b>
Септември	—	7 01:21	15 04:39	22 22:31	29 12:57
Октомври	—	6 16:47	14 20:55	22 06:29	28 23:24
Ноември	—	5 10:36	13 11:27	20 12:49	27 11:16
Декември	—	5 07:49	13 01:32	19 20:39	27 02:33

Пълнолунията на 7 януари и 5 февруари, отбелязани в таблица 1 със зелен шрифт, ще настъпят близо до моментите на апогея на Луната за тези месеци (таблица 2 дясно). При близки във времето пълнолуние и апогей сме свидетели на явлението „микро Луна“ (пояснения – по-долу). Новолунието на 16 август е също „микро Луна“, но тя няма да може да се наблюдава.

Няма да могат да се наблюдават и суперлунията на 21 януари и 20 февруари (отбелязани в червено), защото са при близки във времето новолуние и перигей (таблица 2 ляво).

Пълнолунията на 1 и на 31 август са също суперлуния. Пълнолунието на 1 август в 21<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> ще предхожда с 11 часа и 22 минути перигея на 2 август в 08<sup>h</sup> 53<sup>m</sup>. Пълнолунието на 31 август в 04<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> ще настъпи 9 часа и 43 минути след перигея на 30 август в 18<sup>h</sup> 52<sup>m</sup>. Но освен „супер Луна“, това пълнолуние ще бъде също и „синя Луна“, тъй като е второ в рамките на един календарен месец.

Таблица 2. Перигеи и апогеи на Луната през 2023 г.

Перигей			Апогей		
Месец	dd hh:mm	Разстояние [km]	Месец	dd hh:mm	Разстояние [km]
Януари	<b>21 22:59</b>	<b>356 569</b>	Януари	<b>8 11:20</b>	<b>406 458</b>
Февруари	<b>19 11:07</b>	<b>358 266</b>	Февруари	<b>4 10:57</b>	<b>406 475</b>
Март	19 17:17	362 697	Март	3 20:02	405 889
Април	16 05:24	367 966	Март	31 14:19	404 920
Май	11 07:59	369 344	Април	28 09:45	404 299
Юни	7 02:09	364 859	Май	26 04:40	404 509
Юли	5 01:29	360 149	Юни	22 21:32	405 384
Август	<b>2 08:53</b>	<b>357 309</b>	Юли	20 09:58	406 289
Август	<b>30 18:52</b>	<b>357 181</b>	Август	<b>16 14:56</b>	<b>406 634</b>
Септември	28 04:06	359 910	Септември	12 18:44	406 288
Октомври	26 05:54	364 872	Октомври	10 06:43	405 425
Ноември	21 23:04	369 823	Ноември	6 23:51	404 568
Декември	16 20:54	367 899	Декември	4 20:44	404 347

„Супер Луна“ (перигейна сизигия в системата Земя–Луна–Слънце) имаме при близки във времето пълнолуние (или новолуние) и перигей, т.е. когато Луната се приближава най-много до Земята, обикаляйки я по своята елиптична орбита. Времето между две последователни преминавания на Луната през перигея е средно 27.55455 дни – т.нар. аномалистичен месец. Времето между две последователни едноименни лунни фази (например от новолуние – до следващото новолуние) е средно 29.53059 дни – синодичен месец. Разликата от 1.976 дни в продължителността на двата типа месеци се натрупва във времето и води до съвпадение на пълнолуние (или новолуние) с перигей веднъж на близо 411.8 дни. Но въпреки този дълъг период, на практика всички пълнолуния, случващи се при разстояния Земя-Луна по-малки от 360 000 km, се обявяват в медиите като суперлуния („супер Луна“). Поради това две или три съседни пълнолуния в годината могат да бъдат обявени за суперлуния.

Суперлунията при близки във времето новолуние и перигей не могат да се наблюдават, поради което обикновено не се обявяват.

При суперлуние с невъоръжено око не е възможно да се отчете разлика във видимия диаметър на Луната. Тогава той е с близо 7% по-голям от случая, когато нашият естествен спътник е на средно разстояние от Земята (на 384 400 km). При суперлуние Луната е с яркост около 16% по-висока от средната, но тъй като няма с какво да сравним тази повишена яркост, не можем да оценим разликата визуално.

Очакваният видим ефект от суперлунието не бива да се бърка с често наблюдаваната илюзия „огромна изгряваща оранжева Луна“ и аналогично „огромно изгряващо Слънце“. При своите изгреви и залези – докато са ниско над хоризонта, двете небесни светила често изглеждат оранжеви, поради голямата въздушна маса, през която преминава тяхната светлина. Също тогава те може да

ни изглеждат големи, понеже подсъзнателно ги сравняваме с познати от ежедневието ни обекти, видими на самия хоризонт – дървета, сгради, планински върхове и др. Можем лесно да докажем, че това е илюзия, чрез следния прост експеримент: фотографираме с телеобектив изгряващата „огромна“ Луна, а покъсно – когато тя е вече високо в небето и ни изглежда нормално, правим втора снимка при същото фокусно разстояние на обектива. Ако сравним двете лунни изображения ще видим, че те са в еднакъв мащаб. Ще забележим само неголямо вертикално сплескване на лунния образ от първия кадър, дължащо се на по-силната атмосферна рефракция ниско до хоризонта. Илюзията с увеличените размери се забелязва също и при съзвездията: ако едно добре познато ни съзвездие е ниско до хоризонта – например Орион скоро след изгрева си, то ни изглежда по-голямо в сравнение с момента, в който същото съзвездие кулминира високо в небето.

При близки във времето пълнолуние (или новолуние) и апогей говорим за явлението „микро Луна“ или микролуние. Тогава нашият естествен спътник е най-далеч от Земята и затова е с най-малък ъглов диаметър.

Явление „синя Луна“ имаме в два случая:

1. Когато в началото и в края на някой календарен месец настъпват пълнолуния. Това значи, че лунният синодичен месец, траещ 29 денонощия, 12 часа, 44 минути и 3 секунди (29.53059 дни средно) се побира изцяло в някой от календарните месеци.

2. Ако в някой от годишните сезони настъпват четири пълнолуния, то третото от тях се нарича „синя Луна“.

Аналогично с казаното по-горе, ако вместо пълнолуния, имаме две новолуния в началото и в края на някой календарен месец, от 2016 г. в някои медии второто новолуние се обявява като „черна Луна“ (Black Moon). При четири новолуния в някой от годишните сезони, третото от тях също се обявява като „черна Луна“.

Ясно е, че явленията „синя“ и „черна Луна“ нямат нищо общо с видимия цвят на Луната. Трябва обаче да се прави разлика от редките случаи, когато поради инжектиран прах или дим високо в атмосферата – при горски пожари или след вулканични изригвания, Луната изглежда леко синееща. Това се случва когато вдигнатите прахови частици са с приблизително еднакви размери – малко по-големи от дължината на вълната на червената светлина (тя е с  $\lambda$  около 0.7 микрона).

## ПОЛУМРАКЪТ

За продължителност на деня се счита времето от изгрева до залеза на Слънцето за дадено географско място, но известно време преди изгрева и след залеза земната повърхност се осветява от разсеяна слънчева светлина, идваща от горните слоеве на атмосферата. Тази осветеност бавно намалява вечер до настъпването на нощния мрак и бавно нараства сутрин до момента на изгрева. Това е времето на полумрака, наричан още сумрак или здрач. Предвид различните сфери, в които полумракът има значение, той се подразделя на три етапа – граждански, навигационен и астрономически, които вечер започват в този ред от момента на залеза на Слънцето.

**Гражданският полумрак** завършва вечер, когато центърът на слънчевия диск слезе на  $6^\circ$  под математическия хоризонт (фиг. 1). Дотогава при ясно небе и на открито, човек с нормално зрение може да работи без нужда от изкуствено осветление. Към края на гражданския полумрак правилното различаване на цветовете и работата на открито са вече затруднени, а по небето се забелязват най-ярките звезди и планети. Препоръчително е уличното осветление да се включва около края на гражданския полумрак.

**Навигационният полумрак** (известен още като **морски полумрак**) завършва вечер, когато центърът на слънчевия диск слезе на  $12^\circ$  под математическия хоризонт. Около този момент при ясно небе и в отсъствието на Луната видимостта е намалена до степен различаване на силуети на различни предмети. Хоризонтът се разграничава вече трудно, поради което измерването на височините на звезди за навигационни цели става невъзможно. Работата на открито без изкуствено осветление е също невъзможна.

**Астрономическият полумрак** завършва вечер, когато центърът на слънчевия диск слезе на  $18^\circ$  под математическия хоризонт. Около този момент при ясно небе и в отсъствието на Луната, от място отдалечено от светлините на населени и промишлени райони вече могат да се забележат най-слабите звезди, достъпни за невъоръженото човешко око – с блясък около 6 mag. От този момент започва нощният мрак.

В края на нощта първи започва астрономическият полумрак – при Слънце на  $18^\circ$  под хоризонта. Следва навигационният – при Слънце на  $12^\circ$  под хоризонта. Последен започва гражданският полумрак – при Слънце на  $6^\circ$  под хоризонта. Полумракът завършва с изгрева.



Фиг. 1. Краят на гражданския, навигационния и астрономическия полумрак вечер, според положението на Слънцето под хоризонта. Сутрин същите започват в обратен ред

Таблица 3. Продължителност на гражданския, навигационния и астрономически полумрак през годината за географската ширина на София

Месец	d	Граждански	Навигационен	Астрономически
		h m	h m	h m
Януари	1	00 32	01 07	01 42
	15	00 31	01 06	01 40
Февруари	1	00 30	01 04	01 37
	15	00 29	01 02	01 35
Март	1	00 28	01 00	01 33
	15	00 28	01 01	01 34
Април	1	00 28	01 02	01 37
	15	00 29	01 04	01 42
Май	1	00 31	01 08	01 50
	15	00 32	01 13	01 59
Юни	1	00 34	01 18	02 10
	15	00 35	01 20	02 16
Юли	1	00 34	01 20	02 15
	15	00 34	01 17	02 08
Август	1	00 32	01 12	01 57
	15	00 30	01 08	01 48
Септември	1	00 29	01 03	01 40
	15	00 28	01 01	01 36
Октомври	1	00 28	01 01	01 34
	15	00 29	01 01	01 34
Ноември	1	00 30	01 03	01 36
	15	00 30	01 04	01 38
Декември	1	00 31	01 06	01 40
	15	00 32	01 08	01 42

# СЛЪНЧЕВИ И ЛУННИ ЗАТЪМНЕНИЯ

През 2023 г. ще се случат общо четири затъмнения. Две от тях ще бъдат слънчеви – хибридно на 20 април и пръстеновидно на 14 октомври. Останалите две ще са лунни – от полусянката на Земята на 5 май и частично с малка фаза на 28 октомври. От България ще могат да се наблюдават двете лунни затъмнения.

## 1. Хибридно слънчево затъмнение на 20 април

Затъмнението ще бъде видимо като частично от Индийския океан, Югоизточна Азия, Австралия, Нова Зеландия, Филипините и западната част на Тихия океан. Хибридно затъмнение ще се наблюдава от Западна Австралия, Източен Тимор и Индонезия. От България явлението няма да бъде видимо. По време на затъмнението Слънцето и Луната ще бъдат в западната част на съзвездие Овен, близо до границата му с Риби. Максималната фаза ще настъпи 4.1 дни след лунния перигей. Това затъмнение е № 52 от саросна серия 129, която съдържа 80 слънчеви затъмнения, случващи се при възходящия възел на лунната орбита.

При хибридните слънчеви затъмнения се наблюдава преход от пръстеновидно към пълно затъмнение (или обратно) за наблюдателите, намиращи се по протежение на пътя на лунната сянка. В конкретния случай на 20 април ще се наблюдава двоен преход – от пръстеновидно към пълно слънчево затъмнение и после – обратно към пръстеновидно. Пръстеновидни слънчеви затъмнения се случват, когато Луната е по-далеч от наблюдателя. Тогава тя е с по-малък видим диаметър и по време на пълната фаза не успява да закрие изцяло Слънцето. Така периферията на слънчевия диск остава видима като ярък пръстен около Луната.

Момент на геоцентричното съединение на Луната по еклиптична дължина: 20 април в 07<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>

Ъгловият радиус на Слънцето по време на затъмнението ще бъде 15' 55.4", а на Луната 15' 53.6".

### *Характерни моменти на затъмнението*

Първи контакт на полусянката на Луната със Земята (начало на частичните фази): 04<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 23<sup>s</sup>

Начало на пръстеновидното затъмнение: 05<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 04<sup>s</sup>

Максимална фаза на пълното затъмнение: 07<sup>h</sup> 16<sup>m</sup> 45<sup>s</sup> (при гама -0.395)

Край на пръстеновидното затъмнение: 08<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> 42<sup>s</sup>

Последен контакт на полусянката на Луната със Земята (край на частичните фази):  $09^{\text{h}} 59^{\text{m}} 21^{\text{s}}$

Магнитуд на затъмнението: 1.013 (т.е. в момента на максималната фаза Луната ще е закрила 1.013 диаметъра на слънчевия диск). Такава фаза ще се наблюдава около  $04^{\text{h}} 17^{\text{m}}$  UT от място с географски координати  $09^{\circ} 35' 42''\text{S}$  и  $125^{\circ} 46' 48''\text{E}$  – в Тиморско море, на около 50 km южно от градчето Бетано, намиращо се на южното крайбрежие на Източен Тимор. Там пътят на лунната сянка ще бъде широк 49 km, а пълната фаза ще трае най-дълго – 1 минута и 16 секунди.

## 2. Лунно затъмнение от полусянката на Земята на 5 май

Затъмнението ще се наблюдава от Азия (без най-северните ѝ части), Австралия, Европа (без най-западните ѝ части и Скандинавския п-в), Африка и Антарктика. От България затъмнението ще бъде видимо след изгрева на Луната в  $20^{\text{h}} 29^{\text{m}}$  (за София). По време на явлението Луната ще бъде в съзвездието Везни, а Слънцето – в Овен. Максималната фаза ще настъпи 5.5 дни преди лунния перигей. Това затъмнение е № 24 от саросна серия 141, която съдържа 72 лунни затъмнения, случващи се при низходящия възел на лунната орбита.

Момент на геоцентричната опозиция на Луната по еклиптична дължина: 5 май в  $20^{\text{h}} 34^{\text{m}} 02^{\text{s}}$

Ъгловият радиус на Слънцето по време на затъмнението ще бъде  $15' 51.6''$ , а на Луната  $15' 42.8''$ .

### *Характерни моменти от явлението*

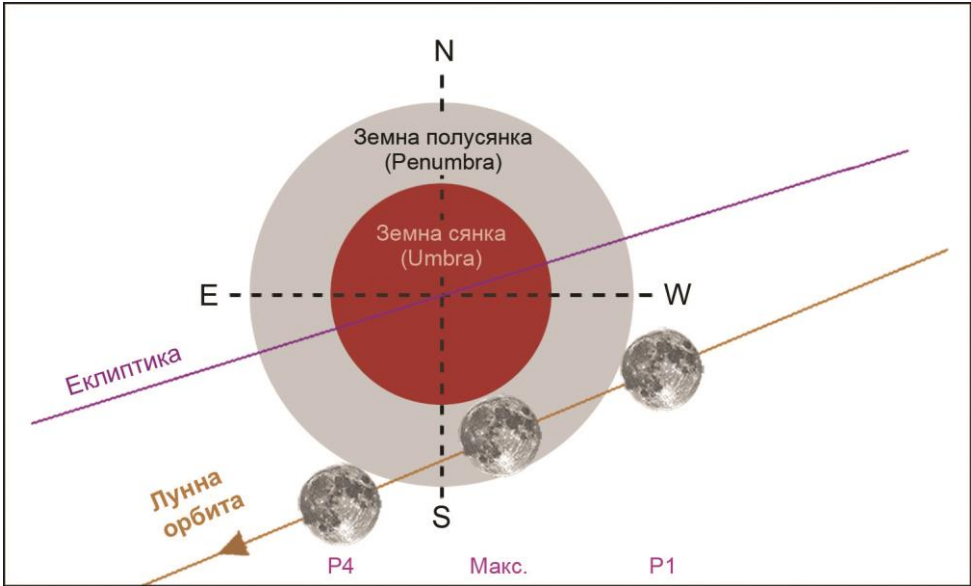
Начало на затъмнението от полусянката (контакт P1):  $18^{\text{h}} 13^{\text{m}} 39^{\text{s}}$

Максимална фаза:  $20^{\text{h}} 22^{\text{m}} 53^{\text{s}}$  (при гама  $-1.0349$ )

Край на затъмнението от полусянката (контакт P4):  $22^{\text{h}} 31^{\text{m}} 54^{\text{s}}$

Продължителност на затъмнението: 4 часа, 18 минути и 16 секунди.

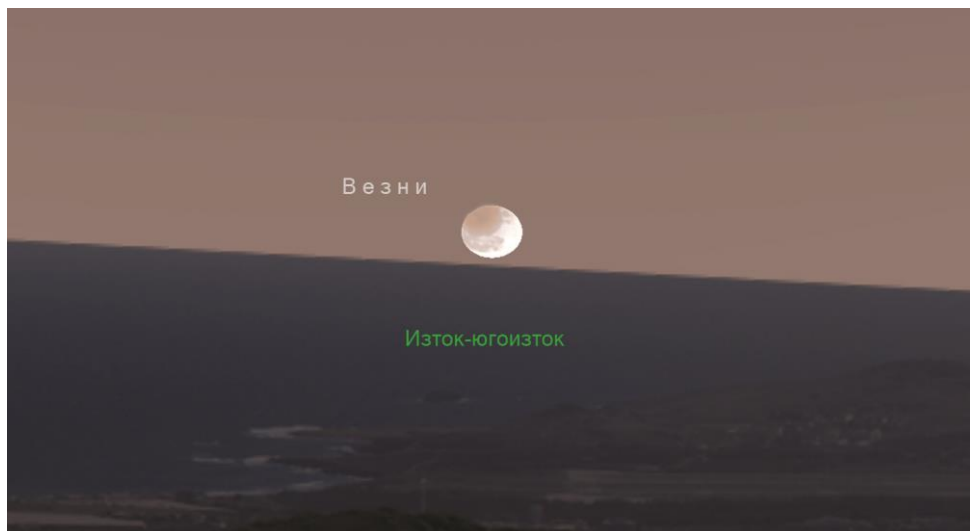
Магнитуд на затъмнението от полусянката: 0.965 (т.е. Луната ще навлезе в земната полусянка с почти целия си диаметър).



Преминаването на Луната през земната полусянка на 5 май. Моментите P1 и P4 са на първия и на последния контакт на Луната с полусянката (penumbra). Затъмнението ще се случи след преминаването на Луната през низходящия възел на нейната орбита

### ***Условия за наблюдение от България***

От нашата страна затъмнението ще може да се наблюдава след изгрева на Луната в 20<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> за Варна и в 20<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> за София. Това е близо до момента на максималната фаза (тя е в 20<sup>h</sup> 23<sup>m</sup>), така че Луната ще изгрее от изток-югоизток с понижена яркост в лявата част на своя диск. На 5 май Слънцето ще залезе в 20<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> за Варна и в 20<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> за София, което означава, че ще виждаме скоро изгрялата Луна при все още светло небе. След около 21<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> Луната ще изглежда вече в обичайния си вид – земната полусянка ще стане почти незабележима, макар че затъмнението ще завърши близо час и половина по-късно – в 22<sup>h</sup> 32<sup>m</sup>.



Затъмнената от земната полусянка Луна, така както ще изглежда след изгрева си на 5 май вечерта. Тогава ще можем да наблюдаваме явлението ниско над югоизточния хоризонт по време на гражданския полумрак

### 3. Пръстеновидно слънчево затъмнение на 14 октомври

Затъмнението ще бъде видимо като частично от Северна Америка, Централна и Южна Америка. Пръстеновидно затъмнение ще се наблюдава от западната част на САЩ, Централна Америка, Колумбия и Бразилия. От България явлението няма да може да се види. По време на затъмнението Слънцето и Луната ще бъдат в съзвездието Дева. Максималната фаза ще настъпи 4.6 дни след лунния апогей. Това затъмнение е № 44 от саросна серия 134, която съдържа общо 71 слънчеви затъмнения. Четният номер на серията показва, че затъмненията в нея се случват при низходящия възел на лунната орбита.

Момент на геоцентричното съединение на Луната по еклиптична дължина:  
14 октомври в  $20^{\text{h}} 55^{\text{m}} 07^{\text{s}}$

Ъгловият радиус на Слънцето по време на затъмнението ще бъде  $16' 02''$ , а на Луната  $15' 03''$ .

### *Характерни моменти от затъмнението*

Първи контакт на полусаянката на Луната със Земята (начало на частичните фази):  $18^{\text{h}} 03^{\text{m}} 47^{\text{s}}$

Начало на пръстеновидното затъмнение:  $19^{\text{h}} 10^{\text{m}} 08^{\text{s}}$

Максимална фаза:  $20^{\text{h}} 59^{\text{m}} 29^{\text{s}}$  (при гама 0.3753)

Край на пръстеновидното затъмнение:  $22^{\text{h}} 49^{\text{m}} 02^{\text{s}}$

Последен контакт на полусаянката на Луната със Земята (край на частичните фази):  $23^{\text{h}} 55^{\text{m}} 15^{\text{s}}$

Магнитуд на затъмнението: 0.952 (т.е. в момента на максималната фаза Луната ще е закрила 0.952 диаметъра на слънчевия диск). При максималната фаза ще бъдат закрити 90.6% от площта на слънчевия диск, а останалите 9.4% ще бъдат видими като ярък пръстен около лунния диск. Такава картина ще се наблюдава най-добре и най-дълго около  $17^{\text{h}} 59^{\text{m}}$  UTC от място с географски координати  $11^{\circ} 22' 06''\text{N}$  и  $83^{\circ} 06' 06''\text{W}$  – в Карибско море, на около 80 km източно от бреговете на Никарагуа. Там пътят, от който ще може да се наблюдава пръстеновидно затъмнение, ще бъде широк 187 km, а самото пръстеновидно затъмнение ще трае 5 минути и 17 секунди.

### **4. Частично лунно затъмнение на 28 срещу 29 октомври**

Това е последното за 2023 г. затъмнение. Ще бъде видимо от Азия, Австралия, Индийския океан, Европа, Африка, Атлантика, източните части на Северна и на Южна Америка. От България затъмнението ще може да се наблюдава удобно. По време на явлението Луната ще бъде в съзвездието Овен, а Слънцето – в източната част на Дева. Максималната фаза ще настъпи 2.7 дни след лунния перигей. Това затъмнение е № 11 от саросна серия 146, която съдържа 72 лунни затъмнения, случващи се при възходящия възел на лунната орбита.

Момент на геоцентричната опозиция на Луната по еклиптична дължина: 28 октомври в  $23^{\text{h}} 24^{\text{m}} 01^{\text{s}}$

Ъгловият радиус на Слънцето по време на затъмнението ще бъде  $16' 06''$ , а на Луната  $16' 10''$ .

### *Характерни моменти от явлението*

Начало на затъмнението от полусаянката на Земята (контакт P1):  $21^{\text{h}} 01^{\text{m}} 17^{\text{s}}$

Начало на затъмнението от сянката на Земята (контакт U1): 22<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 41<sup>s</sup>

Максимална фаза: 23<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 06<sup>s</sup> (при гама 0.9472)

Край на затъмнението от сянката (контакт U4): 23<sup>h</sup> 52<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>

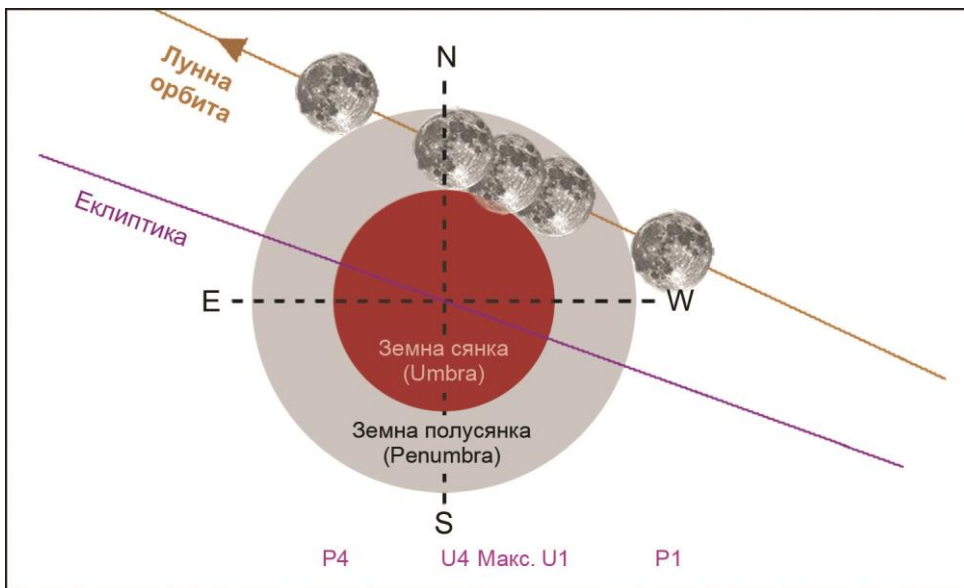
Край на затъмнението от полусянката (контакт P4): 01<sup>h</sup> 26<sup>m</sup> 33<sup>s</sup>

Продължителност на затъмнението от полусянката на Земята: 4 часа, 25 минути и 16 секунди.

Продължителност на затъмнението от сянката на Земята: 1 час, 18 минути и 9 секунди.

Магнитуд на затъмнението от полусянката: 1.1199

Магнитуд на затъмнението от сянката: 0.1239 (т.е. Луната ще навлезе в земната сянка само с около 1/10-а от своя диаметър).



Преминаването на Луната през земната полусянка и сянка на 28 октомври. Моментите P1 и P4 са на първия и на последния контакт на Луната с полусянката (penumbra). Моментите U1 и U4 са на първия и на последния контакт на Луната със сянката (umbra). Затъмнението ще се случи след преминаването на Луната през възходящия възел на нейната орбита

### ***Условия за наблюдение от България***

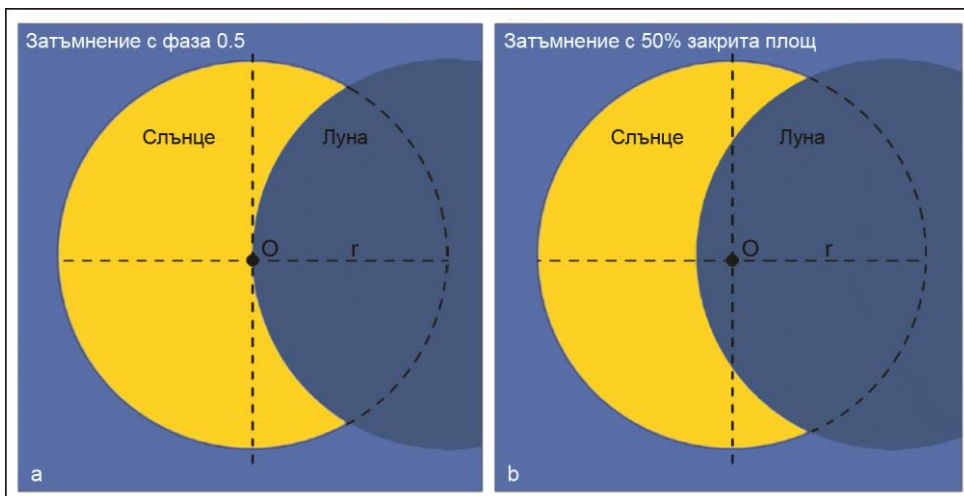
В началото на затъмнението от земната полусянка в 21<sup>h</sup> 01<sup>m</sup> (контакт P1) Луната ще бъде на височина 30° над източния хоризонт за София и на 33° за

Варна. Тогава все още няма да се забелязва разлика от обичайния вид на пълната Луна. Яркостта на долната част на лунния диск ще започне да спада по-осезаемо с приближаването на първия контакт със земната сянка (U1) в  $22^{\text{h}} 35^{\text{m}}$ . Тогава за наблюдател от София Луната ще бъде на височина  $46^{\circ}$ , а за Варна – на  $48^{\circ}$ . Явлението ще се наблюдава удобно до своя край в  $01^{\text{h}} 27^{\text{m}}$ . По време на затъмнението, на около  $6.5^{\circ}$  източно от Луната (видимо под нея и вляво) ще се вижда ярката планета Юпитер.

