

LIVETS HISTORIE

Aller først kom Big-bang. Det var for 13,73 milliarder år siden.

Med utgangspunkt i Big Bang-teorien har astronomene matematisk skrudd tiden tilbake, til en milliondel av en milliondel av et sekund etter ursmellet.

0 sekunder. Det store smellet var en singularitet med uendelig temperatur og tetthet, (i følge den generelle relativitetsteorien).

Etter 10^{-43} sekunder. Balansen mellom materie og anti-materie vippet over i favør av materie. Det antas at vakuumenergi med frastøtende tyngdekraft forårsaket den voldsomme ekspansjonen.

Etter 10^{-35} til 10^{-33} sekunder. Inflasjonsperioden. Universet hadde en kort periode med inflasjon (superekspansjon som var raskere enn lyset), som forklarer skillet mellom totalt og observerbart univers. Kvarker og antikvarker dominerte.

Etter 10^{-5} sekunder = 0,000010 sekunder = 10 μ s.

QGP-perioden (quark-gluon plasma perioden) var en suppe av elementær-partiklene kvark og gluon. Gluoner er «limpartikler» som holder kvarkene sammen.

Kvark-gluon-plasma ble til kjernepartikler (hadronisering), og det ble dannet protoner, nøytroner, mesoner og baryoner.

Etter omkring 1/100-dels sekund var temperaturen 100 milliarder C°. Universet inneholdt for det meste fotoner, elektroner og nøytrinoer og deres antipartikler, samt noen protoner og nøytroner.

Etter 1 sekund var universet nedkjølt til ca. én million C°. Protoner og nøytroner dannet kjerner i hydrogen, helium, litium og deuterium.

I de første hundretusener år var universet et plasma-blanding av atomkjerner og elektroner ugjennomsiktig for lyset.

Etter 300000 år hadde temperaturen sunket til 3000°C. Skille mellom stoff og energi. Lette atomer ble dannet av atomkjerner og elektroner: hydrogen, helium og litium.

Etter 380000 år. Det ble større avstand mellom protoner og elektroner og universet ble gjennomsiktig, fotonene fikk mer plass og lyset slapp løs.

Det synlige univers var imidlertid mye større enn 380000 lysår.

Etter 1 milliard år. Hoper av stoff dannet kvasarer, stjerner og proto-galakser. Stjerner begynte å produsere tyngre atomkjerner.

For ca. 11 milliarder år siden oppsto alle galaksene omtrent samtidig.

Etter milliarder av år ble tyngre elementer som karbon og oksygen dannet i senteret av massive stjerner. Når stjernene eksploderte ble grunnstoffene spredt ut i universet.

For over 4,6 milliarder år siden. En stor roterende molekylsky av gass av hydrogen og helium og støv samlet seg i rommet. Det fantes bare ca. 60 ulike mineraler.

Til å begynne med hadde støvskyen lav tetthet.

En sjokkbølge fra en nærliggende supernova-eksplosjon utløste komprimering av molekylskyen.

Etterhvert begynte skyen å trekke seg sammen og det ble dannet tettere roterende klumper hvor tyngdekraften fikk overtak.

For over 4,57 milliarder år siden. I midten av malstrømmen oppsto en klump som ble så stor

og varm at den begynte å lyse. Dermed var en stjerne født, som ble vår Sol. Malstrømmen fortsatte å virvle, og ble flatet ut, og mindre klumper dannet planeter. Lette stoffer som gass og vann ble kondensert i de ytre planetene. I tillegg ble vann og gass blåst vekk fra de planetene som var nær Sola.

Før 4½ milliarder år siden. Jorda ble dannet i den tredje innerste ringen. Den første større masse «støvsugde» etterhvert resten av ringen for mindre fragmenter. Formen var uregelmessig da massen var liten. Med økt tyngde ble formen etterhvert rund. Tyngdekraften presset massen sammen slik at temperaturen økte. I tillegg bidro radioaktivitet, meteoritnedslag og bevegelsesenergi fra tidevannskrefter til temperaturøkning. Theia, en søsterplanet til Jorden på størrelse med Mars, gikk i samme bane som jorden.

