

# Квазари

ТАМАРА ТОМИЋ 122/2017

АНИТА ЈОВАНОВИЋ 227/2017

МИНА МИЛОШЕВИЋ 81/2018

# Шта је квазар?

- Квазар је космолошки извор електромагнетног зрачења, укључујући светлосно, које показује веома велики црвени помак.
- Дакле, светлосно зрачење квазара се уочава путем црвеног помака уз који се везује Хаблов закон.

# Шта је квазар?

- ▶ Црвени помак је пораст таласне дужине електромагнетног зрачења узрокован ширењем свемира. Говори нам о даљини посматраног објекта.
- ▶ Захваљујући црвеном помаку, Едвин Хабл је 1929. године дошао до закључка да се свемир шири.
- ▶ Хаблов закон је формулација да је брзина удаљавања веома удаљених галаксија сразмерна њиховој међусобној удаљеностим.
- ▶ Квазари се крију у дубоком свемиру

# Шта је квазар?

- ▶ Да би их опазили, енергија зрачења квазара морала би да буде далеко већа од енергије зрачења скоро сваког од познатих космичких објеката, са изузетком релативно кратко живећих супернова и експлозија гама зрачења.
- ▶ Требали би да зраче енергију која је једнака зрачењу које израче заједно стотину обичних галаксија.
- ▶ Посматрани оптичким телескопима, квазари изгледају као усамљене светлосне тачке или звезде слабашног сјаја.

# Шта је квазар?

- ▶ Неки од квазара показују нагле промене у луминозности, из чега се може закључити да су они и веома мали - један објект не може да се мења брже од времена које је потребно светлости да пређе са једног његовог краја на други.
- ▶ Највећи до сада познати црвени помак неког квазара износи 6,4

# Снага квазара

- ▶ Снага квазара потиче од гомилања или пропадања материје у супермасивне црне рупе које се налазе у језгрима удаљених галаксија, чинећи квазаре тако луминозном верзијом једне општије класе објеката под називом активне галаксије.
- ▶ Моћну светлост квазара ствара супер масивна црна рупа окружена акреционим диском
- ▶ Ни један други тренутно познати механизам не би могао да објасни толико велику снагу и брзу променљивост зрачења квазара.

# Особине

- ▶ До данас је откривено више од 100.000 квазара.
- ▶ Сви њихови опажени спектри показују значајан црвени помак, који се налази у опсегу од 0,06 до 6,4.
- ▶ Сви познати квазари налазе се на великим удаљеностима од нас.
- ▶ Најближи су на 240 Мегапарсека (780 милиона светлосних година), а најудаљенији су на 4 Гигапарсека (13 милијарди светлосних година).
- ▶ Старост космоса је процењена на нешто више од 13 милијарди година, па се сматра да ове квазаре опажамо онако како су изгледали у далекој прошлости, односно у време када је наш космос био још релативно млад.

# Особине

- ▶ Њихов високи црвени помак упућује на то да се квазари налазе на веома великим удаљеностима од нас, што их чини најсјајнијим објектима у познатом универзуму.
- ▶ Квазар са највећим сјајем који се појављује на нашем небу је ултралуминозни 3C 273, који се налази у констелацији Девика (Virgo). Он има просечну опажену магнитуду од 12,8, али је његова апсолутна магнитуда од  $-26,7$ .
- ▶ Када би удаљеност овог квазара од наше планете била 10 парсека (33 светлосне године), овај објекат би на небу имао сјајност једнаку сјају нашег Сунца.



# Особине

- ▶ Луминозност овог квазара је два трилиона ( $2 \times 10^{12}$ ) пута већа од луминозности нашег Сунца или око 100 пута већа од укупне светлости коју израчи просечна џиновска галаксија, попут нашег Млечног пута.
- ▶ Пун назив је квази-стеларни радио извори
- ▶ Иако у називу стоји да су то радио извори, квазари зраче у многим деловима електромагнетног спектра.

