

Prosjekt om strengteori

av

Gard Sætre og

Magne Søby

Innholdfortegnelse:

1) <u>Forord</u>	side 3
2) <u>Innledning</u>	side 4 – 5
3) <u>Historie</u>	side 6 – 8
4) <u>Ekstra dimensjoner</u>	side 8 – 9
5) <u>Budbringerpartikler</u>	side 10 – 11
6) <u>Svarte hull</u>	side 11 – 13
7) <u>En mekanisk streng</u>	side 13 – 16
8) <u>Kommentarer</u>	Side 16 – 17
9) <u>Synspunkter på strengteorien</u>	side 17
10) <u>Litteratur liste</u>	side 18

Forord:

Man har lenge vært klar over problemet med å ha to teorier for å kunne beskrive alt rundt oss. Det var først etter at strengteori kom på banen at man kanskje kunne klare å beskrive alt ved hjelp av en teori, og ikke bruke den som var mest passende. At strengteori har en såpass mystisk opprinnelse helt tilbake fra 1968, hjelper også på å skape litt blest om den. Men den har hatt hard medfart opp igjennom årene. Det å si at det ikke er en fysisk teori fordi den ikke bygger på noen eksperimentelle resultater er for eksempel blitt gjort. Bare det å si at den fungerer best under 11 dimensjoner, er jo å be om bråk. At en slik teori som har et så enkelt grep som å gjøre om byggesteinene fra punktpartikler til strenger skal klare (i teorien selvfølgelig) å beskrive gravitasjon på kvantenivået, med forutsetningen av gravitonet, var nok mye av det som inspirerte fysikere til å fortsette å jobbe med den. Den har hatt flere høyder i sin karriere, som for eksempel den vellykkede beskrivelsen av svarte hull i samsvar med entropien til hullet. Dett er noe Stephen Hawking tidligere hadde beskrevet, eller den matematiske utledningen av roterende strenger som stemte rimelig godt overens med de eksperimentelle grafene av såkalt regge-spor.

Innledning:

Helt siden Newtons berømte oppdagelse av tyngdekraften, har fysikere prøvd å forklare alt som skjer rundt oss ved hjelp av formler og regler. Newton klarte aldri å finne ut hvorfor tyngdekraften virket som den virket, men han klarte å definere regler, om hvordan tyngdekraften virket på et legeme. Det viste seg at det kom til å ta over 200 år før noen fant ut hvordan tyngdekraften virket. Rundt 150 år etter Newtons oppdagelser fant fysikeren Maxwell sammenhengen mellom elektrisitet og magnetisme. To områder innen fysikken som alltid hadde blitt sett på som to helt forskjellige krefter. Maxwell kom frem til sine tre berømte ligninger og ble kjent for det. Det var ikke før Einstein kom på banen at mysteriet rundt tyngdekraften ble løst. Etter å ha kommet fram til mange sammenhenger i fysikken og mottatt nobelprisen i fysikk, ble Einstein besatt på å finne en ligning som kunne forene gravitasjonen og elektromagnetismen. Hvis det ble funnet en sammenheng mellom disse kreftene kunne man forklare alt som skjer trodde Einstein. Dette viste seg å være veldig vanskelig, for gravitasjon og elektromagnetisme har så store ulikheter at Einstein grublet på hvordan å forene de helt fram til sin død. Over 30 år hadde han da brukt kun på denne tilsynelatende umulige oppgaven. For å gjøre ting verre, fant Niels Bohr ut på 30 tallet at verken Newtons gravitasjon eller Maxwells elektromagnetisme kunne brukes på atomer. De viste seg å være enda flere krefter, sterke og svake *nukleære krefter*. Disse var igjen noe helt for seg selv. Fantet det virkelig ingen måte å kunne forklare alt rundt oss i en eneste universal ligning? Er alt som skjer rundt oss så komplekst at en ligning faktisk er umulig? Eller er strengteori svaret på Einsteins drøm om å kunne forklare alt. Strengteori kan være det som trengs for å endelig kunne få en sammenheng mellom alle de tilsynelatende uforenelige kreftene. Hvis man tar til ettertanke hvor uforenelige de forskjellige kreftene er, blir det kanskje lettere å forstå hvorfor strengteori kun kan brukes hvis man antar 11 dimensjoner og parallelle univers.

Disse tankene er science fiction for mennesker flest, men er det egentlig så umulig at det finnes parallelle univers og flere dimensjoner enn det øyet kan se?

