

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Областен кръг на олимпиадата по астрономия

24 февруари 2017 г.

Възрастова група XI-XII клас – решения

1 задача. Далечно пътешествие. Космическата станция Voyager 1 е изстреляна през 1977 г. Тя е прелетяла покрай Юпитер и Сатурн, предала е на Земята забележителни снимки на двете планети и много от техните спътници. От 2012 г. станцията вече се движи в междузвездното пространство и към настоящия момент представлява най-отдалеченият от Земята космически апарат, създаден от хората.

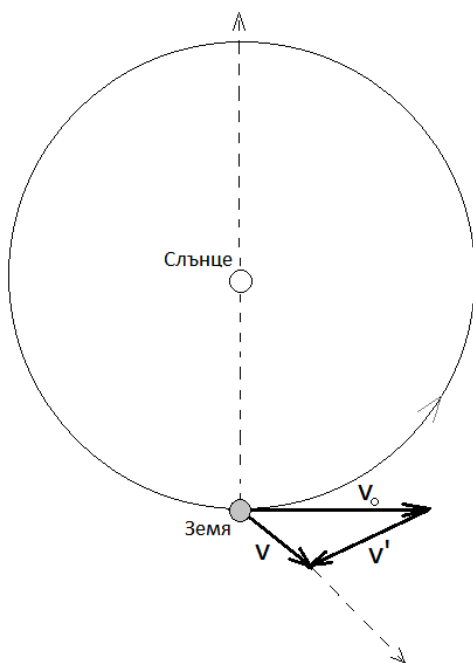
На 31 януари 2017 г. Voyager 1 се намира на 20.563 милиарда километра от Слънцето. Скоростта на станцията относно Слънцето е 17.0 км/сек., а скоростта ѝ относно Земята е 23.9 км/сек. Известно е също, че по това време относителната скорост на станцията спрямо Земята се променя от по-високи към по-ниски стойности. Орбиталната равнина на станцията е много близка до равнината на земната орбита.

- В кое съзвездие се намира Voyager 1 за земния наблюдател? Обяснете вашите разсъждения.

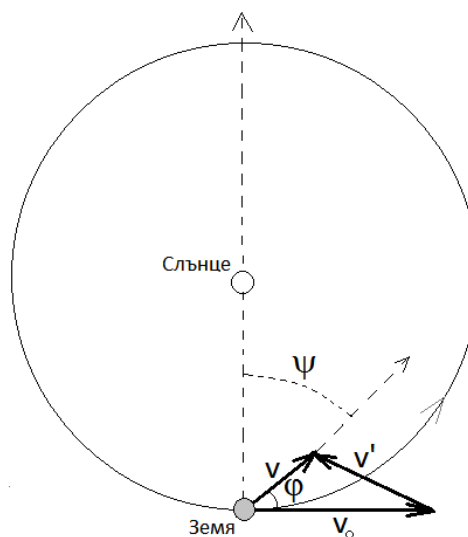
Решение:

Да означим скоростта на Земята по нейната орбита около Слънцето с v_0 , скоростта на Voyager 1 относно Слънцето с v и скоростта на станцията относно Земята с v' . Те са равни съответно на 30 км/с, 17.0 км/с и 23.9 км/с. Очевидно:

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_0$$



A



B

Отбелязваме на схемата скоростта на Земята относно Слънцето. После построяваме триъгълник от векторите на трите скорости. Ъгълът между векторите $\vec{v}_0$ и $\vec{v}$ не може да е тъп, защото срещулежащата му страна – векторът $\vec{v}'$ – не е най-дългата страна в този триъгълник. Следователно са възможни два варианта за направлението на

скоростта на космическата станция $\vec{v}$ спрямо орбиталната скорост на Земята $\vec{v}_0$, които са означени на схемата с А и В.

В условието е казано, че в дадения момент относителната скорост на станцията спрямо Земята v' се е променяла от по-високи към по-ниски стойности. Оттук заключаваме, че ситуацията се описва от вариант В на схемата. При този вариант в следващите дни векторът на орбиталната скорост на Земята около Слънцето ще се завърта така, че ще сключва все по-малък ъгъл със скоростта на станцията относно Слънцето. В резултат на това, относителната скорост на станцията спрямо Земята ще намалява.

Станцията се е отдалечила вече от Слънцето на разстояние, което е над 100 пъти по-голямо от радиуса на земната орбита. Практически направлението, в което тя се вижда за земния наблюдател, не зависи от това къде се намира в същия момент Земята по своята орбита. За да определим в кое съзвездие се намира Voyager 1 за земния наблюдател, ние трябва да намерим в каква посока е ориентирана неговата скорост $\vec{v}$ относно Слънцето. Да пресметнем ъгъла φ . Използваме косинусовата теорема:

$$v'^2 = v^2 + v_0^2 - 2vv_0\cos\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{v^2 + v_0^2 - v'^2}{2vv_0}$$

$$\varphi \approx 52.7^\circ$$

Сега можем да намерим ъгъла ψ :

$$\psi = 90^\circ - \varphi = 37.3^\circ$$

В условието се казва, че орбитата на космическия апарат е в равнина, близка до тази на еклиптиката. На 31 януари за нас Слънцето трябва наскоро да е навлязло в съзвездието Козирог. Скоростта на Voyager 1 относно Слънцето е отклонена на 37.3° в посока запад от направлението Земя – Слънце. Следователно ние трябва да виждаме станцията към западната граница на предното зодиакално съзвездие, което е Стрелец.

Като знаем, че между съзвездията Скорпион и Стрелец еклиптиката пресича един участък от Змиеносец, можем да предположим, че сега космическата станция се намира за нас в това съзвездие. Оказва се, че в действителност е точно така – Voyager 1 понастоящем е в съзвездието Змиеносец.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За обща геометрична представа за разположението на векторите на трите скорости и векторното съотношение между тях – 2 т.

За обосновка защо ъгълът между скоростите v и v_0 не може да е тъп (което изключва още други два варианта) – 1 т.

За правилен избор между двата варианта А и В – 2 т.

За обяснение защо направлението, в което виждаме станцията, съвпада с направлението на нейната скорост относно Слънцето – 1 т.

За пресмятания на необходимите ъгли – 2 т.

За разсъждения по въпроса в кое съзвездие е станцията – 3 т.

За посочване като краен отговор на съзвездията Стрелец или Змиеносец – 1 т.

2 задача. Юнона и Юпитер. Космическата станция Juno е наречена на римската богиня Юнона, съпруга на върховния бог Юпитер. Тя е в елиптична орбита около Юпитер. Разстоянията от станцията до центъра на планетата в перийовий и апойовий се равняват съответно на 1.06 и 39 средни радиуса на Юпитер. Перийовий и апойовий се наричат най-близката и най-далечната точки от орбитата на станцията до Юпитер.

Орбитата на Јупо е полярна. Станцията прелита над полюсите на Юпитер, но нейният перийовий се намира над екватора на планетата.

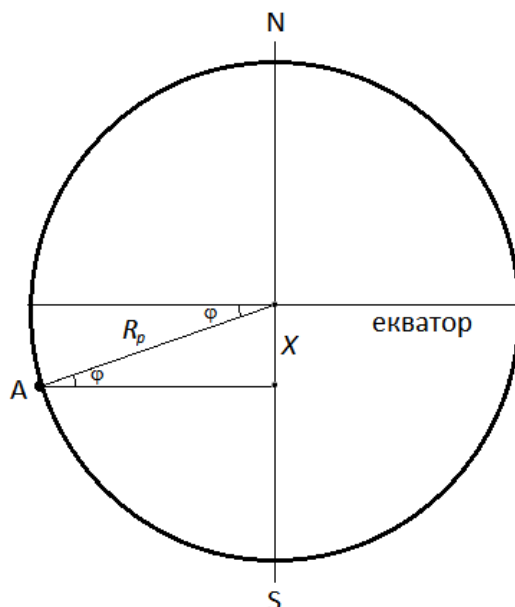
- А) Разгледайте снимката на Юпитер. Направете необходимите измервания и определете дали при преминаване през перийовия на своята орбита станцията Јупо ще може да фотографира Голямото червено петно.

- Б) Да предположим, че при дадено преминаване през перийовия, точно под станцията се намира малък атмосферен вихър на Юпитер. Ще може ли станцията да фотографира същия вихър при следващото си преминаване през перийовия?

Считайте, че камерата на Јупо може да се насочва във всички посоки.

