

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

IV кръг
Практически тур

Младша възраст – решения

1 задача. Разстояние до галактиката NGC 6822. Червените гиганти са звезди, които се характеризират с инертно хелиево ядро и слой „горящ“ водород около него. С течение на времето тяхната светимост постепенно нараства. Когато светимостта им достигне точно определена стойност, която ще наричаме критична, ядрото се запалва отново и в него започват реакции на горене на хелия. Това води до рязка промяна в параметрите на тези звезди.

След изчерпване на хелия в ядрото, те са вече с променен строеж и химичен състав и част от тях стават по-ярки от критичната, за обикновените червени гиганти, светимост. Този стадий от звездната еволюция се нарича *Асимптотичен Клон на Гигантите (AGB)*. Звездите преминават през него за по-кратък интервал от време и затова те са значително по-малобройни.

Червените гиганти и AGB звездите са толкова ярки, че могат лесно да бъдат наблюдавани в близки галактики. В Таблица 1 е даден броят на звездите наблюдавани в галактиката NGC 6822 (галактика джудже в Местната група) в различни интервали от звездни величини.

- Постройте графика, показваща броя звезди в зависимост от интервала звездни величини. Тази графика се нарича „*Функция на светимост*”.
- Определете звездната величина, при която се включват хелиевите реакции за червените гиганти в NGC 6822.
- В Таблица 2 е дадена видимата звездна величина, при която се включват хелиевите реакции за 4 други галактики в местната група и техните модули на разстоянието. Като използвате информацията в Таблица 2, опитайте да определите разстоянието до тази галактика. Представете вашия отговор в килопарсеци.

Таблица 1

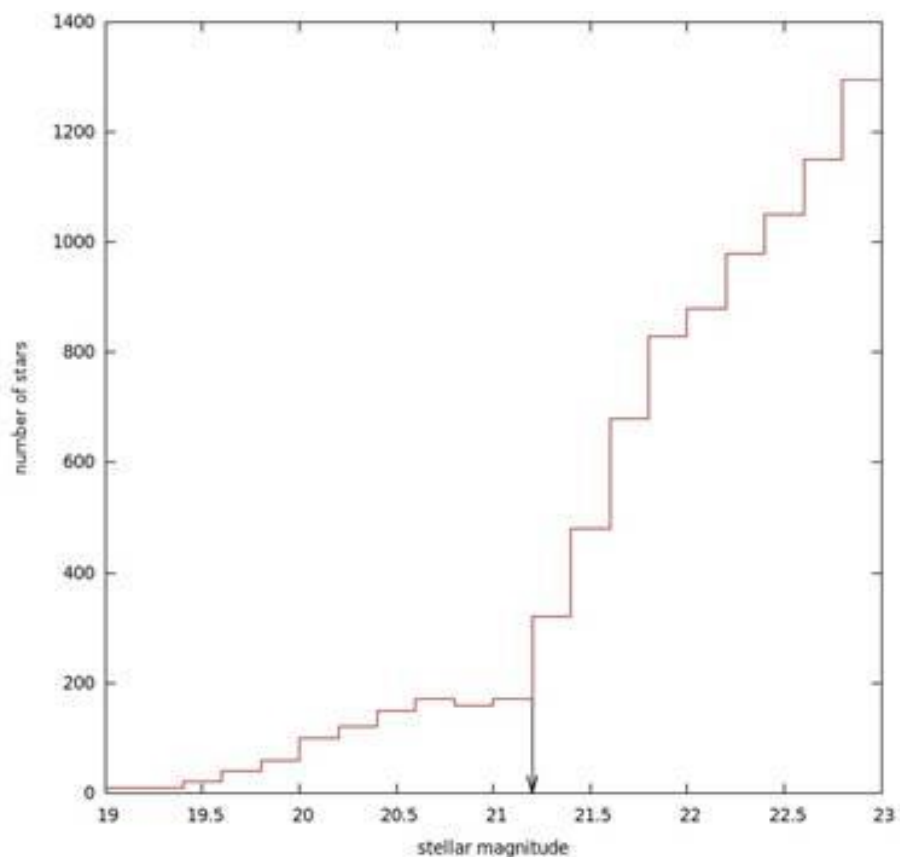
интервал зв. в.	брой звезди
19.0 - 19.2	10
19.2 - 19.4	10
19.4 - 19.6	20
19.6 - 19.8	40
19.8 - 20.0	60
20.0 - 20.2	100
20.2 - 20.4	120
20.4 - 20.6	150
20.6 - 20.8	170
20.8 - 21.0	160
21.0 - 21.2	170
21.2 - 21.4	320
21.4 - 21.6	480
21.6 - 21.8	680
21.8 - 22.0	830
22.0 - 22.2	880
22.2 - 22.4	980
22.4 - 22.6	1050
22.6 - 22.8	1150
22.8 - 23.0	1300

