

RYMDGYMNASIET

Mörk Oro

Mikroskopiska svarta hål

Patrik Roesberg

2013-03-15

KIRUNA 2013

Handledare: Johan Arvelius

Abstrakt

Walter L. Wagner stämde, år 2008, CERN vid Europadomstolen, med syfte att stoppa starten av partikelacceleratorn, Large Hadron Collider (LHC). Wagner menade på att ett mikroskopiskt svart hål kunde skapas genom en partikelkollision i acceleratoren. Idag vet vi att det är omöjligt att skapa ett mikroskopiskt svart hål i en $3 + 1$ dimension, men genom att tillföra en extra rumsdimension kommer möjligheten att existera, men att det skulle utföra ett hot mot Jorden är högst osannolikt då hålet, direkt efter sin skapelse, skulle försvinna genom Hawkingstrålning.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	5
2. Syfte.....	6
3. Metod, källor och avgränsningar.....	6
4. Kollisioner i Large Hadron Collider.....	6
4.1 ATLAS, världens största detektor.....	7
5. Hierarkiproblemet.....	8
6. Allmänna relativitetsteorin på svarta hål.....	8
6.1 Mikroskopiskt svart hål i 3+1 dimension.....	9
7. Vad krävs för att producera ett mikroskopiskt svart hål.....	10
7.1 En extra dimension.....	10
7.2 Hawkingstrålningens påverkan på ett mikroskopiskt svart hål.....	11
7.3 Att skapa ett mikroskopiskt svart hål.....	14
8. Påstådda faror.....	15
9. Mikroskopiska svarta hål utgör ingen risk.....	16
9.1 Ingen oro för stabilitet.....	16
9.2 Stabiliteten ur en experimentell synvinkel.....	17
9.3 Ett otroligt teoretiskt scenario.....	18
9.4 Ett otroligt teoretiskt scenario i LHC.....	19
10. Kosmisk strålning på neutronstjärnor.....	19
11. Mannen bakom stämningen, Walter L. Wagner.....	20
12. Diskussion och slutsatser.....	21
13. Referenser.....	23

Förord

Den här rapporten bearbetar de vitala delarna gällande sannolikheten för skapandet av ett mikroskopiskt svart hål i partikelacceleratorn Large Hadron Collider, ur en populärvetenskaplig synvinkel. Jag vill framförallt rikta ett tack till Kristina Gunne vid OpenLab som hjälpte till att planera ett besök på CERN. Jag vill även tacka Prins Carl Gustaf Stiftelse, LKAB och Rymdgymnasiet som har gjort projektet möjligt.

Till sist vill jag även tacka alla som har gjort arbetet möjligt, för ert stöd och synpunkter under projektets gång.

1. Introduktion

Världens största och mest kraftfulla partikelaccelerator går under namnet Large Hadron Collider (LHC) och hanteras av CERN¹ som idag är världens ledande partikelfysiklaboratorium, beläget i Genève's förorter i Schweiz på gränsen till Frankrike, med över 8 000 forskare och ingenjörer från 20 olika länder. År 2008 då man planerade att starta upp partikelacceleratorn för första gången möttes igångsättningen ett starkt motstånd av olika grupper och enskilda personer. Mest känt är fallet med kärnfysikern Walter L. Wagner som anmälde projektet till Europadomstolen med motivationen; *Det kommer bli världens undergång*. Han fruktade skapandet av ett mikroskopiskt svart hål vid en partikelkollision i acceleratoren, varav det svarta hålet sedan skulle dra till sig materia och helt enkelt sluka Jorden. Detta blev sedan välkänt av media vilket blåste upp oroligheterna ytterligare.

Partikelacceleratorn (LHC) har en totallängd på 27 km och kolliderar protonstrålar med en sammanlagd energi upp till 14 TeV.

Svarta hål är en av de märkligaste, om inte märkligaste idéer som finns i vetenskapen idag. Ett svart hål bildas när så mycket materia koncentreras i ett så pass litet område så att objektet kollapsar under sin egen vikt och bildar ett *svart hål*. Hålets gravitationskraft utövar precis samma verkande gravitationskraft som vilket annat objekt eller himlakropp som helst, dock är ett svart håls gravitationskraft så otroligt stark att inte ens ljuset kan undkomma.

Ute i universum finner vi astronomiska svarta hål av olika storlekar, allt från fyra gånger solens massa till miljarder gånger solens massa. Kanske finns det också svarta hål i mikroskopisk form, vissa teoretiska modeller tyder faktiskt på att ett mikroskopiskt svart hål kan uppkomma när två partiklar krockar med en otroligt hög energi, exempelvis i partikelacceleratorn LHC. Men är detta verkligen tillräckligt för att skapa de världsomfattande oroligheter som media gjorde den dagen?

¹ CERN grundades 1954 med det ursprungliga namnet *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* men bytte namn samma år till *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*.

2. Syfte

Huvudsyftet med detta projekt är att ta reda på om det är möjligt att skapa ett mikroskopiskt svart hål i partikelacceleratoren, Large Hadron Collider. Utöver detta även ta reda på vad som krävs för att skapa ett mikroskopiskt svart hål i acceleratoren och vilket resultat det skulle få för Jorden.

3. Metod, källor och avgränsningar

För att kunna skriva en populärvetenskaplig rapport har jag valt att främst använda mig av facklitteraturer skrivna av Hawking S. samt Zee A. jag har även valt att ta i akt att kritiskt bearbeta de rapporter som berör mikroskopiska svarta hål. Jag valt att begränsa mina Internetkällor till noll och istället förlita mig på de diskussioner som förs mellan mig och kunniga inom området. För att kunna begränsa rapportens omfång har jag valt att endast svara på de grundläggande frågeställningar som jag har. Om andra frågeställningar kommer upp under arbetets gång kommer jag endast att bearbeta de som jag anser är relevanta samt har en betydelse för de grundläggande frågeställningarna. Övriga frågor som kommer upp under arbetets gång ses som irrelevanta och kommer inte att bearbetas.