Решение:

Измерваме върху снимката диаметъра на Юпитер от северния до южния полюс, който се оказва $d_p = 140.5 \text{ mm}$. Измерваме разстоянието от екватора на Юпитер до горния, или северния край на Голямото червено петно: $x = 22 \text{ mm}$. Наистина, поради бързото си околоосно въртене и газовия си състав, Юпитер има по-голяма сплеснатост към полюсите си, отколкото Земята например, но сега ще пренебрегнем това и ще считаме, че полярното сечение с равнина, минаваща през центъра на Юпитер, представлява кръг с радиус, равен на полярния радиус R_p на планетата.



На схемата е представено такова полярно сечение. Нека приемем, че с точка А е означен северният край на Голямото червено петно, с φ – планетографската ширина на тази точка. В сила са съотношенията:

$$\sin \varphi = \frac{X}{R_p}$$

$$\frac{X}{R_p} = \frac{x}{d_p/2}$$

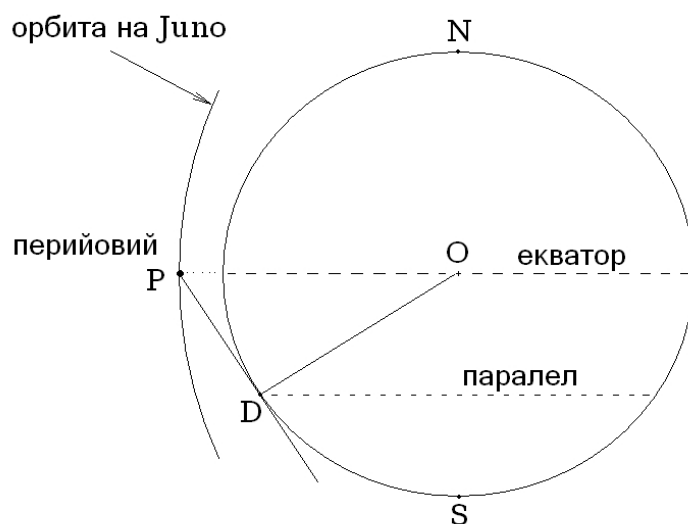
Оттук намираме:

$$\varphi \approx 18.25^\circ$$

Ако се отчете изпъкналостта на Юпитер по екватора, ще се получи друга стойност на планетографската ширина на точката А. Това би било по-сложно математически, но от общи геометрични съображения може да се установи, че ширината на точката ще се

окаже по-малка от получената по-горе стойност. Оценката на ширината, която сме направили, като използваме полярния радиус на Юпитер, е максимално възможната. Тъй като в задачата се иска само да се прецени дали въпросната точка влиза в обсега на видимия хоризонт на станцията, то тази максимална стойност може да се използва за сравнение.

На следващата схема е дадена малка част от орбитата на Juno около нейния перийовий P, който се намира над екватора на Юпитер. В посока юг хоризонтът на станцията се простира до точка D. Да намерим нейната планетографска ширина.



За триъгълника DOP можем да напишем:

$$OD \approx R_0 \text{ (приемаме това приближение)}$$

$$OP = 1.06R_0 = r_p$$

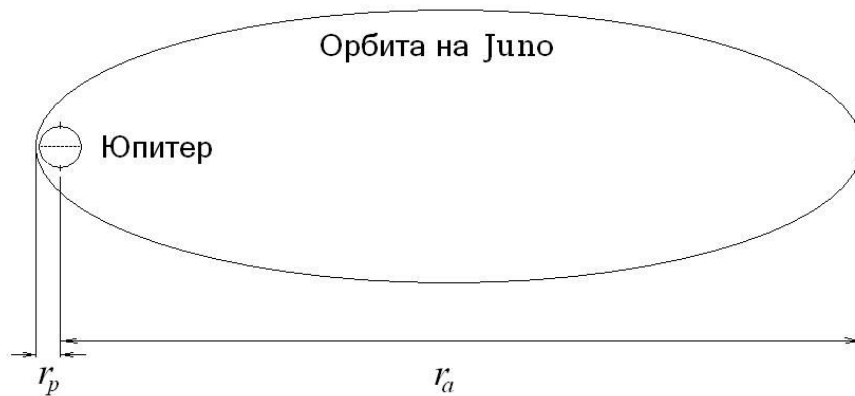
$$\frac{R_0}{r_p} = \cos \varphi_1$$

където R_0 е средният радиус на Юпитер, r_p е разстоянието от космическата станция до центъра на Юпитер в перийовий, а φ_1 е ъгълът DOP, или планетографската ширина на точка D. По-нататък пресмятаме:

$$\varphi_1 \approx 19.37^\circ$$

Оттук следва, че $\varphi_1 > \varphi$. Това означава, че ако в момента, когато космическата станция минава през перийовия на своята орбита, Голямото червено петно се окаже достатъчно близо до планетния меридиан, над който тя прелита, то камерата на станцията ще може да фотографира поне малка част от него.

На следващата схема е дадена орбитата на Juno около Юпитер. С r_a е означено разстоянието до центъра на Юпитер в апойовий. По условие $r_a = 39R_0$.



Да намерим голямата полуос на орбитата на Juno:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2}$$

Означаваме с M масата на Юпитер, с γ гравитационната константа и използваме третия закон на Кеплер, за да определим орбиталния период T на станцията:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\gamma M}}$$

$$T \approx 925355 \text{ sec} \approx 10.71 \text{ денонощия}$$

Нека в даден момент станцията преминава през перийовия на своята орбита и точно под нея се намира малък атмосферен вихър на Юпитер. Да определим къде ще бъде същият този вихър при следващо преминаване на станцията през перийовия. Означаваме с R_e екваториалния радиус на Юпитер и с v скоростта на точка от екватора на планетата. Периодът на околоосно завъртане на точка от екватора на Юпитер ще бъде:

$$P = \frac{2\pi R_e}{v}$$

$$P \approx 35651 \text{ sec} \approx 9.9 \text{ часа}$$

Пресмятаме отношението на орбиталния период на станцията към периода на околоосно въртене на точка от екватора:

$$\frac{T}{P} \approx 25.956$$

Следователно до следващото преминаване на станцията през перийовия на нейната орбита, атмосферният вихър ще се е завъртял около оста на Юпитер 25.956 пъти. За да се окаже отново в предишното си положение под точката на перийовия на станцията, той ще трябва да се дозавърти на ъгъл θ , за който можем да напишем:

$$\theta = (1 - 0.956) \cdot 360^\circ$$

$$\theta \approx 15.84^\circ$$

Далечината на хоризонта на станцията в точката на перийовия по екватора на Юпитер ще бъде различна от тази, която определихме по-горе чрез ъгъла φ_1 . Можем да я намерим от равенството:

$$\frac{R_e}{r_p} = \cos \varphi_2$$

$$\varphi_2 \approx 15.26^\circ$$

Оказва се, че ъгълът φ_2 е малко по-малък от θ . Оттук следва, че при следващото преминаване през перийовия на станцията Јупо, центърът на атмосферния вихър ще бъде извън обсега на нейния хоризонт, но ако вихърът има достатъчно голям размер, станцията ще може да фотографира част от него, намираща се в източния му край.

Част от задачата може да се реши и графично. Построява се в съответния мащаб отстрани на планетата Юпитер точка над екватора, където може да се намира Юнона. Построяват се две допирателни от тази точка към планетата. Допирните точки определят докъде се простира хоризонтът за станцията по планетографска ширина. През горната граница на Голямото червено петно се построява отсечка, пресичаща Юпитер и успоредна на неговия екватор – това е паралелът, до който се простира в северна посока петното. Оттук веднага може да се види дали и доколко Голямото червено петно е в границите на хоризонта на видимост на станцията.

В зависимост от качеството на копирането на изображението, използвания метод и избора на величини за радиуса на Юпитер по различни съображения, крайният отговор на подусловие А) може да се окаже различен. При оценяването се взимат под внимание разсъжденията и начините на решаване, а не толкова числените резултати.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За определяне на далечината на хоризонта на станцията – 2 т.

За измервания върху фотографията на Юпитер – 1 т.

За правилен метод за пресмятане на планетографската ширина на подходяща точка от Голямото червено петно – 2 т.

За верен извод за видимостта на петното от станцията – 1 т.

За определяне на орбиталния период на станцията – 2 т.

За определяне на позицията на вихъра при второто преминаване на станцията през перийовия – 2 т.

За правилен отговор дали ще може да се фотографира вихърът – 2 т.

