

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXVI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
<http://astro-olymp.org>

I кръг
Ученици от 9 - 10 клас – решения

1 задача. Астрономическа солидарност. В галактиката M33 живеят извънземни колеги астрономи. Те са фотографирали галактиката M31 и нашата Галактика по едно и също време и са изпратили двете изображения с мощен радиотелескоп към нас. Да предположим, че сме уловили този радиосигнал сега. Изображенията ни носят безценна научна информация. Ние можем да видим как са изглеждали нашата Галактика и галактиката M31 от друга гледна точка и по друго време.

- **А)** Видимото от нас ъглово разстояние между M31 и M33 е 15° . Начертайте схема на разположението на M31, M33 и нашата Галактика в пространството. Изобразете трите галактики като точки, образуващи триъгълник, в подходящ мащаб. Чрез измерване по схемата определете разстоянието между M31 и M33 в светлинни години.

- **Б)** Извънземната снимка на нашата Галактика би показвала как тя е изглеждала в някакъв минал момент от време. Пресметнете с колко милиона години е отдалечен в миналото този момент спрямо времето, когато сме получили снимката. Направете същото и за извънземната снимка на галактиката M31.



Галактиката M31, разстояние 2.54 милиона светлинни години

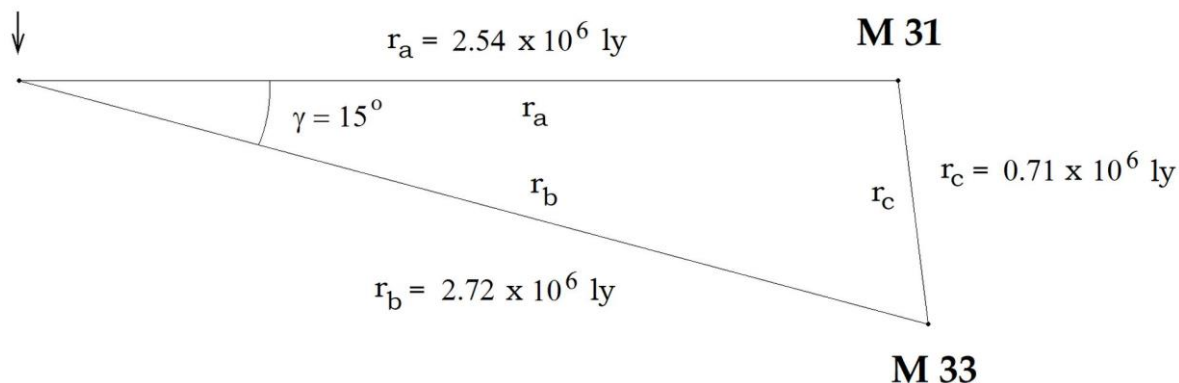


Галактиката M33, разстояние 2.72 милиона светлинни години

Решение:

А) Начертаваме схема на разположението на трите галактики в подходящ мащаб, примерно 5см на 1 милион светлинни години, като ъгъла от 15° между посоките към M31 и M33 отмерваме с транспортир. Измерваме отсечката между точките, с които сме означили галактиките M31 и M33 и с помощта на избрания от нас мащаб пресмятаме разстоянието между двете галактики в светлинни години. Получаваме, че разстоянието между тях е 0.71 милиона светлинни години или 710 000 светлинни години.

Млечен път



Б) Когато астрономите от М33 са направили снимката на нашата Галактика, светлината вече е пропътувала разстоянието от Млечния път до тях. Те са видели как е изглеждала нашата Галактика преди 2.72 милиона години, относно момента на фотографското наблюдение. След като изпращат изображението на Галактиката към нас, то съответните радиосигнали пропътуват същото разстояние още веднъж. Това второ пътешествие отнема отново 2.72 милиона години. Следователно излъченото към нас изображение на Млечния път, гледан от М33, ще ни го показва такъв, какъвто е бил $2 \times 2.72 = 5.44$ милиона години преди момента, в който сме го получили.

Фотографското изображение на М31 извършва своето пътешествие от М33 до нас също за 2.72 милиона години. Но преди това светлината от М31 е пропътувала разстоянието от 710 000 светлинни години до М33 за време 710 000 години или 0.71 милиона години. Следователно ние ще получим изображение на галактиката М31, гледана от М33, такава, каквато е била преди $0.71 + 2.72 = 3.43$ милиона години.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилно начертана схема на разположението на галактиките – 4 т.

