

Svarta hål finns också i storlek M

av Jun Yang

översättning och bearbetning Anders Nyholm

Vilka slags svarta hål finns det? Nya observationer ger nya svar på en fråga som forskare länge klurat på.

Bland de svarta hål som hittills upptäckts fattas en viss typ. Vi känner till lätta svarta hål, som uppstår i supernovaexplosioner, och supertunga svarta hål som tronar i mitten av många galaxer. Däremellan finns ett glapp i massa, där vi väntar oss att hitta svarta hål med hundra till en miljon gånger solens massa. Dessa kallas medeltunga svarta hål.

Det är svårt att avgöra vad som gör denna typ av svarta hål sällsynta. Avsaknaden av medeltunga svarta hål i vår omgivning i universum kan bero på att svarta hål raskt växer till sig och passerar det medeltunga stadiet. Lyckas vi hitta några medeltunga svarta hål som överlevt från universums barndom ända till vår tid skulle de ge oss viktig kunskap om hur svarta hål bildats och utvecklats.

Idag finns två framträdande modeller för att beskriva hur ett svart hål kan bildas och bli fröet till ett medeltungt svart hål. En modell utgår från de allra första stjärnorna i universum. Dessa har ännu inte observerats direkt, men vissa av de tidiga stjärnorna antas ha haft massor på över hundra solmassor. När dessa stjärnor exploderade som supernovor bör de ha kunnat bilda svarta hål på ca 100 solmassor. Ett sådant svart hål från universums tidiga år kan sedan ha växt till sig genom att, vid upprepade tillfällen, smälta samman med andra svarta hål. Det kan också ha gått igenom flera perioder då material från omgivningen hopats runt det svarta hålet (så kallad ackretion eller insamling) och med tiden fallit in i det. En annan modell antar att gasmoln med tillräckligt stor massa kan ha kollapsat direkt till medeltunga svarta hål, tidigt i universums historia. Dessa svarta hål kan ha haft massor på mellan 10 000 och en miljon solmassor.

De tidiga svarta hålen blev fröer som kunde växa till sig och med tiden bli supertunga svarta hål. Det här kan ske

samtidigt som de svarta hålens hemgalaxer växer och utvecklas. Eftersom de medeltunga svarta hålen har förhållandevis liten massa genomgår en del av dem troligen ganska få sammansmältningar med andra svarta hål, och inte heller så mycket ackretion. Detta gör att vi bör kunna hitta svarta hål som bildats som medeltunga tidigt i universums historia och som alltså har denna massa idag.

Om vi kan lyckas hitta medeltunga svarta hål skulle det inte bara täppa till glappet i massa mellan lätta och supertunga svarta hål. Sådana fynd skulle också lära oss mer om hur svarta hål växer till sig, och hur de smälter samman.

Med dagens teleskop teknik kommer vi inte att kunna hitta alla medeltunga svarta hål, men redan en handfull fynd skulle avslöja att ett helt bestånd av sådana svarta hål finns. Samlar vi ett stort stickprov på medeltunga svarta hål skulle det tillåta oss att skilja mellan de olika "fröer" som de svarta hålen bildats från.

Galaxer och svarta hål utvecklas parallellt

De flesta galaxer är mycket tyngre än något svart hål. Trots denna skillnad i massa tyder mycket på att galaxerna och åtminstone de tyngre svarta hålen utvecklats i ömsesidigt beroende under universums historia.

Därför borde stjärnsystem med låg massa – t.ex. stjärnhopar och dvärggalaxer – vara utmärkta platser för astronomerna att leta efter medeltunga svarta hål på.

Jämfört med vår galax, Vintergatan, är dvärggalaxerna åtminstone tio gånger mindre. I en dvärggalax, som i regel innehåller mellan 100 miljoner och 10 miljarder stjärnor, ligger stjärnorna däremot tätare. Som jämförelse innehåller Vintergatan uppskattningsvis några hundra miljarder stjär-



En stjärna (till vänster i bild) förlorar materia till ett medeltungt svart hål i denna konstnärliga tolkning av Martin Kornmesser.

nor, men dessa stjärnor är inte lika tätt packade. En stjärnhop kan innehålla några miljoner stjärnor. Eftersom stjärnhoparna är mindre än dvärggalaxerna förväntas hoparna innehålla medeltunga svarta hål av det något lättare slaget.

