

# VITTNEN FRÅN URSMÄLLEN SVARTA HÅL I MINIATYR

Fylls universum av små svarta hål?

av Marek A. Abramowicz och Julia Tjus

översatt och bearbetad av Anna Davour

**D**en 30 juni 1908 skedde ett kosmiskt nedslag i Sibirien, nära floden Tunguska. Det förstörde 2 000 kvadratkilometer av den obebodda taigan, fällde miljoner träd och dödade otaliga djur. De tryckvågor som uppstod i atmosfären kunde mätas ända borta i England. Trots det kunde forskare som gjorde en expedition nästan tjugo år senare inte hitta någon nedslagskrater. Det gav upphov till långdragna diskussioner – ibland med rent bisarra spekulationer om vilken sorts objekt det kan ha rört sig om: en meteor av antimateria, en iskomet, ett hemligt vapen, ett ufo?

År 1973 ställde två fysiker i Texas – Albert A. Jackson och Michael P. Ryan – upp hypotesen att det kan ha varit en miniversion av ett svart hål som slog ner i Tunguska-regionen. Ett sådant objekt skulle ha haft 100 gånger större massa än dinosauriedödaren som slog ner på Yucatan för 65 miljoner år sedan. Ändå skulle det ha varit pyttelitet, ungefär en millimeter tvärsöver. Sådana svarta minihål kan ha uppstått under universums allra första tid, enligt ett resonemang från 1970-talet av Stephen Hawking.

Det här förslaget från Jackson och Ryan hade mycket som talade för sig. För det första: ett minihål som tränger in i atmosfären skulle faktiskt utlösa en explosion som kan förstöra stora ytor av skog. För det andra: ett så litet objekt som slår ner med dussintals eller hundratals kilometer i

sekunden hade knappast gett upphov till en krater. Med en flack infallsvinkel kunde det tränga genom jordskorpan och kort därefter komma upp igen mitt i Atlanten och fortsätta ut i rymden igen. Det som avgjorde frågan var dock insikten att en sådan händelse skulle ge upphov till jordbävningar, men ingen av de seismologiska stationer som fanns 1908 registrerade något anmärkningsvärt den 30 juni. Hypotesen avskrevs.

Nuförtiden är nästan alla forskare övertygade om att det som slog ned i Sibirien 1908 bara var en vanlig liten asteroid, inte mycket större än den som slog ner över Tjeljabinsk i februari 2013.

Men det skulle ju ändå kunna finnas svarta minihål i universum, och det leder till fler frågor. Var kan sådana minihål finnas? Och hur ofta skulle de kunna kollidera med jorden?

## Ingen minimigräns

Einsteins allmänna relativitetsteori förutsäger existensen av svarta hål, men säger ingenting om hur stora eller små de skulle vara. Ett svart hål kan bara bildas om massa komprimeras hårt i en mycket liten volym: vår sols massa skulle behöva tryckas ihop till mindre än sex kilometers diameter för att bli ett svart hål.

Ute i universum har astronomer hittills upptäckt svarta hål inom två mycket olika tungviktsklasser: *stellära* och *supertunga* svarta hål.

## Stjärnstora och supertunga svarta hål

Stellära svarta hål har massor av flera gånger solens och en diameter på några få dussin kilometer. Under de senaste två decennierna har flera sådana objekt upptäckts i Vintergatan – alla i dubbelstjärnsystem. Ett sådant svart hål kretsar kring en vanlig stjärna. Astronomer tror att vår galax innehåller många flera av dessa dubbelstjärnesystem än de hittills kring 20 upptäckta.

Ett stellärt svart hål uppstår när en mycket tung stjärnas liv tar slut i en supernovaexplosion. Då trycks det inre av stjärnan ihop under sin egen tyngd och komprimerar materian över alla teoretiska gränser. Om massan från början är tillräckligt stor bildas då ett svart hål. Dess gravitation är så stark att innanför en viss gräns, den så kallade händelsehorisonten, blir till och med ljus fångat så att det inte kan komma ut. Även om ännu inte alla detaljer av en sådan gravitationskollaps kan simuleras ens med dagens superdatorer anses det relativt väl förstått hur stellära svarta hål uppstår.

