

DE FØRSTE STJERNENE

PRESENTERT AV RONNY HJELLAND

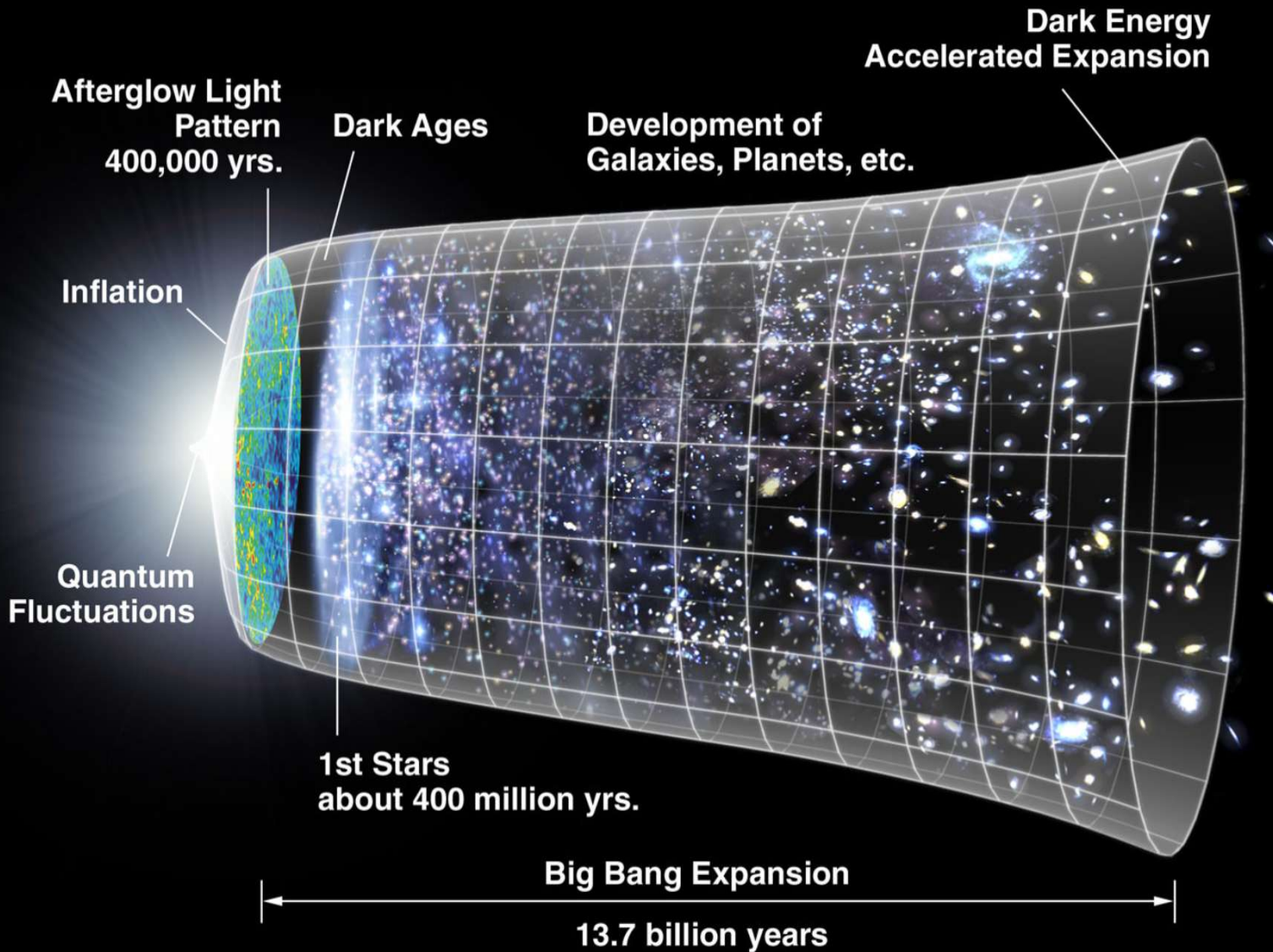
PÅ ZOOM NETTMØTE 13.04.2021

**BERGEN
ASTRONOMISKE
FORENING**



HAR DU NOEN GANG LURT PÅ.....

- Hvordan universet oppstod?
- Hvordan materie ble til av tilsynelatende ingenting?
- Hvordan universet kan utvider seg som det gjør?
- Hvordan de første stjernene ble dannet i et univers som utvider seg?

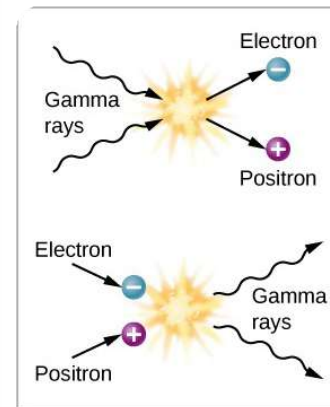
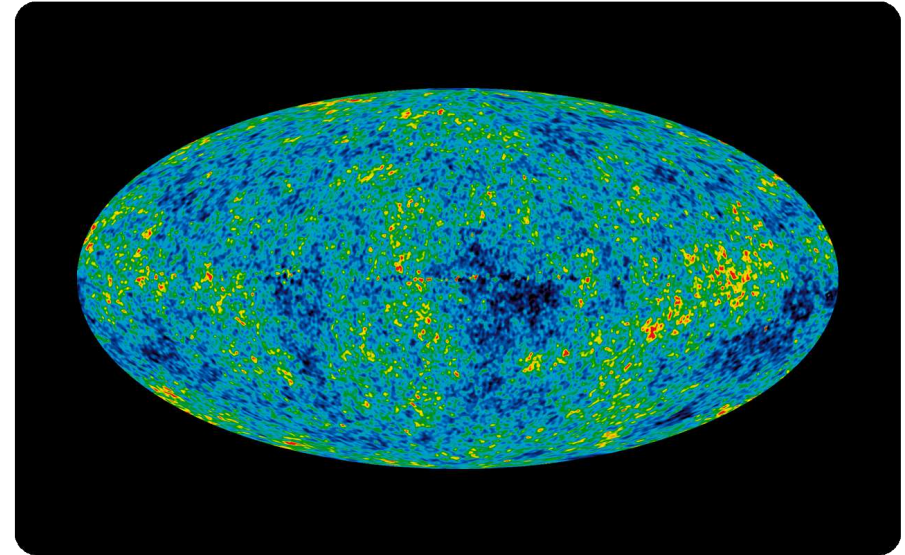


BIG BANG

- For ca. 13,78 milliarder år siden oppsto vårt univers i et glohett lite punkt. Etter en kort men voldsom inflasjon sank temperaturen så mye at kvanter med energi kunne danne de første partiklene med materie; protoner og elektroner. I begynnelsen var temperaturen så høy at elektroner ikke kunne binde seg til protoner og danne atomer.
- Universet var derfor fylt med ionisert gass.

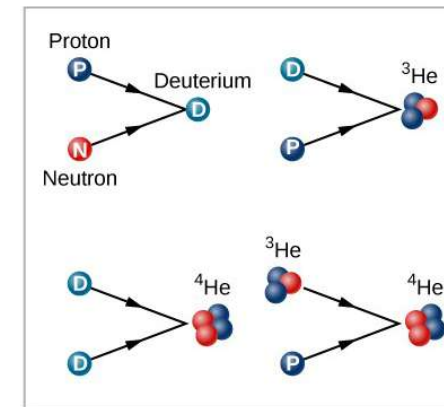
KOSMISK BAKGRUNNSSTRÅLING (CMB)

- Etter 375.000 år var temperaturen sunket til 3000K og elektroner kunne binde seg til protoner og danne nøytrale atomer.
- Universet ble nøytralt og gjennomsiktig.



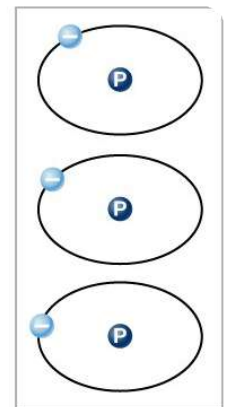
10^{-2} seconds

(a)