I standardmodellen for atomer tenker er en seg at elementærpartikler og kvarker er punktpartikler, dette er også vist eksperimentelt, ned til en viss størrelse. Strengteorien sier at alt er bygd opp av bitte små strenger, små sirkler av energi som vibrerer og vrir seg. Alt ettersom hvordan disse strengene vibrerer og vrir seg, får man forskjellige energinivåer. Det er disse energinivåene som bestemmer hvilken partikkel den beskriver. For å illustrere hvor små strengene faktisk er; tenk deg at et atom er på størrelse med vårt solsystem, da ville en streng vært på størrelse med et vanlig tre. I denne verdenen vi lever i idag, opplever vi kun fire dimensjoner, høyre-venstre, fram-tilbake, opp-ned og dimensjonen for tid. Ligningene i strengteori forutsetter at det skal eksistere 11 dimensjoner. Dette er jo 7 mer enn det vi opplever daglig, så hvor er resten skjult? En forestiller seg da at disse også er veldig små. Så små at vi ikke merker dem. Hvis man kan litt kvantefysikk, vet man at det er ikke hundre prosent sjanse for at noe skal skje. Man kan bare regne ut sannsynligheten for at noe skal skje. For eksempel kan man regne ut hvor stor sjanse det er for å finne et elektron i en viss avstand fra atomkjernen. Det er nettopp ved hjelp av kvantefysikk man kan tenke seg de parallelle universene. For å ta et eksempel; hvis man er på byen og bestiller seg en øl. Det er ikke sikkert man får den ølen man hadde håpet på. Hvis utestedet har fem forskjellige tappekraner med fem forskjellige øltyper, er det bare en-femtedels sjanse for at man får den ølen en vil ha. Det er like stor sjanse for å få hvilken som helst av de fem øl typene. Da er det ikke så vanskelig å forestille seg at alle de fem utfallene faktisk skjer samtidig. Men hvis alle utfallene skjer samtidig, da har man plutselig flere parallelle univers, på en ganske forståelig måte. Dette høres veldig fjernt ut og kan virke som tull, men husk jorda har en gang vært flat, alle visste det og det var en godtatt sannhet. Eller jorda er universets sentrum. Det er farlig å si at noe er helt feil, en vet aldri hva som faktisk stemmer og hva som ikke stemmer. Hva hvis man en gang finner ut at det faktisk er strenger, og prøver å dele dem? De vil bare da danne nye mindre strenger, og vi er tilbake til utgangspunktet.

Historie:

En kveld i 1968 satt en enslig student, Gabriel Veneziano og kikket gjennom gamle matematikk bøker i håp om å finne det matematiske beviset for "den sterke kraften", som holder kjernen til alle atomer sammen, binder protoner til neutroner. Etter å ha kikket gjennom endel bøker, kom han til en bok som handlet om utregninger og teorier gjort av den sveitsiske matematikeren Leonhard Euler. Mens han bladde gjennom boken fant han en 200 år gammel ligning som tidligere ble sett på som matematisk nysgjerrighet. Etter å ha kikket nærmere på denne ligningen så han at ligninger forklarte "den sterke kraften". Han publiserte en artikkel på dette og ble verdenskjent. Dette var starten for strengteori. Denne formelen endte opp hos den amerikanske fysikkstudenten Leonard Susskin. For han var denne formelen så enkel å forstå at det virket rart, og han hadde oppdaget noe underliggende med denne formelen. Det første som gikk opp var at denne formelen omhandlet en type partikler med en indre struktur som kunne vibrere. Det virket som partiklene kunne gjøre mer enn det man trodde om vanlige punkt-partikler. Det gikk opp for Leonard at denne indre strukturen var en streng. Ikke bare kunne denne strengen trekke seg sammen eller bli strekt, men den kunne også vibrere fra side til side. Leonard skrev en artikkel om denne revolusjonerende oppdagelsen og ville naturligvis publisere denne fordi han var sikker på at ingen andre i verden hadde kommet frem til det samme. Leonard så for seg ære og berømmelse. Siden artikkelen før publisering må gjennom en gruppe som bestemmer hva som publiseres og dette var på den tiden da partikkelfysikk var på topp, og nye partikler ble funnet nesten ukentlig, ble han avvist. Dette var ikke verdt å publisere. Det virket som strengteorien ble avvist i fødselen, og interessen sank kraftig blant andre fysikere. En fin oppdagelse men den har ingen betydning i naturen. De eneste som fortsatt trodde på strengene var pionerene, de regnet og regnet, men det viste seg å bare komme flere og flere problemer med teorien. Strengteorien forutsetter mange

elementer som ikke er bevisst, f.eks. Taccchion et partikkel som beveger seg fortere en lyset, og et masseløst partikkel aldri før sett i naturen.

