



Frågestund i kosmologi och partikelfysik

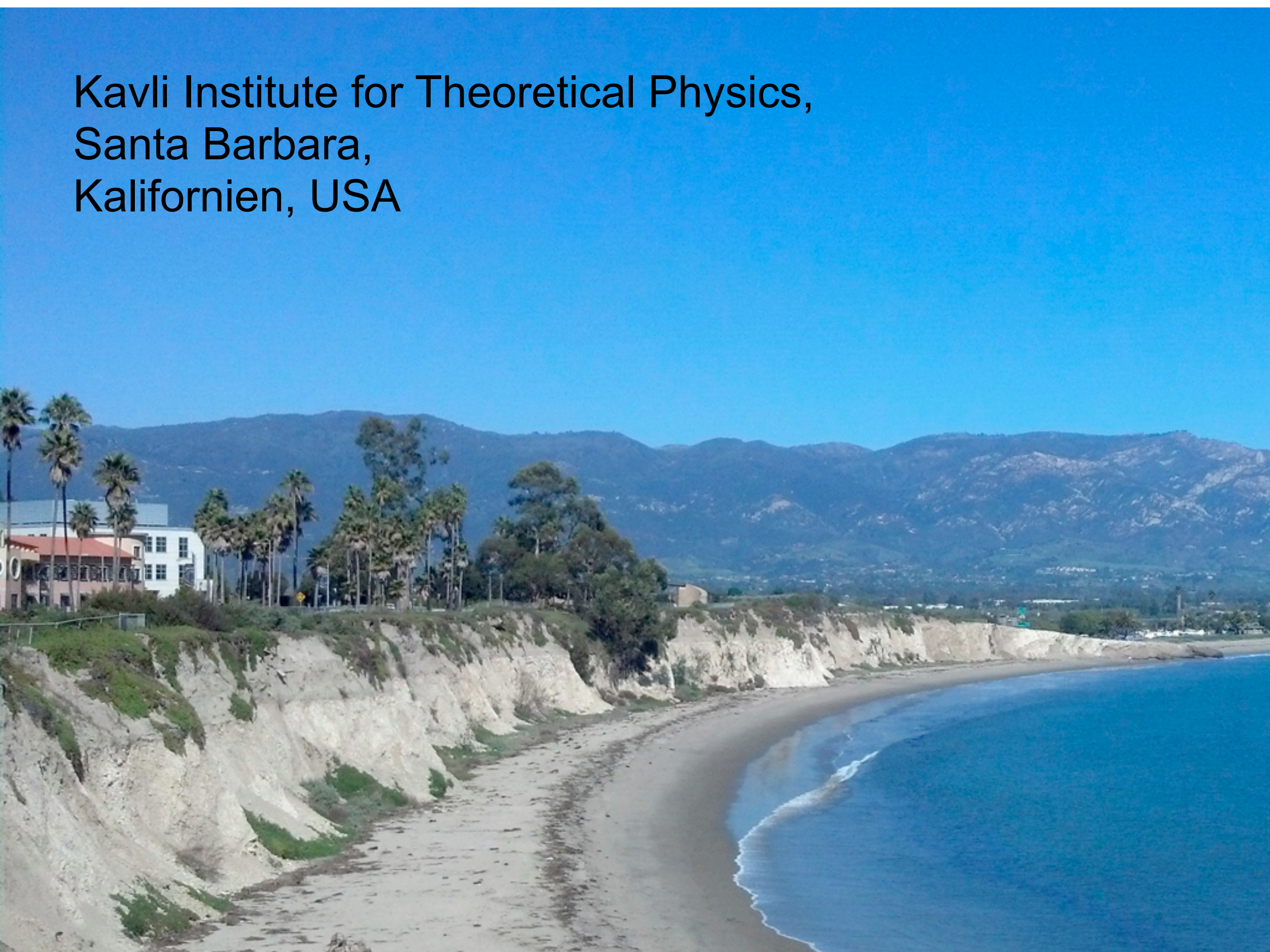
Marcus Berg
Fysik
Karlstads universitet

Lite om mig



- Austin, Texas, USA (4 år)
- Santa Barbara, Kalifornien, USA (2 år)
- Paris (1 år)
- Rom (2 år)
- Berlin (2 år)
- Stockholm (4 år)

Kavli Institute for Theoretical Physics,
Santa Barbara,
Kalifornien, USA



A photograph showing two men standing in front of a large chalkboard in what appears to be a lecture hall or classroom. The man on the left is wearing a dark sweater over a white collared shirt. The man on the right is wearing a light blue sweater and dark trousers. The chalkboard contains several hand-drawn diagrams and mathematical expressions. One diagram shows a circle with a horizontal line passing through its center, and another shows a similar circle with a vertical line. Below these, there are some mathematical notations, including what looks like $A \rightarrow B$ and C . In the top right corner of the chalkboard, the number '2' is written next to a small star-like symbol. The overall scene suggests an academic or scientific presentation.

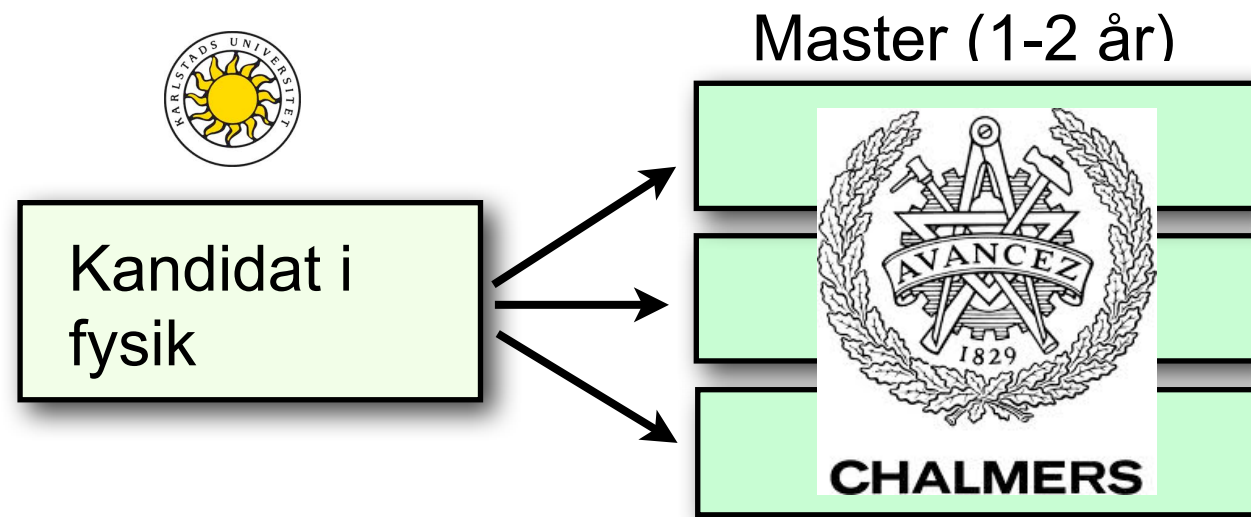
Nobelpristagar-porträtt
2004, SVT

Oskar-Klein-centrat (forskning om t.ex. mörk materia)

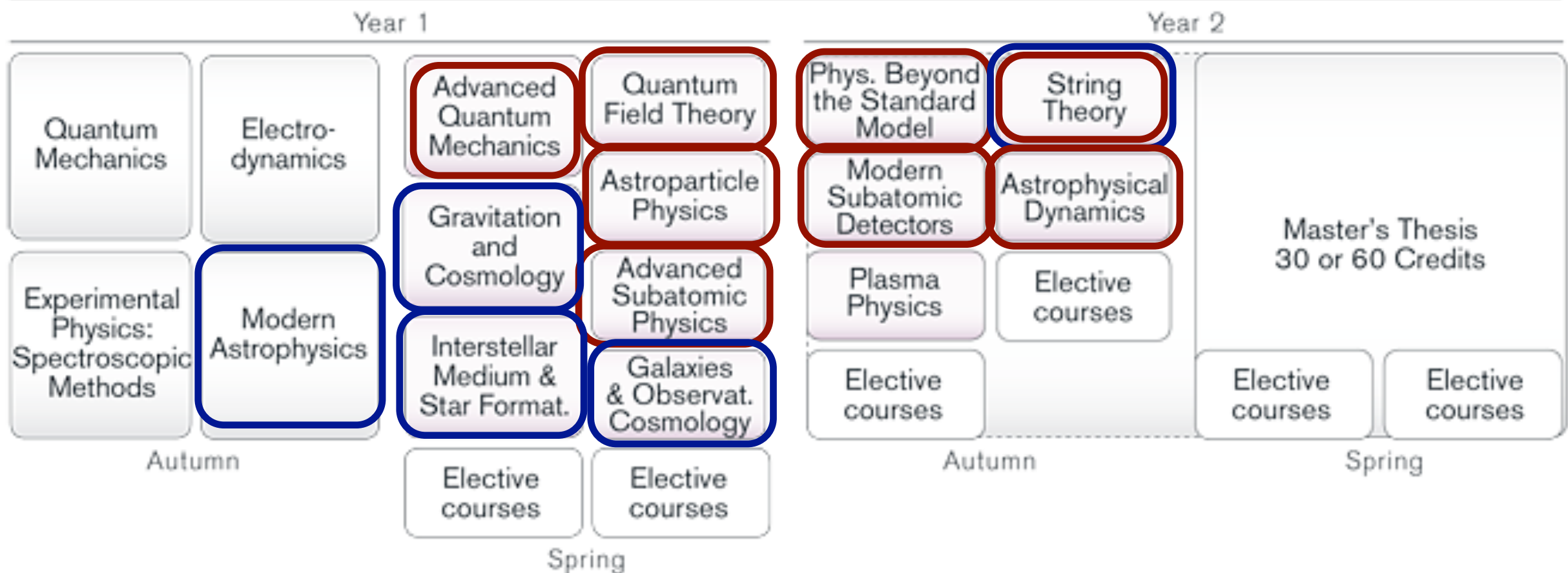


Stockholm

Partikelfysik/kosmologi är masternivå



PHYSICS AND ASTRONOMY



Partikelfysik

Kosmologi

Vad är mörk energi?

Berätta mer om hur universum expanderar.

Mörk energi är det som driver *accelerationen* (nobel 2011) av universums expansion.

Vi vet *att* det accelererar från *supernovor*, inte *varför*.

För att verkligen förstå hur universum expanderar behöver man en del svåra koncept som *krökt rumtid*.

Men man kan använda liknelser, som buldeg.

Vintergatan, vår galax



Wikipedia, "Milky Way"

Vintergatan, vår galax



Wikipedia, "Milky Way"

Vintergatan, vår galax



Wikipedia, "Milky Way"

Vintergatan, vår galax



Hur ser universum ut?



galaxhop

CLASSIFY

SCIENCE

STORY



ASTRONOMERS

DISCUSS

PROFILE



Classify



Help Restart

SHAPE

Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?



Smooth

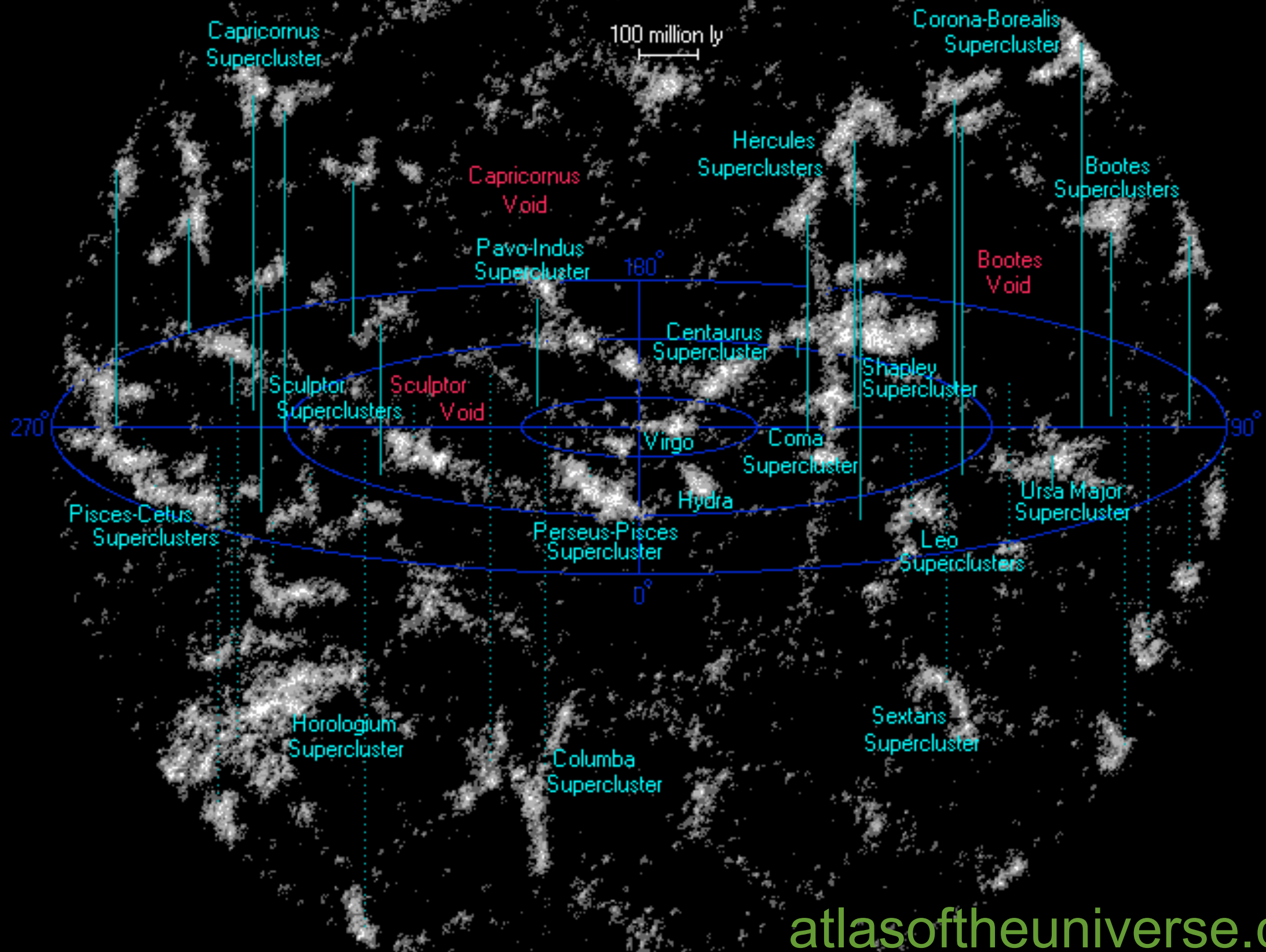


Features or disk

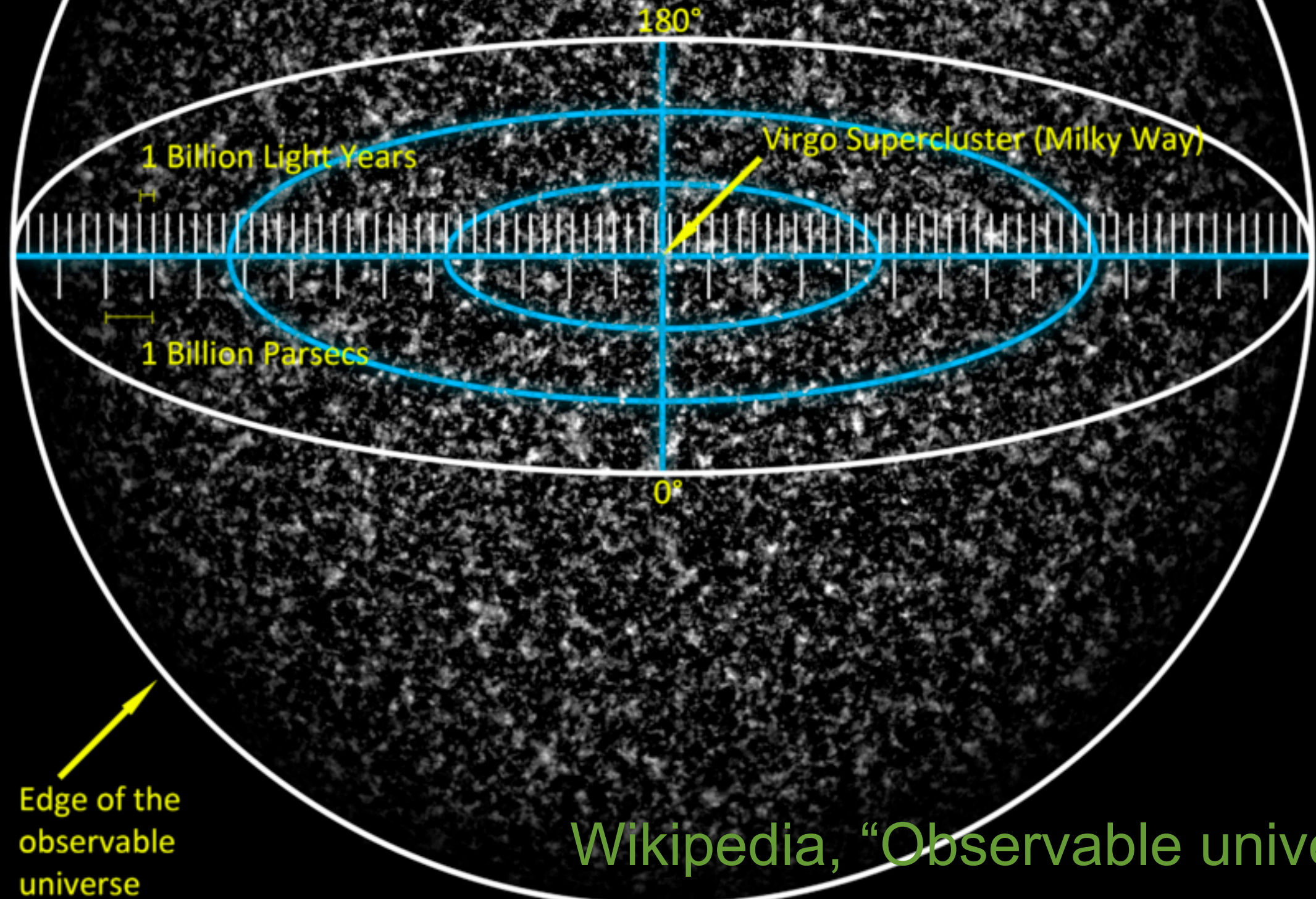


Star or artifact

Storskalig struktur



Det synliga universum



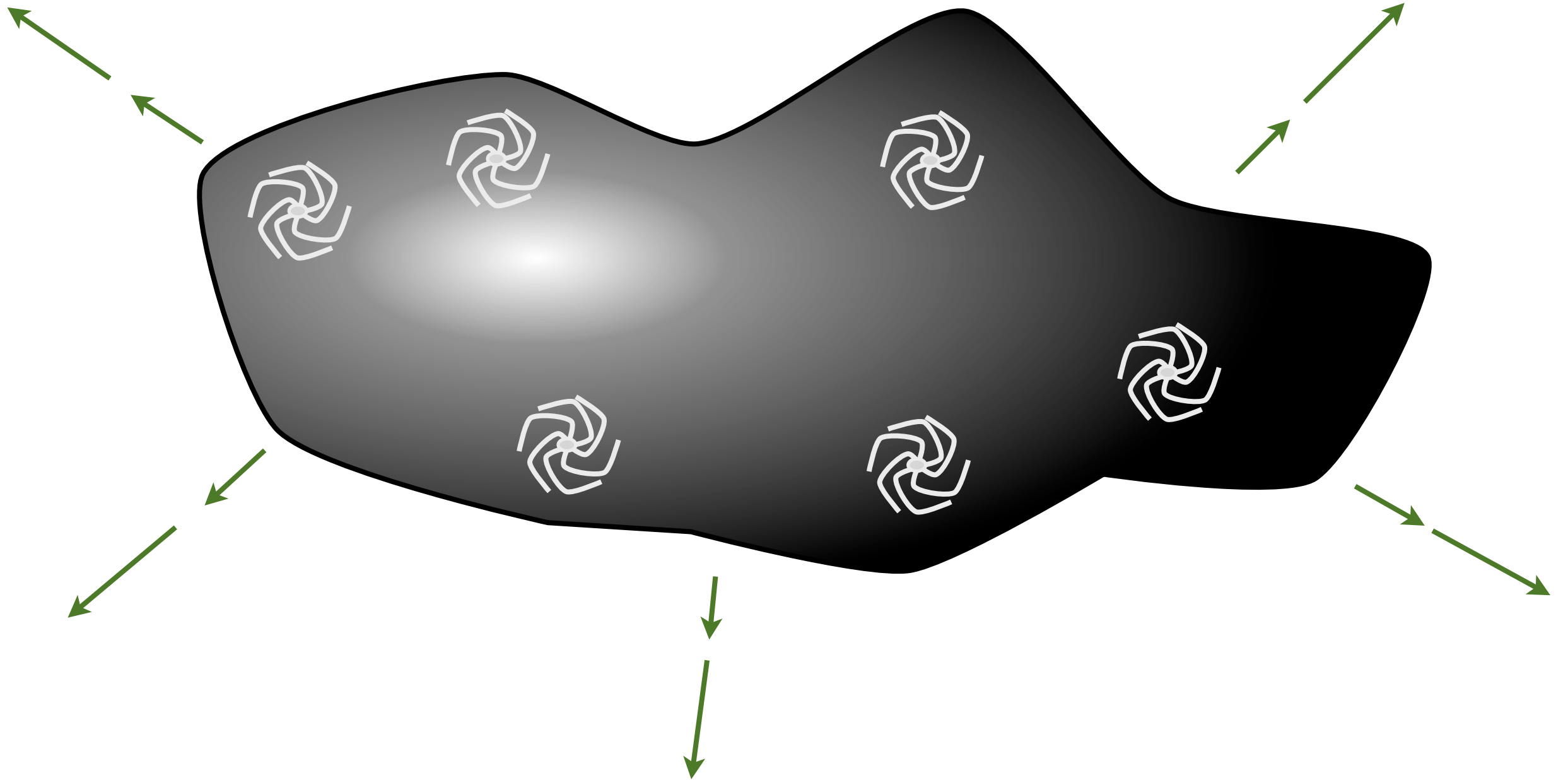
Wikipedia, "Observable universe"



Det synliga universum
(konst)

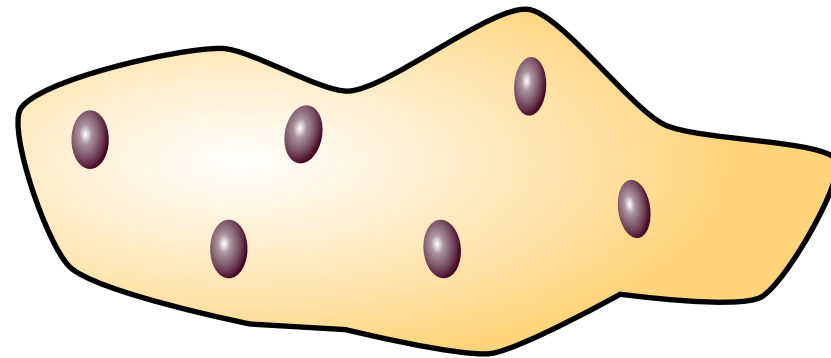
Wikipedia, "Observable universe"