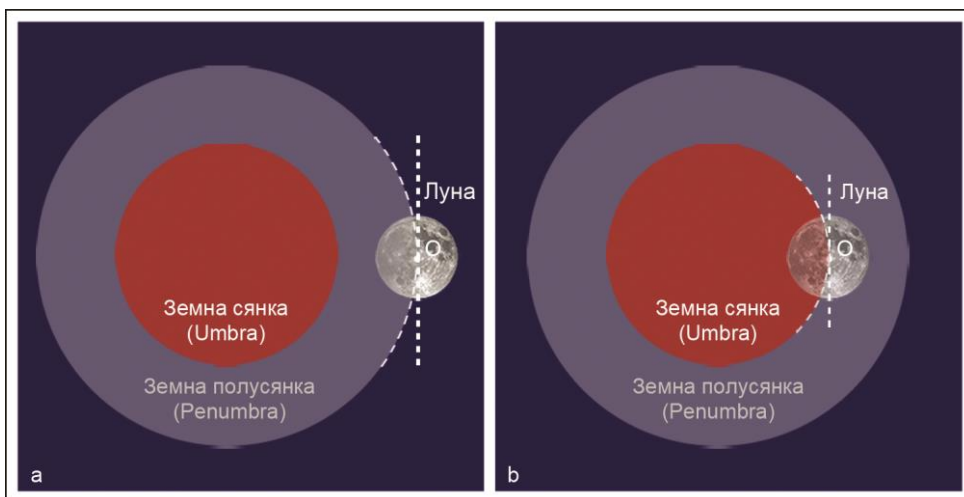


Затъмненият в долната си част лунен диск по време на максималната фаза в  $23^{\text{h}} 14^{\text{m}}$  на 28 октомври. Тогава за наблюдател от София Луната ще бъде удобно видима на височина  $52^{\circ}$  над югоизточния хоризонт

***За понятията фаза или степен (magnitude) на затъмнение, закрыта площ (obscuration) и гама (gamma)***



Разликата между фазата (или степента, **magnitude**) и закритата площ (**obscuration**) в % при слънчевите затъмнения е, че фазата показва каква част от **диаметъра** на диска на затъмняваното тяло (Слънцето) е покрит от затъмняващото тяло (Луната). Тук за сравнение е даден пример със слънчево затъмнение с фаза 0.5 (**a**) и с 50% закрита площ на слънчевия диск (**b**). O – център на слънчевия диск; r – радиус на слънчевия диск



При лунните затъмнения фазата показва каква част от диаметъра на лунния диск е покрита от полусянката или сянката на Земята: а – затъмнение от полусянката с фаза 0.5; b – затъмнение от сянката с фаза 0.5; O – център на лунния диск

Тъй като Земята хвърля полусянка и сянка, при лунните затъмнения се посочват два магнитуда, валидни в момента на максималната фаза на затъмнение-

то: **penumbral magnitude** – максимална фаза от полусянката, и **umbral magnitude** – максимална фаза от сянката.

Ако лунният диск е в земната полусянка, но не е навлязъл в земната сянка, за **umbral magnitude** се дава отрицателна стойност, показваща колко лунни диаметра остават между края на лунния диск и границата на земната сянка.

Ако целият лунен диск се намира в полусянката или в сянката на Земята, съответната максимална фаза има стойност 1 или по-голяма от 1.

Гама (**gamma** или  $\gamma$ ) при слънчевите затъмнения е разстоянието между оста на конуса на лунната сянка и центъра на земното кълбо, отчетено в земни екваториални радиуси. Упоменава се за момента на максималната фаза на дадено слънчево затъмнение, когато гама има най-малка стойност. При частичните слънчеви затъмнения гама има стойност по-голяма от 1, тъй като върху земната повърхност попада полусянката на Луната, но не и нейната сянка.

При лунните затъмнения гама е разстоянието между оста на конуса на земната сянка и центъра на Луната, отчетено също в земни екваториални радиуси. Упоменава се за момента на максималната фаза на дадено лунно затъмнение, когато гама има най-малка стойност.

Ако по време на максималната фаза на дадено затъмнение, оста на лунната сянка преминава южно от земния център, стойността на гама е отрицателна.

## ВИДИМОСТ НА ПЛАНЕТИТЕ ОТ СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА

Първо нека да напомним, че планетите от Меркурий до Сатурн включително могат да се наблюдават с невъоръжено око, във вид на ярки звездоподобни обекти, поради което са познати още от древността. Телескопът ще ни покаже повече детайли от техните повърхности или от атмосферите на газовите планети, като освен това ще ни позволи да видим техните спътници. Например за да различим пръстена на Сатурн ни е нужно увеличение от поне 30 пъти. Спътниците на Юпитер и фазите на Венера се виждат дори с бинокъл, увеличаващ 10 или повече пъти. Ивиците на облачните системи в атмосферата на Юпитер са видими при увеличение 60 и повече пъти. За да наблюдаваме детайли по повърхността на Марс или фазите на Меркурий обаче, ще ни е нужно увеличение от над 300 пъти.

Някои термини, използвани при описанието на планетните конфигурации, са обяснени в секцията „Планетни конфигурации“ в края на тази част.

### Меркурий

За първата планета в Слънчевата система трябва винаги да помним, че като най-близка до Слънцето, тя се наблюдава само в определени периоди и за кратко. Можем да я видим вечер след залез-слънце – на запад, или рано сутрин преди изгрева – на изток. Най-удобните моменти за това са около датите, когато Меркурий се намира на най-голямо ъглово отстояние от Слънцето – в т. нар. максимални източни и западни елонгации (вижте поясненията в „Планетни конфигурации“, в края на тази част).

През 2023 г. най-удобните моменти за наблюдение на Меркурий ще бъдат в утрата около 30 януари, във вечерите около 12 април и в утрата около 22 септември (табл. 4). Например на 12 април вечерта Меркурий ще залезе 1 час и 46 минути след залеза на Слънцето, което ще позволи да го видим ниско над западния хоризонт на фона на вече достатъчно стъмнило се небе. В горепосочените три удобни периода, освен че Меркурий е близо до максимална елонгация, еклиптиката се издига по-стръмно над хоризонта, което е другата причина за по-дългите интервали време между залезите (респ. изгревите) на Слънцето и на планетата.

Меркурий ще бъде в долно съединение (в най-близката до нас точка от неговата орбита) на 7 януари, 1 май, 6 септември и 22 декември. Планетата ще бъде в горно съединение (т.е. в най-отдалечената от нас точка на нейната орбита) на 17 март, 1 юли и 20 октомври. Една вътрешна планета като Меркурий или Венера не може да се наблюдава около датите на своето долно и горно съединение, тъй като тогава тя се губи в сиянието около Слънцето.

Орбиталният период на Меркурий е 87.97 дни, а синодичният – 115.88 дни.

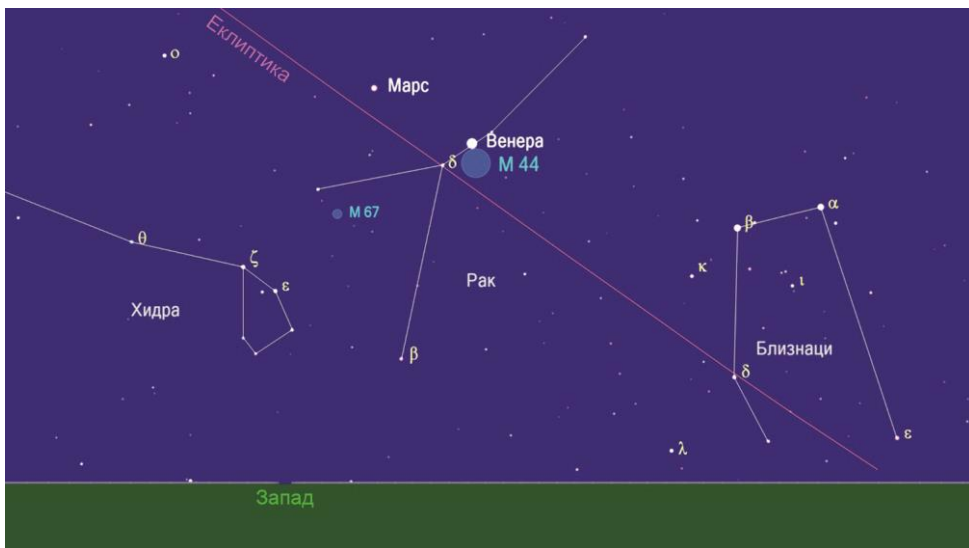
Таблица 4. Максимални елонгации на Меркурий през годината

Момент на максимална елонгация			Ъгъл и посока спрямо Слънцето	Яркост на планетата (видима зв. величина)	Удобно време за наблюдение	Изгрев или залез на Меркурий за София	Интервал време между изгрева (залеза) на Меркурий и изгрева (залеза) на Слънцето
Месец	dd	hh:mm	° E или W	mag		hh:mm	часа и минути
Януари	30	07:54	25.0 W	- 0.1	Преди изгрев слънце	Изгрява в 06:17	01 26
Април	12	01:10	19.5 E	- 0.0	След залез слънце	Залязва в 21:51	01 46
Май	29	08:34	24.9 W	0.5	Преди изгрев слънце	Изгрява в 04:58	00 56
Август	10	04:47	27.4 E	0.3	След залез слънце	Залязва в 21:32	00 56
Септември	22	16:16	17.9 W	- 0.5	Преди изгрев слънце	Изгрява в 05:42	01 32
Декември	4	16:28	21.3 E	- 0.5	След залез слънце	Залязва в 18:08	01 14

## Венера

В началото на годината Венера ще бъде видима като Вечерница. Условието за нейното наблюдение ще се подобряват – нейният залез ще закъснява все повече след слънчевия и в пролетните вечери ще я виждаме все по-високо и за по-дълго над хоризонта. Това ще продължи до 4 юни, когато ярката планета ще бъде в максимална елонгация – на  $45^\circ$  източно от Слънцето (табл. 5). На тази дата Венера ще остане видима цели 3 часа и 18 минути след залеза на Слънцето, а предвид кратките юнски нощи, тя ще залезе в  $00^{\text{h}} 18^{\text{m}}$  на 5 юни, т.е. след полунощ. Всъщност залези на Венера след полунощ ще има в дългия период от 27 април до 16 юни.

Вечерта на 14 юни ще можем да видим Венера в периферията на разсеяния звезден куп M44 „Ясли“ (или „Кошер“ – Beehive Cluster) в съзвездие Рак. Явлението ще е достъпно от около  $22^{\text{h}} 10^{\text{m}}$  за София, при височина тогава  $19^\circ$  над западния хоризонт. За да се забележи звездният куп ще бъде нужен бинокъл. В същия район на небето ще бъде видим и Марс.



Венера в периферията на разсеяния звезден куп М44 „Ясли“ (или „Кошер“ – Beehive Cluster) в съзвездие Рак, както ще се вижда на 14 юни от около 22<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> за наблюдател от района на София. Тогава ярката планета ще бъде на височина 19° над западния хоризонт, а на 6° 14' над и вляво от нея ще бъде видим Марс

Венера ще се наблюдава като вечерница до около 25 юли, след което бързо ще навлезе в сиянието около Слънцето. На 13 август в 14<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> тя ще бъде в долно съединение, т.е. в най-близката до нас точка от нейната орбита. След кратък период на отсъствие, около 23 август тя отново ще се появи на небето, но вече като Зорница.

До края на лятото и през есента условията за наблюдения на Венера ще се подобряват и на 24 октомври тя отново ще бъде в максимална елонгация, но този път на 46° западно от Слънцето. В утрата около тази дата Венера ще изгрява почти 4 часа преди Слънцето. До края на годината ярката планета ще се наблюдава като Зорница.

Орбиталният период на Венера е 224.7 дни (0.6152 земни години), а синодичният ѝ период е 583.92 дни.

Таблица 5. Максимални елонгации на Венера през 2023 г.

Момент на максимална елонгация		Ъгъл и посока спрямо Слънцето	Яркост на планетата (видима зв. величина)	Удобно време за наблюдение	Изгрев или залез на Венера за София	Интервал време между изгрева (залеза) на Венера и изгрева (залеза) на Слънцето	
Месец	dd	hh:mm	° E или W		mag	hh:mm	часа и минути
Юни	4	14:01	45.4 E	- 4.4	След залез слънце	Залезва в 00:18	03 18
Октомври	24	02:14	46.4 W	- 4.5	Преди изгрев слънце	Изгрява в 03:53	03 57

## Марс

В началото на 2023 той ще се движи в съзвездие Бик и ще бъде видимо близо до двата разсеяни звездни купа Плеяди и Хиади. Към края на януари Червената планета ще бъде с яркост  $-0.3$  mag. На 12 февруари вечерта кометата C/2022 E3 (ZTF) ще се наблюдава видимо близо до Марс. На 26 март планетата ще навлезе в съзвездие Близнаци. Подобно както и Венера, на 2 юни вечерта Марс ще бъде видим на фона на разсеянния звезден куп M44 в съзвездие Рак. През 2023 г. Марс няма да бъде в опозиция. В съединение със Слънцето той ще бъде на 18 ноември в  $07^{\text{h}} 41^{\text{m}}$ . По тази причина, поради видимата си близост до Слънцето, Марс няма да може да се наблюдава от около средата на септември до края на годината.

Орбиталният период на Марс е 686.96 дни (1.88 земни години), а синодичният – 779.96 дни.



Марс на фона на разсеянния звезден куп M44 „Ясли“ (или „Кошер“ – Beehive Cluster) в съзвездие Рак на 2 юни около  $22^{\text{h}} 15^{\text{m}}$  за наблюдател от района на София. Тогава Червената пла-

нета ще бъде на височина  $26^\circ$  над западния хоризонт, а на  $10^\circ$  западно от нея ще бъде видима Венера

## Юпитер и Сатурн

В началото на годината двете гигантски газови планети ще бъдат видими над югозападния хоризонт веднага след свечеряване. Юпитер ще бъде в съзвездието Риби, а Сатурн – в Козирог. Във вечерите около края на януари Сатурн ще се наблюдава вече трудно, тъй като ще бъде много ниско над югозападния хоризонт веднага след стъмване. Така ще завърши и периодът на вечерната видимост на Юпитер, но доста по-късно – около 20 март.

Съединението на Сатурн със Слънцето ще бъде на 16 февруари в  $18^h 48^m$ , а на Юпитер – на 12 април в  $01^h 07^m$ .

От около 25 март Сатурн ще започне да се наблюдава ниско на изток-югоизток рано сутрин преди развиделяване. Юпитер ще се появи по същия начин в утринна видимост около 15 май.

Условията за наблюдение на двете планети ще се подобряват – техните изгреви ще подраняват все повече през нощите и към края на септември те ще бъдат видими около два часа след залез-слънце. Тогава Сатурн ще бъде над югоизточния хоризонт в съзвездието Водолей, а Юпитер ще изгрива от изток в Овен.

Противостоянието на Сатурн ще бъде на 27 август в  $11^h 28^m$ , а на Юпитер – на 3 ноември в  $07^h 02^m$ . На тези дати двете планети ще се наблюдават най-удобно над южния хоризонт в полунощ, с най-висока яркост и с най-голям ъглов диаметър. При противостоянието си на 27 август Сатурн ще бъде с яркост 0.4 mag и с ъглов диаметър  $19''$ , в съзвездието Водолей. На 3 ноември Юпитер ще бъде с яркост  $-2.9$  mag и с ъглов диаметър  $49.4''$ , в съзвездието Овен.

Двете планети ще се наблюдават удобно до края на годината.

Орбиталният период на Юпитер е 4 335.35 дни (11.87 земни години), а синодичният му период е 398.86 дни.

Сатурн има орбитален период 10 759.22 дни (29.46 земни години) и синодичен период 378.09 дни.

## Уран

През цялата година той ще се движи бавно в югоизточната част на съзвездието Овен, без да пресича неговите граници. В началото на годината Уран ще бъде с яркост 5.7 mag и с ъглов диаметър  $3.5''$ . На 9 май в  $22^h 56^m$  планетата ще бъде в съединение със Слънцето, т.е. няколко седмици преди и след тази дата ще бъде невъзможно да я видим. Когато в началото на юни съзвездието Овен започне да се появява ниско на североизток, ще започне следващия период на видимост на Уран. Той ще бъде в противостояние на 13 ноември в  $19^h 21^m$ , когато ще е с яркост 5.6 mag и с ъглов диаметър  $3.8''$ . В нощите около тази дата

Уран ще се наблюдава най-удобно и високо над южния хоризонт около полунощ.

Въпреки че теоретично следва Уран да може да се забележи с невъоръжено око, на практика това е невъзможно – той не може да бъде разпознат сред слабите звезди на Овен. Може да бъде открит с бинокъл, но след като първо се запомни добре разположението му сред звездите.

Уран е наблюдаван за пръв път от английският астроном Уилям Хершел, който обявява това свое откритие на 13 март 1781 г.

Орбиталният период на Уран е 30 688.5 дни (84.02 земни години), а синодичният ѝ период е 369.66 дни.

## **Нептун**

В началото на годината Нептун ще бъде в североизточната част на съзвездието Водолей, с яркост 7.9 mag и с ъглов диаметър 2.4". В нощта на 4 срещу 5 март той ще пресече границата на Водолей с Риби и до края на годината ще се движи бавно в югозападната част на Риби. Ще бъде в област бедна на ярки звезди. На 16 март в 01<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> Нептун ще бъде в съединение със Слънцето, а на 19 септември в 14<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> той ще бъде в противостояние, с яркост 7.8 mag и с ъглов диаметър 2.4".

Тази планета може да се наблюдава ефективно само с телескоп при големи увеличения, макар че теоретично би следвало тя да може да бъде забелязана и с бинокъл.

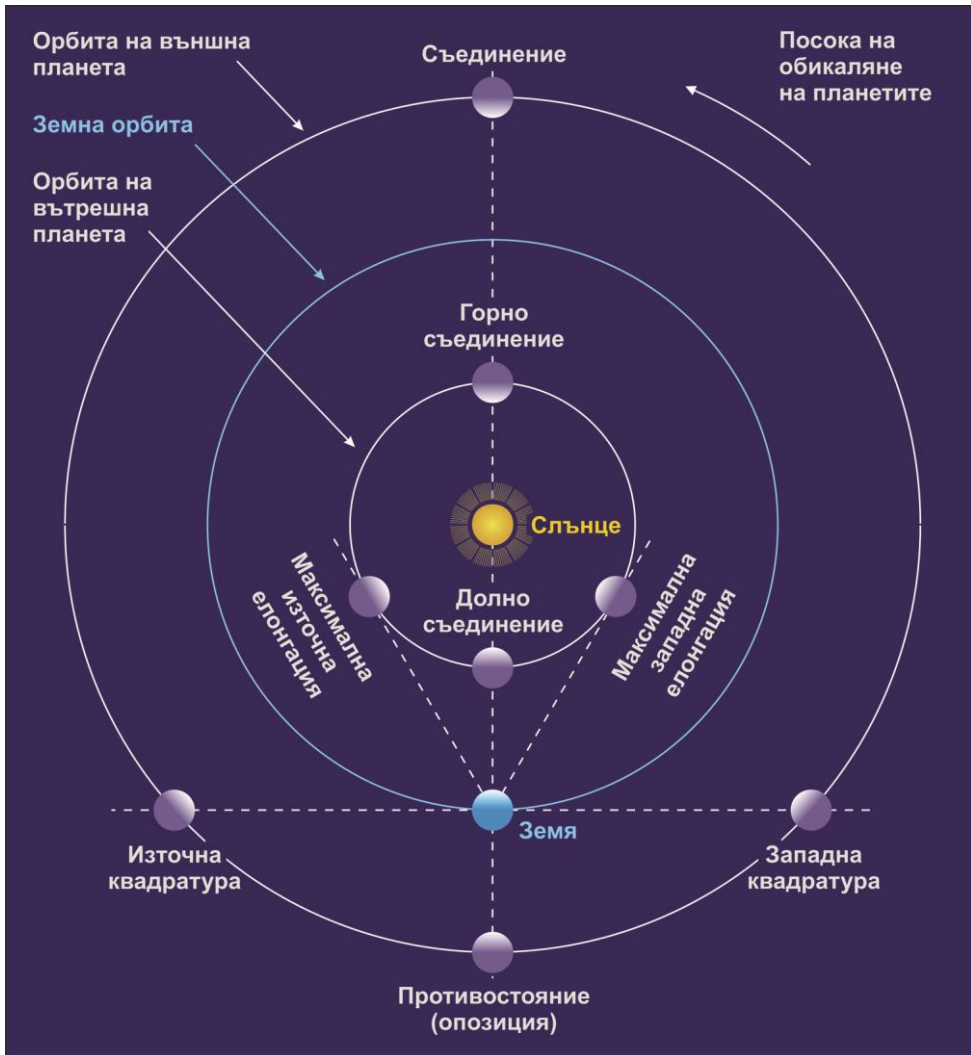
Нептун е наблюдаван за пръв път от немският астроном Йохан Годфрид Гал на 23 септември 1846 г., на позиция само с 1° разлика от предварително изчислената от френския математик и астроном Юрбен Льоверие. Години преди това друг френски астроном – Алексис Бувар допуска съществуването на планета отвъд Уран, поради наблюдаваните промени в орбитата на самия Уран, породени от гравитационното смущение на неизвестната тогава осма планета.

Орбиталният период на Нептун е 60 182 дни (164.8 земни години), а синодичният му период е 367.49 дни.

## ***Планетни конфигурации***

Планетите се наблюдават винаги близо до еклиптиката или на самата нея. Причината за това са неголемите наклони на техните орбити спрямо равнината на земната орбита, наричана **еклиптическа равнина**.

Когато една вътрешна (долна) планета е в максимална източна или западна елонгация (Greatest eastern/western elongation), тя се наблюдава най-дълго време вечер след залеза на Слънцето, респ. сутрин преди изгрева. Гледан през телескоп, в тези моменти, дискът на планетата изглежда осветен наполовина. По време на максималните си елонгации Меркурий се наблюдава на ъглови отстояния между 18° и 28° от Слънцето, а Венера – на отстояния между 45° и 47°.



Планетни конфигурации

Когато една вътрешна планета е в долно (вътрешно) или в горно (външно) съединение със Слънцето (Inferior/Superior conjunction), тя се намира в най-близката до нас (респ. в най-отдалечената от нас) точка на своята орбита. Около тези моменти планетата не може да се наблюдава, тъй като се губи в сиянието около Слънцето.

Когато една външна (горна) планета е в източна квадратура (Eastern quadrature), тя се наблюдава в първата половина на нощта, в посока на  $90^\circ$  из-

точно от вече залязлото Слънце. Ако една външна планета е в западна квадратура (Western quadrature), тя е видима във втората половина на нощта, на  $90^\circ$  западно от още неизгрялото Слънце.

Когато една външна планета е в противостоене на Слънцето (или в опозиция – Opposition), тя се наблюдава възможно най-добре – над южния хоризонт в полунощ. Около този момент планетата е най-близо до Земята, поради което се вижда с най-голям ъглов диаметър и с най-висока яркост.

Когато една външна планета е в съединение със Слънцето (Conjunction), тя се намира в най-отдалечената от нас точка на своята орбита и не може да се наблюдава, понеже се губи в сиянието около централното ни светило.

Съединение на две планети или на планета с Луната имаме, когато се изравнят техните ректасцензии (или еклиптични дължини). При описанието на такива явления следва да се уточни дали съединението е по ректасцензия или по еклиптична дължина. По време на съединението двата обекта са видимо близки и ако са ярки, привличат погледа към областта от небето, в която се намират. Затова тези явления са забележителни небесни атракции.

### ***По-атрактивни взаимни съединения на планетите и планетни паради***

#### **22 януари – Венера на 26' южно от Сатурн**

Тези две планети ще бъдат в съединение по ректасцензия на 22 януари около  $21^{\text{h}}$ , но явлението ще бъде трудно за наблюдение. Около 1 час след залез-слънце (в  $18^{\text{h}} 30^{\text{m}}$  за София) Венера и Сатурн ще бъдат на височина само  $7^\circ$  над хоризонта в посока югозапад-запад. Тогава ъгловото отстояние между планетите ще бъде 26'.

Яркост и ъглови диаметри на планетите по време на явлението:

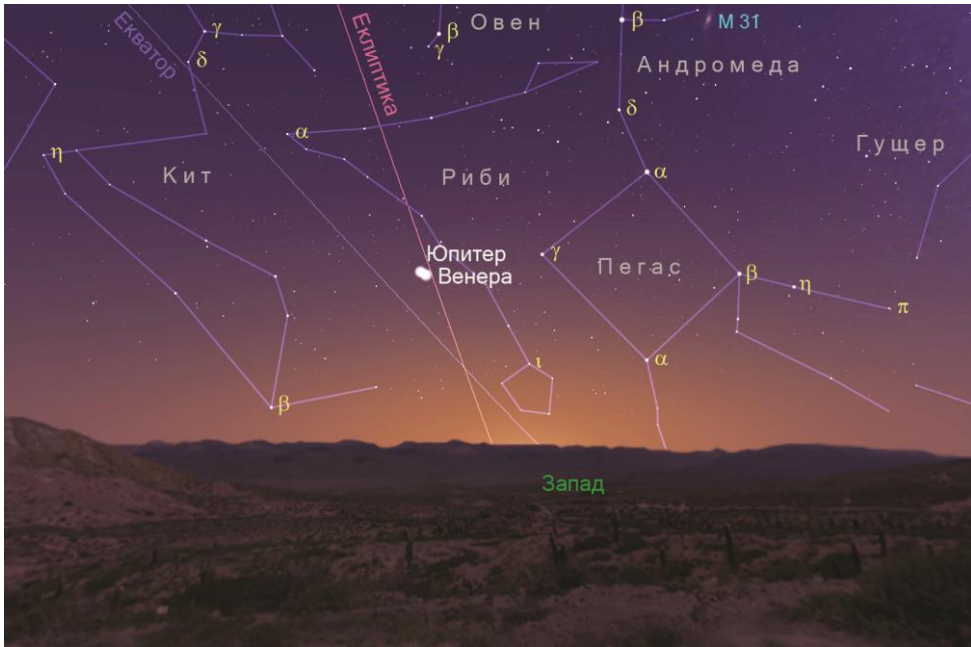
Венера:  $-3.9 \text{ mag}$ ,  $10.9''$ , 93% осветен диск;

Сатурн:  $0.8 \text{ mag}$ ,  $15.5''$ .

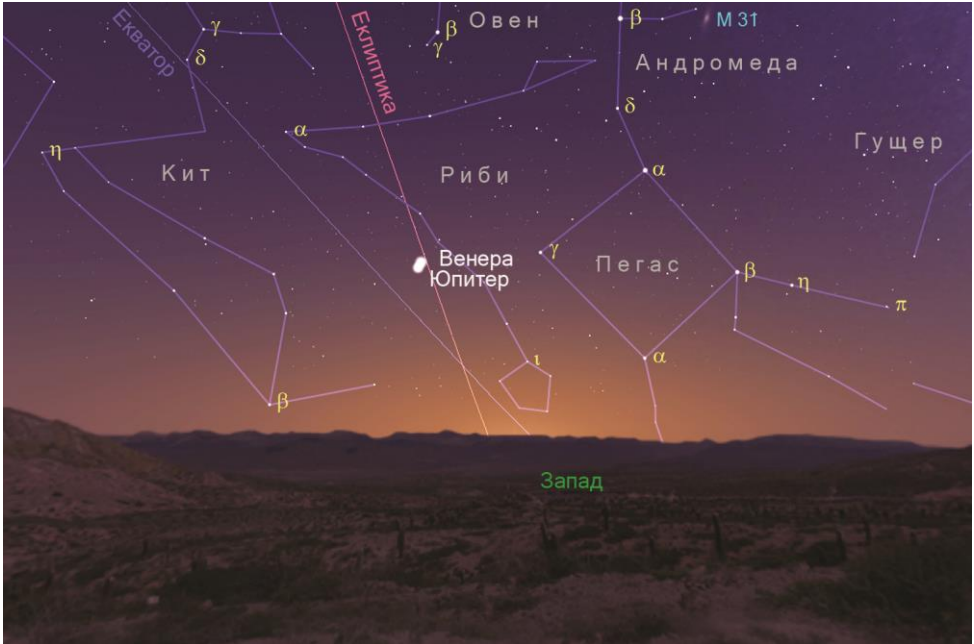
#### **2 март – Венера на 32' северно от Юпитер**

Ректасцензиите на двете планети ще се изравнят на 2 март около  $12^{\text{h}}$ , когато Венера ще бъде на ъглово отстояние 32' от Юпитер. От България явлението ще се наблюдава удобно във вечерите на 1 и 2 март от около  $19^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ , когато небето на запад ще е вече достатъчно тъмно. Тогава за наблюдател от София двете планети ще бъдат на височина около  $20^\circ$  над западния хоризонт. На 1 и 2 март в  $19^{\text{h}} 00^{\text{m}}$  Юпитер и Венера ще бъдат на ъглово отстояние 42', но в различно взаимно разположение, показано в двете фигури за това явление. Съединението ще може да се наблюдава до залеза на двете планети около  $20^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  за София.

Яркост и ъглови диаметри на планетите по време на явлението:  
Венера:  $-4.0$  mag,  $12.3''$ , 86% осветен диск;  
Юпитер:  $-2.1$  mag,  $34.1''$ .