I 1973 var det kun en håndfull fysikere som strevde med den vanskelige matematikken og fysikken rundt strengteori. Uansett hva de gjorde, reduserte dimensjonene fra ti til fire, ble kvitt de ukjente partiklene, det var fortsatt ufine svar og veldig vanskelig matematikk. I over fire år prøvde fysikeren Joe Schwarz å finne ut av ligningen for strengteori, byttet om på rekkefølger, gjorde om her og der, men kom ingen vei. Da Joe var på nippet til å gi opp alt, kom han til å tenke på tyngdekraften. Ingen før han hadde tenkt på hvordan denne virket inn på teorien og størrelsen på strengene. Hvis man antok at en streng var hundre milliarder milliarder ganger mindre enn et atom ble et av teoriens svakheter en nødvendighet. Den masseløse partikkelen viste seg å være en graviton. Den partikkelen som lenge var trodd å overføre gravitasjon på kvantenivå. Denne sensasjonelle oppdagelsen gjorde at Joe laget en artikkel om den. Han sendte inn artikkelen til oversyn, men heller ikke denne gangen ble strengteorien tatt på alvor, og ble avvist. Men Joe ble ikke satt ut av dette, han hadde sett "The holy grail" og fortsatte arbeidet sitt. Hvis det var gravitoner som bestemte gravitasjonen på kvantenivå, så må disse være bindeleddet for "teorien som beskriver alt". Det er jo nettopp å forene EM, den sterke og svake kraft, og gravitasjon som virker umulig. For å kunne bevise dette og for å bli kvitt noen matematiske feil, jobbet Joe og en kollega, Michael Green, i fem lange år. De visste at dersom de matematiske feilene ikke lot seg løse, var teorien bare å glemme. En teori som ikke holder matematisk duger ikke til noe. En natt i 1984 kom gjennombruddet. Etter så mange år med prøving og feiling, omgjøring og klundring, bestemte de seg for å putte inn bestemte verdier. Hvis verdiene på begge sider av ligningen var like, så var det egentlig ikke noen matematiske feil, og da var strengteorien matematisk fri for hull. De satte inn verdier og fikk 496 på den ene siden og etter mye regning fikk de også 496 på den andre siden. Det var nå bevist at strengteorien ikke bare kunne bevise gravitasjonen, men også de andre kreftene. Sammenbindingen av de tidligere uforenelige kreftene var et faktum, og det virket som Einstein livslange drøm kunne oppfylles. Dette beviset ble publisert og strengteorien blomstret som aldri før. På kun et år økte antall strengteori fysikere fra en håndfull til flere hundre. Årene gikk og strengteorien blomstret som aldri før. Det som tidligere virket som en håpløs drøm var nå en "ustoppelig" virkelighet, men bak fasaden

om fremgang gikk det egentlig ikke så bra som mange trodde. Det som egentlig skulle være en teori for alt, hadde utviklet seg til ikke mindre en fem forskjellige teorier. Fem forskjellige teorier som skulle forklare alt. Strengteoretikerne hadde vært litt for flinke. Alle de fem teoriene var bygd opp av strenger og ekstra dimensjoner men de var ikke i harmoni med hverandre. Dette reiste mange vanskelige spørsmål for fysikerne, var en av de fem teoriene riktig?, hvem av de var riktig?, og siden alle teoriene skulle forklare universet, hvem bodde da i de fire andre universene, siden bare en av teoriene forklarte vårt univers. Det virket igjen som strengteorien ikke holdt mål, og mange fysikere ga seg. Det var ikke før Edward Witton kom inn i bildet at denne gåten ble løst. På en strengteori konferanse i 1995 skulle Ed fremføre en presentasjon, og han ville gjøre til noe helt spesielt. Siden det nå var fem forskjellige teorier, ville han prøve å bli kvitt noen av de. Ikke bare ble han kvitt noen av de ekstra teoriene men han kom fram til en eneste ligning, og han skulle vise hvordan på konferansen. Fra Eds perspektiv var det egentlig ikke fem forskjellige teorier men fem forskjellige måter å se på samme ting. Denne nye teorien ble kalt M-teorien. Strengteorien var reddet og nå var det kun en teori. Denne suksessen ga imidlertid fysikerne et nytt problem, for den teorien som før hadde krevd tilstedeværelse av ti dimensjoner krevde nå elleve dimensjoner, og det viste seg at den nye teorien skjulte mer enn noen kunne ane da den kom. Denne nye teorien forutsa at det i tillegg til strenger fantes nye objekter som er større enn strengene, men fortsatt så små at vi enda ikke har oppdaget de. Disse objektene er membraner som svever rundt.