Universum expanderar

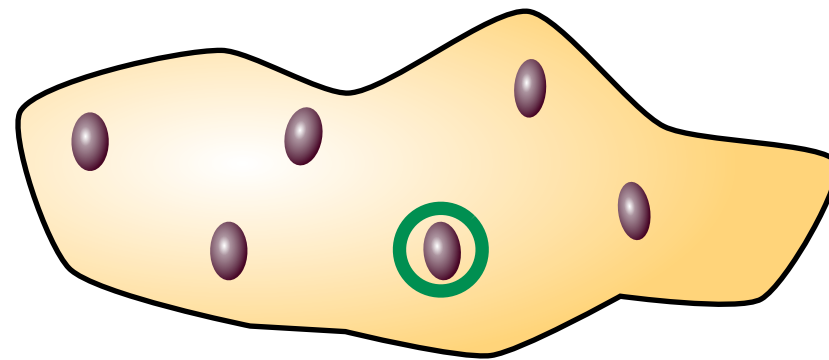


Universum expanderar

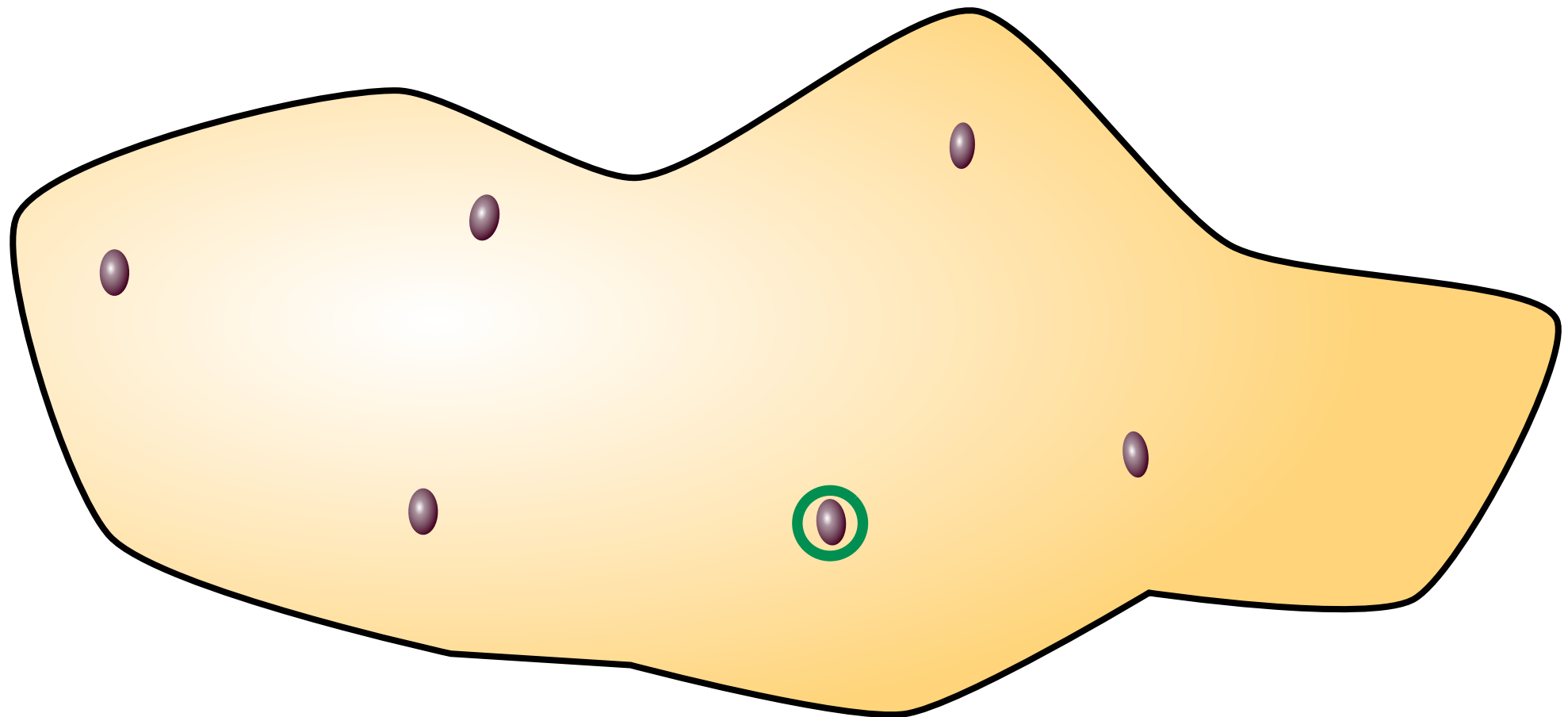
liknelsen om bulldeg med russin
som sväller i ugnen:



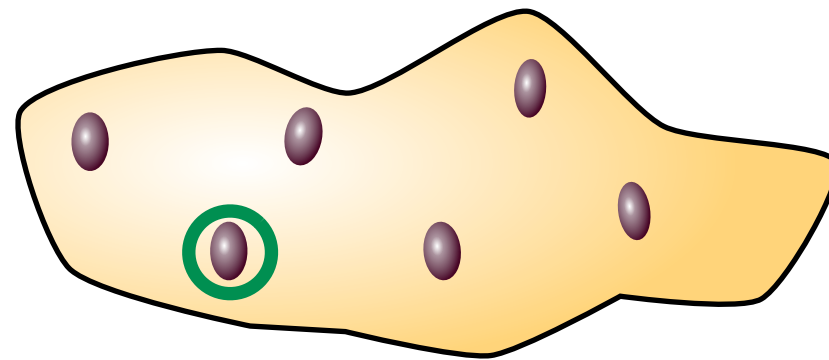
Universum expanderar



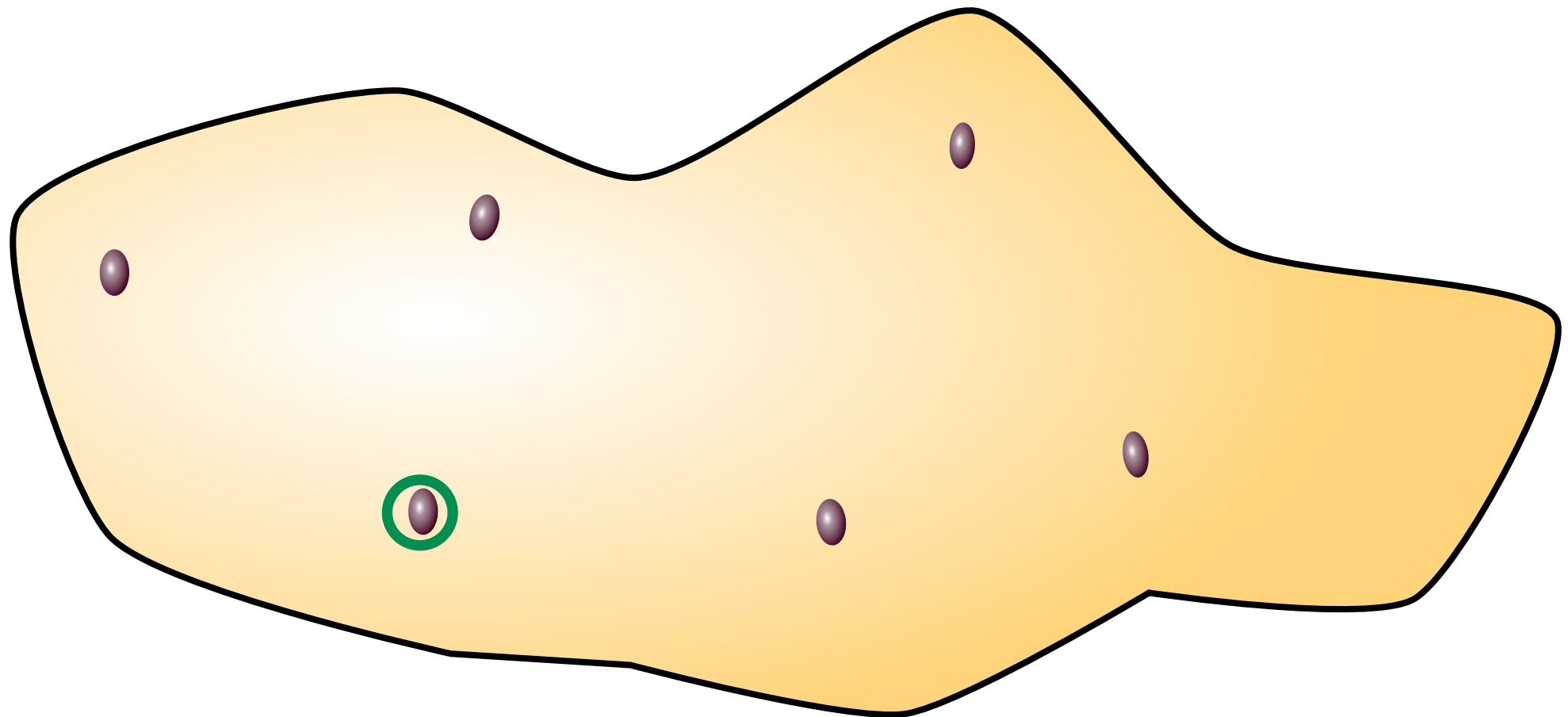
Universum expanderar



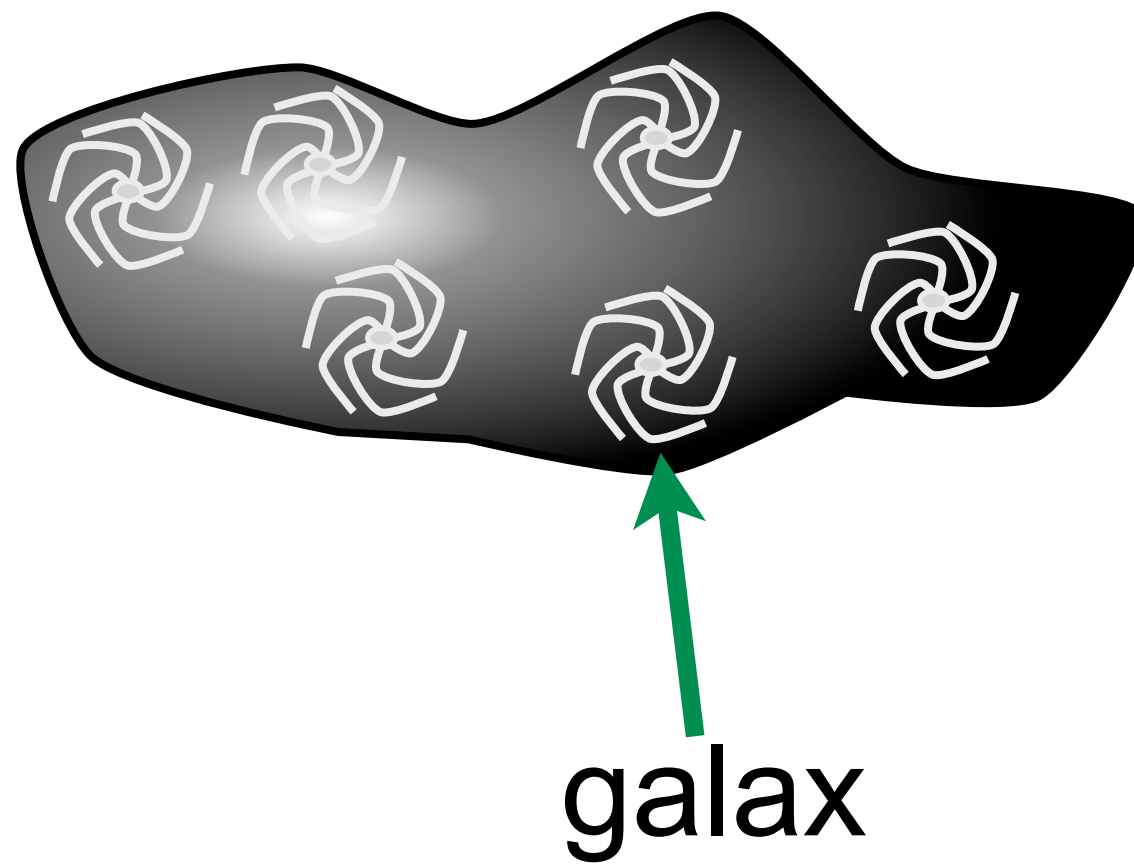
Universum expanderar



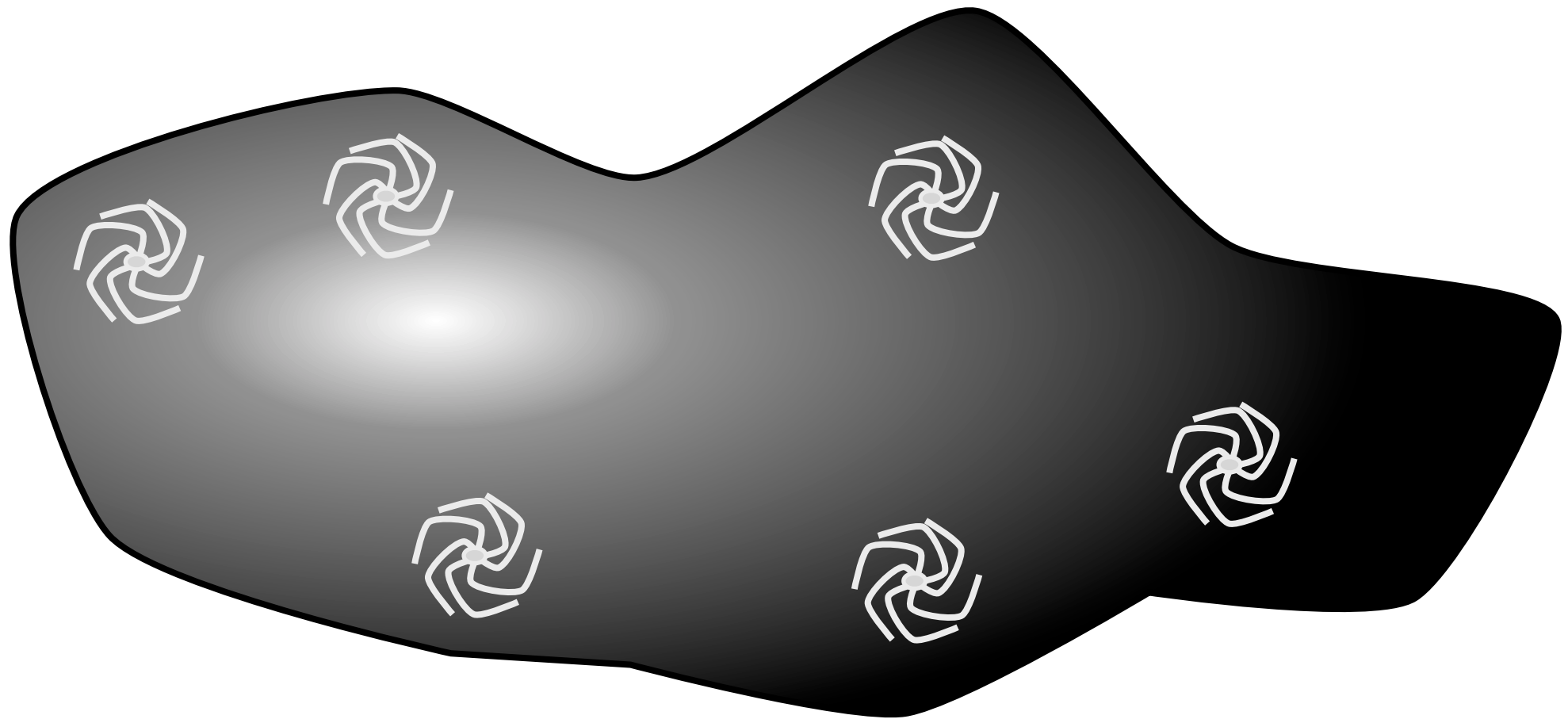
Universum expanderar

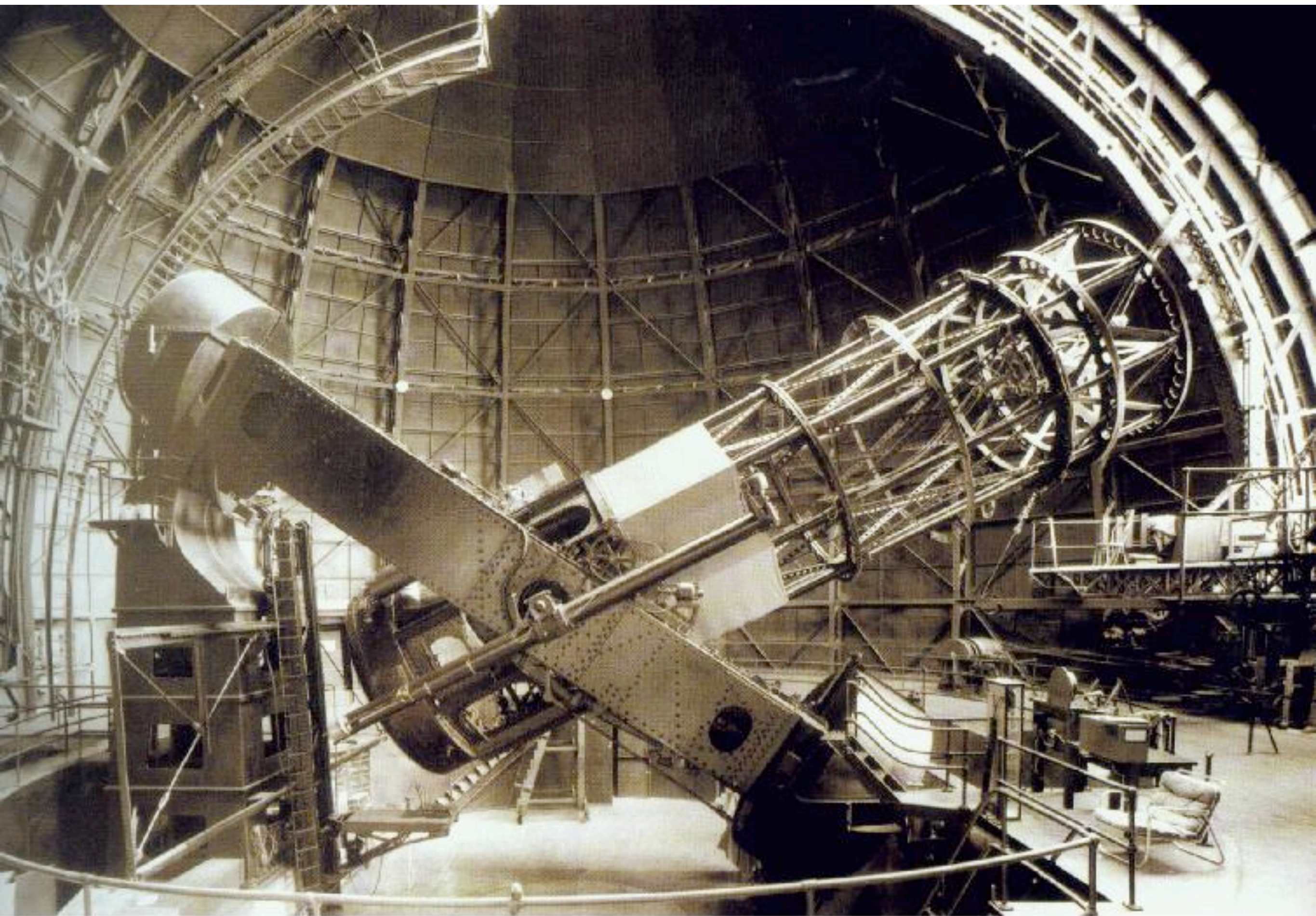


Universum expanderar



Universum expanderar

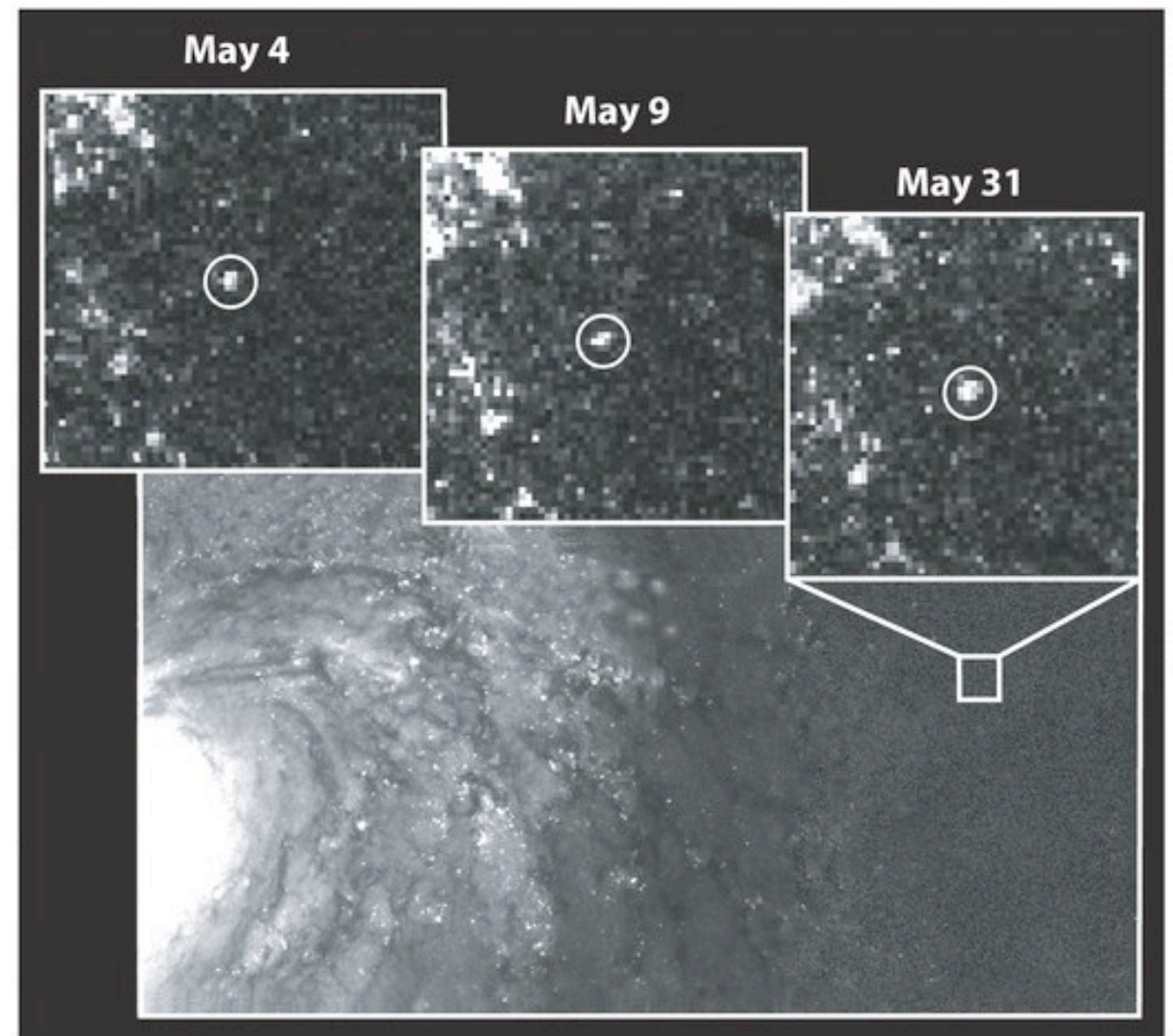




Upptäckten av andra galaxer

1920: Debatt om spiralnebulosor, Shapely vs. Curtis, "The Great Debate". Isolerade universa eller delar av vintergatan?

1923-24: Edwin Hubble bestämmer avståndet till "Andromedanebulosan" (M31) med hjälp av Cepheidvariabler och avgör debatten.