Юпитер и Венера на 1 март в  $19^{\text{h}} 00^{\text{m}}$  за наблюдател от София, на ъглово отстояние  $42'$  и височина над западния хоризонт около  $20^\circ$



Юпитер и Венера на 2 март в 19<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> за наблюдател от София, на ъглово отстояние 42' и височина над западния хоризонт около 20°

Също на 2 март ще се случи съединение на Меркурий със Сатурн, но поради това, че двете планети ще изгреят само 17 минути преди изгрева на Слънцето, това съединение няма да може да се наблюдава.

### 28 март – Меркурий на 1° 33' северно от Юпитер

Двете планети ще бъдат в съединение по ректасцензия на 28 март около 17<sup>h</sup> на отстояние 1° 26' една от друга, но явлението ще бъде трудно за наблюдение. На 28 март вечерта залезът на Меркурий и Юпитер ще настъпи около 20<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> за София, което е само 50 минути след залеза на Слънцето и затова те няма да могат да се видят удобно. Преди залеза си те ще бъдат много ниско в още светлото небе на запад. На 28 март вечерта ъгловото отстояние между двете планети ще бъде 1° 33'.

Яркост и ъглови диаметри на планетите по време на явлението:

Меркурий: -1.3 mag, 5.5", 89% осветен диск;

Юпитер: -2.1 mag, 33.2".

## **26 юли – Меркурий на 5° 17' северно от Венера**

Двете планети ще бъдат в съединение по ректасцензия на 26 юли в 16<sup>h</sup>, на ъглово отстояние 5° 17', т.е. доста раздалечени.

Явлението ще бъде трудно видимо. На 26 юли вечерта залезът на Венера ще настъпи около 21<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> за София, което е само 45 минути след залез-слънце. При тези условия ще е видима по-скоро само Венера в още светлото небе ниско на запад. На 26 юли вечерта ъгловото отстояние между двете планети ще бъде 5° 12'.

Яркост, ъглови диаметри и осветеност на дисковете на планетите:

Меркурий: -0.1 mag, 6.1", 69% осветен диск;

Венера: -4.3 mag, 50.5", 10% осветен диск (изгъняващ сърп).

## **29 октомври – Меркурий на 21' южно от Марс**

Двете планети ще бъдат в съединение по ректасцензия на 29 октомври около 19<sup>h</sup>, на ъглово отстояние 21'. Явлението обаче няма да може да се наблюдава поради близостта на Слънцето. Вечерта на 29 октомври залезът на двете планети ще настъпи около 17<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> за София – само 13 минути след залеза на Слънцето.

## **28 декември – Меркурий на 3° 34' северно от Марс**

Двете планети ще бъдат в съединение по ректасцензия на 28 декември в 04<sup>h</sup>, на ъглово отстояние 3° 34'.

Явлението ще бъде почти невъзможно за наблюдение. На 28 декември сутринта двете планети ще бъдат над хоризонта от 07<sup>h</sup> 09<sup>m</sup> за София, което е само 47 минути преди изгрев-слънце. Тогава ъгловото отстояние между Марс и Меркурий ще бъде 3° 35'.

Яркост, ъглови диаметри и осветеност на дисковете на планетите:

Меркурий: 1.8 mag, 9.4", с 12% осветен диск (тесен сърп);

Марс: 1.4 mag, 3.8".

## ***Окултации на планети от Луната***

През 2023 г. от България няма да се наблюдават удобно закривания на планети от Луната.

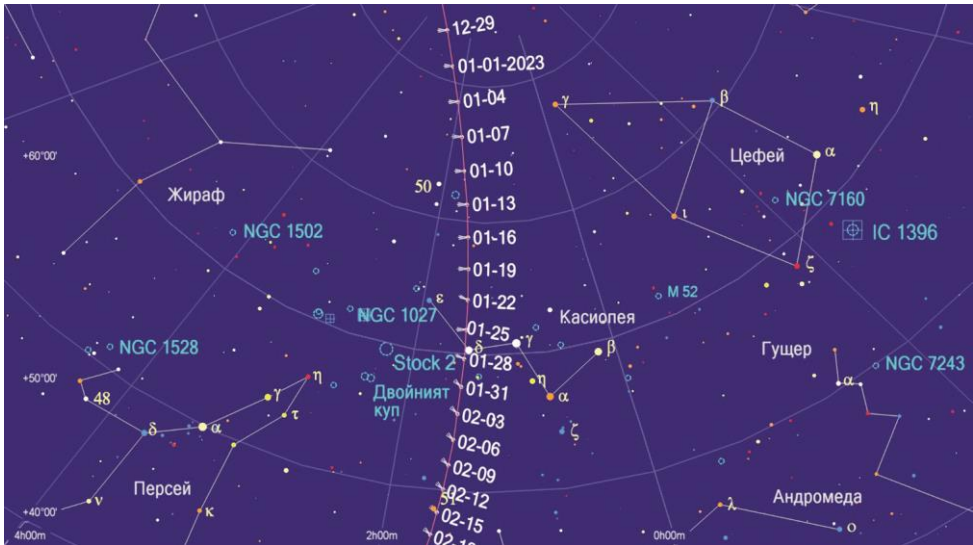
На 9 ноември в 12<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> за наблюдател от София Луната ще закрие Венера, но дневната светлина ще затруднява наблюденията.

## ПО-ЯРКИ КОМЕТИ

В началото на 2023 г. две комети, открити при наблюдения по програмата Zwicky Transient Facility (ZTF) от обсерваторията Паломар в Калифорния, ще бъдат достъпни за фотографирание с любителска техника.

### C/2020 V2 (ZTF)

В първите нощи на януари тази комета ще бъде в околполярната област на небето, видимо недалеч от звездата  $\gamma$ -Цефей. Тогава тя ще бъде с яркост около 9.8 mag (видима звездна величина), което я прави подходяща по-скоро само за фотографски наблюдения. В началото на втората седмица на януари C/2020 V2 ще навлезе в съзвездие Касиопея. Кометата ще премине през перихелия си на 8 май 2023 г., на разстояние 333.3 млн. km от Слънцето. Тогава обаче тя няма да може да се наблюдава – ще бъде в съзвездие Овен, където ще се намира и Слънцето. Най-близо до Земята C/2020 V2 ще бъде на 17 септември – на разстояние 277.35 млн. km от нас. Тогава кометата ще бъде до границата, разделяща съзвездията Кит и Пещ, а яркостта ѝ ще бъде около 9.7 mag, т.е. тя ще си остане предимно фотографски обект. Тази комета бе открита на 2 ноември 2020 г. при наблюдения по споменатата програма ZTF.

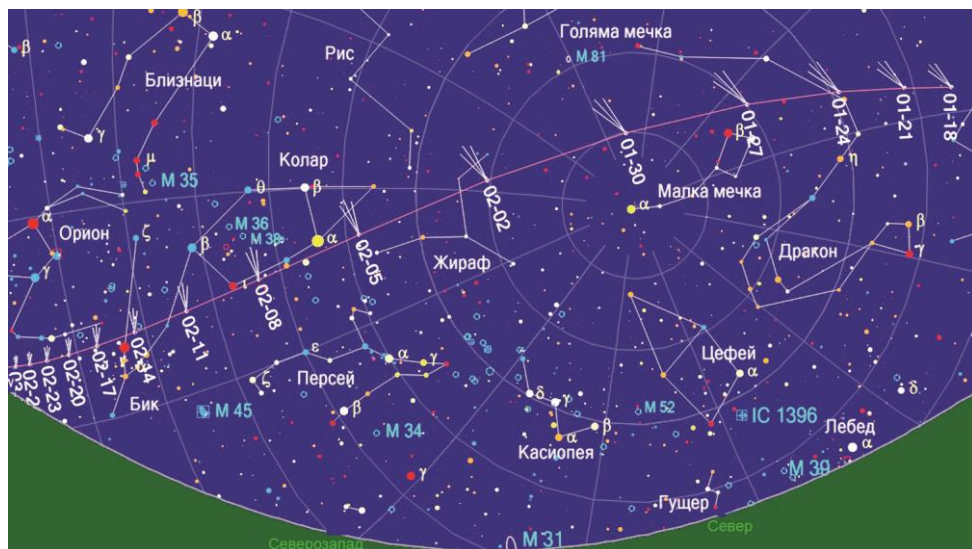


Видимият път на кометата C/2020 V2 (ZTF) от началото на годината докъм средата на февруари. Нейните позиции са означени през три дни за 0<sup>h</sup> българско време, във формат месец-ден (mm-dd)

## C/2022 E3 (ZTF)

От началото на януари докъм средата на февруари с бинокъл или с малък телескоп ще може да се проследи небесния път на кометата C/2022 E3 (ZTF). Към момента се очаква тя да бъде най-ярката комета за 2023 г., която ще се наблюдава удобно – с максимална яркост около 5 mag. Толкова ярка ще можем да я видим от последните нощи на януари до края на първата седмица на февруари. Тогава кометата ще премине през съзвездията Малка мечка, Жираф и Колар. Най-близо до Земята тя ще бъде на 1 февруари, на разстояние 42.49 млн. km от нас. В началото на годината C/2022 E3 ще изгрыва около 01<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> в съзвездието Северна корона, но опити за нейното наблюдение могат да се правят в часовете преди разсъмване, когато тя е вече по-високо над хоризонта. В Северна корона кометата ще се движи бавно до 12 януари, след което ще навлезе в съзвездието Херкулес. Също на 12 януари C/2022 E3 ще премине през перихелия си – на разстояние 166.38 млн. km от Слънцето. Кометата е открита на 2 март 2022 г. при наблюдения по програмата ZTF.

В някои медии се изказаха предположения, че същата комета е преминала покрай Земята преди близо 50 000 години – колкото се счита, че е нейният орбитален период. Твърди се че тогава тя е била наблюдавана от древните ни предшественици през каменната ера. Разбира се, няма как да сме сигурни в това!



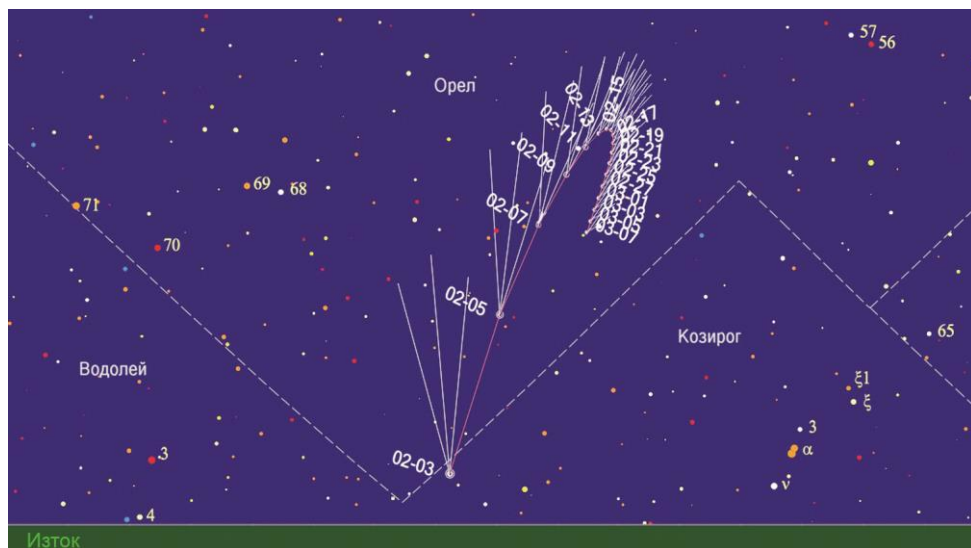
Видимият път на кометата C/2022 E3 (ZTF) във втората половина на януари и през февруари 2023 г. Нейните позиции са означени през три дни за 3:00 ч. българско време, във формат месец-ден (mm-dd)

## 96P/Machholz-1 (2023)

В края на януари предстои сравнително близко преминаване на тази комета покрай Земята. Тя ще премине през перихелия си на 31 януари, на разстояние 17.42 млн. km от Слънцето. На същата дата кометата ще бъде най-близо и до нас – на разстояние 17.65 млн. km. Въпреки, че на датата на перихелия се очаква нейната яркост да бъде доста висока – около 0.6 mag (видима звездна величина), кометата ще бъде близо до Слънцето и затова няма да може да се наблюдава. Ще можем да я видим рано в утрата след 3-4 февруари, но трудно – съвсем ниско над източния хоризонт и за кратко преди изгрев-слънце. Очаква се тогава тя да бъде вече с по-ниска яркост - около 5 mag, т.е. близо до границите на възможностите на невъоръженото око. Предвид това и заради нейната малка височина над хоризонта, ще ни трябва добър бинокъл или зрителна тръба за да я видим. В следващите утра на февруари яркостта на 96P бързо ще спада.

Тази комета е открита от американския астроном любител Доналд Махолц (Donald Machholz) на 12 май 1986 г. при наблюдения с бинокъл с диаметър на обективите 130 mm. Кометата е късопериодична – с орбитален период 5.29 години.

Счита се, че същата комета е родителско тяло на метеорния поток Ариетиди, наблюдаващ се рано сутрин от 14 май до 24 юни, както и на потока Южни делта-Аквариди, видим от 12 юли до 23 август. С други думи тези два потока се наблюдават, когато нашата планета прекосява метеорните роеве, отделени се в космическото пространство от тази комета.

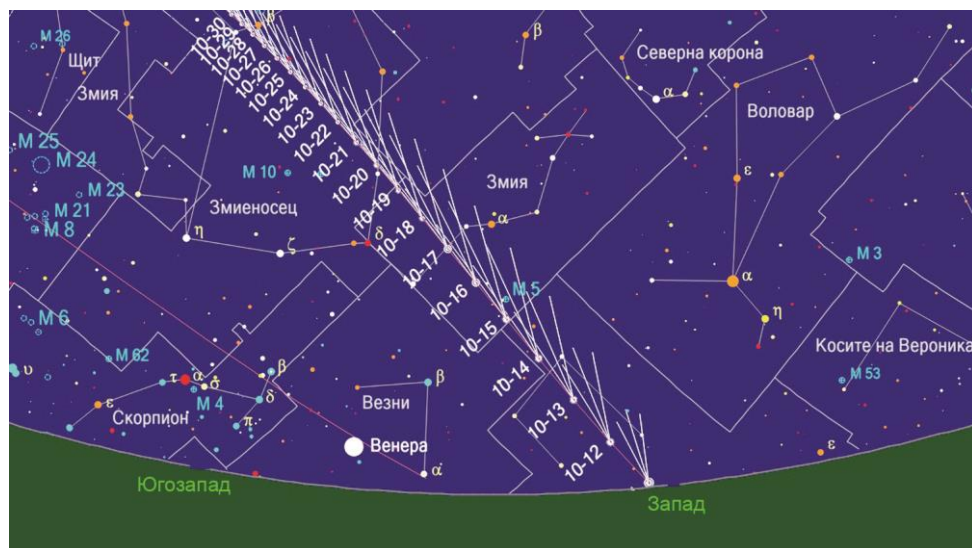


Небето над източния хоризонт на 3 февруари в 06<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> за наблюдател от района на София, с видимия път на кометата 96P/Machholz-1 от 3 февруари до 7 март. Позициите на кометата са означени през 2 дни във формат месец-ден (mm-dd)

## C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

И кратък поглед в аванс – това е една от първите комети, открити в началото на 2023 г., която предизвиква голям интерес сред астрономите поради прогнозите, че ще се наблюдава с висока яркост към края на лятото и през есента на 2024 г. Открита е в кадри, заснети на 9 януари от обсерваторията Purple Mountain до град Nanjing, провинция Jiangsu, Китай, а на 22 февруари е заснета и от един от роботизираните телескопи на програмата Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System (ATLAS), намиращ се в Южна Африка. Кометата ще премине през перихелия си на 27 септември 2024 г., на разстояние 58.4 млн. km (0.3904 AU) от Слънцето. Най-близо до Земята тя ще бъде на 12 октомври 2024, на разстояние от нас 70.61 млн. km (0.472 AU). Тогава нейната яркост се очаква да бъде доста висока – около 0.3 mag, дори 0.1 mag. От 11 октомври C/2023 A3 ще започне да се наблюдава ниско над западния хоризонт веднага след свечеряване (около 19<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> за наблюдател от района на София), в съзвездието Дева. Видимо недалеч от кометата ще бъде Венера като Вечерница.

Преди описания период на вечерна видимост на C/2023 A3, ще има по-кратък период на утринна видимост, който ще започне от около 23 септември. На тази дата кометата ще изгрее в 06<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> за София, в съзвездието Секстант, а Слънцето ще изгрее в 07<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>. Прогнозната яркост на кометата тогава е около 1.3 mag, но предвид нейната малка височина над източния хоризонт в самото начало на навигационния полумрак, наблюденията ще бъдат доста затруднени. Този период ще приключи около 4 октомври.



Небето над западния хоризонт на 11 октомври 2024 г. в 19<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> за наблюдател от района на София, с видимия път на кометата C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) от началото на периода на нейната вечерна видимост на същата дата, до края на октомври 2024. Това ще бъде най-

подходящото време за нейното наблюдение. Позициите на кометата са означени през 1 ден за 19<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> вечер, във формат месец-ден (mm-dd)

## ПО-АКТИВНИ МЕТЕОРНИ ПОТОЦИ

При планирането на наблюдения на метеорни потоци по време на техните максимуми трябва да се съобразим с три важни условия: Първо, трябва да проверим дали максимумът на потока, който желаем да наблюдаваме, се пада в тъмната част на денонощието за нашите географски дължини. Часът на настъпването на максимума се определя на база еклиптичната дължина на Слънцето  $\lambda_{\odot}$  (давана в градуси), при която Земята се намира в най-гъстата част на съответния метеорен рой, пресичан от земната орбита. Ако максимумът се пада през деня, преценяваме кое е най-близкото до него удобно време за наблюдение – в началото или в края на най-близката нощ.

Второто важно нещо е да изберем време за наблюдение, когато т.нар. **радиант** на метеорния поток е над хоризонта. Колкото по-високо в небето е радианта, толкова по-голям брой метеори ще видим от дадения поток.

Третото, но не най-маловажно условие се отнася за Луната. Ако тя е над хоризонта и във фаза близка до пълнолуние, ще създава светъл фон на небето, при който не могат да се извършват ефективни визуални наблюдения.

В края на тази част ще намерите разяснения за понятието радиант, както и още полезни препоръки към наблюдателите.

### Квадрантиди (QUA)

Макимумът на този първи за годината метеорен поток ще бъде на 4 януари (сряда) около  $05^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ , при еклиптична дължина на Слънцето  $\lambda_{\odot} = 283.15^{\circ}$ . Активността на потока по време на максимума е около 100 метеора приведено към време 1 час. Квадрантиди има кратък интензивен максимум, по-къс от половин час. На 4 януари Луната ще залезе в  $05^{\text{h}} 57^{\text{m}}$  за София с 92% осветен диск – почти пълна. Въпреки това наблюдения ще могат да се проведат, тъй като по време на максимума Луната ще бъде ниско над северозападния хоризонт, а радиантът на потока ще е вече високо на североизток. На 4 януари Слънцето ще изгрее за София в  $07^{\text{h}} 57^{\text{m}}$ , а ефективни наблюдения ще могат да се провеждат до около  $06^{\text{h}} 45^{\text{m}}$ .

Този поток се поражда от метеорни роеве – облаци от космически частици, отделящи се в космическото пространство от астероида 2003 EH1, който има орбитален период 5.5 години. От 28 декември до 12 януари Земята прекосява тези метеорни роеве, поради което в ясните и безлунни нощи през същия период виждаме повече на брой метеори.

### Лириди (LYR)

Макимумът на метеорния поток Лириди за 2023 г. ще бъде на 23 април около  $04^{\text{h}}$  българско време (при  $\lambda_{\odot} = 32.32^{\circ}$ ), когато зенитното часово число достига до около 18 (метеора за час). По принцип потокът може да се наблюда-

ва след 22<sup>h</sup>, когато неговия радиант (в съзвездие Лира) се издига над североизточния хоризонт, а към края на нощта той е вече високо в небето. В случая ще имаме благоприятното условие, че максимумът на потока ще настъпи към края на нощта, когато радиантът вече ще бъде високо.

В нощта на 22 срещу 23 април (събота срещу неделя) Луната няма да затруднява наблюденията. Тя ще залезе в 23<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> за София с 8% осветен диск – като тънък сърп. На 23 април Слънцето ще изгрее в 06<sup>h</sup> 33<sup>m</sup> за София, а визуални наблюдения ще са възможни до около 05<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

Метеорният поток Лириди е активен от около 16 до 25 април. Родителското му тяло е дългопериодичната комета C/1861 G1 (Thatcher) /Гачър/, с период 415 г. За последен път тази комета е преминала през своя перихелия си на 3 юни 1861 г.

### **Ета-Аквариди (ETA)**

Този поток е активен от 19 април до 28 май, с максимум за 2023 г. на 6 май около 18<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 45.5^{\circ}$ ). Предвид, че съзвездие Водолей, в което се намира радианта, изгрява към края на майските нощи, наблюденията трябва да се проведат също тогава. На 6 май радиантът е близо до звездата  $\eta$  Водолей и за София той ще изгрее около 03<sup>h</sup>. В нощта на 5 срещу 6 май (петък срещу събота) Луната ще бъде пълна и ще е видима през цялата нощ, с което ще затрудни много наблюденията. На 6 май Слънцето ще изгрее за София в 06<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, така че евентуални наблюдения ще могат да се провеждат до около 05<sup>h</sup>. През следващата нощ неблагоприятните условия ще бъдат също такива.

Потокут  $\eta$ -Аквариди се поражда от метеорни роеве, отделящи се в пространството от Халеевата комета (1P/Halley), която има орбитален период около 76 години. Зенитното часово число на потока при неговия максимум е между 40 и 85 – вариращо в различни години, но реално от нашите географски ширини могат да се видят около 15 – 30 бързи бели метеора за час, поради ниският до хоризонта радиант.

### **Ариетиди (ARI)**

Потокут е активен от около 14 май до 24 юни, с максимум за 2023 г. в първите часове на 8 юни (при  $\lambda_{\odot} = 76.6^{\circ}$ ). Метеори от него обаче могат да се видят само рано сутрин, в късия интервал от изгрева на радианта в съзвездие Овен (около 03<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> за София) до изсветляването на небето на изток-североизток. На 8 юни (четвъртък) Слънцето ще изгрее за София в 05<sup>h</sup> 49<sup>m</sup>, а визуални наблюдения ще са възможни до около 04<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>. Зенитното часово число на Ариетиди е около 30, но предвид ниския до хоризонта радиант и краткото възможно време за наблюдение, реално забелязаните метеори са много по-малко. Потокут е труден за наблюдение и обикновено се определя като дневен.

На 8 юни рано сутринта Луната ще бъде видима в посока югоизток-юг с 80% осветен диск и това допълнително ще затруднява наблюденията.

Родителското тяло на потока не е установено със сигурност. Предполаганията са за две такива – астероидът 1566 Icarus или кометата 96P/Machholz.

### **Юнски Боотиди (JBO)**

Този поток е интересен с бавните си ярки жълто-оранжеви метеори. Активен е от 22 юни до 2 юли, с максимум за 2023 г. на 28 юни около 01<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 95.7^{\circ}$ ). В нощта на 27 срещу 28 юни (вторник срещу сряда) Луната ще залезе в 02<sup>h</sup> 02<sup>m</sup> за София с 66% осветен диск и след това условията за наблюдение ще бъдат добри.

Активността на потока по време на максимума варира в широки граници през различни години – от само няколко, до над 100 метеора за час. Но дори при ниска активност, неговите ярки и бавни метеори се фотографират по-успешно от бързите метеори на повечето други потоци. Юнски Боотиди се поражда от метеорни роеве, отделили се от кометата 7P/Pons-Winnecke, която има орбитален период 6.4 години. За последен път тази комета премина през перихелия си на 27 май 2021 г., а следващият неин перихелий ще бъде на 25 август 2027 г.

### **Южни делта-Аквариди (SDA) и Алфа-Каприкорниди (CAP)**

Това са два метеорни потока с близки радианти, намиращи се съответно в съзвездията Водолей и Козирог. Максимумите им съвпадат – на 31 юли вечерта (при  $\lambda_{\odot} = 128^{\circ}$  и за двата), но пълната Луна в края на юли и в началото на август ще затруднява тяхното наблюдение.

Метеорите и на двата потока са бавни, жълтеникави, като нерядко са много ярки „болиди“. Обичайно те се наблюдават най-добре във втората половина на нощите около края на юли и в началото на август. Макар че зенитното часово число на Южни  $\delta$ -Аквариди е около 25, а на  $\alpha$ -Каприкорниди – около 5, по време на техните максимуми от географските ширини на България могат да се наброят само около 15 – 20 метеора за час общо. Причината е в ниските им до хоризонта радианти. През юлските нощи съзвездията Водолей и Козирог са видими ниско на югоизток в полунощ и ниско на югозапад сутрин преди развиделяване.

Потокът Южни  $\delta$ -Аквариди е активен от 12 юли до 23 август. Неговото родителско тяло не е установено със сигурност, но се счита, че е кометата 96P/Machholz-1 (същата, която вероятно поражда и метеорния поток Ариетиди). Тази комета има орбитален период 5.3 години и ще премине през перихелия си на 31 януари 2023 г.

Потокът  $\alpha$ -Каприкорниди е активен от 3 юли до 15 август и се поражда от метеорни роеве, отделящи се от кометата 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková, с ор-

битален период 5.25 години. За последен път тази комета премина през перихелия си на 26 април 2022 г.

Поради скорошните преминавания през перихелий на двете комети, тази година може да се очаква повишена активност на тези потоци. За съжаление пълната Луна ще попречи да проверим това.

### **Персеиди (PER)**

Максимумът на метеорния поток Персеиди за 2023 г. ще бъде на 13 август от около 10<sup>h</sup> до 15<sup>h</sup>, т.е. през деня за България (при  $\lambda_{\odot}$  от 140.0° до 140.1°). Въпреки това наблюденията могат да се проведат в нощите на 12 срещу 13 август (събота срещу неделя) и на 13 срещу 14 август (неделя срещу понеделник). В нощта срещу 13 август Луната ще изгрее в 03<sup>h</sup> 04<sup>m</sup> за София с 10% осветен диск – като тънък сърп, 3.4 дни преди новолуние. Затова тя няма да затруднява визуалните наблюдения.

Поради това, че Персеиди е активен поток – с около 90-100 метеора за час при своя максимум и се случва в удобно за наблюдение време – в още топлите летни нощи, традиционно той привлича вниманието на много хора от Северното полукълбо на Земята. Радиантът на потока се намира видимо близо до звездата  $\eta$  от съзвездието Персей, което веднага след свечеряване е видимо на хоризонта в посока север-североизток. До края на августовските нощи то се издига все по-високо в небето, с което условията за наблюдение на Персеиди принципно се подобряват. На 13 август Слънцето ще изгрее за София в 06<sup>h</sup> 31<sup>m</sup>, а ефективни наблюдения ще могат да се провеждат до около 05<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>.

Потокут Персеиди се поражда от метеорни роеве, отделили се от кометата 109P/Swift-Tuttle (Суифт-Тътл). Тя е дългопериодична и преминава през перихелия на орбитата си веднъж на всеки 133 години. За последен път 109P премина през перихелия си на 11 декември 1992 г. От около 17 юли до 24 август всяка година Земята прекосява тези метеорни роеве, поради което в безлунните нощи през същия период наблюдаваме повишена метеорна активност. За последната допринася и това, че потокут Персеиди се застъпва по време с описаните по-горе Южни  $\delta$ -Аквариди и  $\alpha$ -Каприкорниди, както и с още няколко по-слаби потока. На практика всички те заедно допринасят за общата висока метеорна активност в летните нощи.

### **Дракониди (DRA)**

Това обикновено е слаб метеорен поток. Неговият максимум за 2023 г. ще бъде на 9 октомври около 10<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 195.4^{\circ}$ ), т.е. през деня за нас. Активността по време на максимума е около 5-10 бавни червеникави метеора за час. През нощта на 8 срещу 9 октомври (неделя срещу понеделник) Луната ще изгрее в 01<sup>h</sup> 52<sup>m</sup> за София с 28% осветен диск (изгъняващ сърп) и няма да затруднява осезаемо визуалните наблюдения. На 9 октомври Слънцето

ще изгрее в  $07^{\text{h}} 32^{\text{m}}$  за София, а ефективни наблюдения ще са възможни до около  $06^{\text{h}} 20^{\text{m}}$ .

Обикновено по-висока активност на потока се наблюдава след скорошно преминаване на кометата 21P/Giacobini-Zinner през нейния перихелий (с изключение на последния път). Повишена активност бе наблюдавана през 2011 и 2012 г. Кометата 21P е с орбитален период 6.6 години и за последен път премина през перихелия си на 10 септември 2018 г. Следващият неин перихелий ще бъде на 25 март 2025 г. Земята прекосява метеорните роеве, отделящи се от тази комета, в краткия период от 6 до 10 октомври, когато са активни Дракониди.