3 задача. Двойна звезда. Млади астрономи, участващи в Националната лагер-школа по астрономия в местността Белите брези, съставят наблюдателна програма за предстоящата ясна и безлунна нощ. Те избират една затъмнително двойна звезда, чиято компонента А има радиус 3.2 слънчеви радиуса и температура 8800 К, а компонентата В има радиус 5.6 слънчеви радиуса и температура 5500 К.

- А) Пресметнете светимостите на двете компоненти в единици слънчеви светимости. Температурата на Слънцето е 5800 К.

- Б) Когато по-слабата компонента закрие по-ярката, се наблюдава главен минимум на блясъка на двойната звезда. При вторичен минимум по-ярката компонента закрива по-слабата. Пресметнете в болометрични звездни величини с колко се изменя блясъкът при главен минимум и при вторичен минимум в сравнение с максималния блясък на системата. Считайте, че затъмненията са централни.

- В) Под кривата на изменение налъчевите скорости нарисувате схеми с разположението на двете компоненти спрямо земен наблюдател в няколко характерни моменти от време. Отбележете тези моменти върху кривата.

- Г) На предоставената ви разграфена хартия начертайте кривата на изменение на блясъка на променливата звезда. Използвайте точен мащаб само по вертикалната ос – в звездни величини с някакво условно начало. Представете тази крива схематично, като си служите само с прави отсечки. Времева та скала на кривата на блясъка трябва да е в синхрон с времева та скала на кривата на лъчевите скорости.

Решение:

От закона на Стефан-Болцман, написан за всяка от звездите и Слънцето, следва:

$$L_A = \left(\frac{R_A}{R_S} \right)^2 \left(\frac{T_A}{T_S} \right)^4 \cdot L_S \approx 54.3 L_S$$

$$L_B = \left(\frac{R_B}{R_S} \right)^2 \left(\frac{T_B}{T_S} \right)^4 \cdot L_S \approx 25.4 L_S$$

В максимум на блясъка светлина идва от двете звезди на двойната система, т.е. общата светимост е сума от светимостите на двете звезди. Следователно:

$$L_{\max} = L_A + L_B = 79.6 L_S$$

В главния минимум по-голямата, но по-студена звезда В закрива звездата А изцяло. Светлина идва само от втората компонента:

$$L_{\min I} = L_B \approx 25.4 L_S$$

От формулата на Погсън определяме амплитудата на главния минимум в звездни величини:

$$\Delta m_{\min I} = -2.5 \lg \left(\frac{L_B}{L_A + L_B} \right) \approx 1^m.24$$

Във вторичния минимум по-малката, но по-гореща звезда А застава пред звездата В, като закрива част от диска на по-голямата компонента. Светлина идва от звездата А и от площта на звездата В, която не е покрита от звездата А. Светимостта е:

$$L_{\min II} = L_A + L_{B'} = L_A + \left[1 - \left(\frac{R_A}{R_B} \right)^2 \right] \cdot L_B = 71.35 L_S$$

Амплитудата на вторичния минимум е:

$$\Delta m_{\min II} = -2.5 \lg \left(\frac{L_{\min II}}{L_A + L_B} \right) \approx 0^m.12$$

При тези разсъждения пренебрегваме потъмняването към края на диска на звезда В.

При анализа на лъчевите скорости на една двойна система общата лъчева скорост на системата, т.е. лъчевата скорост на центъра на масите на компонентите, не представлява интерес. Затова лъчевите скорости на компонентите обикновено са коригирани и остават тези стойности, които те биха имали, ако лъчевата скорост на центъра на масите би била нула. Нека за улеснение на анализа, да предположим, че кривата на лъчевите скорости е точно такава. Понеже компонентите на двойната звезда се движат в противоположни посоки, лъчевите скорости се изравняват само когато и двете компоненти на системата се движат перпендикулярно на зрителния лъч. Тогава всъщност лъчевите им скорости са равни на нула. Следователно във всички точки, в които кривите се пресичат, лъчевите скорости са нула. В тези моменти двете звезди се

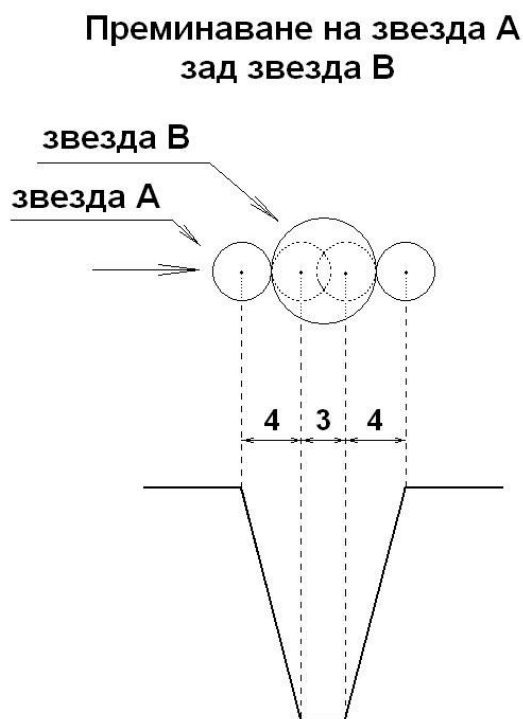
намират една зад друга, точно на зрителния лъч и стават затъмненията между тях. По-точно тогава са централните моменти на затъмненията.

Кривите са синусоидални и следователно движението на звездите става по кръгови орбити. Виждаме, че кривата на звездата А е с по-малка амплитуда. Следователно звездата А е по-масивната компонента. Когато тя се затъмнява от по-голямата по диаметър, но по-слаба по блясък компонента В, тя се намира точно зад нея и сменя отдалечаването от наблюдателя с приближаване към него. Това означава, че преди затъмнението лъчевата скорост на звездата е била положителна, постепенно е намалявала, в момента на затъмнението става равна на нула, а веднага след това става отрицателна и расте по абсолютна стойност. Това се наблюдава в моментите означени на кривата с цифрата 1. Положението на двете компоненти е показано на по-долната фигура в позиция 1. Тогава настъпва първичният, по-дълбок минимум на затъмнително двойната звезда. За определеност приемаме, че наблюдаваме системата от точка, в която звездите се движат по орбитите си в посока обратна на часовниковата стрелка.

Вторичният минимум настъпва, когато системата е в положение 2. Отново лъчевата скорост на двете компоненти е нула, но те са с разменени позиции по отношение на наблюдателя. Тези моменти са означени на кривата на лъчевите скорости с цифрата 2 (Виж приложението).

Моментът, когато компонентата В има най-голяма положителна стойност на лъчевата скорост, а компонентата А най-голяма, по абсолютна стойност, но отрицателна по знак стойност на лъчевата скорост, е показан в положение 3. Тогава звездата А се приближава най-бързо към наблюдателя, а звездата В се отдалечава най-бързо от него. Двете звезди са на еднакво разстояние от нас и направлението на скоростите им е по лъча на зрение. Тези моменти са означени на кривата на лъчевите скорости с цифрата 3. Обратната ситуация е означена на фигурите с цифрата 4.

Звездата А е съществено по малка от звездата В. Следователно при преминаване зад звездата В, тя за известно време ще остава изцяло скрита. Тогава блясъкът на системата няма да се променя и ние ще наблюдаваме “плосък” минимум. При вторичния минимум се наблюдава същото, но тогава звездата А преминава пред звездата В и понижаването на блясъка е по-слабо.



Ние не знаем каква е продължителността на затъмнението на едната компонента от другата. Но от размерите на звездите може да намерим съотношението между продължителността на частичното затъмнение към продължителността на пълното затъмнение. Виждаме, че диаметрите на звездите се отнасят както 4 към 7. Частичната фаза продължава докато звездата А изцяло се скрие зад звездата В, т.е. докато тя измине своя диаметър $2R_A = 6.4$ слънчеви радиуса. Пълната фаза продължава, докато звездата А измине разликата между диаметъра на звездата В и своя диаметър. Тази разлика е равна на $2(R_A - R_B) = 4.8$ сл. радиуса. Лесно се съобразява, че отношението между тези величини е както 4:3. Следователно продължителността на частичното ще се отнася към продължителността на пълното затъмнение както 4:3.

