

XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

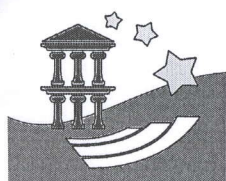
Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

язык	Български
language	fill this cell in Russian
язык	Bulgarian
language	fill this cell in English
язык	Български
language	fill this cell in Native

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

У. 2. Каква е честотата f (в единици година^{-1}) на поява на непосредствено наблюдавани свръхнови в Млечния път? Ако тази честота е съществено различна от получените от вас резултат в У. 1., дайте обяснение за това чрез изобразяване на честотата на явленията върху схема, а при необходимост също и с много кратък текст (не повече от 20 думи).



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

язык	Български
language	fill this cell in Russian
язык	Bulgarian
language	fill this cell in English
язык	Български
language	fill this cell in Native

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

дв-7. Начална функция на масите и свръхновите.

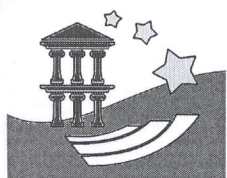
Еволюцията на единична звезда зависи преди всичко от нейната маса, затова масата е най-важният параметър на звездите. Смята се, че разпределението на звездите по маси в момент на тяхното раждане (известно също като начална функция на масите, Initial Mass Function - IMF), има универсален характер.

На Фиг. 2 е дадена началната функция на масите в логаритмичен скала в съответствие с два различни модела. Данните от наблюденията са представени в равни интервали, заедно с грешките. По оста Y е нанесено относителното количество звезди ($\Delta n / \Delta \lg M$) с дадена маса.

7.1. Скоростта на звездообразуване в нашата Галактика е примерно равна на $\Delta M / \Delta t = 8 M_{\odot}$ за година. Звездите с маси по-големи от $8 M_{\odot}$ се взривяват като свръхнови с уравитационен колапс на ядрото. Оценете честотата на поява на свръхнови с уравитационен колапс на ядрото в нашата Галактика (с други думи - колко често избухват свръхнови от дадения тип в нашата Галактика).

Търсене: Каква е средната начална маса M_{ini} на една свръхнова? Каква част q от общата маса на образувалите се звезди участва във формирането на свръхновите ($0 < q < 1$)? Намерете отговорите на тези въпроси като направите измервания по графиката на IMF на Фиг. 2.

следва →



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян 5 - 13. X. 2016 Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Russian
ЯЗЫК	Bulgarian
language	fill this cell in English
ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Native

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

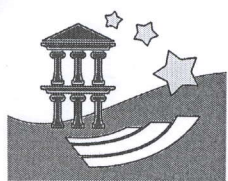
Please, write text inside the marked borders only!

6.4. Изведете формула за енергията, отделена във вид на гравитационни вълни до момента на сливане във вид на функционална зависимост само от началните маси на двете черни дупки (M_1 и M_2). Като използвате резултата, получен в 6.3., пресметнете излята енергия, излъчена във вид на гравитационни вълни, като считате, че $M_1 = M_2$.

6.5. Намерете средната мощност P на излъчване на гравитационни вълни през поседните интервали от 0,10 s до сливането.

6.6. Както и в повечето случаи потокът на енергията на гравитационната вълна е пропорционален на квадрата на амплитудата на вълната. Амплитудата (деформацията) в непосредствена близост до двете сливащи се черни дупки е примерно $h = (v/c)^2$, където v е орбиталната скорост на въртене на черните дупки. Оценете разстоянието от нас до сливащите се черни дупки, открити от LIGO.

6.7. Експериментът LISA има за цел измерване на гравитационни вълни от сливащи се сверхмасивни черни дупки с помощта космологично червено преместване. Оценете каква трябва да е чувствителността на LISA в единиците на безразмерната деформация.