### **Ориониди (ORI)**

Максимумът на Ориониди за 2023 г. се очаква да настъпи в нощта на 21 срещу 22 октомври (събота срещу неделя) около  $02^{\text{h}}$  българско време (при  $\lambda_{\odot} = 208^{\circ}$ ), с около 20 бързи метеора на час. Потокът може да се наблюдава след изгрева на неговия радиант в съвездието Орион около  $22^{\text{h}} 50^{\text{m}}$  за София. В нощта срещу 22 октомври Луната ще залезе в  $23^{\text{h}} 26^{\text{m}}$  за София с 47% осветен диск (фаза първа четвърт), след което условията за наблюдение ще бъдат добри. На 22 октомври Слънцето ще изгрее за София в  $07^{\text{h}} 48^{\text{m}}$ , поради което визуални наблюдения ще могат да се провеждат до около  $06^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ .

Потокът Ориониди е активен от около 2 октомври до 7 ноември. Той, както и описаният по-горе поток  $\eta$ -Аквариди, се поражда от метеорни роеве, отделени се от Халеевата комета. Земята преминава два пъти годишно през тях – през пролетта и през есента.

### **Южни Тауриди (STA) и Северни Тауриди (NTA)**

Това са два слаби метеорни потока, които обаче са много продължителни – траят почти по два месеца всеки и се застъпват във времето. Южни Тауриди са активни от около 20 септември до 20 ноември, а Северни Тауриди – от около 20 октомври до 10 декември.

Максимумът на Южни Тауриди за 2023 г. ще бъде в нощта на 5 срещу 6 ноември (при  $\lambda_{\odot} = 223^{\circ}$ ), с активност около 5 метеора на час. В същата нощ Луната ще изгрее в  $23^{\text{h}} 44^{\text{m}}$  с 45% осветен диск – фаза последна четвърт и ще затруднява наблюденията. Поради това е добре да се планират наблюдения преди лунния изгрев.

Максимумът на Северни Тауриди ще бъде в нощта на 12 срещу 13 ноември (при  $\lambda_{\odot} = 230^{\circ}$ ), също с активност около 5 метеора на час. През същата нощ Луната ще бъде в новолуние и няма да затруднява наблюденията.

Двата радианта са видимо близки и се намират в съвездието Бик. В началото на ноемврийските нощи те са ниско над североизточния хоризонт и се издигат в небето до около  $03^{\text{h}} 30^{\text{m}}$ , а с това условията за наблюдение се подобряват.

Родителското тяло на Южни Тауриди е кометата 2P/Енке, която има къс орбитален период от 3.3 години. За последен път тя премина през перихелия си на 25 юни 2020 г., а следващият неин перихелий ще бъде на 22 октомври 2023 г.

Родителското тяло на Северни Тауриди е астероидът 2004 TG10, за който се предполага, че е фрагмент (отломка) от кометата 2P/Енке. Неговият орбитален период е много близък до този на Енке – 3.34 години.

### **Леониди (LEO)**

Потокът е активен от 6 до 30 ноември, с максимум за 2023 г. на 18 ноември около 07<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 235.27^{\circ}$ ). В нощта срещу 18 ноември (петък срещу събота) радиантът на потока, който е видимо близо до звездата  $\zeta$  от съзвездието Лъв, ще изгрее около 23<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> за София и условията за наблюдение ще се подобряват с издигането му над източния хоризонт до края на нощта. Луната няма да затруднява наблюденията – тя ще залезе още на 17 ноември вечерта в 20<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> за София, с 21% осветен диск. На 18 ноември Слънцето ще изгрее в 07<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> за София, а визуални наблюдения ще могат да се провеждат до около 06<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, т.е. почти до максимума.

Принципно по време на максимума на Леониди могат да се наброят около 15 бързи синьо-зеленикави метеора за час. Родителското тяло на потока е кометата 55P/Tempel-Tuttle (Темпъл-Тътл), имаща период около 33 години. Затова през същия период Леониди се наблюдава във вид на метеорни дъждове. Последният такъв бе през 2002 г., с интензивност около 3 500 метеора за час.

### **Геминиди (GEM)**

Това е третият и последен от най-активните метеорни потоци през годината – след Квадрантиди и Персеиди. Наблюдава се от около 4 до 17 декември, когато Земята прекосява метеорни роеве, отделящи се от астероида 3200 Фаетон. Този астероид има орбитален период 523.6 дни.

Максимумът на Геминиди за 2023 г. ще бъде на 14 декември (четвъртък) около 21<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 262.2^{\circ}$ ). В момента на максимума активността е над 120 метеора за час. На 14 декември вечерта Луната ще залезе в 18<sup>h</sup> 03<sup>m</sup> с 3.7% осветен диск (почти 2 дни след новолуние) и няма да затруднява наблюденията. Радиантът на потока се намира в съзвездието Близнаци, близо до звездата Кастор ( $\alpha$  Gem). До около 02<sup>h</sup> радиантът ще се издига все по-високо в небето, поради което условията за наблюдения ще бъдат много добри през цялата нощ. На 15 декември Слънцето ще изгрее в 07<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> за София, а визуални наблюдения ще могат да се провеждат до около 06<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>.



Източната част на небето на 14 декември (четвъртък) вечерта в 23<sup>h</sup> за наблюдател от района на София, с радианта на метеорния поток Геминиди в съзвездието Близнаци

## Урсиди (URS)

Този последен за годината метеорен поток е активен от 17 до 26 декември, с максимум за 2023 г. на 23 декември около 06<sup>h</sup> българско време (при  $\lambda_{\odot} = 270.7^{\circ}$ ). Тогава ще могат да се наброят около 10 средно бързи метеора за час. В нощта на 22 срещу 23 декември (петък срещу събота) Луната ще залезе в 04<sup>h</sup> 09<sup>m</sup> за София с 84% осветен диск и няма да затруднява наблюденията по време на самия максимум. На 23 декември Слънцето ще изгрее в 07<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> за София, а визуални наблюдения ще могат да се провеждат до около 06<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>.

Родителското тяло на потока е кометата 8P/Tuttle (Тътл) с орбитален период 13.6 години. За последен път тя премина през перихелия си на 27 август 2021 г., т.е. сравнително скоро, поради което може да се очаква повишена метеорна активност.

## ***Някои понятия и препоръки, важни при наблюдения на метеорни потоци***

Важна и традиционна препоръка към желаещите да провеждат метеорни наблюдения е да изберат място, достатъчно отдалечено от нощните светлини на градове, селища и промишлени райони. Най-добри условия предлагат високопланински местности в ясни и безлунни нощи.

Метеорните наблюдатели трябва да са запознати с две важни понятия – какво означава **радиант** на метеорния поток и **зенитно часово число (ZHR)**.

**Радиантът** на даден метеорен поток е малка област от небето, спрямо която изглежда, че метеорите се разлитат във всички посоки наоколо. Ако наблюдаваме метеорен поток и внимателно нанасяме върху звездна карта траекториите на забелязаните метеори, то техните **продължения** в посока назад – обратно на движението на самите метеори, ще се пресекат в радианта. Метеорните потоци носят имената на съзвездията, в които се намират техните радианти по време на максимумите им. Например радиантът на потока Персеиди (PER) по време на неговия максимум се намира в съзвездието Персей (Perseus). Радиантът на потока Геминиди (GEM) е в съзвездието Близнаци (Gemini) и т.н. Изключение прави метеорният поток Квадрантиди (QUA), наречен на вече несъществуващото съзвездие Квадрант (Quadrans Muralis), което се е намирало между фигурите на Голямата мечка, Воловар, Херкулес и Дракон.

Наблюдателите обаче не трябва да си мислят, че всички метеори от даден поток се появяват само в съзвездието, в което се намира неговия радиант. При организирани групови наблюдения е обичайна практика наблюдателите да седат с гръб един към друг, така че всеки от тях да оглежда определена област от небето. Така цялата група ще може да регистрира всеки метеор, появил се в която и да е част на небосвода.

**Зенитното часово число** на даден метеорен поток (Zenithal Hourly Rate – ZHR) определя неговата активност, т.е. колко метеора могат да бъдат видяни, обикновено по време на максимума, приведено към време един час. Например ако за 15 минути забележим 10 метеора, можем да кажем, че активността на потока е около 40 метеора за час. Активността указана в астрономическите календари чрез ZHR обаче би била реална само при идеални условия за наблюдение – в много ясна и безлунна нощ, ако радиантът на потока е в зенита, ако отброяваме всички появили се метеори по целия небосвод (което не е във възможностите на сам наблюдател) и пр. Такива условия на практика рядко са налице, поради което реално наблюдаваната активност на метеорните потоци е по-ниска от стойностите на ZHR, давани за тях. От голямо значение е на каква височина над хоризонта се намира радиантът на даден поток, по време на наблюдението. Ако радиантът е под хоризонта – още неизгрял или вече залязъл, метеори от този поток не могат да се наблюдават.

Друг често споменаван параметър е скоростта  $V_{\infty}$  на навлизане на метеорните тела в земната атмосфера. Тя зависи от посоката, от която идват частиците от метеорния рой, прекосяван от Земята. Ако частиците пресрещат нашата планета по орбиталния ѝ път, тогава логично  $V_{\infty}$  е висока – около 60 – 70 km/s. Ако обаче те застигат Земята,  $V_{\infty}$  е около 20 km/s или по-ниска. Тази скорост определя степента на нагриването на навлизащите в атмосферата метеорни тела, а оттам – и цвета на тяхното светене, съгласно закона на Вин. Например бавните метеори са червеникаво-оранжеви (потоци като Дракониди, Юнски Боотиди и др.).

Често в началото на траекториите на бързите метеори (Леониди, Персеиди и др.) се наблюдава зеленикаво светене, дължащо се на излъчването на възбудения атомен кислород във високите разреждени слоеве на атмосферата. На височина около и над 120 km кислородът свети в зелено – в спектрална линия с дължина на вълната  $\lambda = 557.7$  nm.

От видимата скорост на метеорите зависи успехът при тяхното фотографиране. Ако в полето на фотообектива премине бърз и слаб метеор, той ще се експонира недостатъчно и след това може изобщо да не го открием в заснетия кадър. И обратно – бавните метеори се фотографират много по-успешно.



Спиралната галактика NGC 7331 с нейните спътници (горе) и т. нар. „Квинтет на Стефан“ – група от 5 галактики (долу дясно) в съзвездието Пегас. 50/70 см Шмит телескоп в НАО Рожен, 06 октомври 2012 г. Снимка Пенчо Маркишки и Деница Маркишка

## ОПТИЧНИ СИСТЕМИ ЗА АСТРОНОМИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТИ

Класификацията на астрономическите инструменти според техните оптични системи е интересна и обширна тема, която има отношение към въпроса за избора на телескоп, често стоящ пред начинаещите астролюбители. Факторите, определящи избора на инструмент, са най-различни – цена, оптични параметри, проблеми около доставката, цели на бъдещите занимания и др., но при всички случаи трябва да има яснота по въпроса за неговата оптична система. В астрономията има стара практика различни наблюдателни задачи да се изпълняват на телескопи с подходящи за тях оптични системи. Ако например искате да заснемете обширна област от небето със слаби площни обекти –

дифузни мъглявини, галактики, комета или др., ще ви е нужен светлосилен късофокусен инструмент – Шмит телескоп или светлосилен фотографски обектив. Ако искате да направите детайлни снимки на планета, на лунните кратери или да „разделите“ близките компоненти на двойна звезда, ще ви трябва телескоп с дълго фокусно разстояние и с по-малка светлосила – например системи Шмит–Касегрен или Касегрен. В този смисъл няма универсален телескоп, подходящ за абсолютно всички задачи. Затова начинаещият любител трябва да прецени какви обекти смята да наблюдава или да фотографира в бъдеще. В опит това ограничение да бъде отчасти преодоляно, се предлагат способи за разширяване на възможностите на телескопа, чрез промяна на неговото фокусно разстояние. В миналогодишното издание на „Гид на любителя астроном“, в статията „Важни принципи в геометричната оптика и връзката им с параметрите на астрономическите инструменти“ (с. 57) описахме подробно принципите на действие на три такива средства – леща на Барлоу, проекционен окуляр и фокален редуктор. Едно добро решение е например да си закупите качествен дългофокусен инструмент и фокален редуктор за него, за да можете при нужда да скъсявате фокусното му разстояние, при което се повишава светлосилата му. Но въпреки тези възможности първоначалният избор на инструмент с определени параметри и тип оптична система е от решаващо значение за по-нататъшния успех на любителя.

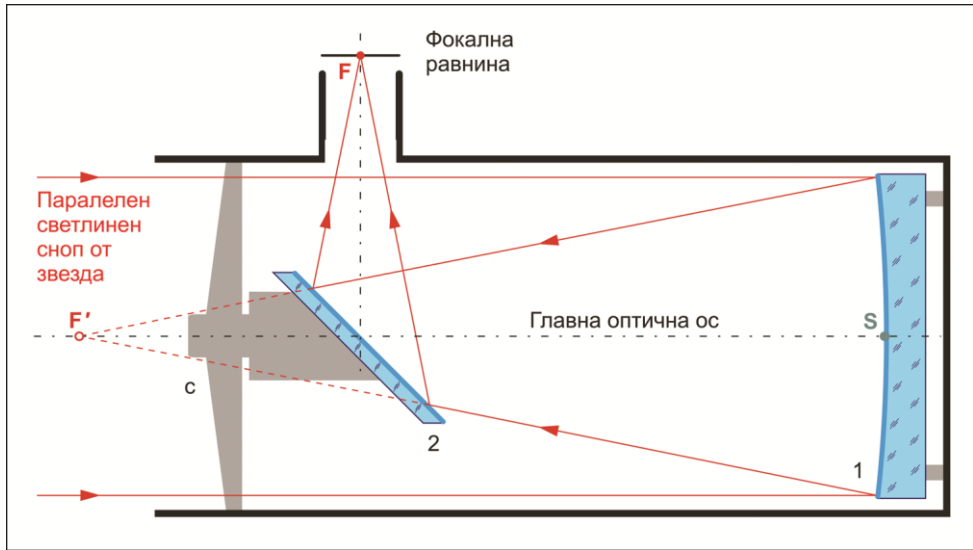
В посочената по-горе статия в миналогодишния „Гид на любителя астроном“ описахме оптичните параметри на астрономическите инструменти и разгледахме видовете оптични aberации, характерни за единичната сферична леща и за сферичното огледало. В темата „Афокални системи“ в същата статия (с. 88) обяснихме принципите на работа на телескопите рефрактори, конструирани по схемите тръба на Галилей и тръба на Кеплер. Разгледахме различни по конструкция ахроматични обективи за телескопи рефрактори и различни системи окуляри, усъвършенствани с цел отстраняване на оптичните дефекти. Тук ще продължим с описанието на основните типове огледални телескопи (телескопи рефлектори) и някои типове огледално-лещови (катадиоптрични) телескопи.

## Огледални системи телескопи (рефлектори)

### Телескоп система Нютон (Newtonian telescope)

Паралелният светлинен сноп, идващ от далечен обект, попада в първичното (главно) огледало **1** (фиг. 1), което може да бъде параболично или сферично. След отражение в него, сходящият сноп се отправя към фокуса  $F'$ , но преди да го достигне, се отразява под прав ъгъл от вторичното плоско огледало **2**. Последното често бива наричано „диагонално огледало“. Чрез него фокусът се извежда извън тубуса на телескопа, за да може образът да се наблюдава удобно през окуляр или да се проектира върху сензора на камера. Принципно вдлъбнатото главно огледало **1** обръща образа обратно, но освен това имаме още едно огледално обръщане от отклоняващото огледало **2**. Така крайният образ се оказва с разменени ляво и дясно или горе и долу – в зависимост от това, как е завъртян тубуса около оста си.

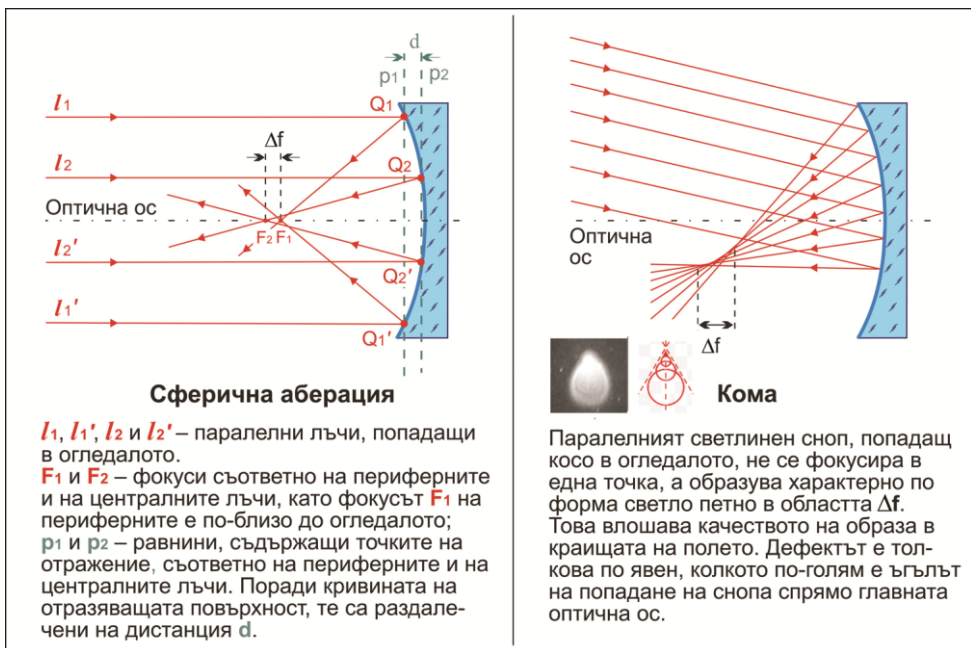
Телескопите система Нютон са инструменти с отношения  $f/D$  вариращи в твърде широки граници – най-често между 4 и 10. Поради опростената си конструкция и ниската си цена те са предпочитани от астролюбителите.



Фиг. 1. Принципна схема на Нютон телескоп: **1** – първично (главно) параболично или сферично огледало; **S** – върхна точка на същото огледало (център на отразяващата му повърхност);  $F'$  – фокус на първичното огледало, до който обаче сходящият сноп не достига поради отражението си в плоското отклоняващо огледало **2**;  $SF'$  – отсечка, равна на фокусното разстояние на първичното огледало; **c** – кръстът, носещ отклоняващото огледало **2** (често наричан „спайдър“); **F** – главен (пряк) фокус на телескопа

Типичен недостатък при системата Нютон е това, че параболичното главно огледало **1**, макар добре коригирано от сферична aberация, остава некоригирано от комата – дефект, който влошава звездните изображения към краищата на зрителното поле (фиг. 2 дясно). Затова при по-светлосилните Нютони или при работа с камери с големи сензори се налага използването на т.нар. кома коректор (coma corrector) – система от две слаби лещи, която се монтира във фокусиращото устройство на телескопа, малко преди фокуса **F**. Обратно – при по-малко светлосилните телескопи Нютон е допустимо първичното огледало **1** да бъде сферично. Например телескоп с диаметър  $D = 250 \text{ mm}$  и с фокусно разстояние  $f = 2\,500 \text{ mm}$ ,  $f/10$  може да бъде със сферично главно огледало и това няма да влоши осезаемо образа. Наистина, за да се коригира сферичната aberация трябва огледалото да бъде параболизирано, но в този случай нужната за него параболична форма се различава пренебрежимо малко от сфера.

Тази оптична система носи името на английския физик Исак Нютон (Sir Isaac Newton, 1642–1727), който през 1668 г. конструира първия действаш такъв телескоп. Но преди Нютон, върху идеята за огледален телескоп са мислили и експериментирали автори, като Галилео Галилей (Galileo Galilei, 1564–1642), неговият приятел Джовани Франциско Сагредо (Giovanni Francesco Sagredo, 1571–1620), Николо Зуки – още през 1616 г. (Niccolò Zucchi, 1586–1670), Джеймс Грегъри (виж по-долу „Телескоп на Грегъри“) и др.



Фиг. 2. Обяснения на дефектите сферична и коматична aberация (кома) при вдлъбнатото сферично огледало. Тези и останалите видове оптични aberации разгледахме в „Гид на любителя астроном 2022“, стр. 74

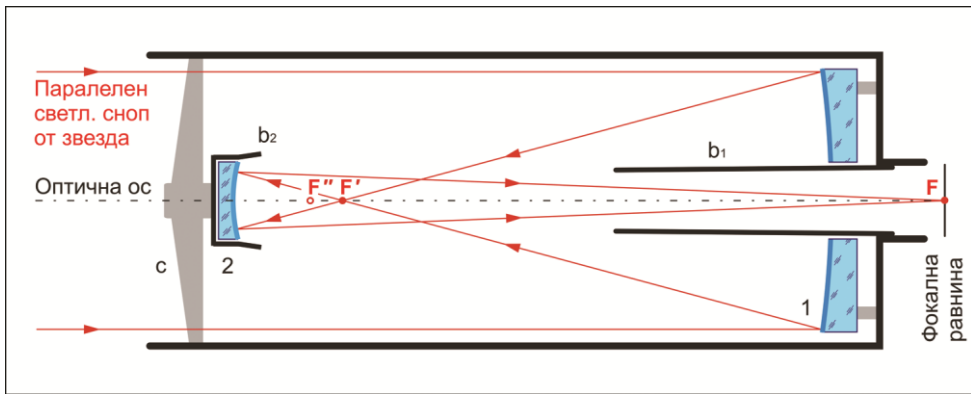


Фиг. 3. Телескоп система Нютон с диаметър на огледалото 355 mm и фокусно разстояние 1.6 m,  $f/4.5$ , на Студентската астрономическа обсерватория (САО) Плана към катедра „Астрономия“ при СУ „Св. Климент Охридски“. Показан е момент от практическите занятия по време на Лятната школа по науките за Космоса и Земята „Проф. Марин Бъчеваров“, която се проведе от 16 до 23 юли 2022 г. Снимка: авторът

### Телескоп на Грегъри (Gregorian telescope)

Идващият от далечен обект (звезда) паралелен светлинен сноп се отразява в първичното параболично огледало **1** (фиг. 4) и се събира във фокуса  $F'$ , който е пряк фокус на това огледало. Така в  $F'$  се построява действителният и обърнат образ на обекта. След този фокус светлината продължава като разсейващ се сноп и се отразява във вдлъбнатото вторично елиптично огледало **2**. Фокусът  $F''$

на вторичното огледало е малко отдалечен от фокуса  $F'$  на главното, поради което образът, построен в последния, се проектира втори път във фокуса  $F$  на телескопа. Там той е изправен и допълнително увеличен. По този начин ефективното (еквивалентното) фокусно разстояние на инструмента е много по-дълго от неговия тубус. Това, че образът на изхода (в т.  $F$ ) е изправен и се намира на главната оптична ос са безспорни предимства при наблюдения на наземни обекти. Телескопът на Грегъри е „с право гледане“, за разлика от системата Нютон. Като главен недостатък на системата Грегъри се сочи трудното колимиране на огледалата. Дори при най-малък наклон на което и да е от двете огледала, ще имаме осезаемо влошаване на образа заради дефекта кома (фиг. 2 дясно). Ако разстоянието между двете огледала се скъси толкова, че техните фокуси  $F'$  и  $F''$  да съвпаднат, изходящият от телескопа светлинен сноп ще бъде паралелен – както при телескопите на Мерсен.



Фиг. 4. Принцилна схема на телескопа на Грегъри: **1** – първично (главно) параболично огледало;  $F'$  – пряк фокус на първичното огледало; **2** – вторично вдлъбнато елиптично огледало (може да бъде и параболично);  $F''$  – фокус на вторичното огледало, който е малко отдалечен от фокуса  $F'$ ;  $F$  – главен фокус на телескопа; **c** – кръстът, носещ централното препятствие, т.е. вторичното огледало **2**;  $b_1$  и  $b_2$  – сенници (прегради, baffles), предотвратяващи проникване на косо влизаща светлина до фокалната равнина

Поради дългото си фокусно разстояние и малката светлосила системата Грегъри е подходяща за слънчеви телескопи. Тогава във фокуса  $F'$  може да се постави малка полева диафрагма с лъскава външна повърхност, която да отразява излишната слънчева енергия назад или встрани. Това ще предотврати загряването на вторичното огледало **2** и на намиращите се по пътя на светлината след него оптични детайли. Тази полева диафрагма трябва да бъде също и с ограничен външен диаметър, за да стои изцяло в сянката на централното препятствие (на вторичното огледало), която преминава заедно със светлината през цялата оптична система. Във фокусът  $F'$  може да се постави конус с отразяваща повърхност, в ролята на „изкуствена Луна“, който да закрива с основата си образа на Слънцето. Това „изкуствено слънчево затъмнение“ в телескопа, заедно с

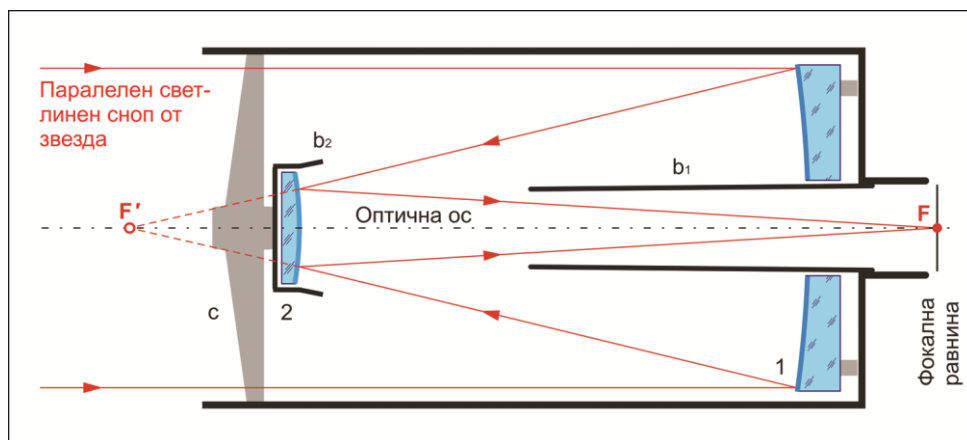
наличието на  $H\alpha$  филтър, ще позволи във фокуса  $F$  удобно да се наблюдават обекти, намиращи се близко до контура на слънчевия диск – например протуберанси.

Тази оптична система е предложена през 1663 г. от шотландския математик Джеймс Грегъри (James Gregory, 1638-1675), но само на теория – в неговия труд „Optica Promota“. По това време оптиците не са имали нужния опит, за да могат да изработват асферични огледала. Първият действащ инструмент с такава система е конструиран 10 години по-късно от шотландския оптик Джеймс Шорт (James Short), който изработил двете параболични огледала от метал.

### Системи Касегрен (Cassegrain telescope) и Ричи-Кретнен (Ritchey-Chrétien telescope – RC или RCT)

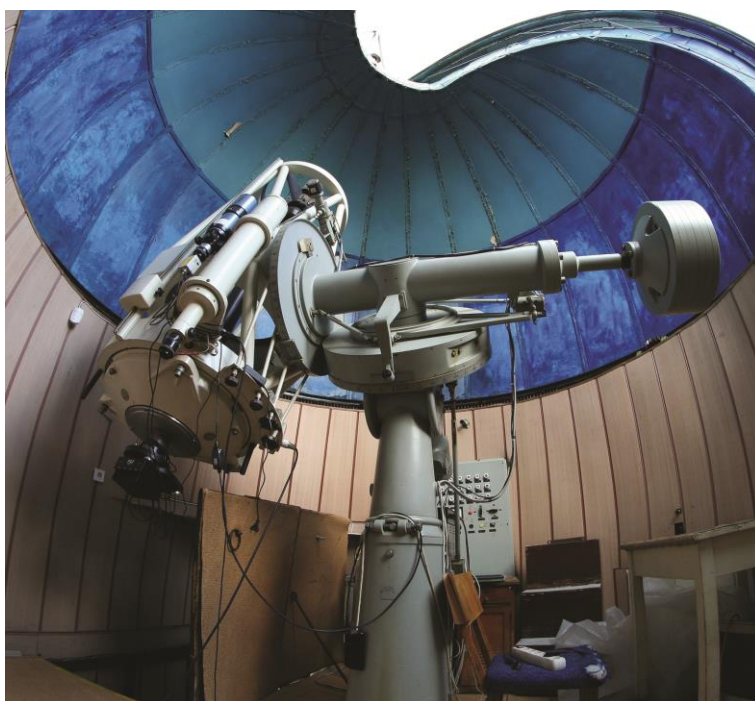
Фокусиращият се след отражение в главното параболично огледало **1** светлинен сноп среща по пътя си изпъкналото вторично хиперболично огледало **2** (фиг. 5), което връща снопа към централния отвор на главното огледало и удължава ефективното фокусно разстояние на системата. Фокусът  $F$  на телескопа е на главната оптична ос, т.е. това е също инструмент с „право гледане“, но с обърнат образ – за разлика от телескопа на Грегъри.

Касегрен телескопите най-често са инструменти с дълги фокусни разстояния и с малки относителни отвори – обикновено с  $f/D$  около 12, което ги прави подходящи за наблюдения, изискващи голям мащаб на образа – двойни звезди, планети, Луната и др. Тази оптична система е предложена през 1672 г. от френския учител и свещеник Лаурент Касегрен (Laurent Cassegrain, 1629–1693).



