

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг на олимпиадата по астрономия
I тур – 20 април 2019 г., гр. Стара Загора
Възрастова група XI-XII клас

1 задача. Горещи пиксели. По проект на Дружеството на невъзможните мечтатели е конструиран огромен космически телескоп с идеален във всяко отношение огледален обектив, който отразява 100% от лъчението, попадащо върху него. В главния му фокус е монтирана CCD матрица. Целта е да се видят протуберансите на звездата Проксима от Центавър. Изображението на Проксима върху матрицата е с диаметър 1 мм. Резултатът от наблюдението е катастрофален. Лъчението на звездата е разтопило петното от цифровата матрица с диаметър 1 мм, където е попаднало изображението.

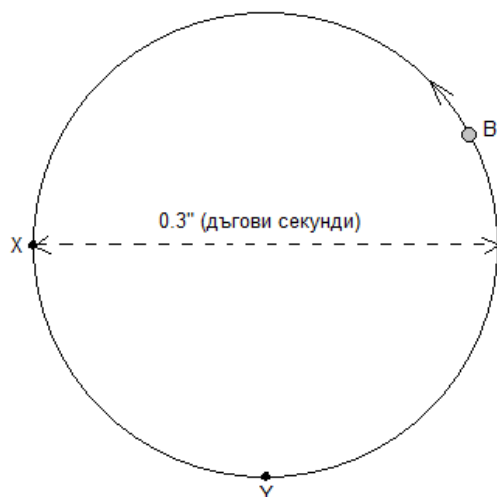
- А) Какъв трябва да е бил диаметърът на огледалния обектив? Паралаксът на Проксима е $0.769''$ (дъгови секунди). Радиусът на звездата е 107300 km, а температурата 3040 K. Температурата на топене на силиция е 1414°C . Считайте, че CCD матрицата е монтирана върху подложка от идеално отразяващ материал, а разтопеният участък не обменя топлина със съседните части от матрицата.

- Б) Ако на мястото на CCD матрицата поставим тънък диск от волфрам с диаметър 1 мм, то ще можем ли да го нагреем до температурата на самата Проксима? А дали ще можем да го разтопим? Обосновете вашия отговор. Температурата на топене на волфрама е 3422°C .

- В) Посочете факторите, които ще повлияят на резултатите от подобни експерименти, ако се опитае да построим телескопа като използваме реално съществуващи технологии и материали.

Астрономическа единица: $1 \text{ AU} = 149.6 \times 10^6 \text{ km}$

2 задача. Хипотетична двойна звезда. Двойна звездна система се състои от компонента А, която е черна дупка, и компонента В – звезда с 2 пъти по-малка маса от черната дупка. Орбиталният период на системата е 50 години.



На фигурата е представена видимата относителна орбита на компонентата В около компонентата А, построена по данни от наблюдения. Паралаксът на системата е $0.03''$ (дъгови секунди).

Наблюдаваната лъчева скорост на звездата В в точка X е 8 km/s. Стойността е с въведени корекции, чрез които се премахва влиянието на движението на двойната система като цяло относно нас.

Черната дупка е с неизвестно положение, защото не се вижда.

Известно е също, че в точка Y орбиталното движение на звездата В е най-бързо.

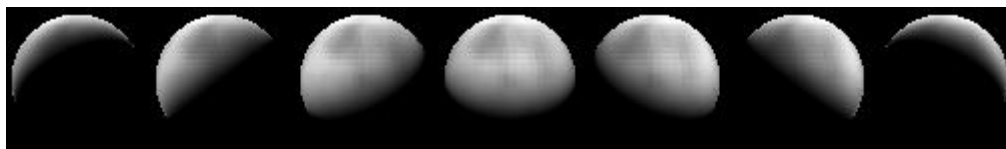
- А) Определете масите на двете звезди.
- В) Пресметнете времето, за което компонентата В изминава пътя от точка X до точка Y.