Før 4½ milliarder år siden, mindre enn 50 millioner år etter dannelsen av solsystemet. Theia tok gradvis igjen jorden (Tellus) og det ble en kjempekollisjon. Kollisjonsenergien førte til en roterende glødende sky av fordampet stein. Theias jernkjerne sank inn i jordens kjerne. Det meste av Theias mantel, og en betydelig del av jordas mantel, ble knust og sprayet ut en støvsky i bane rundt jorden, men mye falt tilbake. Inne i støvskyen samlet det seg materiale til en flytende ildkule som etterhvert kondenserte og ble til Månen. Avstanden til jorden var bare 22530 km.

Hele jordkloden smeltet og det ble en omveltning i massene, sortert etter massetetthet. De tyngste stoffene sank dypest inn, og ble til en kjerne av jern og nikkel. Lenger ut samlet tyngre mineraler seg i en mantel eller kappe.

Før over 4 milliarder år siden. Jordoverflaten var et hav av magma (smeltet stein). Kollisjoner med gjenværende fragmenter avtok og overflaten begynte å kjøles ned. Ytterst størknet en skorpe av lettere bergarter med mye silisium. Tynne flak av størknet stein, fløt som isflak på et hav. Platene beveget seg, sprakk opp, skrubbet mot hverandre og kolliderte pga. strømninger i den underliggende magmaen. De ble knust av hyppige meteornedslag eller slukt av omveltninger i magmahavet like fort som de ble dannet. Omfattende vulkanisme fulgte plategrensene. Mange steder ble skorpen fortykket gjennom disse prosessene. Når fortykkede skorpedeler kolliderte ble de ofte hengende sammen.

Ny lava kom opp i vulkaner. Over tusen nye mineraler ble laget her. Vulkanene spydde ikke bare ut lava og vulkansk aske, men også en rekke gasser, deriblant vanndamp. Jorden hadde derfor en tett, varm og fuktig atmosfære. Men så lenge temperaturen var høyere enn vannets kokepunkt, kunne det ikke dannes vann som lagde hav.

Jordskorpen ble tykkere og dekt av et grunt hav, med lite tørt land. Dyphav fantes ikke. Jordskorpen begynte å erodere nedenfra. Deler av den sank ned i mantelen. Det ble dannet dyphav og verdenshav og kontinentene ble tørrlagt.

Før 3,8 milliarder år siden. Abiogenesen. Livet oppsto på jorda. Det oppsto en type molekyler som kunne kopiere seg selv. Sannsynligvis RNA-molekyler. Trolig utviklet arvestoffet seg uten beskyttende cellemembran. Encellede cyanobakterier (blågrønne alger) ble dannet i havet. De brukte karbon (C) som byggesteiner i cellene som de skaffet seg ved fotosyntese ved at CO₂ ble tatt fra atmosfæren og O ble skilt ut. Hydrogen (H₂O) ble tatt opp fra luften.

Før 3½ milliarder år siden. Jordskorpa størknet. Varmt skum av vulkansk stein slo mot kyster. Tunge skyer tømte seg i urhavet. Lyn sto som trær av ild ned i bølgene. Urhavet boblet og den fuktige lufta i den tidlige atmosfæren, inneholdt nitrogen og hydrogen sammen med ammoniakk og metan.

Før 3½ milliarder år siden. Encellede arkebakterier (Archea) og Eubacteria skilte lag.

Før 3,4 milliarder år siden. Stromatolitter, fossilerte blågrønnalger, ble dannet i tidevannssonen i varme grunne havområder hvor det vokste matter av sammenfiltrede algetråder. Mens algene vokste fanget trådene opp kalkslam og andre mineralpartikler. Dette

ga opphav til lagdelte eller tuelignende stromatolittstrukturer. Algene er brutt ned og råtnet bort, bare sedimentstrukturene som står igjen som stromatolitter. Verdens eldste fossiler er 3,5 milliarder år gamle stromatolitter funnet i Vest-Australia. Europas eldste fossiler er 1,8 milliarder år gamle stromatolitter funnet i bergarten Dolomitt på Lille Raipasfjell i Alta i Norge.