За измерване на разстоянието между М31 и М33 и верен резултат – 1 т.

За правилно определяне на момента на снимане на нашата Галактика – 2.5 т.

За правилно определяне на момента на снимане на М31 – 2.5 т.

2 задача. Наклон на оста. Да си представим, че злонамерена свръхцивилизация ни открадва Луната, за да добива от нея полезни изкопаеми. След това злодеяние земната ос става нестабилна. Ъгълът, който тя сключва с вертикалата към равнината на земната орбита, става равен на 48° .

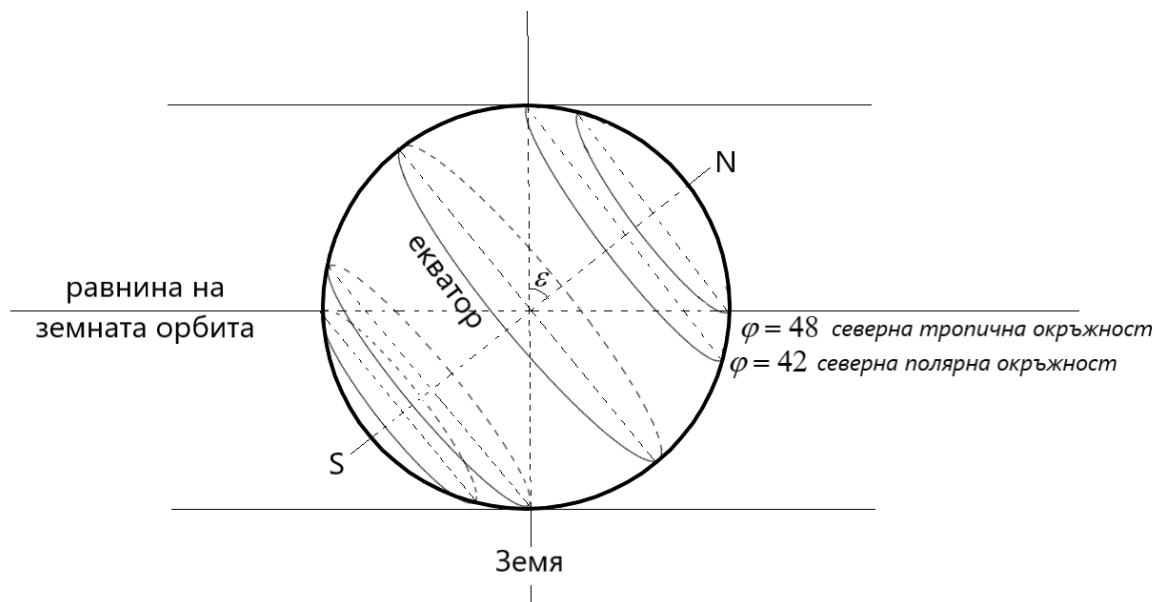
- А) На какви географски ширини ще се намират полярните и тропичните окръжности на Земята? Направете подходяща схема и нарисувайте тяхното разположение относно полюсите и екватора.

- Б) Опишете качествено как ще изглежда смяната на деня и нощта в нашата страна (за географска ширина около 42°) около моментите на лятно слънцестояние, зимно слънцестояние и равноденствие.

Решение:

Върху полярната окръжност в деня на лятното слънцестояние в полунощ центърът на слънчевия диск застава на хоризонта. За тропичната окръжност в деня на лятното слънцестояние по пладне центърът на слънчевия диск преминава през зенита. Когато ъгълът ε между оста на планетата и перпендикуляра към равнината на орбитата

надвиши 45° , полярните и тропичните окръжности си „разменят“ местата – полярните окръжности се оказват по-близо до екватора на планетата, а тропичните окръжности – до полюсите на планетата. При $\varepsilon = 48^\circ$ северната полярна окръжност на Земята ще бъде с географска ширина $\varphi = 90^\circ - \varepsilon = 42^\circ$, а северната тропична окръжност ще има географска ширина $\varphi = \varepsilon = 48^\circ$. Симетрично на тях в южното полукълбо на Земята ще бъдат разположени южната полярна окръжност и южната тропична окръжност. Това е показано на следващата схема.