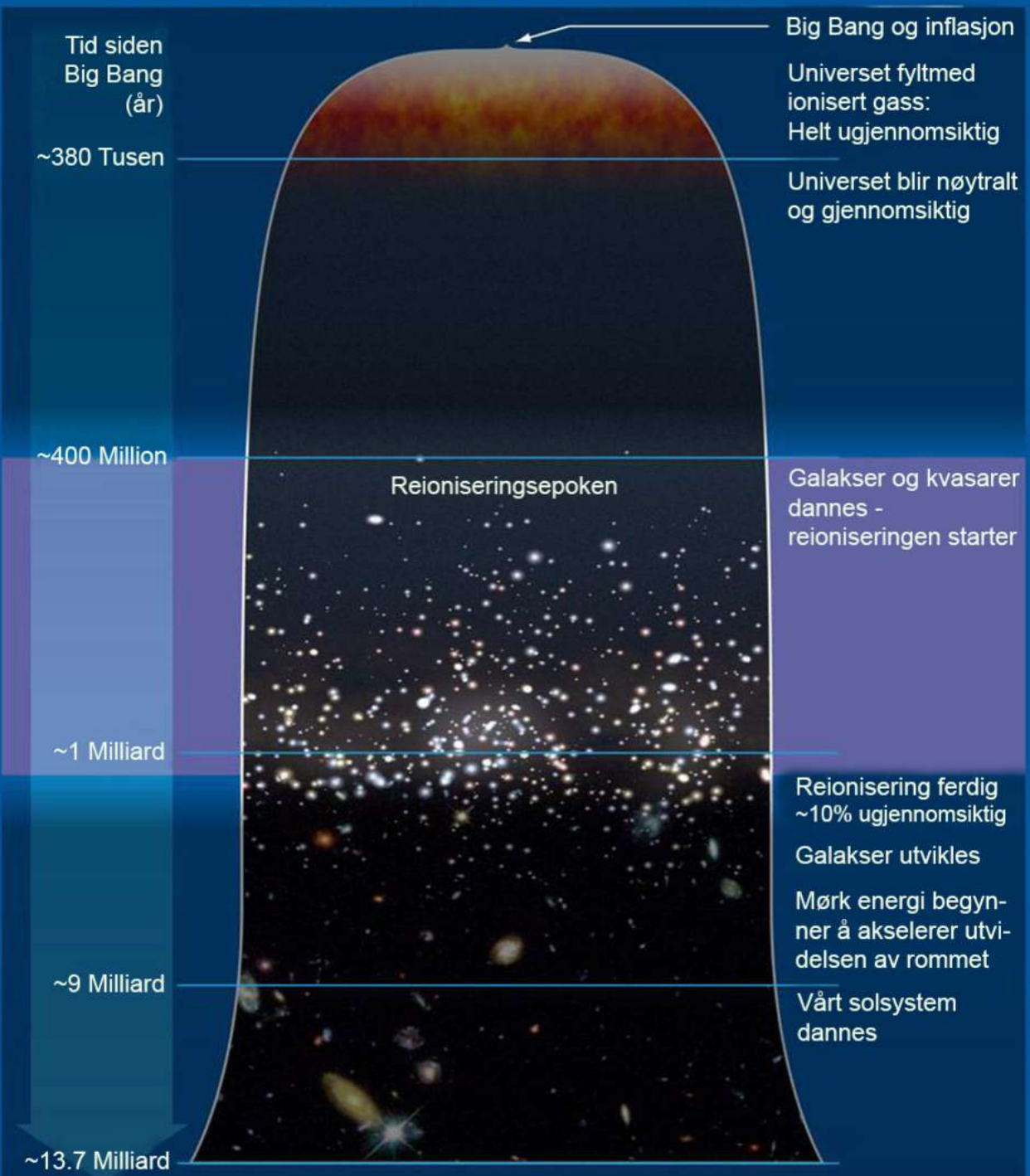
3 minutes

(b)



300,000 to 700,000 years

(c)



REIONISERINGSEPOKEN

- Etter en mørk periode som varte nesten 400 millioner år, tenner de første stjernene og reioniseringen starter.

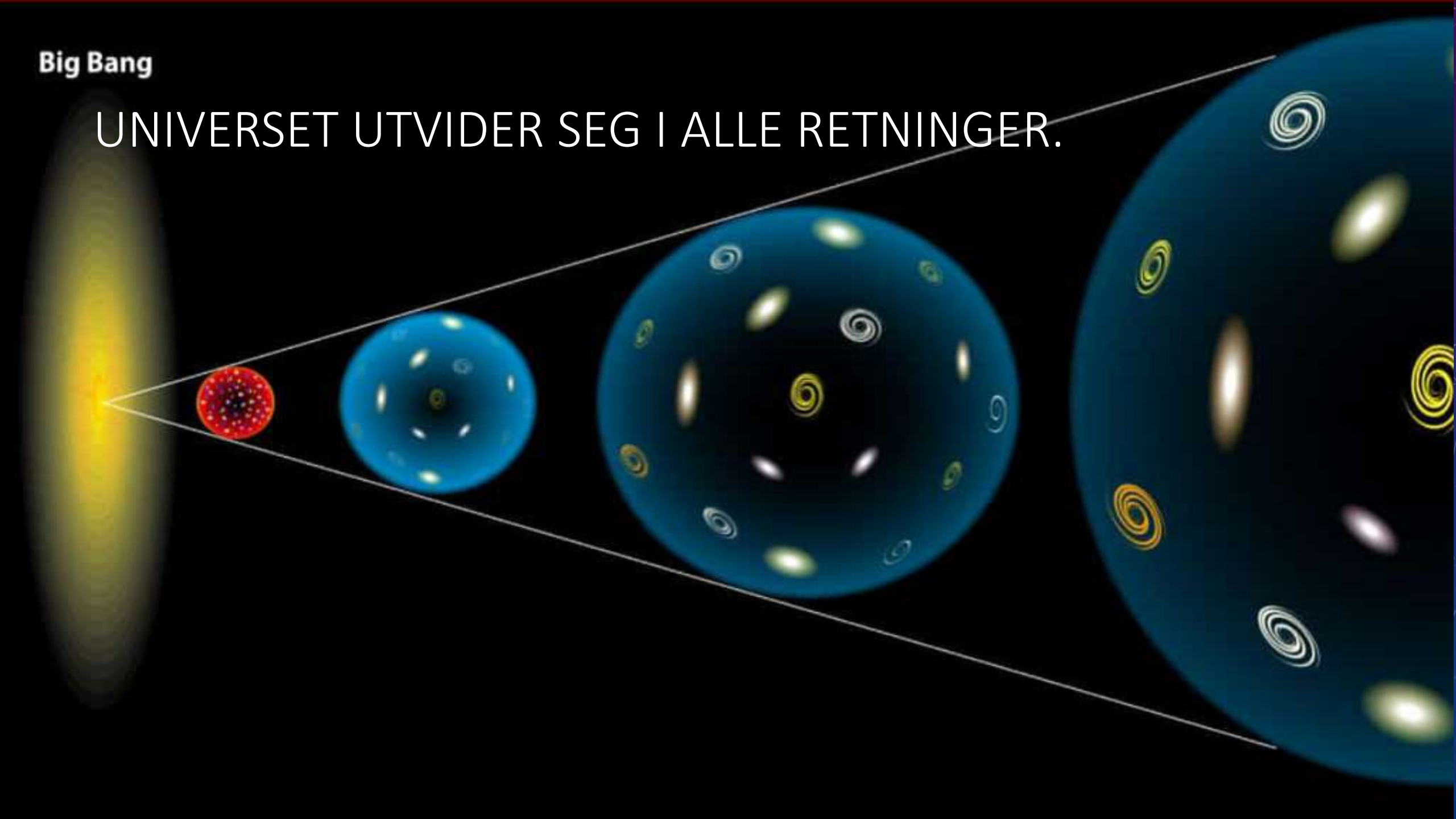
HVORDAN KUNNE DE FØRSTE STJERNENE DANNES?


- Universet utvider seg i alle retninger.
- Alle atomene driver bort fra hverandre.
- Gass virker frastøtende når den komprimeres.
- Universet består i hovedsak av Hydrogen og Helium.
- Ingen tyngre stoffer som kunne holde gassen samlet.
- Alt tilsier at universet skulle forblitt mørkt og kaldt.
- Hvordan startet de aller første stjernene?



Big Bang

UNIVERSET UTVIDER SEG I ALLE RETNINGER.

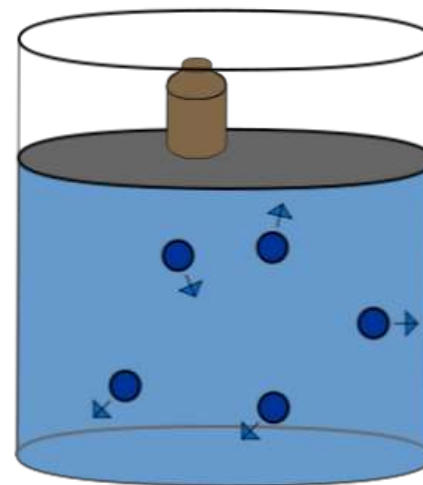




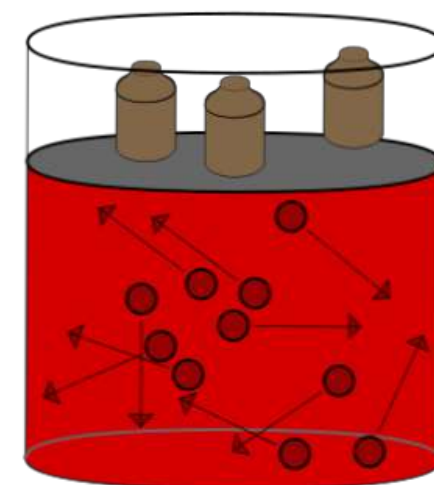
ALLE ATOMENE DRIVER BORT FRA HVERANDRE.

GASS VIRKER FRASTØTENDE NÅR DEN KOMPRIMERES.

TEMPERATUREN STIGER OG SKAPER ET ØKT
TRYKK SOM MOTARBEIDER KOMPRIMERINGEN.



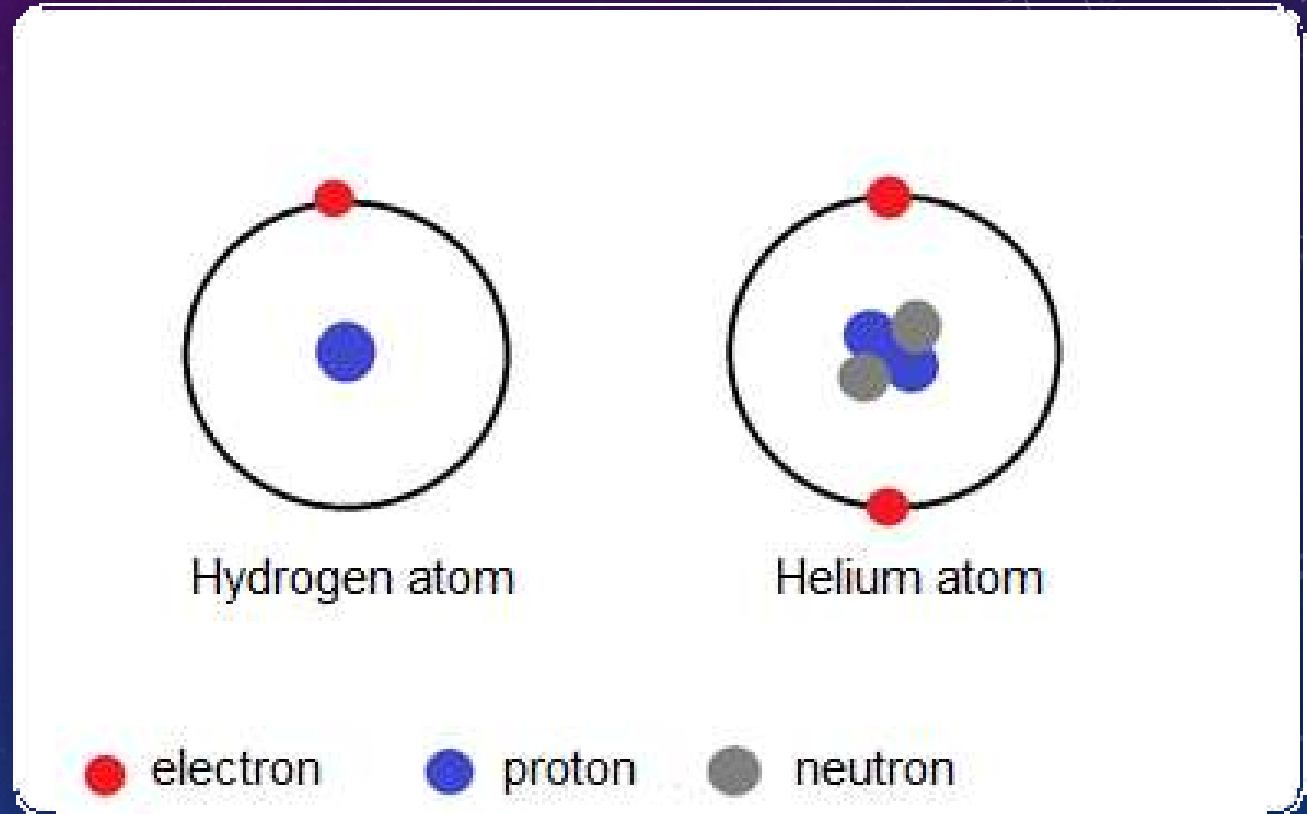
Temperature T



Temperature $3T$

UNIVERSET BESTÅR I HOVEDSAK AV HYDROGEN OG HELIUM.