4. Kollisioner i Large Hadron Collider

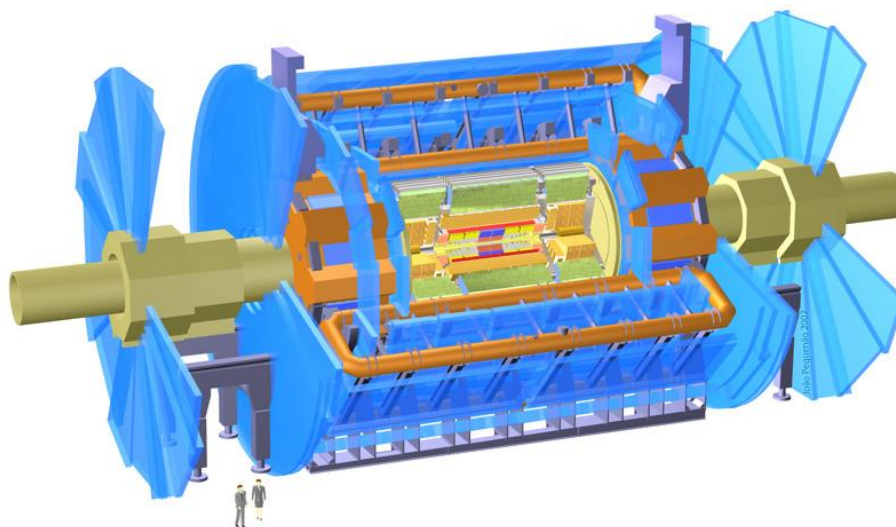
Experiment inom partikelfysiken görs till största del med partikelacceleratorer vilket låter laddade atomkärnor eller elementärpartiklar accelerera upp till otroligt höga energier och upp till 99,9999991 % av ljusets hastighet. Efter det låter man strålarna krocka med varandra i en motsatt riktning. Den enorma rörelseenergin som byggs upp i acceleratoren frigörs sedan i kollisionspunkten (då de två strålarna krockar med varandra) och enligt relativitetsteorins ekvivalens mellan massa och energi kommer en stor kvantitet av nya partiklar

att bildas. Dessa partiklar är ideligen instabila och sönderfaller snabbt till lättare partiklar, vilket allt sker inom en otroligt kort tidsrymd.

Vid sin fulla kapacitet kan acceleratoren LHC krocka protoner upp till en miljard gånger varje sekund och i varje kollision bildas flera tusen nya partiklar, detta innebär en otrolig kvantitet av partiklar som produceras i varje kollision. Men det är inte partiklarna i sig man är intresserad av utan istället de spår som partiklarna efterlämnar.

4.1 ATLAS, världens största detektor

För att kunna detektera spåren av högenergetiska partiklar krävs gigantiska apparater som klarar av att hantera dessa förhållanden. ATLAS är världens största detektorer och till dess storlek kan den jämföras med ett sexvåningshus(25m). Dess syfte är att mäta rörelse, massa, laddning och rotation från de nya partiklar som skapas ur varje kollisionspunkt. Detektorn i sig är uppbyggd av lager, olika partiklarna stoppas vid olika lager. Exempelvis så vid det första lagret stoppas fotoner och elektroner, vilket mäter partiklarnas totala energi, medan muoner stoppas först vid det sista lagret.



Figur 1 ATLAS detektorn skalenlig jämfört med människorna på bilden.
hands-on-cern.physto.se

5. Hierarkiproblemet

Som nämnt har ett svart hål en massiv gravitationskraft, dock är denna kraft den svagaste av de fyra fundamentalkrafterna vilket leder oss till ett olöst problem inom fysiken som kallas hierarkiproblemet, vilket kan sammanfattas i en fråga.

Varför är gravitationen i en 3+1 dimension hela 10^{38} gånger svagare än de övriga tre fundamentala krafterna?

De övriga tre fundamentala krafterna *starka, elektromagnetiska* och *svaga* binds alla samman i standardmodellen genom kvantfältteorin. Dessvärre kan gravitationen inte förklaras som de övriga krafterna (med kvantfältteorin) utan förklaras istället av den allmänna relativitetsteorin, vilket motsätter sig kvantmekaniken. Genom att använda Planck-skala som är en energiskala ($M_{Pl} \approx 10^{19}$ GeV) vid vilket kvanteffekterna för gravitationskraften blir jämnstark, med andra ord så är det vid Planck-skala som gravitationskraften blir jämförbar med övriga tre fundamentala krafter. Men varför gravitationskraften är så svag finns det många teorier på och minst lika många lösningar.

Den mest argumenterade lösningen idag kallas *strängteorin* som innefattar 9 rumsdimensioner och utvidgar kvantfältteorin (mest känd, QED, *eng för quantum electrodynamics* vilket förklarar elektroners växelverkan med elektromagnetiska fält och skapandet av virtuella partiklar) genom att möjliggöra en motsägelsefri förklaring på gravitation med hjälp av kvantfältteorin.

6. Allmänna relativitetsteorin på svarta hål

Svarta hål prediceras av den allmänna relativitetsteorin, som kortfattat kan beskrivas genom att gravitationen är en effekt av att massa och energi kröker rummet.