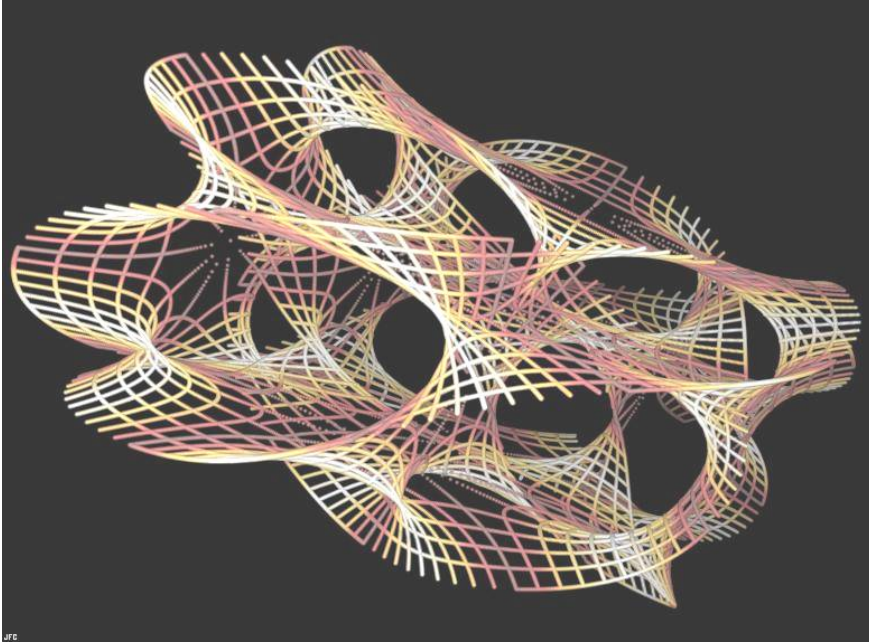
Det som virker merkeligst med strengteorien er de ekstra dimensjonene den trenger. Her kommer en liten forklaring på hvorfor den trenger disse og hvordan de kan se ut.

Ekstra dimensjoner i strengteori:

En viktig del av strengteorien er tilstedeværelsen av flere dimensjoner enn de fire vi ser til vanlig, de tre dimensjoner for volum og en for tid. Grunnen til dette er, at strengteorien forutsetter partikler (ennå ikke bevist) som i en fire-dimensjonalt univers har en negativ sannsynlighet for finnes. Dette er et ganske stort dilemma for fysikerne. Skal man godta at det finnes partikler med en negativ sannsynlighet for å bli funnet, eller skal man godta at

det finnes flere dimensjoner en man kan se. Siden den første antakelsen ikke gir noen som helst mening, forutsetter man at det finnes ekstra dimensjoner. Siden denne antakelsen har vært godtatt en mange år, har man prøvd å finne ut hvor disse dimensjonene er, hvordan de ser ut og hvilken påvirkning de har for strengteorien. For å svare på hvordan dimensjonene kan se ut, er det spesielt en teori der som har utmerket seg. Hvis man tenker seg rommet som et rutenett, delt oppe i veldig veldig små ruter, så vil det på hvert eneste punkt i dette rutenettet være en bitte liten seks-dimensjonal dimensjon (For illustrasjon se figur 1). Når det kommer til spørsmålet om hva disse ekstra dimensjonene gjør for strengteori, så ligger disse helt til grunn for strengteorien. Som tidligere sagt, så kommer det an på hvordan er streng vibrerer og beveger seg som forteller oss hvilken partikel som blir bygd. Det er nettopp disse seks-dimensjonale ”vridde kulene” som påvirker hvordan en streng vibrerer og beveger seg. Disse teoriene gjelder fortsatt den dag idag, men etter Ed Wittons revolusjonerende konferanse trengte man elleve dimensjoner for å kunne forklare strengteorien. Denne nye M-teorien vekket en ny og kanskje en enda merkeligere begrunnelse for de ekstra dimensjonene. Eds teori la grunnlaget for membraner, disse membranene kan med nok energi bli like svære som et univers. Disse membranene kan også variere i antall dimensjoner. Kanskje det er slik at vårt univers bare er en av et uendelig antall membraner. I et høyere dimensjonelt rom.

Fig 1:



Antydninger:

Her kommer et par eksempler som styrker strengteorien, og som gjør det letter å forstå hvorfor den får så mye oppmerksomhet som den gjør.

Budbringerpartikler (messenger particles):

Selv om det kan virke som om det er mange forskjellige krefter som virker i dagliglivet, kan alt oppsummeres til fire krefter. De fire kreftene er gravitasjon, elektromagnetisme, sterke kjernekrefter og svake kjernekrefter. Siden de to sistnevnte har et virkeområde fra 10^{-15} til 10^{-17} meter, legger man ikke så lett merke til dem. Derimot så ser man resultatet av dem over alt, det er nemlig de sterke kjernekreftene som holder atomkjærnene stabile, ved "lime" sammen protoner og nøytroner. De svake kjernekreftene er de som f.eks.

