



Det levende univers

Helle og Henrik Stub

3. udgave

TILLÆG

**ASTRONOMERNE FINDER GULD VED
HJÆLP AF TYNGDEBØLGER**



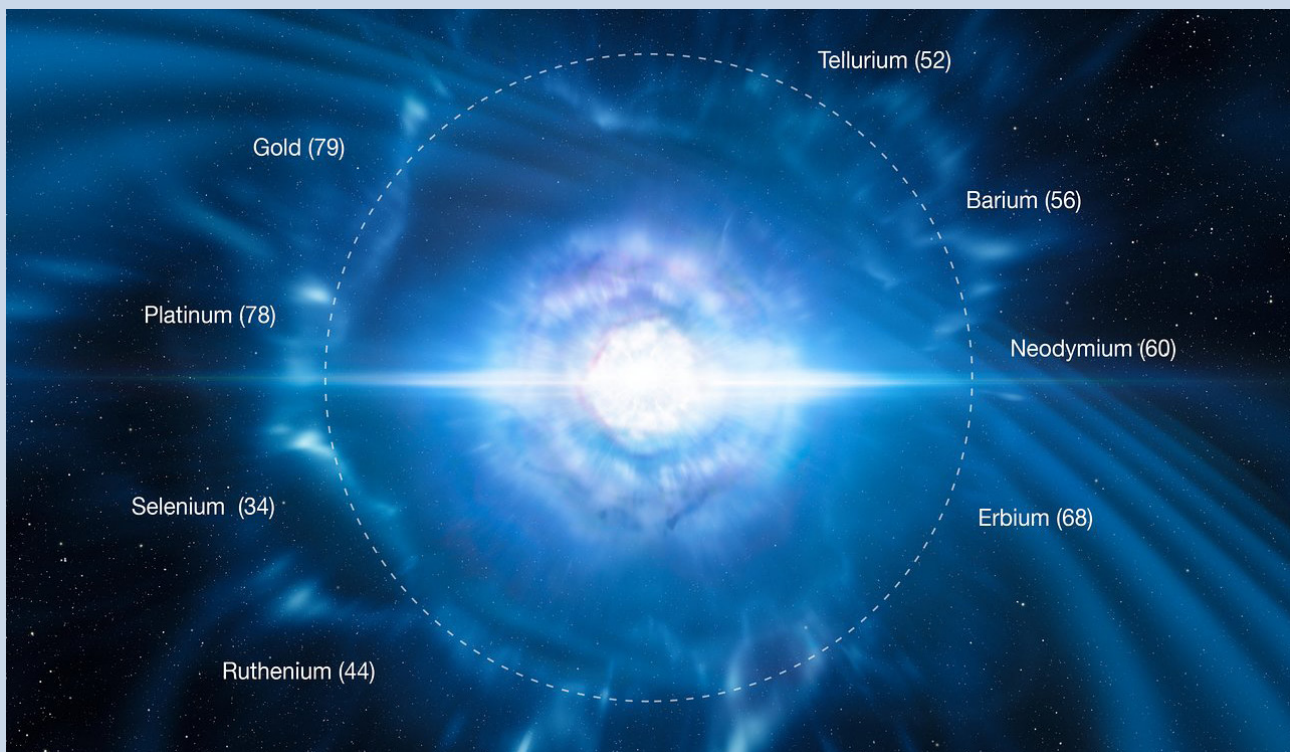
PRAXIS – Nyt Teknisk Forlag

ASTRONOMERNE FINDER GULD VED HJÆLP AF TYNGDEBØLGER

Helle og Henrik Stub

Den 17. august 2017 målte astronomerne for femte gang tyngdebølger, som passerede Jorden, og den store nyhed var, at de for første gang så selve kilden til bølgerne. Det blev også dagen, hvor man kom et stort skridt nærmere til at forstå, hvordan universet danner de tungeste grundstoffer som guld, platin og uran.

Nyheden blev anset for at være så betydelig, at den blev præsenteret på en stor pressekonference 16. oktober, hvor man havde nået at analysere de indsamlede data. Indtil da måtte de mange astronomer, som var med til at analysere og måle, ikke sige et ord – og det kunne være ganske svært, når man sidder på et kontor sammen med andre kolleger, og man ikke engang må vise dem sin computerskærm.