Таблица 2

Галактика	кр.зв.в.	m-M
IC 1613	18,13	24,24
NGC 3109	19,52	25,42
WLM	18,88	25,12
Sculptor	13,8	19,7

Решение:

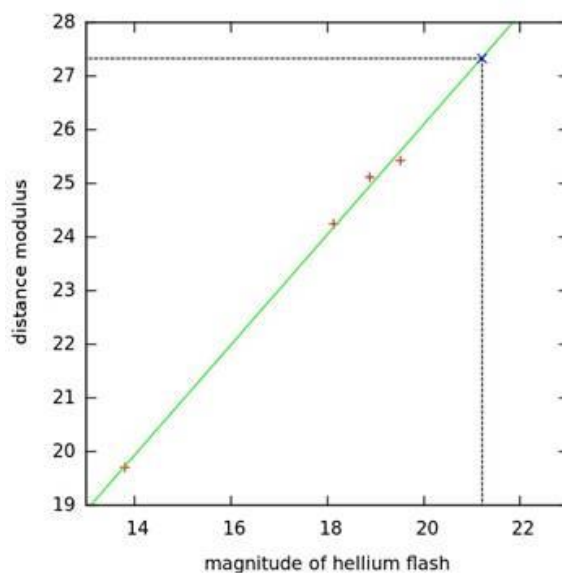
Построяваме функцията на светимостта за галактиката NGC 6822. Тя изглежда по следния начин:



Забелязваме, че при звездна величина около 21.2 има рязък скок в броя на звездите. Именно това е критичната звездна величина, при която започват хелиевите реакции в ядрата на червените гиганти. По-ярките и малобройни звезди са от Асимптотичния клон на гигантите.

В условието е казано, че хелиевите реакции се включват, когато звездите достигнат точно определена светимост. Следователно, можем да използваме тази стойност, за да определим разстоянието до галактиката.

Като използваме информацията от Таблица 2, калибрираме връзката между звездната величина и модула на разстоянието. Прекарваме през точките линейна зависимост и нанасяме върху правата измерената критична звездна величина за галактиката NGC 6822. Това е показано на следната фигура:



От графиката виждаме, че модулът на разстоянието до NGC 6822 е 27.3 зв. величини. Използваме формулата за абсолютна звездна величина, за да намерим разстоянието в парсеци:

$$\begin{aligned} M &= m + 5 - 5 \lg r [\text{pc}] \\ m - M &= 5 \lg r - 5 \\ \lg r &= (m - M + 5)/5 \\ r &= 3000 \text{ kpc} \end{aligned}$$

Критерии за оценяване (16 т.):

За построяване функцията на светимост – 4 т.

За определяне критичната зв. величина – 4 т.

За построяване на калибровъчната крива – 3 т.

За определяне на модула на разстоянието – 2 т.

За изчисляване на разстоянието – 3 т.

2 задача. Околоосно въртене на Юпитер. Разполагате с поредица от снимки на Юпитер, направени на 14 август 2009 г.