Før 2 milliarder år siden. Økningen av oksygennivået i havet førte til oksidering av jern.

For 2 milliarder år siden. Atmosfæren ble for første gang fylt med fritt oksygen (fra fotosyntese). Det var omtrent 3% oksygen i atmosfæren. Oksygenet reagerte også med steiner og dannet nye mineraler.

For 2,1 milliarder år siden. En symbiose mellom prokaryotene Archea og Eubacteria hvor den ene spiste den andre ble til en ny celletype; eukaryotene.

Eukaryoter var mikroskopiske encellede organismer som levde i overflatevannet. De fikk cellekjerne med kjernemembran som la grunnlaget for kjønnet formering.

For 1,5 milliarder år siden. Akritarker ble utviklet, muligens fra grønnalger. De var encellede organismer under 0,1 mm store med en motstandsdyktig organisk ytre vegg.

For 1,3 milliarder år siden hadde bakteriene fjernet nok CO₂ fra atmosfæren, og tilført nok O₂, til at andre livsformer kunne utvikles.

Ozon ble dannet i atmosfæren. Ozon absorberte livsfarlige ultrafiolette stråler fra solen og det ble mulig for livsformer å etablere seg høyt i vannmassene og i grunne havområder, hvor det var rikelig med lys for fotosyntese.

For 1 milliard år siden. Eukaryotene ble til de første flercellede organismene.

For 750 millioner år siden. Havene var oksygenfattige og fylt med giftig H₂S, som ble dannet av hydrogensulfidproduserende bakterier. Havene var O-fattige. Det var umulig for avansert liv å utvikle seg.

For over 700 millioner år siden. Plantene og sopp utviklet seg fra grønnalger. Plantene kunne tåle lengre perioder med uttørking og høy lysintensitet.

For 700 millioner år siden. Istid. Jorden gjennomgikk en massiv nedkjøling, og hele jordkloden ble dekt av et tykt lag is.

Det store kontinentet Rodinia brutt opp i flere mindre deler.

For 700 millioner år siden. Prekambrium.

De første flercellede organismene utviklet seg. De var bygd av mykt vev som var i slekt med dagens svamper. Det var noen få arter som hadde global utbredelse.

Livet besto for det meste av svamper, maneter og alger. Maneter oppsto nesten samtidig med svampene og har utviklet seg svært lite fram til idag.

For 635 millioner år siden. Istid. Jorden gjennomgikk en ny massiv nedkjøling. CO₂-nivået var 7500 ppm.

For 600 millioner år siden.

Det var fire kontinenter, hovedsakelig på den sydlige halvkule.

1) Laurentia: Nord-Amerika, Grønland og litt av Nordvest-Europa.

2) Sibir.

3) Baltika: Østlige Nord-Amerika og Europa. Norge lå på det Baltiske skjold 60° syd.

4) Gondwanaland var et superkontinent som besto av Syd-Amerika, Afrika, Antarktis, India og Australia.

På den nordlige halvkule var det nesten bare vann.

De første, enkle livsformene kunne klare seg med små mengder oksygen som ble dannet av blågrønnalger i havet. Atmosfærens O-innhold holdt seg likevel konstant fordi oksygenet i

atmosfæren ble brukt til å bryte ned døde alger. ($2O + C \rightarrow CO_2$.) CO_2 -nivået var 5000 ppm.

Fra 542 til 510 millioner år siden. Kambrium.

Oksygen i atmosfæren ble oppløst i havet. Utallige livsformer utviklet seg i havet. De fleste hadde kalkskjelett.

Havdyr utviklet skall til beskyttelse. Små dyr fikk skall av fosfat. Kisel (silika) ble brukt av svampdyr. Større dyr tok i bruk kalk (kalsiumkarbonat). Dyr med skjelett kunne vokse seg større og sterkere. Leddyr (Arthropoda) som kunne bevege seg og svømme ble til rovdyr. Dyregruppene som oppsto var pigghuder, nesledyr og armføttinger.