Фиг. 5. Принципна схема на Касегрен телескоп: **1** – първично (главно) параболично огледало;  $F'$  – фокус на първичното огледало, до който обаче сходящият светлинен сноп не достига; **2** – вторично хиперболично огледало;  $F$  – главен фокус на телескопа;  $c$  – кръстът, носещ вторичното огледало;  $b_1$  и  $b_2$  – сенници (прегради, baffles), предотвратяващи достигането на косо влизаща светлина до фотоприемника

През 1910 г. американският астроном Джордж Ричи (George Willis Ritchey) и френският астроном Анри Кретиен (Henri Chrétien) стигат до извода, че ако се изработи телескоп по системата Касегрен, но не с параболично, а с хиперболично главно огледало, той би имал по-широко плоско поле, свободно от кома. През 1927 г. Ричи конструира първия такъв телескоп с диаметър 60 см. Тази усъвършенствана оптична система, при която и двете огледала са хиперболични, е наречена в тяхна чест – Ричи–Кретиен (RC). Визуално можем да различим един Ричи–Кретиен телескоп от един класически Касегрен по голямото на диаметър вторично огледало **2** и по големия централен отвор на главното огледало. Те позволяват телескопът да работи с голям по размер фотографски приемник – фотоплака или цифрова камера с голям сензор (вижте също Система Коригиран Дал–Къркам). Повечето от големите съвременни телескопи са конструирани по системата Ричи–Кретиен.



Фиг. 6. Касегрен телескоп „Zeiss-600“ на Астрономическа обсерватория Белоградчик. Главното му огледало е с диаметър 600 mm, а фокусното му разстояние е 7.5 m,  $f/12.5$ . Такъв инструмент има също и в НАО Рожен. Снимка: авторът, 2014 г.



Фиг. 7. Двуметровият Ричи-Кретиен-Куде (РКК или RCC) телескоп на НАО Рожен по време на работа. В миналогодишното издание на „Гид на любителя астроном“ разгледахме подробно оптичните системи и параметрите на този инструмент (стр. 71). Снимка: авторът, 2015 г.

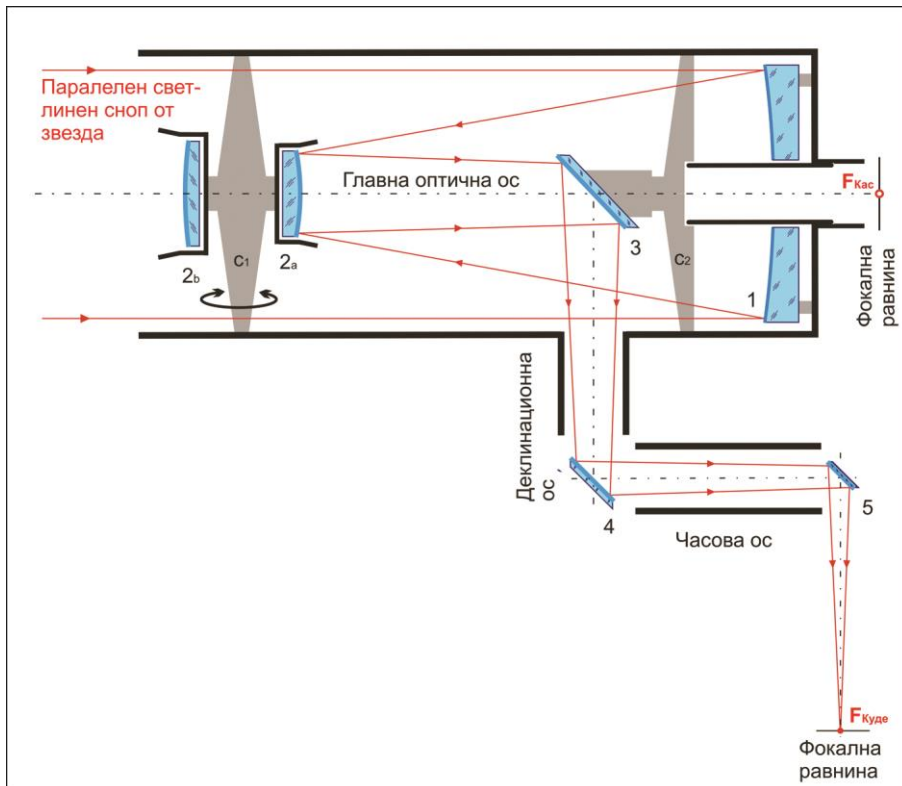
### **Системи Касегрен-Куде (Cassegrain-Coudé) и Ричи-Кретиен-Куде (Ritchey-Chrétien-Coudé – RCC)**

Както при телескопите система Касегрен, фокусираният от главното огледало **1** светлинен сноп (фиг. 8) се отразява втори път от изпъкналото огледало **2a**, но по пътя си назад среща плоското отклоняващо огледало **3**, което насочва снопа извън тубуса на телескопа – през кухата деклинационна ос на монтировката. След още едно отражение от плоското огледало **4** светлината преминава и през кухата часова ос. В крайна сметка тя достига Куде-фокуса  $F_{\text{Куде}}$ . Така независимо в каква посока е насочен телескопът, образът се построява във фиксирана позиция, т.е. наблюдателят, камерата или спектрографът са неподвижни. Последното е голямо предимство, тъй като позволява да се използва обемна и тежка светоприемна апаратура, инсталирана под телескопа. Освен това се избягва необходимостта от централен отвор в главното огледало, освен ако телескопът не е с повече от една оптични системи, които могат да се сменят.

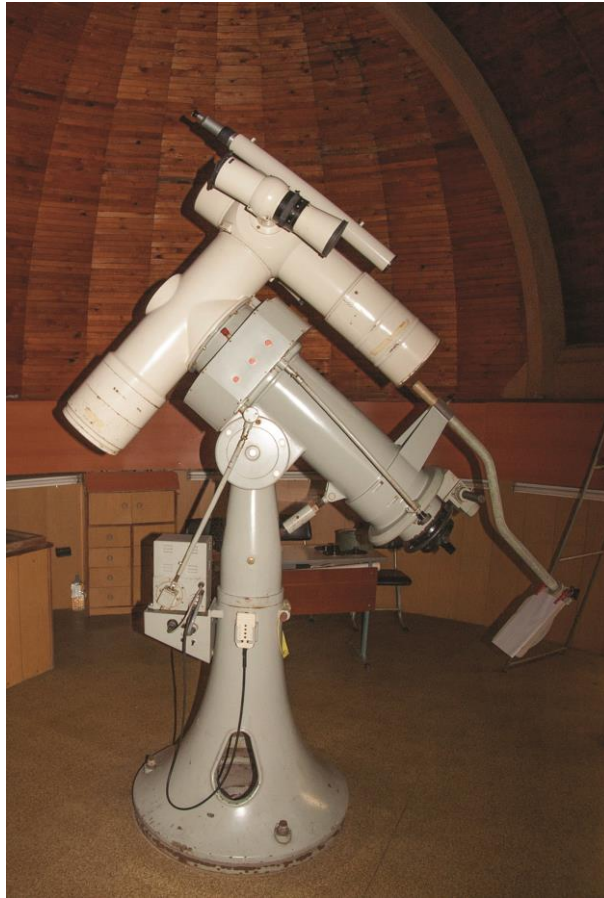
Ако е предвидена възможност за смяна на системата от Куде на Касегрен (или на Ричи-Кретиен – RC), отклоняващото огледало **3** се демонтира от носещия го кръст  $c_2$ . Но тъй като фокусното разстояние на системата Касегрен (или RC) е по-късо, е нужно да се смени и вторичното огледало **2a** с по-малко изпъкналото **2b**. Това става чрез превъртане на носещия ги кръст  $c_1$  на  $180^\circ$ . След тези промени светлината се фокусира в Касегреновия (или Ричи-Кретиен) фокус  $F_{\text{Кас}}$ . Двата носещи кръста са ориентирани по еднакъв начин в тубуса, така

че кръстът  $c_2$  стои в сянката на  $c_1$ . Телескопите, работещи в система Куде, имат дълги фокусни разстояния и са с малка светлосила. Например 2-м телескоп в НАО Рожен при система Куде има фокусно разстояние 72 m и отношение  $f/D = 36$  (т.е.  $f/36$ ).

Недостатък на системата Куде са многото на брой отражения в огледални повърхности, при които имаме загуба на светлинна енергия. За да се избегне това и за по-голямо удобство, днес се използват светлинни влакна, отвеждащи светлината от прекия фокус на телескопа до входа на неподвижно инсталираната наблизо светоприемна апаратура.



Фиг. 8. Система Касегрен-Куде (или Ричи-Кретиен-Куде – RCC) с възможност за смяна на двете оптични системи: 1 – първично (главно) огледало, параболично при Касегрен и хиперболично при Ричи-Кретиен; 2<sub>а</sub> – вторично параболично Куде огледало; 2<sub>б</sub> – вторично хиперболично Касегрен (или Ричи-Кретиен) огледало. За последните две огледала е предвидена възможност да могат да се разменят чрез превъртане на носещия ги кръст  $c_1$  на  $180^\circ$ . Плоските огледала 3, 4 и 5 отвеждат светлината през осите на екваториалната монтировка до Куде-фокуса  $F_{\text{Куде}}$ . Той е изведен някъде под самия телескоп или дори в помещение, намиращо се на етаж под залата на телескопа, както е при 2-м RCC телескоп в НАО Рожен

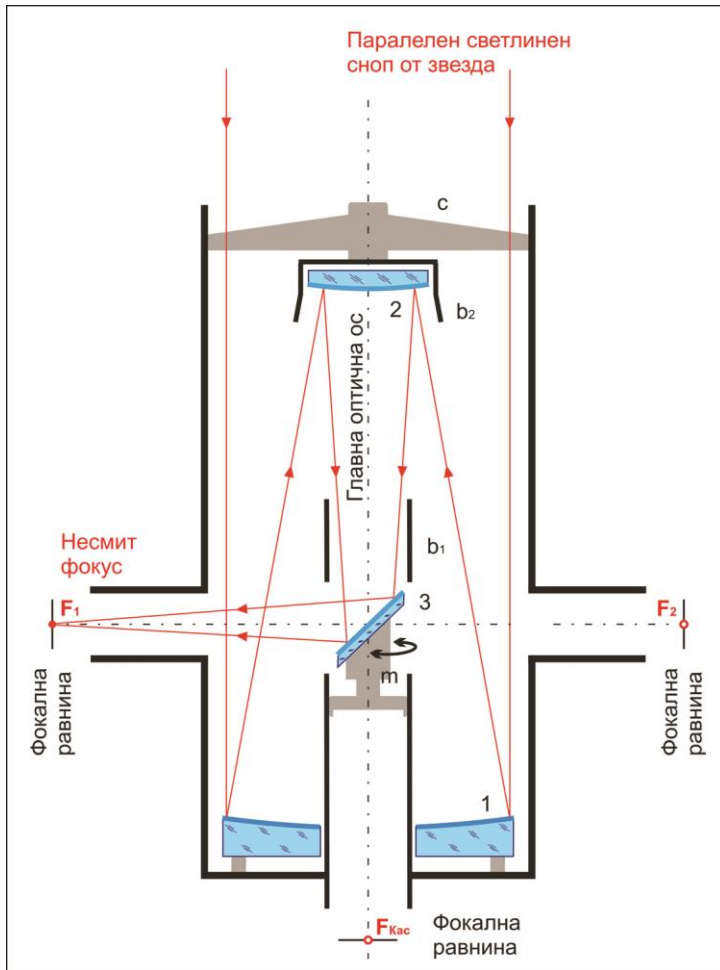


Фиг. 9. Куде-рефракторът на Астрономическа обсерватория „Славей Златев“ гр. Кърджали. Този инструмент е с диаметър на обектива 150 mm и с фокусно разстояние 2.25 m,  $f/15$ . Вдясно по продължението на часовата ос се вижда екран, върху който могат безопасно да се извършват слънчеви наблюдения. Независимо в каква посока е насочен телескопът, слънчевото изображение се проектира винаги върху неподвижния екран. Снимка: авторът, 2016 г.

### **Системи Несмит-Касегрен (Nasmyth-Cassegrain) и Несмит-Ричи-Кретиен (Nasmyth-Ritchey-Chrétien)**

Съвременните големи телескопи са на алт-азимутални монтировки (тип вилка или подобни) и имат възможност фокусът да бъде изведен навън през някой от двата лагера на вилката, носеща тубуса. Както и при системата Куде, това позволява във фокуса да се монтира тежка светоприемна апаратура, която обаче се движи заедно с телескопа при неговото въртене около вертикалната ос. Нещо повече – ако плоското огледало **3** (фиг. 10) се завърти около главната оптична ос на  $180^\circ$ , то ще отклони светлината към противоположния лагер на

вилката (към фокуса  $F_2$ ), където може да е монтиран друг светоприемащ инструмент. Така чрез просто превъртане на огледалото **3** може бързо и удобно да се сменят изходите на телескопа. С това се избягва нуждата от често монтиране и демонтиране на различни инструменти в един и същи фокус. Можем например да монтираме цифрова камера във фокуса  $F_1$  и спектрограф – във фокуса  $F_2$ .



Фиг. 10. Система Несмит-Касегрен (или Несмит-Ричи-Кретиен): **1** – главно параболично респ. хиперболично огледало; **2** – вторично хиперболично огледало; **3** – плоско отклоняващо огледало, което чрез механизма **m** има възможност да се завърта на  $180^\circ$  около главната оптична ос. В зависимост от положението на огледалото **3** светлината се извежда през единия от двата лагера на вилката – към фокусите  $F_1$  или  $F_2$ . Ако огледалото **3** се демонтира, може да се използва класическия Касегренов (респ. Ричи-Кретиен) фокус  $F_{\text{Кас}}$

Освен със системи Касегрен и Ричи–Кретиен, Несмит може да се комбинира и с други оптични системи – Грегъри, Шмит–Касегрен и пр. По време на водене на телескоп с алт-азимутална монтировка се налага плавното му въртене както около вертикалната ос, така и около хоризонталната. Освен това обаче се получава и т.нар. въртене на полето, което налага снимащата камера да се върти бавно около нейната ос. За тази цел на изхода на телескопа се монтира устройство, наречено деротатор, което носи камерата или друг светоприемащ инструмент.

Тази оптична система е предложена от шотландския инженер, философ и художник Джеймс Несмит (James Nasmyth, 1808–1890).

### Катадиоптрични (огледално-лещови) телескопи

Тъй като изработването на параболични и хиперболични огледала е сложно и скъпо, някои оптици са потърсили алтернативни решения за конструиране на телескопи със сферични огледала, чиито аберации се коригират от лещови коректори. Тези телескопи дават също висококачествен образ и са на по-достъпни цени. Известни са под общото название **катадиоптрични телескопи**. Терминът **катадиоптрични** идва от понятията **катоптрици** – извити огледала (вдлъбнати и изпъкнали) и **диоптрици** – лещи.

От своя страна катадиоптричните телескопи се подразделят на такива с пълноапертурни коректори (Catadioptrics with full-aperture correctors) и със субапертурни коректорни (with sub-aperture correctors). При първите коректорната леща (корекционна пластина или мениск) има диаметър, равен на този на цялата входна зеница на телескопа. Такива са системите Шмит, Шмит–Касегрен, Максудов и др. При вторите корекционните лещи се намират малко преди фокуса на телескопа или преди неговото вторично огледало – ако е на база на системата Касегрен. Тогава диаметърът на коректора е много по-малък от този на главното огледало на телескопа. Такива са системите Коригиран Дал–Къркам, Аргунов–Касегрен, Клевцов–Касегрен, Попов–Касегрен и др. Съществуват и по-сложни катадиоптрични телескопи, които имат както пълноапертурен, така и субапертурен коректор, разположен малко преди фокуса. Такава е например системата Rowe-Ackermann-Schmidt (RASA), която се отличава с голямата си светлосила.

### Шмит камера (Schmidt camera), класически Шмит телескоп

Това са инструменти с голяма светлосила – с  $f/D$  най-често между 1.5 и 5, и със зрително поле от  $3^\circ$  до над  $10^\circ$ . Формата на пълноапертурния коректор **1** (фиг. 11 и 12), наричан **Шмит пластина** или **ламела**, е особена: Едната му повърхност е плоска, а другата – с лъкообразен профил, поради което пречупващата сила на пластината се променя плавно по нейния радиус, при това не

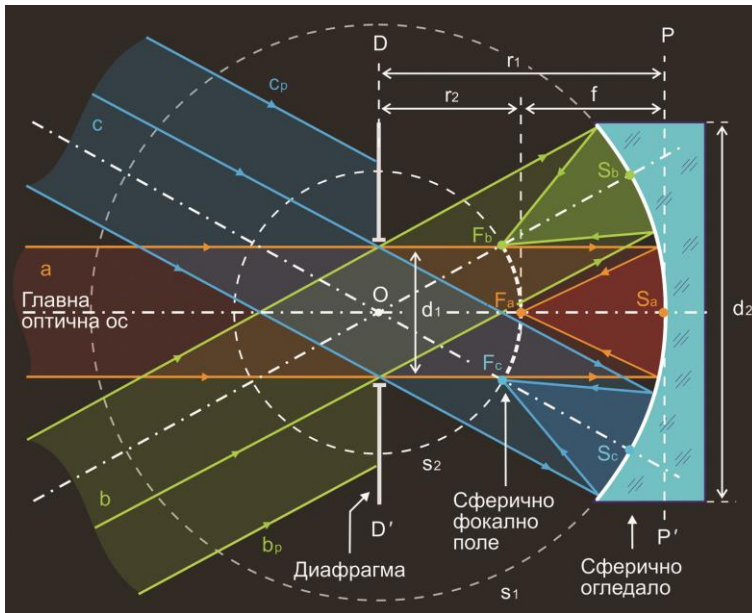
само по стойност, но и по знак. В централната си област пластината действа като слаба събирателна леща, а нейната периферия има свойствата на слаба разсейвателна леща. Около средата на своя радиус пластината е неутрална и не пречупва преминалите от там лъчи. Това е с цел предварително коригиране на сферичната аберация на силно вдлъбнатото сферично огледало **2**. От обяснението за дефекта сферична аберация във фиг. 2 знаем, че периферните лъчи от един паралелен сноп, попадащ във вдлъбнатото сферично огледало, се фокусират по-близо до последното в сравнение с централните лъчи. Това води до влошаване (омекотяване) на изображението – без възможност за постигане на добра рязкост, дори при най-внимателно фокусиране. При пречупването си през Шмит пластината обаче периферните лъчи се отклоняват от първоначалното си направление и продължават леко разходящо. За да се забележи по-добре това, във фиг. 12 след пластината са показани успоредни прекъснати линии, които са продължения на входящите лъчи. За разлика от периферните, централните лъчи от снопа се пречупват в обратна посока през централната област на пластината и продължават леко сходящо. Така предизвиканата малка разлика в хода на периферните и централните лъчи компенсира (коригира) сферичната аберация на огледалото **2** (фиг. 11). Забелязва се също, че диаметърът  $d_2$  на огледалото е по-голям от диаметъра  $d_1$  на входния отвор на телескопа (т.е. от този на Шмит пластината), и че самата пластина е монтирана в центъра **O** на кривината на огледалото (т.е. на дистанция  $r_1 = 2f$  от него). Причината за това не е в разходимостта, придадена на периферните лъчи от пластината – тя е съвсем малка. По-малкият входен отвор, отдалечен на  $2f$  пред огледалото, не позволява да се проявят дефектите кома и астигматизъм. Принципът, по който става това, е илюстриран във фиг. 13.

Образът се построява върху сферично огънатата фотоплака **3**, намираща се по средата между пластината и огледалото. Това разположение на оптичните елементи е причина Шмит телескопите да имат два пъти по-дълги тубуси в сравнение с техните фокусни разстояния. Това е недостатък на системата, тъй като за един такъв телескоп са нужни по-големи по диаметър кула и купол.

Параметрите на Шмит-телескопите се отбелязват по реда диаметър на пластината/диаметър на огледалото/фокусно разстояние на огледалото, т.е.  $d_1/d_2/f$ . Например Шмит телескопът в НАО Рожен е с параметри 500/700/1720 mm. Поради голямата си светлосила тези инструменти са изключително подходящи за фотографиране на слаби площни (протяжни) обекти – дифузни мъглявини, галактики, комети и др. Първият такъв телескоп е конструиран през 1930 г. от естонския оптик Бернхард Шмит (Bernhard Woldemar Schmidt, 1879–1935).



Можем да си представим, че основните компоненти при системата Шмит са разположени по две концентрични сфери (фиг. 11 и 13): външна  $s_1$  с радиус  $r_1$ , част от която е отразяващата повърхност на сферичното огледало, и вътрешна  $s_2$  с радиус  $r_2 = r_1/2$ , част от която е извитото фокално поле. В равнината  $DD'$ , в която според първоначалната идея на изобретателя е трябвало да лежи диафрагма с диаметър по-малък от този на огледалото, се намира общият център на двете сфери – т.  $O$ . С други думи, равнината  $DD'$  разделя сферите на две половини. Така диафрагмата (или корекционната пластина, поставяща се на нейно място) се оказва на разстояние  $r_1$  от върха  $S_a$  на огледалото. Като следствие от закона за отражението, фокусното разстояние  $f$  на огледалото ще бъде равно на половината от радиуса  $r_1$  на неговата кривина, т.е.  $f = r_1/2$ .



Фиг. 13. Концепцията на Шмит за широкоъгълна система, коригирана от кома и астигматизъм:

$DD'$  – равнина, в която лежи диафрагма (бленда) с диаметър  $d_1$  по-малък от диаметъра  $d_2$  на огледалото

$O$  – център на диафрагмата и проекционен център за цялата система

$PP'$  – главна равнина на сферичното огледало

$r_1$  – радиус на кривината на огледалото (част от сферата  $s_1$ ) и разстояние, на което е монтирана диафрагмата пред огледалото

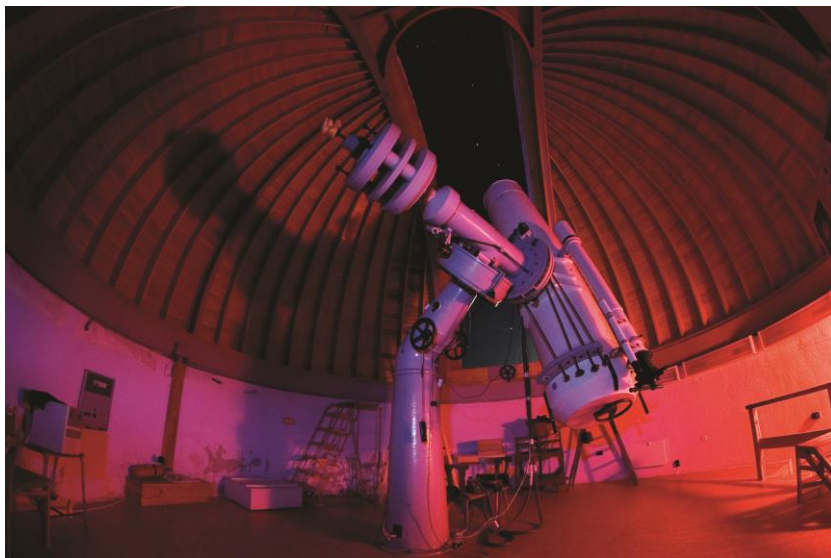
$r_2$  – радиус на кривината на сферично огънатото фокално поле

$f$  – фокусно разстояние на огледалото, като  $f = r_1/2 = r_2$

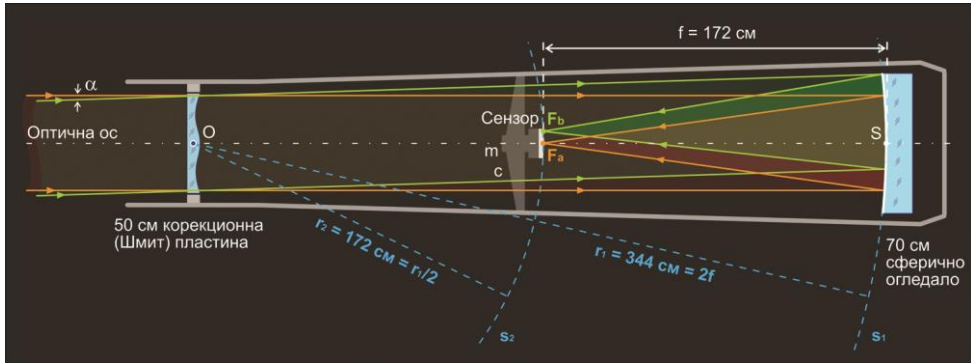
$F_a, F_b$  и  $F_c$  – фокуси за лъчите от три паралелни снопа, попадащи в системата под различни ъгли спрямо главната оптична ос. Поради наличието на диафрагма, те се пресичат в нейния отвор, след което всеки снопа среща фронтално различна област от повърхността на огледалото, с центрове съответно  $S_a, S_b$  и  $S_c$ . По този начин никъде не се допуска косо отражение на светлина от огледалото и затова не се проявяват дефектите кома и астигматизъм

Широкоъгълната система Шмит е добре коригирана от кома и астигматизъм благодарение на по-малкия диаметър  $d_1$  на входния отвор (диафрагма или корекционна пластина), в сравнение с диаметъра  $d_2$  на огледалото (фиг. 13). Поради тази разлика светлинните снопове  $\mathbf{b}$  и  $\mathbf{c}$  от звезди, чиито образи  $\mathbf{F}_b$  и  $\mathbf{F}_c$  се проектират в краищата на полето, осветяват фронтално различни области от огледалото, с центрове  $\mathbf{S}_b$  и  $\mathbf{S}_c$ . Но както се вижда от фиг. 2, дефектът кома се получава, когато имаме косо отражение на светлинен сноп в повърхността на вдлъбнатото огледало. При класическата система Шмит това е избегнато както чрез по-малкия диаметър  $d_1$  на диафрагмата, така и чрез нейната отдалеченост точно на  $2f$  пред огледалото. Затова периферни лъчи като  $\mathbf{b}_p$  и  $\mathbf{c}_p$ , които биха се отразили косо и биха допринесли за появата на кома, се спират от диафрагмата и не участват в построяването на образа.

Изнесеният в т.  $O$  проекционен център на системата обуславя сферично огънатото фокално поле, имащо радиус на своята кривина  $r_2 = r_1/2 = f$ , т.е. колкото е фокусното разстояние на огледалото, но с център в т.  $O$ . Затова спрямо огледалото фокалното поле се явява изпъкнало. Освен от комата и астигматизма, Шмит камерата е добре коригирана и от дисторсията, т.е. геометричните форми на обектите се възпроизвеждат правилно в сферично огънатото фокално поле. Тъй като огънатото поле е голям недостатък на системата, понякога непосредствено пред фотографския сензор се монтира двойно изпъкнала леща в ролята на коректор за плоско поле. Така променената система се нарича Schmidt-Vaisala камера.