Att leta efter medeltunga svarta hål är en stor utmaning för astronomerna. För det första har nästan varje stor galax (som Vintergatan) ett supertungt svart hål i mitten. Däremot är det bara en viss andel av dvärggalaxerna och stjärnhoparna som antas hysa ett medeltungt svart hål. För det andra är de medeltunga svarta hålen och deras omgivningar svaga och svårfunna objekt för alla slags teleskop som finns idag. För det tredje kan den jämförelsevis svaga strålningen från ackretionen runt ett medeltungt svart hål överglänsas av ljuset från stjärnor i hålets närhet. Att göra genomsökningar av himlen kostar ganska mycket, om man vill ha stor känslighet (för att hitta svaga objekt) och samtidigt täcka stora delar av himlen.

Ändå har astronomer gjort stora ansträngningar för att försöka hitta medeltunga svarta hål. Ett svart hål i sig är osynligt, men det kan ha en omgivning som sänder ut strålning. Ett sådant "aktivt" svart hål drar till sig materia från omgivningen och hettar upp den; det kan också bildas jetstrålar där materia slungas ut igen längs hålets rotationsaxel.

Idag har omfattande genomsträngningar av himlen, i synligt ljus och röntgenstrålning, avslöjat ett stort antal ljussvaga dvärggalaxer. Ett spektrum av en sådan dvärggalax kan avslöja om den hyser ett medeltungt svart hål i färd med att dra till sig materia. En genomgång av spektra har gett en skörd på flera hundra dvärggalaxer som kan ha medeltunga svarta hål i sina centrala delar. Bland dessa kandidater är det blott ett tiotal där starka tecken på ackretion runt ett medeltungt svart hål syns. Detta tyder dock på att det i dagens universum fortfarande finns medel-

tunga svarta hål med massor mindre än 100 000 solmassor.

I dvärggalaxer och stjärnhopar som ligger tillräckligt nära oss kan det vara möjligt att direkt observera hur stjärnor och gas rör sig runt ett medeltungt svart hål. Sådana observationer kan ge en uppskattning av det svarta hålets massa. Dvärggalaxen NGC 205 ligger 2,7 miljoner ljusår bort och är en satellitgalax till vår granngalax Andromedagalaxen. Observationer av hur stjärnor och gas rör sig i denna närbelägna lilla galax pekar på att ett medeltungt svart hål med massa mellan 1 000 och 10 000 solmassor kan finnas i den. Känsliga observationer i andra våglängdsområden än synligt ljus har dock hittills inte visat några tecken på ackretion vid detta svarta hål.



En tidigare känd källa till röntgenstrålning kan vara ännu ett medeltungt svart hål, i en tät stjärnhop (markerad med ring) nära en galax som ligger 750 miljoner ljusår bort i Vattumannen. Upptäckten gjordes med Hubbleteleskopet och släpptes under våren 2020.

BILD: SOPHIA DAGNELLO, MRAD/AU/MSF;
DECALS SURVEY; CTIO



Astronomen Amy Reines och hennes team har studerat många små galaxer i synligt ljus och hittat tecken på medelstora svarta hål. En av dem, J0906+5610 (längst t.h.), har vi studerat med radioteleskop.

Radiosignaler kan ge oss svar

Radioobservationer av objekt som möjligen är medeltunga svarta hål kan också ge oss direkta tecken på att ackretion pågår. De jetstrålar som slungas ut från ett svart håls närmaste omgivning sänder ut starkast strålning vid baserna, alltså nära de punkter där jetstrålarna bildas. Det är radiostrålningen från baserna på sådana jetstrålar som radioastronomerna hoppas hitta. Bara ungefär en dvärggalax av tusen har detekterats i radiostrålning enligt de stora kartläggningar av himlen som radioastronomerna gjort. En fördel med radioobservationer, jämfört med observationer i synligt ljus eller röntgenstrålning, är att man lättare kan koppla ihop flera radioteleskop med så kallad interferometrik och därmed uppnå extremt hög bildupplösning och känslighet. Genom en avancerad tillämpning av denna teknik gjordes nyligen radioobservationer vid våglängden 1,5 millimeter som lät astronomerna avbilda skuggan av det supertunga svarta hålet i galaxen Messier 87, belägen bara 54 miljoner ljusår bort i stjärnbilden Jungfrun. För denna observation användes Event Horizon Telescope, ett nätverk av radioteleskop spridda över stora delar av jorden. I radioteleskop syns knappt stjärnor i det svarta hålets närhet, vilket gör observationerna lättare.

Radioastronomer som jag vill gärna leta efter jetstrålar eller andra tecken på material som strömmar ut från närheten av ett medeltungt svart hål. Sådana fynd kan bidra till att förklara hur tillväxten av galaxer och svarta hål – både supertunga och mindre – hänger samman.