For 535 millioner år siden. Små virvelløse dyr (ormer, bløtdyr) med et ytre skall.

Trilobittene var de første dyr som man kjenner til. De var leddyr som levde av råtnede rester på grunn havbunn. Trilobittene som døde ut for 245 millioner år siden.

Cyanobakterier (blågrønnalger) bygget opp stromatolitter (algematter) i det grunne varme havet.

525 millioner år siden. Grunnstammen til de fleste dyregruppene var utviklet i havet. Bare mosdyrene manglet.

På land var det nesten ingenting, med unntak av grønnalger.

For 450 millioner år siden. Plantene koloniserte land, ofte i symbiose med sopp.

For 450 millioner år siden. Istid.

445 millioner år siden. Den ordovisiske-siluriske masseutryddelsen.

I løpet av tre millioner år ble 86% av alle arter og 57% av alle slekter utryddet. Hendelsen knyttes til istid og gjentatte variasjoner i havnivå.

445–415 millioner år siden. Silur.

Isbreer smeltet og havet steg.

Grønland og Nord-Amerika (Laurentia) og Europa (Baltika) kolliderte. Iapetushavet mellom kontinentene forsvant og havbunnen ble til den kaledonske fjellkjede, verdens største fjellkjede, 6000 km lang. Det nye Euramerika-kontinentet (Old Red-kontinent) lå i tropene. Norge lå ved ekvator.

Storkontinentet, Gondwanaland, lå nediset ved Sydpolen.

De første landplanter (mose og kråkefotplanter) begynte å spire. Algene dominerte havet.

Leddyr. Fiskene var under utvikling. Insektene utviklet seg og var enerådende på land.

For 428 millioner år siden ble det tidligste sporet av liv på landjorda avsatt i Skottland av *Pneumodesmus*, et cm-langt fossil av et tusenbein, i nærheten av Stonehaven i det øst-skotske grevskapet Aberdeenshire.

For 425 millioner år siden levde krepsdyret *Colymbosathon eplecticos* i Storbritannia.

Krepsdyret som var ca. 0,6 cm stort, levde på rev på 200 m dyp. Det kunne svømme og var en av forfedrene til muslingkrepsene. Fossilet ble bevart i vulkanaske. Det er det første fossilet med en tydelig penis.

For 420 millioner år siden begynte virveldyr å utvikle tenner og kjever.

For over 400 millioner år siden. De første amfibiene kravlet opp på land. Ekskrementene kan ha gitt grobunn for planter.

For 400 millioner år siden. Noen planter utviklet lignin, som gjorde det mulig å danne stive stilker og heve seg over andre planter i kampen om sollys.

Karplanter med lange røtter og stive stilker og brede blader vokste på land. De slapp ut oksygen i atmosfæren ved fotosyntese, samtidig som de produserte store mengder organisk materiale i høyt tempo. Døde planter ble begravet av nye lag av døde planter. Det ble frigitt mer oksygen enn det som ble brukt til nedbrytning. Dette satte fart i karbonkretsløpet som regulerer O-innholdet i havet og atmosfæren. O-nivået økte til nåværende nivå.

Utviklingen av komplekse energikrevende livsformer som f.eks. store kjøttetere startet. Bl.a. flere meter lange kjøttetende fisker som f.eks. den nesten ti meter lange monsterfisken *Dunkleosteus*.

For ca. 400 millioner år siden. Elpistostegider var fisk som hadde gått på land for å fråttse i strandede dyr som lå igjen etter at tidevannet hadde trekt seg tilbake. De hadde finner og ble opphavet til alle landdyr.

For 395 millioner år siden. Tetrapoder, de første virveldyr med lemmer, utviklet seg fra elpistostegider, og levde i den marine tidevannssonen. De hadde forlemmer og bakben og var 2½ m lange.