В такъв случай северната полярна окръжност ще минава през нашата страна – примерно някъде през южната част на Асеновград. В дните около зимното слънцестояние по пладне над хоризонта ще се показва само част от слънчевия диск (ако отчитаме рефракцията, ще се издига целият слънчев диск, но съвсем малко над хоризонта и за кратко). В продължение на няколко часа преди и след пладне ще бъде полумрак, а през по-голямата част от денонощието ще бъде тъмна нощ.

В дните около лятното слънцестояние Слънцето няма да залязва изцяло през нощта, а ако отчитаме и рефракцията, то целият видим слънчев диск ще остава леко над хоризонта дори и във времето около полунощ. В по-широки интервали от време около лятното слънцестояние – няколко седмици – ще се наблюдават светли нощи, в които Слънцето ще се спуска твърде малко под хоризонта.

Но нашата страна ще попада също и в зоната между северната и южната тропични окръжности. За всяка точка от тази зона има две дати от годината, когато по пладне Слънцето застава в зенита. България ще се намира сравнително близо до северната тропична окръжност. Затова едната от датите, на които Слънцето ще преминава за нас през зенита по пладне, ще е малко преди лятното слънцестояние, а другата – малко след него. Така че в крайна сметка около лятното слънцестояние по пладне Слънцето ще се наблюдава близо до зенита, а в полунощ съвсем малко над или под хоризонта.

При равноденствие денят ще е приблизително равен на нощта. В един дълъг период от време, центриран около пролетното равноденствие, Слънцето ще кулминира по пладне на юг. Но между двете дати около лятното слънцестояние, за които Слънцето ще се вижда по пладне в зенита, ще има дни, в които то ще кулминира по пладне на север.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилна схема на разположение на тропичните и полярните окръжности – на Земята при новия наклон на оста – 3 т.

За правилно определяне на географските ширини на тропичните и полярни окръжности – 2 т.

За описание на смяната на деня и нощта около лятното и зимно слънцестояние в нашата страна – 3 т.

За описание на смяната на деня и нощта около равноденствията – 2 т.

3 задача. WR140. Звездата WR140 отдавна предизвиква интереса на астрономите, като принос към нейното изследване има и българският астроном Кирил Панов. Тя е от типа Волф-Райе – масивна, гореща и с изключително висока светимост. Намира се на 5600 светлинни години от нас и принадлежи към двойна система с още една също гореща масивна звезда. Двете звезди се движат около общия си център на масите по силно изтеглени елиптични орбити с период 7.924 години. Във външните слоеве на WR140 се изхвърля голямо количество прахови частици, богати на въглерод. Те се ускоряват от светлинното налягане, породено от лъчението на звездата. Всеки път, когато двете звезди се сближат на минимално разстояние по своите орбити, праховите частици от WR140 взаимодействат с мощния звезден вятър на другата компонента. Така се образува вплътнена прахова обвивка, която се разширява с голяма скорост. Това се повтаря след всеки нов орбитален период при следващото максимално сближаване на звездите.



Неотдавна от космическия телескоп James Webb беше получено удивително изображение на звездата. На него се вижда голяма поредица от последователно изхвърлени прахови обвивки, заобикалящи звездната система. Ъгловият размер на дългата страна на изображението е 110 дъгови секунди.

- Направете необходимите измервания и оценете скоростта на разширяване на праховите обвивки. Използвайте негативното изображение след условията на задачите.

Решение:

Измерваме дългата страна на изображението и тя се оказва равна на 217 mm. Това ще ни помогне да определим мащаба на изображението в дъгови секунди. След това трябва да определим разстоянието между две съседни прахови ивици, изхвърлени от двойната звездна система. Прякото измерване няма да ни даде резултат с добра точност, понеже разстоянието между ивиците е малко и те имат доста размити граници. По-добре е да измерим сумарната ширина на по-голям брой ивици и да я разделим на този брой. За целта избираме примерно един участък от 15 ясно изобразени последователни ивици по един от по-ярко очертаните „лъчи“ върху изображението. Общата дължина на този участък е 70 mm. Следователно за разстоянието между две съседни ивици получаваме:

$$d = 70 \text{ mm} : 15 \approx 4.67 \text{ mm}$$

Като използваме мащаба на изображението, намираме видимото ъглово разстояние между две съседни ивици:

$$\delta = d \cdot \frac{110''}{217 \text{ mm}} \approx 2.37''$$

Сега можем да използваме даденото ни разстояние до двойната звездна система $r = 5600$ светлинни години, за да определим линейното разстояние между две съседни прахови ивици:

$$D = \frac{\delta''}{360^\circ.60'.60''} \cdot 2\pi r \approx 0.0643 \text{ ly}$$