Фиг. 14. 50/70 cm Шмит телескоп на НАО Рожен по време на работа. Той е светлосилен инструмент с фокусно разстояние 1.72 m,  $f/3.4$ . Снимка: авторът



Фиг. 15. Оптичната система на 50/70/172 cm Шмит телескоп в НАО Рожен – чертеж с размери на детайлите в точни съотношения:

**O** – център на корекционната пластина, който се явява също и проекционен център на системата

**S** – върхна точка на сферичното огледало (център на отразяващата му повърхност)

**F<sub>a</sub>** – главен фокус, т.е. фокус на лъчите от звезда, която се проектира в центъра на полето (в оранжево). Тези лъчи осветяват област от огледалото с диаметър малко по-голям от този на корекционната пластина, поради слабият разсейващ ефект на последната

**F<sub>b</sub>** – фокус на лъчите от звезда, която се проектира в края на полето (в зелено). Тези лъчи също осветяват област от огледалото, имаща диаметър близък до този на пластината, но тази област е ексцентрична и нейния център не съвпада с центъра **S** на огледалото

**f** – фокусно разстояние на огледалото, като  $f = SF_a = 172 \text{ cm}$

**s<sub>1</sub>** – сфера, част от която е отразяващата повърхност на огледалото

**r<sub>1</sub>** – радиус на повърхностната кривина на огледалото, като  $r_1 = 2f$

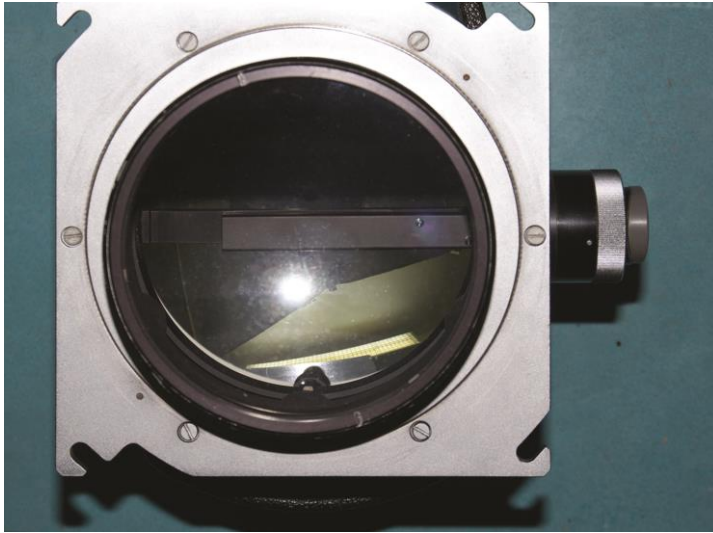
**s<sub>2</sub>** – сфера, част от която е огънатото фокално поле на телескопа

**r<sub>2</sub>** – радиус на тази сфера, като  $r_2 = OF_a = f = 172 \text{ cm}$

$\alpha$  – половината от ъгловия обхват на телескопа, като  $2\alpha = 1.23^\circ$  по страната на матрицата на използваната сега CCD камера FLI PL 16803. Следователно  $\alpha = 0.615^\circ$

**c** – кръст, носещ CCD камерата

**m** – механизъм за фокусиране, намиращ се в центъра на кръста **c**. Той е снабден с микрометрично устройство, позволяващо прецизно преместване на камерата напред или назад по оптичната ос



Фиг. 16. Поглед в широкоъгълна Шмит камера с диаметър на корекционната пластина 125 mm и фокусно разстояние на огледалото 110 mm, която влиза в комплектацията на Универсалния астрономически решетъчен спектрограф (Universal Astro Gitterspektrograph – UAGS), производство на Carl Zeiss Jena. Този инструмент е бил използван на 2-м телескоп в НАО Рожен. Камерата е предназначена да фотографира спектралното изображение върху малка фотографска плака с формат  $11.4 \times 50$  mm. Последната се поставя върху добре видимия тук удължен носач, който се вкарва между Шмит пластината и сферичното камерно огледало

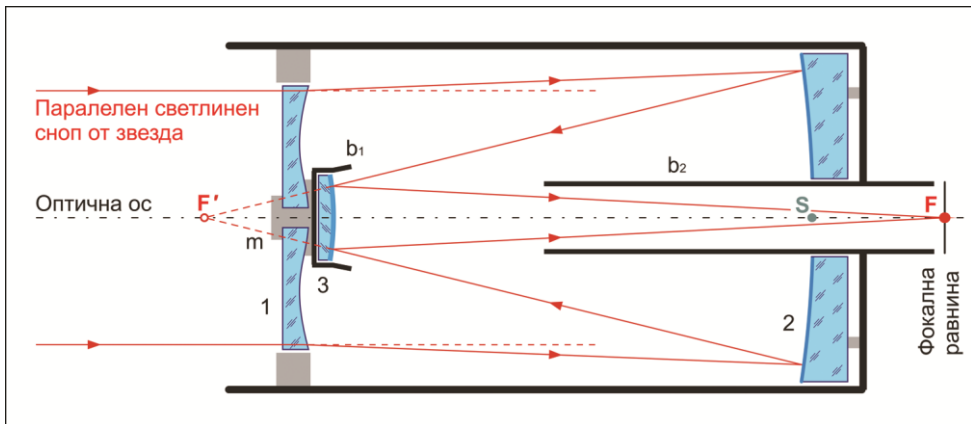
### Система Шмит-Касегрен (Schmidt-Cassegrain telescope – SCT)

Както подсказва името на тази система, в нея са заимствани идеи от системите Шмит и Касегрен, като обаче главното огледало **2** (фиг. 17) и вторичното **3** са сферични. Вторичното изпъкнало огледало удължава ефективното фокусно разстояние – както при системата Касегрен, и извежда фокуса **F** зад инструментата през централния отвор на главното огледало. Освен това, за разлика от класическия Шмит, тук имаме плоско фокално поле, което позволява телескопът да се използва удобно за фотографиране и за визуални наблюдения. Съществуват две основни разновидности на тази система – некомпактен и компактен вариант (non-compact and compact design). При първия корекционната пластина е монтирана пред огледалото на дистанция, равна на неговото двойно фокусно разстояние  $2f$  – както при класическия Шмит. Това позволява по-добро коригиране на оптичните аберации. Компактният вариант е по-разпространен и се отличава със силно скъсен си тубус – повече от два пъти по-къс в сравнение с тубуса на класическия Шмит телескоп. Причината е в силно скъсената дистанция между главното огледало и корекционната пластина, поради което последната се изработва с по-голяма пречупваща сила, т.е. с по-извит профил на едната си повърхност. Поради това може да се очаква поява на известен хроматизъм в изображението. При компактният вариант вторичното огледало **3** се носи от

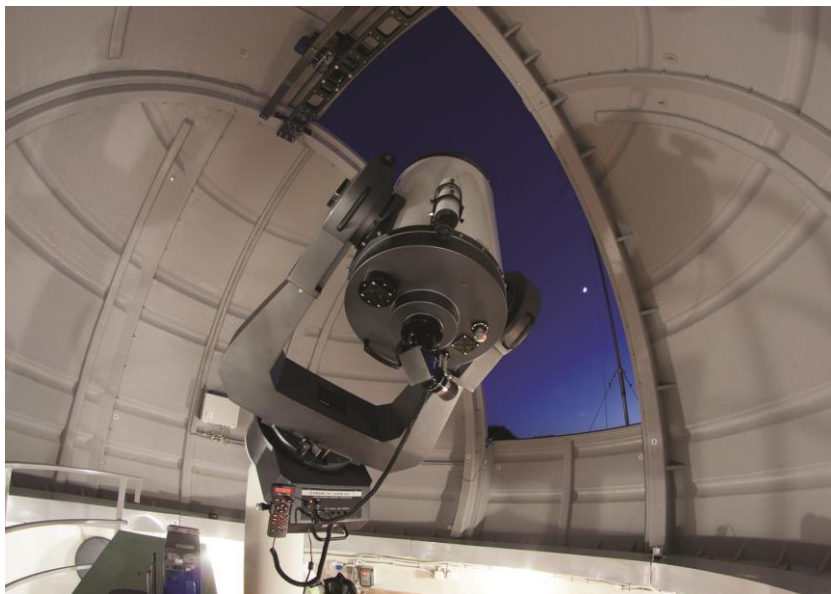
държача **m**, който е закрепен за самата Шмит пластина чрез централен отвор в нея. Държачът **m** обикновено е снабден с винтове, позволяващи настройка на наклона на вторичното огледало при колимиране на телескопа.

Тази оптична система е предложена от американския оптик Джеймс Гилбърт Бейкър (James Gilbert Baker) през 1940 г.

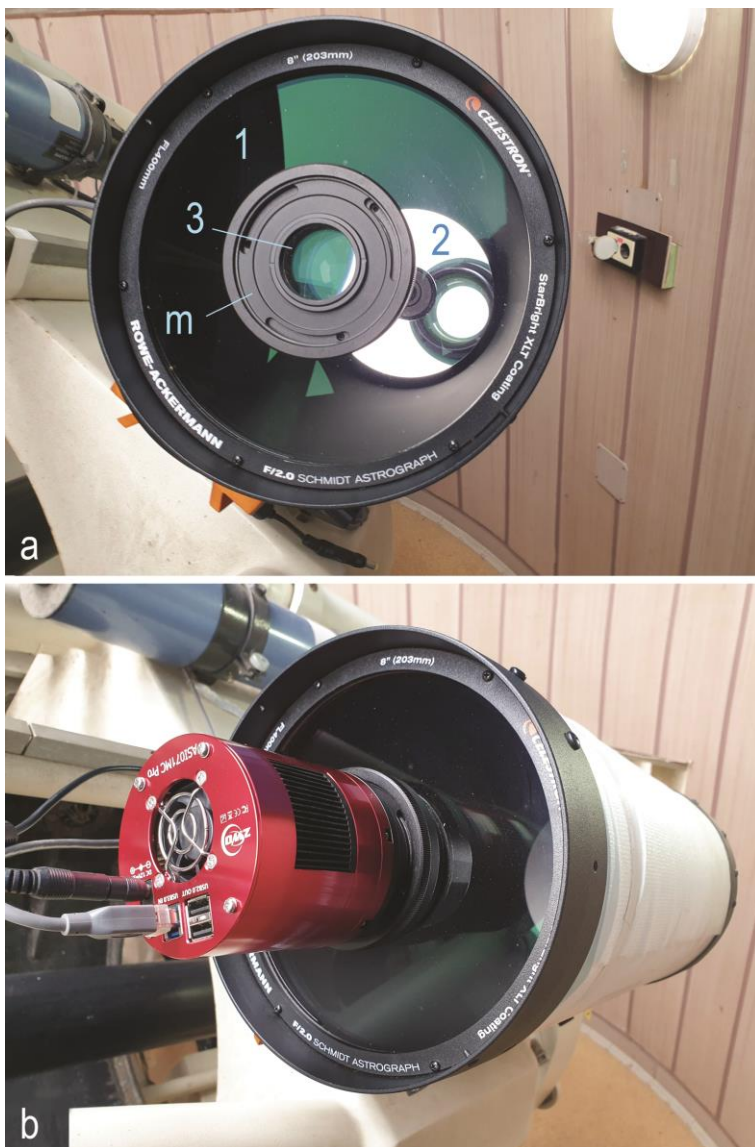
Телескопите Шмит–Касегрен, Максутов–Касегрен (виж по-долу) и др., които нямат кръст, носещ вторично огледало или камера, имат предимството, че не създават т.нар. спайкове – добре познатите ни светли кръстчета около образите на по-ярките звезди. Този ефект се поражда от дифракцията на светлината покрай разтяжките на кръста, ако телескопът има такъв.



Фиг. 17. Схема на Шмит-Касегрен телескоп (компактен вариант): **1** – корекционна (Шмит) пластина; **2** – главно сферично огледало с централен отвор;  $F'$  – фокус на главното огледало;  $SF'$  – отсечка равна на фокусното разстояние на главното огледало; **3** – вторично изпъкнало сферично огледало;  $F$  – главен фокус на телескопа; **m** – механизъм, държащ вторичното огледало **3** и позволяващ настройка на неговия наклон при колимиране на телескопа;  $b_1$  и  $b_2$  – сенници (прегради, baffles), спиращи страничната светлина



Фиг. 18. Телескоп Meade LX200 Advanced Coma-Free (ACF) на Астрономическа обсерватория Шумен. Инструментът е с диаметър 406 mm и с фокусно разстояние 4.06 m,  $f/10$ . Оптичната му система е Шмит-Касегрен. Снимка: авторът



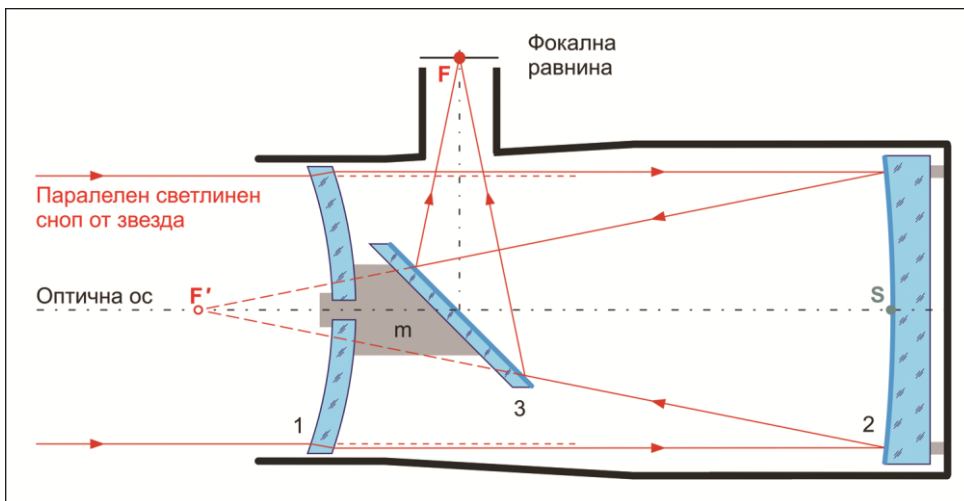
Фиг. 19. Поглед в тубуса на 8" (203 mm) Rowe-Ackermann-Schmidt астрограф (RASA) с фокусно разстояние 400 mm,  $f/2$ . Пример *a*: 1 – пълноапертурен коректор (Шмит пластина); 2 – сферично огледало, видимо в задния край на тубуса; 3 – субапертурен коректор от четири лещи, комбинирани в два контактни дублета; *m* – оправа на малкия коректор и фланец за закрепване на цифрова камера. При тези инструменти фокусът се намира пред двата коректора. (**оправа** е често използван в техниката термин, означаващ рамка или гривна, която фиксира положението на леща, огледало или друг детайл.)

Пример *b*: Цифрова камера ZWO ASI 071MC Pro, монтирана във фокуса на същия астрограф. Инструментът няма кръст за централното препятствие, поради което тежестта на камерата се поема от Шмит пластината. Този астрограф осигурява плоско поле с диаметър 22 mm и е

подходящ за използване с малки цветни CMOS и CCD камери, имащи сензори с размери APS-C. Поради това, че камерата се намира във входящия светлинен сноп, няма възможност за монтиране на филтърен блок, още повече, че препоръчителната работна отсечка между сензора на камерата и носещия фланец е само 25 mm. Фокусирането се извършва чрез микрометричен винт, преместващ огледалото по оптичната ос.

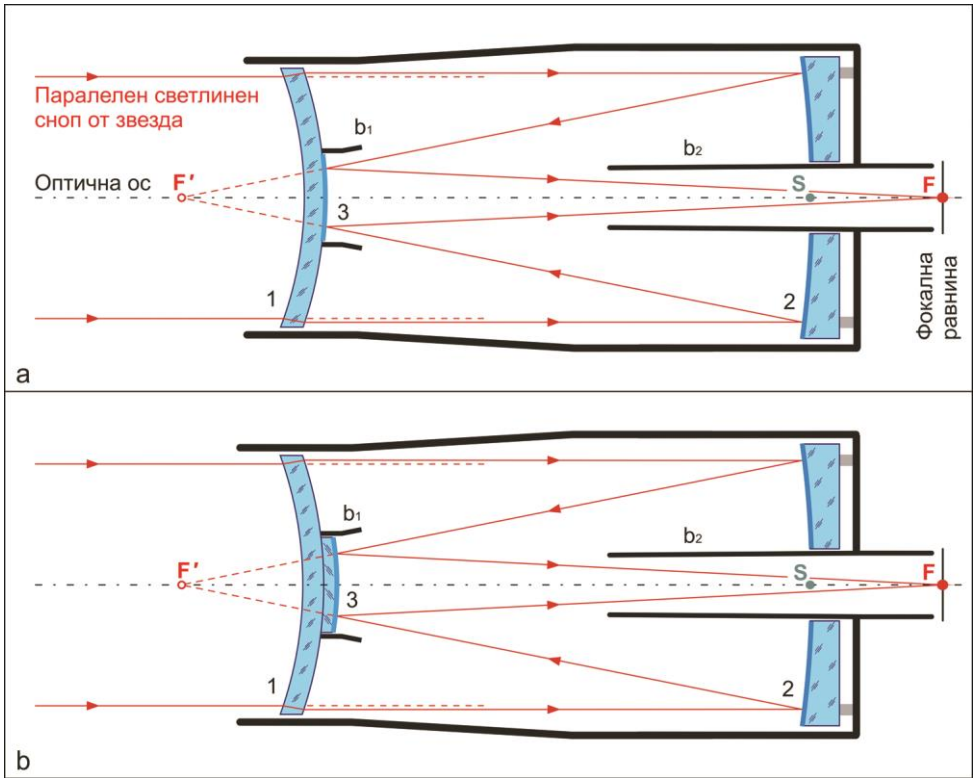
### **Системи Максutow-Нютон (Maksutov-Newton), Максutow-Касегрен (Maksutov-Cassegrain) и Максutow-Грегъри (Maksutov-Gregory)**

Това са също огледално-лещови телескопи с пълноапертурен коректор, в ролята на какъвто служи менискът **1** (фиг. 20). Той е слабо отрицателен – с концентрични повърхности или с такива, имащи близки радиуси. Както при системата Шмит, менискът коригира сферичната aberация на главното сферично огледало **2**. С други думи, той е алтернатива на по-сложната за изработка Шмит пластина и подобно на нея поражда малка разлика в хода на периферните и централните лъчи от попадащия в телескопа паралелен светлинен сноп. При пречупването си през мениска периферните лъчи леко се отместват от първоначалното си направление, което във фиг. 20 е показано с дистанцията между вече преминалите лъчи и прекъснатите червени линии – продължения на входящите лъчи. За разлика от периферните, централните лъчи почти не се пречупват през централната област на мениска и това поражда разликата в техния ход, нужна за корекцията на сферичната aberация на огледалото **2**. И при тези инструменти диаметърът на главното огледало е по-голям от този на входната зеница. Това е с цел ограничаване на комата – според принципа, който разгледахме във фиг. 13. Отклоняващото плоско огледало **3** извежда фокуса извън тубуса на инструмента – както при системата Нютон.



Фиг. 20. Система Максютов-Нютон: **1** – слабо отрицателен мениск с близки радиуси на двете си повърхности; **2** – главно сферично огледало; **S** – върхна точка на главното огледало; **SF'** – отсечка, равна на фокусното разстояние на главното огледало; **3** – отклоняващо плоско огледало; **m** – държач на отклоняващото огледало, монтиран на задната страна на мениска

При системата Максютов-Касегрен, често наричана и менисков Касегрен, централната част на вътрешната изпъкнала повърхност на мениска е метализирана – т. нар. „сребристо петно“ или „метализирано петно“ (фиг. 21-a) и изпълнява ролята на вторично огледало, отразяващо светлината назад към централния отвор на главното огледало **2**. В този случай логично радиусът на кривината на изпъкналото огледало **3** е колкото този на задната повърхност на мениска **1**, което ограничава възможностите за най-оптимално коригиране на оптичните aberации. По-добрият вариант е с отделно вторично огледало, залепено на задната страна на мениска (фиг. 21-b). Тогава радиусът на кривината на огледалото **3** може да бъде различен от радиусите на мениска, което позволява оптиците да проектират системата, използвайки по-ефективни решения за коригиране на aberациите. Всички повърхности при системата Максютов-Касегрен и Максютов-Грегъри са сферични. Фокусните разстояния на тези инструменти са по-дълги от техните тубуси. Често това са малки инструменти с т.нар. фиксирана колимация, т.е. без възможност за настройка на наклона на двете огледала.



Фиг. 21. Система Максудов-Касегрен: **a** – вариант, при който ролята на вторичното огледало **3** се изпълнява от централната част на вътрешната изпъкнала повърхност на мениска **1**, която е метализирана – т. нар. „сребристо петно“. В този случай сенникът **b<sub>1</sub>** е залепен директно на същата повърхност на мениска.

**b** – вариант, при който вторичното огледало **3** е съвсем отделен елемент, залепен в средата на вътрешната повърхност на мениска **1**. В този случай радиусът на кривината на огледалото **3** може да бъде различен от радиуса на вътрешната повърхност на мениска

За пръв път телескоп с такава система, с диаметър 10 см, е конструиран през 1941 г. от руския оптик Дмитрий Дмитриевич Максудов (1896–1964), който бил впечатлен от решението на Бернард Шмит. При тези инструменти менискът затваря почти херметично вътрешността на тубуса и така предпазва огледалата от замърсяване, влага и други атмосферни влияния. Някои огледално-лещови фотографски телеобективи са разновидности на системата менисков Касегрен: Рубинар 1000, МТО 1000 и др.

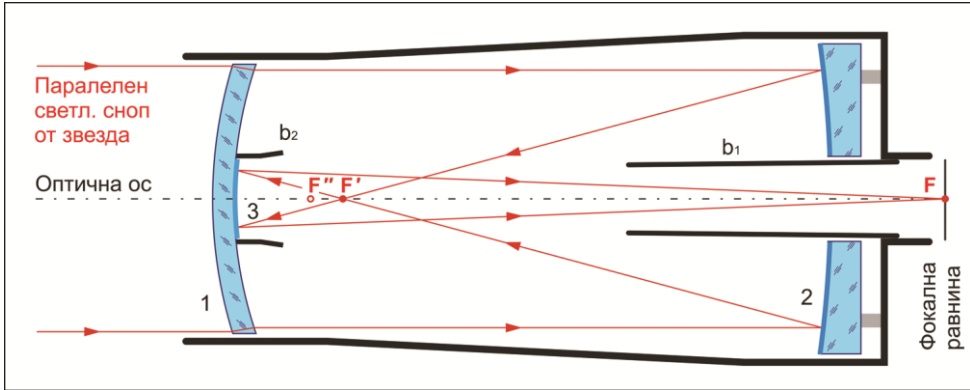


Фиг. 22. Поглед в тубуса на огледално-лещов телеобектив МТО 1000/10,  $f/10$ , проектиран на база системата Максудов-Касегрен (можете да сравнявате с фиг. 21-а): **1** – мениск; **2** – главното сферично огледало, видимо в дъното на тубуса; **3** – вторичното изпъкнало огледало, образувано чрез алуминизиране на централната област на вътрешната повърхност на мениска. По тази причина огледалото **3** отразява и напред; **b<sub>2</sub>** – сенник (baffle), преминаващ през централния отвор на главното огледало. Той предпазва фотографския сензор от косо влизаща в обектива светлина. Освен мениск, този обектив има и субапертурен двулещов коректор за изправяне на полето, разположен на известно разстояние преди фокуса



Фиг. 23. Телескоп Carl Zeiss Jena Meniscas 180/1800,  $f/10$ , система Максудов-Касегрен. Същият бе използван в Посетителския център на НАО Рожен. Снимка: авторът, 2008 г.

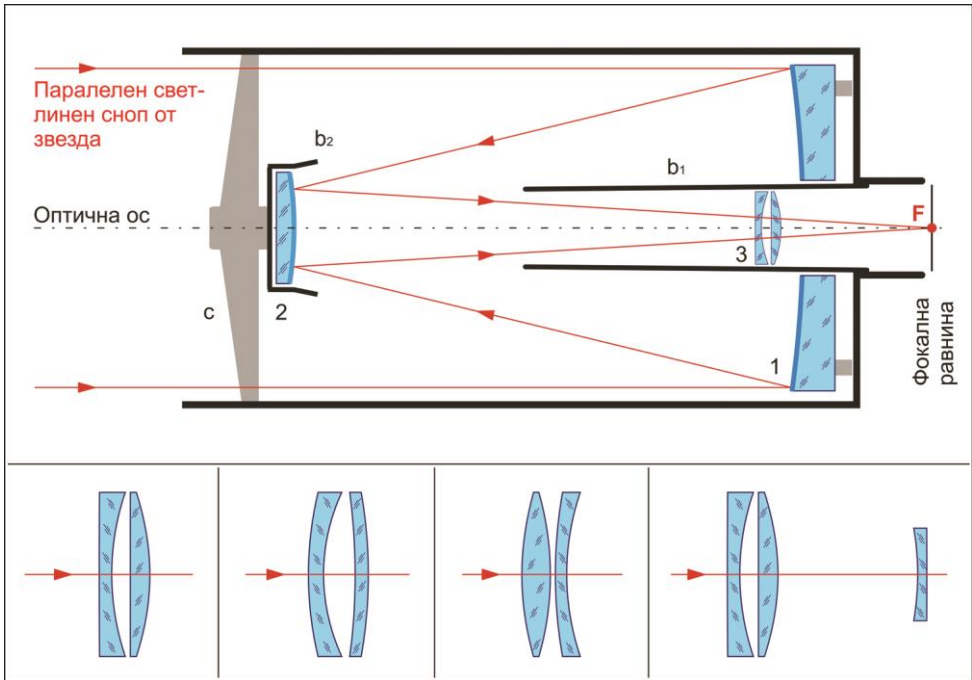
Ако менискът **1** е обрнат с изпъкналата си страна навън, тогава централната част на задната му вдлъбната повърхност е метализирана и работи като вдлъбнато вторично огледало. Това е система **Максудов-Грегъри**, наричана също и **менисков Грегъри** (фиг. 24). Тази система дава изправен образ и не се нуждае от изправящи призми – както в биноклите, или от отделна изправяща образа система лещи – както в някои зрителни тръби. Поради това тя намира приложение в различни модели прибори за наземни наблюдения – малки монокуляри и др.



Фиг. 24. Система Максудов-Грегъри: 1 – слабо отрицателен мениск обърнат с изпъкналата си повърхност напред (обратно на системата Максудов-Касегрен); 2 – сферично главно огледало с централен отвор;  $F'$  – фокус на главното огледало, в който образът се построява обърнат; 3 – вторично вдлъбнато огледало, получено чрез метализиране на централната област на вътрешната вдлъбната повърхност на мениска (огледало тип „сребристо петно“);  $F''$  – фокус на вторичното огледало, който е отдалечен от фокуса  $F'$  на главното огледало;  $F$  – главен фокус на телескопа, в който образът е изправен

### Системи Дал-Къркам (Dall-Kirkham – DK) и Кorigиран Дал-Къркам (Corrected Dall-Kirkham – CDK)

Системата Дал-Къркам също е резултат от усилията на някои оптици да конструират по-евтини, но качествени телескопи със сферични и по-малко асферизирани огледала, на база системите Касегрен и Ричи-Кретиен. При конвенционалната система Дал-Къркам първичното (главното) огледало е елиптично и с централен отвор. Вторичното изпъкнало огледало е сферично. Телескопите Дал-Къркам са с отношения  $f/D$  от около 7 до 15, т.е. със средна или с малка светлосила.



Фиг. 25. Принципна схема на телескоп Коригиран Дал-Къркам: **1** – първично елиптично огледало; **2** – вторично сферично огледало; **3** – коректор за плоско поле от две лещи; **с** – кръстът, носещ вторичното огледало. Долу са показани четири различни по конструкция коректори за плоско поле, съставени от две или три лещи

Тази оптична система е предложена от английския астрофотограф и любител оптик Хорас Едуард Дал (Horace Edward Dall) и от американския астроном любител Алън Къркам (Alan Kirkham) около 1929–1930 г. В годините след Втората световна война тя е допълнително усъвършенствана от оптиците Чарлз Гори Уин (Charles Gorrie Wynne) и Сеймор Росин (Seymour Rosin) и става известна като Коригиран Дал-Къркам (CDK).

Американският физик Дейвид Роу (David Rowe) през 2012 г. предлага вариант на тази система, реализирайки идеята за телескоп-астрограф на приемлива цена, но с по-широко плоско поле, способен да работи с цифрови камери с големи сензори. Коригираният Дал-Къркам е катодиоптрична система, но със субапертурен лещов коректор, съставен от две или три лещи (позиция **3** във фиг. 25), който е монтиран малко преди главния фокус **F**.



Фиг. 26. Телескоп-астрограф CDK17 (Коригиран Дал-Къркам) на Астрономическа Асоциация – София, обсерватория „Андромеда“. Инструментът е с диаметър на главното огледало 430 mm и с фокусно разстояние 2.94 m,  $f/6.8$ . Той осигурява свободно от кома и астигматизъм плоско поле с диаметър 50 mm

## ЗНАНИЯТА НА ДРЕВНИТЕ – МИСТЕРИЯ ИЛИ ПЛОД НА НАХОДЧИВОСТ?

В един слънчев летен ден неволно станах свидетел на разговор между малко момче и баща му, разхождащи се в парка:

– Тате, защо твоята и моята сянка са наполовина по-къси от нас?

– Защото е обяд и Слънцето е високо, но късно след обяд сенките ни ще станат по-дълги от нас.

– А защо всички сенки са насочени в една и съща посока?

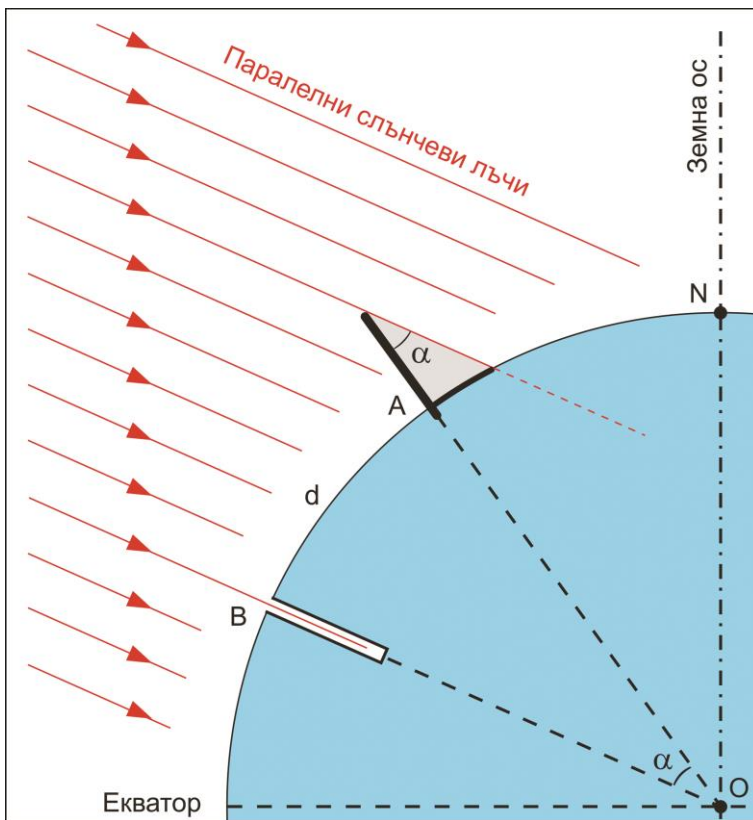
– Защото Слънцето е много далеч и осветява всички предмети от една и съща страна...