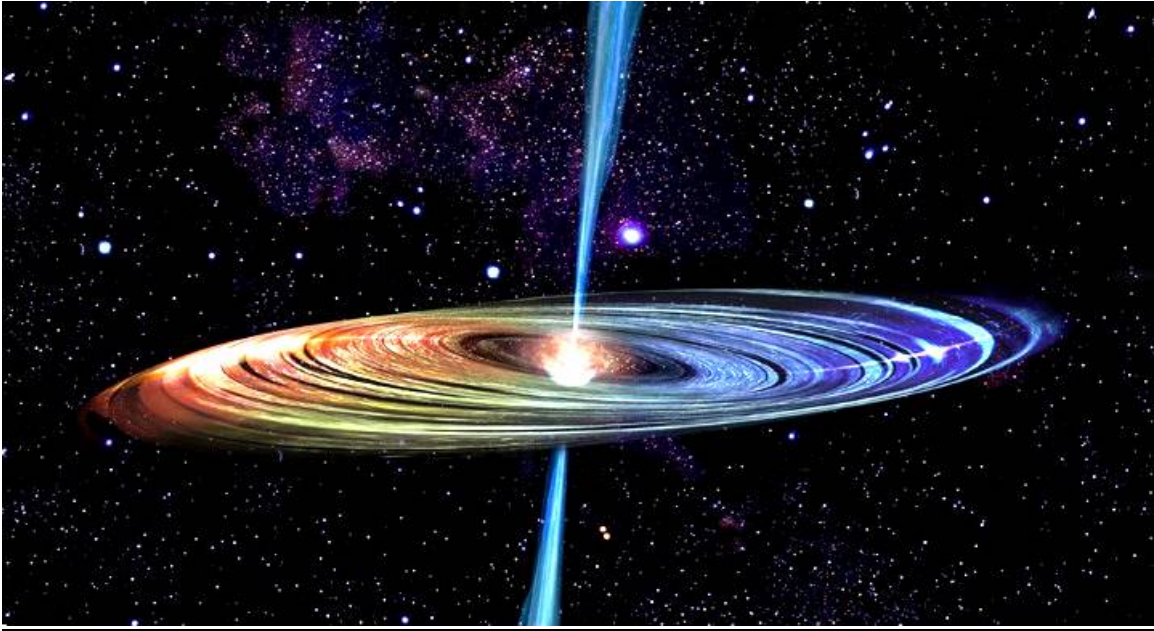
forårsaker radioaktivitet. De to kreftene vi legger mest merke til blir da gravitasjon og elektromagnetisme. Disse to er de kreftene man tenker over til vanlig.

Hva krefter er, er jo et tema. Og ikke minst hvordan de virker på ”ting”. På 70-tallet ble det funnet massevis av partikler og noen av disse ble gjenkjent som budbringerpartikler for tre av kreftene. Disse partiklene er det minste kvant kreftene kan virke med.

Sterke kjernekrefter	Gluoner
Svake kjernekrefter	Gauge Bosoner
Elektromagnetisme	Fotoner

Siden det er fire krefter, hvorfor har man bare kunnet finne tre budbringerpartikler? Strengteorien slet på den tiden med en del matematiske problemer, og en masseløs partikkel som dukket opp av ligningene. John Schwarz var en de få personene som jobbet med det på midten av 70-tallet. Han foreslo etter fire år med tavleskriving at ligningene beskrev gravitasjon. Det viste seg at den masseløse partikkelen de hadde hatt så store problemer med å bli kvitt, sannsynligvis var den lenge ettersøkte partikkelen for gravitasjon, kalt *Graviton*. Dette er partikkelen som skal formidle gravitasjonskreftene på det mikroskopiske nivået. Dette ”funnet” av gravitoner medførte at strengteorien nå kunne beskrive hvordan gravitasjon virket innenfor kvantemekanikken. Strengteori kunne nå snakke om gravitasjon på det mikroskopiske nivået, noe som andre teorier bare kunne drømme om. Andre teorier, som Newtons mekanikk og relativitetsteorien ble konstruert for å beskrive gravitasjon. Strengteori hadde fått at gravitasjonen måtte eksistere. Det vil si at man kan utlede en sammenheng mellom relativitetsteorien og kvantemekanikken fra strengteori.

Svarte hull:



Som nevnt tidligere har man nå kommet frem til to teorier for å forklare alt som skjer rundt oss. Den ene teorien virker på store objekter og den andre virker på veldig små objekter. Dette høres veldig bra ut, men som med alt annet finnes det også her unntak. I denne sammenhengen er det ikke slik at en kan gjøre om på litt også virker det. Disse unntakene er så ekstreme at de ikke lar seg løse. Et eksempel på dette er svarte hull. Et svart hull er en gigantisk masse krympet ned til en lite punkt. Siden hullet har en enorm vekt virker det logisk å bruke relativistisk regning, men siden hullet bare er et punkt burde man bruke de kvantemekaniske lovene. Det som gjør dette så vanskelig er at disse to lovene ikke virker sammen. Kvantemekanikken beskriver alltid sannsynligheten for noe. Sannsynligheten for at en partikkel kan befinne seg på et gitt punkt, og lignende. Prøver man å kombinere den relativistiske teorien og kvantemekanikken ender man opp med en sannsynlighet som er uendelig, noe som ikke gir noen mening.