Понеже не знаем каква е продължителността на затъмнението, ние избираме такава продължителност, която ни позволява да изобразим достатъчно добре формата на минимумите на звездата. Приемаме, че продължителността на затъмнението е 4 квадратчета от разграфеното поле на листа. Продължителността на главния и на вторичния минимума е еднаква, поради еднаквата геометрия и кинематика на явлениято, но дълбочината на минимумите е различна и трябва да бъде съобразена с пресметнатите амплитуди на първичния и вторичния минимум. Избираме мащаб по ординатната ос такъв, че една звездна величина да се изобразява в продължение на 20 квадратчета. Построяваме минимумите точно над местата им, отбелязани на кривата на лъчевите скорости (Виж приложението).

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилно пресмятане на светимостите на звездите – 2 т.

За правилно пресмятане на амплитудите на минимумите – 4 т.

За правилни схеми на двойната звезда в характерните моменти – 2 т.

За определяне на съотношението в продължителностите между частичното и пълното затъмнение – 1 т.

За правилно построена крива на блясъка – 3 т.

4 задача. Гигантският куп от галактики в съвездието Дева съдържа поне 1500 галактики. Той е част от Местния свръхкуп от галактики, към който принадлежи и Местната група, включваща нашата Галактика. Като наши съседи в наблюдаемата Вселена, добре е да опознаем галактиките, принадлежащи към най-близкия до нас куп.

- А) Дадена ви е негативна снимка на най-ярките галактики и карта с положенията на някои галактики от купа. Идентифицирайте галактиките: **M49, M59, M61, M84, M85, M87, M88, M91, M100** и **NGC4535**. Посочете ги със стрелка и напишете означенията им върху снимката. Обърнете внимание, че на картата част от купа е в съвездието Косите на Вероника.

- Б) Разполагате и с усъвършенстваната камертонна диаграма на Хъбъл – морфологичната класификация на галактиките на Хъбъл - Вокульор. Опитайте се да класифицирате следните галактики: **M59, M87, M88, M91, M100** и **NGC4535**. Използвайте увеличените им негативни изображения, дадени в приложенията, и напишете определените от вас типове под изображенията. Класификацията позволява съществуването на междинни видове, примерно **SABbc**.

- В) Масата на купа от галактики в Дева се оценява на $1.2 \times 10^{15} M_{\odot}$ (слънчеви маси). При определянето ѝ са взети предвид галактиките, намиращи се до 8° от центъра на купа, който е на разстояние от нас 16.5 Мрс. На ъглово разстояние от центъра на купа 8° и на разстояние от нас 16.34 Мрс е наблюдавана галактика. Спектралните наблюдения показват, че разликата между лъчевата скорост на галактиката и лъчевата скорост на центъра на купа е $V_r = 1600 \text{ km/s}$. Възможно ли е тази галактика да е гравитационно свързана с купа от галактики в Дева? При някои разумни предположения, възможно ли е тя да не е свързана гравитационно с този куп? При какви условия се реализира всяка от двете възможности?

Пренебрегваме ефектите, произтичащи от космологичното разширение.

Решение:

Внимателно разглеждаме картата и снимката на купа, като търсим подобни по структура групи от галактики. След идентификацията на галактиките, посочваме ги със стрелки и ги означаваме с техните имена (Виж приложението.).

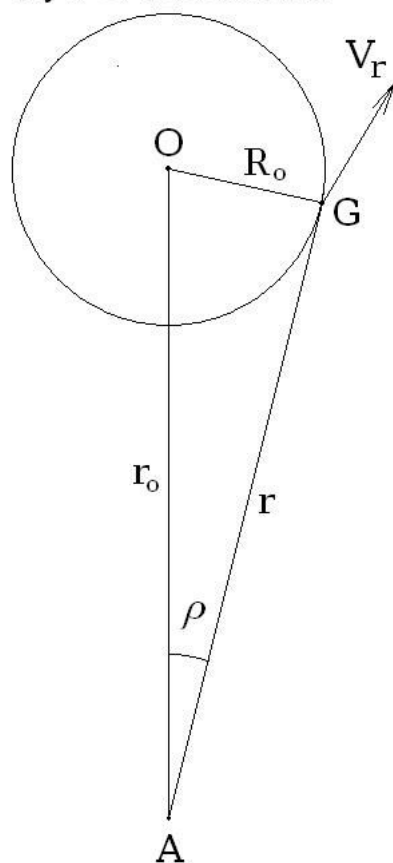
Разглеждаме внимателно всяка снимка и я сравняваме със схемата на Хершел – Вокулъор. След това пишем под снимката определения от нас тип на галактиката. (Виж приложението.).

Масата на единичната галактика е пренебрежимо малка в сравнение с масата на купа. За оценка на свързаността ѝ с купа от галактики ще използваме формулата за втора космическа скорост. Ако пространствената скорост на галактиката е по-малка от параболичната (втора космическа) скорост за разстоянието, на което тя се намира от центъра на купа, то тя е гравитационно свързана с него. Ако е по-голяма, то тя не е свързана гравитационно с купа.

Ако разглеждаме лъчевите скорости като векторни величини в пространството, то разликата в лъчевите скорости на галактиката и купа V_r като вектор не лежи на правата, свързваща наблюдателя и галактиката, и следователно не е по направление на лъчевата скорост на галактиката. Обаче направлението на скоростта не играе роля в анализа на гравитационната свързаност, понеже това, дали галактиката ще остане в купа или завинаги ще го напусне, зависи единствено от големината на скоростта.

Първо определяме разстоянието от галактиката до центъра на купа от галактики.

Куп от галактики



Разстоянието r от нас (точка А на схемата) до галактиката G се различава незначително от разстоянието до центъра на купа О. Проверяваме дали не е близко по стойност до катета AG в триъгълника AOG .

$$r = AG = AO \cdot \cos \rho = r_o \cos \rho \approx 16.34 \text{ Mpc}$$

Виждаме, че галактиката лежи на допирателната към купа (с ъглов радиус $\rho = 8^\circ$) и на разстояние равно на дължината на катета AG . Следователно разстоянието R_o от галактиката до центъра на купа е равно на дължината на другия катет OG .

$$R_o = OG = AO \cdot \sin \rho = r_o \sin \rho \approx 2.30 \text{ Mpc}$$

За да е гравитационно свързана с купа, галактиката трябва да се движи относно центъра на масите на купа със скорост по-малка от параболичната скорост. Пресмятаме параболичната скорост на разстояние 2.3 Mpc от центъра на купа.

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2\gamma \cdot M}{R_o}} \approx 2120 \text{ km/s}$$

където M е масата на купа от галактики.

Виждаме, че скоростта V_r на галактиката, относно центъра на купа, е по-малка от параболичната скорост за купа на разстоянието, на което се намира галактиката. Обаче разликата в лъчевите скорости е само една от компонентите на пространствената скорост на галактиката. Ако другите две компоненти са малки и пространствената скорост е по-малка от параболичната скорост за купа, то е възможно галактиката да е гравитационно свързана с него.

Едно разумно предположение, обаче, за другите две компоненти на пространствената скорост на галактиката относно центъра на масите на купа е, че те са близки по големина до единствената известна компонента на скоростта на галактиката V_r . Тогава, в правоъгълна координатна система, пространствената скорост на галактиката ще бъде:

$$V = \sqrt{(V_r^2 + V_b^2 + V_c^2)} \approx \sqrt{3V_r^2} = V_r\sqrt{3} \approx 2770 \text{ km/s}$$