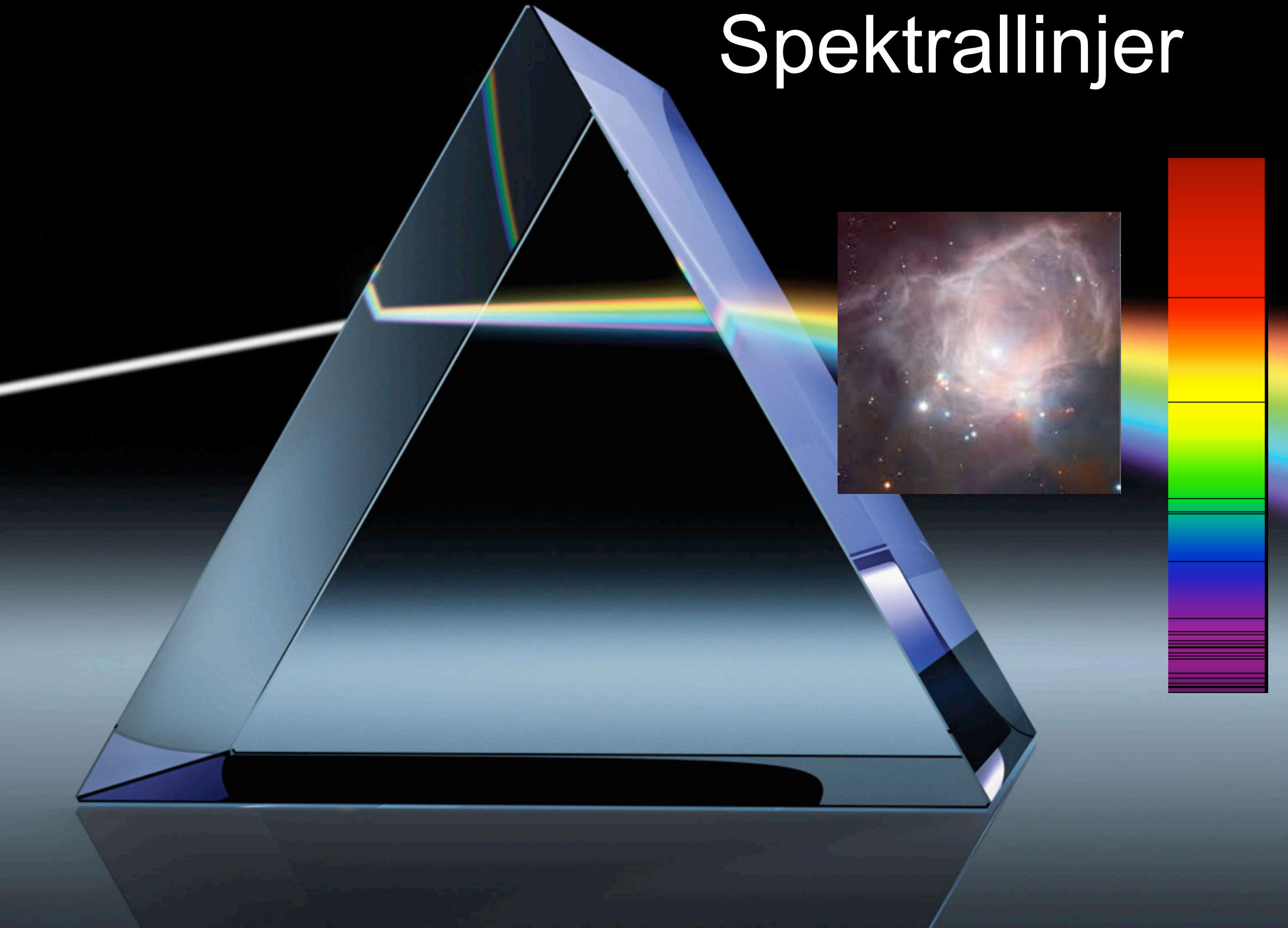
Cepheidvariabel i galaxen M100

Hur?

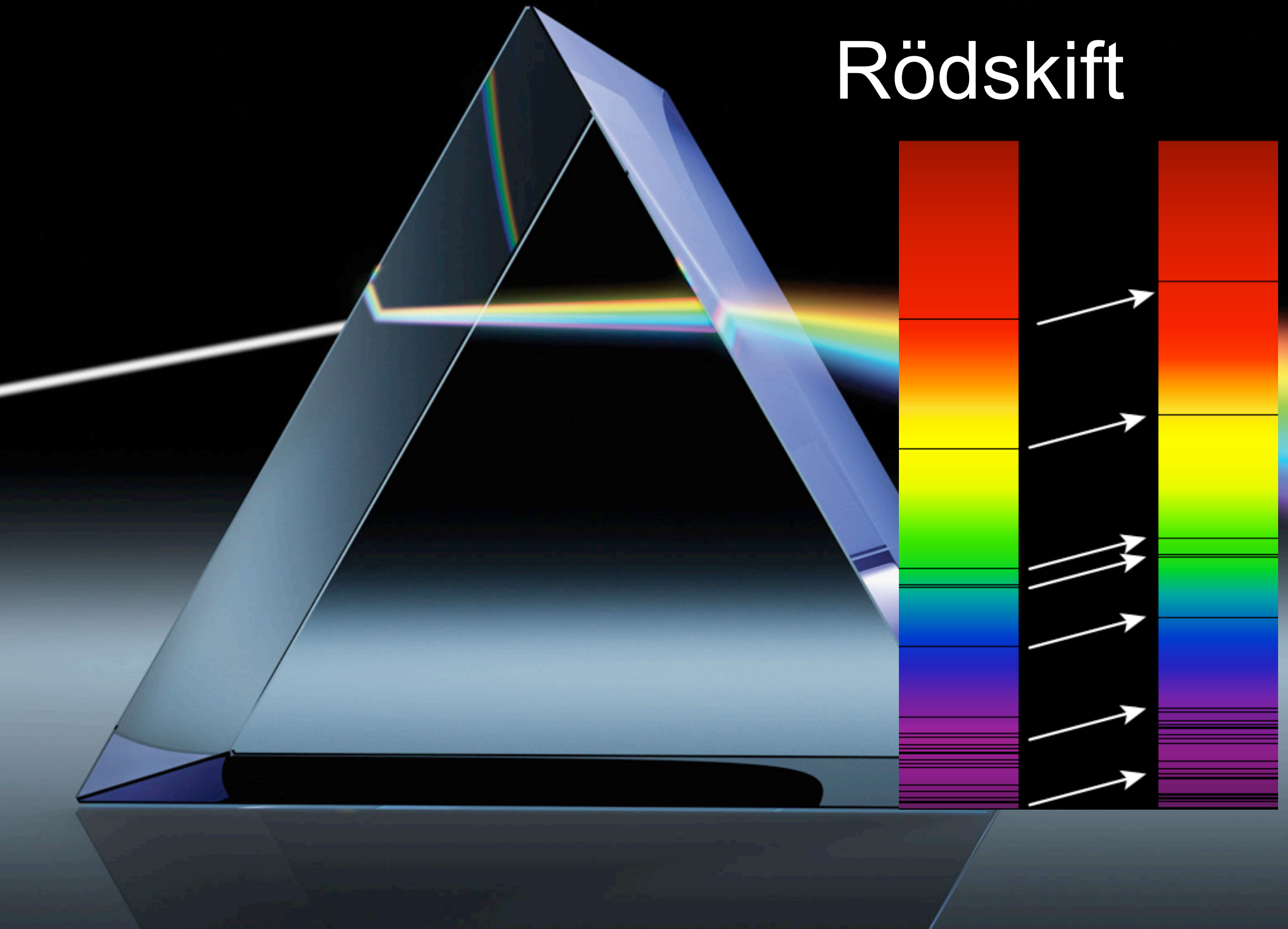
Partiklar.



Spektrallinjer



Rödskift

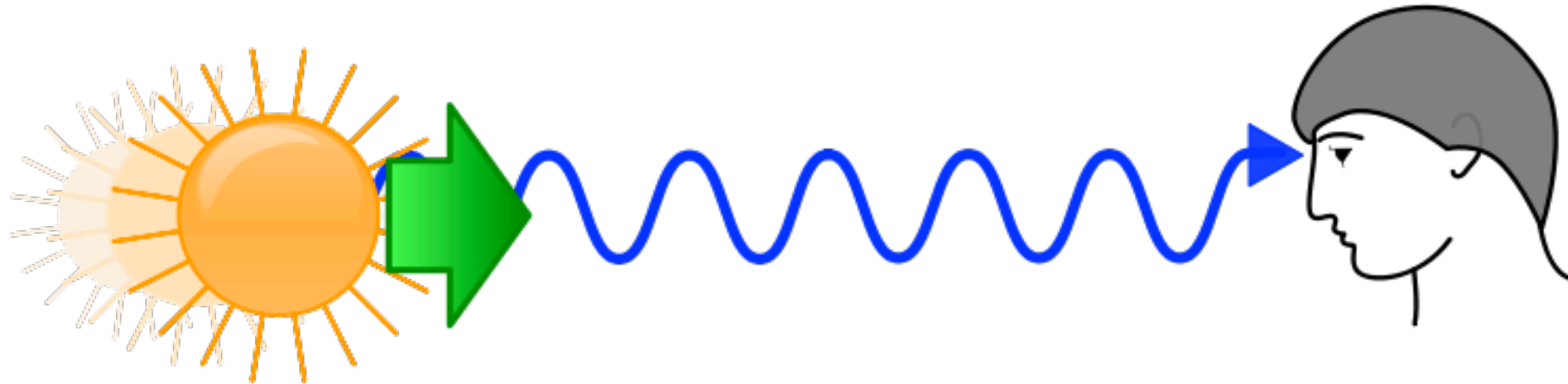


Rödskift:

rymden “dras ut”



(blåskift: hade “tryckts ihop”)



Rödskift



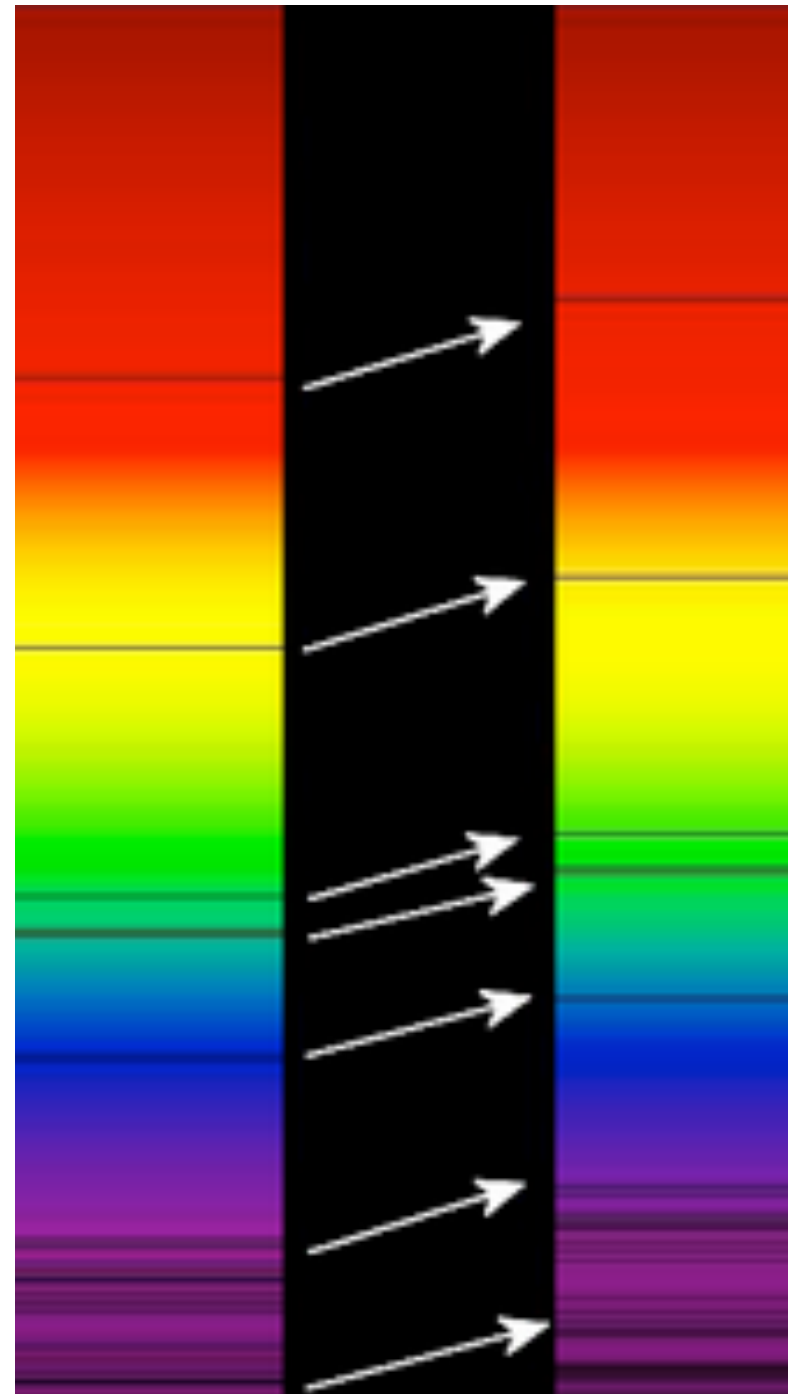
väteatomens
absorptionsspektrum

kan bara absorbera
vissa stegvisa energier

$$E = n \cdot h \cdot f$$

(i princip, annan
formel för
realistiskt väte)

räkna ut hastighet!



Rödskift



väteatomens
absorptionsspektrum

kan bara absorbera
vissa stegvisa energier

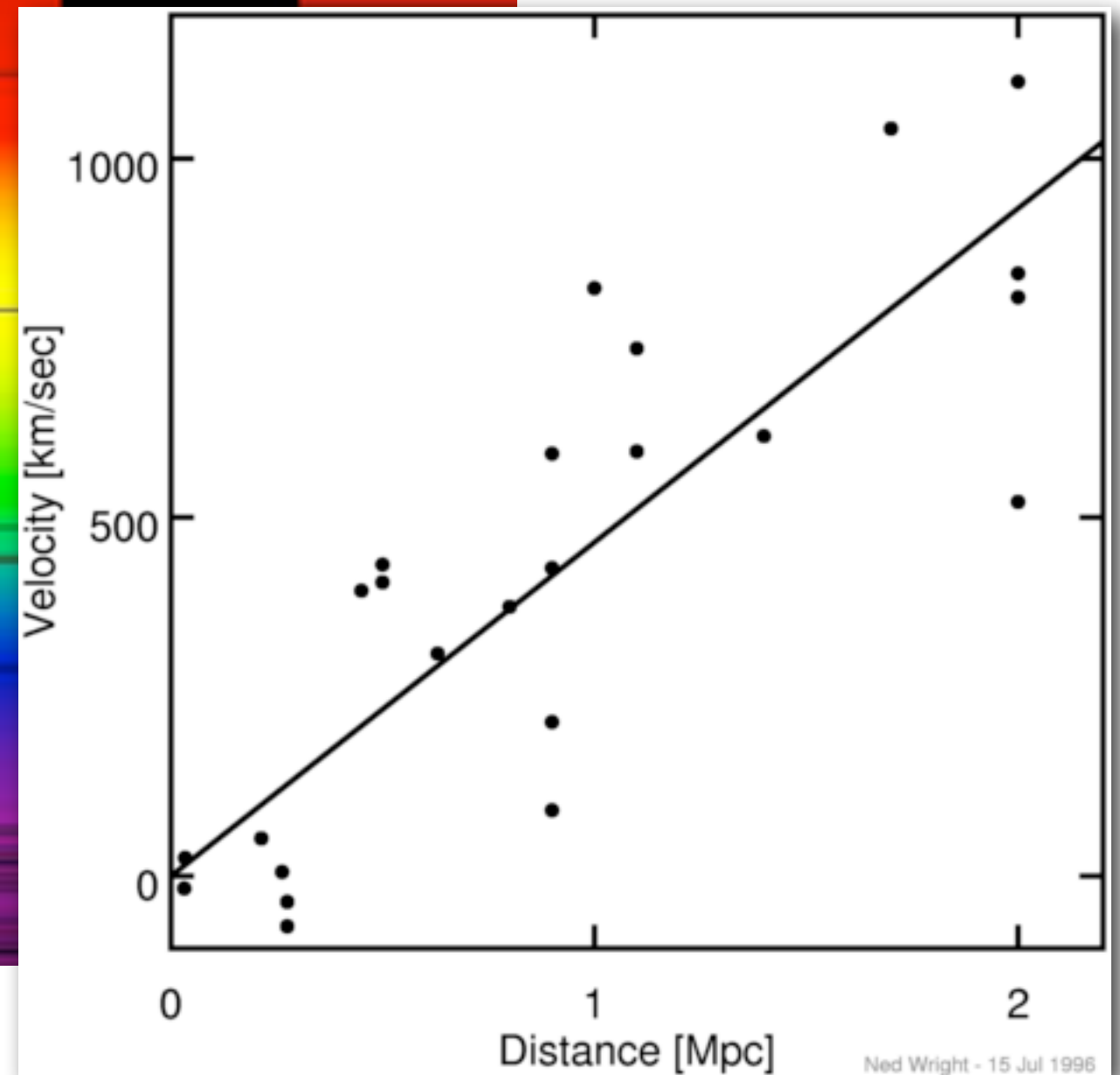
$$E = n \cdot h \cdot f$$

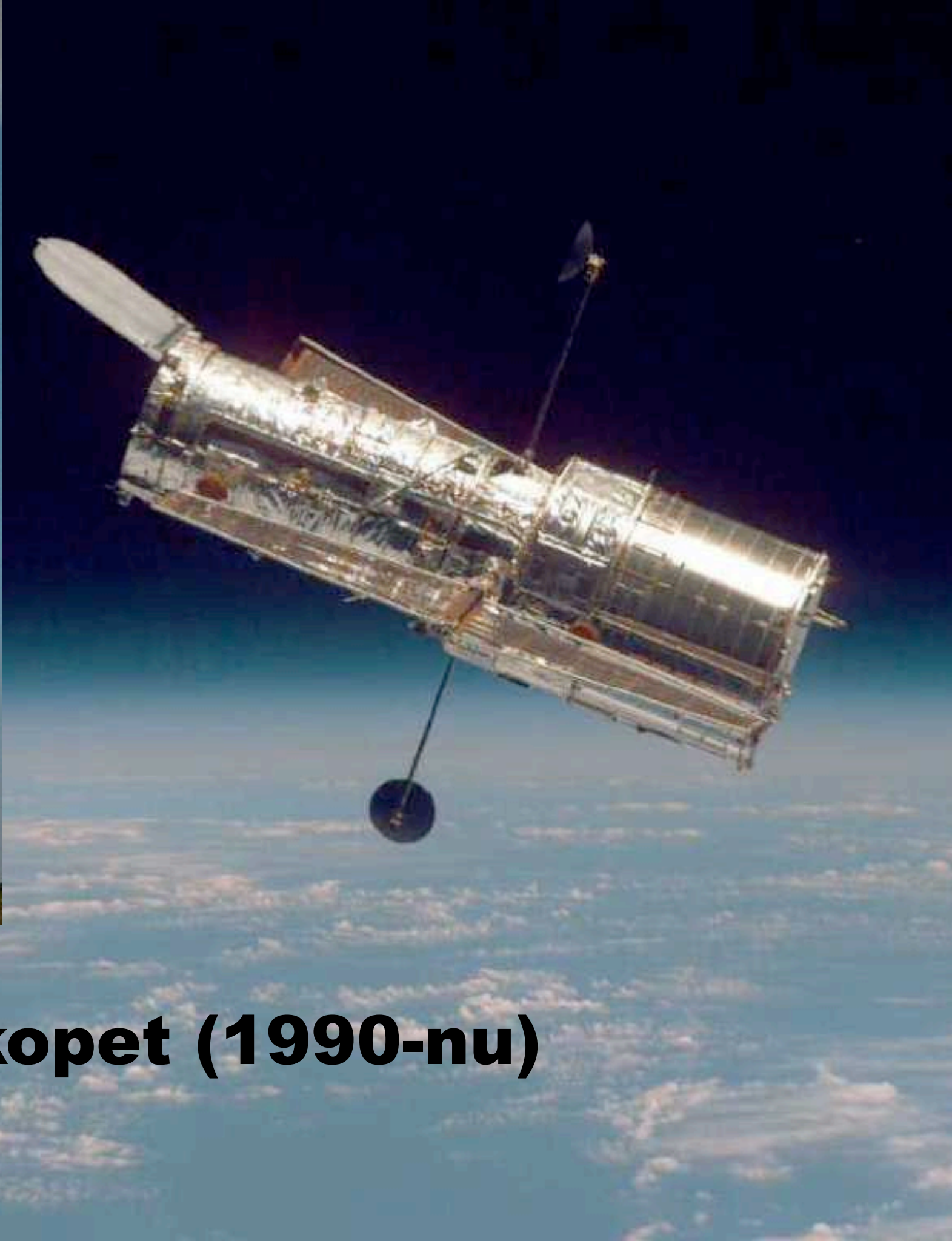
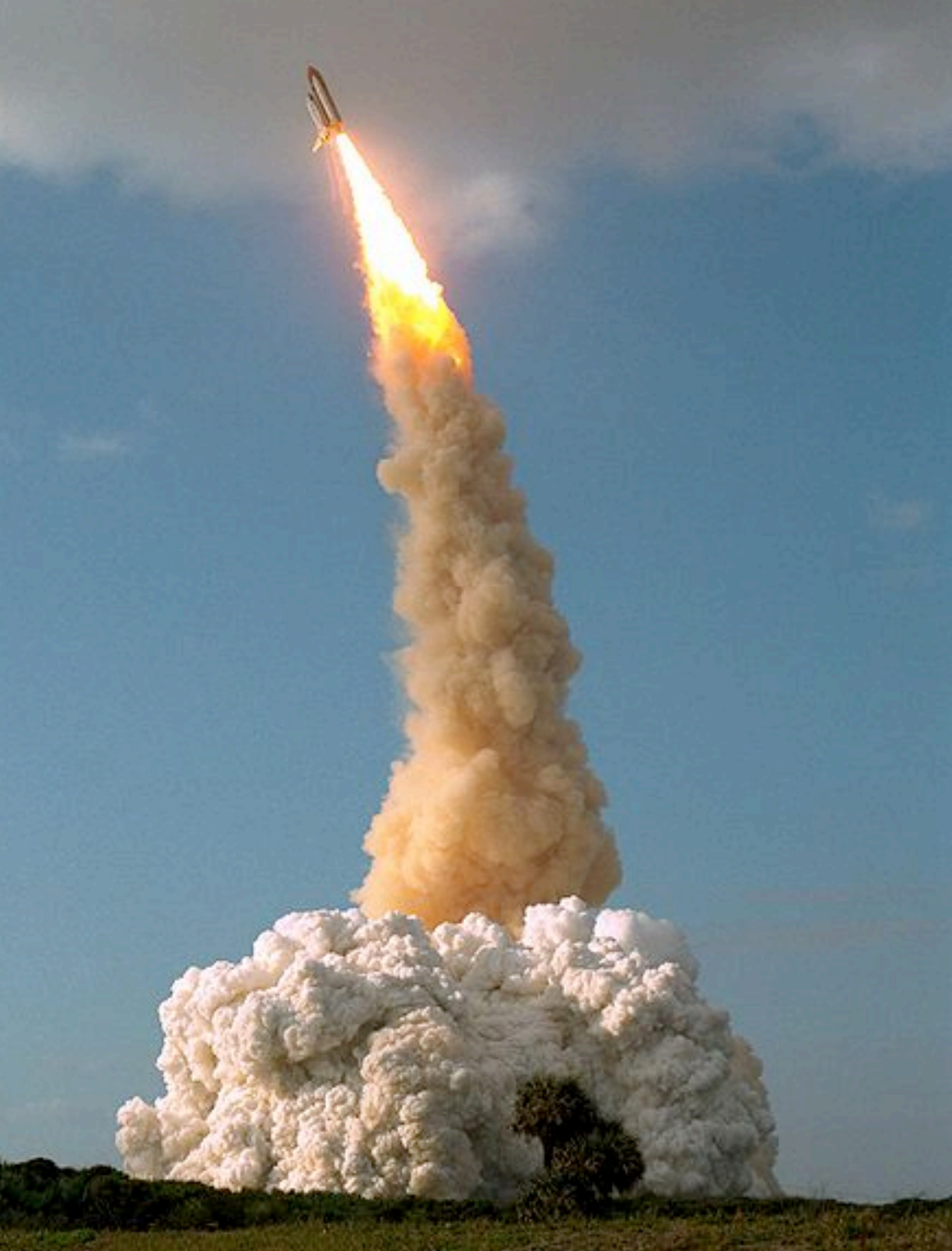
(i princip, annan
formel för
realistiskt väte)

räkna ut hastighet!