Det är inte lätt att upptäcka sådana fenomen även om de verkligen finns. Tidigare har radioobservationer bara avslöjat denna typ av småskalig jetstrålning i en enda dvärggalax, NGC 4395, en liten spiralgalax 14 miljoner ljusår bort i stjärnbilden Jakthundarna. Med småskalig menas här jetstrålar som ”bara” är några ljusår (eller knappt ens det) i längd. Som jämförelse är jetstrålen från det supertunga svarta hålet i Messier 87 hela 5 000 ljusår lång.

I en ny studie som jag deltagit i har en dvärggalax visat sig vara särskilt intressant. Denna galax, som vi kallar J0906+5610, ligger ungefär 630 miljoner ljusår bort i stjärnbilden Stora björnen. Spektra av galaxen tagna i synligt ljus har visat tecken på att ett medeltungt svart hål kan finnas i denna lilla galax. Detta svarta hål uppskattas ha en massa på ca 400 000 solmassor, jämförbart med det svarta hålet i NGC 4395, men det ligger 44 gånger längre bort.

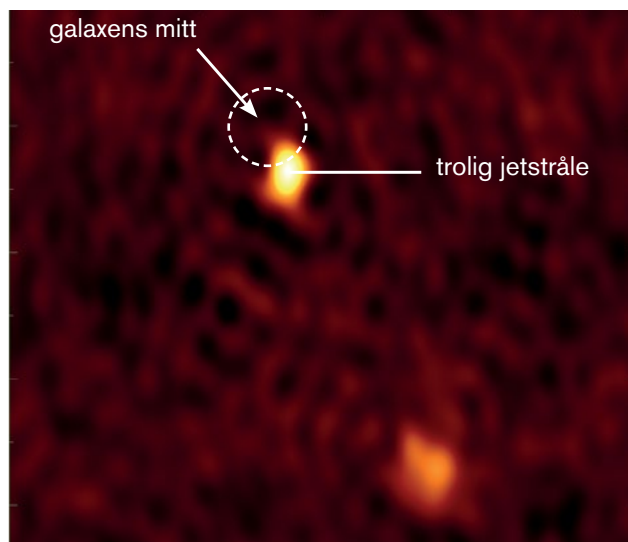


BILD: J. YANG/JIVE

Med radioteleskop får vi väldigt hög upplösning. Jämfört med lilla bilden på galaxen J0906+5610 och dess granne har vi zoomat in 500 gånger. Här ser vi radiostrålning från ett aktivt svart håls jetstrålar.

För att prova bevisen på ett medeltungt svart hål i färd med att dra till sig materia i den här galaxen riktade jag och mina kollegor teleskopen i det europeiska nätverket för radiointerferometri EVN, bland dem 25 m-teleskopet vid Onsala rymdobservatorium, mot galaxen. De känsliga interferometriska observationerna har avslöjat två spännande strukturer i galaxen (bild ovan). Ringen visar positionen för mitten av galaxen i bilderna som tagits i synligt ljus. En av källorna ligger så nära galaxens mitt att vi tror att den är en jetstråle från det medeltunga svarta hålet. Nedan i bilden syns även en annan radiokälla som skulle kunna vara resterna av en stråle som tidigare sprutats ut från det svarta hålets omgivning. Vi tror att den enklaste förklaringen till radiokällorna är att de skapats av ett medeltungt svart hål i denna galax. I galaxen saknas tecken på pågående stjärnbildning, som annars skulle ha lämnat spår i radioobservationerna.

Vårt fynd skiljer sig från jetstrålarna från det medeltunga svarta hålet i lilla spiralen NGC 4395. Här måste strålarna vara mycket längre och sända ut radiostrålning med högre effekt. Detta är spännande! Upptäckten visar på att det kan finnas mindre och svagare jetstrålar från medeltunga svarta hål, och dem borde vi kunna hitta i andra dvärggalaxer med de radioteleskop som finns idag.

För lätta och supertunga svarta hål beror styrkan på radiostrålningen från jetstrukturerna på de svarta hålets massa. Om det också stämmer för de svarta hålen i storlek M – och vi inte bara haft tur med den här galaxen – uppskattar vi att radiostrålningen från sådana svarta hål kan vara omkring tio gånger starkare än forskare tidigare trott. Det bådär gott för fortsatt letande efter medeltunga svarta hål. ★

JUN YANG är astronom och senior forskningsingenjör vid Onsala rymdobservatorium, Chalmers tekniska högskola.