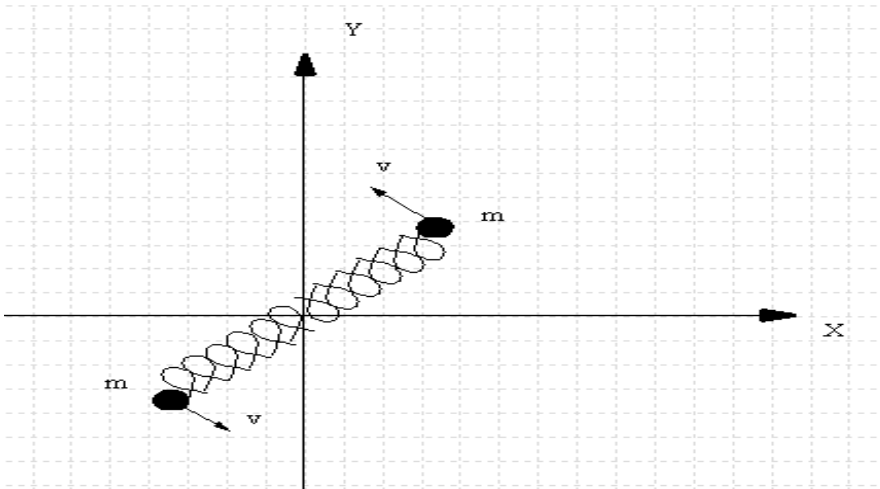
Egenskapene til svarte hull var lenge et mysterie. Det ble sagt at "svarte hull har ikke noe hår", med dette mente man at var at det var vanskelig å finne noe som skilte svarte hull fra hverandre. Etterhvert ble det oppdaget at svarte hull har masse, ladning og spinn, men utenom disse egenskapene fant man ingenting som skilte to hull fra hverandre.

I 1970 foreslo en student ved navn Jacob Bekenstein at svarte hull har entropi. Entropi er et tall som sier noe om graden av orden. Høy entropi beskriver uorden, mens lav beskriver orden. En veletablert lov i termodynamikk sier at alt går mot høyere entropi, altså uorden. Siden ting blir ”sugd” inn i et svart hull, skulle det ha en meget høy entropi. Stephen Hawking var ikke enig dette i begynnelsen, for hvis et svart hull har entropi skal det også ha utstråling, men det er jo svart. Hawking viste senere at svarte hull faktisk har utstråling (1974). Det blir sagt at svarte hull gløder, men, dette er ikke eksperimentelt bevist. Hva har så strengteorien å si om det her? I 1996 publiserte to fysikere ved navn Andrew Strominger og Cumrun Vafa, en artikkel som satte strengteorien i samsvar med svarte hull. De viste hvordan de med ligningene til strengteori kunne bygge opp svarte hull fra bunnen av, med de egenskapene hullene har. Dette ble naturligvis gjort teoretisk. Det neste de gjorde var å se på antallet bestanddeler som kunne forandres, uten at de observerbare egenskapene til svarte hull, dets masse og ladning ble annerledes. De sammenlignet så det tallet med entropien for det svarte hullet. Dette tallet stemte eksakt med det Hawking hadde regnet ut tidligere. De hadde klart å gjøre rede for sammenhengen mellom bestanddelene for et svart hull og entropien ved bruk av strengteori.

En mekanisk streng:

Strengteori har ingen eksperimenter som entydig bekrefter de teoretiske resultatene. Nå skal vi se på et eksempel som har en eksperimentell sammenheng med den matematiske teorien.

La oss først betrakte et system som består av en masseløs fjær med en masse, m , i hver ende. Denne roterer om sin egen akse.



Dette er helt analogt med en fjær som er festet i origo med masse m i enden, og som kan rotere friksjonsfritt.

N2 gir da $m \frac{v^2}{r} = kr$ hvor k er fjærkonstanten og r er radius.

$$\Rightarrow r = v \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Vi er interessert i å utlede en sammenheng mellom banespinnet og totalenergien for systemet.

$$L = \vec{r} \times \vec{p} \Rightarrow L_z = rp = rmv \Rightarrow L_z = (v \sqrt{\frac{m}{k}})mv = mv^2 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Totalenergien er gitt ved den potensielle energien lagret i fjæra, og den kinetisk energien til massen med fart.

$$E = \frac{1}{2}kr^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(v\sqrt{\frac{m}{k}})^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mv^2 \quad \Rightarrow \quad E = L_z \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\Rightarrow E_{total} = 2L_z \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Vi ser her da at klassisk er det en lineær sammenheng mellom E og L . Strenger er jo tenkt på som byggesteinene, det at de kan rotere og/eller forflytte seg med fart opp mot lyshastigheten er et interessant tilfelle.

