

Uppkomsten och utvecklingen av supermassiva svarta hål och der roll i massiva galaxer

3.11.2025 Saga Intke

Supermassiva svarta hål är svarta hål med en massa som överskrider $\sim 10^6 M_\odot$ och antas hittas i alla ellips-, spiral- och linsgalaxers centrum. Ett svart hål är ett objekt i rymden med ett så starkt gravitationsfält att det förhindrar ljus från att rymma inifrån det svarta hålet och böjer rumtiden. Ett icke-roterande svart hål kallas för Schwarzschild svart hål, vars storlek på händelsehorisonten definieras med Schwarzschild radien:

$$R_S = \frac{2GM}{c^2} \quad (2.1)$$

och enligt den allmänna relativitetsteorin har de i mitten en punktformad singularitet som innehåller hela svarta hålets massa, men har ingen volym. För roterande svarta hål, så kallade Kerr svarta hål, har singulariteten formen av en ring och storleken på händelsehorisonten definieras med Kerr metriken:

$$R_K = \left(\frac{GM}{c^2} \right) (1 + \sqrt{1 - a^2}) \quad (2.2)$$

Kring ett svart hål hittas en het gasskiva, ackretionsskivan, vars gas faller in i svarta hålet i dess centrum. Supermassiva svarta hål i mitten av galaxer som aktivt ackreterar materia kallas för aktiva galaxkärnor (AGN) och står för en stor del av den observerbara strålningen från de galaxer de ligger i. Aktiva galaxkärnor är vanligare vid högre rödförskjutningar och antagandet är att de galaxer vars supermassiva svarta hål inte är aktiva idag, har en gång i tiden varit aktiva. Svarta hålets massa ökar i och med ackretionen. Den maximala ökningen sker med Eddington

ackretionen:
$$\dot{M}_{Edd} = \frac{L_{Edd}}{\eta c^2} = \frac{1}{\eta} \frac{4\pi GM}{c \kappa_{es}}$$

eller, då den kalla gasen tagit slut, kan ackretion ske med Bondi ackretionen:

$$\dot{M}_{BH} \sim 4\pi r_A^2 \rho_{AGN}(r_A)$$

Mellan det supermassiva svarta hålet och dess värdgalax finns flera sammanhang. Starkaste korrelationen ligger mellan massan för det supermassiva svarta hålet och stjärnornas hastighetsdispersion i utbuktningen av galaxen, men även utbuktningens luminositet, massan för utbuktningen och mörk materia halon som omringar galaxen korrelerar med massan av det supermassiva svarta hålet. Supermassiva svarta hål påverkar sin värdgalax med hjälp av så kallad feedback, kallas även för återkoppling, vilket bland annat dämpar stjärnornas formation i spiralgalaxer och värmer det intergalaktiska mediet. Det finns två huvudsakliga typer av återkoppling: mekanisk och strålningsbaserad. Vilken återkopplingsmetod som dominerar beror på rödförskjutningen. Exakt hur dessa processer sker forskas i fortfarande.