- Hydrogen og Helium er de to letteste grunnstoffene.
- Hydrogen består i utgangspunktet bare av et elektron som kretser rundt et proton.
- Det ble dannet 77% Hydrogen og 23% Helium etter Big Bang.



INGEN TYNGRE STOFFER?

- Det ble også dannet noen mindre mengder Litium og Beryllium.
- Noe Hydrogen ble dessuten dannet som deuterium (som er tyngre Hydrogen med et nøytron i kjernen)

UNIVERSET SKULLE FORBLITT MØRKT OG KALDT

- Hvordan skal materien klare å klumpe seg nok sammen før utvidelsen trekker det for langt fra hverandre?

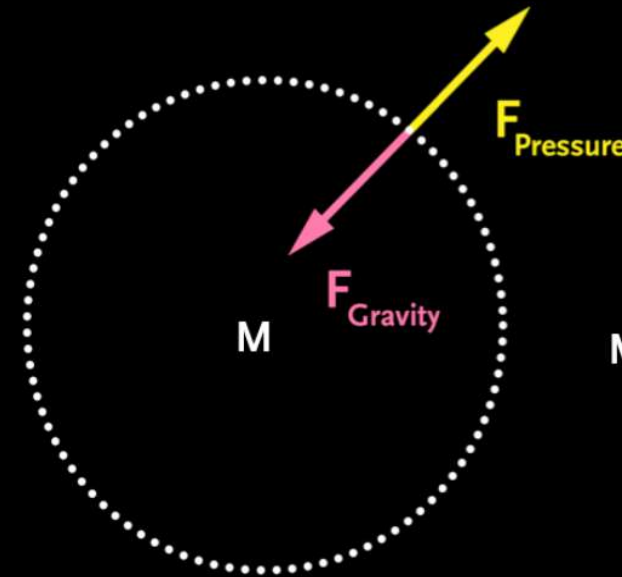
SÅ HVORDAN STARTET DE ALLER FØRSTE STJERNENE?

JEANS MASSE

- Jeans-massen er den massen som gjør at gravitasjonskreftene og trykkreftene er i perfekt balanse.
- Dersom en gassky har større masse enn Jeans-massen, vinner gravitasjonskraften og gasskyen kan kollapse.
- Jeans-massen er avhengig av **temperatur**.

MASS CRITERION FOR COLLAPSE

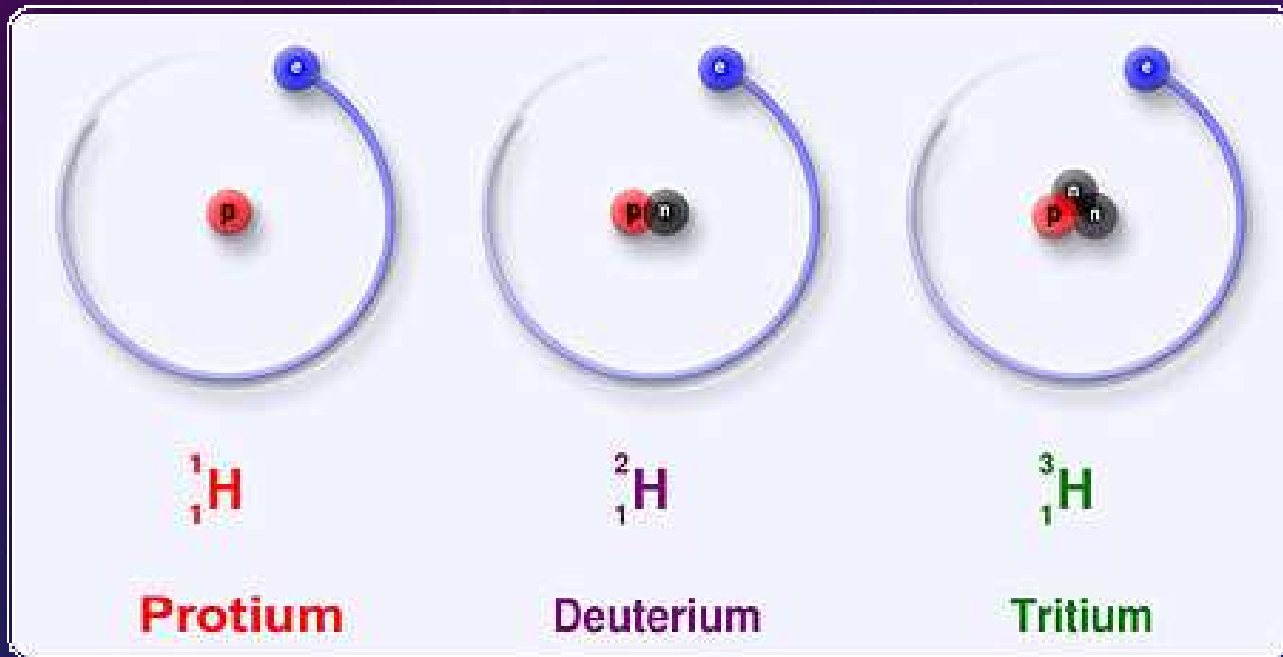
Jeans mass: The critical mass at which the gas pressure is balanced by the gravitational force.



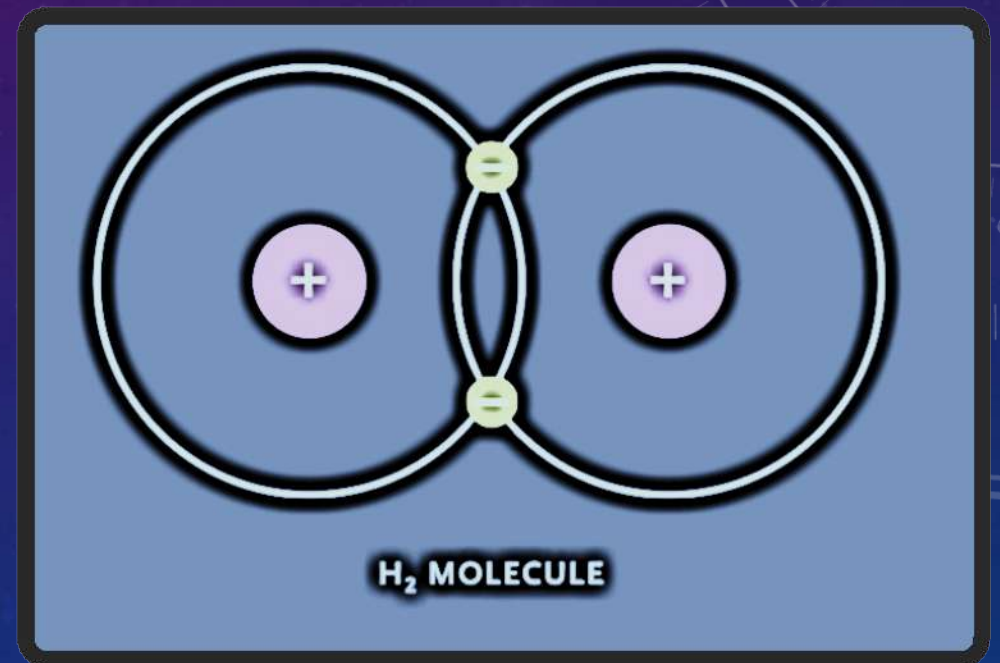
$M > M_J$: Gravitational collapse

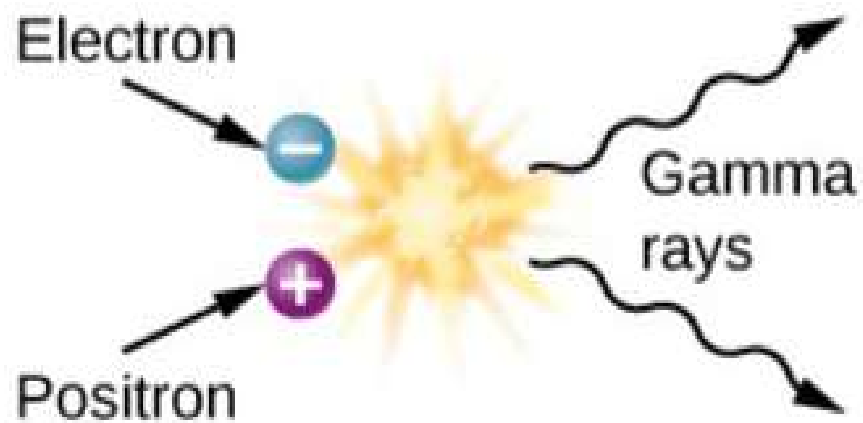
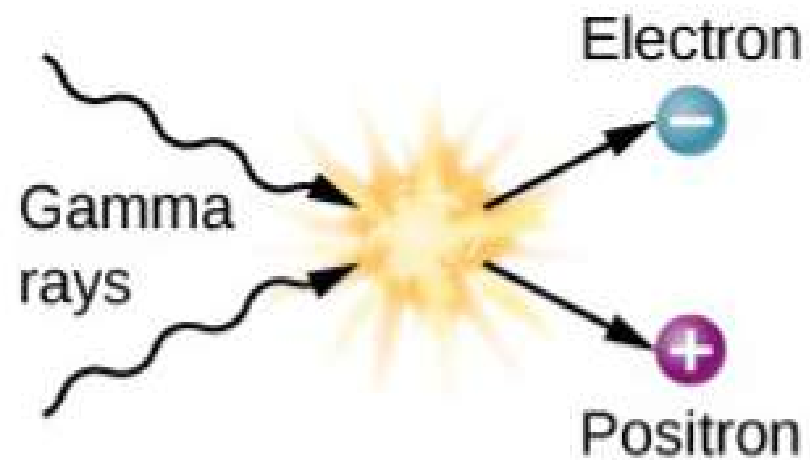
$$M_J \propto T^{3/2}$$