Разстоянието между две съседни прахови ивици е 0.0643 светлинни години. Както е обяснено в условието, при всяко сближение на двете звезди при движението им по техните елиптични орбити се получава вплътняване на изхвърлените прахови частици. Следователно времевият интервал между изхвърлянето на всеки две последователни плътни прахови ивици е равен на орбиталния период на системата T . Това означава, че изхвърленото вещество изминава за време T разстоянието между съседните ивици D . Оттук можем да намерим скоростта на разширение на праховите ивици:

$$V = \frac{D}{T}$$

На пръв поглед, за да пресметнем тази скорост, трябва да изразим разстоянието D в километри, а периода T в секунди. Но можем да си спестим значителни изчисления, ако използваме следното съотношение:

$$\frac{V}{c} = \frac{D[\text{светлинни години}]}{T[\text{години}]}$$

където $c = 300000 \text{ km/s}$ е скоростта на светлината. Оттук намираме:

$$V = \frac{0.0643 \text{ ly}}{7.924 \text{ год.}} \cdot 300000 \text{ km/s}$$

$$V \approx 2400 \text{ km/s}$$

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За измервания с цел определяне на мащаба на изображението – 2 т.

За измерване на разстоянието между две прахови ивици – 3 т. (При пряко измерване на разстоянието между две съседни прахови ивици – 1 т.)

За пресмятане на линейното разстояние между две съседни прахови ивици – 2 т.

За определяне на скоростта на разширение на праховите ивици – 3 т.

4 задача. Квадрантиди. Дадени са ви две снимки на звездното небе с метеори от метеорния поток Квадрантиди – снимка 1 и снимка 2.

- А) Върху снимка 1 обозначете поне 6 съзвездия с техните названия.
- Б) Двете снимки са направени на една и съща дата – датата на максимална активност на метеорния поток Квадрантиди. Коя снимка е направена в по-късен час от нощта? Коя снимка е направена от място с по-северна географска ширина? Обяснете вашите отговори.
- В) Снимка 1 е направена в китайска астрономическа обсерватория. Какво представляват наблюдателните инструменти, които се виждат на нея?

Решение:

А) Съзвездията, които могат да се видят на дадената снимка, са: Малко куче, Близнаци, Бик, Колар, Персей, Касиопея, Цефей, Жираф, Рис, Малка мечка, Голяма мечка, Ловджийски кучета, Дракон, Воловар, Северна корона, Херкулес, както и части от други съзвездия. Варианти на техните астеризми и имената им могат да се видят на картата в приложенията. За участниците в олимпиадата е достатъчно да посочат и обозначат 6 от тези съзвездия.

Б) Понеже не се споменава за какво време става дума, то очевидно се има предвид местно слънчево време. При еднакво време бихме имали еднаква ориентация на съзвездията относно Северния небесен полюс. Той се намира недалеч от Полярната звезда, която и на двете снимки е над хоризонта. На дадените снимки, обаче, ориентацията на съзвездията е различна. На втората снимката линията Полярна звезда –

Кохаб е почти успоредна на хоризонта, докато на първата снимка тя сключва ъгъл с хоризонта около 40 градуса.

Ако гледаме от северния небесен полюс, Земята се върти около своята ос обратно на часовниковата стрелка. Ето защо, когато се намираме на земната повърхност и гледаме в посока юг, видимото денонощно движение на звездното небе за нас става по посока на часовниковата стрелка. Но на двете снимки е показано звездното небе, така както изглежда за наблюдател, който гледа на север. Видимото денонощно въртене на звездното небе при такава гледна точка става в противоположната посока – обратно на часовниковата стрелка. Ако възприемем съзвездие Малка мечка като стрелка на часовник, то тя също се върти против часовниковата стрелка заедно с цялото звездно небе. Следователно на първата снимка ние виждаме по-късен момент от нощта на максимума на Квадрантидите. Тази снимка е направена в по-късен час местно слънчево време.

Височината на северния небесен полюс е равна на географската ширина на наблюдателя. На втората снимка Полярната звезда, близо до която се намира северният небесен полюс, е доста ниско. Виждаме, че ако Малката мечка се завърти с „черпака“ към хоризонта, то той вероятно ще го „докосне“. На първата снимка размерът на черпака на Малката мечка се нанася около два пъти между Полярната звезда и хоризонта. Следователно мястото, от което е направена първата снимка, е със съществено по-северна географска ширина от мястото, от което е направена втората снимка.