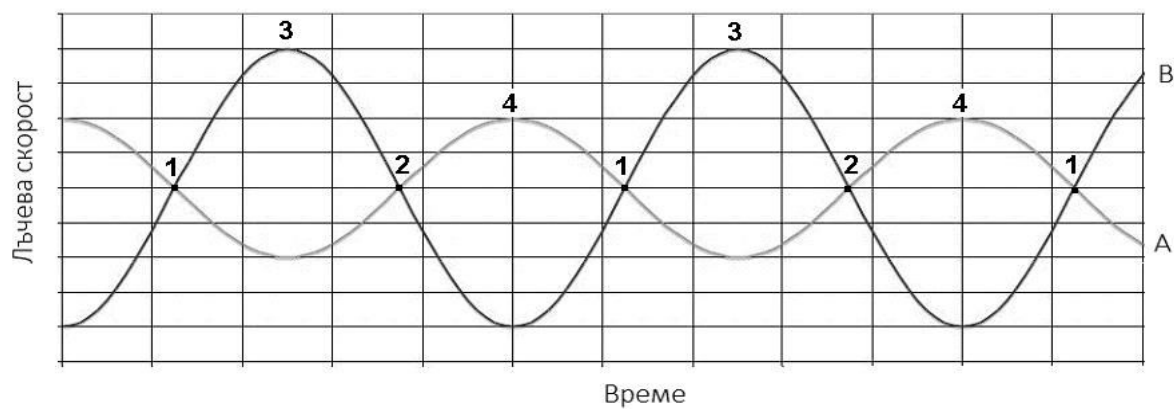
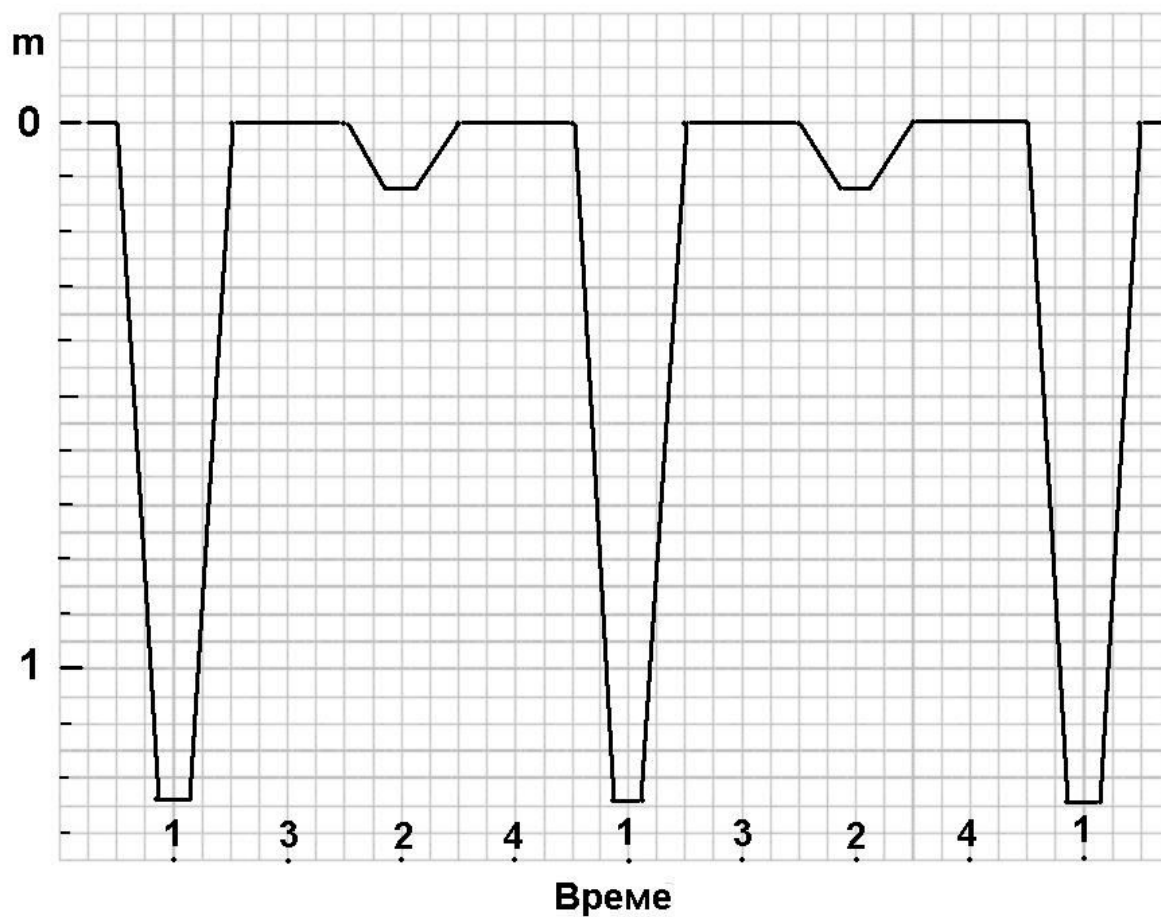
Виждаме, че при тази хипотеза пространствената скорост на галактиката е по-голяма от параболичната скорост. Следователно галактиката ще има хиперболична скорост относно купа от галактики и няма да е свързана гравитационно с него.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

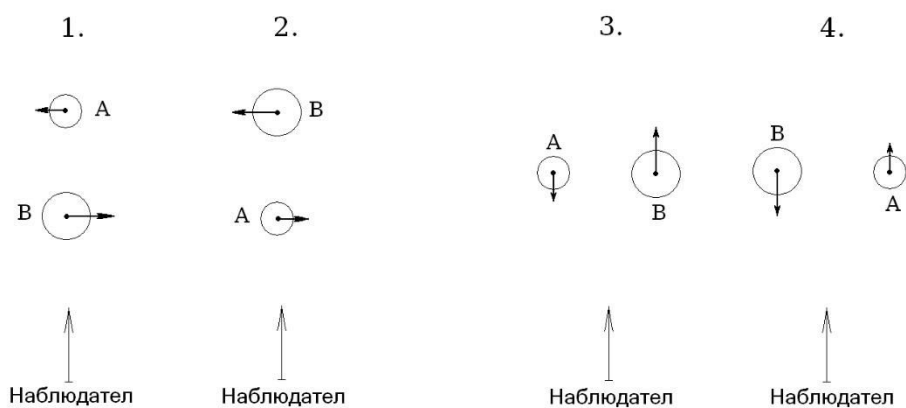
За правилно идентифициране на галактиките – 5 т.

За правилно определяне на типовете на галактиките (допуска се грешка до 1 стъпка в диаграмата, или по преценка на проверяващия) – 3 т.

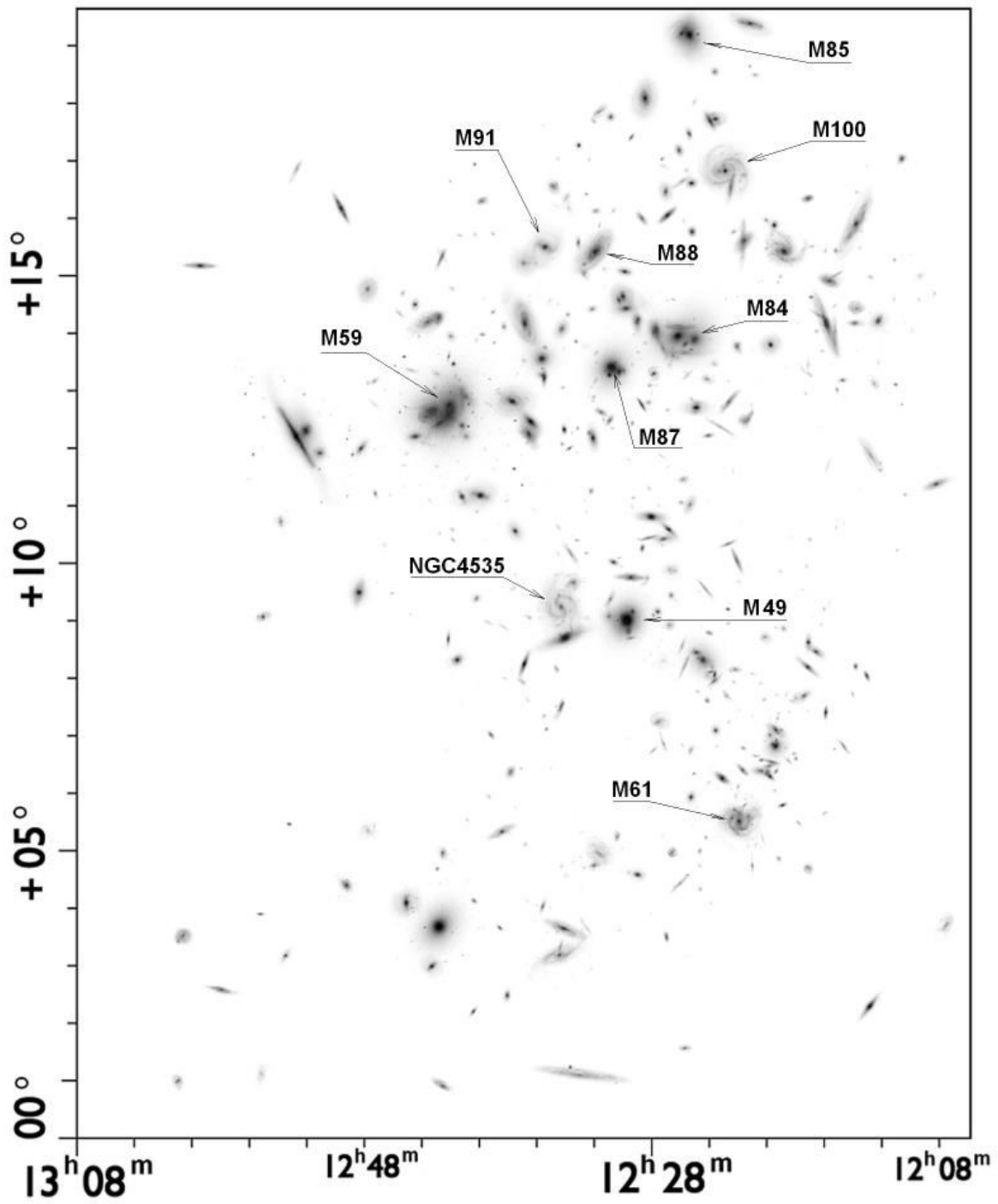
За правилни разсъждения, формули и резултати по последната точка – 4 т.