HYDROGEN ATOMER



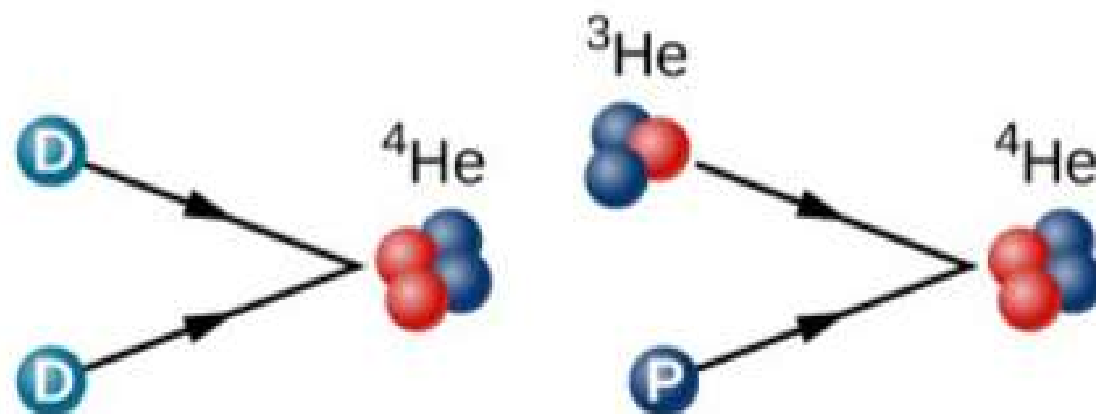
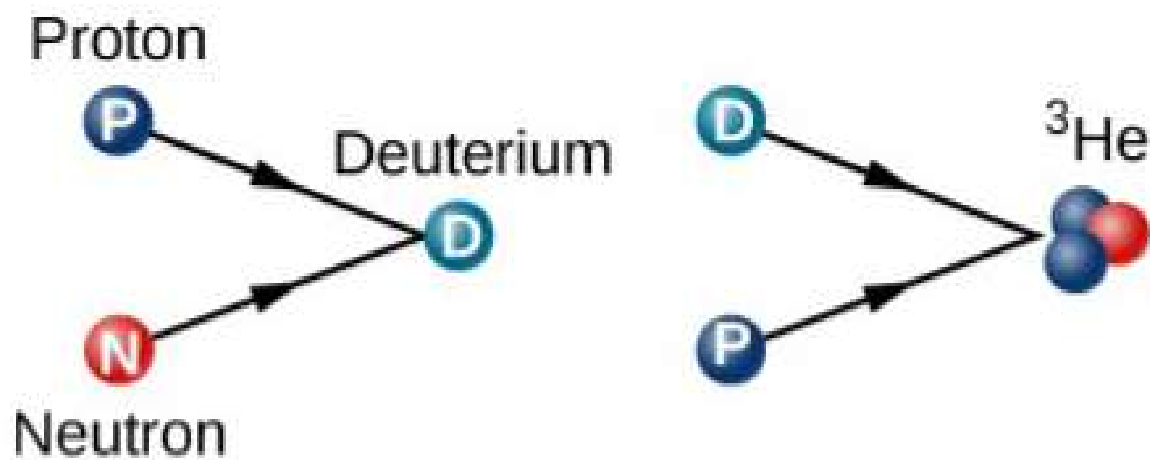
HYDROGEN MOLEKYLER





10^{-2} seconds

(a)