Hubbles data
från 1929





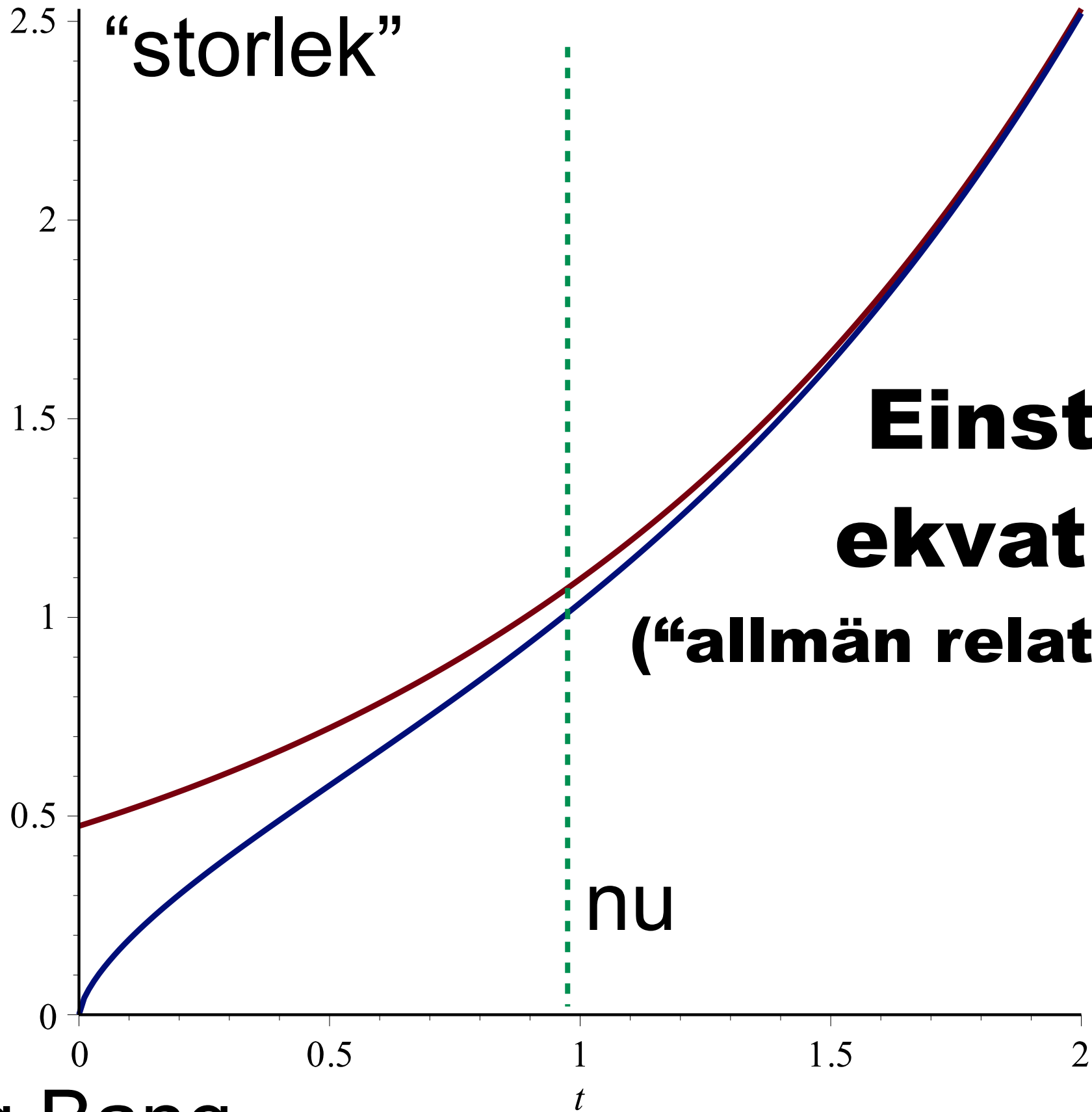
Hubbleteleskopet (1990-nu)

Med Hubble (och andra)

Bullet Cluster (3 miljarder ljusår bort)

Universums

“storlek”



Einsteins
ekvationer

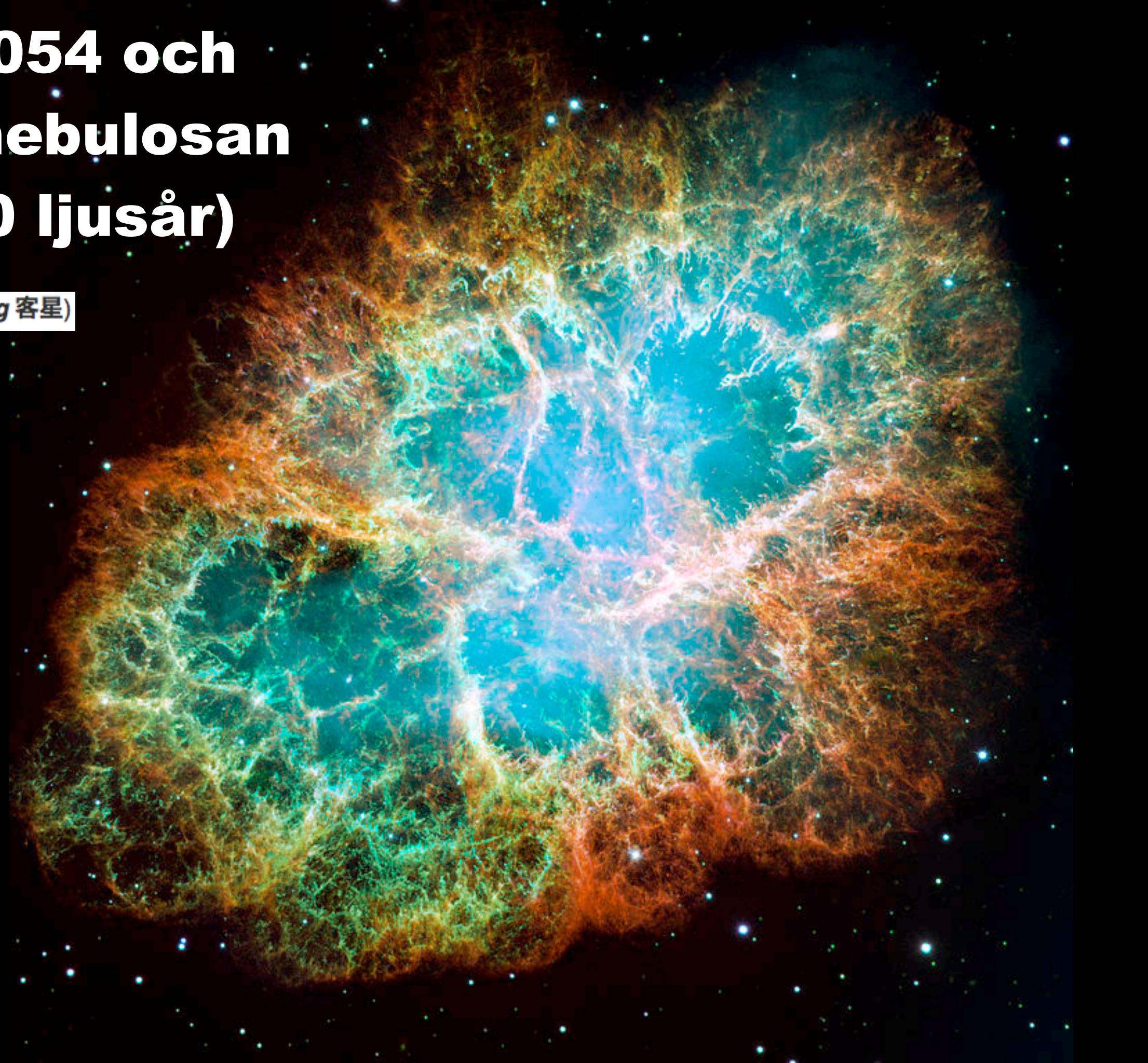
(“allmän relativitetsteori”)

ν

Big Bang

SN 1054 och krabbnebulosan (6500 ljusår)

(ke xing 客星)



Supernovor

Ariel Goobar (Stockholm)

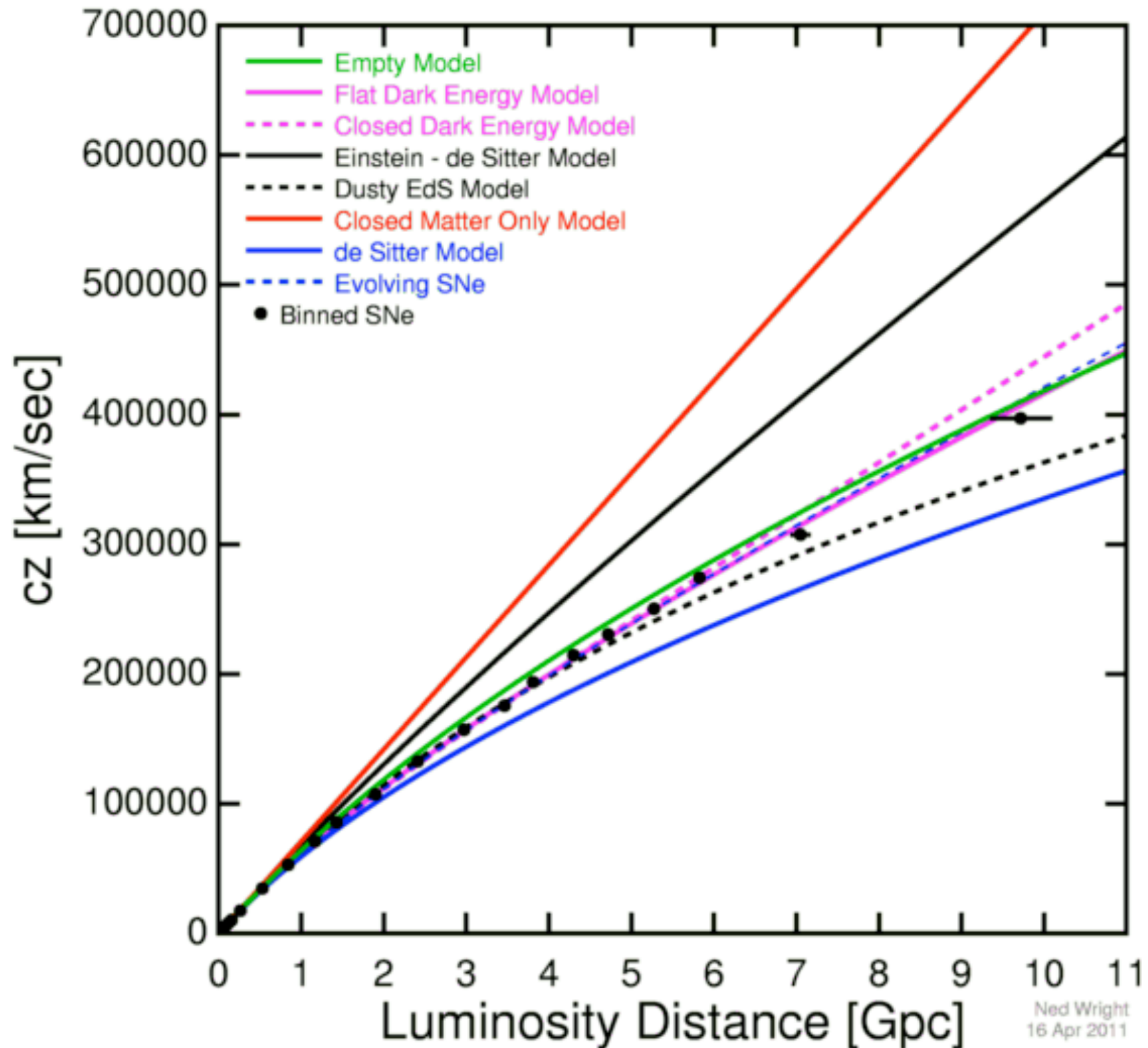


Perlmutter

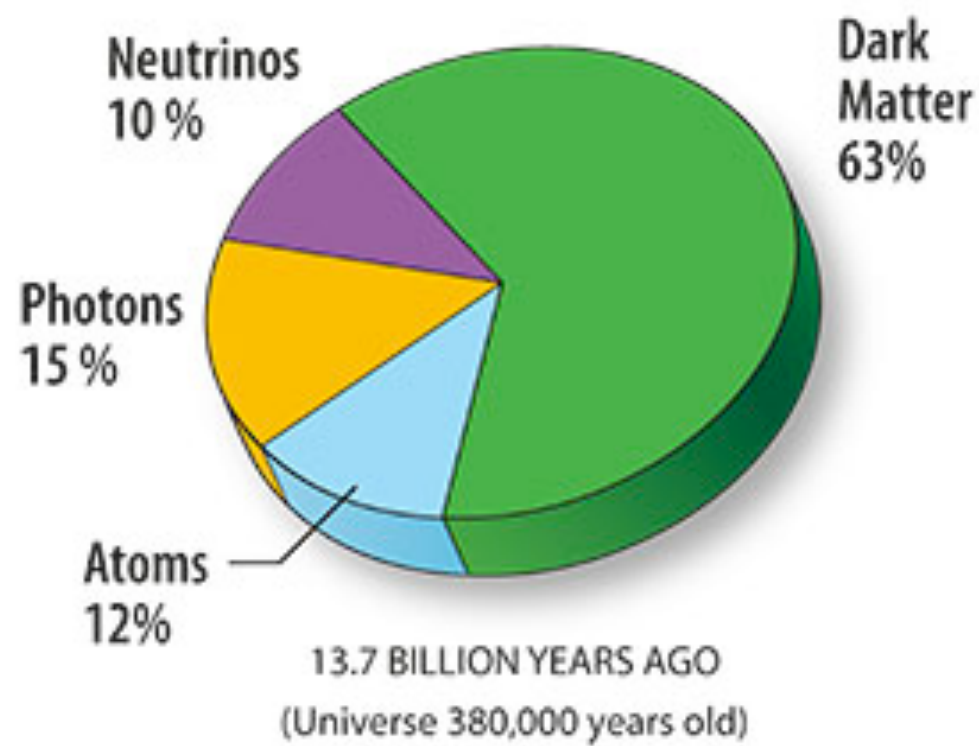
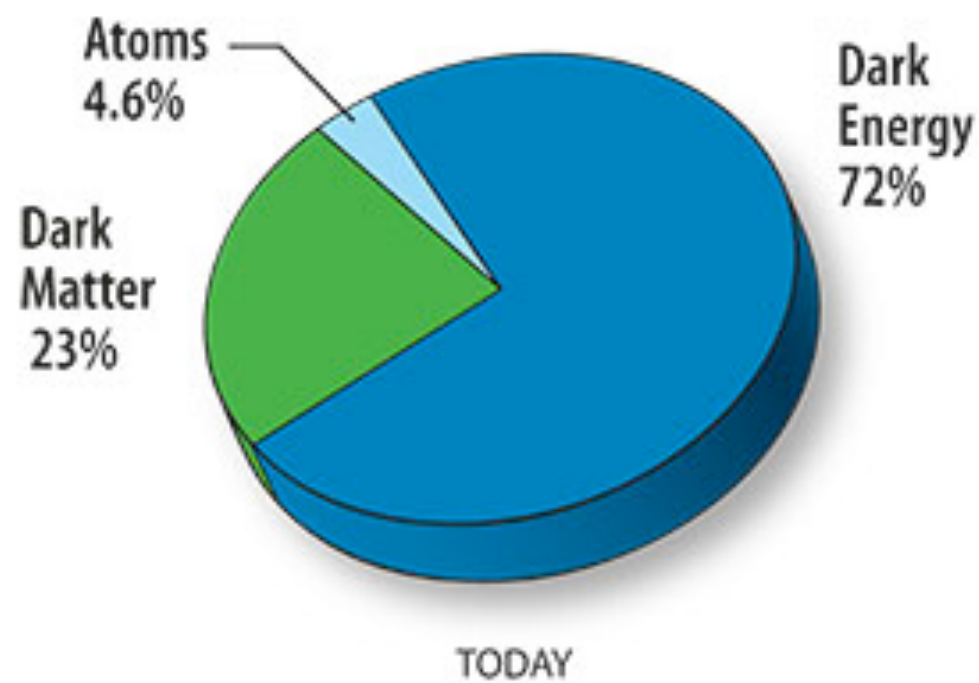
Nobel 2011, mörk energi, supernovor

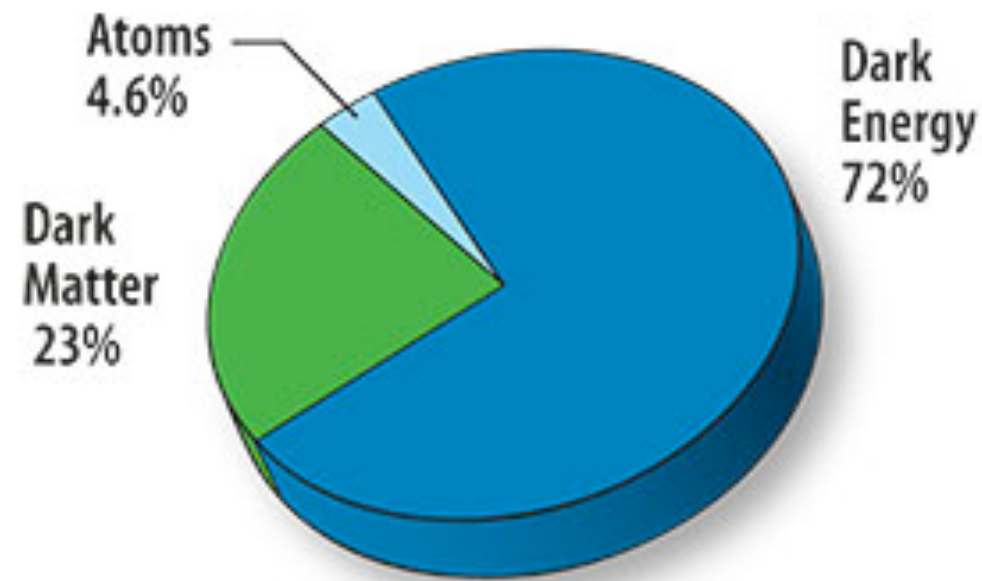
Supernovor och universums expansion

(472 st.)



Hubble:
Mpc!





varför?

hur???

Vad är fenomenet halo?



Wikipedia, "Halo"



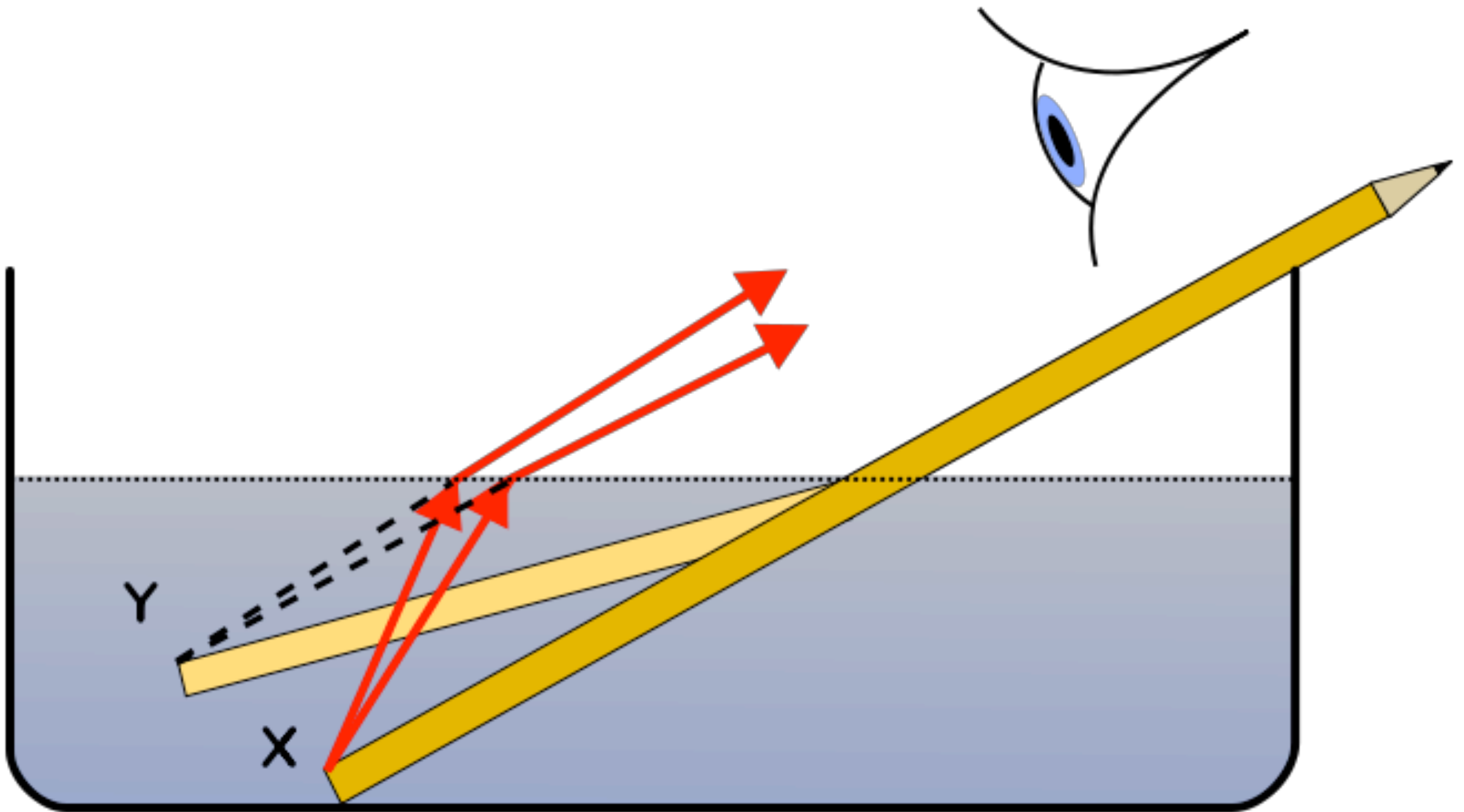
Full Circle Rainbow

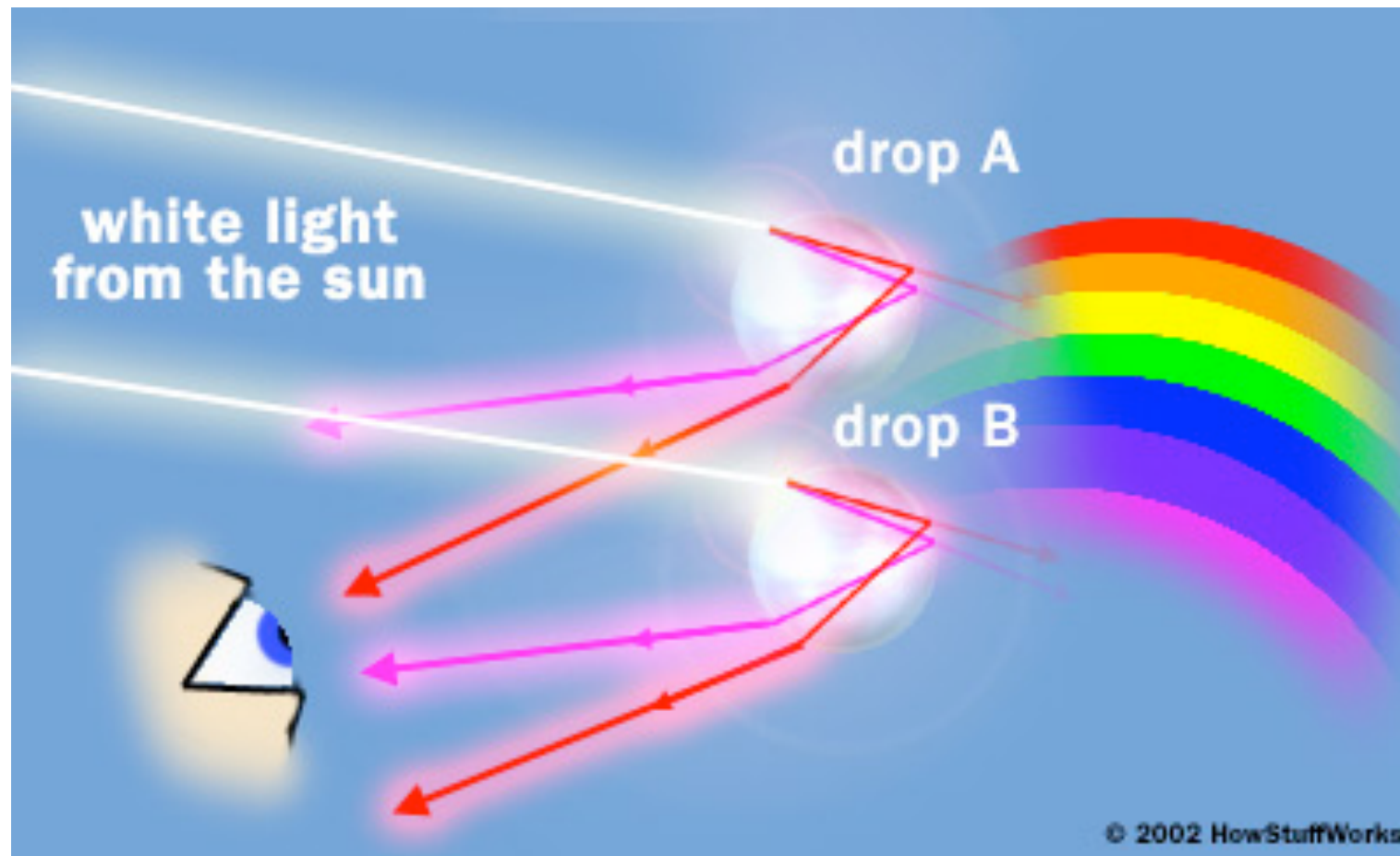
youtube.com/watch?v=M-JSXKz6NSI



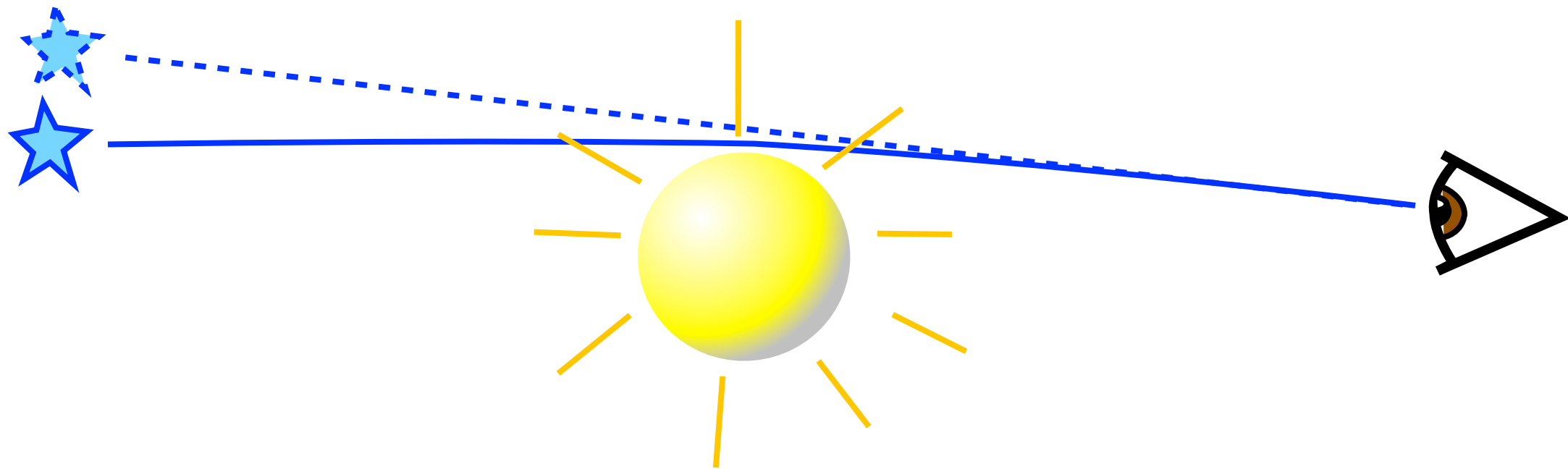
Är pennan trasig?