359 millioner år siden. Sen-devon-utryddelsen sluttet. 75% av alle arter og 35% av alle slekter døde ut, sannsynligvis på grunn av global nedkjøling og generelt ustabilt klima.

360–290 millioner år siden. Karbon. Landområdene fulle av skoger med store trær på en fruktbar planet.

Det var tre kontinenter: Det nordlige Old Red-kontinent. Angaraland i øst besto av Sibir og deler av Mongolia. Og superkontinentet Gondwanaland som besto av Syd-Amerika, Afrika, Antarktis, India og Australia.

For 300 millioner år siden. Tetrapoder utviklet seg fra de kvastfinnede fiskene og beveget seg opp på land. (Lungefisken er den nærmeste nålevende slektningen til tetrapodene.) De første landdyrene var døve for luftbåren lyd.

For 280 millioner år siden. Istid.

For 252 millioner år siden. Massiv vulkanisme i Sibir pga. smelting i den øvre mantelen. En stor asteroide med en diameter på 50 km slo ned i Antarktis.

For 252,28 millioner år siden. Perm-trias-utryddelsen var historiens største masseutryddelse. 96% av alle artene i havet og 70% av artene på landjorda forsvant samtidig.

Årsaken kan ha vært asteroidnedslaget i Antarktis. Eller vulkanisme i Sibir. Eller metanhydratutslipp fra havbunnen.

Siden så mye biodiversitet gikk tapt brukte livet på Jorda lang tid på å komme til hektene igjen.

For 250 millioner år siden. Gondwanaland drev nordover og slo seg sammen med de andre kontinentene seg til et gigantisk kontinent; Pangea.

Europa var bunnen av Zecksteinsjøen, et svært salt innlandshav. Hele Pangaea-kontinentet var omgitt av kjempehavet Panthalassa.

Dyrelivet inkluderte bla. primitive amfibier, firbente virveldyr, reptiler og det som senere utviklet seg til pattedyr. Blattoptera, en fjern slektning av kakerlakken utgjorde trolig 90% av insektene.

Etterhvert utviklet andre insekter seg, slik som biller, fluer og sommerfugler. Odonata (øyenstikker) var et amfibisk rovinsekt med vingspenn opptil 70 cm.

For 230 millioner år siden. Små raske rovdinosaurer utviklet fjær og ble stamfedre til fuglene.

210–145 millioner år siden. Jura.

En sprekk i superkontinentet Pangea ble til Atlanterhavet og Sør-Amerika drev vekk fra Afrika. Klima ble varmere og fuktigere. Norge lå på 50°N. Plankton- og bakterierester på havbunnen ble til Nordsjøolje.

I havet var fiskeøgler, svaneøgler, muslinger, blekkspruter, sjøstjerner (pigghuder), sjøpinnsvin.

På land var det nåletrær, palmer, reptiler og planteetende dinosaurer. Flygeøgler.

For 200 millioner år siden var landdyrenes hørsel og følsomhet for luftbåren lyd utviklet. Først ble det indre ørets sanseceller endret. Mellomøreknokkelen løsnet for å øke følsomheten. Trommehinnen ble dannet og tilknyttet mellomøreknokkelen. Dette hadde skjedd i en lang og komplisert prosess, over mange millioner år.

For 199,6 millioner år siden. Trias-jura-utryddelsen. 80% av alle arter og 47% av alle slekter ble utryddet, noe som var med på å bidra til at dinosaurene kunne dominere landjorda i jura-perioden. Utryddelsen fant sted i løpet av bare 10000 år.

Årsaken kan ha vært flere massive vulkanutbrudd som førte til CO₂ og SO₂-utslipp, som igjen

førte til en voldsom global oppvarming.

For 160 millioner år siden åpnet Atlanterhavet seg og Nord-Amerika og Grønland beveget seg bort fra Norge.

I gropen mellom landmassene strømmet det opp magma og lava, og organisk materiale la seg på bunnen. Dette ble etter hvert dekt av sand og forseglet av en takbergart som hindret materialet i å sive ut. Når de geologiske forholdene lå til rette for det, ble det organiske materialet sakte, men sikkert omdannet til olje og gass.