Gravitationskraften är en pseudokraft eller *fiktiv kraft* och verkar genom att dess kraft är proportionell mot massan på de objekt som den verkar på och uppkommer då allting faller fritt men följer den kortaste vägen genom krökt rumtid. En fiktiv kraft är en kraft som upplevs men som egentligen inte existerar. Ett bra exempel på en sådan kraft är när man åker en karusell, då hastigheten ökar känner man av en *kraft* som trycker kropp ut från karusellens centrum, *denna beskrivna fiktiva kraft kallas för centrifugalkraft*.

Som nämndes innan är svarta hål ett objekt med en otrolig mängd massa koncentrerad i en extremt liten volym. När objektets gravitationskraft väl överstiger fotonens flykthastighet, vilket ges av Schwarzschild radie, enligt $R_{sch} = 2GM/c^2$, där G är gravitationskonstanten, c är ljushastigheten och M är massan på objektet, är resultatet ett svart hål. Varav hålets gravitationskraft kröker rumtid så mycket att ingenting kan undkomma, inte ens tid. Rumtids krökning är direkt proportionell mot objektets massa och omvänt proportionell för kvadraten av avståndet. Styrkan på hålets gravitationskraft avgränsas av händelsehorisonten som även är känt som *point of no return*, om vilket passeras, är förevigt förlorat. Händelsehorisontens storlek beräknas genom objektets massa och ges enligt $R_{sch} = 2GM/c^2$.

6.1 Mikroskopiskt svart hål i 3+1 dimension

Rent teoretiskt skulle en högenergikollision av två partiklar kunna bilda ett mikroskopiskt svart hål, förutsatt att de kommer närmre varandra än diametern av ett hål innefattande en massa som är lika stor som den tillgängliga energin, vilket innebär att de två krockande protonerna skulle vara närmre varandra än Schwarzschild radie. Villkoret kan uppfyllas vid en extremt hög energi då avståndet är omvänt proportionellt mot kollisionsenergin, notera *en extremt hög energi*. Faktum är att energin som behövs för att skapa ett mikroskopiskt svart hål beskrivs genom planck-energi vilket, om uppnås i kollisionen, blir starkare än övriga krafter och kröker rummet enligt allmänna relativitetsteorin (kröks så mycket att man måste tillämpa kvantgravitation). Planck-energi beskrivs enligt följande formel.

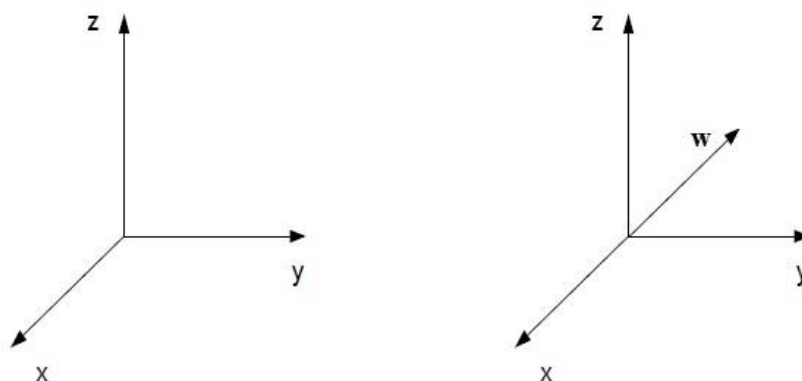
$$\sqrt{\frac{\hbar c^5}{8\pi G}} \approx 0.390 \times 10^9 \text{ J} \approx 2.43 \times 10^{18} \text{ GeV}$$

Den energi som då krävs för att skapa ett mikroskopiskt svart hål i LHC motsvarar 10^{18} gånger en protons massa och då måste det tilläggas att LHC endast kan producera energier som motsvarar 14 000 (14 TeV) gånger en protonmassa. (massa och energi är ekvivalenta och är därför utbytbara enligt formeln $E = mc^2$.) Det är helt enkelt omöjligt att skapa något tyngre än så, med andra ord så kan inte ett mikroskopiskt svart hål produceras vid LHC i en 3 + 1 dimension, det är helt enkelt omöjligt.

7. Vad krävs för att producera ett mikroskopiskt svart hål i LHC?

7.1 En extra dimension

Om vi rent hypotetiskt skulle lägga till en extra dimension så rummet får fyra dimensioner istället för tre, finner vi en teoretisk möjlighet att ett mikroskopiskt svart hål faktiskt kan produceras i partikelacceleratoren LHC. Den största påverkande faktorn med en extra dimension är att planck-energi kommer vara mycket lägre i en extra rumsdimension, vilket också innebär att gravitationskraften påverkas och skulle verka med en större kraft vid små avstånd. Detta innebär att energin som krävs för att skapa ett mikroskopiskt svart hål vid en partikelkollision mellan två protoner kommer att minska.



Figur 2, t.v ser vi de tre rumsdimensioner som vi lever i idag, där z reflekterar upp/ned, y höger/vänster samt x framåt/bakåt. T.h finner vi en extra rumsdimension, vilket ger oss en ny vektor kallat w vilket beskriver förhållandet inåt/utåt.

Om de kolliderande partiklarna (beskrivs noggrannare i kpt 7.3) skulle vara närmre varandra än Schwarzschild radie av ett mikroskopiskt svart hål med massan M_{BH} vilket motsvarar den totala energin möjlig i kollisionen och M_D motsvarar planck-skala i $4 + n$ dimension. Schwarzschild radie för ett mikroskopiskt svart hål skulle då motsvara massan M_{BH} inräknade i en $4 + n$ rumtid och kan beskrivas enligt den allmänna relativitetsteorin, följande

$$r_S = \frac{1}{\sqrt{\pi}M_D} \left[\frac{M_{\text{BH}}}{M_D} \frac{8\Gamma\left(\frac{n+3}{2}\right)}{n+2} \right]^{\frac{1}{n+1}} .$$

Frågan är då hur man ska kunna detektera en ny dimension då det inte finns någon ”dimensionslager” i ATLAS som kan detektera olika rumsdimensioner. Men det finns andra sätt att ta reda på det, exempelvis om det skapas nya partiklar(*ex Kaluza-Klein-partiklar*), eller om partiklar ”försvinner” in i en extra dimension eller om det skulle skapas ett mikroskopiskt svart hål.