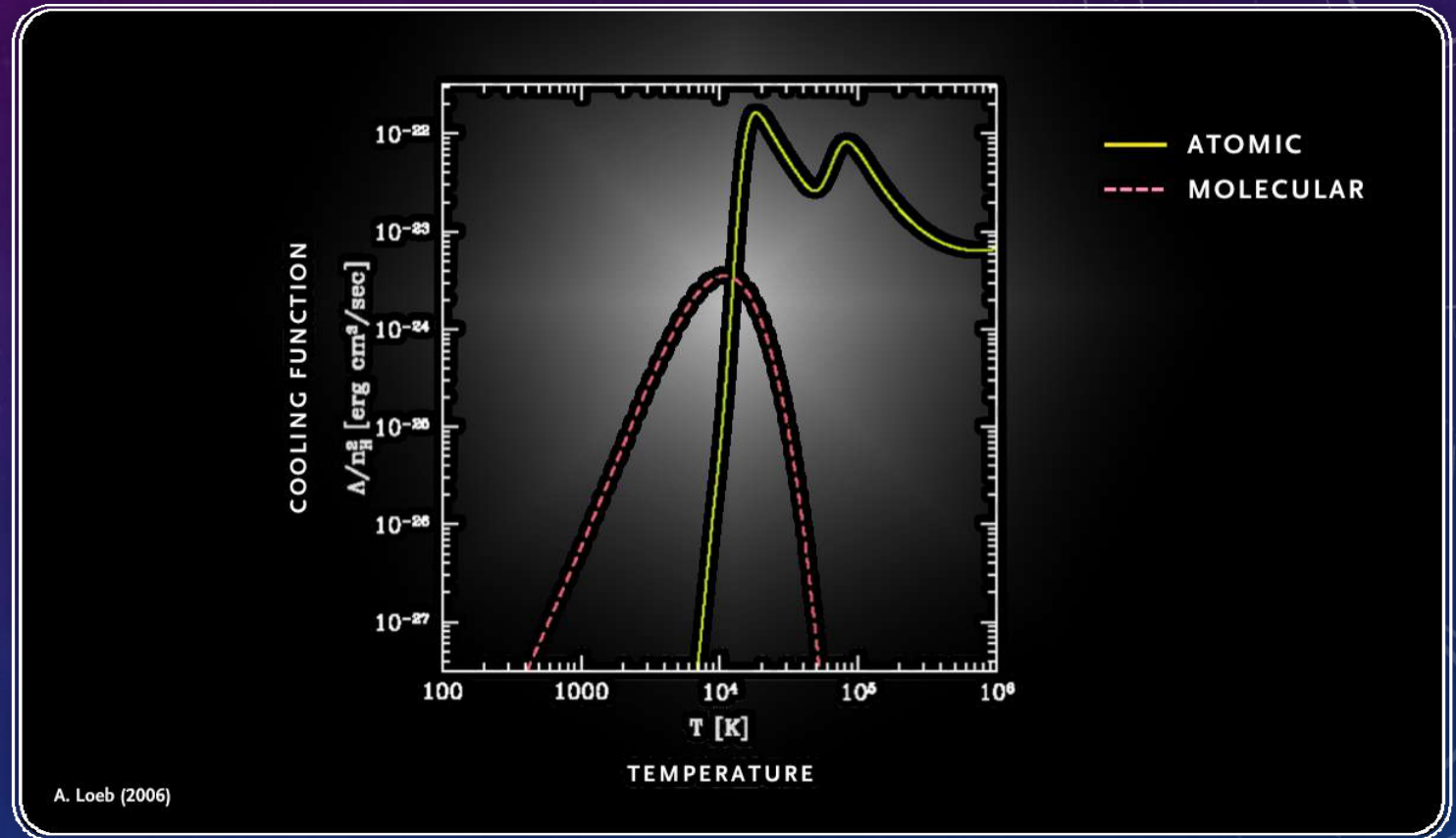


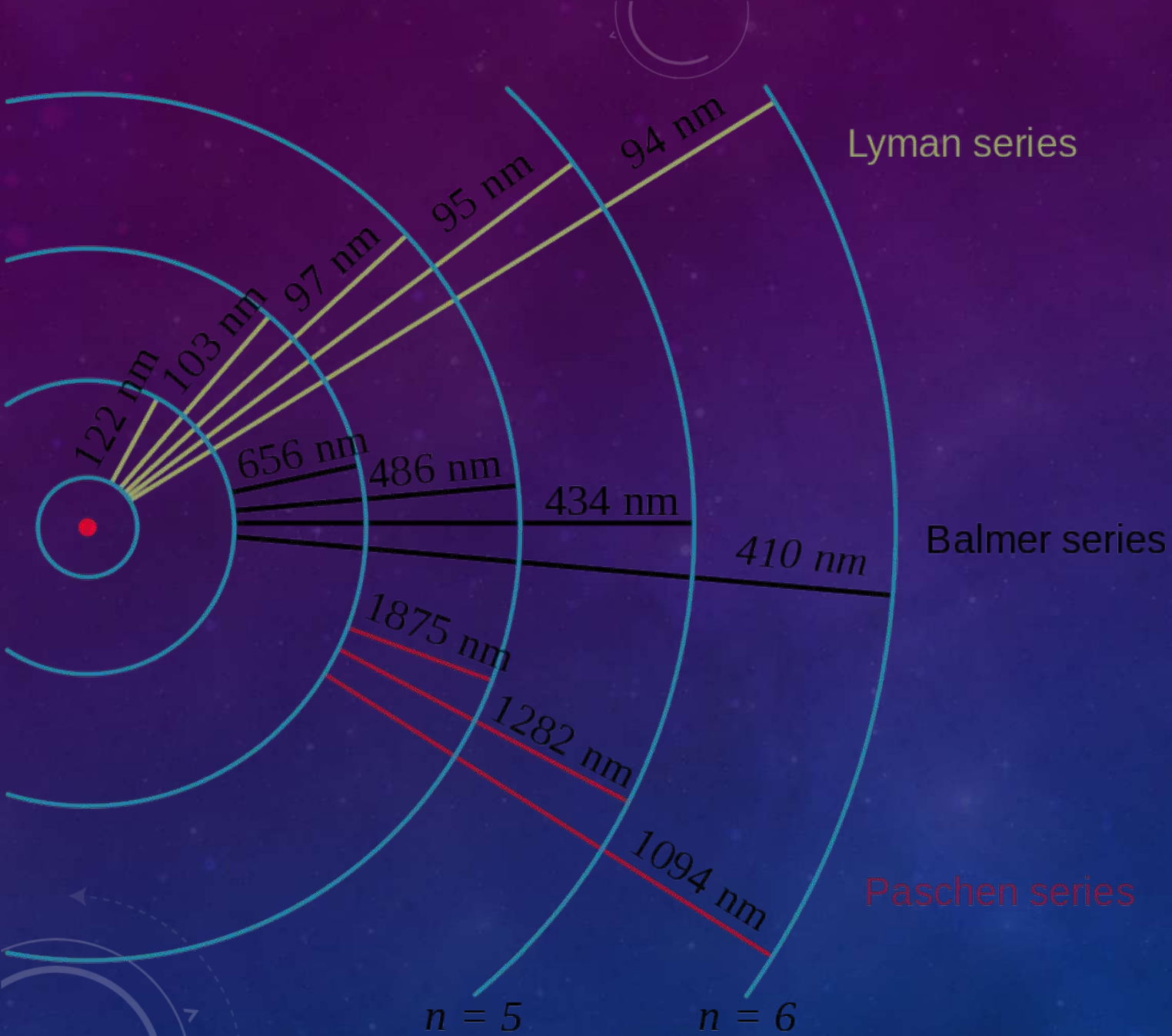
3 minutes

(b)

HVORDAN KOLLAPSER EN GASSKY?

- Nøkkelkonseptet er **kjøling!**
- Molekylene (rosa) i gassen kan kjøle ned gassen til en mye lavere temperatur enn det atomene kan.

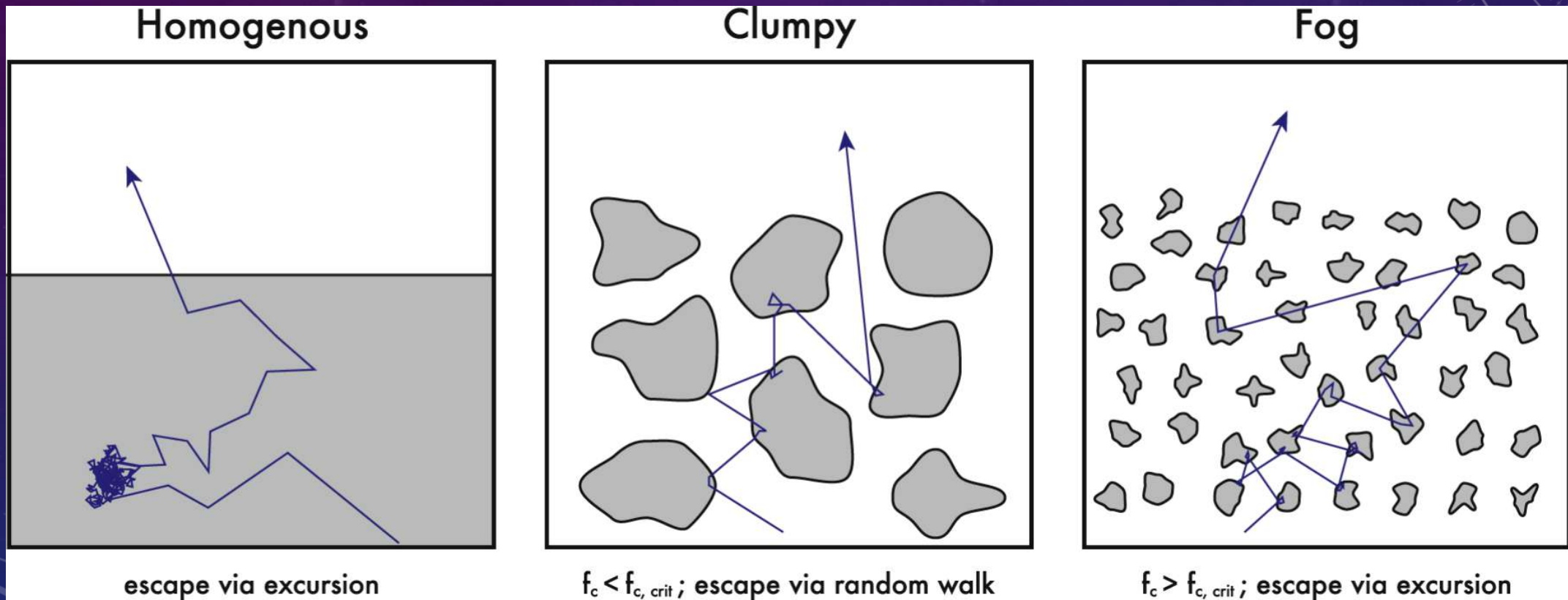




LYMAN ALFA

- Lyman- α -stråling oppstår når elektronet i hydrogen faller til det laveste energinivå $n=1$ fra nivå $n=2$.
- Alle elektroner som faller direkte ned til $n=1$ i hydrogenatomet gir opphav til ultrafiolett stråling i det som kalles Lyman-serien.

LYMAN- α VISER TEGN PÅ H₂ MOLEKYLER





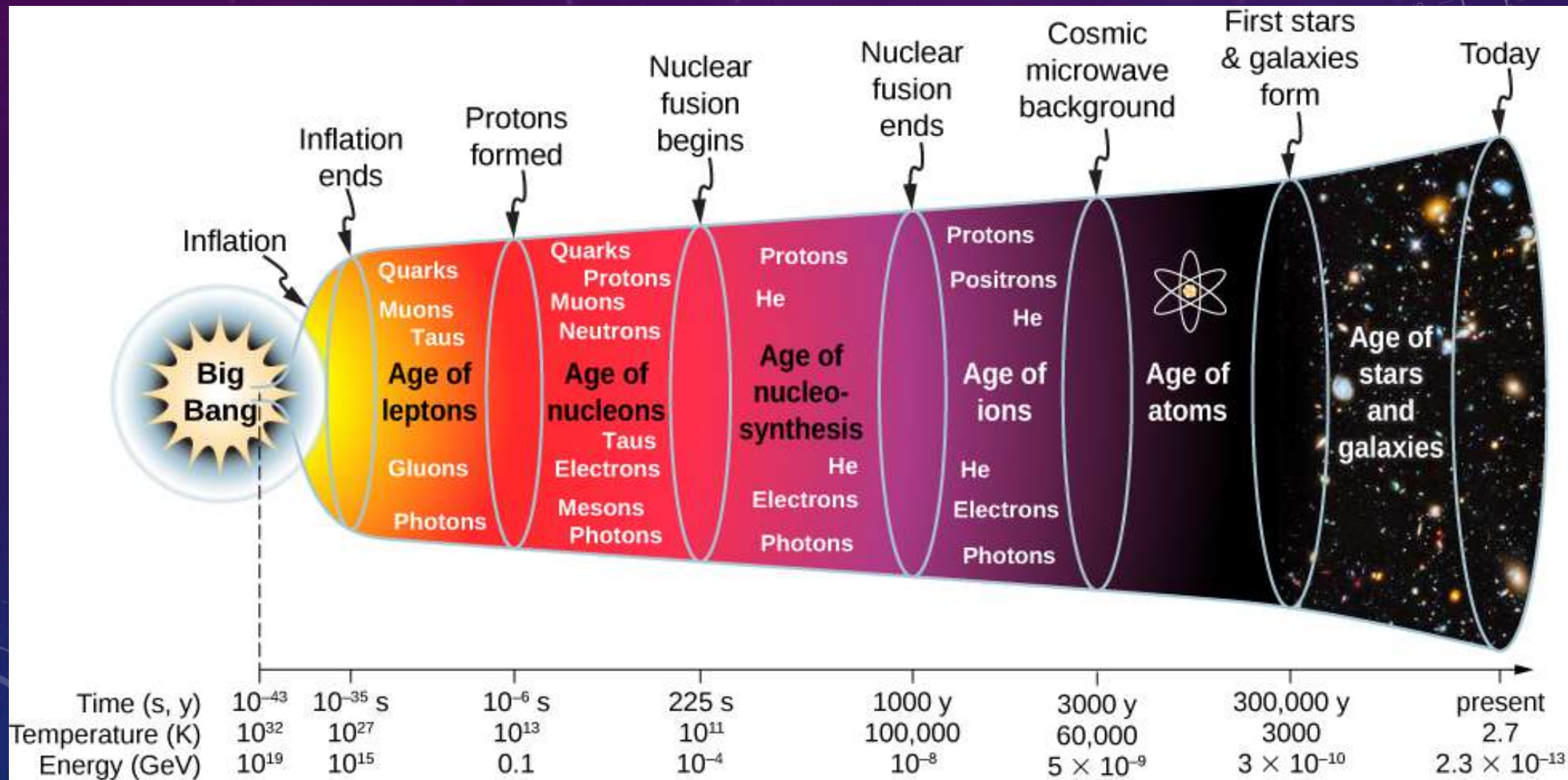
EGENSKAPER VED HYDROGEN MOLEKYLET

Dannes ved
standard trykk og
temperatur (STP)