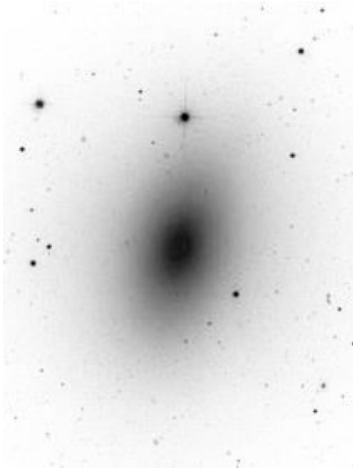
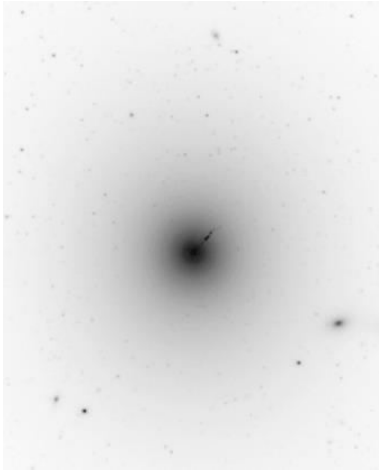
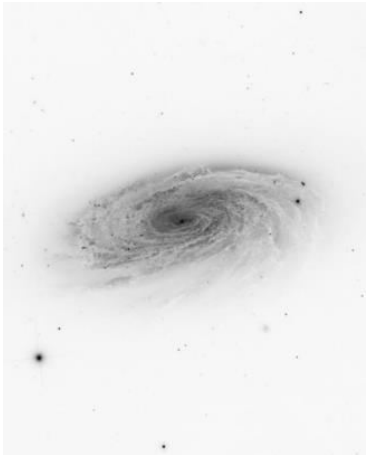
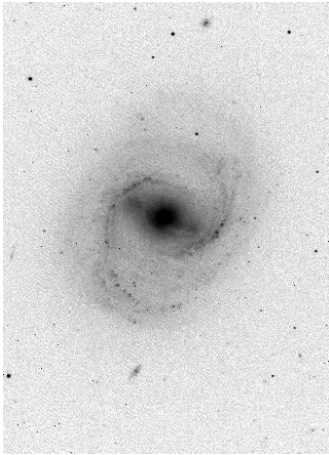
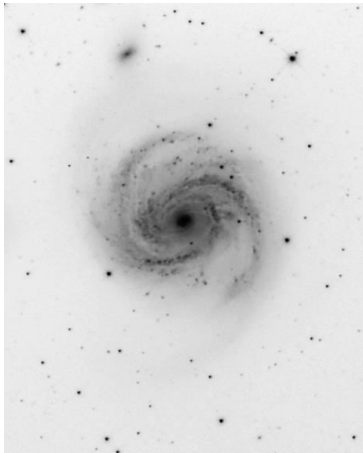
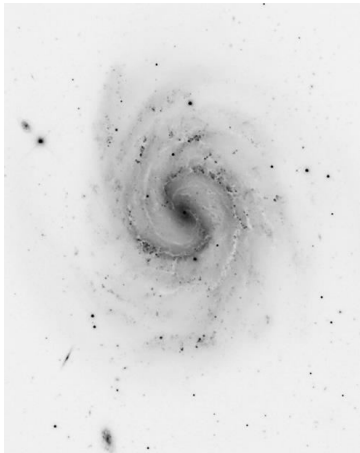
Крива на лъчевите скорости на компонентите – към 3 задача. Решение.



Купът от галактики в Дева



Към задача 4. Идентифициране на галактики. Решение.

M59  E5	M87  E0-E1
M88  SAb	M91  SBb
M100  SABbc	NGC4535  SABc

Към задача 4. Определяне типа на галактиките. Решение.

Справочни данни:

Екваториален радиус на Юпитер 71492 км

Полярен радиус на Юпитер 66854 км

Среден радиус на Юпитер 69911 км

Скорост на околоосно въртене на точка от екватора на Юпитер 12.6 км/с

Маса на Юпитер 1.898×10^{27} кг

Гравитационна константа $6.67 \times 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{с}^2$

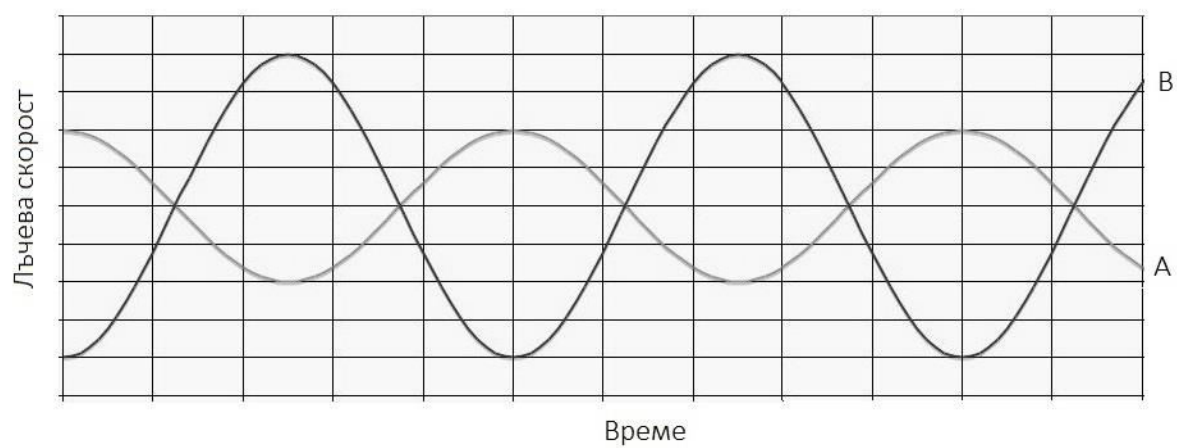
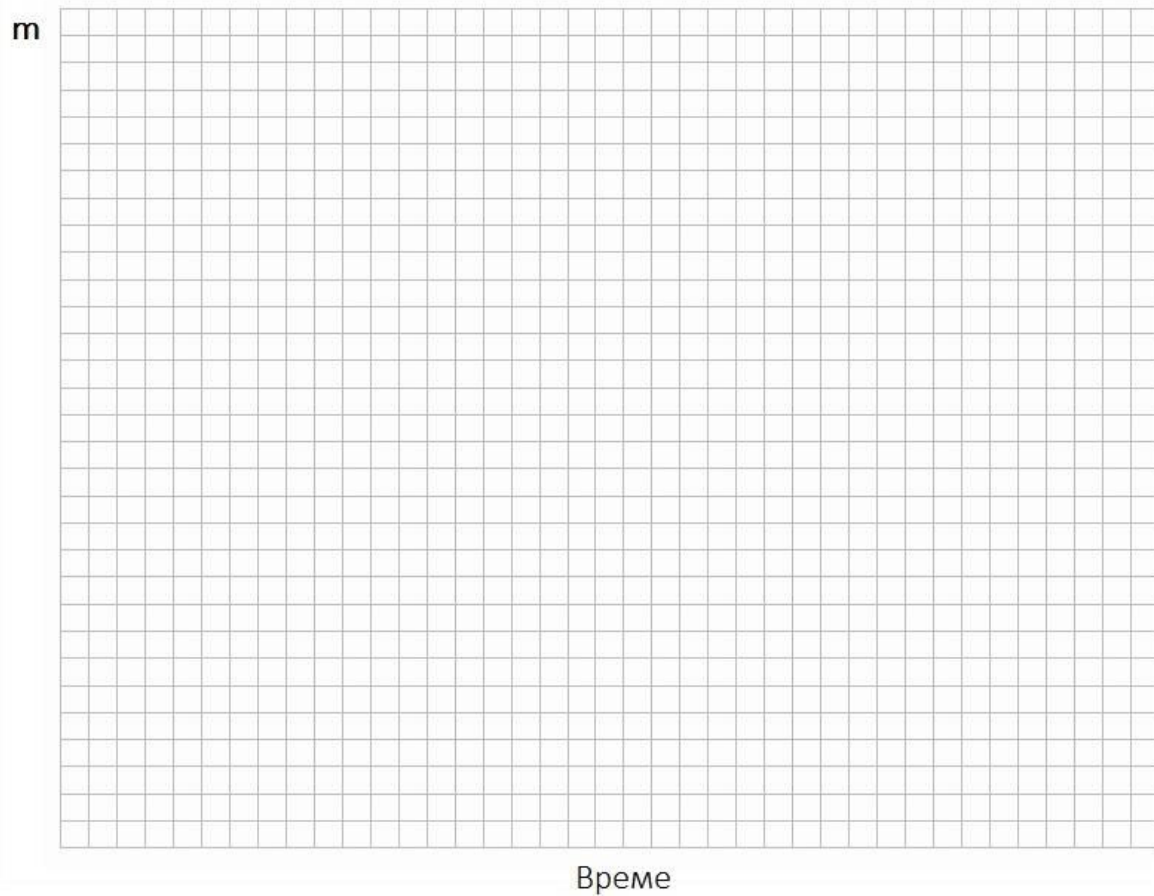
Орбитална скорост на Земята около Слънцето 30 км/с