7.2 Hawkingstrålningens påverkan på ett mikroskopiskt svart hål?

Stephen Hawking hypotiserade år 1974 en milstolpe som skulle förändra synen på fysiken för svarta hål och med hjälp av kvantmekaniken skapade han *Hawkingstrålning*.

Om det skulle ske en tillfällig energiförändring inuti en punkt i rummet kan regeln för bevarad energi brytas, men endast för ett otroligt kort tillfället, tillfället räcker för möjliggöra skapandet av två virtuella partiklar, nämligen en partikel och en antipartikel. Fenomenet jag precis beskrev kallas inom kvantmekaniken för kvantfluktuation och dess varaktighet bygger på Heisenbergs osäkerhetsprincip. Kvantfluktuationen beskriver förhållandet mellan energi och tid genom

$$\Delta e \Delta t \approx \frac{h}{2\pi}$$

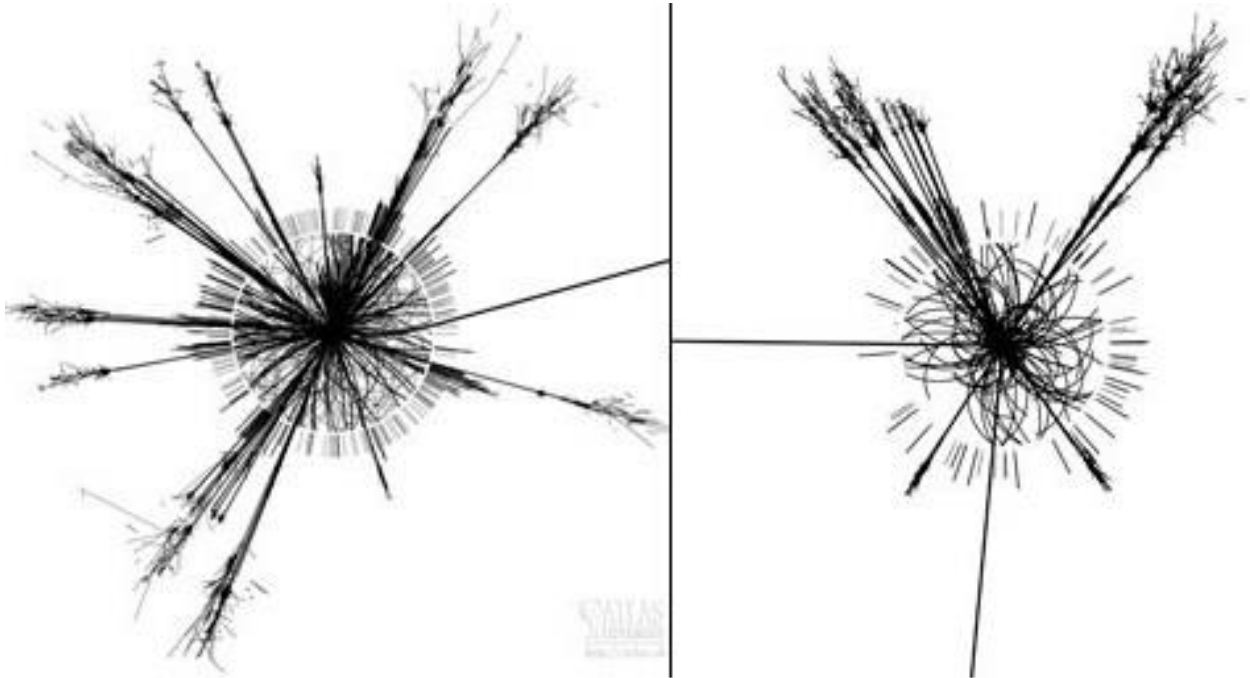
Om en partikel och en antipartikel annihileras med varandra skulle de två förintelsegöras, genom att partiklarnas materia transformeras till energi i form

av elektromagnetisk strålning(i sällsynta fall kan de hända att de bildas nya subatomära partiklar). Skulle fluktuationen ske i närheten av händelsehorisonten för ett mikroskopiskt svart hål finns det en möjlighet att en av partiklarna skulle förloras genom att de passerar händelsehorisonten, motsatt partikel kommer istället åka ifrån händelsehorisonten, vilket för oss kommer se ut som att den strålats ut från det svarta hålet. Denna ”utstrålade” partikeln kommer ha en positiv laddning men eftersom vakuumfluktuationens totalenergi måste vara lika med noll kommer energin tas från det svarta hål, vilket betyder att den utstrålade partikeln kommer att få ta en del av hålets energi.

Hawkingstrålning uppträder i liknande form som värmestrålning från ett uppvärmt objekt gör, temperaturen är omvänt proportionellt mot det svarta hålets massa. Detta innebär att ett svart hål med solens massa kommer ha en väldigt låg temperatur, jämfört med ett mikroskopiskt svart hål som kommer ha en otroligt liten massa och därför en extremt hög temperatur. Detta resulterar i att ett mikroskopisk svart hål kommer att förlora mer massa per tidsenhet jämförelsevis mot hålets egen massa om det är mikroskopiskt eller massivt till storleken. Skulle ett svart hål stråla ut all sin energi i form av Hawkingstrålning så kommer det efter en tid att evaporera, även här spelar hålets storlek betydelse då tiden för att hålet ska försvinna beräknas proportionellt mot hålets massa i kubik, vilket betyder att ett mikroskopiskt svart hål skulle försvinna nästan direkt efter det skapats.