Така двамата небрежно си говореха за сенките, за Слънцето, за това как тече времето, за деня и нощта, на пръв поглед – все обикновени неща, които обичайно никой не обсъжда сериозно. Но дали в любопитството на детето нямаше и нещо повече? То бе провокирано от съвсем прости факти, забелязани и формулирани като въпроси в необремененото му съзнание. Всъщност само любопитство не е достатъчно, за да може човек да забелязва и тълкува „обикновените“ неща. Нужна е наблюдателност – заложба, която вероятно мнозина притежават в ранните си години, но която с времето отстъпва пред други наши качества, по-потребни за справянето ни в обществото. Стилът на съвременния ни живот, технологиите и многото удобства, често вместо да стимулират развитието на прозорливостта, аналитичността, интуицията и различни творчески умения, по-скоро ги потискат, правейки същите някак ненужни. Причина за това са огромните количества готово „смяна“ информация, непрекъснато заливаща ни от екрана, и това, че вече можем да си спестим всяко умствено усилие, използвайки електронни устройства. Защо например да изчисляваме наум, след като до нас има калкулатор, или защо да чертаем на чертожната дъска, след като специализираният софтуер облекчава много тази задача. Всичко това води до тотална промяна в разбиранията ни за прогреса – изглежда, сякаш за създаването на каквото и да било днес е нужна непременно електронно-изчислителна техника. Не можем да си представим живота без Глобалната мрежа и без останалите средства за комуникация. На фона на цялото това многообразие от възможности обаче се достига до едно късогледео и някак наивно недоверие в способностите на технически необезпечения човешки ум: Нима е възможно да се построи нещо без съвременни средства? Как са се справили в миналото? Откъде древните хора са имали нужните знания? Какви методи и инструменти са използвали тогава? Размишляващите върху тези, понякога тривиално звучащи, въпроси, обикновено забравят за споменатите „ненужни“ качества и не допускат, че именно те може да са сред основните движещи сили на прогреса. Тази недосетливост, понякога – умишлена, е добра база за немалко спекулативни теории и наивни статии, които, за жалост, биват добре посрещани от маса лековерни хора. Такава е например хипотезата, че дължим всичките си знания на митични древни същества, пребивавали някога на Земята или на извънземен разум, дошъл да ни ги даде наготово, защото видите ли – хората в

древността са били неспособни на нищо! Често вярващите в това изказват хаотични хипотези, смесвайки заедно мистика, уфология, религия, езотерика и какво ли още не от „зоната на здрача“, но така получената смесица далеч не вдъхва доверие и е явен симптом за нездрав светоглед.

За щастие, всеки опит да разсеем поне част от тези схващания не е толкова труден. В древността са направени много на брой забележителни открития, информация за които се намира лесно. Нека се запознаем с някои по-впечатляващи постижения, изиграли голяма роля в развитието на астрономията и географията.

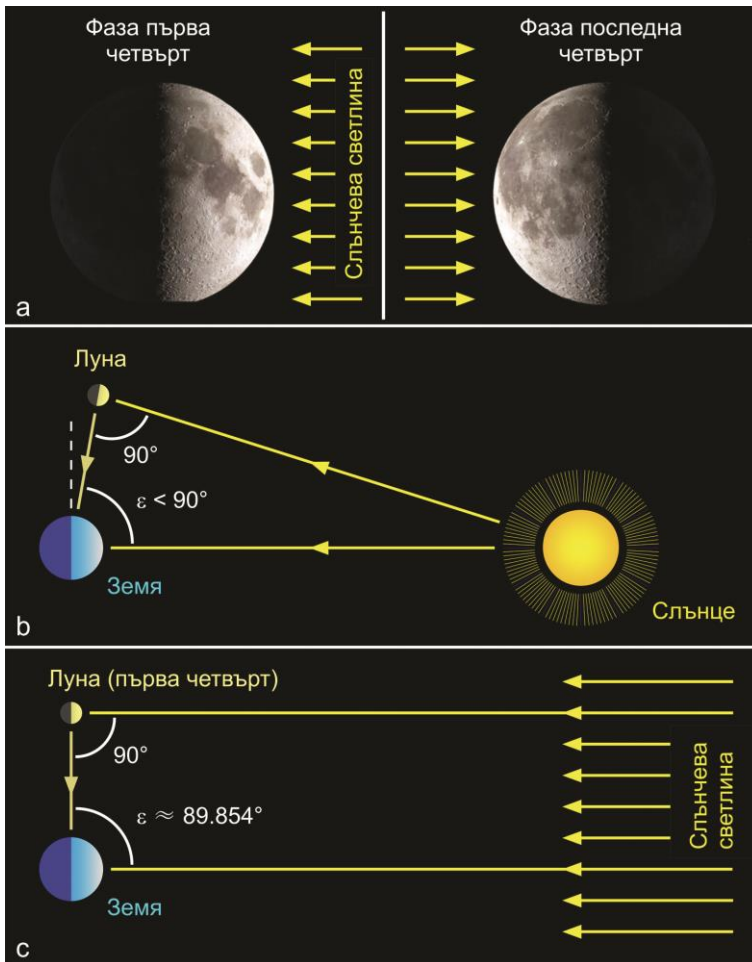
Ако през слънчев ден се намираме сред руините на древен град, може би ще забележим бавно пълзящите сенки на полуразрушените му стени и каменни колони. Те като че ли пораждат у нас едно по-силно усещане за времето, ясно доловимо на фона на всеобхватната тишина. Сред това спокойствие размислите ни за миналото на града неусетно се насочват към въпроси, обичайно стоящи далеч от всекидневните ни грижи. В такъв момент е възможно да си спомним за някоя загадка, стояла дълго пред нас без отговор и дори да ни осени идея за нейното решение. През III в. пр. н.е. може би подобна картина е подтикнала един учен на служба в Александрийската библиотека – Ератостен от Кирена, да се заеме със задачата за определянето на обиколката на Земята. Идеята, че нашата планета е кълбо, вече била доста разпространена и като че ли настанало време за следващата крачка – да се разбере колко е голяма тя.



Фиг. 1. Постановка на задачата за определянето на меридианната обиколка на Земята

Идеята на Ератостен била гениално проста и е илюстрирана на фиг. 1. В нея с **A** е означен град, в който, в деня на лятното слънцестоене по обяд, вертикално изправен стълб хвърля сянка с ъглова дължина  $\alpha$ . В същия ден по обяд в друг град **B**, намиращ се по на юг по същия меридиан, слънчевите лъчи падат вертикално от зенита и осветяват дъното на кладенец. Тъй като Слънцето е много далеч – както обосновано твърдял Аристарх от Самос (фиг. 2), неговите лъчи, достигащи до нас, могат да се считат за успоредни. Следователно ъгълът  $\alpha$  при земния център **O** между продълженията **AO** на стълба и **BO** на кладенеца ще бъде равен на ъгловата дължина на сянката, отчетена при върха на стълба. Като се знае, че кръгът има  $360^\circ$ , лесно може да се сметне каква част от него е ъгълът  $\alpha$ . Тогава разстоянието **d** между двата града (т.е. дъгата **AB**) би представлявало същата част от пълната обиколка на Земята по меридиана. Макар че оригиналният труд на Ератостен е изгубен, някои подробности от него са достигнали до нас чрез по-късни автори (Клеомед, Страбон, Теон от Смирна). По обяд в деня на лятното слънцестоене стълб, изправен в Александрия (града **A**), хвърлял сянка с ъглова дължина  $\alpha$ , равна на  $7^\circ 12'$  (или  $7.2^\circ$  десетично), което е  $1/50$ -а

част от пълния кръг. По-южният град **В**, в който пак по обяд Слънцето осветявало дъната на кладенците, бил Сиена (днешен Асуан). Сиена се намира на меридиан, много близък до този на Александрия и освен това е почти точно върху Тропика на Рака. Според резултатите от много пътувания с цел геодезични измервания, нужни за служителите на фараона, разстоянието между Александрия и Сиена (дъгата **АВ**) било близо 5000 египетски стадия. Но щом  $7.2^\circ$  са  $1/50$ -а част от пълния кръг, можем просто да умножим  $50 \times 5000$ , с резултат за земната обиколка 250 000 стадия.

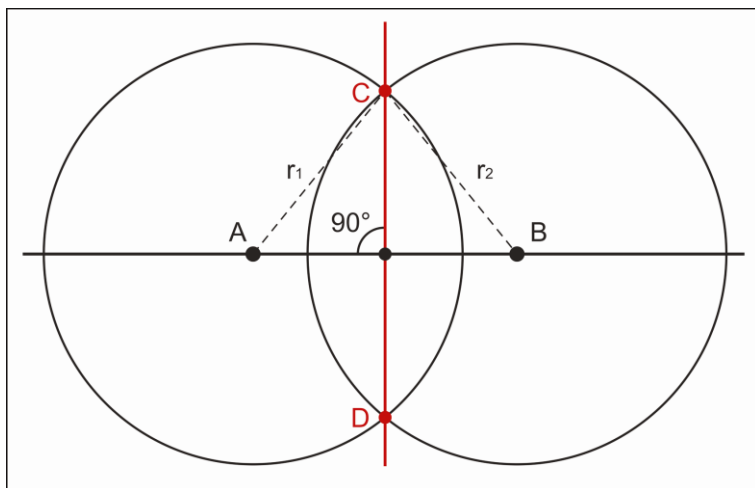


Фиг. 2. Начинът, по който Аристарх оценил разстоянието до Слънцето (III в. пр. н.е.): Когато виждаме лунния диск осветен точно наполовина (пример **a**), Луната е във фаза първа или последна четвърт и слънчевата светлина я осветява под ъгъл  $90^\circ$  спрямо посоката, в която гледаме. Ако Слънцето бе сравнително близо, то в моментите, в които виждаме Луната осветена точно наполовина, ъгълът  $\varepsilon$  между нея и Слънцето (т.нар. елонгация) щеше да бъде осезаемо по-малък от  $90^\circ$  (пример **b**). На практика обаче този ъгъл е много близък до  $90^\circ$  (пример **c**).

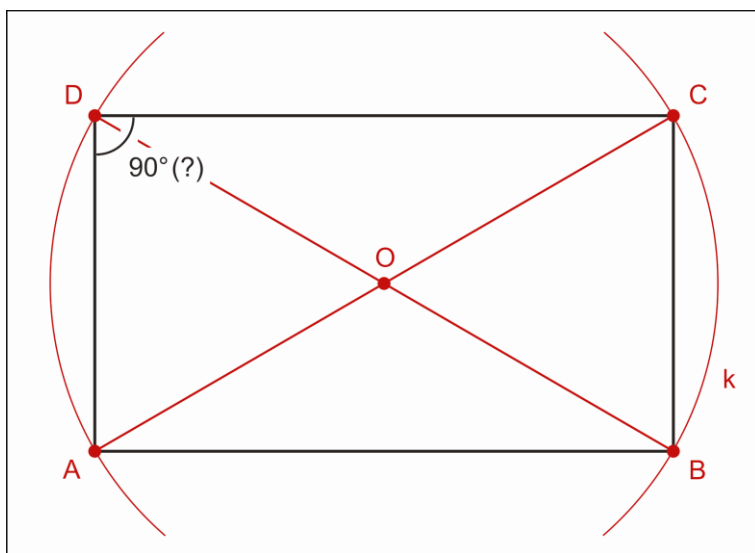
(пример *c*), което показва, че Слънцето е много отдалечено и следователно неговите лъчи, осветяващи Земята и Луната, са почти успоредни. Днес знаем, че Слънцето е близо 390 пъти по-далеч от Луната. Когато Земята е в перихелий (най-близо до Слънцето), а Луната – в апогей (най-далеч от Земята по елиптичната си орбита), ъгълът  $\epsilon$  е около  $89^\circ 50' 30''$ . И обратно: когато Земята е в афелий (най-далеч от Слънцето), а Луната – в перигей (най-близо до Земята), ъгълът  $\epsilon$  нараства до около  $89^\circ 51' 55''$ .

Но Аристарх оценил неправилно ъгъла  $\epsilon$  на  $87^\circ$ , понеже е много трудно с невъоръжено око да се прецени точно в кой момент лунният терминатор (границата между осветената и тъмната част на Луната) преминава през центъра на лунния диск. Нужно е ъгълът  $\epsilon$  да се измери точно в този момент. На база неправилно отчетения ъгъл от  $87^\circ$  Аристарх определил, че разстоянието Земя-Слънце е около 18–20 пъти по-голямо от разстоянието Земя-Луна. Тъй като Слънцето и Луната имат почти еднакви видими диаметри – около  $0.5^\circ$ , Аристарх правилно предположил, че диаметрите на двете небесни тела следва да са пропорционални на разстоянията до тях. Щом според неговите резултати Слънцето е около 20 пъти по-далеч от Луната, неговият диаметър трябва да е също около 20 пъти по-голям от лунния. На свой ред лунният диаметър бил определен спрямо този на Земята (т.е. също относително), на база оценките за ъгловия диаметър на земната сянка, наблюдавана върху Луната по време на лунните затъмнения. Според тези оценки Луната е близо 3 пъти по-малка от Земята. Но щом Слънцето е около 20 пъти по-голямо по диаметър от Луната, би следвало то да е около 6–7 пъти по-голямо от Земята. Макар че резултатите на Аристарх били повлияни от неточните наблюдателни данни, неговите геометрични постановки били правилни. Въпреки неточно изчисленото разстояние до Слънцето и съответно – на неговия диаметър, тези резултати са забележителни за своето време, още повече че те водят към идеята за хелиоцентризма

Друг несложен метод с близък резултат е следният: предвид ъгъла на сянката от  $7.2^\circ$  и разстоянието от 5000 стадия между двата града, на всеки ъглов градус се падат по 694.4 стадия, като се предполага, че Ератостен ги е закръглил на 700. Тогава, ако на всеки от 360-те градуса в пълния кръг сложим по 700 стадия, резултатът за земната обиколка ще бъде 252 000 стадия. Един от неясните моменти, който ни пречи да определим грешката на Ератостен, е коя от няколкото разновидности на единицата стадий (дължината на тогавашен стадион) е имал предвид той. Ако е било египетският стадий от 157.2 m, резултатът за земната обиколка би бил 39 614 km, но ако е стадия от 166.7 m, резултатът се променя на 42 008 km. Възможни са и други интерпретации. За ориентир може да ни послужи фактът, че разстоянието между Александрия и Сиена е близо 800 km. Днес знаем, че земната обиколка по даден меридиан е 40 008 km, а екваториалната обиколка не е много по-голяма: 40 075 km. Резултатите на Ератостен са забележителни предвид времето, в което са получени и заради простия инструментариум, който е използван – само стълб (гномон), неговата сянка и разстоянието между двата града.



Фиг. 3. Древен метод за построяване на две взаимно перпендикулярни отсечки. Изчертават се две окръжности с центрове **A** и **B** – точки от първоначално зададената права. Разстоянието между тези центрове и радиусите  $r_1$  и  $r_2$  се избират такива, че окръжностите да се пресичат – например в точките **C** и **D**. Правата, прекарана през последните, ще бъде точно перпендикулярна на правата **AB**

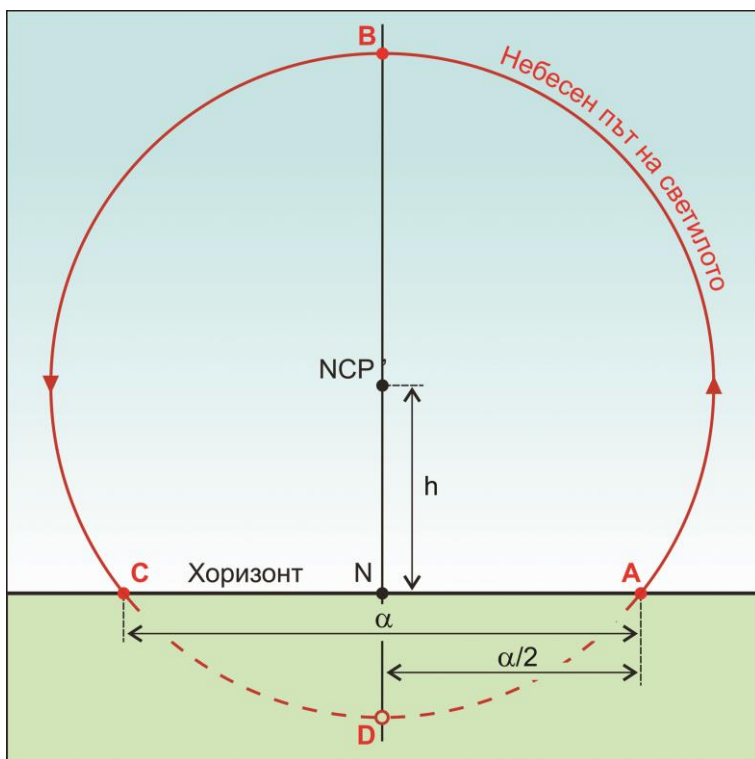


Фиг. 4. Още един древен метод, често използван и до днес в много задачи: Как можем най-бързо и надеждно да проверим дали ъглите на четириъгълника **ABCD** са прави, като сме сигурни, че срещуположните му страни са еднакво дълги, т.е, **AB = CD** и **AD = BC**. Достатъчно е просто да сравним дължините на диагоналите му **AC** и **BD**. Ако те са еднакви, значи ъглите са по  $90^\circ$ . Така можем да проверим произволна правоъгълна конструкция или очерта-

на правоъгълна фигура – например трасе за основите на бъдеща сграда. За целта дори не е задължително да използваме разграфено средство за измерване – линейка или ролетка. Например при сглобяването на мебели, дърводелците сравняват бързо диагоналите с летва или с неразтеглива корда.

Друг начин е чрез очертаване на окръжността  $k$  с център – пресечната точка  $O$  на диагоналите и с радиус  $OA$ . Ако фигурата е правоъгълна, окръжността ще премине точно през нейните четири ъгъла. Тази проверка обаче е по-трудоемка

От дълбока древност точното определяне на посоките на света е било от ключово значение при ориентацията на храмове, гробници и други сгради. Невинаги и не навсякъде магнитният компас е бил в услуга на човека – той е изобретен в Китай през III в. пр. н.е. (а според някои предположения – още по-отдавна), но тогава е бил несъвършен и още непознат сред другите народи. Задачата за определянето на посоките е изглеждала напълно подходяща за астрономите, но винаги в северния небесен полюс **NCP** (North Celestial Pole) се е наблюдавала достатъчно бляскава звезда, удобна за ориентирване, каквато е днес Полярната звезда. Налагало се е древните астрономи да правят по-сложни наблюдения, а с това – и да конструират уреди за измерване на ъгли.



Фиг. 5. Метод за определяне на посоката север

На фиг. 5 е представен метод, с който може да се определи точната посока север, след като се проследи денонощното движение на някоя звезда по небето. Звездата изгрява от точка **A** на хоризонта (например от североизток), кулминира в точка **B** и залязва в точка **C** (на северозапад). Да допуснем, че заради прецесията, в дадена епоха не се е наблюдавала ярка звезда в небесния полюс. Тогава при равен хоризонт можем да отчетем ъгъла  $\alpha$  между точките **A** и **C**. Неговата ъглополовяща ще ни посочи точната посока север – направлението към т. **N** от хоризонта, отстоящо на ъгъл  $\alpha/2$  от т. **A** или от т. **C**. След известна подготовка това измерване може да се реализира достатъчно точно. Тъй като прозрачността на атмосферата ниско до хоризонта е силно намалена заради голямата въздушна маса, на практика трудно може да се регистрира точният момент на изгрева или на залеза на дадена звезда. Затова е желателно да се избере ярка такава – например Вега, която в началото на годината залязва след свечеряване и изгрява преди утрото. Наблюдателят може да си помогне с изкуствен хоризонт – летва, дъска или друг дълъг предмет, монтиран водоравно на известно разстояние пред него и перпендикулярно на погледа му. За удобство, изкуственият хоризонт може да бъде издигнат немного над естествения. Нужно е още гледната точка на наблюдателя да бъде фиксирана. Точките **A** и **C** на изгрева и залеза на звездата могат да се отбележат с плъзгачи, застопоряващи се по изкуствения хоризонт. Така на практика ще се реализира прост уред за измерване на хоризонтални ъгли.

Определянето на позицията на небесния полюс **NCP** обаче е по-сложна задача, която със сигурност е стояла пред древните астрономи. Ъгловата му височина **h** над северния хоризонт е равна на географската ширина  $\varphi$ , на която се намира наблюдателят. Впрочем за разбирането на това първо е било нужно наблюдателят да е убеден, че Земята е кълбо. Има хитроумен начин да се определи небесният полюс с нелоша точност. Нужно е чрез внимателни наблюдения да се намерят две двойки незалязващи звезди (фиг. 6), като всяка една от тях трябва да бъде така избрана, че в даден момент от денонощието, мислената линия, свързваща една от двойките, да съвпада с вертикалата **BN** във фиг. 5. Тогава едната звезда от тази двойка ще бъде в горна кулминация, а другата – в долна. Това означава, че небесният полюс **NCP** ще бъде някъде между тях. Точното местоположение на полюса е там, където се пресичат мислените линии, свързващи двете двойки звезди.



Фиг. 6. Вид на околополярната област на небето по време на Четвъртата династия в Египет, за наблюдател от района на днешен Кайро

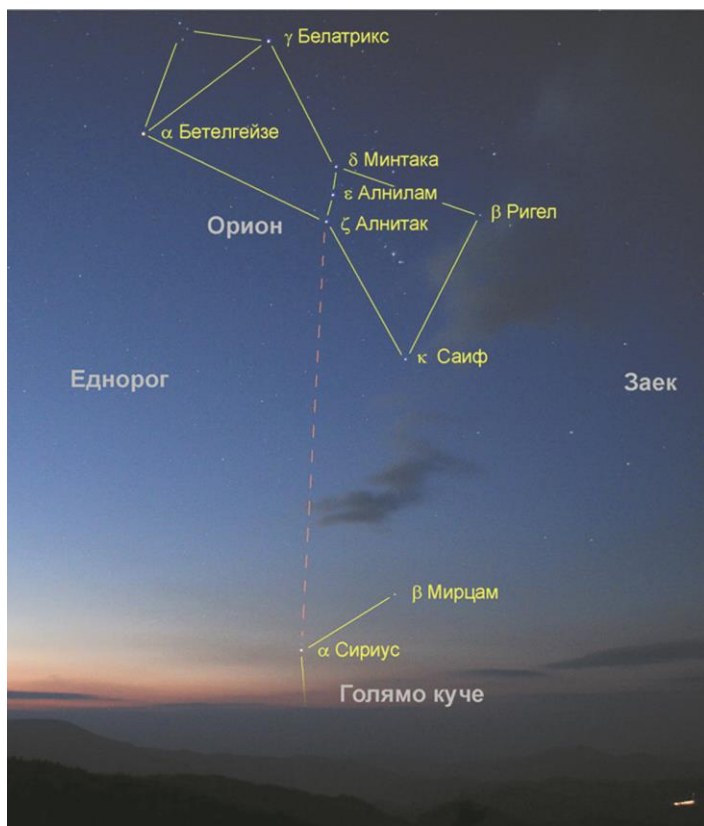
Поради прецесията на земната ос, около 2500 г. пр. н.е. най-близката до северния небесен полюс по-ярка звезда е била Тубан ( $\alpha$  от съзвездието Дракон). Тя обаче е отстояла на около  $2^\circ$  от полюса, поради което най-вероятно е трябвало да се търсят други ориентир за по-точното му определяне. За такива биха могли да послужат мислените линии, свързващи следните две двойки звезди: Кочаб ( $\beta$  Малка мечка) с Мицар ( $\zeta$  Голяма мечка) и Феркад ( $\gamma$  Малка мечка) с Алиот ( $\epsilon$  Голяма мечка). Тези мислени линии (оранжевите прекъснати линии в увеличения фрагмент горе вляво във фиг. 6) са се пресичали много близо до полюса.

Интересно е да се знае, че по същото време фигурите на някои съзвездия са изглеждали малко по-различно поради по-големите собствени движения на някои от звездите в тях. Във фиг. 6 се вижда, че някои звезди са различно отместени от ъглите на сегашните фигури на съзвездията. Днешните позиции на същите звезди и техните отмествания са представени в червено. Например най-бляскавата звезда в съзвездие Воловар – Арктур, тогава е била отместена на около  $2.75^\circ$  от сегашната си позиция. Други звезди с ясно забележими отмествания са  $\gamma$  Змия,  $\eta$  Воловар,  $\nu$  Голяма мечка и няколко звезди в съзвездията Малък лъв, Херкулес и Ловджийски кучета.

Линията **N-NCP-B** във фиг. 5, издигаща се вертикално от северния хоризонт, е част от т.нар. **меридиан на мястото на наблюдение** (или **меридиан на**

**наблюдателя**). След това меридианът преминава през зенита, през точката юг на хоризонта, през надира и се затваря отново в точката север (**N**) на хоризонта. Меридианът на мястото на наблюдение не участва във видимото въртене на небесната сфера.

Ще се спрем по-подробно на още една загадка от древността, която често става повод за разисквания: определянето на момента на хелиакалния изгрев на звездата Сириус – явление, послужило за основен репер при съставянето на древноегипетския календар. Безспорно това е едно от най-големите постижения на древните астрономи, от което се възползваме и днес, тъй като съвременният Григориански календар е стъпил на същите основи. Самата история на календара е дълга и изключително интересна, но тук ще обсъдим само начини, чрез които можем да разберем в кое точно утро от годината Сириус изгрява едновременно със Слънцето. Недоразуменията идват от факта, че в момента, в който Слънцето се появява на хоризонта, небето вече е толкова светло, че дори и най-бляскавата звезда Сириус не би могла да бъде наблюдавана. Ще обсъдим два примерни метода, чрез които древните астрономи биха могли да определят този момент. Нека обаче първо да уточним понятието **хелиакален изгрев**.



Фиг. 7. Предутринният (хелиакален) изгрев на Сириус над Родопите – фотография с нанесени върху нея очертания на съзвездията, техните имена и имената на по-ярките звезди. Снимка и цифрова обработка: авторът

Ако една звезда изгрява немного време преди Слънцето и се наблюдава в сиянието на зората, в продължение на няколко поредни утра от годината, казваме, че нейният изгрев е хелиакален (предутринен). С всяко следващо денонощие изгревът на тази звезда ще изпреварва слънчевия с 3 минути и 56 секунди, тъй като с толкова звездното денонощие е по-кратко от слънчевото. Така след около месец изгревът на звездата ще се наблюдава преди настъпването на утринния полумрак, т.е. на фона на все още тъмното нощно небе. Но това означава, че на някаква по-ранна дата същата тази звезда е изгряла едновременно със Слънцето (или с разлика по-малка от 2 минути спрямо него). Например за географската ширина на София, Сириус изгрява едновременно със Слънцето на 4 или на 5 август, предвид високосна ли е годината, или не. Визуално обаче, предутринният изгрев на тази звезда може да се наблюдава най-рано на 16 август, при това трудно – заради светлината от зората (фиг. 7).