# Особине

- ▶ Квазари варирају своју луминозност у разноликим временским интервалима.
- ▶ Код различитих квазара се сјајност мења сваких пар месеци, недеља, дана или сати.
- ▶ Квазар који варира у периоду од пар недеља не може у пречнику да буде већи од пар светосних недеља.
- ▶ Квазари испољавају многа својства која су иста као својства активних галаксија.

# Особине

- ▶ Њихово зрачење је нетермално и код неких је опажено да имају млазеве као и радио галаксије.
- ▶ Могу се опазити у многим деловима електромагнетног спектра, укључујући радио-таласе, инфрацрвено зрачење, видљиву светлост, ултраљубичасту, X зраке, па чак и гама зраке.
- ▶ Већина квазара су најсјајнији у близини ултраљубичасте области спектра (близу 121,6 нанометара), али захваљујући огромном црвеном помаку максимум њихове луминозности опажа се близу инфрацрвене области спектра (900 нанометара).

# Особине

- ▶ Квазари теже међусобном повезивању и настају структуре квазара познате као LQG (large quasar groups) од којих су неке шире од 600 милиона светлосних година.
- ▶ Најновија гигантска структура квазара показује да у појединим подручјима Свемир није толико хомоген колико се веровало.
- ▶ Новооткривена мрежа, састављена од 79 квазара, достиже 1,6 милијарди светлосних година у скоро свим правцима, док се у најширој тачки протеже и до 4 милијарди светлосних година.

# Особине

- ▶ Тренутна процена за животног века квазара је отприлике  $10^6$  до  $10^8$  година.
- ▶ Ово је под претпоставком да црна рупа пролази кроз фазу квазара једном, мада је могуће да се јаве више пута.

# Историја

- ▶ Све до 1990. године се није поуздано знало ништа о пореклу и природи ових објеката сем да су “квази” звезде.
- ▶ Први квазари откривени су радио-телескопима у касним 1950-им годинама.
- ▶ Многи су били забележени као радио извори без одговарајућих видљивих објеката.
- ▶ Стотине ових објеката су забележене почев од 1960. и њихово откриће било је објављено у Трећем Кембриџовом каталогу, док су астрономи претраживали небо у потрази за њиховим оптичким дупликатом.

# Историја

- ▶ 1960. године, радио извор  $3C48$  је доведен у везу са једним оптичким објектом.
- ▶ Астрономи су детектовали нешто што се чинило као слабашна плава звезда на месту овог радио извора и снимили су њен спектар.
- ▶ Он је садржавао многе непознате емисионе линије, али објашњење ове аномалије његовог спектра зрачења, засновано на великом црвеном помаку, које је дао Џон Гатенби Болтон није било шире прихваћено.

# Историја

- ▶ 1962. године је начињен нови продор у објашњењу ове појаве.
- ▶ Један други радио извор, 3C273, претрпео је пет окултација у току месеца.
- ▶ Мерења предузета од стране Цирила Хазарда и Џона Болтона, за време једне од ових окултација, уз помоћ Паркс радиотелескопа омогућила су Мартину Шмиту да оптички идентификује овај објект, коришћењем 200-инчног Халеовог телескопа на Маунт Паломару.
- ▶ Овај спектар показивао је исте оне необичне емисионе линије.



# Историја

- ▶ Шмит је схватио да су то у ствари спектралне линије водоника, које су само померене црвеним помаком за 15,8 процената.
- ▶ Ово откриће, у складу са Хабловим законом, показивало је да се овај објекат удаљава брзионом од 47,000 km/s.
- ▶ Дошло је до револуције у осматрању квазара и омогућено је другим астрономима да утврде црвене помаке емисионих линија и код других радио извора.
- ▶ Термин квазар сковао је амерички астрофизичар кинеског порекла Хонг-Ји 1964. године

# Историја

- ▶ Касније је утврђено да немају сви квазари (само њих 10% има) јако радио зрачење, односно да нису “радио гласни”.
- ▶ У складу с тиме назив QSO (quasi-stellar object) коришћена је све више као замена за назив квазар, без обзира да ли је реч о радио гласним или радио тихим врстама.
- ▶ Једна од великих дебата вођена током 1960-их година била је да ли су квазари нама блиски објекти или веома удаљени као што указује њихов црвени помак.