För ett astronomiskt svart hål som skapats ur en super - hypoernovaexplosion skulle levnadstiden bli cirka 10^{67} år, den utstrålade energin från dessa hål är väldigt låg, så pass låg att den inte heller kan mätas rent experimentellt.

Gällande ett mikroskopiskt svart hål som skapats ur en proton – proton kollision i LHC skulle maximalt väga några tusen gånger en väteatoms massa och ger därför hålet en extremt kort levnadstid, omkring 10^{-26} s. Den utstrålade energin kommer i detta fall vara otrolig hög och kommer ses som en lite blixtn av strålning(figur 3) som med största sannolikhet kan detekteras av ATLAS, detta betyder även att det mikroskopiska hålet inte finns kvar länge nog för att utgöra något som helst hot mot vår planet.

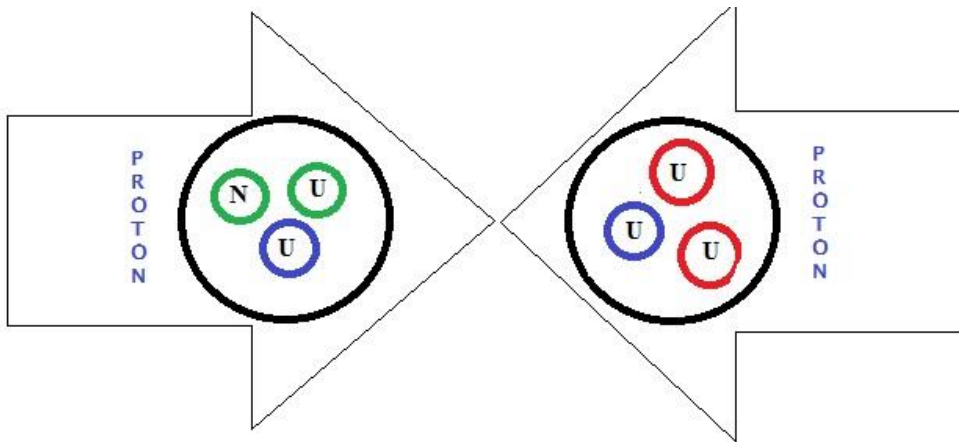


Figur 3, bild, t.v en simulerad bild av ett mikroskopiskt svart hål i ATLAS, t.h är en simulerad bild av Higgs i ATLAS.

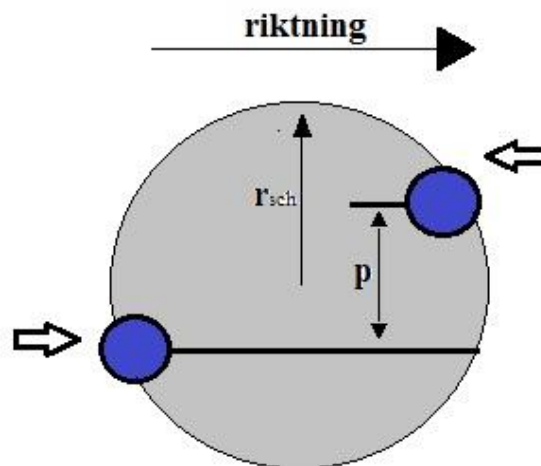
simulerad bild från C.Issever, ATLAS e-News:Black holes at the LHC, 26 January 2009

7.3 Att skapa ett mikroskopiskt svart hål

Genom att uppskatta att massan av det svarta hålet överstiger planck-mass kan man tillämpa argument från den klassiska(icke kvantmekaniska) relativitetsteorin. Nämligen, om kvarkarna och gluonerna är närmre varandra än Schwarzschild radien (vid en kollision) skulle ett svart hål med massan motsvara den tillgängliga energin från kvarkarna och gluonerna. Den kvarstående energins densitet är då tillräckligt stor för att det skall skapas en händelsehorisont och ett mikroskopiskt svart hål har då skapats i acceleratorm



Figur 4, Det är kvarkarnas energi och radien(figur 5) som av kollisionen skapar det mikroskopiska svarta hålet



Figur 5, Vid en kollision mellan kvarkarna och gluonerna (p) som skulle vara närmre varandra än (r_{sch}) Schwarzschild radien skulle ett mikroskopiskt svart hål som motsvarar energimängden från kvarkarna produceras

För att argumentet skall stå sig kräver det mikroskopiska svarta hålet en massa som är större än planck-massa ($M_{\text{BH}} \gg M_{\text{PL}}$), detta eftersom man inte vet hur det skulle utspela då ($M_{\text{BH}} \rightarrow M_{\text{PL}}$) det skulle innefatta kvantgravitationen. Ett mikroskopiskt svart hål skulle direkt efter sin skapelse sönderfalla i Hawkingstrålning och bilda en mängd olika och lättare partiklar från standardmodellen vilket, sönderfallet, skulle resulterat i en blix(figur 3) av högenergetiska partiklar vilket kan likna en mikroskopisk jet. Jämfört med ett astronomiskt svart hål som endast skulle stråla ut minimala mängder Hawkingstrålning.

8. Påstådda faror

Walter L. Wagner är en av de personer som stod bakom stämningsansökan mot CERN år 2008. Han argumenterar för att det finns en möjlighet att mikroskopiska svarta hål inte påverkas av Hawkings teori gällande Hawkingstrålning, att de inte kommer att evaporera utan faktiskt förblir stabila. Det finns inga fysikaliska teorier som stödjer Wagners idé om ett stabilt svart hål, men om teorin vore sann, skulle ett stabilt mikroskopiskt svart hål inuti LHC sluka materia som var i dess väg genom ackretion och då materia passerar händelsehorisonten kommer hålet att absorbera den i form av att växa sig större och sluka allt mer materia vilket skulle leda till Jordens undergång.