En kunstners opfattelse af en kilonova eksplosion og nogle af de grundstoffer, der dannes. Kilde: ESO/L. Calçada/M. Kornmesser

En nat man husker

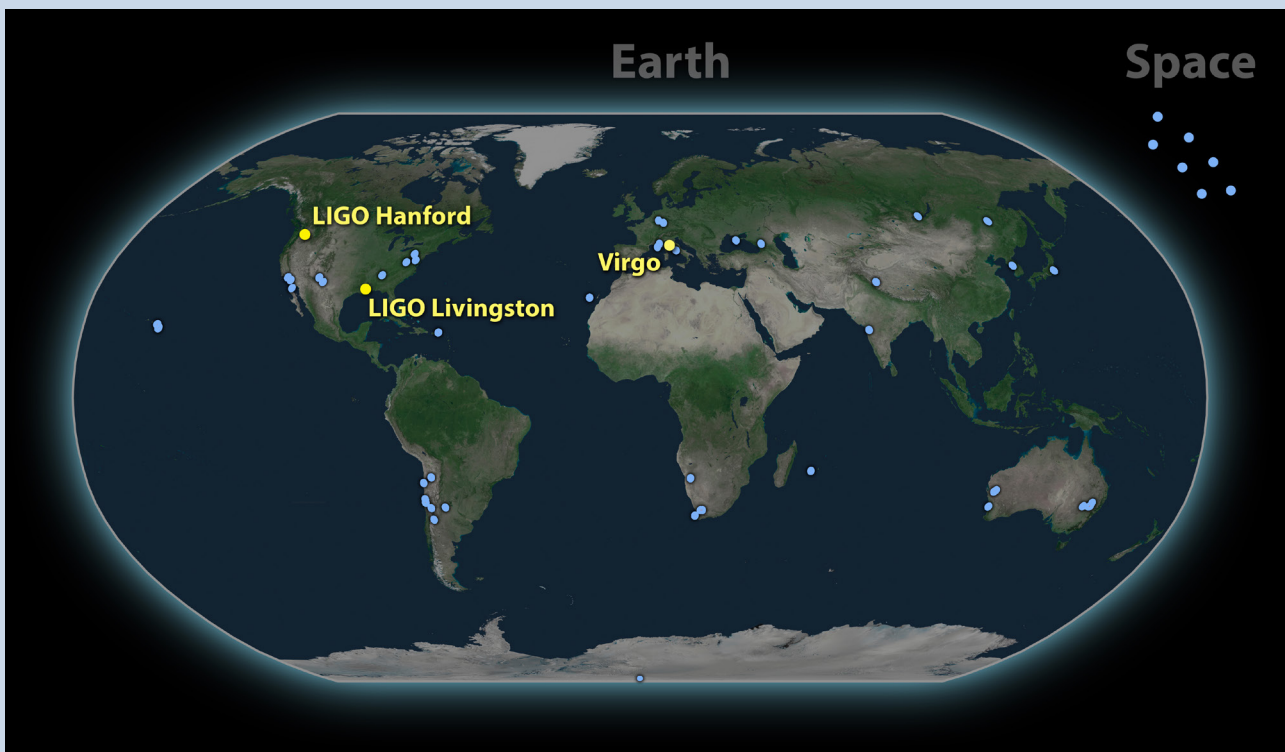
Det begyndte med, at de to LIGO observatorier i USA sammen med et tilsvarende observatorium VIRGO i Italien opfangede tyngdebølgerne. Bare to sekunder senere kom der alarm fra to satellitter, som måler gammastråling fra rummet, nemlig NASAs Fermi-teleskop og Europas Integral satellit. De havde begge observeret et gammaglimt – netop noget man ville forvente fra en kilde, der udsender tyngdebølger. Endnu var der ingen, der havde set noget, men kilden havde allerede fået navnet GW170817 for Gravitational Wave observeret 17. august 2017.

Der var få millisekunders forskel på de tider, tyngdebølgen blev registreret på de tre observatorier. Det kunne man bruge til at indskrænke det område på himlen, hvor

kilden måtte være, til 43 kvadratgrader. Selv om det kun er en lille del af himlen, så er det over 200 gange større end det areal på bare 0,2 kvadratgrader, som Månen dækker, så der er millioner af stjerner og galakser at undersøge.

Astronomerne blev nu ret optimistiske, for de to satellitter havde målt, at gammaglimtet kom fra det samme område, og da gammaglimtet også var set inden for et par sekunder af tyngdebølgerne, var sandsynligheden høj for, at tyngdebølgerne og gammaglimtet kom fra samme kilde. Da gammaglimt normalt ledsages af et kraftigt lysudbrud, var der en god mulighed for hurtigt at finde kilden ved at lede efter noget, som lignede en nova.

Nu var alarmerne gået, og da natten faldt på i Chile, var en lang række teleskoper parate til den store eftersøgning.



De mange steder, der blev observeret fra. Kilde: ligo.org

Til denne opgave skulle man bruge mindre teleskoper, som har et stort synsfelt, og dem er der en del af.

Det blev amerikanerne, der kom først, med det bare en meter store spejlteleskop Swope. Og som noget, der er ganske typisk for moderne astronomi, sad astronomen, der opdagede kilden, ikke i en kuppel ved siden af teleskopet. Den unge astronom Charles D. Kilpatrick sad såmænd på sit kontor på University of California i Santa Cruz syd for San Francisco og analyserede de billeder, der i al hast blev sendt fra Chile. På det niende billede opdagede han en klar blå prik i en gammel galakse med katalognummeret NGC 4993. Det er en gammel såkaldt linsegalakse, der er en overgangsform mellem elliptiske galakser og spiralgalakser. Den findes i stjernebilledet Hydra og har en afstand på bare 130 millioner lysår.