Brytning



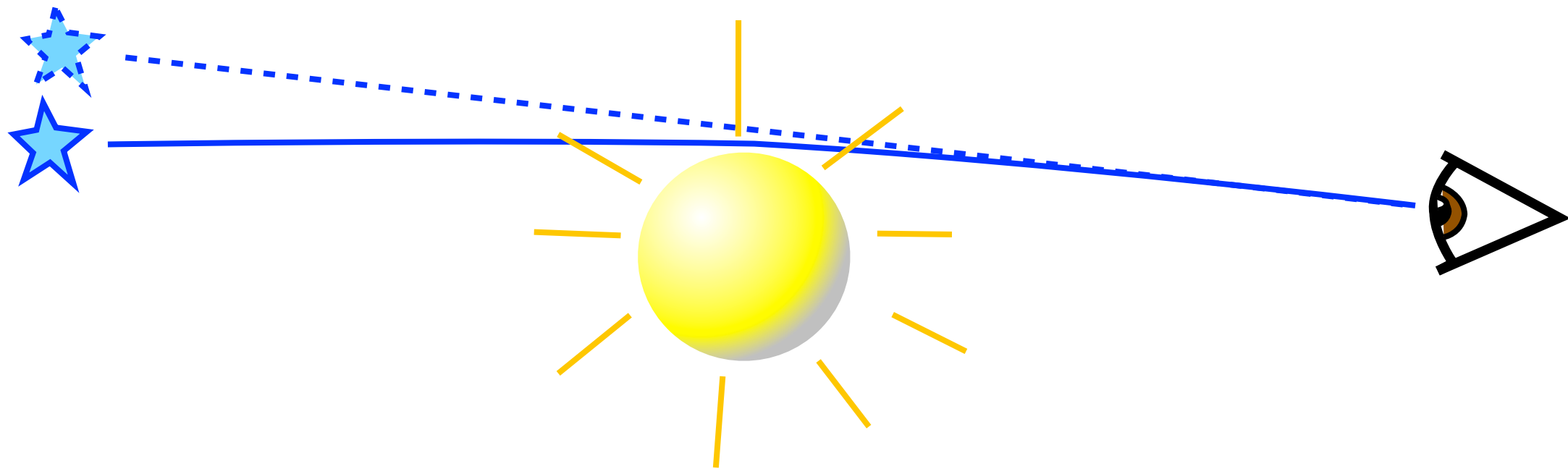


Einstein 1915: Ljus böjs av tyngdkraft



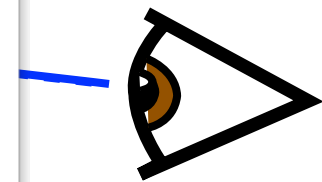
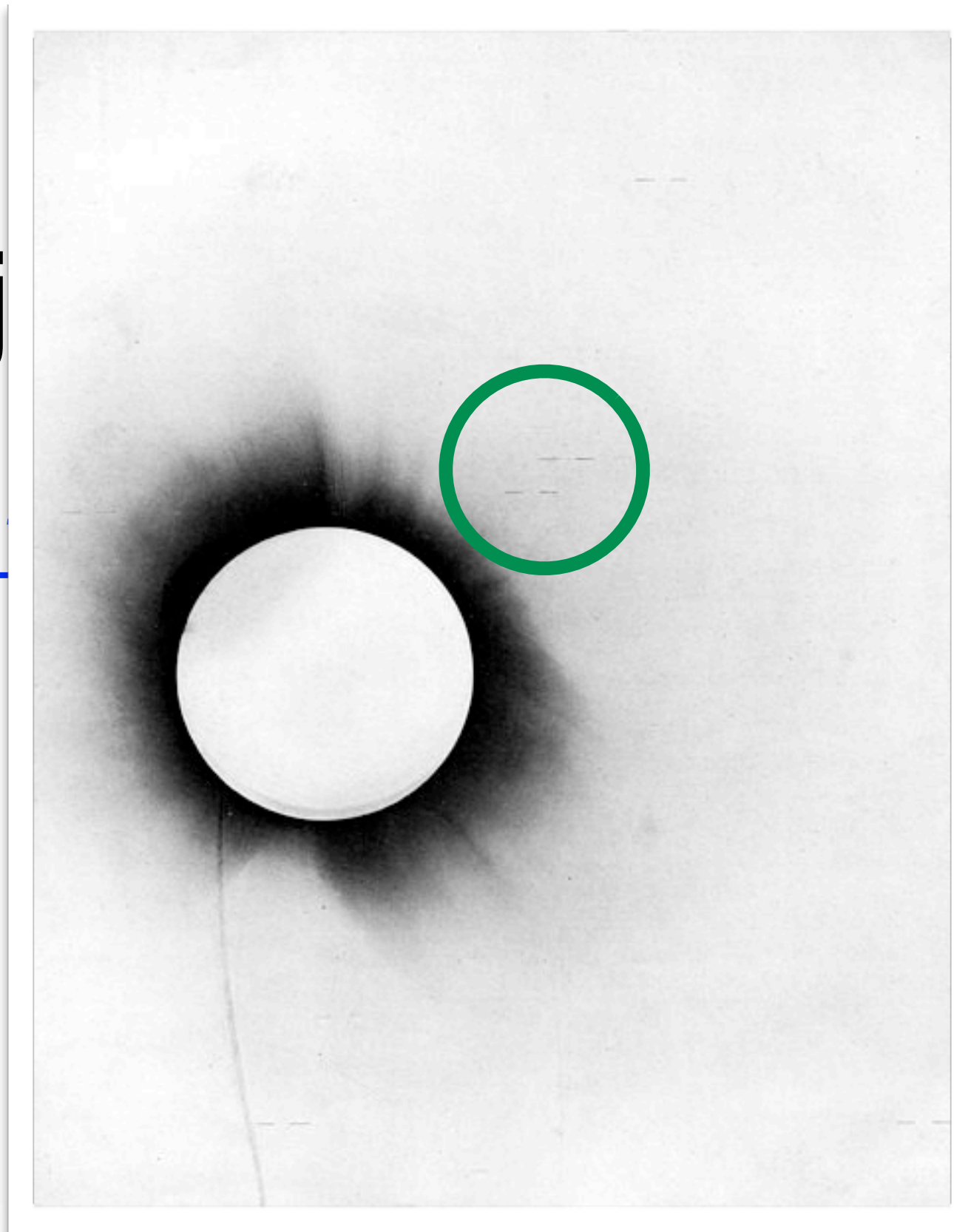
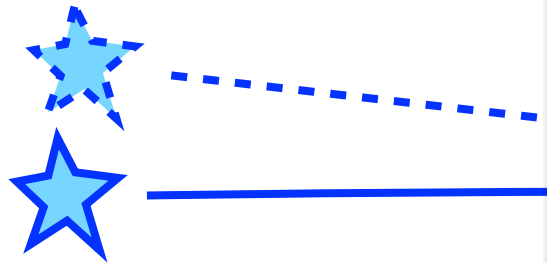
$$E = m \cdot c^2 \quad ?$$

Einstein 1915: Ljus böjs av tyngdkraft



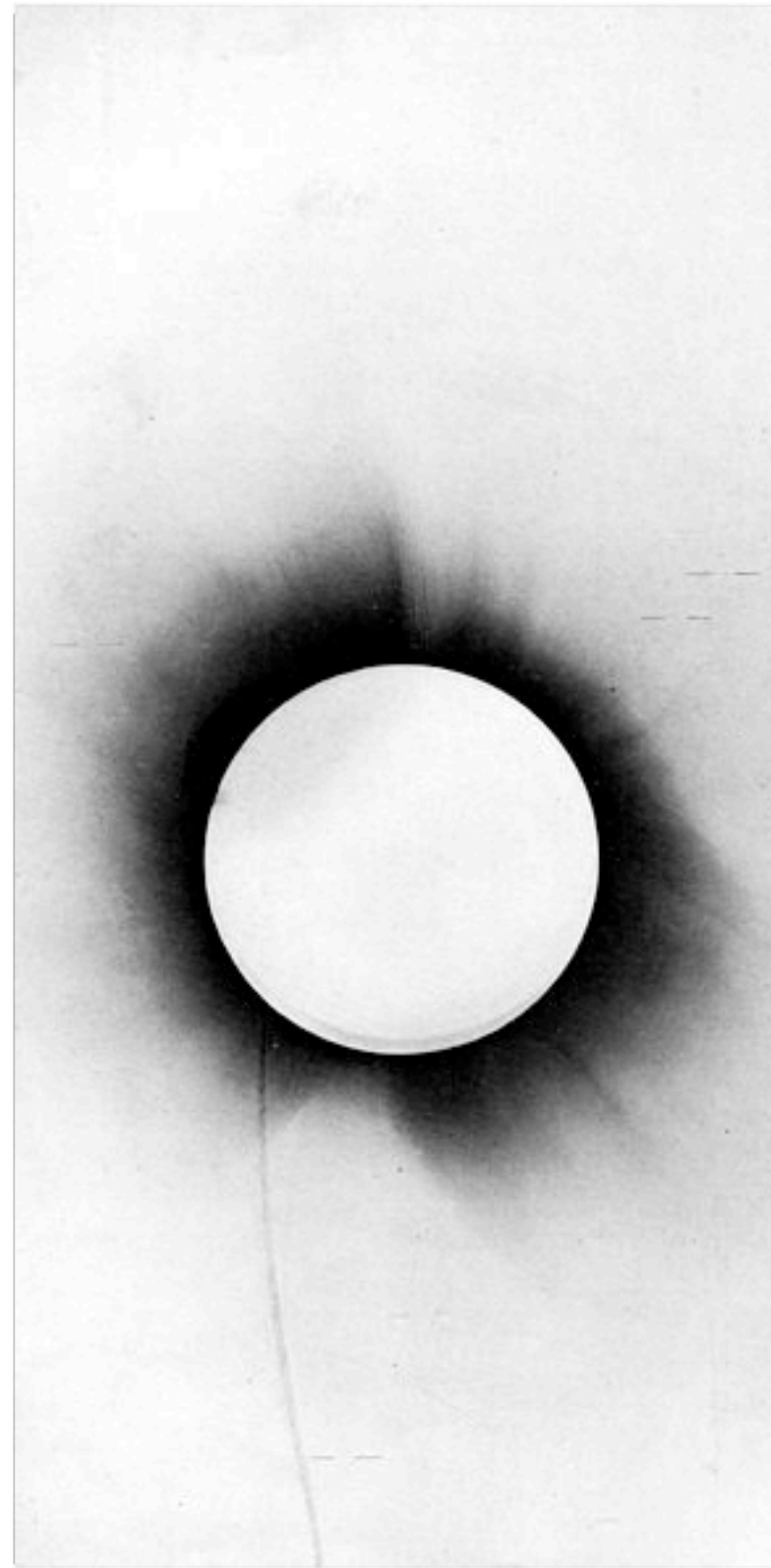
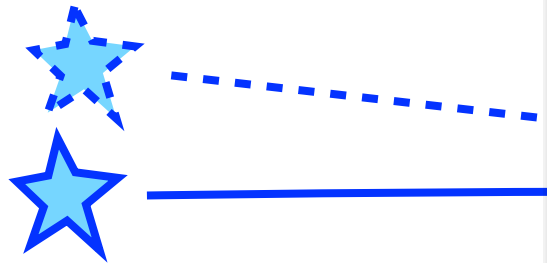
$$(E_{totalt})^2 = (E_{rörelse})^2 + (E_{massa})^2$$

Einstein ljus böj



Eddington, 1919

Einstein
ljus böj



Eddingto

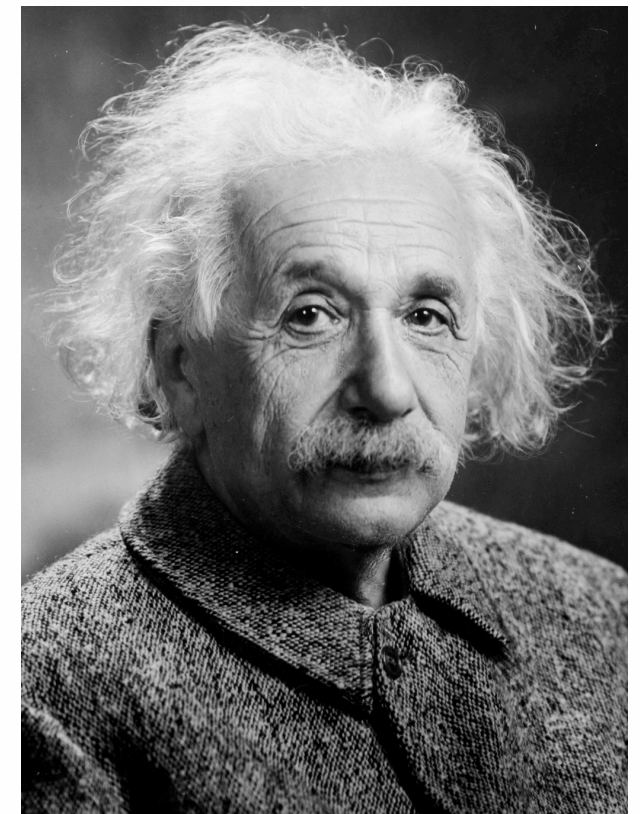
LIGHTS ALL ASKEW IN THE HEAVENS

Men of Science More or Less
Agog Over Results of Eclipse
Observations.

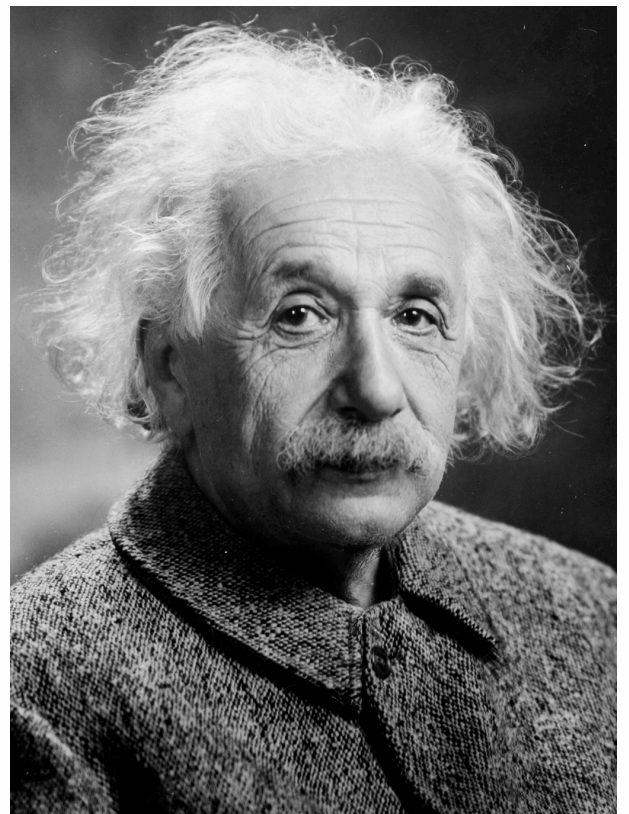
EINSTEIN THEORY TRIUMPHS

Stars Not Where They Seemed
or Were Calculated to be,
but Nobody Need Worry.

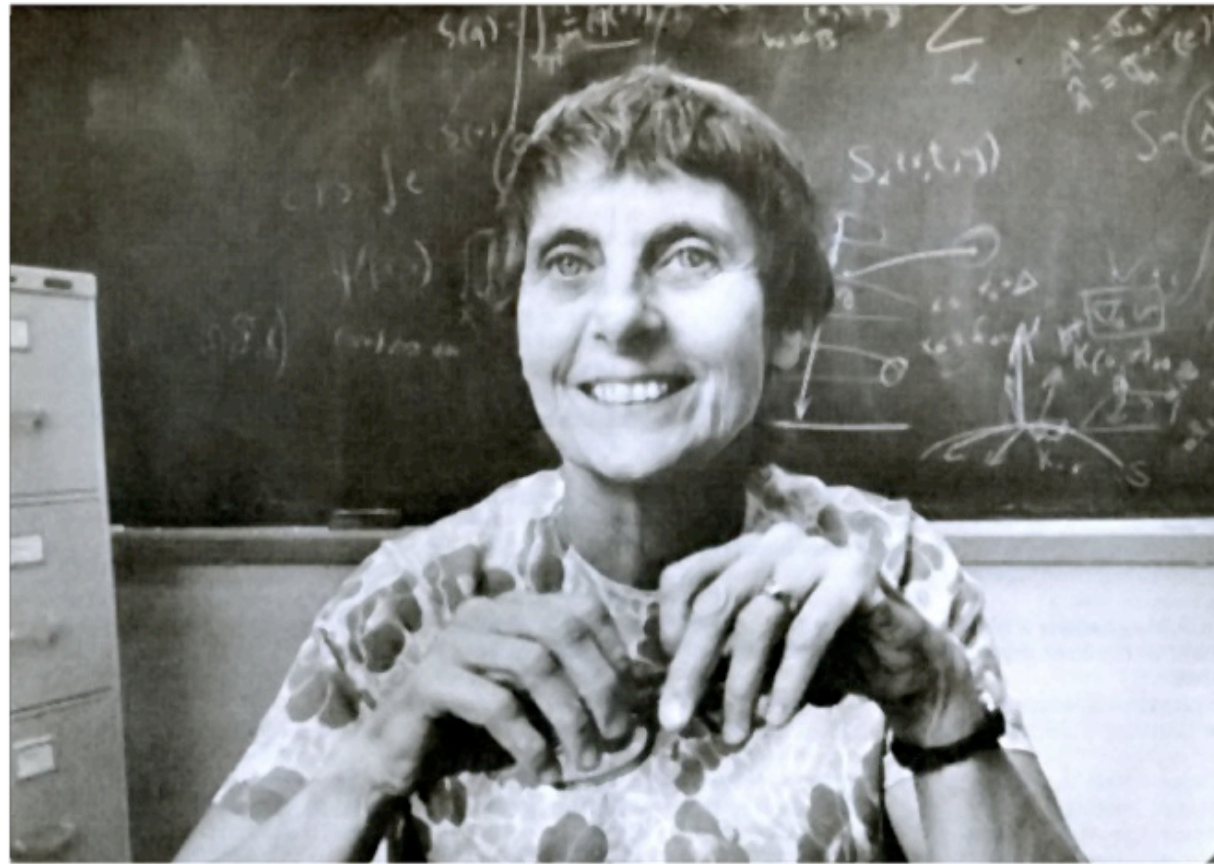
- född i Ulm
i Tyskland 1879
- jobbade i Schweiz
- professor i Berlin
- flydde Hitler 1933
till Princeton, USA



- född i Ulm
i Tyskland 1879
- jobbade i Schweiz
- professor i Berlin
- flydde Hitler 1933
till Princeton, USA

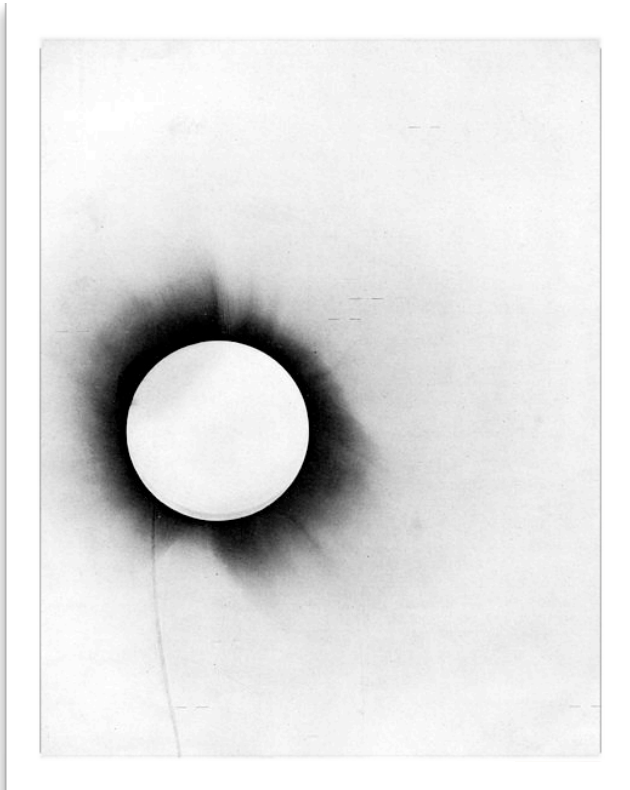


Cécile DeWitt,
Princeton 1950



min chef i USA:
Cécile DeWitt
professor i fysik

Igen: Afrika 1973



Cécile
DeWitt

Vad är svarta hål?

Varför finns dom?