Fysikern Rainer Plaga framförde 2008 även en potentiell risk gällande mikroskopiska svarta hål. Han menar på att ett mikroskopiskt svart hål kan vara metastabilt. Det innebär att ett stabilt mikroskopiskt svart hål skapas och slukar materia, när hålet sedan når en övergångsgräns från mikro till makro kommer Hawkingstrålning ta sin verkan, vilket kommer leda till ett otroligt snabbt sönderfalla genom att avge en gigantisk energimängd i form av en explosion. Energimängden skulle i sin tur kunna vara så pass kraftig att jorden ödeläggs. Vi har sett flera liknande energiutsläpp av astronomiska svarta hål i form av jets innehållande en massiv energimassa kallad GRB (*eng gamma ray burst*), vilket skulle kunna ödelägga jorden.

Plags beräkningar innehåller dock en inkonsistens där han överdriver energimängden med 10^{23} gånger av vad som(möjligt) skulle avges från ett mikroskopisk svart hål.

9. Mikroskopiska svarta hål utgör ingen risk

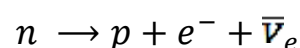
Det är ett mycket starkt och farligt påstående som Walter L. Wagner argumenterar för, men även ett mycket intressant ifrågasättande gällande Hawkingstrålningens existens. Hawkings ursprungliga härledning har studerats och stått emot många olika teoretiska angrepp från många olika vinklar, hans ursprungliga resultat står sig. När man använder kvantmekanikens tillämpningar på rumtid som är krökt av ett svart hål finner man ingen annan förklaring som inte strider mot de kvantmekaniska principerna, utan att ett svart hål måste avge Hawkingstrålning.

9.1 Ingen oro för stabilitet

Walter L. Wagners andra argumentation är nog den mest intressanta och hittills den bästa argumentationen, nämligen att ett mikroskopiskt svart hål kan vara stabilt. Men även här finner vi ett så mycket starkare motargument, nämligen kvantmekanikens lag gällande naturlagarna som säger följande;

”...Allt som inte är oförenligt med någon naturlag kommer att hända och hur ofta det händer beror på en sannolikhet som kan beräknas teoretiskt...”

Ett bra exempel på denna naturlag är sönderfall av instabila partiklar. Låt oss ta en neutron som exempel. Det finns ingen lag som förhindrar dess sönderfall, vilket innebär att den vid sönderfallet omvandlas till, en elektron, en antineutron samt en proton, detta enligt



Tar vi istället motsatsen, exempelvis en proton som är stabila och ingår i gruppen baryoner (innefattar tre kvarkar, i vårt fall två upp-kvarkar och en ned-

kvar) och enligt kvantmekanikens lag vilket säger att antalet baryoner måste vara konstant (deras halveringstid är minst 10^{33} år, vilket är längre än universums tidsålder) detta eftersom att protonen även är den lättaste av alla baryonerna så *kan* inte protonen heller sönderfalla till några lättare partiklar.

Samma princip kan vi även tillämpa på ett mikroskopiskt svart hål. Vilket nämns ovan kan inte mikroskopiska svarta hål uppstå i en dimension med endast tre rum. Skulle vi lägga till en extra rumsdimension och vi skulle klara av att skapa ett mikroskopiskt svart hål i LHC så finns inte heller några lagar som reglerar hålet, det innebär också att ett sönderfall att ett mikroskopiskt svart hål inte heller är förbjudet, så om hålet kan skapas borde det även, enligt kvantmekaniska principer, sönderfalla.

Viktig att tillägga är att ett mikroskopiskt svart hål i en extra rumsdimension har en sönderfallshastighet som är kvantmekaniskt relaterad till sannolikheten för bildandet av det mikroskopiska svarta hålet. Det innebär alltså; om sannolikheten är stor för att skapa ett mikroskopiskt svart hål i LHC, så är sannolikheten även stor att dess sönderfallshastighet är stor.

9.2 Stabiliteten ur en experimentell synvinkel

Idag talar den renommmerade teoretisk fysik emot existensen för stabila mikroskopiska svarta hål. Men om vi istället skulle bearbeta argumentet som en experimentell fråga

Om ett mikroskopiskt svart hål kan skapas och dessutom är farligt, borde vi inte redan då sett någon form av observerbar effekt?

Detta leder till det starkaste argumentet mot stabila och farliga mikroskopiska svarta hål, nämligen observationer av kollisionerna producerade av kosmisk strålning som träffar jorden. Dessa partiklar har en kollisionsenergi på mer än 10^{20} eV, dock kolliderar den kosmiska strålningen, partiklarna, med atomkärnor som befinner sig i vila. Detta innebär att totalenergin är lägre än energin hos den inkommande strålningen. Inkommande partiklar som innehar en högre energi än 10^{17} eV leder till kollisioner som är lika stora eller större än vad som

kan produceras i LHC. För att styrka argumentets trovärdhet mot farliga och stabila mikroskopiska svarta hål, vet man att omkring 250 000 partiklar från den kosmiska strålningen träffar jorden varje sekund. Jorden har funnits i cirka $\approx 4,5$ miljarder år vilket innebär att omkring 3×10^{22} kollisioner med energier lika stora eller större än vid LHC har producerats.

Om man kör LHC fullt ut kan acceleratoren producera en miljard kollisioner varje sekund och den kommer att köra fullt ut cirka en tredjedel av året i minst tio år (de andra 2/3 beräknas den antingen avstängd för uppdatering, byte av delar eller andra faktorer). Detta betyder att vi får omkring 10^{17} kollisioner totalt, vilket kan ses som mycket, men faktum är att den kosmiska strålningen har redan utför cirka 300 000 gånger fler kollisioner än LHC beräknas göra under tio år.