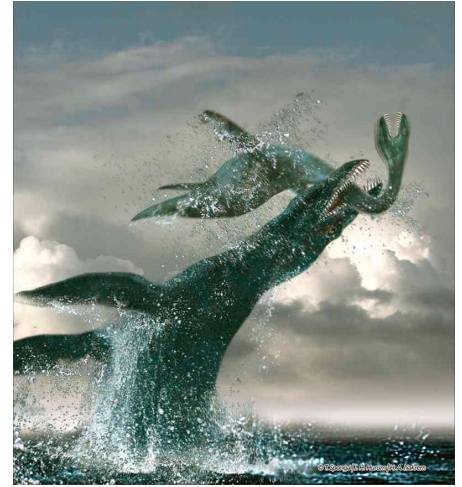
For 150 millioner år siden. Urfuglen *Archaeopteryx lithographica* var en sidegren til dagens fugler.

For 150 millioner år siden. *Pliosaurus* var en stor svaneøgle med et opptil tre meter langt hode og kraftige kjever med tenner store som agurker, kort nakke, tre meter lange luffer, og en opptil tjue meter lang kropp.

For 147 millioner år siden levde fiskeøglen *ichthyosaurus* i havet som dekket Svalbard.

Den var 5½ m lang med øyne store som kaketallerkener.

Den så ut som en fet, overspist delfin, og levde trolig av å spise blekksprut.



145-64 millioner millioner år siden i kritt.

Blomsterplantene utviklet seg. Insektene fikk en rekke nye nisjer.

Mellom 115 og 105 millioner år siden. Den første fuglen med direkte opphav til moderne fugler ble utviklet.

For 65½ millioner år siden. Kritt-tertiær-utryddelsen. En 15 km stor asteroide (meteor) slo ned ved Chicxulub utenfor Yucatán i Mexicogolfen.

Ved nedslaget ble det slynget store mengder materiale opp i atmosfæren.

Sollyset ble blokkert og Jorden ble innhyllet i mørke i ett år.

I de følgende ti årene traff bare halvparten av solens stråler jorden.

Hele økosystemet på jorden kollapset og nesten alt dyre- og planteliv døde ut.

76% av alle arter og 40% av alle slekter ble utryddet på under enn ett år.

Planteplankton overlevde ved å gå i dvale. Når lyset kom tilbake kunne cellene igjen dele seg raskt og skille ut oksygen. Planteplankton i kystområder gjenopprettet O-balansen. Deretter matbalansen, slik at andre dyr kunne få både mat og oksygen.

Flyvende dinosaurer og musestore pattedyr overlevde.

For 65 millioner år siden. Primater utviklet seg fra insektetere.

I jordens middeltid, for omkring 60 millioner år siden skjedde en voldsom utgassing. Jorda forandret vinkel i forhold til Sola. Polpunktene flyttet seg. Havbunnen endret seg og kloden fikk dagens utseende. Gassutstrømningen fra jordens indre er fullt ut tilstrekkelig til å forklare katastrofen som tok livet av dinosaurene.

For 47 millioner år siden. Nord-Atlanteren åpnet seg og ble bredere med 2 cm/år. Europa og Amerika lå nær hverandre bundet sammen av landbroer som planter og dyr kunne bevege seg over. Australia og Antarktika skilte lag. Tyskland var omtrent der Sicilia er. Fjellkjeden Alpene var ikke blitt dannet.

For 47 millioner år siden. Halvapen *Ida* levde ved en tropisk innsjø i Messel sør for Frankfurt i Tyskland. Hun ble stammor til aper og mennesker.

For 30 millioner år siden. Rødehavet åpnet seg.

For 20 millioner år siden. Island vokste på den midtatlantiske rygg.

For 115000 tusen år siden. Weichsel-istiden startet.