# Историја

- ▶ Било је предложено да црвени помак квазара није последица Доплеровог ефекта, већ тога што светлост квазара напушта једну дубоку гравитациону јаму.
- ▶ Показало се да би звезде задовољавајуће масе које би могле да формирају такву јаму биле веома нестабилне.
- ▶ Пошто квазари показују неуобичајене емисионе спектралне линије, које су раније виђене једино у топлим гасовитим небулама мале густине, оне би биле превише дифузне да би могле да генеришу опажену снагу квазара или да се уклопе у објашњење на бази гравитационе јаме.

# Историја

- ▶ Постојале су озбиљне сумње у погледу идеје да су квазари космолошки веома удаљени објекти.
- ▶ Један јак аргуменат против тога био је да они претпостављају енергију која далеко надилази све познате процесе конверзије енергије, укључујући и процес нуклеарне фузије.
- ▶ Било је предлога да су квазари начињени од неког непознатог облика стабилне антиматерије и да би томе могла да се припише њихова велика сјајност.
- ▶ Ова сугестија је одбачена са појавом механизма акреционог диска, 1970. године.

# Историја

- ▶ 1979. година ефекат гравитационог сочива, предвиђен Ајнштајновом Општом теоријом релативности, потврђен је астрономским осматрањима, и то, на основу по први пут начињеног снимка двоструког квазара. *0957+561*.
- ▶ 1980. године развијен је уједињени модел у којем су квазари виђени само као једна проста класа унутар врсте активних галаксија.
- ▶ Постигнута је општа сагласност да у многим случајевима квазаре раликујемо од других врста, као што су блазари и радио галаксије, само због различитог угла гледања.

# Историја

- ▶ Верује се да је велика луминозност квазара последица трења до којег долази унутар гасова и прашине који пропадају у акрециони диск једне супермасивне црне рупе.
- ▶ Такав процес може да конвертује око половину масе неког објекта у енергију, што је много више у поређењу са пар процената конверзије која се дешава, на пример, у процесу нуклеарне фузије.

# Историја

- ▶ Верује се и да овај механизам може да објасни зашто су квазари били много заступљенији у време раног универзума, пошто овакав начин производње енергије мора да се заврши када супермасивна црна рупа поједе сав гас и прашину из њене околине.
- ▶ Ово значи да је могуће да су већина галаксија, укључујући и наш Млечни пут, прошле кроз једну активну фазу, да би сада биле у стању мировања, због недостатка материје којом би могле да се хране њихове централне црне рупе (акрециони дискови) и тако производеле квазарско зрачење.

# Порекло зрачења квазара

- ▶ Пошто квазари испољавају својства заједничка за све активне галаксије, многи научници су, због уочених сличности, и упоредили емисију зрачења квазара са оном која долази од малих активних галаксија.
- ▶ За сада, најбоље објашњење порекла зрачења квазара засновано је на претпоставци о постојању супермасивних црних рупа.



# Порекло зрачења квазара

- ▶ Да би произвела луминозност од  $10^{40}$  вати (типична сјајност квазара), супермасивна црна рупа морала би да прогута материју еквивалентну маси од 10 звезда сваке године. А најсјајнији познати квазар требало би да прождире чак 1000 звезданих маса сваке године.
- ▶ Сматра се да квазари могу да се пале и гасе у зависности од њиховог окружења.
- ▶ Једна од последица је да неки квазар не би могао да се храни претходно наведеном брзином у времену које би износило 10 милијарди година, што на добар начин објашњава зашто не постоје нама блиски квазари.