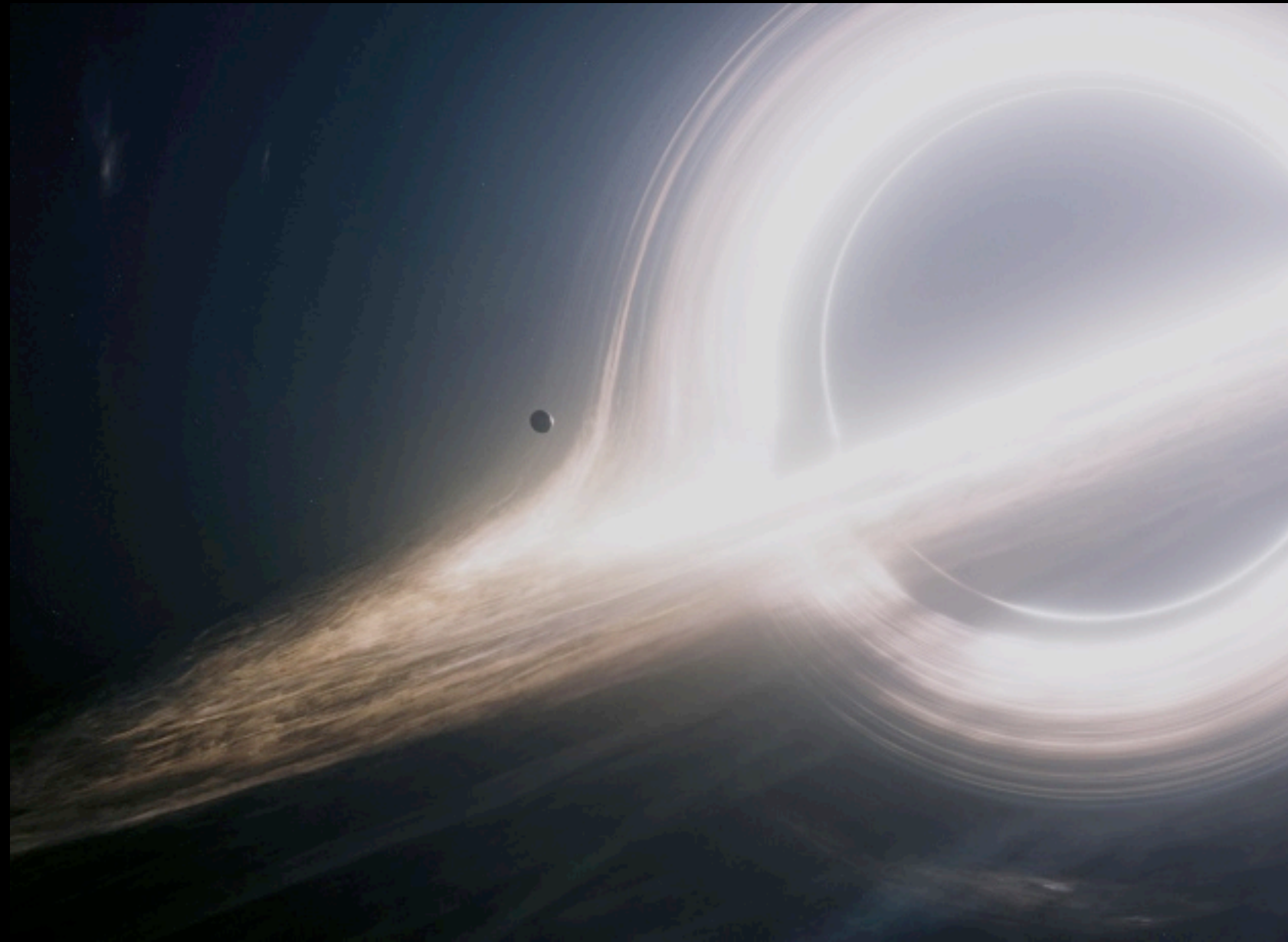
Förklara mer om svart hål i vår galax.

De är kollapsade stjärnor eller stjärnhopar, som har så stark tyngdkraft (gravitation) att *inte ens ljus tar sig iväg från "ytan"* (händelsehorisonten).

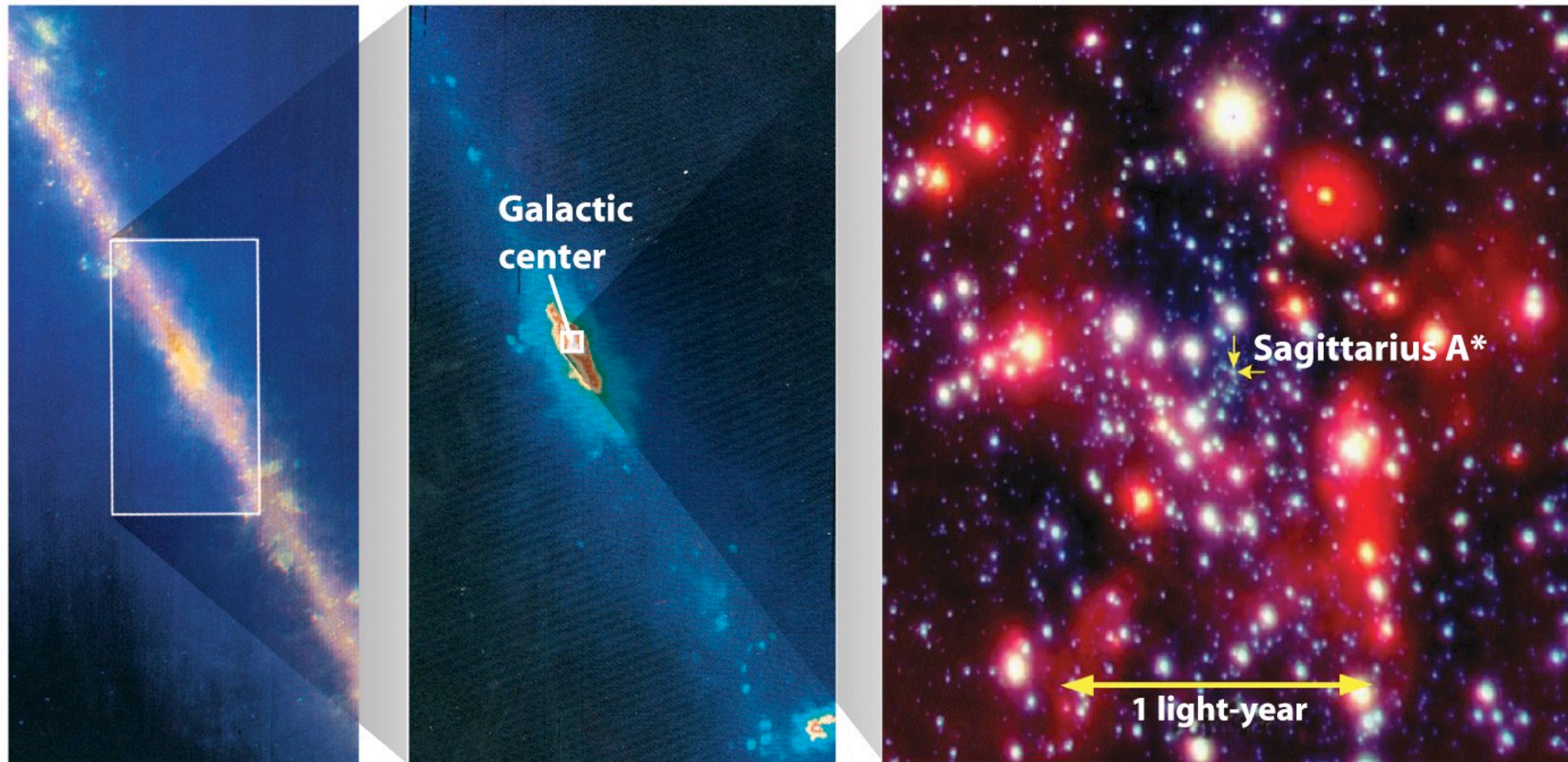
De finns för att tyngdkraft vill klumpa ihop allt, men fusionskraft trycker vanligtvis utåt i stjärnor.

Tyngdkraft "drar ned" *energi* (som ljus),
inte bara massa.

Det svarta hålet i vår galax kallas *Sgr A** och är i stjärnbilden Skytten. Det väger 4 miljoner solmassor och är stort som Merkurius bana.



film: "Interstellar"

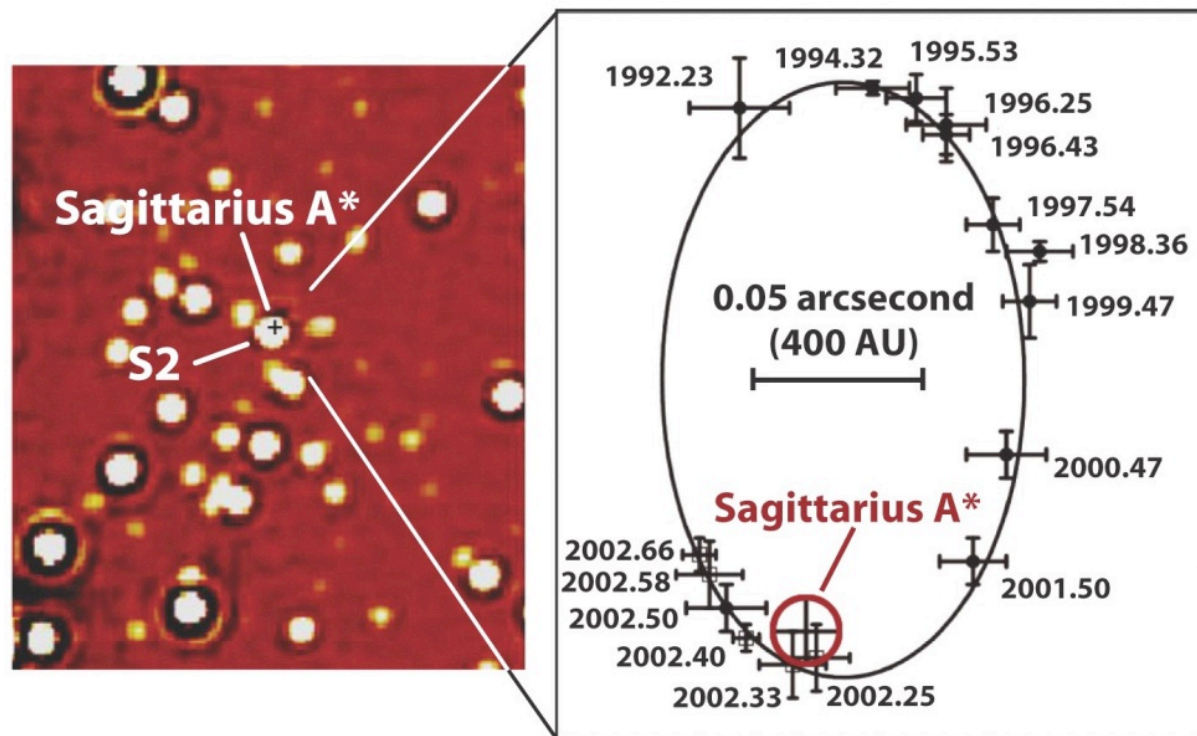


(a) A wide-angle (50°) infrared view

(b) A close-up view shows a more luminous region at the galactic center

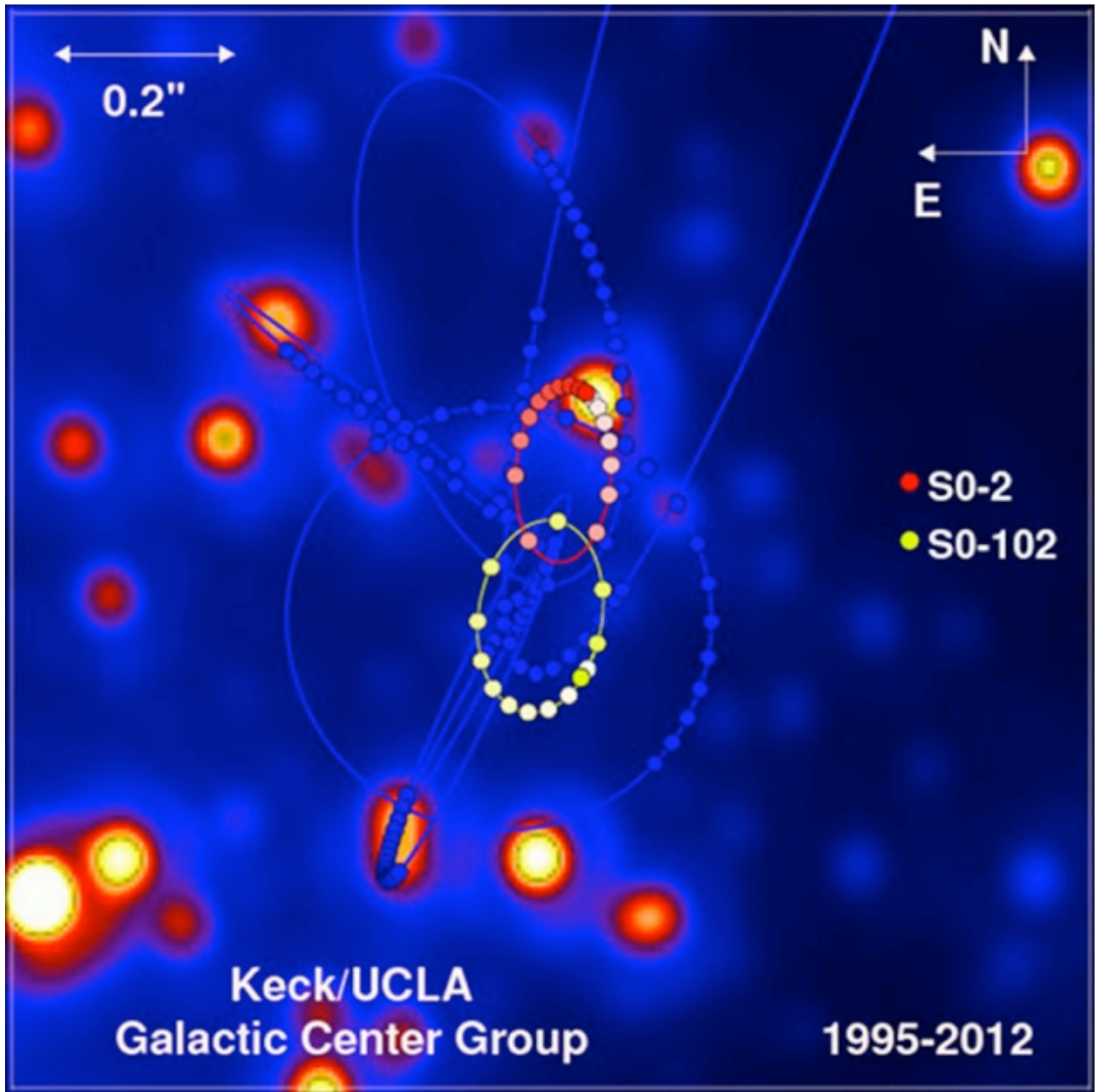
(c) An extreme close-up view centered on Sagittarius A*, a radio source at the very center of the Milky Way Galaxy, shows hundreds of stars within 1 ly (0.3 pc)

I Vintergatans centrum ligger Sagittarius A* som är en stark radiokälla. Runt den kryllar det av stjärnor, hundratalstjärnor inom ett ljusår. Medelavståndet mellan stjärnor i Vintergatan är drygt ett ljusår.

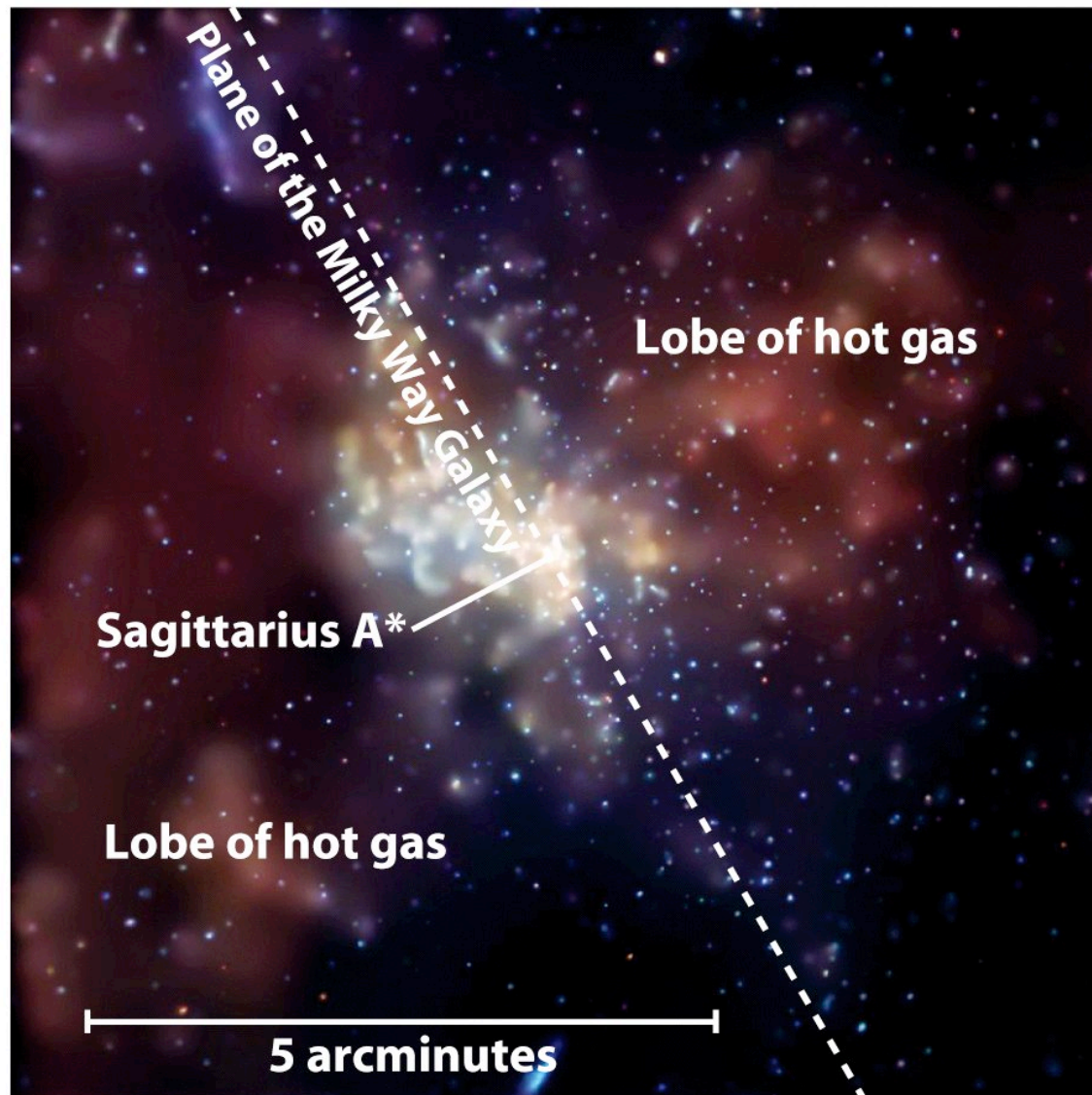


Stjärnan S2:s banrörelse runt Sgr A* .

- År 2002 passerade stjärnan S2 (S0-2) runt Sgr A* på ett avstånd på bara 120 AU (3 ggr avståndet mellan solen och Pluto). När den var som närmast var banhastigheten 5000 km/s (2% av ljushastigheten!).
- Massan hos Sgr A* kan beräknas från rörelsen av S2 med hjälp av Kepler's tredje lag till 4 miljoner solmassor! Eftersom radien hos Sgr A* som störst kan vara 120 AU, så måste det röra sig om ett "mycket kompakt" objekt; ett supermassivt svart hål.



(upptäckt
2012)

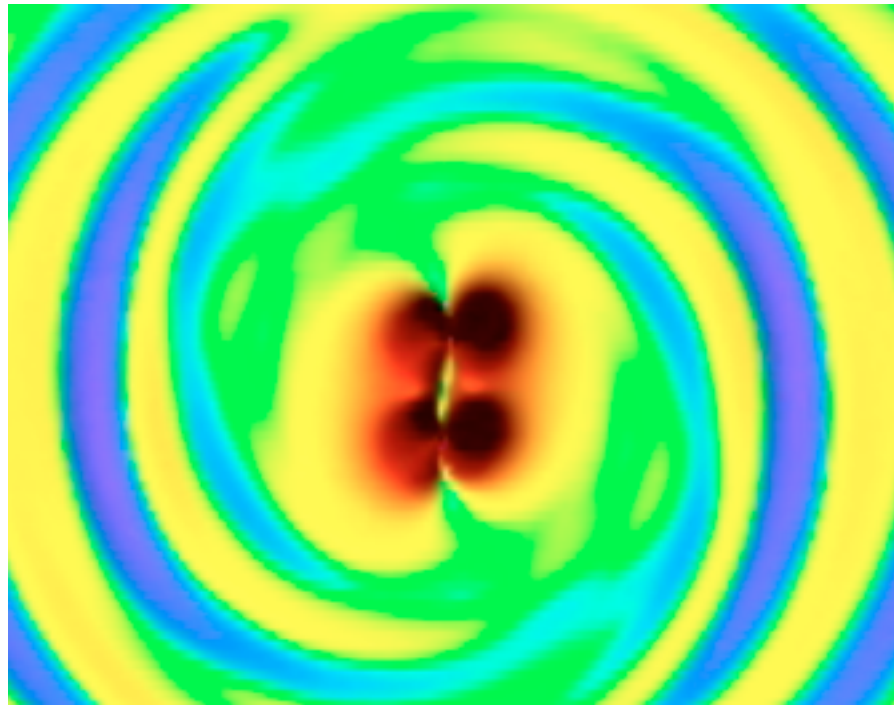


An X-ray view of the galactic center

- På bilden tagen av Chandra (i falska färger) ser man tydligt två lober av het gas (i rött) med en temperatur på upp till 20 miljoner K som sträcker sig tiotals ljusår från Sgr A*.
- Dessa tros vara skapade av kraftiga explosioner som ägt rum de senaste tusen åren. Detta kanske också kan förklara varför det är förhållandevis lugnt runt Sgr A* just nu: mycket material kan ha blåsts bort av dessa.