Deras supertunga syskon har massor som motsvarar

Bild ovan: Ljus från galaxen som det skulle böjas runt ett litet svart hål.

miljoner eller miljarder gånger solens. De kan ha storlekar mellan jordens diameter och upp till Plutos omloppsbana. Sådana svarta hål har astronomer kunnat urskilja i centrum av de flesta galaxer, inklusive vår egen. Hur de bildas är mindre väl förstått än de mindre, stellära svarta hålen.

## Urgamla gäster

De hypotetiska svarta minihålen med små massor skiljer sig mycket från de båda andra typerna. Om ett sådant objekt hittas någon gång handlar det om en gäst från det allra tidigaste universum – ett vittne från ursmällen. Bara precis i universum tidigaste början fanns de nödvändiga förutsättningarna för att de skulle kunna uppstå. I små svarta hål måste materien vara ännu mycket tätare sammanpressad än inuti en atomkärna.

Universum var i början så litet att all materia och strålning var komprimerad lika tätt som i ett svart hål. Det betyder inte att kosmos självt blev ett svart hål, eftersom rymden utvidgade sig så snabbt att en kollaps till svarta hål bara kunde äga rum där små variationer – kvantfluktuationer – lokalt gav upphov till ultratäta regioner. I sådana regioner kan så kallade ursprungliga svarta hål av olika storlekar ha uppstått, både minihål och stjärnstora.

Trots intensivt sökande har hittills inga objekt av den här typen hittats. Det kan bero på att sökmetoderna inte är bra nog, eller på att svarta minihål är alltför sällsynta i vår galax, eller också uppstod helt enkelt aldrig några. Hittills är det inte klart hur de på bästa sätt skulle kunna spåras.

**Efterlyses: ett riktigt litet svart hål**

Upptäckten av ett sådant svart hål skulle vara av fundamental betydelse för astrofysiker och kosmologer. Å ena sidan skulle det belysa processerna kort efter ursmällen, å andra sidan skulle det vara ett sätt att belägga en tes av Stephen Hawking som säger att svarta hål inte alls är så svarta utan förångas och kan explodera.

Somliga forskare menar också att sådana objekt kan utgöra en del av den så kallade mörka materian. Den är i sin tur en gåta. Astronomiska precisionsmätningar har ställt utom tvivel att det finns för lite synlig massa i universum för att kunna förklara de hastigheter som stjärnor har i förhållande till varandra. Antingen behöver gravitationslagen revideras eller så finns en stor mängd osynlig materia i Vintergatan och andra galaxer. De flesta forskare argumenterar för den senare förklaringen. En del av den här osynliga materian skulle kunna vara ursprungliga svarta hål.

När den brittiske teoretikern Stephen Hawking först postulerade existensen av svarta minihål 1971 föreslog han också en metod att hitta dem, nämligen genom den strålning som numera går under namnet ”Hawkingstrålning”. Tanken är att kvantfenomen vid kanten av det svarta hålet ger upphov till par av partiklar, och den ena partikeln i paret är lite längre ut och kan komma undan gravitationen medan den andra faller in i hålet. De partiklar som undkommer, de är Hawkingstrålningen. De här partiklarna har massa, som på så vis försvinner från det svarta hålet så att det långsamt krymper. Svarta hål är alltså inte helt svarta.

**Svarta hål som exploderar**

När ett svart hål har krympt tillräckligt kommer det att lösas upp i en explosion av energirik gammastrålning. Små massor hettas upp snabbare och existerar kortare tid, medan riktigt stora massor kan leva lika länge som universum.

Ursprungliga svarta hål med massor på mindre än  $10^{12}$  kilogram (en miljard ton; det motsvarar en liten komet) skulle redan ha exploderat, eftersom deras livslängd enligt Hawking motsvarar universums nuvarande ålder på 13,8 miljarder år. Ett svart hål med en solmassa har däremot en beräknad livslängd på sagolika  $10^{67}$  år, medan  $10^{11}$  kilogram krymper bort på relativt den korta tiden 2,7 miljarder år.