Астрономическа единица $149.6 \times 10^6 \text{ km}$

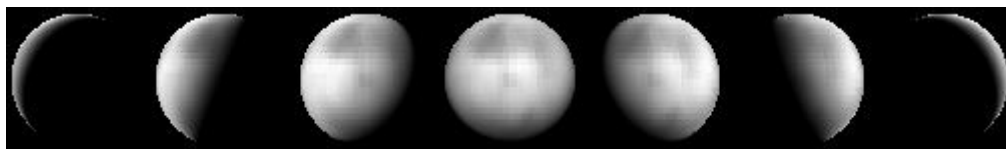
3 задача. Небето на Плутон. Ако обичате романтичните разходки нощем по пълнолуние, не ви препоръчваме да се преселите на Плутон. Пълнолунията на най-големия спътник Харон там се случват рядко. Поредицата от изображения по-долу показва как протича цикълът на смяна на фазите на Харон за наблюдател на Плутон през различни години. Разполагате с карта, на която е отбелязан видимият път на Плутон на фона на звездното небе при наблюдение от Земята, както и с още една звездна карта. Орбиталният период на Плутон около Слънцето е 248 години. Орбитата на Харон лежи в екваториалната равнина на Плутон.

- А) Използвайте дадените ви изображения и определете приблизително ъгъла, който оста на Плутон сключва с равнината на неговата орбита.
- Б) Определете в кое съзвездие се намира северният небесен полюс на Плутон. Обяснете своите разсъждения.

Знаем, че Плутон има обратно околоосно въртене. Но под северен небесен полюс тук ще разбираме небесния полюс, който се намира в северната еклиптична полусфера. В същия смисъл ще дефинираме и северното полукълбо на Плутон, откъдето наблюдателят би виждал фазите на Харон по показания начин.



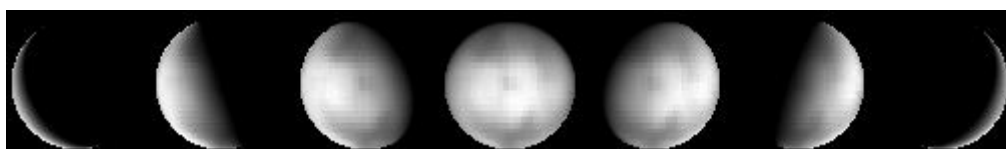
Фазите, които е показвал Харон през 1930 г.



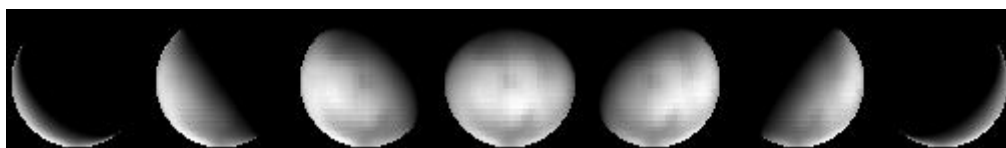
Фазите, които е показвал Харон през 1978 г.



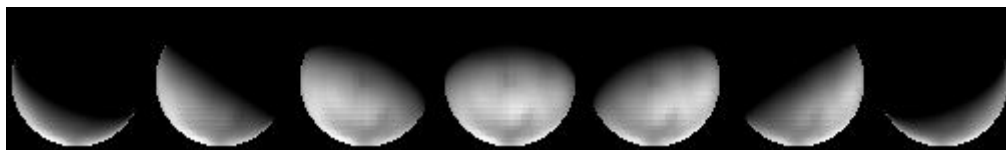
Фазите, които е показвал Харон през 1988 г.



Фазите, които е показвал Харон през 1996 г.

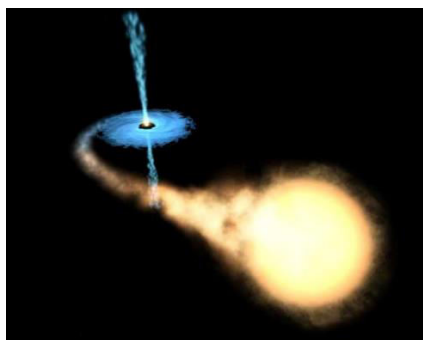


Фазите, които е показвал Харон през 2010 г.