# Порекло зрачења квазара

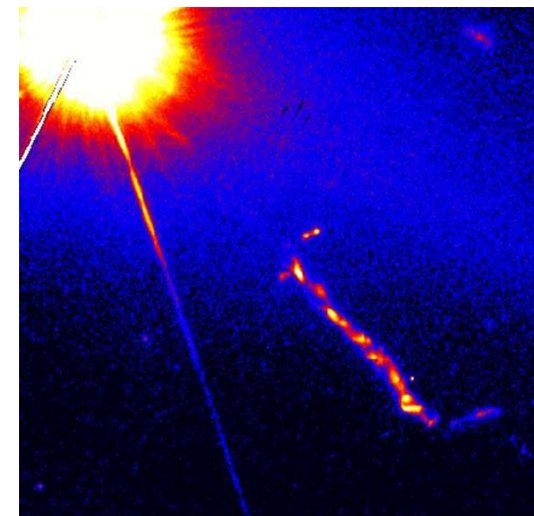
- ▶ Када квазар заврши своје гутање космичке прашине и гасова он тада постаје једна сасвим обична галаксија.
- ▶ Квазари у себи показују присуство хемијских елемената који су тежи од хелијума. Ово наводи на закључак да су галаксије доживеле једну масивну фазу звездане формације у којој су створене звезде и то у времену између Великог праска и првог опажања квазара.

# Акрециони диск

- ▶ Акрециони диск се на структуру која настаје када се материјал почне кретати орбитално око неког масивног тела услед гравитације.
- ▶ Сила трења заједно са гравитацијом сабија материју и диже њену температуру због чега долази до емисије електромагнетног зрачења.
- ▶ Фреквенција тог зрачења зависи од масе централног објекта.
- ▶ Најспектакуларнији акрециони дискови јављају се око активног галактичког језгра и квазара (масивне црне рупе у центру галаксија).
- ▶ Материја која се приближава црној рупи толико се загреје да долази до зрачења у  $X$  делу спектра све док се не пређе хоризонт догађаја. Онда се материја више не може детектовати, а ни изаћи из црне рупе.

## Значајни квазари – 3C 273

- ▶ Први откривени квазар је 3C 273, откривен 1963. године помоћу радио телескопа.
- ▶ Састоји се од две суперснажне космичке радио-станице спојене светлосним мостом.
- ▶ Откривено је да је температура овог квазара виша од 10 трилиона степени.



## Значајни квазари – *APM 08279+5255*

- ▶ Хиперлуминозни квазар *APM 08279+5255* био је, када је откривен 1998. године, опажен са апсолутном магнитудом од  $-32.2$ , мада је фотографија високе резолуције снимљена Хабловим телескопом и Кек телескопом открила на овом објекту ефекте “гравитационог увећања”.
- ▶ Студија гравитационог увећања на овом систему сугерише да је он увећан за фактор 10. Он је ипак знатно више луминозан од оближњих квазара као што су *3C 273* или *HS 1946+7658*, за које се мислило да имају апсолутну магнитуду од  $-30,3$ , али и ова два квазара били су такође увећани ефектом гравитационог сочива.

## Значајни квазари - *S5001+81*

- ▶ Један од најсветлијих објеката Свемира, квазар *S5001+81*, зрачи снагом од  $3 \times 10^{41}$  вата.
- ▶ Његов сјај је једнак сјају 10,000 галаксија типа Млечног пута.
- ▶ Моторна снага овог квазара је супермасивна црна рупа која у 1s гута читаве светове.

## Значајни квазари - *SDSS J1106+1939*

- ▶ 2012. године је откривен квазар *SDSS J1106+1939*, уз помоћ X-shooter спектографа на великом телескопу.
- ▶ То је квазар са највећом енергијом (2 милиона пута већа од енергије коју произведе Сунце).
- ▶ Овај квазар има невероватну апсорпциону моћ јер је у стању да избацује масу материјала до 400 пута већу од масе Сунца и да се иста креће брзином од 8,000km/s.