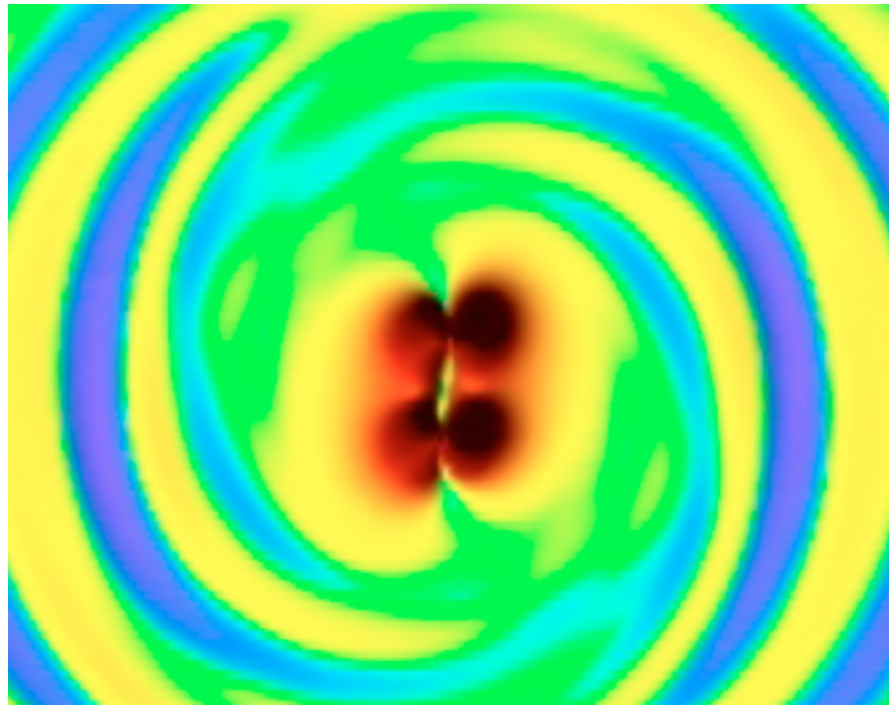
**Annat “osynligt ljus”
som ett nytt fönster
mot svarta hål
och Big Bang?**

Gravitationsvågor



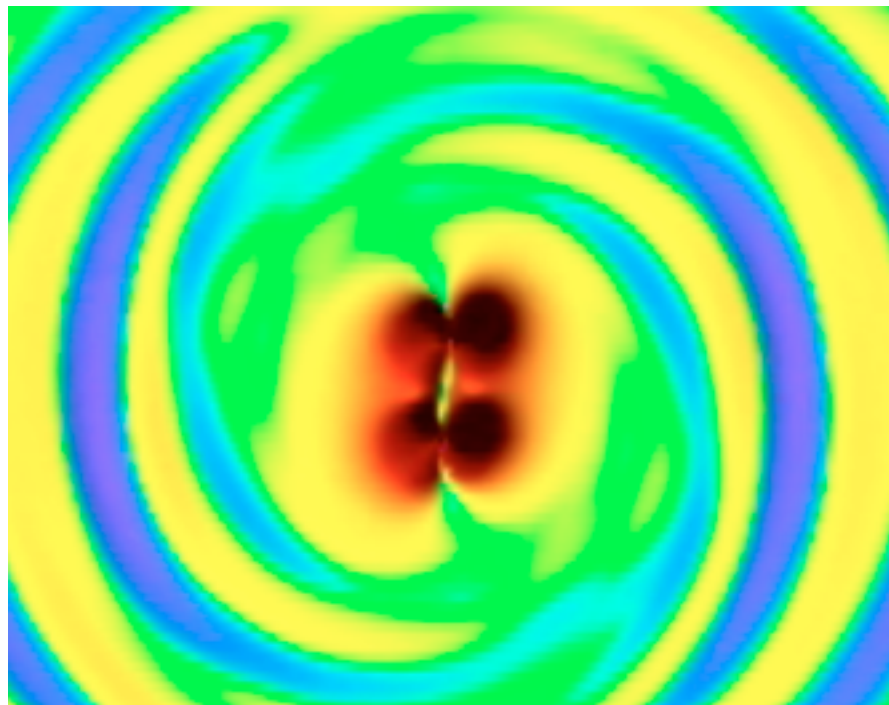
Frans Pretorius hemsida:
physics.princeton.edu/~fpretori/

Gravitationsvågor



LIGO:s hemsida:
ligo.caltech.edu

Kvant-gravitation?



partikel som “bär” gravitationskraften:
“gravitonen” h ? 

Wikipedia: “List of unsolved problems in physics”

Var tar allt vägen i ett svart hål?

Hawking-strålning

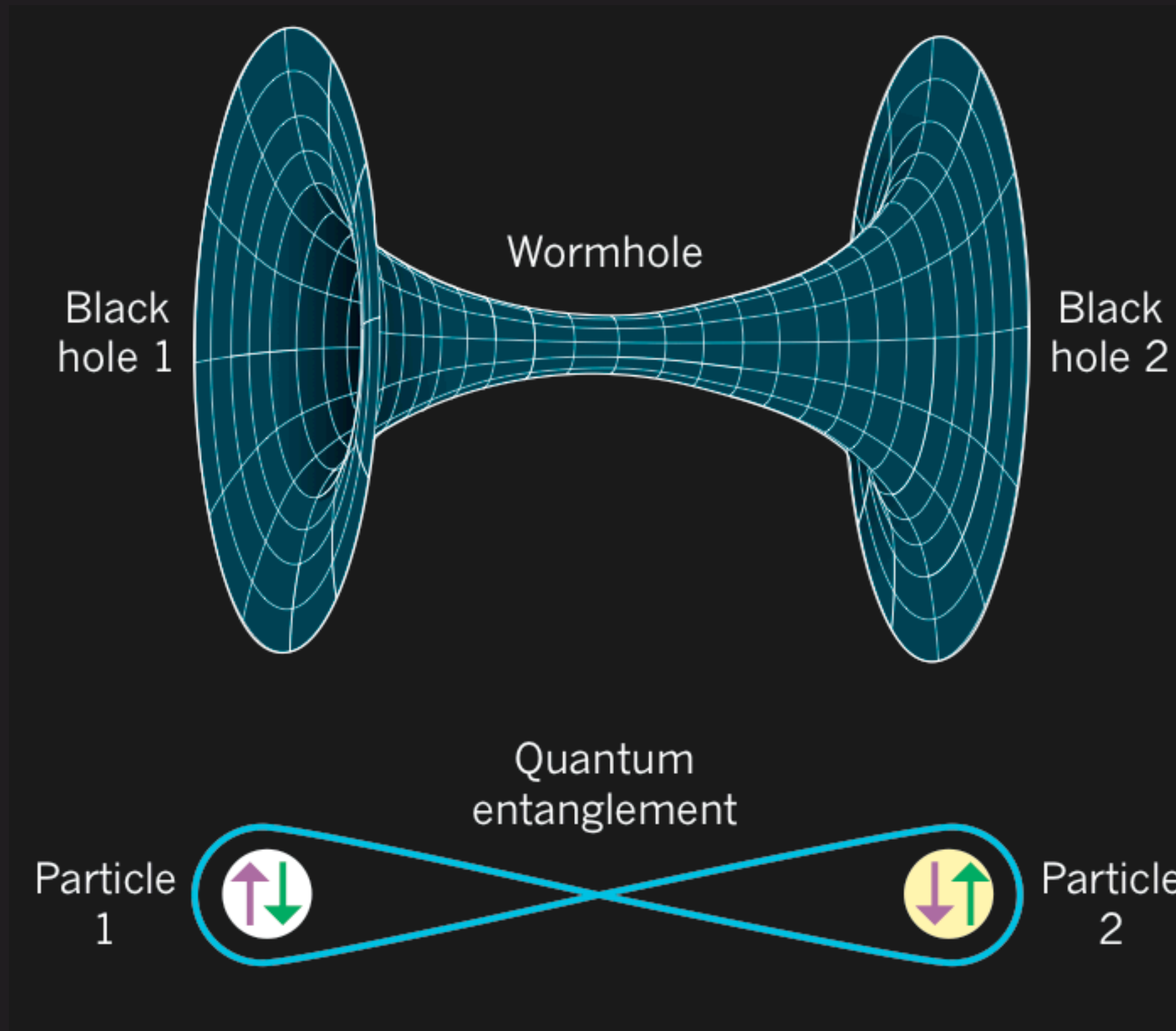


Wikipedia, "Black hole"

Hawkingstrålning

förångning av svarta hål





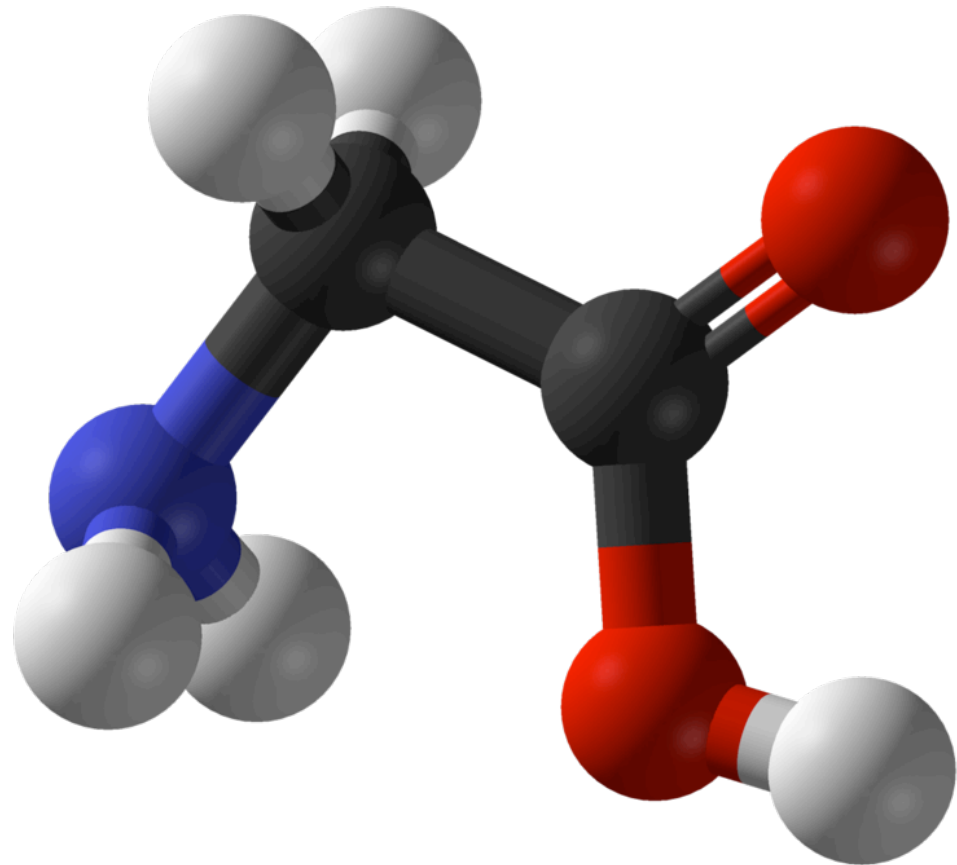
R. Cowen, "The quantum source of space-time"
Nature 2015-11-16

*Har atomen, kvarkar och/eller strängar
något medvetande?*

Nej.

Men t.ex. aminosyran glycin hjälper till
med t.ex. s.k. NMDA-receptorer i
hjärnan, som påverkar inlärning.
Och glycin består av...

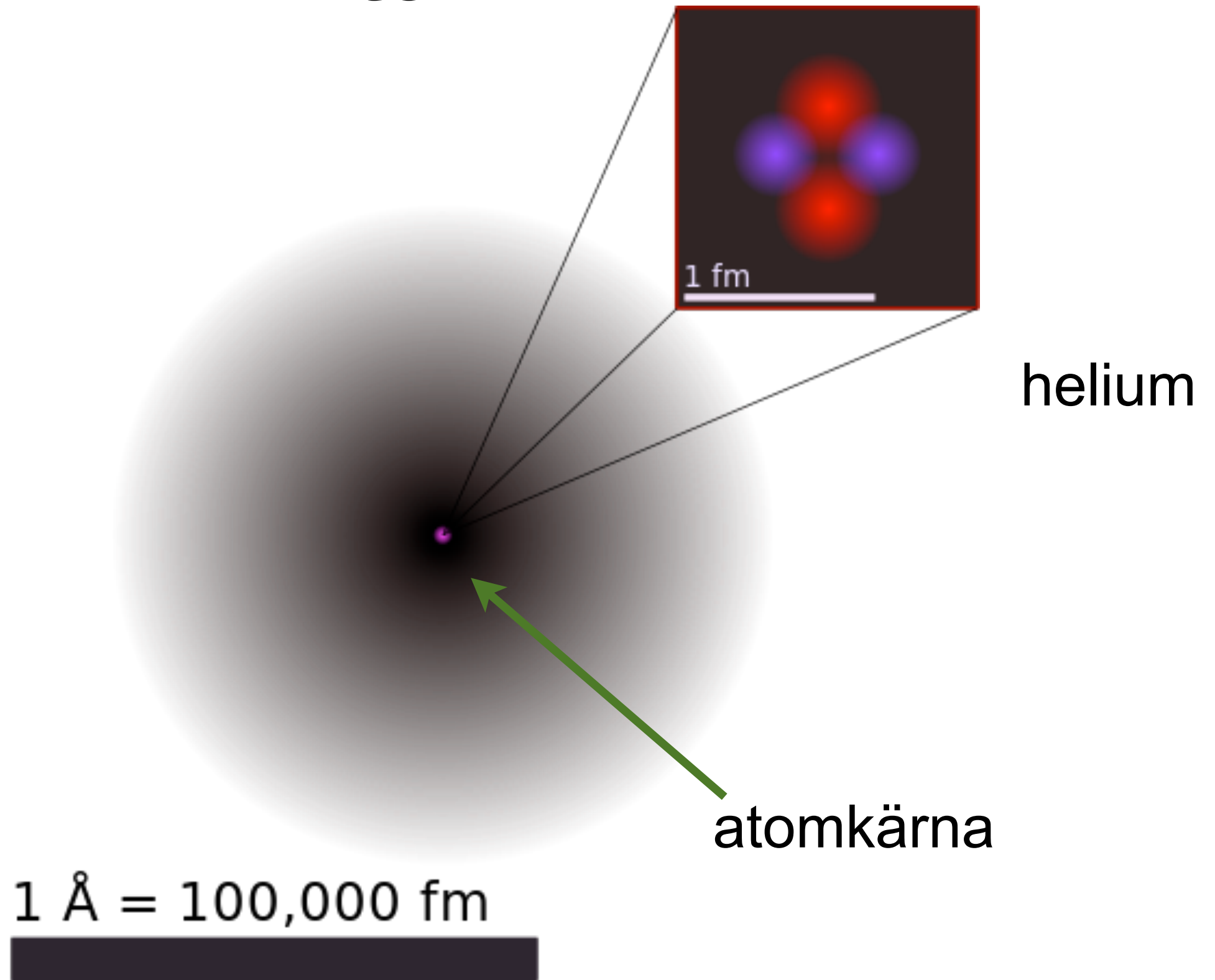




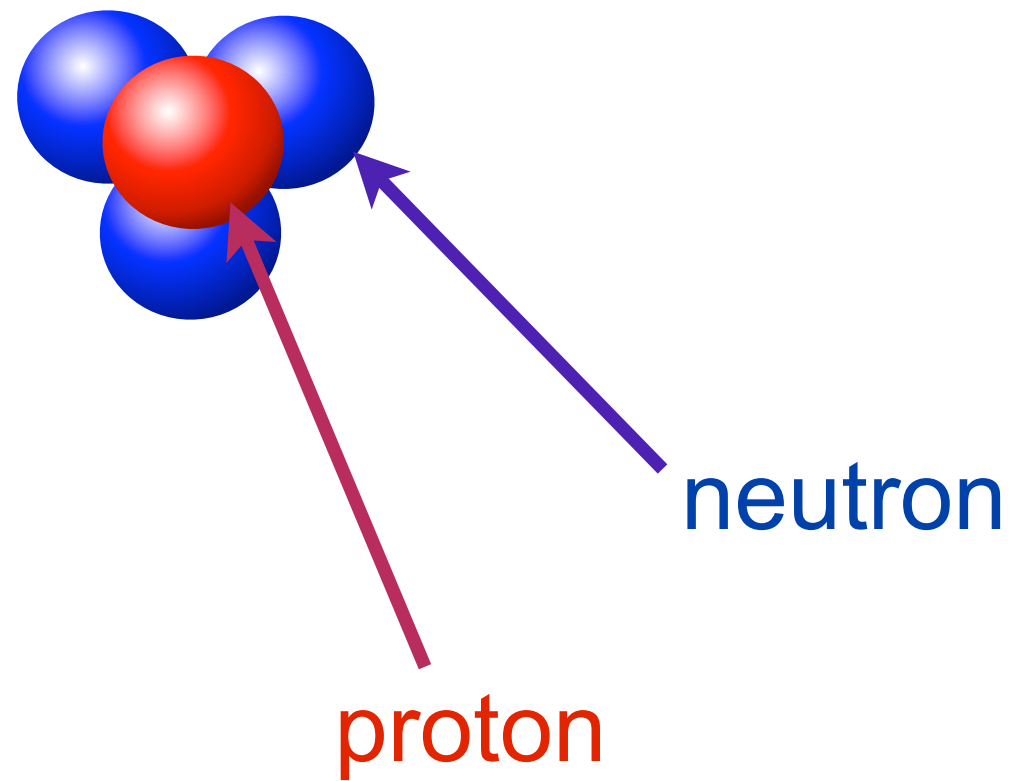
glycin – en aminosyra

Wikipedia, "Glycin"

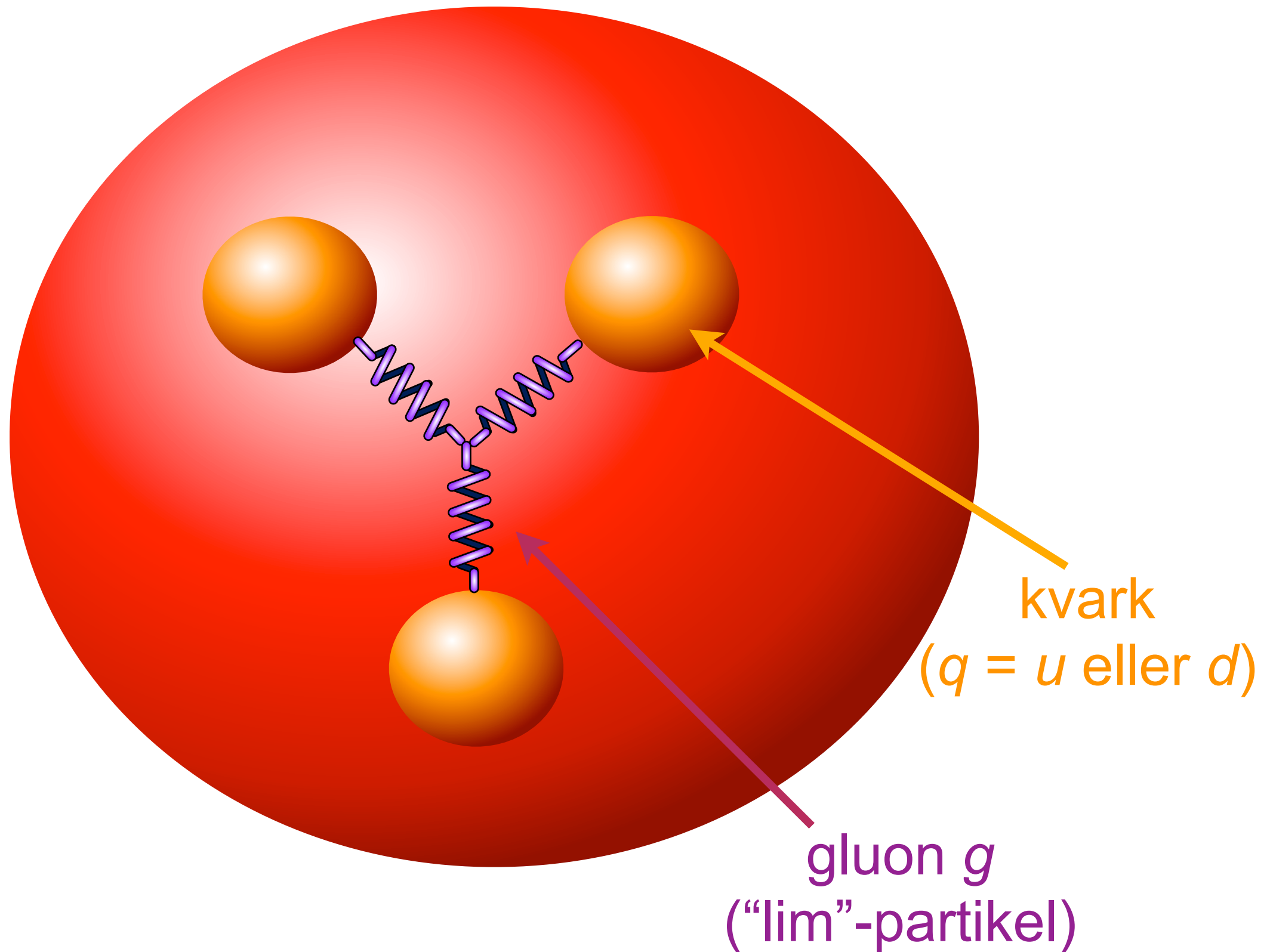
Atom



Atomkärna

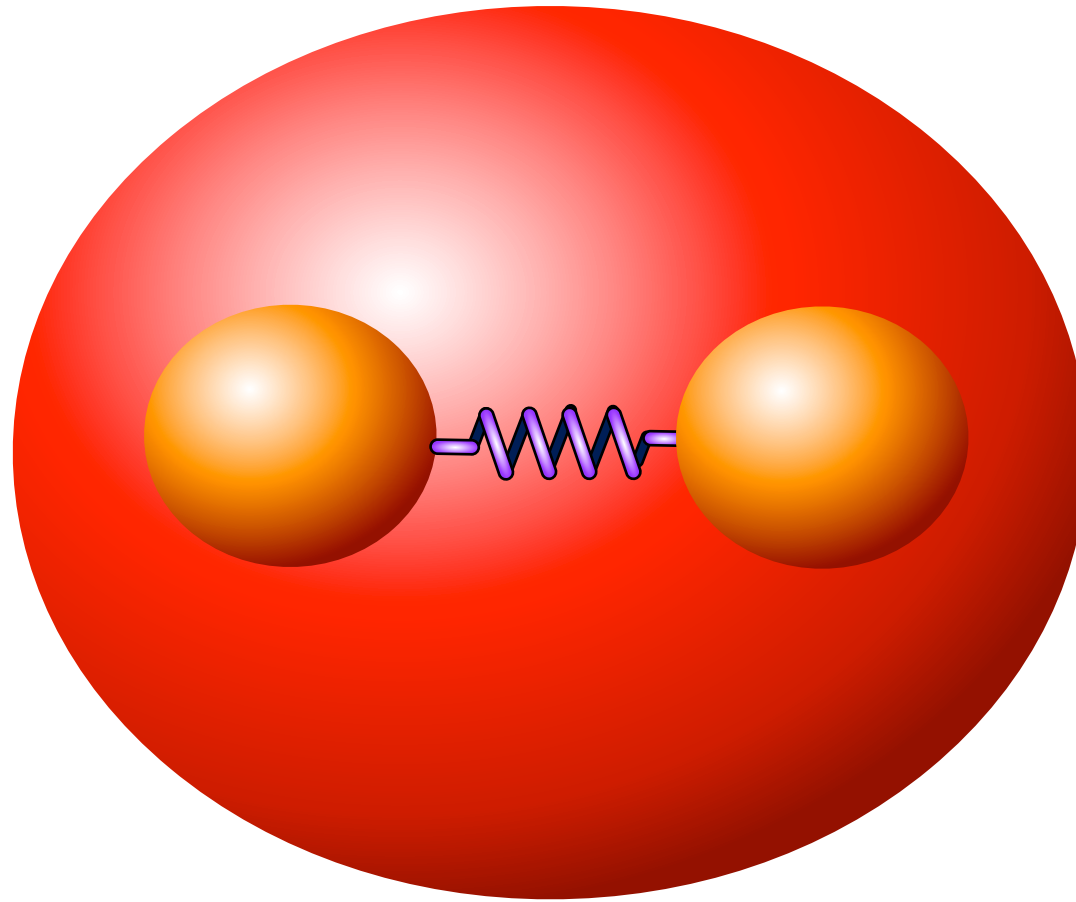


Inne i protonen



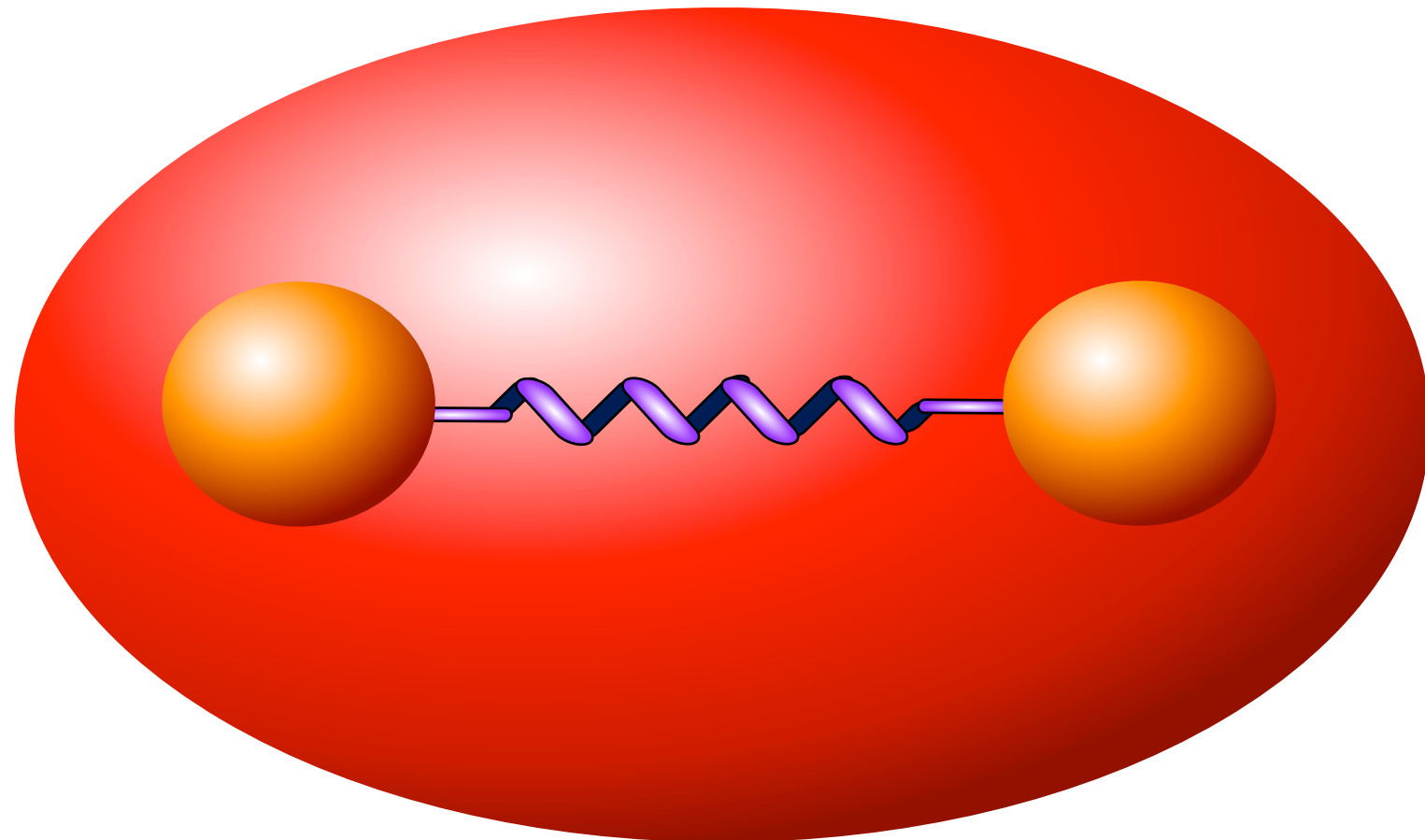
Pionen

(instabil kusin till protonen)