Фазите, които ще показва Харон през 2030 г.

4 задача. Обектът SS 433. През 1977 г. в съзвездие Орел е открит необикновеният обект SS 433, който вече десетилетия наред се изследва от астрономите.



Това е двойна система от звезда от спектрален клас А и компактен обект, за който все още не е ясно дали е неутронна звезда или черна дупка. Вещество от звездата изтича към компактния обект и образува акреционен диск, а перпендикулярно на равнината на диска в две противоположни посоки се изхвърлят мощни струи. Дискът извършва прецесия с период 163 дни.

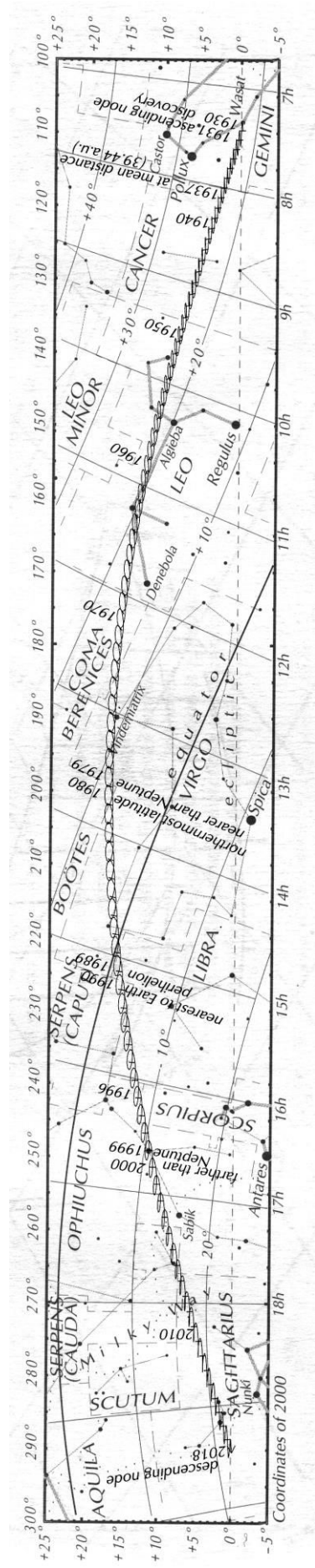
В спектъра на обекта се наблюдават компоненти на линиите, породени от двете струи, които показват периодично изменящо се доплерово отместване. То се дължи на прецесията на диска. Дадена ви е диаграма с кривите на отместването на спектралните линии, представено чрез параметъра $z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$ където λ и λ_0 са съответно наблюдаваната и лабораторната дължина на вълната. Поради огромната скорост на веществото в струите, при наблюдение на обекта се проявява ефект, който произтича от Специалната теория на относителността и е свързан със забавянето на времето.

- А) Като използвате диаграмата, намерете скоростта на движение на веществото в струите.