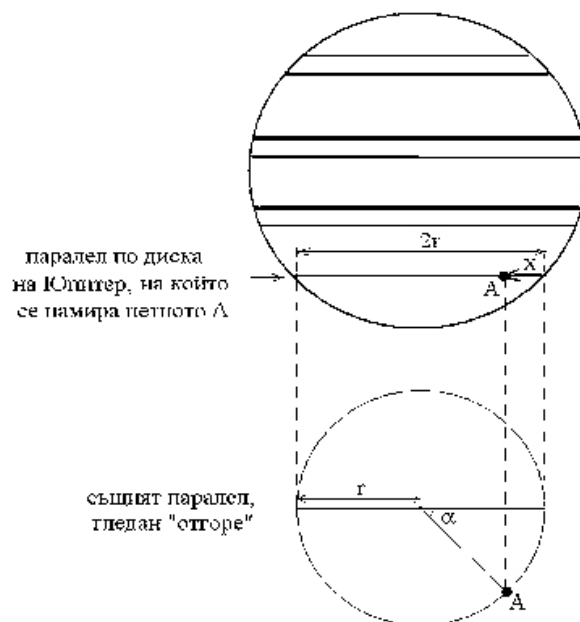
- Направете необходимите измервания върху облачните образувания в атмосферата на Юпитер, означени с А, В и С, за да определите периода на околоосно въртене на всяко от тях. Определете също така и техните „юпитерографски“ ширини.

- Постройте графика, показваща зависимостта на периода на въртене на облачните образувания от местоположението им по ширина.

- Определете периодите на движение около оста на Юпитер и за образуванията D и E, както и техните ширини. Нанесете данните за тях на същата графика.

При построяването на графиката вземете ширините само по абсолютни стойности, независимо от това, че някои от облачните петна са в северното, а други в южното полукълбо на Юпитер.

- Какво можете да кажете за посоката, в която се върти около собствената си ос атмосферният вихър, наречен Голямото червено петно?



Упътване: За да определите ъгъла, на който се е завъртяло дадено облачно петно около оста на Юпитер, можете да използвате графичен метод. Разгледайте пояснителния чертеж. По аналогичен начин можете да определите и ширината на петното.

Решение:

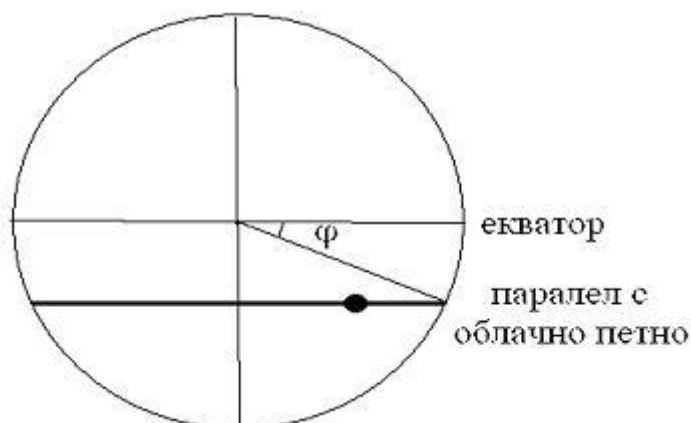
За всяко от петната измерваме разстоянието x от дясната граница на видимия диск на Юпитер, както е показано на схемата. Петното лежи на определен паралел от „повърхността“ на Юпитер с радиус r . Този паралел се проектира върху видимия диск на Юпитер като хорда с дължина $2r$. Измерваме и тази дължина. Начертаваме изглед „отгоре“ на паралела – окръжност с радиус r , и по проекцията на облачното образуване възстановяваме истинското му положение върху паралела. С транспортир измерваме ъгъла α . Без да правим тези построения, можем да пресметнем ъгъла и по формулата $\alpha = \arccos(r - x / r)$. По същия начин върху кръга нанасяме истинските положения на облачното петно и в други моменти от време. Така виждаме как се изменя ъгълът α с времето. Нека в два момента от време t_1 и t_2 облачното образуване да е имало положения, съответстващи на ъгли α_1 и α_2 . Тогава периода T на въртене на това петно около оста на Юпитер намираме чрез следната пропорция:

$$T / (t_2 - t_1) = 360^\circ / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$T = 360^\circ (t_2 - t_1) / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

Можем да вземем двете крайни положения на петното – в момента, когато то за първи път се появява на някое от изображенията, и в момента, когато се вижда за последен път. За още по-голяма точност е добре да определим периода по няколко различни положения на петното и да усредним получените стойности. Така процедираме и с другите посочени петна.

Ширината, на която се намира дадено петно, определяме като начертаем диаметър на едно от изображенията, съответстващ на екватора на Юпитер. После правим построенията, показани на фигурата вляво, и измерваме ъгъла φ – ширината на петното.