В) На снимката се виждат множество радиотелескопи. Радиотелескопите наблюдават космическите обекти в радиодиапазона.

Всъщност това е голяма система от 100 радиотелескопа, които формират така наречения Китайски спектрален радиохелиограф, намиращ се в наблюдателната станция Mingantu CSRH Station, Вътрешна Монголия, КНР. Наблюденията се провеждат в диапазона на сантиметровите и дециметровите вълни.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилно разпознаване и надписване на съзвездията $6 \times 0.5\text{ т} - 3\text{ т}$.

За правилни разсъждения и обяснения относно това коя снимка е направена в по-късен час – 3 т.

За правилни разсъждения относно това коя снимка е направена от място с по-северна географска ширина – 3 т.

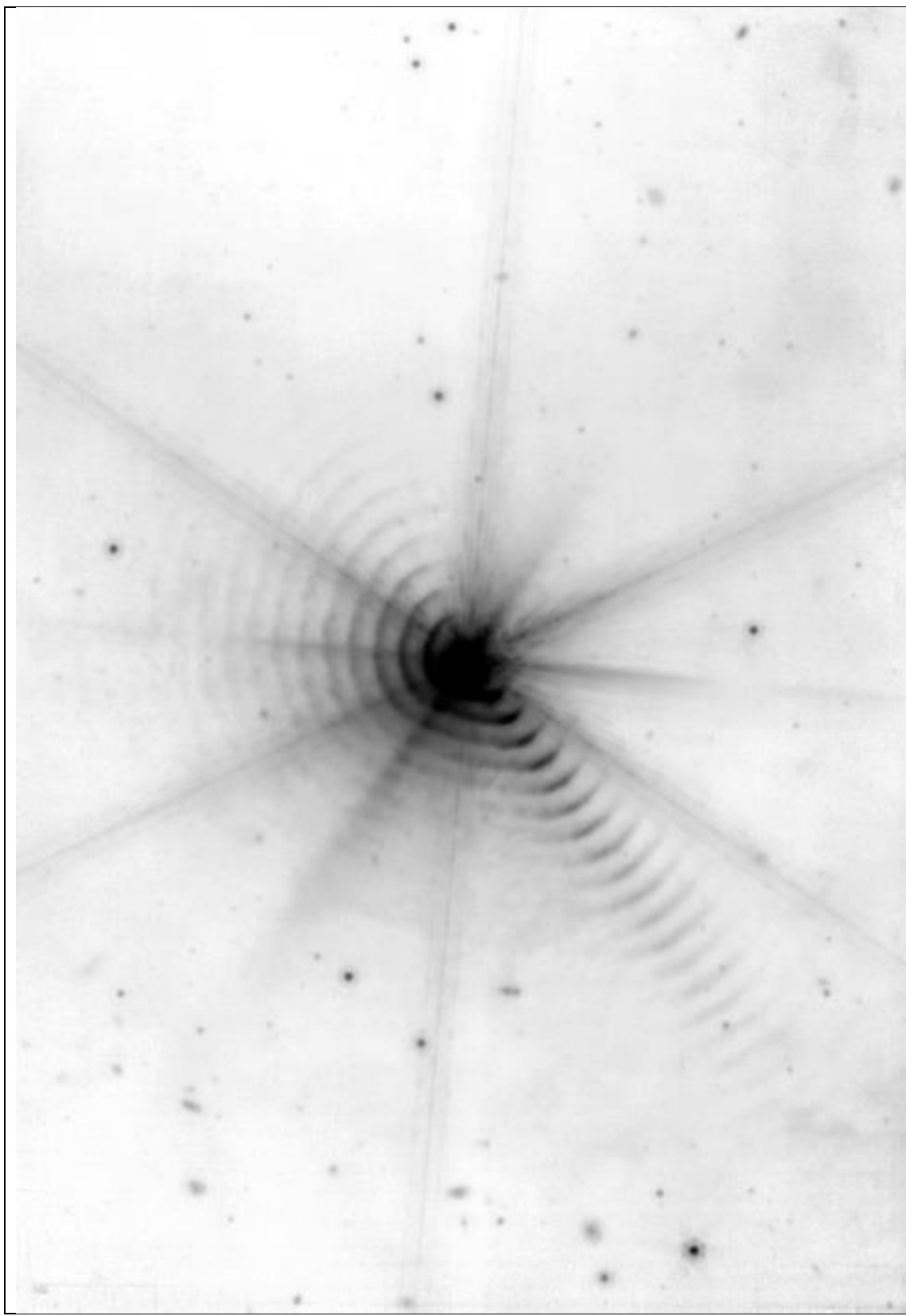
За правилно разпознаване на това, че на снимката има радиотелескопи – 1 т.