Kjøler mer
effektivt enn gass

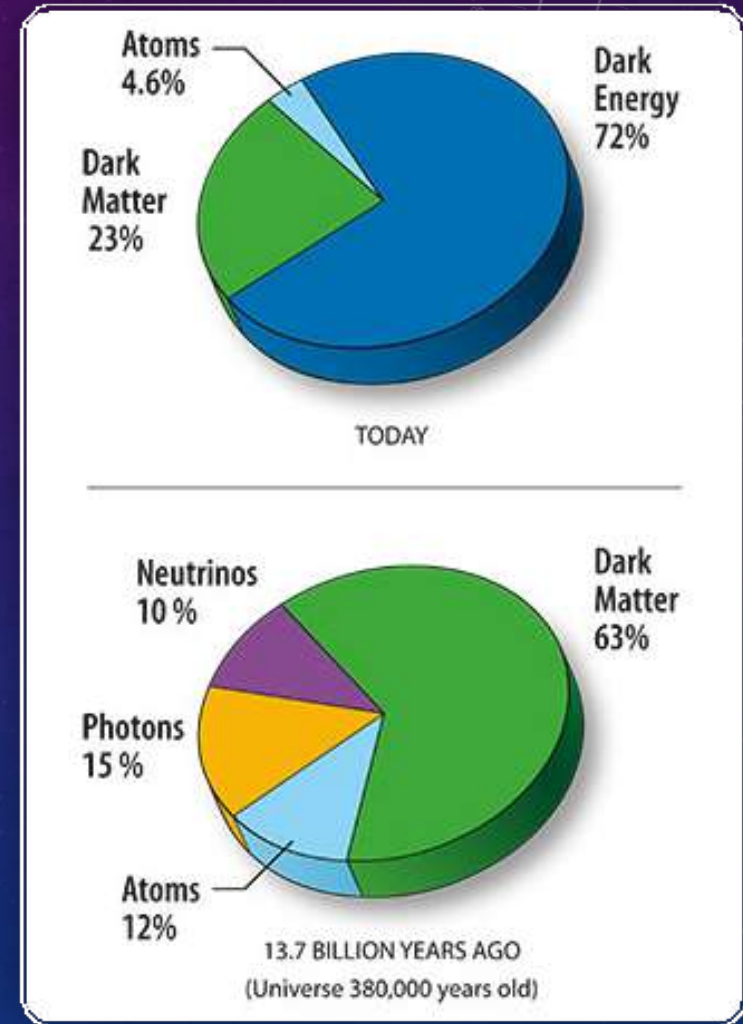
Blir flytende
under 20,27K
(-252,87 °C)

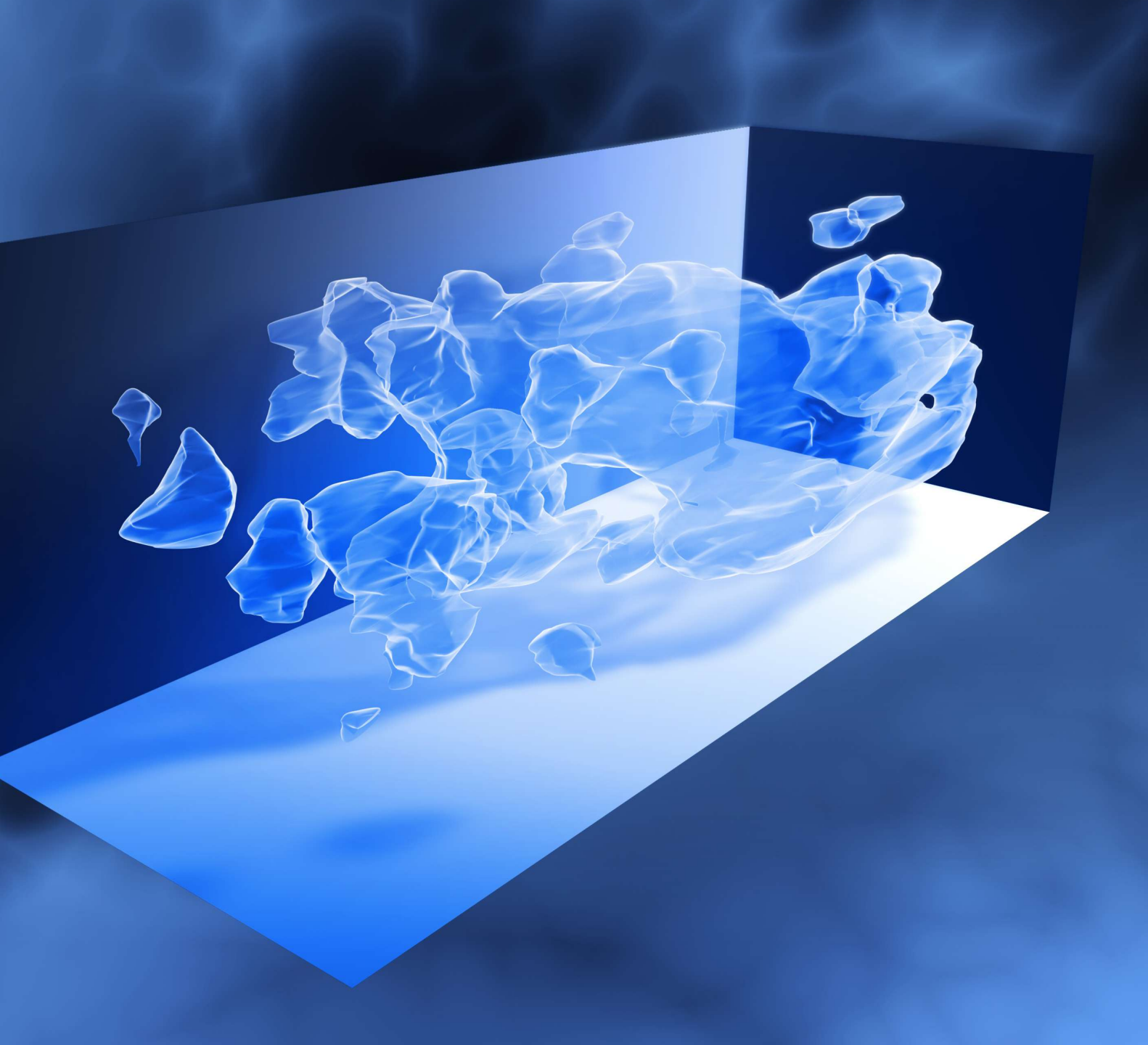
TEMPERATURUTVIKLING I UNIVERSET



MESTEPARTEN AV MASSEN ER USYNLIG

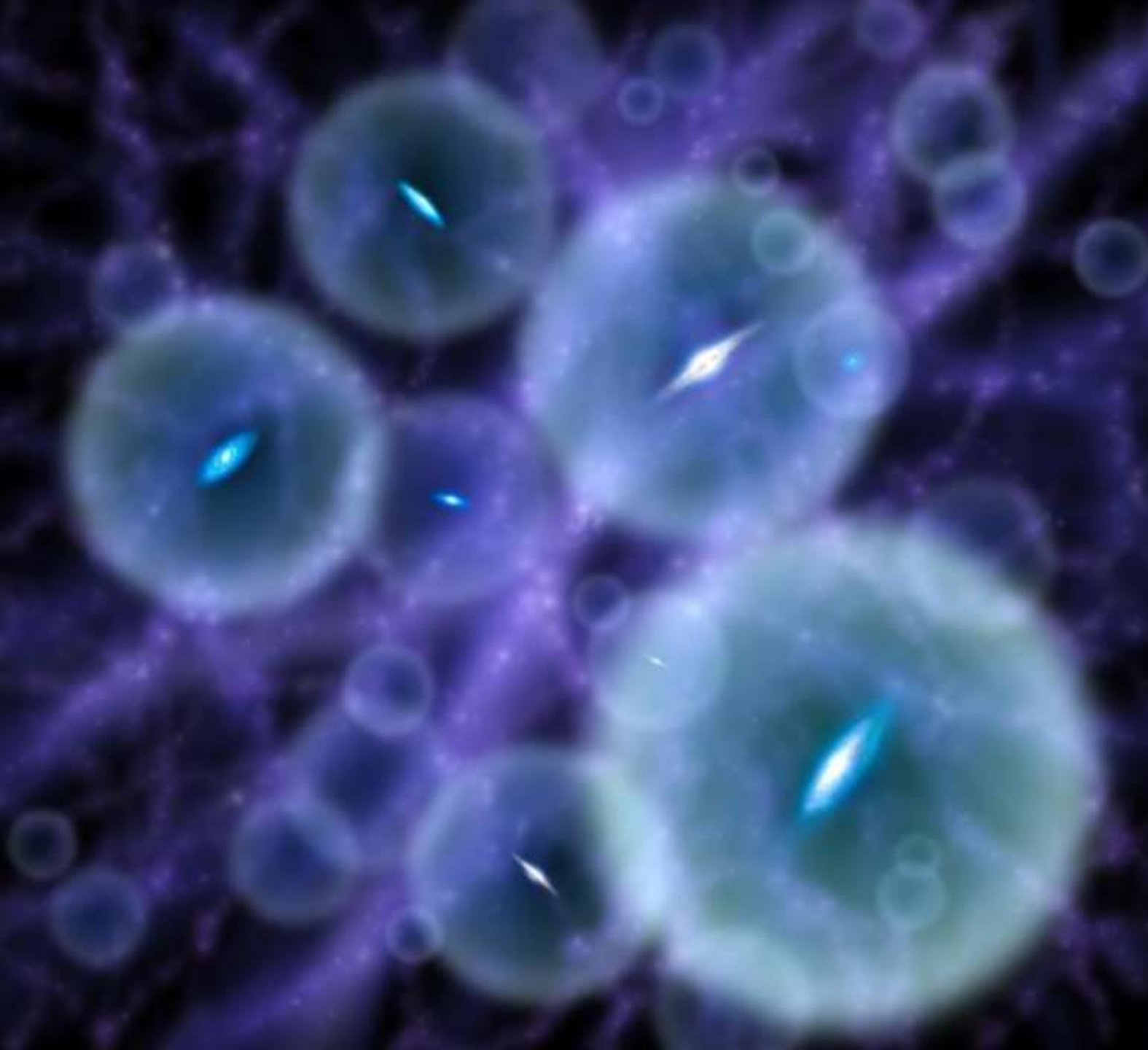
- Kald mørk materie.
- Ingen utstråling som vi kan registrere.
- Viser bare sin eksistens med sin gravitasjonsmessige påvirkning på ordinær materie.
- Reagerer ikke med lys
- WIMP?





MØRK MATERIE

- Simulering som viser mørk materies utbredelse over tid.