Този ъгъл можем да намерим и по формулата:

$$\varphi = \arccos(d / D),$$

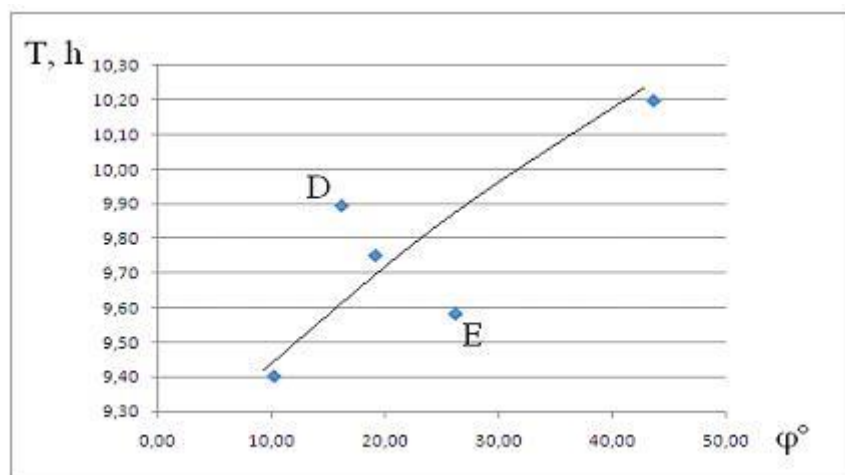
където d и D са съответно диаметърът на паралела с петното и диаметърът на екватора на Юпитер, измерени по изображението.

Накрая получаваме следните резултати:

Петно	Хорда [mm]	Ширина [градуси]	Полу- кълбо	Скорост [°/24 h]	Период [h]
A	62,5	10,19	N	919	9,40
B	60	19,12	N	886,1	9,75
C	46	43,60	N	847,2	10,20
D	61	16,14	S	873,2	9,89
E	57	26,16	S	901,7	9,58

По тези резултати построяваме графика на зависимостта на периода на въртене на петната от тяхната ширина. На нея виждаме, че Юпитер не се върти като твърдо тяло. Облачните и газови маси в неговата атмосфера имат различни периоди на

въртене, които плавно нарастват с увеличаване на ширината. Най-бързо се въртят зоните около екватора. Но петната D и E се отклоняват от общата тенденция на изменение на периода на околоосно въртене. Петното D има по-дълъг период от образуванията на същата ширина на Юпитер и сякаш изостава от тях, а петното E, напротив, избързва. Забелязваме, че тези две петна са много близо до Голямото червено петно на Юпитер. То представлява огромен атмосферен вихър, който очевидно влияе на движенията на газовете и облаците около него. От отклоненията в скоростите на петната D и E правим заключението, че вихърът в Голямото червено петно се върти в посока обратна на часовниковата стрелка. Знаем, че Голямото червено петно е в южното полукълбо на Юпитер. Като е известно от земната метеорология, в южното полукълбо обратно на часовниковата стрелка се въртят вихрите около центровете на високо налягане, или антициклоните. Следователно Голямото червено петно на Юпитер е един огромен антициклон – център на повишено налягане. Също както и при земните антициклони, такива центрове на Юпитер съответстват на локално разясняване на времето. Така че Голямото червено петно е една пролука в облаците на Юпитер, през която можем да наблюдаваме по-дълбоки слоеве от неговата атмосфера.



Критерии за оценяване (16 т.):

За правилен теоретичен подход при определяне на позициите на петната по ъглова дължина върху диска на Юпитер – графичен или тригонометричен – 2 т.

За правилни измервания и определяния на периода на всяко от петната и верни числени резултати – общо 2.5 т.

За подобряване на точността на периодите чрез усредняване по повече от две позиции на всяко петно – 2.5 т.

За определяне на ширините на петната – 2.5 т.

За правилно построяване на графиката – 2 т.

За добро оформление на графиката с обозначаване на осите, величините и мерните единици – 1.5 т.

За разсъждения относно посоката на въртене на Голямото червено петно – 2 т.

За правилно определяне на посоката на въртене на този вихър – 1 т.