En streng har i følge teorien kun todimensjonal utstrekning i rommet (≤ 2 sjekk opp!!!).

$$\Rightarrow F(x, y, z, t) = F(x = x_1, y = x_2, z = x_3 = 0, t = x_0 = \frac{a}{c} \tau)$$

Man ønsker så å beskrive x_1 og x_2 retningen med kun en parameter, og etter litt regning som vi ikke tar med her (matematikken er for vanskelig) får man $x_n(\sigma, \tau)$ $n = 0, 1, 2, 3$

Så velger man et standard ortonormalt rom, definert med følgende rammebetingelse:

$$\dot{x}^2 + x'^2 = \dot{x} \cdot x' = 0$$

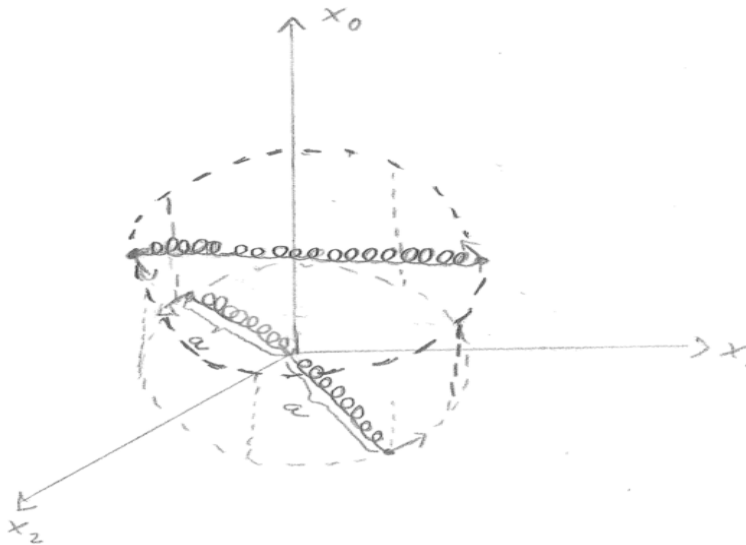
Her er ikke indreproduktet det euklidske men Lorentz-invariants. Definert som:

$$\dot{x}_n \cdot x'_n = \frac{\partial x_0}{\partial t} \frac{\partial x_0}{\partial \sigma} - \frac{\partial x_1}{\partial t} \frac{\partial x_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial x_2}{\partial t} \frac{\partial x_2}{\partial \sigma}$$

Man parametriserer da strenger som følgende:

$$x_0 = ct = a\tau \quad x_1 = a \cos \sigma \cos \tau \quad x_2 = a \cos \sigma \sin \tau \quad x_3 = 0, \text{ hvor } a \text{ er halve lengden av strengen.}$$

Man tenker seg følgende figur:



Hvor $r = a \cos \sigma$ beskriver bevegelsen til strengen i x_1, x_2 planet. Vi kontrollerer parametriseringen ved å se på farten i endepunktene (merk: her antas det ikke en masseløs fjær).

$$\left(\frac{\partial x_1}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_2}{\partial t}\right)^2 = \left(-\frac{ca}{a} \cos \sigma \sin \frac{c}{a} t\right)^2 + \left(\frac{ca}{a} \cos \sigma \cos \frac{c}{a} t\right)^2 = \frac{c^2 r^2}{a^2} \left(\sin^2 \frac{c}{a} t + \cos^2 \frac{c}{a} t\right).$$

$$= \frac{c^2 r^2}{a^2} = c^2 \text{ hvis } r = a \Rightarrow v = \sqrt{v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2} = \sqrt{c^2} = c$$

Har videre oppgitt at momentet for en streng av denne typen er gitt som

$$p_n = \int_0^\pi P_n(\tau, \sigma) d\sigma,$$

og har videre oppgitt at med den parametriseringen vi har, gir oss $P_n = cTa\pi\delta_{n0}$.

δ_{n0} er definert slik at den er 0 for alle $n \neq 0$ og 1 for $n = 0$.

$\Rightarrow$ strengen har totalmoment i retning x_0

$$\Rightarrow P_0 = cTa\pi \text{ og med } m = \frac{P_0}{c} = Ta\pi$$

Spinnet for en slik streng vil også virke i samme retning. $J_0 = \vec{r} \times m\vec{v}$.

$$\text{Spinnet er gitt som } J_0 = \int_0^\pi (x_1 P_2 - x_2 P_1) d\sigma = \frac{\pi c T a^2}{2}$$

$$\Rightarrow J = (c^2 T a \pi)^2 \frac{1}{2c^3 T \pi} \text{ lar så } \frac{1}{2c^3 T \pi} = b$$

$$\Rightarrow J = b(mc^2)^2$$

Spinnet er lineært avhengig av kvadratet av energien. Dette er faktisk ganske likt det klassiske uttrykket. For å finne denne sammenhengen ble det gjort en del forsøk på begynnelsen av 70-tallet, disse ble kalt Kald regge-spor. Et regge-spor av partikler som består av tre kvarker. Man fant ut at denne tilnærmingen passet ganske bra for endel partikler. Man skal være forsiktig å påstå at dette er et eksperimentelt vitne for strengteorien, men det kan jo være en antydning på at en er inne på noe.