9.3 Ett otroligt teoretiskt scenario

Dock så finns det ett motargument mot den ovanstående uppskattningen som jag anser värd att nämna, även om detta är ett otroligt teoretiskt scenario.

Skapandet av ett mikroskopiskt svart hål i en proton - proton kollision bildas egentligen av de kvarkar som en proton är uppbyggd av, två upp-kvarkar och en ner-kvark(hänvisar till tidigare kpt 7.3). Kvarkarna har en elektrisk laddning vilket innebär att det mikroskopiska svarta hålet även kommer att vara laddat, man vet även att laddade partiklar växelverkar med det omgivande elektromagnetiska fält, elektroner och atomkärnor, vilket innebär att hålet kommer förlora energi varje gång det sker en växelverkan, detta leder till att hålet kommer bli av med all sin rörelseenergi och slutligen stanna. Alltså kommer alla laddade och stabila mikroskopiska svarta hål att förlora rörelseenergi och därmed bromsas ned för att till slut stanna.

Ett stabilt mikroskopiskt svart hål producerat av kosmisk strålning skulle alltså behöva ha en extremt hög hastighet, när ljusets hastighet, detta beror på att kollisionen av kosmisk strålning är asymmetrisk jämför med den symmetriska kollisionen i LHC. Om hålet även har laddning kommer det snabbt att bromsas för att slutligen stanna. Skulle hålet även vara stabilt och oladdat (ingen

elektrisk eller någon annan form av laddning) så kommer det inte finnas något som skulle stoppa det, vilket innebär att det skulle flyga rakt genom vår planet och vidare ut i rymden, ostört.

9.4 Ett otroligt teoretisk scenario i LHC

Om vi tar samma förutsättning som ovanstående argument fast låter LHC producera det mikroskopiska svarta hålet istället för den kosmisk strålning.

Det skulle innebära att det nybildade hålet kommer, jämfört med den kosmiska strålningen, att ha en betydligt lägre hastighet och om hastigheten är lägre än 11 km/s, vilket är jordens flykthastighet, kommer det nybildade hålet att fångas av jordens gravitation. Detta innebär att det mikroskopiska svarta hålet vi producerade i LHC kommer efter en stund vila i jordens centrum. Även om en otroligt stor kvantitet av mikroskopiska svarta hål skulle kunna produceras av kosmisk strålning så visar det inget på om huruvida dessa skulle vara farliga för vår planet, eftersom att de inte skulle stannat kvar utan fortsatt rakt genom, medan hålen producerade i LHC skulle stannat kvar.

Dock skulle den absoluta majoriteten av mikroskopiska svarta hål skapade av LHC ha en högre hastighet än 11 km/s, de skulle, även om de var stabila och oladdade, fortsätta rakt ut i rymden utan att påverka oss. Dock är detta argumentet inte relevant då det räcker att ett farligt mikroskopiskt svart hål stannade för att göra argumentet inaktuellt.

De otroligt teoretiska scenarierna är sammanfattningsvis under ett otroligt osannolikt antagande gällande att mikroskopiska svarta hål är både oladdade och stabila så ogiltig görs argumentet för kosmisk strålning som träffar jorden.

10. Kosmisk strålning på neutronstjärnor

Steven Giddings och Michelangelo Mangano är två fysiker som har studerat ett liknande argument, nämligen kosmisk strålning som träffar neutronstjärnor, resultaten publicerades i tidskriften *Physical Review* 2008.

En neutronstjärna är ett objekt vars densitet är den största bland objekt i universum, är oftast en restproduktion av en super – hypernovaexplosion där stjärnans massa inte var tillräcklig för att skapa ett astronomiskt svart hål.

Giddings och Mangano visade att, om mikroskopiska svarta hål skulle kunna bildas av kosmisk strålning som träffar en neutronstjärna så skulle de stanna kvar inuti stjärnan, oavsett om det var oladdat, detta beror på neutronstjärnans höga densitet. Om ett sådant hål var stabilt skulle de leda till ackretion av materia för att sedan omvandla hela neutronstjärnan till ett astronomiskt svart hål. Idag har vi kunnat observera en stor kvantitet av neutronstjärnor, vanligtvis i form av pulsarer. Detta styrker de argument som presenterades i föregående kapitel, om att kosmisk strålning inte kan producera mikroskopiska svarta hål.

11. Mannen bakom stämningen, Walter L Wagner

Något som anses viktigt är att tillägga Walter L. Wagners bakgrund. Wagner påstår nämligen att han är kärnfysiker med en lång och bred erfarenhet och unika forskningsmeriter, dock är hans enda fysikutbildning den fysik han läste som sidämne vid sin kandidatexamen i biologi, han har även arbetat som ansvarige för strålningssäkerhet vid ett sjukhus. Hans så kallade ”unika forskningsmeriter” där han menar på att han i sin forskning har upptäckt en partikel under namnet *magnetisk monopol*, vilket är aningen osannolikt då denna upptäckt hade gett Nobelpriset.

Bland Wagners andra meriter, där han nämner att han har fått en artikel publicerad i den berömda tidsskriften *Scientific American* inom hans forskning för mikroskopiska svarta hål, vilket egentligen var en insändare där han kommenterade en tidigare artikel om en partikelaccelerator, RHIC.

Walter L. Wagner överdriver sina erfarenheter och sin unika kompetens, han är varken fysiker eller forskare och innehar inga meriter inom områden som berör kärn – partikelfysiken.

Journalisterna har tagit Wagner på orden och kallat honom kärnfysiker och därmed blåst upp alla oroligheter ytterligare gällande ett mikroskopiskt svart hål i LHC som skulle kunna sluka Jorden.