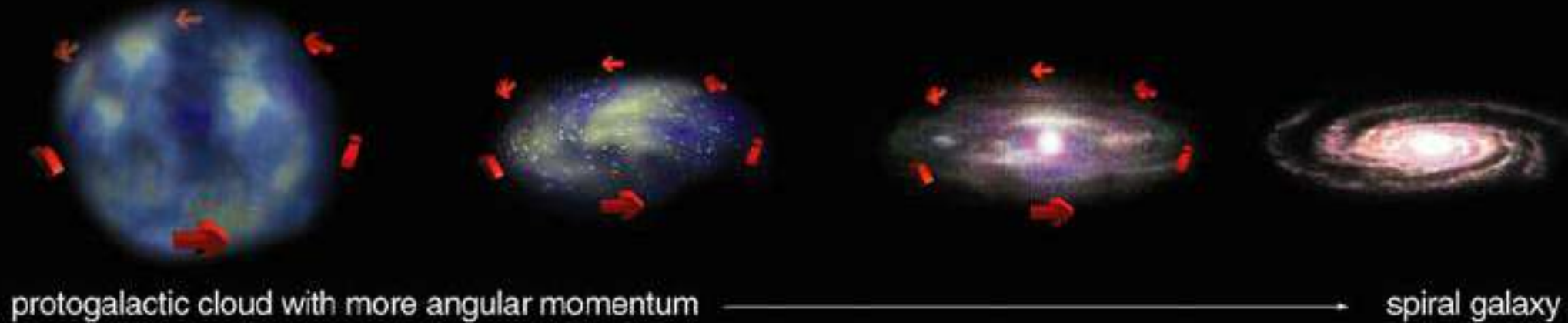
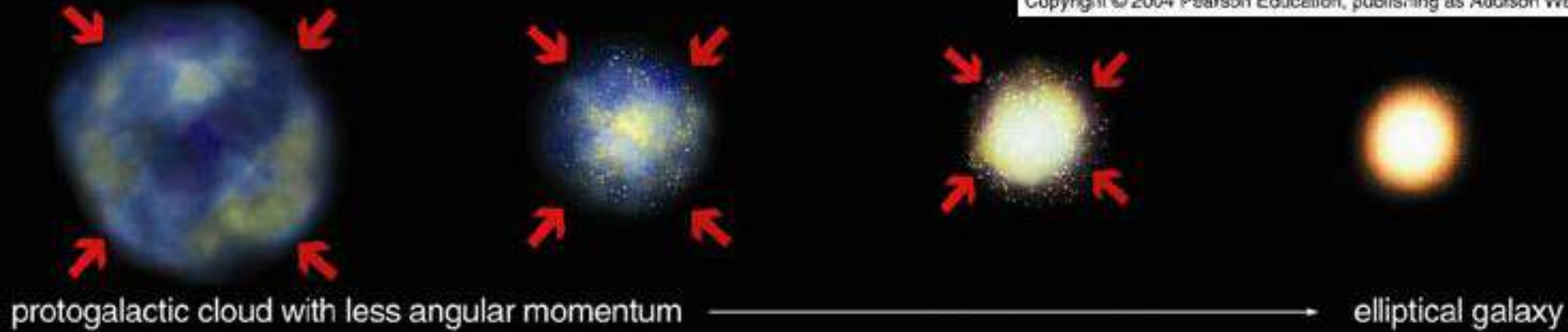
HALO

- Alle galakser ser ut til å ha oppstått inne i bobler av mørk materie som nå ligger som en halo rundt hver galakse.

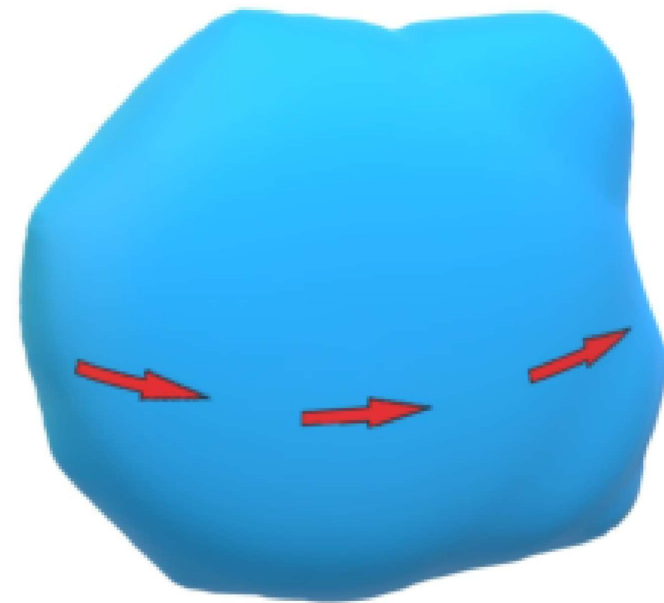


GASSKYER TREKKER SEG SAMMEN TIL GALAKSER

Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

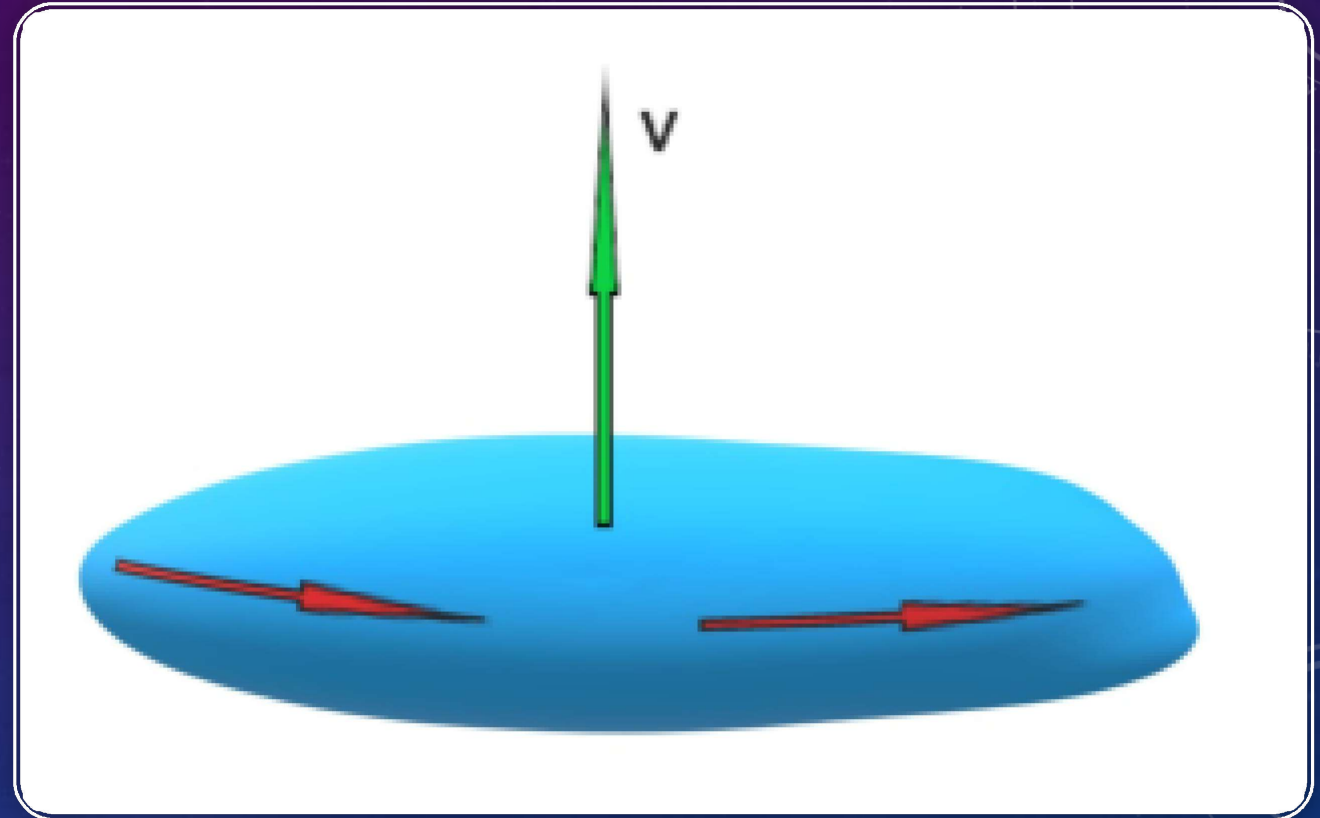


GASSKYER
TREKKER SEG
SAMMEN



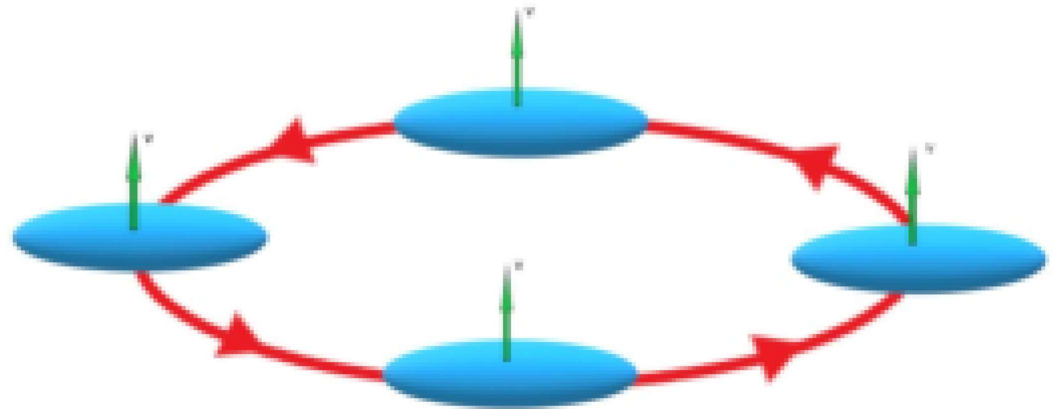
GASSKIVE

- Viskositet gjør at massen flytter seg innover
- Spinn bevarer
- Sentrifugalkraften motvirker sammentrekning



OPPDELING

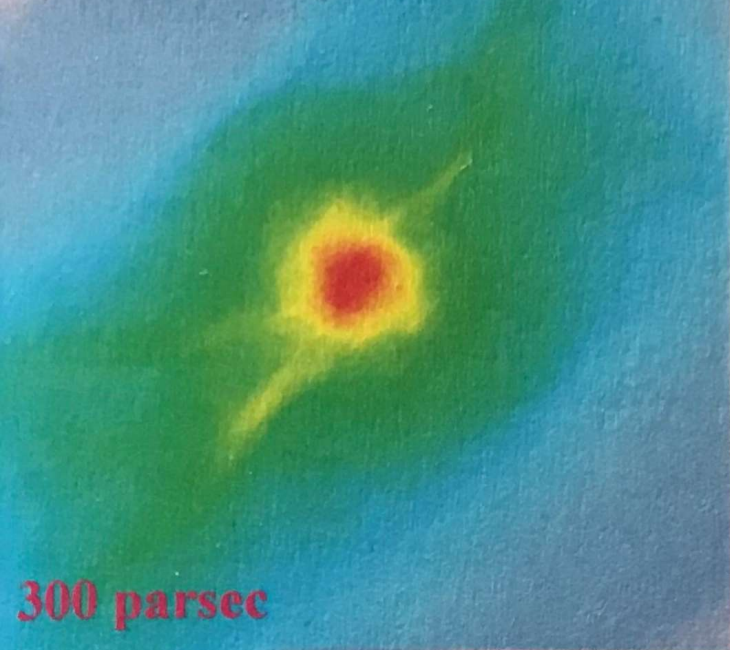
- Roterende gasskive deler seg.
- Halvering av volum.
- Tetthet øker med faktor på åtte.
- Kan ende med nok Jeans masse til stjernedannelse.