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

язык	Български
language	fill this cell in Russian
язык	Bulgarian
language	fill this cell in English
язык	Български
language	fill this cell in Native

през следните етапи на сливане (техните изображения са дадени по хоризонталната ос, примерно от товара-ци на съответните моменти време):

- (1) по спирала, при което двете черни дупки се приближават постепенно една към друга
- (2) сливане, когато черните дупки се сливат
- (3) краен етап, когато новообразуваната черна дупка отначало леко осцилира, преди да се успокои.

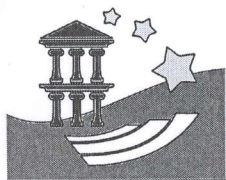
В рамките на класическата нютонова механика изпишете следните задачи:

6.1. Като използвате дадените маси на черните дупки по данните на LIGO, дадени по-горе, пресметнете радиусите на техните хоризонти преди сливането. Оценете грешката на пресметане на тези радиуси.

6.2. По данните от Фиг. 1, измервайки получени сигнал от гравитационната вълна, намерете орбитален период на системата от двете черни дупки в момента на сливането.

6.3. Като използвате само информацията, която може да се получи от Фиг. 1, оценете първата начална маса на системата от двете черни дупки. Не бива да използвате нито един от дадените по-горе резултати на LIGO.

следва →



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян 5 - 13. X. 2016 Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Russian
ЯЗЫК	Bulgarian
language	fill this cell in English
ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Native

250 $M_{\odot}$ и 600 $M_{\odot}$, а началните маси на гериците дупки до тяхното сливане са били $36 \pm 4 M_{\odot}$ и $28 \pm 4 M_{\odot}$.

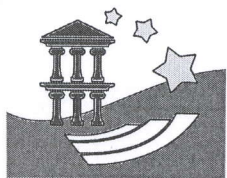
След сливането си те са образували една герица дупка с маса $62 \pm 4 M_{\odot}$. Останалата маса е била превърната в енергия на гравитационните вълни, равна според изчисленията, на $3,0 \pm 0,5 M_{\odot} c^2$, ($M_{\odot} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$ е масата на Слънцето, $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ е скоростта на светлината във вакуум). Според изчисленията върховата мощност на гравитационното излъчване е била няколко пъти по-голяма от 10^{49} W , което повече от десет пъти превишава сумарната мощност на светлинното излъчване на всички звезди в наблюдаемата Вселена.

Торади приливните сили гравитационните вълни предизвикват относителни отмествания (ΔL) на пробните маси, които са пропорционални на разстоянието (L) между тези пробни маси. Физиките определят амплитудата на гравитационните вълни чрез безразмерната величина h , която се дефинира като:

$$h = \Delta L / L$$

h обикновено се нарича безразмерна деформация на гравитационните вълни. Тази величина е нанесена на графиката по вертикалната ос.

Фиг. 1. Гравитационновълновото събитие GW150914, регистрирано от двата детектора на LIGO. По вертикалната ос е нанесена амплитудата на гравитационната вълна (деформацията h). Черните дупки преминават



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

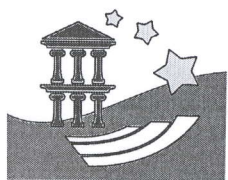
Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных гарниц!

Please, write text inside the marked borders only!

язык	Български
language	fill this cell in Russian
язык	Bulgarian
language	fill this cell in English
язык	Български
language	fill this cell in Native

В-6. Откриване на гравитационни вълни. През 1916г. една година след окончателната формулировка на Общата теория на относителността, Алберт Айнщайн предсказва съществуването на гравитационни вълни. По аналогия с електромагнитните вълни, които се излъчват поради ускорението на електрически заряди, гравитационните вълни се излъчват в резултат на ускорението на маси. По аналогия с електромагнетизма, ако неподвижно тяло внезапно започне да се движи, гравитационната сила, с която то действа на пробни маси, се изменя. При това, такова изменение не става моментално. Информацията за това, че даденото тяло се движи, се разпространява със скоростта на светлината във вид на гравитационни вълни. Когато тази гравитационна вълна достигне пробните маси, те започват да се ускоряват поради изменението на гравитационните сили. Тяло, чиито движения са периодични, ще създава периодични гравитационни вълни и те могат да ускоряват намиращите се наоколо маси също периодично.