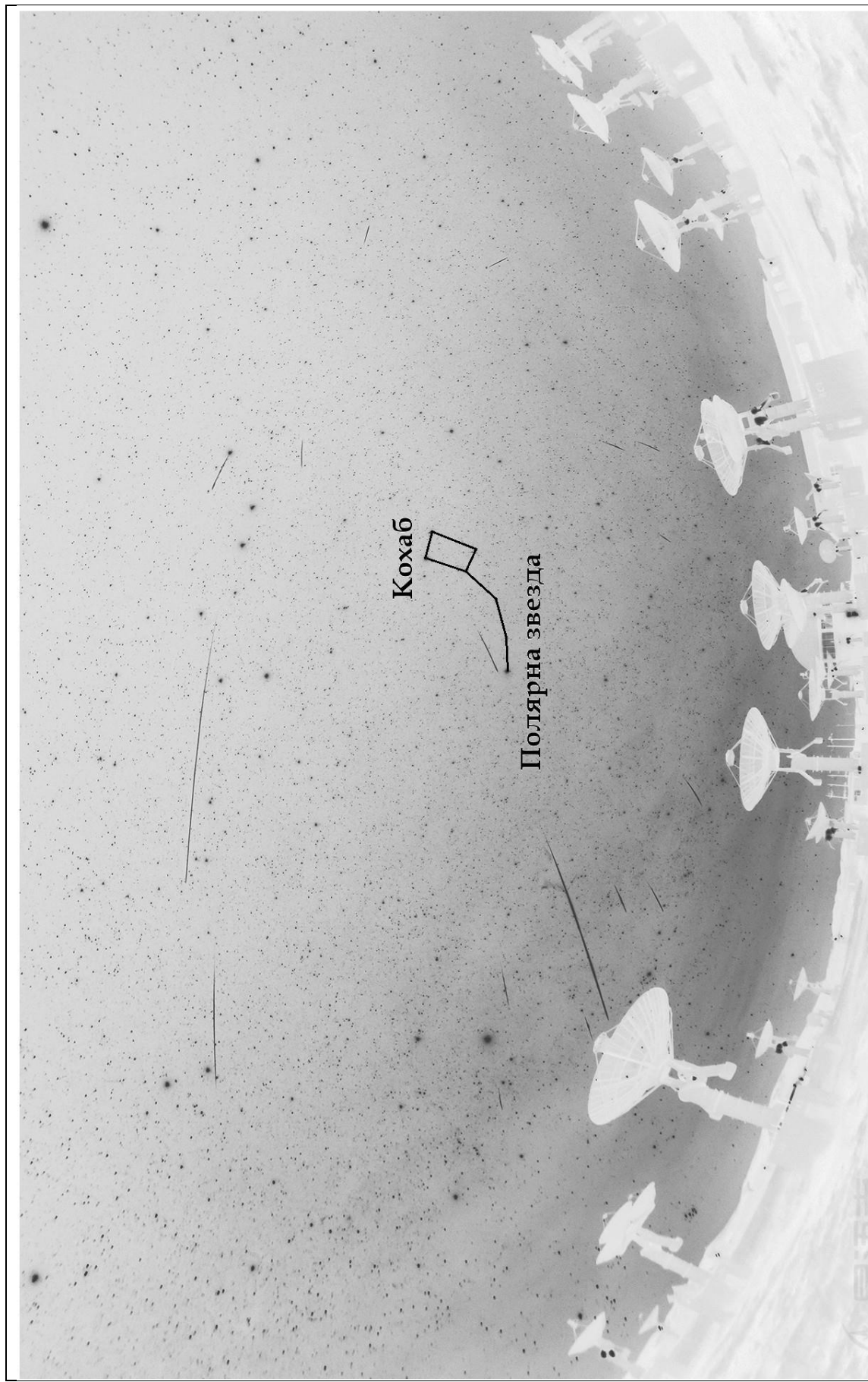
Метеорният поток Квадрангиди – снимка 1



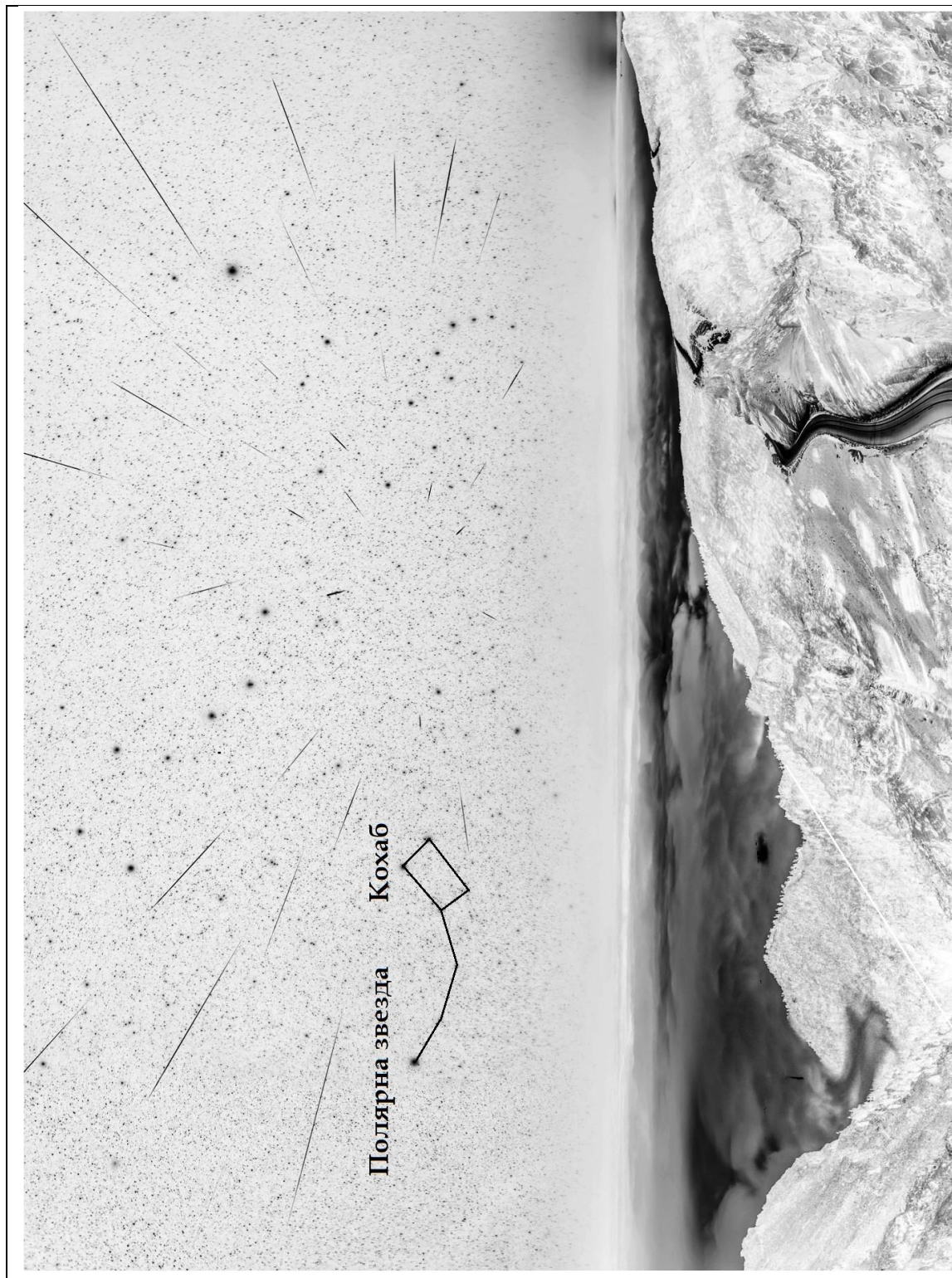
Метеорен поток Квадрангиди – снимка 2



Звездага WR140, фотографирана от телескопа James Webb – негативно изображение



Метеорният поток Квадрантиди – снимка 1 (Към решението на 4 задача)



Метеорен поток Квадрантиди – снимка 2 (Към решението на 4 задача)