## Значајни квазари

- ▶ Слоанов дигитални претраживач (SDSS) је недавно открио 3 најудаљенија квазара који су настали у време када је Свемир био стар 800 милиона година (уназад 12,9 милијарди година).
- ▶ Црвени помаци откривених најудаљенијих квазара износе 6.4, 6.2 и 6.1



## Значајни квазари

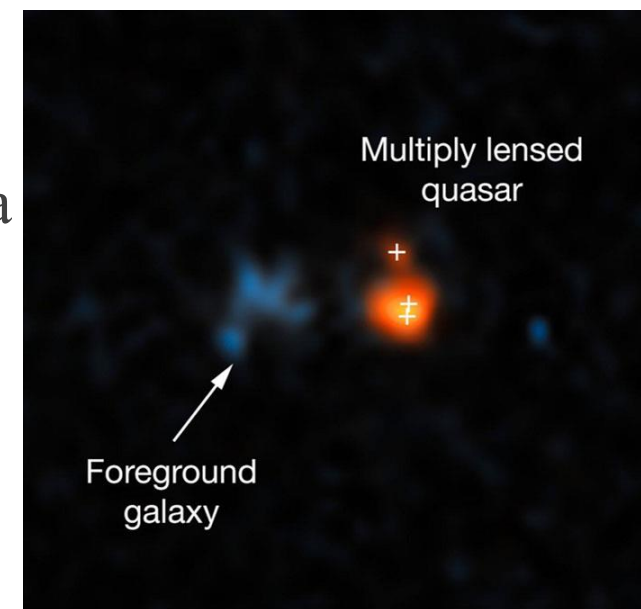
- ▶ У правцу сазвежђа Сагитаријус, на 16,000 светлосних година од нас, се налази микроквар, чија је маса мања од десетоструке масе Сунца
- ▶ На тешкоће се налази при објашњавању настанка неких врста квазара, квазара близанаца Q 2345+007A,B који су вероватно настали сударом двеју галаксија.

## Значајни квазари - $J043947.08+163415.7$

- ▶ Користећи телескоп Хабл, откривен је до сада најсјајнији квазар икада виђен у периоду ране васионе.
- ▶ Детектована светлост са овог квазара је кренула на своје путовање када је васиона била стара свега око 1 милијарде година.
- ▶ Сјај новооткривеног квазара,  $J043947.08+163415.7$ , је једнак сјају 600 хиљада милијарди Сунца, а супер масивна црна рупа је масе неколико стотина милиона маса Сунца.

# Значајни квазари

- ▶ Иако је овај квазар веома сјајан, телескоп Хабл је успео да га детектује једино због значајног утицаја јаког гравитационог сочива.
- ▶ Тамна галаксија која се налази између Земље и квазара савија светлост квазара чинећи га 3 пута већим и 50 пута сјајнијим него што би био без утицаја гравитационог сочива.



# Квазари и галаксије

- ▶ Да ли је квазар старији од галаксије или је галаксија услов за настанак квазара?
- ▶ Новији подаци говоре да квазари доводе до стварања неких галаксија тиме што изазивају рађање звезда.
- ▶ 2005. године је откривен квазар *HE0450-2958*, удаљен око 5 милијарди светлосних година од Земље. У његовој близини је примећена нова, до тада непозната млада галаксија чије су звезде настале изузетно брзо. То оставља простор да се закључи да је млаз квазара, интензиван и јак, био директно усмерен у галаксију па је тиме дошло до трансмисије материје и стварања садржаја галаксија.

# Извори

- ▶ <https://sr.wikipedia.org>
- ▶ <http://www.astronomija.org.rs>
- ▶ <https://astrobites.org>
- ▶ <https://www.youtube.com/>