Kilpatrick slog hurtigt alarm, og det store Magellan teleskop med to 6,5 meter spejle blev nu rettet mod kilden, og de første spektre taget. Samtidig havde ESOs teleskoper nu fundet infrarød stråling fra kilden, og de var ikke sene til at bringe det tunge skyts i anvendelse: VLT teleskopet, som har fire spejle, hver med en diameter på 8,2 meter, og ALMA, der observerer i mikrobølgeområdet.

Som tiden gik, blev det også mørkt på Hawaii, og det betød, at flere teleskoper kom i gang med at observere. I alt har omkring 70 observatorier bidraget med målinger.

Er kilden en kilonova?

Derefter var det bare at holde kilden under nøje opsyn i de følgende uger. Ret hurtigt ændrede farven sig fra blå til rød, og nu blev der taget et stort antal detaljerede spektre. De mange målinger førte efterhånden frem til, at et begreb i astronomien, nemlig kilonovaen, blev hentet frem.

Begrebet stammer fra 2010, og navnet siger, at en kilonova lyser 1000 gange så stærkt som en almindelig nova. Dermed udsender en kilonova meget mindre lys

end en ægte supernova, der udsender 10-100 gange så meget lys som en kilonova.

Kilonovaen blev i sin tid ”opfundet” som den bedste model til at forklare både gammaglimt og dannelsen af de tungeste grundstoffer. Ifølge modellen består en kilonova af to neutronstjerner, der kredser om hinanden. Herunder udsender de energi i form af tyngdebølger, og på grund af energitabet vil de to neutronstjerner nærme sig hinanden og til sidst støde sammen, og i de fleste tilfælde sikkert ende som et sort hul.

Modellen har tre fordele:

- Den kan forklare dannelsen af et gammaglimt
- En kilonova vil udsende tyngdebølger
- Kilonovaen er den eneste model, der kan forklare dannelsen af de tungeste grundstoffer

Vi har været et heldige med, at GW170817 kun befinder sig 130 millioner lysår borte. Neutronstjerner har jo masser på under tre solmasser, og det betyder, at de tyngdebølger, der udsendes, ikke er ret stærke. Den eneste grund til, at de blev opfanget, var, at afstanden kosmologisk set er lille. De tidligere observerede kilder er baseret på sorte huller med meget større masser, hvilket viser, at LIGO og VIRGO kan observere dem over afstande på flere milliarder lysår.

En guldmine i rummet

Det formodes, at de tungeste grundstoffer i universet er dannet ved den såkaldte r-proces, hvor grundstofkernerne opbygges ved en meget hurtig indfangning af neutroner. Denne indfangning skal ske så hurtigt, at kernen ikke kan nå at beta-henfalde, før en ny neutron er indfanget. Til sidst får man en masse kerner med et enormt overskud af neutroner, og når disse kerner så henfalder, bliver resultatet de tunge grundstoffer, vi kender fra det periodiske system.

Problemet har været, at almindelige supernovaer har svært ved at leve op til kravet om på meget kort tid at producere et meget, meget stort antal neutroner. Derfor har de svært ved at danne de observerede mængder af de meget tunge grundstoffer.

Neutronstjerner er i sagens natur storleverandører af neutroner, og når to neutronstjerner støder sammen, kommer der en ufattelig stærk neutronstråling. Når disse neutroner støder ind i de glødende gasmasser, som også udsendes, og som i forvejen indeholder forholdsvis tunge atomkerner, så kan r-processen få frit løb – også selv om neutronstrømmen måske kun varer et sekund.

Man er langt fra færdig med at analysere spektrene, men de viser tegn på, at der er tunge grundstoffer i gasmasserne fra gammaglimtet. Der er således fundet grund-

stof nummer 52 Tellur og grundstof nummer 55 Cæsium. Men vi er som sagt kun ved begyndelsen af analysen.

Et vigtigt spor er, at farven så hurtigt skiftede fra blå til rød, med et strålingsmaksimum i det infrarøde. Det kan bedst forklares ved, at de nydannede meget tunge grundstoffer effektivt absorberer synligt, kortbølget lys, men lader langbølget, infrarødt lys slippe igennem.

Beregninger baseret på målingerne viser, at der ved det observerede gammaglimt er dannet mindst 16.000 jordmasser af tunge grundstoffer. Heraf udgør guld 100 jordmasser og platin 10 jordmasser. Det skulle være nok til at forsyne en galakse med den nødvendige mængde meget tunge grundstoffer, også selv om der kun er en kilonova med 10.000 års mellemrum.