DE FØRSTE STJERNENE

- Kalles Populasjon III stjerner
- 76% hydrogen og 24% helium
- Fra 100 til 1000 solmasser
- Levde noen millioner år.
- Endte i supernova.
- Noen ble sorte hull

(A) cosmological halo



300 parsec

(B) star-forming cloud



5 parsec

(D) new-born protostar



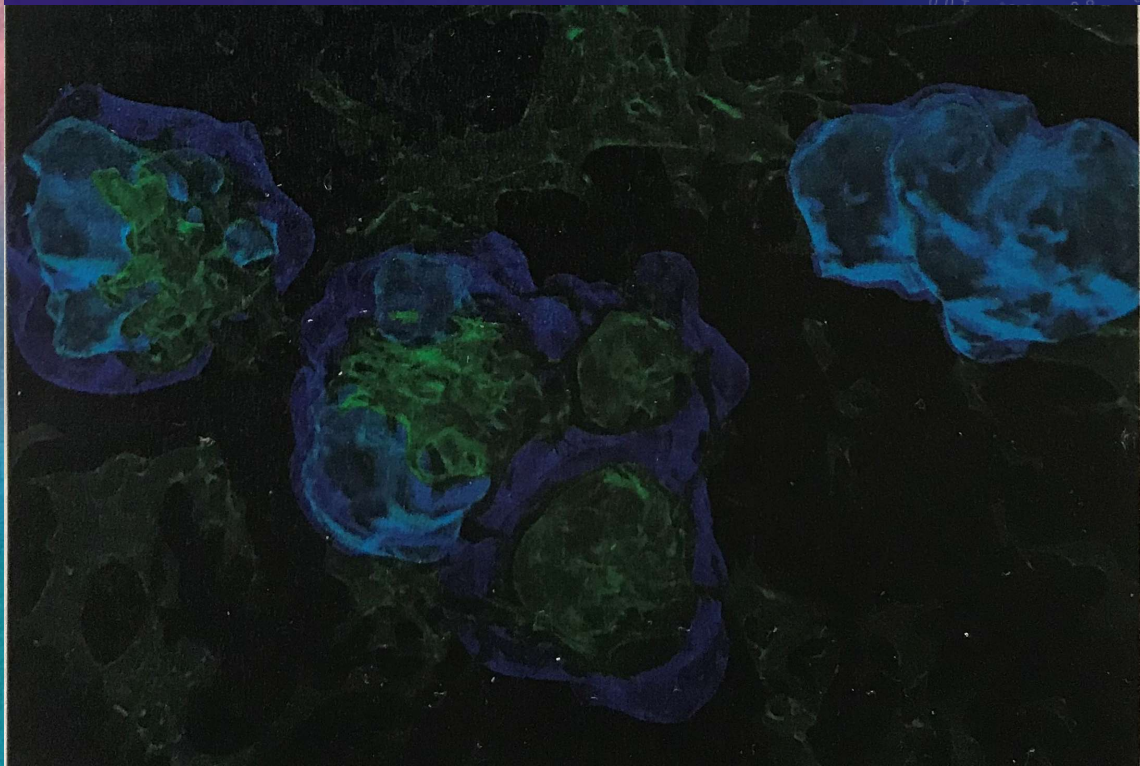
25 solar-radii

(C) fully molecular part



10 astronomical unit

SIMULERING





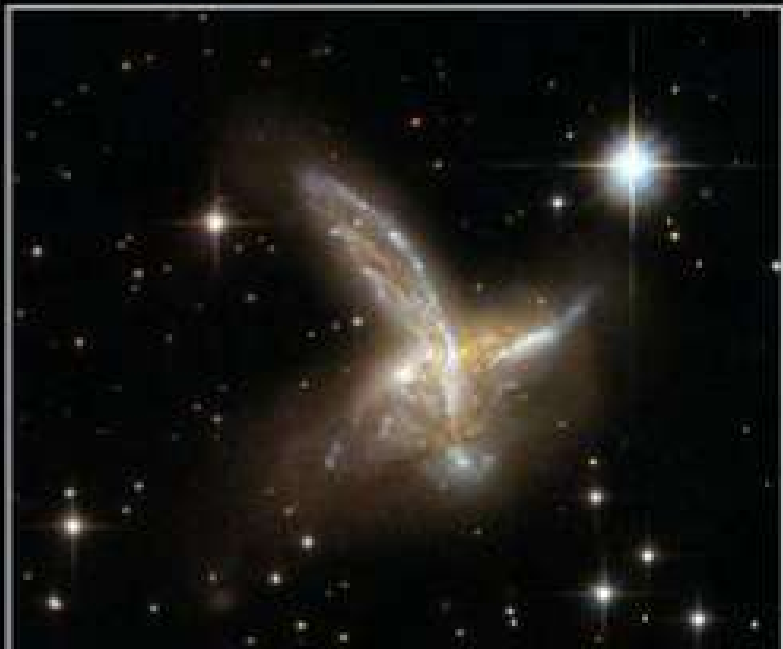
SVARTE HULL

- Stjerner 100-250 solmasser ble pulverisert i supernova.
- Stjerner mer enn 300 solmasser ble til svarte hull på 30 solmasser eller mer.
- Svarte hull vokste til større kvasarer.
- Massive sorte hull i senter av galakser.



DE FØRSTE GALAKSENE

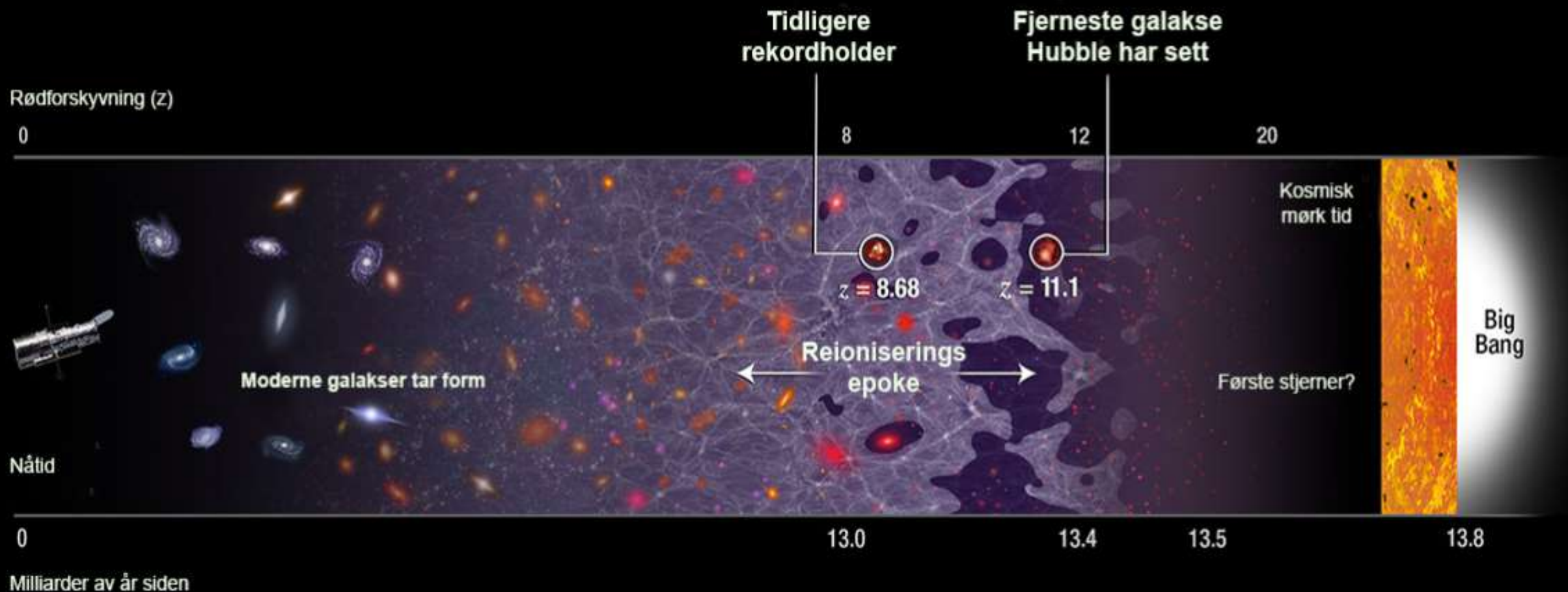
- Mindre enn dagens galakser.
- Irregulær form.
- Smeltet sammen over tid.
- Rask stjernevekst.
- Stjernene var mye blåere.



KOLLISJONER

- Galaksene vokste ved å smelte sammen med andre galakser.

Hubble har funnet den fjerneste galaksen til nå



GNZ11 DEN ELDSTE OBSERVERTE GALAKSEN





KONKLUSJON

UTEN HYDROGENMOLEKYLER VILLE KANSKJE IKKE DE FØRSTE STJERNENE BLITT
DANNET, OG UNIVERSET VILLE FORBLITT MØRKT OG KALDT.

Man kan ikke stå under en stjernehimmel
og klage over mangel på lyspunkter i livet.

Takk for oppmerksomheten

Ronny Hjelland