Maxim Y. Khlopov och hans astrofysikerkolleger beräknade att det borde gå att observera spåren av gammastrålning från små svarta hål som exploderat. Tyvärr har inga sådana strålningslämningar kunnat upptäckas. Därför går det att säga att svarta hål av den här minsta sorten inte kan utgöra mer än högst en mycket liten bråkdel av den mörka materian.

**Kan vi hitta småhålen?**

En annan sökmetod har föreslagits av den polske fysikern Bohdan Paczynski: svarta minihål skulle fungera som pytesmå gravitationslinser, som böjer av och fokuserar ljuset från källor som tillfälligt hamnar bakom dem. Med den här metoden skulle det gå att hitta svarta hål med massor som motsvarar planeter, ungefär  $10^{22}$  kilogram (Pluto väger ungefär så mycket) och uppåt. Men inga har setts ännu.

Ett annat verktyg för att undersöka möjligheten av ursprungliga svarta hål är den kosmiska bakgrundsstrålningen. Den härstammar från tiden ungefär 300 000 år efter ursmällen och är ett viktigt tecken på att universum faktiskt har varit hett och hoptryckt. När universum utvidgades och svalnade frikopplades det som nu är bakgrundsstrålningen från den övriga partikelsoppan, och i vår tid kan vi fånga upp den som mikrovågor.

Den här strålningen har töjts ut till längre våglängder när universum utvidgas, men annars är den i stort sett oförändrad. Variationerna i den kosmiska bakgrundsstrålningen visar hur stora täthetsvariationer som fanns i det tidiga universum, och därmed går det att beräkna hur mycket svarta hål av större modell, med massor jämförbara med stjärnor, som kan ha bildats då. Resultatet är att sådana svarta hål måste vara ovanliga, och kan utgöra högst 0,1 procent av den mörka materian.

Riktigt små eller mycket stora ursprungliga svarta hål kan alltså inte utgöra någon viktig andel av den mörka materian. Tyvärr finns det inga bra metoder för att söka efter sådana med mellanliggande massor, som småplaneter ( $10^{12}$  till  $10^{18}$  kilogram).

Om de utgör någon stor del av den mörka materian måste de ofta växelverka med stjärnor och andra lysande objekt.

Men det är här problemet finns med att upptäcka sådana

mellanstora svarta hål. Svarta hål av ungefär en komets massa skulle vara tillräckligt vanliga för att ofta kollidera med någon stjärna, men de avger för lite energi för att det ska gå att se med dagens teleskop. Om de skulle vara stora som mindre planeter skulle kollisionen avge enorma energimängder, men sådana objekt skulle vara så ytterst sällsynta.

På det ena eller andra viset håller dessa märkliga objekt sig undan våra möjligheter att upptäcka dem, trots att de kanske är riktigt vanliga i vår galax. Det är till och med möjligt att i varje bubbla i galaxen med samma radie som Plutos bana skulle kunna innehålla tiotusentals. Utan att vi skulle veta om det. ★

MAREK A. ABRAMOWICZ och JULIA TJUS är professorer i fysik vid Göteborgs universitet respektive Bochums universitet i Tyskland. Artikeln, som tidigare har publicerats i tidskriften Spektrum der Wissenschaft, har översatts och bearbetats av Anna Davour. Julia Tjus (född Becker) intervjuades i Populär Astronomi 2011/2.



**Ja tack, jag vill gärna prova Populär Astronomi till introduktionspriset 250 kr och får för detta fem nummer av Svenska Astronomiska Sällskapets kvartalstidskrift.**

.....  
Namn

.....  
Gatuadress eller motsvarande

.....  
Postnummer, ort

.....  
Mejladress

.....  
Telefon

Som bonus blir du medlem av Svenska Astronomiska Sällskapet!



Frankeras ej. Mottagaren betalar portot.

POPULÄR★  
**Astronomi**

AlbaNova Universitetscentrum  
SVARSPOST  
200 064 900  
110 50 STOCKHOLM