12. Diskussion och slutsatser

Att det kan skapas ett mikroskopiskt svart hål i LHC är tämligen omöjligt idag, detta beror på den energin som krävs är helt enkelt för hög att kräva av nuvarande accelerator(LHC). Dock är detta endast ett faktum om större och bättre accelerators byggs. Skulle exempelvis en accelerator med 100 gånger större energi än LHC byggas kommer argumentationen gällande kosmisk strålning att tappa delar av sin trohet, eftersom antalet partiklar med energivärde 10^{20} - 10^{21} eV som träffar jorden (från kosmisk strålning) snabbt minskar.

För att ens kunna bilda ett mikroskopiskt svart hål krävs en extra rumsdimension vilket är en mycket svår faktor att uppfylla. Det finns dock teorier som Kaluza-Klein teorin vilket utökar den allmänna relativitetsteorin till en femdimensionell rumtid, och innefattar en extra ihoprullande rumsdimension och förena elektromagnetismen med den allmänna. Om den extra rumsdimensionen är så pass kompakt och rummet inte är observerbart skulle denna teori ge en möjlig förklaring till gravitationskraftens svaghet.

Indirekt är ett mikroskopiskt svart hål lösningen på en av fysikens största gåtor, nämligen hierarkiproblemet. Så om man lyckas att skapa ett mikroskopiskt svart hål kommer vi få en bekräftelse på att vi har en fjärde rumsdimension, vilket skulle sätta vilken fysiker som helst i glädjetårar.

Oron för att ett mikroskopiskt svart hål ska kunna sluka Jorden är även denna minimal då all känd fysik tyder på att hålet skulle försvinna direkt efter dess skapelse, genom Hawkingstrålning, allt annat talat emot kvantmekanikens principer. Men om hålet skulle vara stabilt finns det inget som tyder på att hålet skulle vara farligt för Jorden. Beräkningarna gjorda av Giddings och Mangano talar sitt tydliga språk, att kosmisk strålningen (vilket är naturliga partikelacceleratorer med högre energi än LHC) inte kan skapa mikroskopiska

svarta hål, utan dessa fortsätter rakt igenom Jorden och vidare ut i rymden under en sekund. Vilket även styrker, att om de kan skapas så är de ofarliga.

Mangano sade även i en intervju (Oberbye 2008)

“The possibility that a black hole eats up the Earth is too serious a threat to leave it as a matter of argument among crackpots”

Varför ett mikroskopiskt svart hål skapat i LHC ens skulle vara farligt finns inget belegg för, troligen beror uppståndelsen på okunskap från den som valt att tro annat. Men detta visar även på att CERN och forskarsamhället tar allmänhetens oro på allvar och utreder allt som kan anses som en potentiell risk eller orolighet.

Detta bildar alltså till slut en lång kedja av allt mer och mer extrema teoretiska scenarier för att vi ens ska kunna räkna ett mikroskopiskt svart hål som farligt.

Men för att producera ett mikroskopiskt svart hål i LHC, förutsatt att det är en 3+1 dimension är omöjligt. För att kunna skapa ett mikroskopiskt svart hål i LHC kräver först en extra rumsdimension sedan måste de vara hålet även vara stabilt vilket strider mot kvantmekanikens principer och slutligen måste de även vara elektriskt neutrala. Även om det uppfyller alla kriterier, tyder de astronomiska observationerna att det fortfarande är omöjligt. Men om det skulle vara så att det skulle skapas, så skulle de inte utgöra något hot mot Jorden.

13. Referenser

- [1] Arkani-Hamed, N., Dimopoulos, S. och Dvali, G. (2000), The Universe's Unseen Dimensions, *Scientific American* (augusti 2000).
- [2] Sridhar K "Physics of extra dimensions at colliders" 2006 J. Phys. Vol 67 No. 4 pp.607 – 615
- [3] Giddings S B och Mangano M L "Astrophysical implications of hypothetical stable TeV-scale black holes" 2008 Phys. Rev D 78 035009
- [4] Ellis J Giudice G Mangano M Tkachev I Wiedemann U "Review of the safety of LHC collisions" 2008 Phys. Rev 35 115004
- [5] Lange P "Calculation of Hawking Radiation as Quantum Mechanical Tunneling" 2007 UPTC F07 085
- [6] Sumit R Das, J. Astrpphys. Astr. 1999, 20, 131-148
- [7] Niblaeus C "Simulation of Quantum Black Hole collisions at the LHC with PYTHIA" 2011 arXiv:
- [8] Giddings, S. B. och Mangano, M. L. (2008a). Comments on claimed risk from metastable black holes. arXiv:0808.4087.
- [9] Krook, A. Forskare: Nu kan jorden gå under, *Expressen* (9 sept. 2008). (2008),
- [10] Koch, B., Bleicher, M. och Stocker, H. (2009), Exclusion of black hole disaster scenarios at the LHC, *Phys. Lett. B* 672, 71–76. arXiv:0807.3349.
- [11] Giddings, S. Thomas, S. "High Energy Colliders as Black Hole Factories: The End of Short Distance Physics" 2002, arXiv:hep-ph/0106219v4
- [12] Landsberg, G. "Black holes at future colliders and beyond" 2006, arXiv:hep-ph/0607297v1"
- [13] Pettersson, T. "CERNs Acceleratorer – en kort introduktion" PowerPoint, EDMS:1220969
- [14] Vitanov, A. "Black Hole Thermodynamics, Hawking Radiation and Information Loss Paradox" PowerPoint, 2009

[15] Enberg, R. "Extra dimensioner i partikelfysik och kosmologi" PowerPoint, 2006

[16] Zee, A. "Quantum field theory in a nutshell", 2003, ISBN 0-691-01019-6