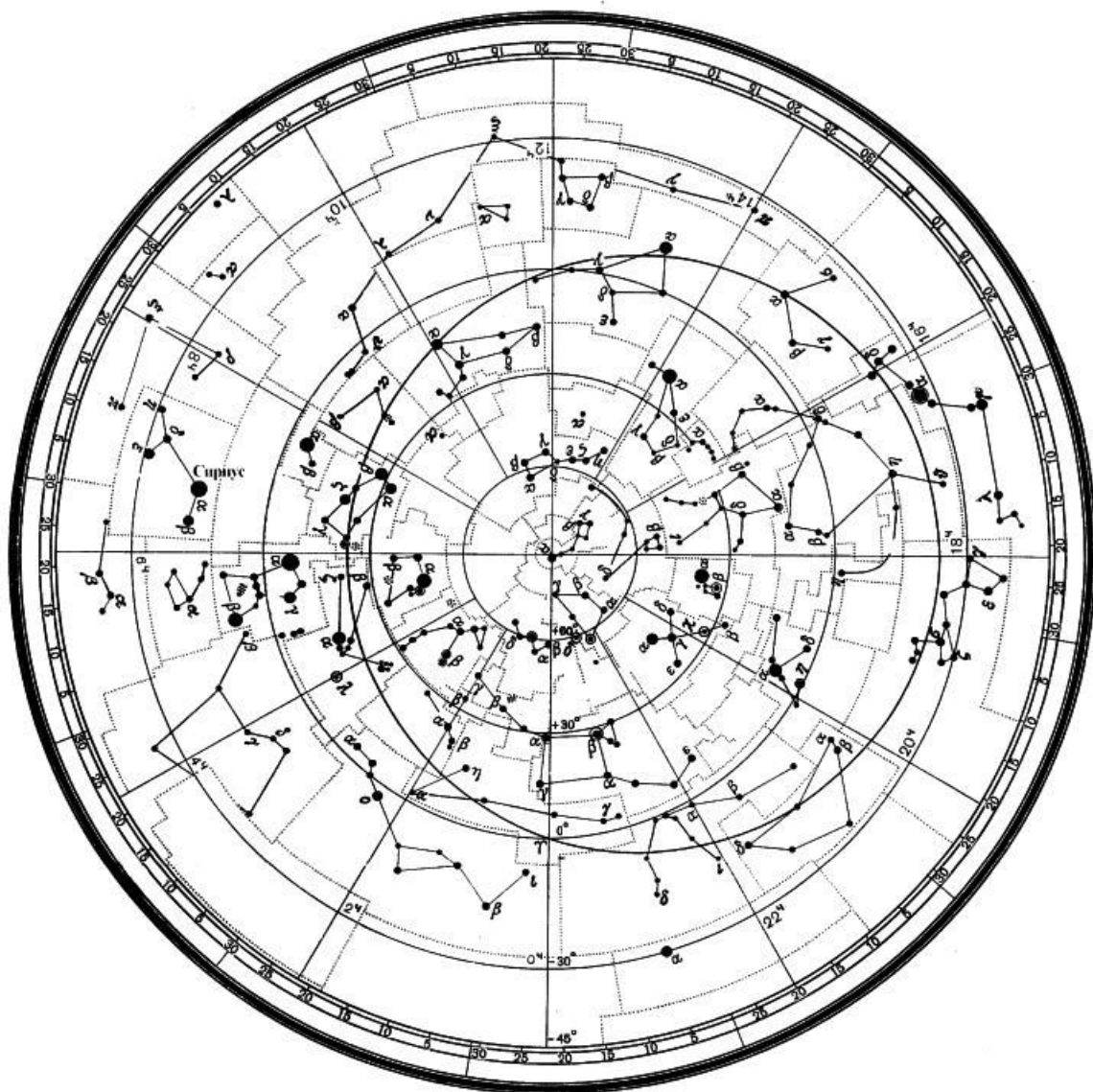
- Б) Определете ъгъла на наклона на струите към оста на прецесията, както и ъгъла, който оста на прецесията сключва със зрителния лъч към земния наблюдател.