На 14 септември 2015г. двата детектора на лазерния интерферометър на гравитационновълновата обсерватория (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) LIGO регистрираха събитие на съвпадение на гравитационен сигнал GW150914, както е показано на Фиг. 1. Това беше първото пряко регистриране на гравитационни вълни и първото пряко наблюдение на състезание от две черни дупки, които се сливат в една. Определено беше, че разстоянието до двойната система сливащи се черни дупки е в интервала между



XXI Международная астрономическая олимпиада

XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Russian
ЯЗЫК	Bulgarian
language	fill this cell in English
ЯЗЫК	Български
language	fill this cell in Native

С помощта на тези данни:

6.1. Нарисувайте на милиметровата хартия орбитата на кометата, както се вижда от северния екваториален полюс. Означете точките (положенията на кометата), съответстващи на номерата на наблюденията N. Считайте, че Земята се движи с постоянна орбитална скорост.

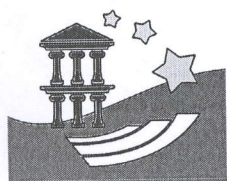
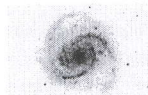
6.2. Пресметнете полуоса а и ексцентриситета е на кометната орбита.

6.3. Оценете орбиталния период на кометата, без да използвате каквито и да са други данни (като например масата на Слънцето или III закон на Кеплер).

6.4. Пресметнете скоростите на кометата в перихелий V_p и в афелий V_a , без да използвате други данни (например масата на Слънцето).

6.5. Пресметнете масата на Слънцето M. Гравитационната константа е $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$.

6.6. Изчислете скоростта на кометата V в положението N=7. Изчислете скоростта на избягване V_e (втора космическа скорост) в същата точка.



XXI Международная астрономическая олимпиада
XXI International Astronomy Olympiad

Болгария, Пампорово-Смолян

5 - 13. X. 2016

Pamporovo-Smolyan, Bulgaria

язык	Български
language	fill this cell in Russian
язык	Bulgarian
language	fill this cell in English
язык	Български
language	fill this cell in Native

Пожалуйста, пишите текст только внутри очерченных границ!

Please, write text inside the marked borders only!

А-6. Кометен наблюдател. В таблица 1 са дадени ефемеридите на 20 наблюдения на кометата P/2007 R₂ (Тубе), получени през равни интервали от време - 121 дни и 18 часа (3 наблюдения в година). Ъгълът на наклона на орбитата на кометата е $i = 1,4339^\circ$ и може да се пренебрегне. Използвани са следните обозначения:

- N - номер на наблюдението
- Date(UT) - дата, а HR и MN - това е момент на наблюдението (часове, минути) по универсално време.
- R.A. (в часове, минути и секунди) и DEC (угади, минути и секунди) - съответно ректасцензията и деклинацията на центъра на кометата.
- T-mag - примерната пълна видима звездна величина на кометата.
- Delta - разстояние от наблюдателя до центъра на кометата в момента на наблюдението в астрономически единици
- S-O-C (Sun-Observer-Comet) - ъгълът Слънце-Наблюдател-Комета (видимата елонгация на кометата, измервана от мястото на наблюдение в интервал $0^\circ - 180^\circ$).
- Колонката "L" - видимото положение на кометата относително Слънцето на небето (T означава, че кометата следва Слънцето (изгрява и залязва по-късно от Слънцето); L означава, че кометата се намира пред Слънцето (изгрява и залязва по-рано от Слънцето, както е показано на Фиг. 1.)

На Фиг. 1 е дадена орбитата на Земята около Слънцето, както се вижда от северния екваторен полюс. Точката на орбитално движение на Земята е означена със стрелка.