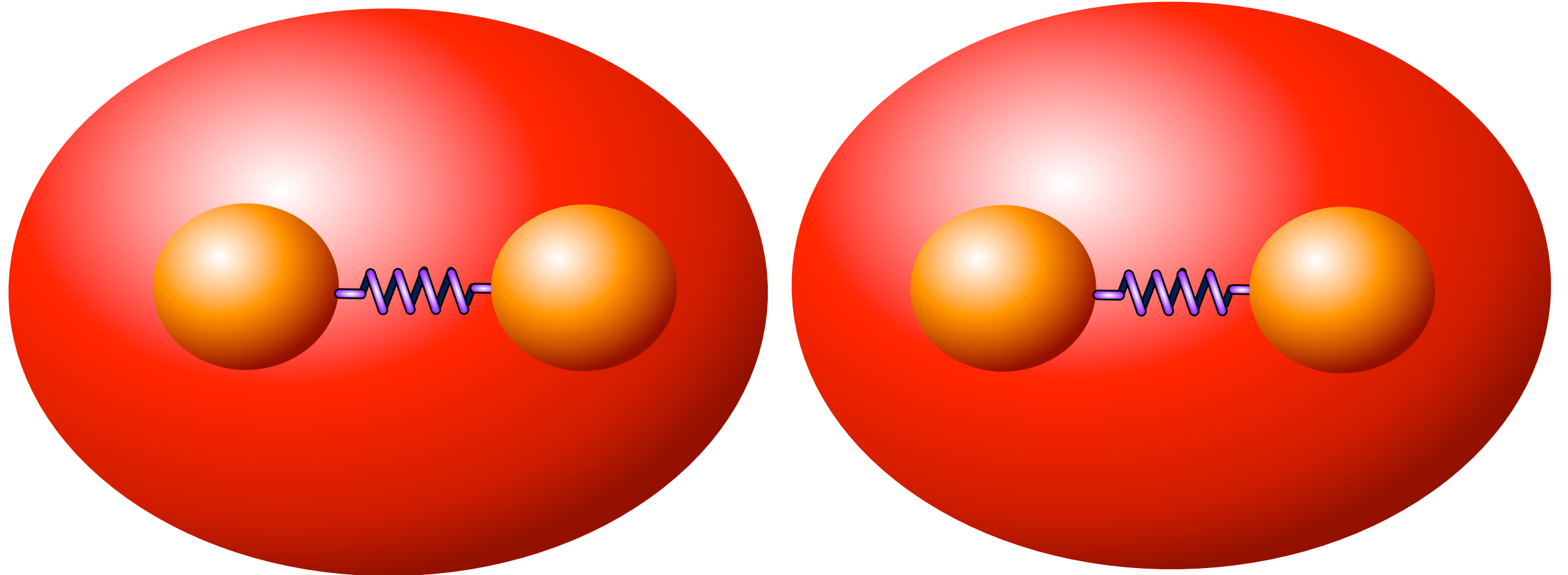


Pionen

(instabil kusin till protonen)



Pionen



Sträng



Sträng







LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

PS 6.28 km

ALICE

CMS

LHC 27 km

SUISSE

FRANCE



SUISSE
FRANCE

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

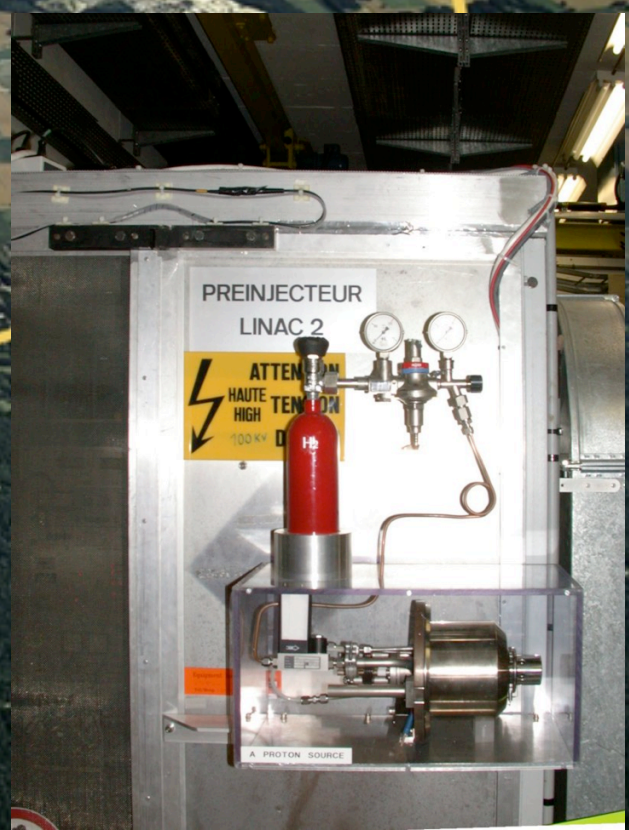
SPS 7 km

PS 628 m

ALICE

CMS

LHC 27 km

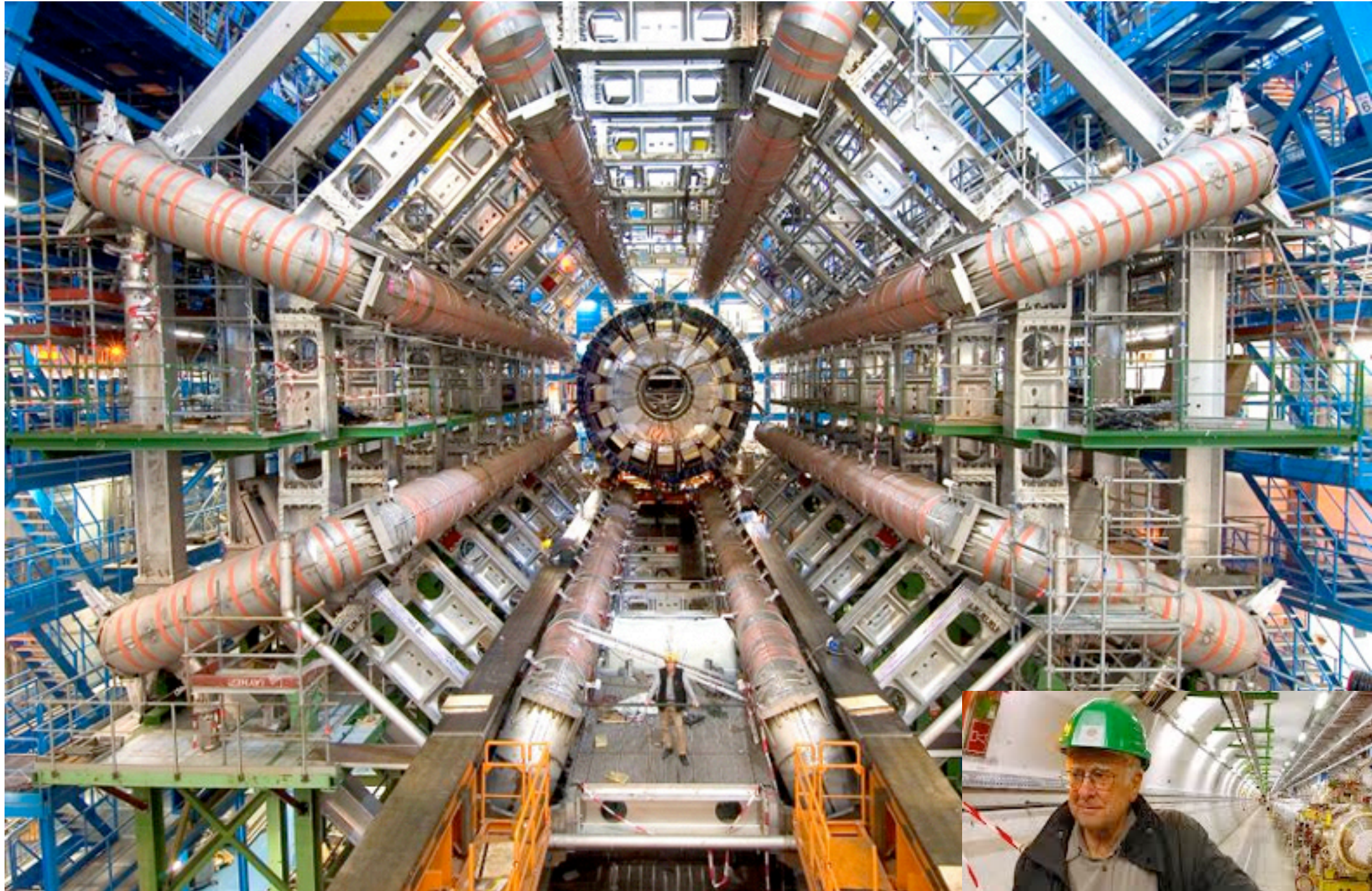


PREINJECTEUR
LINAC 2

ATTENTION
HAUTE
HIGH
TENSION
100KV

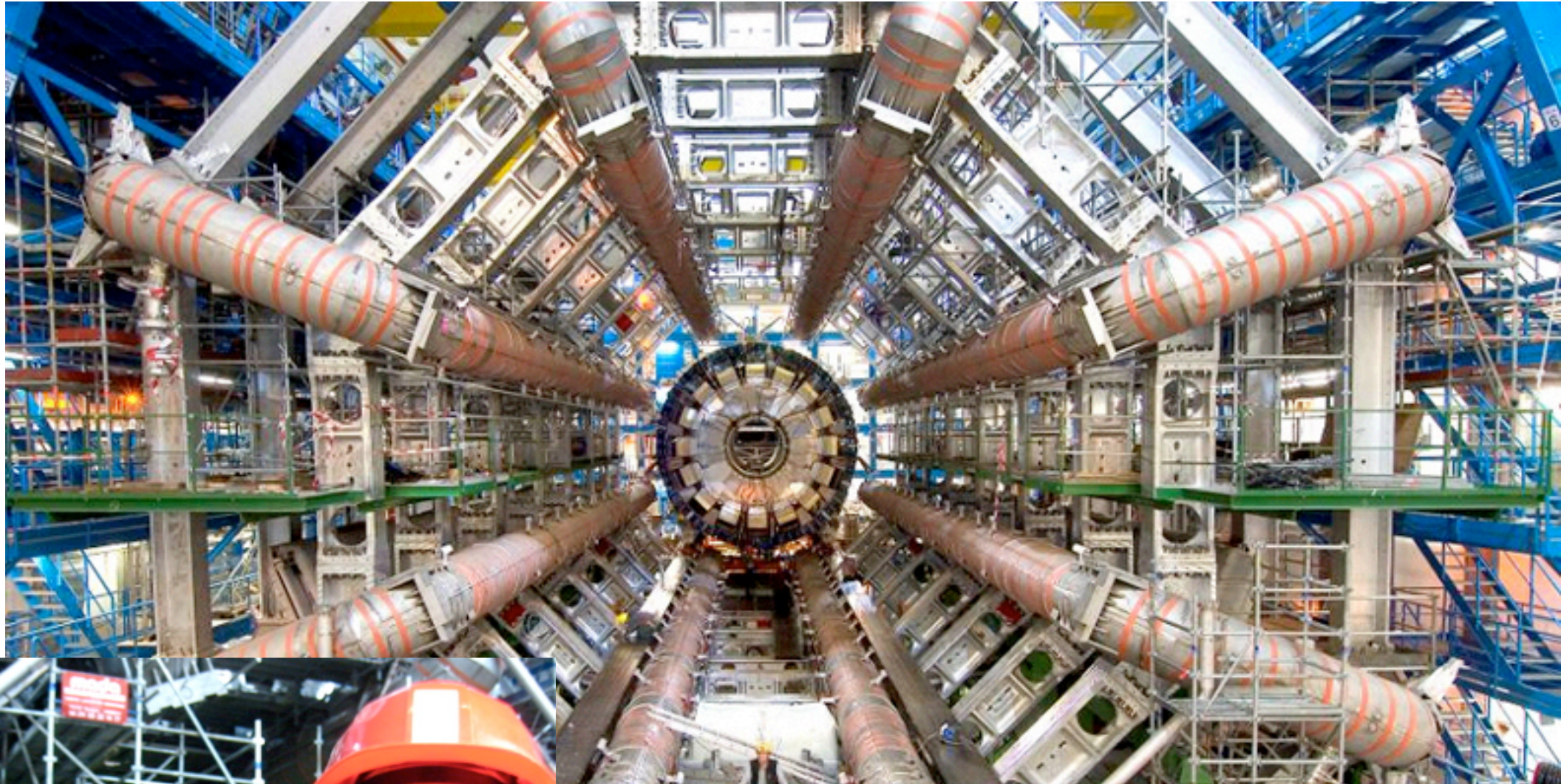
A PROTON SOURCE

En Higgspartikel upptäcktes 4/7 2012 på CERN



Peter Higgs

En Higgspartikel upptäcktes 4/7 2012 på CERN



Peter Higgs

Hur används den här kunskapen i vardagen?

Hur används den här kunskapen i vardagen?

Idéer som inte är “klara” än, som strängteori, används inte än. De riktigt stora framstegen tar ofta längre att ta sig in i vardagen: 30, 50 eller t.o.m. 100 år.

t.ex. Einsteins kvantteori för ljus 1916,
laboratorie-laser 1960,
CD-spelare 1980, medicinsk laser 1990,
scanning på mataffär, leksaker... 2000-talet

Hur används den här kunskapen i vardagen?

Idéer som inte är “klara” än, som strängteori, används inte än. De riktigt stora framstegen tar ofta längre att ta sig in i vardagen: 30, 50 eller t.o.m. 100 år.

“Mindre stora” (men ändå stora) steg som *jättemagnetresistans* (nobel 2007) kan ta kortare tid, t.ex. 10-20 år.

Hur används den här kunskapen i vardagen?

Så: man måste först förstå hur “färdigt” något är, och det är inte så lätt om man inte håller på med det.

Det finns mycket att lära sig om hur det som är “mer färdigt” än strängteori används i vardagen.



Hur används den här kunskapen i vardagen?

Ett exempel som kanske “snart” är färdigt är
fusionsenergi.

Teorin var ganska klar på 1960-talet,
och nya experiment som ITER byggs nu.

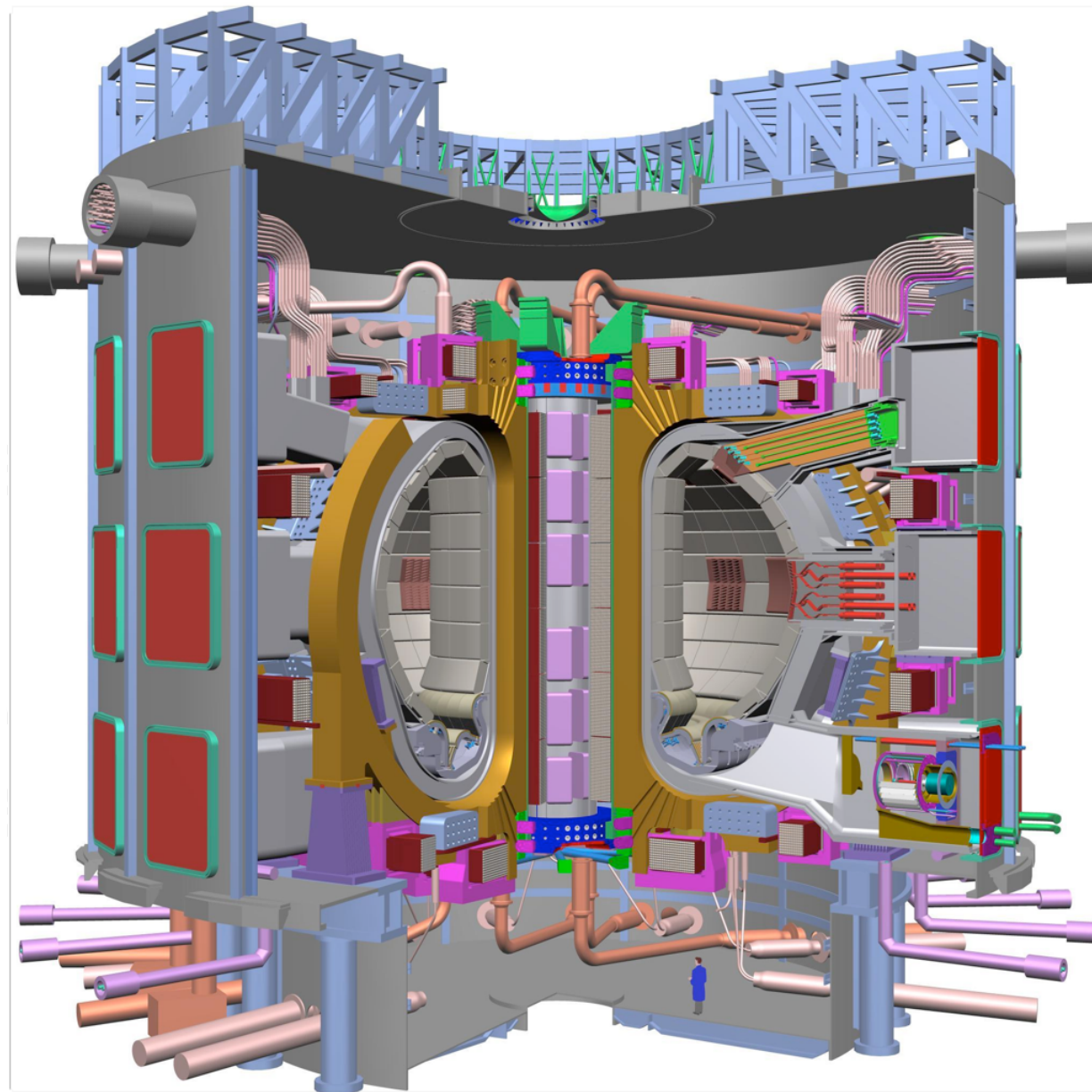
Man kan räkna ut
(se räkneövning)
hur mycket el man
skulle kunna få från ett fusionskraftverk.



Hur användas

Ett exempel

Teorin
och nya



vardagen?

ardigt är

alet,
gs nu.

(se rakneovning)

hur mycket el man

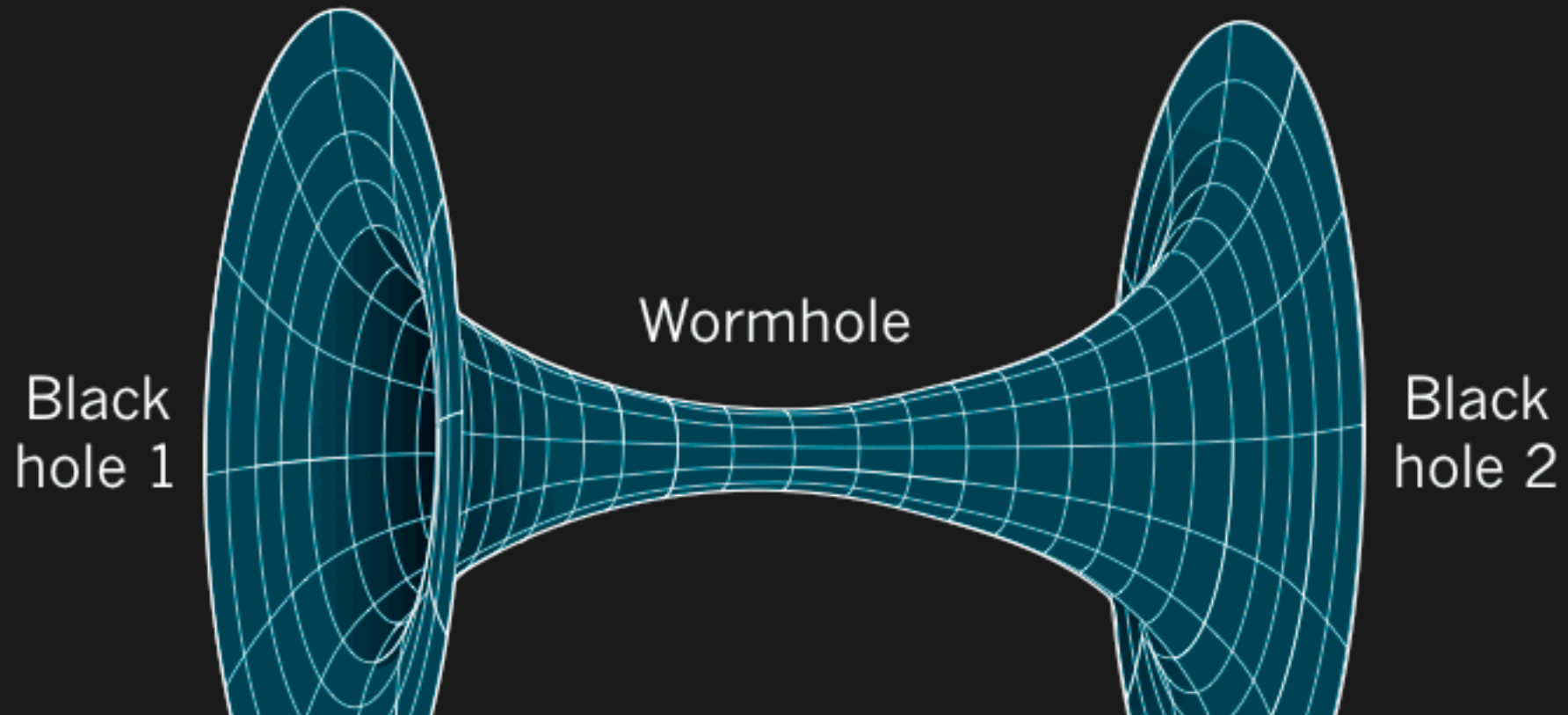
skulle kunna få från ett fusionskraftverk.



Hur används den här kunskapen i vardagen?

Så om strängteori, som inte är klart än:

För att användas i praktiken,
måste det först vara *rätt* !
Ingen vet det än.



stämmer det här ?
ingen vet än.



R. Cowen, "The quantum source of space-time"
Nature 2015-11-16



Tack för mig!
Och tack till Annika.

Marcus Berg
Fysik
Karlstads universitet