Маса на Слънцето 2×10^{30} kg



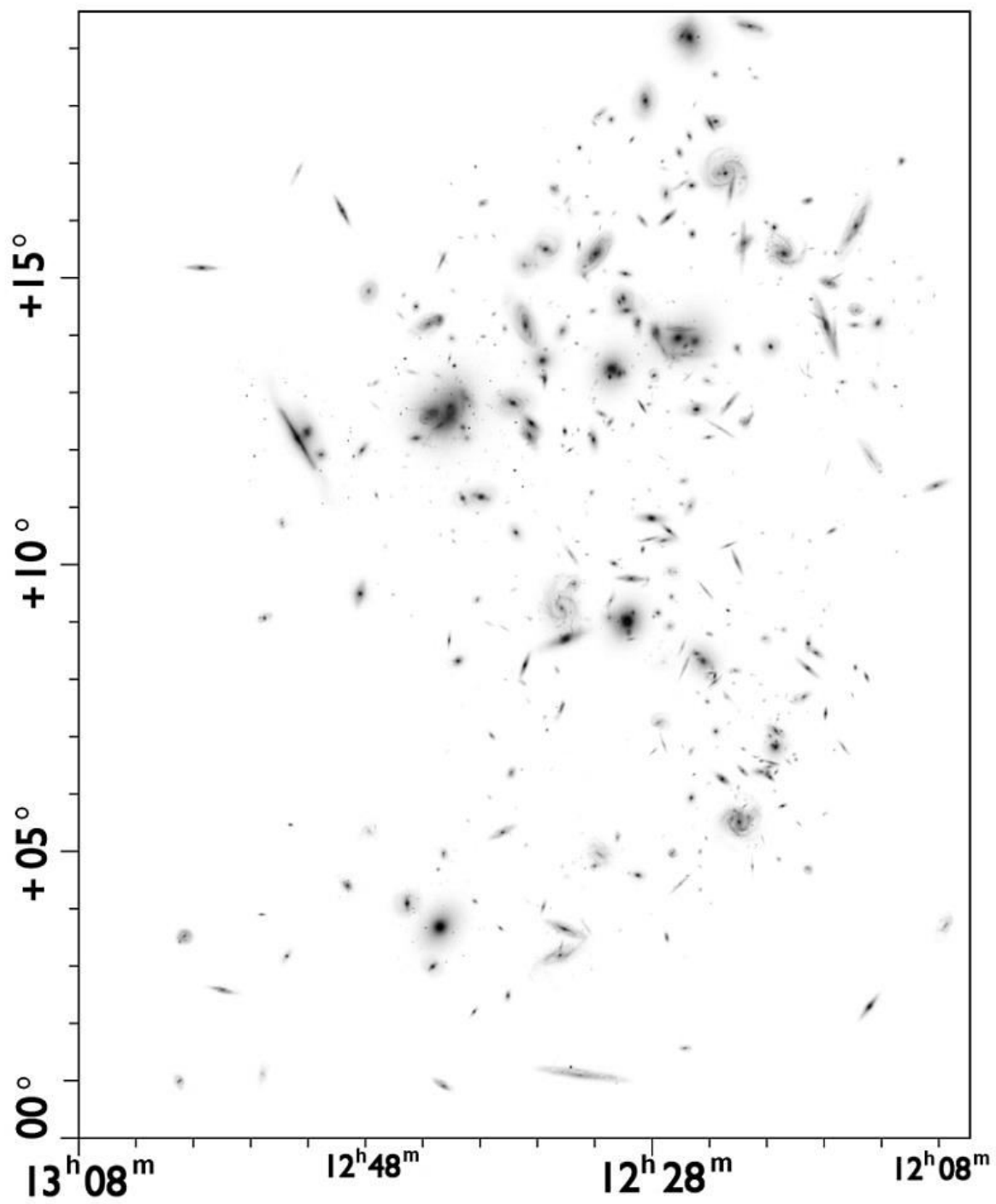
Юпитер – към 2 задача

Крива на изменение на бляска на променливата звезда – към 3 задача



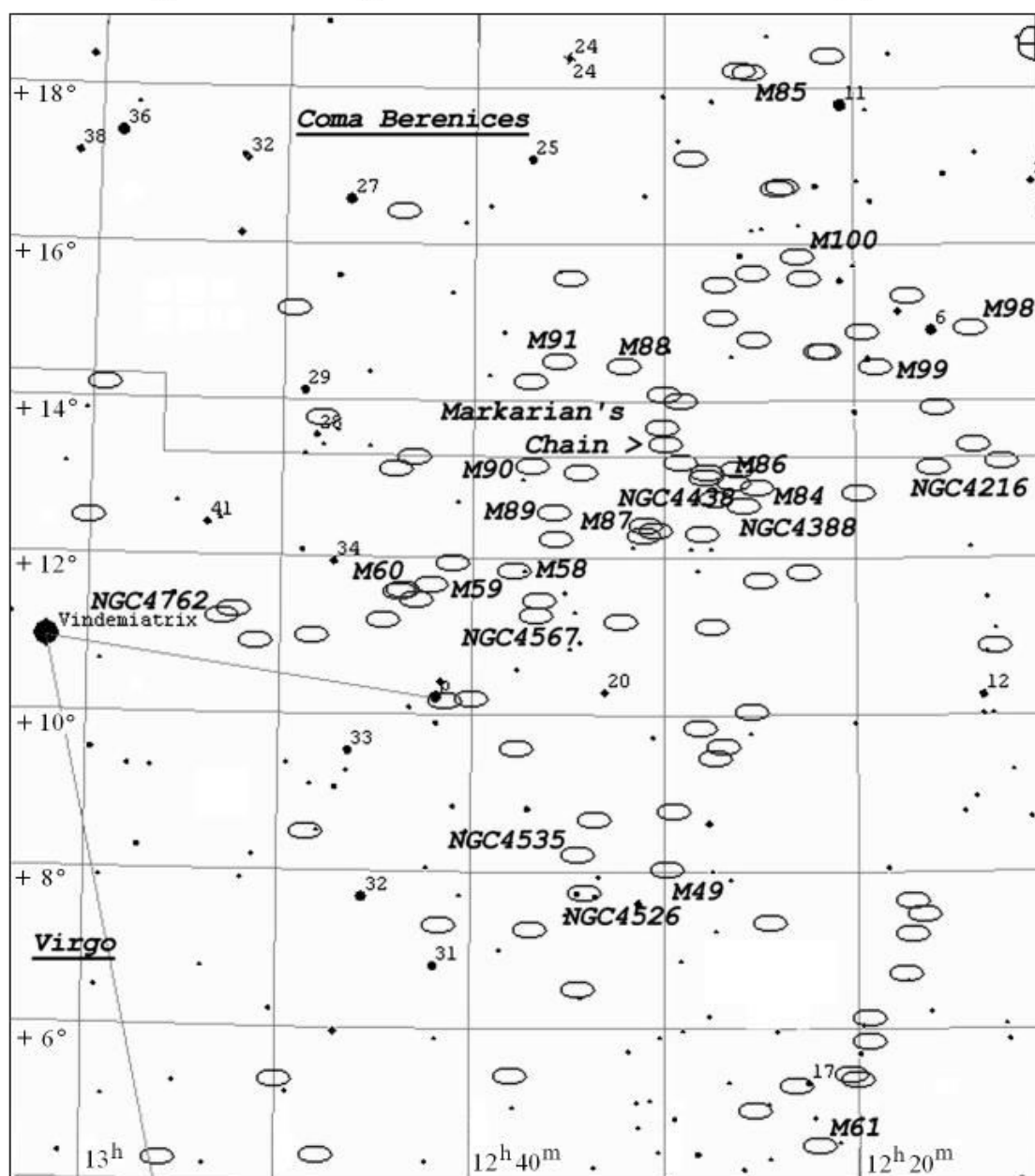
Крива на лъчевите скорости на компонентите – към 3 задача