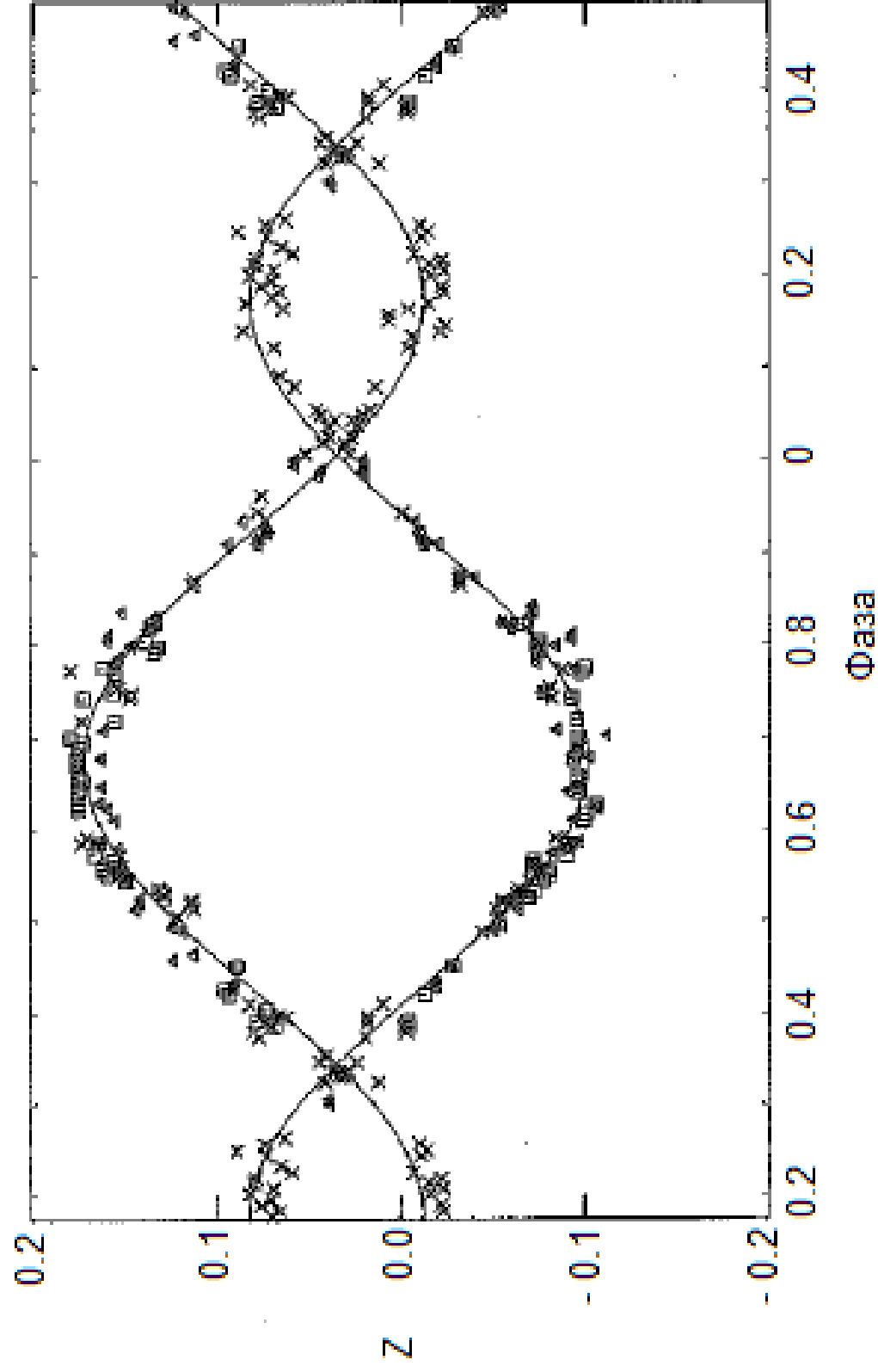
Считайте, че скоростта на движение на компактния обект спрямо земния наблюдател е пренебрежимо малка. Релативистична формула за ефекта на Доплер:

$$\frac{v_r}{c} = \frac{(1 + z)^2 - 1}{(1 + z)^2 + 1}$$



Видимият път на Плутон.





Криви на отместването на спектралните линии в излъчването на струите вещество, изхвърлени от обекта SS 433.

XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
19-21 април 2019 г., Стара Загора

Тест 11-12 клас
90 min

Не предавайте този лист!

1. Коя от изброените звезди няма да се намира близо до Северния небесен полюс в следващите 26 000 години:

- A) Вега B) Капела C) Алдерамин D) Полярната E) Тубан

2. По кой от изброените методи са открити най-много екзопланети:

- A) гравитационни микролеши
- B) метод на транзитите (пасажите)
- C) Доплерово отместване
- D) директно заснемане
- E) астрометрично отместване на звездата

3. Обектите на Хербиг-Аро (Herbig-Haro) се наблюдават в:

- A) райони с повишено звездообразуване
B) елиптични галактики
C) кълбовидни звездни купове
D) междугалактичното пространство
E) в активни галактични ядра

4. Кой химичен елемент участва в реакциите от въглерод-азот-кислородния (CNO) цикъл, протичащ в ядрата на масивните звезди?