Счита се, че около 2 350 г. пр. н.е. – по времето на фараона Унас от края на Петата династия, календарът вече е бил въведен в Египет (макар че според някои тълкувания на „Текстове от пирамидите“ това се е случило още по-отдавна – около 2 800 г. пр. н.е.). По времето на Унас, за наблюдател от Мемфис (района на днешен Кайро) първият хелиакален изгрев на Сириус (Сотис) е можел да бъде наблюдаван около 19 юли, отнесено към Юлианския календар. Тогава през същия период е настъпвало и лятното слънцестоене – около 13 юли по стар стил. Принципно за дата на първия достъпен за наблюдение хелиакален изгрев на Сириус се приема тази, когато в момента на изгрева на звездата Слънцето е още на  $11^\circ$  под математическия хоризонт. Това е малко след началото на навигационния полумрак, наричан също морски полумрак. Ясно е, че метеорологичните условия могат да попречат за сигурното определяне на този ден – при влошена видимост наблюдателят може да види звездата едва на следващата сутрин или дори на по-следващата. Днес можем софтуерно да симулираме вида на звездното небе за минали епохи и така да установим тази дата, както и момента на едновременния изгрев на Сириус и Слънцето за тази епоха – на 5 юли стар стил. В древността обаче визуалното регистриране на предутринния изгрев е послужило за база на календар, само грубо привързан към това явление – такъв, в който не се отчитала високосна година. Този календар бил доста по-добър от лунния, в който лунните синодични месеци бързо се разминават с годишните сезони и това налага чести корекции (т.нар. интеркалация). Въпреки това след по-дълъг период време отново се натрупвало забележимо несъответствие. При съпоставяне на египетската година от 360 дни и още пет „извънгодишни“ празнични дни (на гр. – епагомени) със слънчевата година, траеща 365.2422 дни, за период от 120 години би се натрупало несъответствие от 29 дни. Това значи, че типичните за началото на египетската година явления, като лятното слънцестоене, хелиакалният изгрев на Сириус и разливът на р. Нил, изоставали спрямо календара с близо един месец на всеки 120 години. Трябвало да се въведе периодична корекция, иначе това разминаване продължавало и споменатите явления биха съвпаднали отново с началото на календарната година след един дълъг период, наречен цикъл на Сотис. За неговата продължителност най-често се посочват стойности 1461 години от по 365 дни (т.е. древноегипетски години) или 1460 години от по 365.25 дни (т.е. юлиански години). Така „плуваща“, египетската година не била практична за земеделието. Било нужно календарът да се усъвършенства още, но за целта е трябвало да се намери ориентир, говорещ по-точно за истинската продължителност на слънчевата (тропичната) година. Задачата е била решена – през последните няколко столетия пр. н.е. в Египет вече са осъзнавали необходимостта от въвеждането на високосна година. Подобра представа за реалната продължителност на слънчевата година може да се получи, ако се знае продължителността на сотичния цикъл. Ако при година от 365 дни имаме съвпадение на лятното слънцестоене с обичайната му дата веднъж на всеки 1461 египетски години (а не на 1460, колкото са  $365 \times 4$ ), то дните на допълнително „натрупалата“ се година трябва да се разпределят върху останалите години. Това значи добавяне на 0.25 дена към всяка година, или на 1 ден към всеки 4 години. Технически обаче точното определяне на момента на даде-

но слънцестоене или равноденствие не е лесна задача – сянката на гномон не може да осигури нужната прецизност. Изглежда, че използването на Сириус като ориентир е по-практично, но трябва не просто да се изчака първият субективно определен хелиакален изгрев, а да се направи нещо по-добро – например да се определи точно утрото, в което звездата изгрява едновременно със Слънцето. Въпросът дали са могли технически да реализират такова наблюдение остава открит, но принципът не е сложен и предложените по-долу методи са изпълними с елементарни средства. Ако изберем едно утро от годината, в което Сириус изгрява хелиакално, и ако измерим интервала време между изгрева на звездата и изгрева на Слънцето, като имаме предвид подраняването на първия с 3 минути и 56 секунди със всяка следваща сутрин, лесно ще можем да изчислим коя е отминалата дата, когато Сириус е изгряла едновременно със Слънцето (или с разлика под 2 минути спрямо него). Ще ни бъдат нужни хронометър и равен хоризонт. Заради лошата прозрачност на атмосферата до хоризонта ще ни бъде от полза повдигнат изкуствен такъв – отдалечен по-висок предмет с равна горна повърхност, спрямо която да можем удобно да измерим интервала между двата изгрева. Остава загадка обаче какво устройство биха използвали древните в ролята на хронометър и с каква точност биха могли да измерят този интервал. Знае се, че в древността са използвани водни часовници – т.нар. клепсидри, както е открит и в гробницата на фараона Аменхотеп I, царувал от 1526 до 1506 г. пр. н.е. По-късно тези уреди са били усъвършенствани (останки от воден часовник от римско време са намерени и в Пловдив), но трябва да оставим открит въпроса за възможната точност, която би могла да се постигне тогава.

Пречещото сияние на Слънцето може да принуди астронома да извърши някои предварителни измервания, за да може по-късно уверено да посочи датата на едновременния изгрев на Сириус и Слънцето. През есента изгревът на Сириус вече може да се наблюдава удобно след полунощ – на фона на тъмното нощно небе, а около два часа преди него от изток започва да изгрява красивото съзвездие Орион. В него погледът веднага се спира на емблематичните три звезди от „пояса“ на Орион, подредени в почти права линия. В наше време и за наблюдател от София, най-източната звезда от трите – Алнитак ( $\zeta$  Орион) изгрява точно 2 часа, 0 минути и 57 секунди преди да изгрее Сириус. Около 2 350 г. пр. н.е. за наблюдател от района на днешен Кайро този интервал е бил около 1 час, 40 минути и 37 секунди. Разликата се дължи както на различните географски ширини на София и Кайро, така и (в по-малка степен) на ефекта от прецесията на земната ос. Но не е било нужно древният астроном да знае за прецесията. Счита се, че тя е открита много по-късно – през II в. пр. н.е. от Хипарх и няма доказателства, че е била известна преди това. Нужно било първо астрономът да измери през есенните или зимните нощи възможно по-точно интервала време между изгревите на Алнитак (или на друга звезда в района на Орион) и Сириус. След това, с приближаването на времето на хелиакалния изгрев, е трябвало в края на всяка нощ да се започва по едно измерване след изгрева на пояса на Орион. В момента, в който изгрявала последната звезда от пояса – Алнитак, е трябвало да бъде задействан хронометърът, за да започне отброяването на вече споменатия интервал. Междуременно небето на изток изсветлява и когато изминат 1 час и

40.5 минути, Сириус ще бъде вече изгряла на хоризонта, макар невидима в зората. Но ако освен това, в края на същия този интервал, на хоризонта се появи и горният край на слънчевия диск, значи това е утрото, в което Сириус и Слънцето изгряват едновременно.

Ако тези наблюдения са били осъществени с нужната точност, астрономите биха забелязали, че на всеки 4 години хелиакалният изгрев на Сириус закъснява с един ден. Сведения за това и за нуждата от въвеждане на високосна година са намерени в Египет през 1866 г., когато бил открит т.нар. Канописки декрет на Птолемей III Евергет от 238 г. пр. н.е. С него той постановил в края на всяка четвърта година, след петте „извънгодишни“ празнични дни, да се чества и празник на Евергетовите богове. Така допълнителните дни ставали 6 (общо 366), което е аналогично на високосна година.

Дотук разгледахме само някои от многото забележителни постижения на древната мисъл. По-нататък ще представим накратко идеите на още някой светли умове от Античността, които със времето са се доказали като правилни или по друг начин са изиграли важна роля в развитието на точните науки.

Ще започнем с „бащата на философията“ – Талес от йонийския град Милет (VII–VI в. пр. н.е.), който направил първите опити в Древна Гърция да обясни природни явления като земетресенията, климатичните промени и др., без да се позовава на свръхестествени причини. Според него основната субстанция, изграждаща всичко в света, е водата. Известни са неговите постижения в геометрията, като теоремата на Талес. Твърди се, че слънчевото затъмнение на 28 май 585 г. пр. н.е. е било успешно предвидено от Талес. Неговият ученик от същия град – Анаксимандър, измерил по сянката на вертикален стълб (гномон) продължителността на годишните сезони. Той предложил твърде интересен космологичен модел – считал, че около Земята се въртят огромни кухи пръстени, изпълнени с огън, на чиито вътрешни повърхности имало отвори. През тези отвори прозирала светлината от вътрешния огън и това всъщност били Слънцето, Луната и звездите. Самата Земя според него имала форма на къс цилиндър с наклонена ос. Анаксимандър твърдял също, че освен Земята, във Вселената има много други светове, които възникват и прекратяват съществуването си. Според него всичко в света е съставено от първично неопределено вещество – апейрон. Анаксимандър изучавал живите същества и стигнал до извода, че животът се е зародил във водата под действието на слънчевата топлина, след което е колонизирал сушата. Той допускал, че човекът също е произлязъл от по-прости форми на живот (от рибите).

Математикът Питагор от о-в Самос (VI–V в. пр. н.е.) е известен не само с прочутата си теорема. Той се досещал, че Земята е кълбовидна, както изглеждат Слънцето и Луната. Може би е забелязал овалната земна сянка върху Луната по време на лунните затъмнения. Може също да е следил как платната на отдалечаващите се кораби се скриват постепенно зад хоризонта, поради извивката на Земята. Питагор разбрал, че Зорницата и Вечерницата всъщност са една и съща планета – Венера. Той и неговите последователи вярвали, че в природата всичко се подчинява на математическа хармония. Идеята, че всяко небесно тяло си има

собствена кристална сфера, и че те се движат под влияние на своеобразна „музика на сферите“, е също тяхна. Питагорейците считали, че Земята и другите небесни тела (вкл. Слънцето и Луната), заедно с още едно невидимо тяло – Антитон (антиземя), обикалят около централен космически огън, наричан огънят на Хестия или домашното огнище на Зевс. Тази тяхна представа, в която Земята не е център на Вселената, е несъвършен първообраз на хелиоцентричната система. За пръв път Питагор използвал думата „космос“ за хармоничния ред във Вселената. Той обаче отхвърлял експерименталните методи в науката и смятал, че природните закони могат да се открият само със силата на мисълта. Това било голяма негова грешка, поради която последователите му са се превърнали в мистици. Подобно на Питагор, Платон (V–IV в. пр. н.е.) също отричал нуждата от експериментиране и наблюдения.

Емпедокъл от Агригент (V в. пр. н.е.) смятал, че светът е съставен от четири елемента: земя, вода, въздух и огън. Той открил, че въздухът е вещество, което изпълва привидно празните съдове и в редица случаи отстъпва обема им на водата.

Анаксагор от Клазомена (V в. пр. н.е.) учел, че във Вселената съществуват малки частици, които се движат непрекъснато и се групират по различни начини, съставяйки така предметите и придавайки различните им свойства. Те били като своеобразни „семена“, които по-късно Аристотел нарекъл „омеомелии“. Това схващане проправило пътя към атомната теория. Анаксагор казал, че Слънцето и Луната не са богове, а са съставена от материя. Твърдял също, че Слънцето е отдалечено тяло, нажежено до светене, а Луната свети с отразена слънчева светлина. Той дал правилно обяснение за слънчевите затъмнения. За тези свои учения обаче Анаксагор бил обвинен в безбожие и изгонен от Атина.

Демокрит (V–IV в. пр. н.е.) от йонийския град Абдера и наставникът му Левкип дали дефиниция за понятието атом. Демокрит вярвал, че освен Земята, голям брой други светове се носят във Вселената. Той прозорливо предположил, че те се формират в пространството след завихряне и вплътняване на вещество. За пръв път Демокрит изказал идеята, че Млечният път е съвкупност от светлината на много звезди, струпани в него. Демокрит учел, че човекът е един микрокосмос.

Аристотел (IV в. пр. н.е.) имал голям принос практически във всички области на тогавашното човешко знание, което той разделил в отделни науки. Ще се спрем на някои негови резултати в древното естествознание, на което той посветил голяма част от живота си. Аристотел правилно смятал, че геоложките движения са бавни процеси, водещи до настъпването или отстъпването на морето спрямо сушата. Негов принос в оптиката е описанието на „Камера обскура“, в което отбелязал, че формата на малкия отвор на тъмната кутия, служещ за обектив, не влияе върху формата на слънчевото изображение и че диаметърът на последното зависи само от разстоянието между този отвор и срещуположната стена (екрана). Като наследник на школата на Платон Аристотел недооценявал експерименталните методи, нужни за правилното разбиране на природните закони. Това, както и липсата на средства за измерване на различни физични величини, станали причина за редица негови грешни изводи. Към четирите кла-

сически елемента, които според Емпедокъл изграждали света – земя, вода, въздух и огън, Аристотел добавил божествения етер, който според него изграждал кристалните сфери, по които небесните тела обикалят около Земята. Подобно на Платон Аристотел бил привърженик на геоцентризма. Неговите възгледи, силно повлияни от метафизиката и доразвити по-късно от Клавдий Птолемей, обрекли астрономията на застой чак до края на XVI в.

Евклид (IV–III в. пр. н.е.), наричан „баща на геометрията“, написал трактата „Елементи“, който бил използван цели 22 века след него.

Вече споменахме за някои от приносите на Аристарх от о-в Самос (IV–III в. пр. н.е.). Освен че открил, че Слънцето е много отдалечено и много по-голямо тяло от Земята (фиг. 2), той заключил, че няма логика такова голямо тяло да обикаля около нашата планета. Затова поставил Слънцето в центъра на Вселената и считал, че Земята обикаля около него. Поради невидимия с невъоръжено око годишен паралакс на звездите Аристарх стигнал до извода, че те са много отдалечени. Той дал принос и в оптиката – забелязал, че когато предметите се оставят в тъмно помещение, техните цветове изчезват и предположил, че цветовете се причиняват от светлината. Заради тези свои учения Аристарх бил осмиван и унижаван, поради което е наричан „Коперник на древността“.

Архимед от Сиракуза (III в. пр. н.е.) често е сочен като най-забележителния математик на Античността. От дългия ред негови открития ще споменем уточняването на стойността на числото  $\pi$ , архимедовата спирала, законът за плаваемостта на телата, архимедовият винт (винтовата помпа), обяснението на действието на лоста и на полиспаста, свързаното с това подобрение на катапулта, легендите за архимедовия фокусиран слънчев лъч и архимедовата лапа – като оръжия срещу вражеския флот. Има сведения, че след падането на Сиракуза римляните отнесли със себе си два бронзови механични планетариума, пресъздаващи движението на небесните светила. Предполага се, че за подобни цели е служил и т.нар. Антикитерски механизъм, части от който са открити на дъното на Егейско море.

Хипарх от Никея (II в. пр. н.е.) успял да изчисли разстоянието до Луната като равно на 61 земни радиуса, което е много близо до реалното. Съставил е първата тригонометрична таблица. Опитвал се да изчисли продължителността на тропичната година, като резултатите му са удивително близки до приетата днес стойност (с разлики от порядъка само на минути). Хипарх се е отказал от хелиоцентричния модел – според неговите изчисления орбитите на планетите не били идеално кръгови, но той считал, че те трябва да са такива, за да бъдат съвършени. Хипарх е използвал различни астрономически инструменти за точни измервания, като екваториалния пръстен, т.нар. диоптъра и астролаб (уреди за измерване на ъгли) и вероятно дори армиярна сфера. Той предполагал, че звездите се раждат, движат се бавно векове наред в пространството и после загиват. Създал каталог с данни за поне 850 звезди, като ги класифицирал според техния блясък. Вероятно е искал да следи дали наистина се случват промени със звездите.

Херон от Александрия (I в.) изобретил двигател задвижван от пара и машина задвижвана от вятъра. В неговите книги той описва приспособления от

огледала и геодезически инструменти, пневматични и хидравлични устройства за задвижване на врати и статуи, водни часовници, органи и др. Някои считат трудовете му за основополагащи в автоматиката и дори в роботиката.

Клавдий Птолемей (I–II в.) в своя прочут труд „Алмагест“ усъвършенствал геоцентричния модел. За да отстрани разликите между реално наблюдаваните положения на планетите и тези, предвиждани от геоцентричната теория, той въвел т.нар. епицикли – малки кръгови орбити, по които обикалят някои от небесните тела. Центровете на тези малки орбити на свой ред обикалят около Земята по вторични по-големи орбити – диференти. Така получената сложна система от епицикли, диференти и ексцентрични орбити, макар основана на грешен принцип, се справяла добре с предвижданията. След времето на Птолемей средновековната Църква превърнала геоцентричния модел в установена доктрина (догма). Цели 14 века след това – до времето на Николай Коперник и Джордано Бруно, истината останала погребана.

Тази хронология може да бъде допълнена и продължена през Ренесанса и чак до наши дни. Тя ясно показва трудния път, по който човечеството се е сдобивало със знанието – не изведнъж, мистериозно и даром, а поетапно, с усилията на учени и философи от различни школи, по различно време. От примерите тук се вижда, че прогресът винаги е съпътстван от залитания в много погрешни посоки и за съжаление – от дълги периоди на застой и забрава под влияението на ретроградни сили. Днес можем да сме горди, че сме наследници на тези велики личности и че притежаваме знанията, към които те са се стремили. Вместо епилог можем просто да цитираме сър Исак Нютон: „Ако виждах по-далеч от другите, то е, защото стоях на раменете на гиганти“.

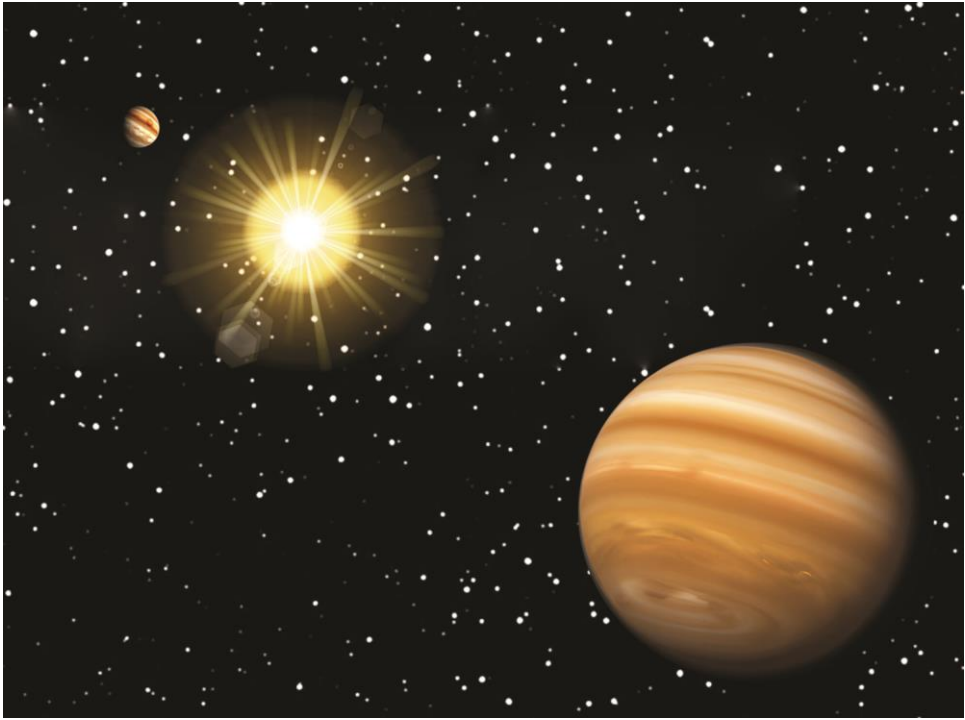
## Действащи проекти към катедра „Астрономия“ през 2023 г.

### **Проект EXO-RESTART (EXOplanetary dynamics and stability: Reverse Engineering of STable multiplanetary ARchitectures)**

Финансиращ орган: Фонд „Научни изследвания“, конкурс ВИХРЕН–2021 (КП-06-ДВ-5/15.12.2021 г.)

От март 2022 г. в катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“ успешно работи научна група, насочена към изследване и анализ на екзопланетни системи, под ръководството на д-р Трифон Трифонов (учен от катедра „Астрономия“ към СУ „Св. Кл. Охридски“ и от катедра „Плането- и звездобразуване“ към Института по астрономия „Макс Планк“ в Хайделберг, Германия). Проектът EXO-RESTART с ръководител д-р Трифонов има за цел да преодолее известната предубеденост и да проучи формирането и еволюцията на планетите чрез най-съвременните цифрови методи. Непосредствената цел е да се изпълни първото хомогенно моделиране на прецизни доплерови и пасажни фотометрични данни на мултипланетни системи и да приложи обширен анализ на орбиталната стабилност, за да разкрие тяхната орбитална архитектура и динамика. За първата една година от проекта българският екип има повече от 10 научни публикации, като всичките са в международни журнали с висок импакт-фактор и с международно участие.

Крайната цел на EXO-RESTART е да се проведат цифрови симулации на планетарната миграция и анализиране на изследване на механизмите на образуване на мултипланетни системи в т.н. орбитален резонанс, на системи със силно елиптични орбити, както и планети, намиращи се в тесни двойни-звездни системи, които в момента са слабо проучени. Тези анализи ще разкрият свойствата на прото-планетния диск, необходими за формирането на наблюдаваните планетарни архитектури.



Художествена илюстрация на две масивни екзопланети в орбитален резонанс, открити от екипа на проекта EXO-RESTART, около звездата TIC 279401253 през февруари 2023 г. Публикацията за откритието е приета в сп. *Astrophysical Journal Letters*

## **Регионален астрономически център за изследвания и образование – РАЦИО**

Финансиращ орган: Национална пътна карта за научна инфраструктура  
(2018–2022) към МОН (Договор Д01-176/29.07.2022 г.)

Проектът РАЦИО е инициатива на трите институции в България, в които се провеждат професионални научни изследвания и се извършва обучение на студенти по астрономия: Института по астрономия с НАО, катедрата „Астрономия“ на Физическия факултет към СУ „Св. Климент Охридски“ и Астрономическия център на ШУ „Епископ Константин Преславски“.

Проектът е част от Националната пътна карта за научна инфраструктура на Република България и има за цел създаване на нова научна инфраструктура, базирана на нови телескопи и прилежащата им техника в НАО Рожен, САО Плана към СУ „Св. Климент Охридски“ и Астрономически център към ШУ „Епископ Константин Преславски“; поддръжка, ремонт и модернизиране на наличната и новата научна инфраструктура; осигуряване на по-добри условия за задълбочени научни изследвания в областта на астрономията; качествено професионално обучение на студенти и докторанти; връзка с международни астрономически институции; популяризиране на дейностите на РАЦИО.

### **„Българска наблюдателна станция на пан-Европейския нискочестотен радиотелескоп LOFAR (LOFAR-BG)“**

Финансиращ орган: Национална пътна карта за научна инфраструктура  
2020-2027 г. към МОН (Договор Д01-177/29.07.2022 г.)

LOFAR е многофункционален, високо иновативен паневропейски разпределен нискочестотен радио телескоп (10-250 MHz), разработен от холандския Институт по радио астрономия (ASTRON) за изследване на ранната и далечна Вселената, слънчевата активност, и земната атмосфера. LOFAR се състои от голям брой иновативни наблюдателни станции с антени тип фазирана решетка из цяла Холандия и част от Европа, свързани с оптична високоскоростна връзка.

Създаване на българска LOFAR станция и участие в мрежата на LOFAR ще даде отлична възможност на български и чуждестранни учени и студенти да се развиват и допълнят отличните си оптични изследвания с авангардни радио наблюдения. Това ще бъде първата LOFAR станция в южна и източна Европа, която ще подобри разделителната способност и покритието на международния LOFAR телескоп.

Проектът е част от Националната пътна карта за научна инфраструктура на Република България Координатор е Институтът по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, БАН, членове на консорциума са Технически университет - София, и катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Уебсайт на проекта: [www.lofar.bg](http://www.lofar.bg)

**Магистърска програма**  
**„АСТРОНОМИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НА АСТРОНОМИЯТА“**  
**катедра „Астрономия“, Физически факултет, СУ „Св. Кл. Охридски“**

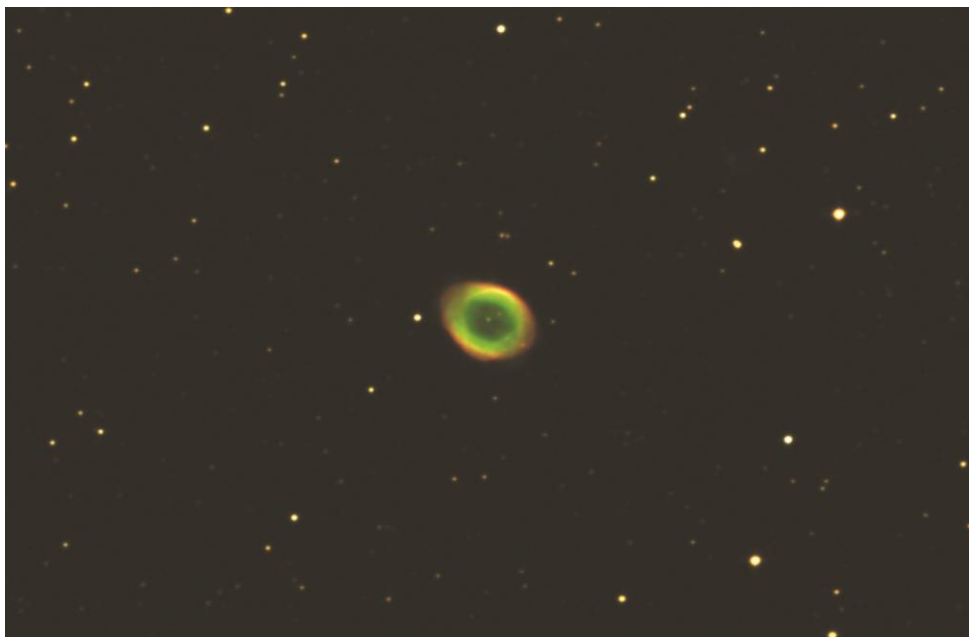
През есента на 2020 г. стартира обучението на студентите от петия поред випуск на магистърската програма „Астрономия и популяризация на астрономията“. Обучението е задочно и продължава 4 семестъра. Програмата е достъпна за кандидати, завършили бакалавърска степен, независимо от специалността. Традиционно всяка година я записват между 10 и 15 студенти на различна възраст, с разнообразни професии и силен интерес към астрономията.

Магистърската програма „Астрономия и популяризация на астрономията“ е интердисциплинарна и обезпечава както овладяването на общи знания в областта на физиката, математиката, астрофизиката и астрономията, така и умения за тяхното ефективно разпространение и представяне пред различни аудитории. Разбирането на основните идеи за строежа на света около нас, зараждането на Вселената и еволюцията ѝ, както и за еволюцията на планетите в Слънчевата система предоставя уникален поглед за света, в който живеем, и обуславя широка приложимост на усвоените знания.

Завършилите програмата могат да се реализират в народни обсерватории, планетариуми, музеи, центрове и организации за популяризиране на наука, а също и като лектори пред неспециализирана публика: астрономи, специалисти по обработка на данни, научно-технически персонал, популяризатори на наука.

В първите два семестъра на магистратурата са заложили задължителни курсове, съдържащи необходимите за всеки астроном базисни знания по математика, физика, метеорология и оптика, а също и основите на теоретичната и практическата астрономия. През втората година от обучението се разглеждат историческото развитие на астрономията и съвременните ни представи за близката и далечната Вселена. Основен акцент в програмата е популярното представяне на актуални астрономически теми и открития. Провеждат се два практически курса, свързани с наблюдения и астрофотография, в НАО Рожен. В края на обучението са лекциите на терен по археоастрономия, които се реализират на избрани тракийски скални паметници в Източни Родопи.

Магистърската програма завършва със защита на дипломна работа или държавен изпит. Повече информация може да намерите на <http://astro.phys.unisofia.bg>



Мъглявината Пръстен (Ring Nebula – M57) е един от най-красивите и разпознаваеми обекти на нощното небе. Намира се в съзвездието Лира на около 2500 светлинни години от нас. Дългогодишни наблюдения показват, че мъглявината се разширява с 20-30 km/s или 1 дъгова секунда за век.

M57 е чудесен пример за съдбата на Слънцето след около 5 милиарди години. Ядрото ще се свие в бяло джудже – изключително плътен обект с размерите на Земята. А външната обвивка от йонизиран газ ще се разширява в продължение на стотици години, докато се разсее в пространството.

Изображението е резултат от BVR кадри, получени с 50/70 cm Шмит телескоп на НАО Рожен на 3 октомври 2020 г. по време на практиката по Астрофотография на магистърска програма „Астрономия и популяризация на астрономията“.

## Лятна школа по науките за Космоса и Земята „Проф. Марин Бъчеваров“

От 12 до 21 юли 2023 г. ще се проведе второто издание на лятната школа по науките за Космоса и Земята „Проф. Марин Бъчеваров“, организирана от катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Основен акцент в школата е астрономията и астрофизиката, но силно засегнати са и метеорологията и геофизиката. Школата е достъпна за ученици, които завършват 9, 10 или 11 клас и имат интерес към тези науки. В програмата са предвидени разнообразни наблюдателни задачи, които ще се осъществят под ръководството на професионални астрономи с помощта на над 15 телескопа, като участниците ще бъдат разпределени на малки групи. Предвидени са както наблюдения с професионални астрономически цифрови камери, така и с фотоапарати, а също и визуални наблюдения с телескопи. В дневните часове ще се провеждат наблюдения на слънчевата активност – слънчеви протуберанси и петна. Ежедневно ще се извършват професионални метеорологични измервания, както чрез прибори на място, така и чрез пряк достъп до най-нови данни от Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). Предвидена е богата лекционна програма и разнообразни демонстрации.

За информация за кандидатстване - <https://astro.phys.uni-sofia.bg>



Момент от първото издание на школата през юли 2022 г. в хотел „Три Буки“, Осоговска планина. Снимка: Пенчо Маркишки

Пенчо Маркишки

**Гид на любителя астроном 2023**

Българска  
Първо издание

Редактор Катя Пеева

Формат 70x100/16

Печ. коли 6.5

Университетско издателство „Св. Климент Охридски“  
[www.unipress.bg](http://www.unipress.bg)