For 20 tusen år siden. Isen hadde maksimal utbredelse. En iskappe opptil 3000 m tykk lå over

Skandinavia, Østersjølandene og deler av Tyskland og Polen. Noen fjelltopper i Troms og Nordland sto opp av isen som nunataker. Havnivået var 120 m lavere enn dagens. Golfstrømmen svingte fra Florida mot Portugal.

For 11000 år siden. Jorda gikk i en bane som var nærmest sola om sommeren. Jordaksen hadde maksimal hellning på $24\frac{1}{2}^\circ$ og Nordkalotten hellet mot sola om sommeren. Det ble varmere og isen trakk seg tilbake.

2012 evt. Det synlige univers er ca. 14 milliarder lysår. Utenfor der er det ikke noe materie. Det totale univers er over 100 milliarder lysår.

Bakgrunnsstrålingen, eller «urlyset» som slapp løs 380 tusen år etter Big Bang, har, – etter over 13 milliarder år, fått ca. to tusen ganger lengre bølgelengde, og kan i vår tid måles som en kjølig bakgrunns-radiostråling. Lysbølgene er strukket ut fordi rommet har utvidet seg mens lyset var på vei. Temperaturen er $2,73^\circ\text{K}$ eller $2,73^\circ$ over det absolutte nullpunktet, eller -270°C . Strålingen ser ut til å være jevnt fordelt, noe som bekrefter inflasjonsperioden. Bakgrunnsstrålingen gjennomtrenger alt rom og kan brukes som referanseramme for måling av galaksebevegelser.

Universet er svært homogent og ser likt ut i alle retninger. Fordelingen av galakser er den samme i alle retninger. Og strålingen fra Big Bang, den kosmiske bakgrunnsstrålingen, er også lik i alle retninger.

«Mørk materie» utgjør mellom 70% og 99% av all masse i universet.

I vår tid er sola halvveis i livssyklusen. Den består av 75% hydrogen, 23% helium og en liten andel tyngre grunnstoffer.

Om 7,44 milliarder år blir sola til en rød dverg. Den indre kjernen er tom for hydrogen og trekker seg sammen og blir varmere.

Når temperaturen blir 100 millioner $^\circ\text{K}$, begynner heliumfusjon til karbon.

I skallet utenfor kjernen starter hydrogenfusjon til helium.

Når heliumet i kjernen er brukt opp trekkes kjernen sammen og varmes opp.

I skallet utenfor kjernen starter heliumfusjon til karbon.

Om 12,23 milliarder år. De ytre lagene vames ytterligere opp og eser ut, – kanskje helt ut til jordbanen.

Deretter blåses det ytre laget ut i rommet og lager en «planetarisk tåke» av gass som ekspanderer utover og fortynnes og tilslutt blir usynlig. Kjernen faller sammen til en hvit dverg.

To milliarder år senere blir kjernen nedkjølt og karbonatomer krystalliserer og sola blir en kjempestor diamant.

Etter mange milliarder år avgir Sola ikke noe lys og blir til en svart dverg.

Om veldig mange milliarder år. Avstandene i rommet øker ved at selve rommet øker. (Det er ikke stjernene og galaksene som beveger seg fra hverandre, slik som i en eksplosjon, men selve rommet mellom objektene som utvider seg.)

Nattehimmelen blir svart, og man kan ikke lenger se lyset fra stjernene.

Om 10^{14} år. Det ikke lenger materiale tilgjengelig for å danne nye stjerner og planeter.

Om 10^{15} år. Solsystemer og galakser går i oppløsning og utbrente stjerner og planeter svirrer rundt på egenhånd.

Om 10^{36} år. Protoner brytes ned til gammastråling og leptoner som annihilerer med elektroner.

Om 10^{40} år. All materie er brutt ned til fotoner. Kun sorte hull igjen.

Fra 10^{40} år forsvinner også sorte hull og all materie er borte.

Om 10^{1000} år. Etter enda ufattelig mange milliarder år blir også avstanden mellom atomer og kvarker større. Tilslutt løses det hele opp og blir en kvarksky med maksimal entropi jevnt fordelt over hele universet.