- A) Li (литий) B) Si (силиций) C) He (гелий) D) Mg (магний) E) Fe (железо)

5. Коя от изброените звезди има най-малък радиус?

- A) RR Lyrae (Ли́ра) B) Кано́пус (Ки́л) C) Ми́ра (Ки́т)
D) Си́риус А (Голямо куче) E) η Aquilae (Орел)

6. Интервалът от време между две последователни преминавания на Луната през перигея на орбитата е:

- A) драконичен месец (27.21222 d)
B) аномалистичен месец (27.55455 d)
C) сидеричен период (27.32166 d)
D) синодичен период (29.53059 d)
E) тропически месец (27.32158 d)

7. Каква е основната причината за прецесията на орбитата на Меркурий (изместването на перихелия с времето)?

- А) изкривяването на пространството в близост до Слънцето (ефект от Общата теория на относителността)
- В) отклонението на кинетичната енергия на Меркурий от стойността $mv^2/2$ при високата скорост в перихелий (ефект от Специалната теория на относителността)
- С) големият импулс на отразените слънчеви лъчи от повърхността на Меркурий (светлинно налягане)
- Д) гравитационното влияние на другите планети
- Е) големият наклон на орбитата спрямо равнината на Слънчевия екватор

8. Кой от следните обекти НЕ може да се срещне в кълбовиден звезден куп с възраст 10 милиарда години?

- А) планетарна мъглявина
- В) черна дупка с маса 10 хиляди слънчеви маси
- С) звезда с температура 7500 K
- Д) класическа цефеида
- Е) пулсар

9. Планета с 1 земна маса обикаля около звезда с 1 слънчева маса на разстояние 1 астрономическа единица за 1 година. За колко години планета с 2 земни маси обикаля около звезда с 2 слънчеви маси на разстояние 2 астрономически единици?

10. Звездата Ел Нат (β Тау) е от спектрален клас B7III, с фотосферна температура 13800 K. Годишният ѝ паралакс е $0.0244''$, а звездната ѝ величина във филтър V е 1.65 mag.

Болометричната корекция за спектрален клас B7III е $BC_V = -1.05$ mag. Колко слънчеви радиуса е радиусът на Ел Нат?

Болометричната корекция $BC_V = m_{bol} - V$ дава разликата в болометричната звездна величина (съответстваща на пълната светимост) и звездната величина във V, която е близка до визуалната.

11. Кафяво джудже с маса 40 Юпитерови маси има типична плътност 70 g/cm^3 . Каква е типичната плътност в g/cm^3 на кафяво джудже с маса 20 Юпитерови маси? Може да приемете, че за звезди от главната последователност е валидна зависимостта $R \sim M^{0.8}$ (M – маса, R – радиус).

12. Спектралната линия H α с дължина на вълната 6562.8 ангстрьома се образува при електронен преход от 2-ро на 3-то ниво във водородния атом. Линията H δ се образува при електронен преход от 2-ро на 6-то ниво. Линията H δ в спектъра на галактика с ъглов размер $72.1''$ се наблюдава при дължина на вълната 4320.3 ангстрьома. Колко килопарсека е линейният размер на галактиката?

13. Наблюдаваме галактика X с червено отместване $z=1$ и галактика Y с червено отместване $z=4$, непосредствено до нея по небето. В момента, в който лъчите, които наблюдаваме от галактика X в наши дни, са били излъчени, наблюдател в галактиката X е наблюдавал галактика Y. Какво е било червеното отместване на галактика Y за този наблюдател?

14. Колко градуса е галактичната ширина на звезда в точката север на хоризонта на 7 май 2016 в 09:00 UT в град Кюстендил (географски координати 42.3° N , 22.7° E)?