Купът от галактики в Дева



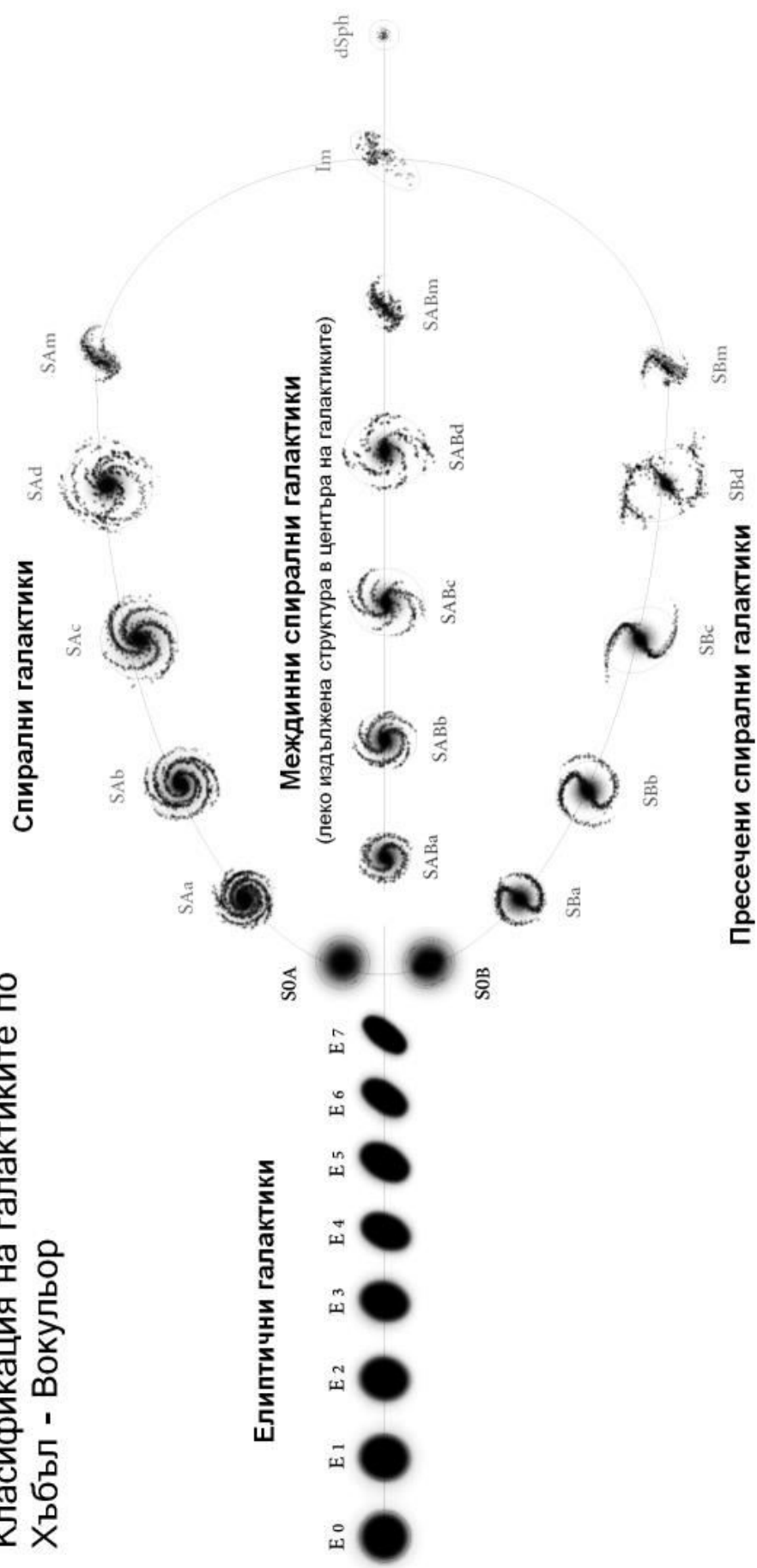
Към 4 задача

Карта на купа от галактики в Дева

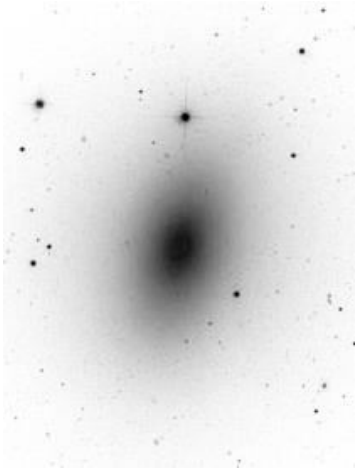
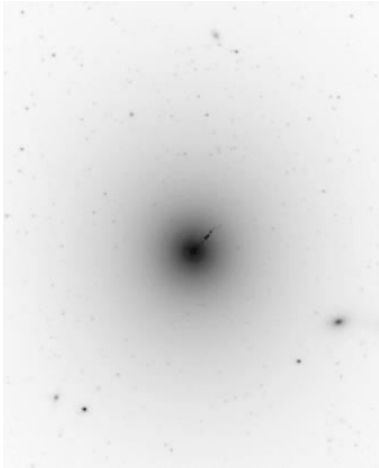
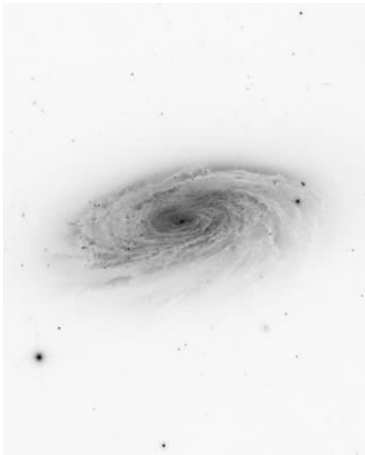
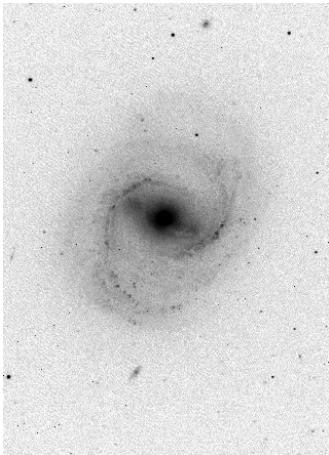
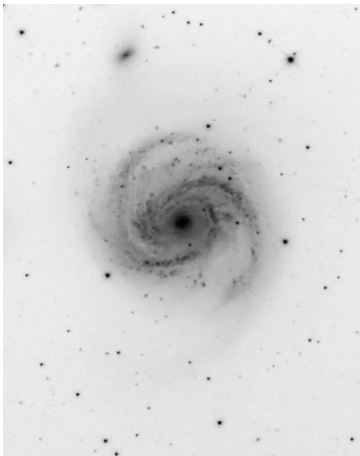
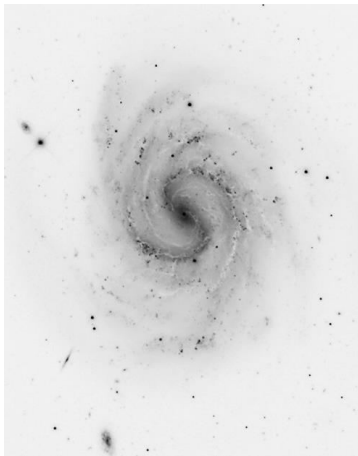


Към 4 задача

Класификация на галактиките по Хъбъл - Вокулъор



Към 4 задача.

M59 	M87 
M88 	M91 
M100 	NGC4535 

Изображения на галактики, които трябва да се класифицират – към 4 задача, Б).