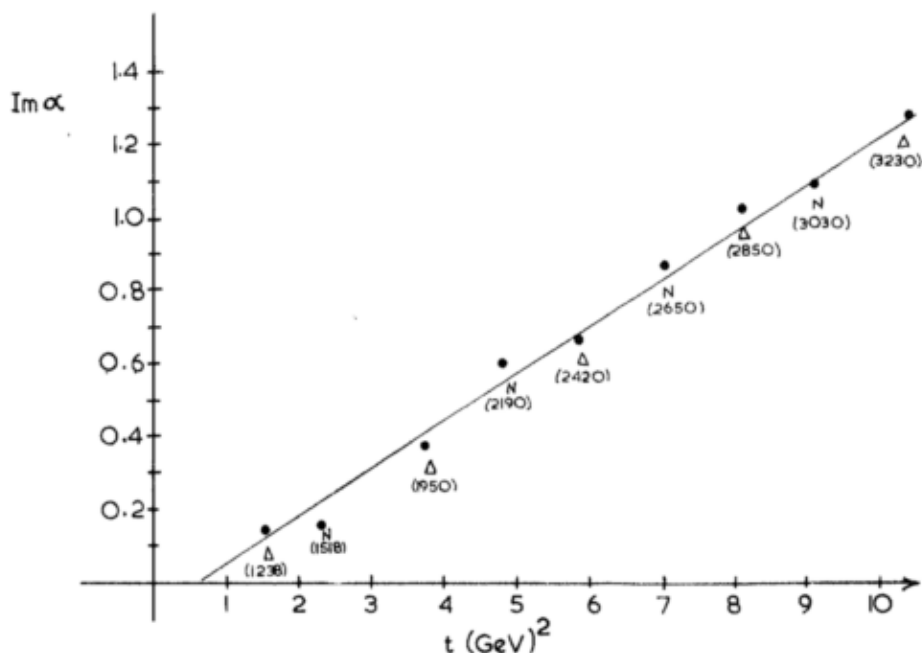


Fig. 13. A plot of $\text{Im } \alpha$ against t for the two baryon trajectories which have the greatest number of established resonances.

P.D.B. Collins Regge Theory and Particle Physics, Physics Reports 1, 103-234 (1971).

Kommentar

Kritikken mot strengteori har vært hard opp gjennom årene. Spesielt ble det brukt at fysikere som jobbet med dette var mer opptatt av skjønnhet og harmoni, enn fysikken bak. Fysikk ble og blir nok fortsatt sett på som en stort sett eksperimentell vitenskap. Når man da jobber med en teori som ikke lar seg testes eksperimentelt på mange år, kanskje til og med aldri vil en del hevde, hvor ligger da fysikken i det du jobber med? Det å si at en teori aldri kan bli testet er en veldig farlig uttalelse. Før Einstein kom på banen var alle sikre på at alle de fysiske lovene var blitt utledet. Det er også endel fysikere som mener strengteorien ligger på grensen til en filosofi. De som holder på med strengteori kan argumentere så mye de vil, men de kan ikke bevise noe av det, når det kommer til stykket

De vet ikke om teorien faktisk fungerer på den måten de tror, eller om den virker i hele tatt. Kan man ikke bevise teorien er den ikke annet en en tanke, en filosofi.

Strengteori er en meget enkel (bortsett fra alle dimensjonene og den ekstremt vanskelige matematikken) måte å se hvordan universet er bygd opp på, men om den faktisk er riktig er det ingen som kan svare på enda. Det man kan svare på er at universet er stort, og det er nok mye mer om dets natur vi ikke vet enn vet.

Helt til slutt tar vi med noen synspunkter på strengteorien.

“The string theorists have a theory that appears to be consistent and is very beautiful, and I don’t understand it.”

Sheldon Glashow, Boston University

“If string theory unifies gravity with the other forces, then I think we’ll be within our rights to ring a bell and say, ‘Hey, this is it.’”

Steven Weinberg, University of Texas at Austin

Litteratur liste:

- The Elegant Universe, dokumentar, 2002, (<http://www.Pbs.org/wgbh/nova/elegant>)
- Beyond String Theory (<http://tena4.vub.ac.be/beyondstringtheory/>).
- P. di Vecchio, Introduction to string theory, forelesninger på NORDITA Masterclass in physics, Hillerød, Danmark 20-28.7.2001 (<http://www.nordita.dk/conference/masterclass2001/>).
- P.D.B Collins, Regge Theory and particle physics, physics reports 1, 103-234, 1971.
- Brian Green, The elegante universe, 1999.
- B. Zwiebach, A first course in string theory, 2004.
- Steven Weinberg, Dreams of a final theory, 1992.
- P.C.W Davies and Julian Brown, Super string, a theory of everything?, 1988