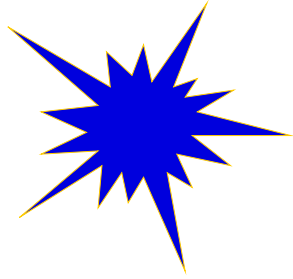


# Kosmisk strålning och neutrino- astronomi

Mikrokosmos till Makrokosmos



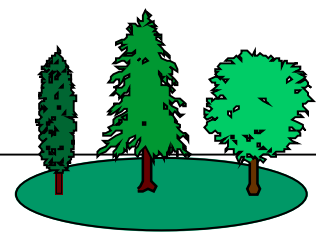
# Kosmisk strålning

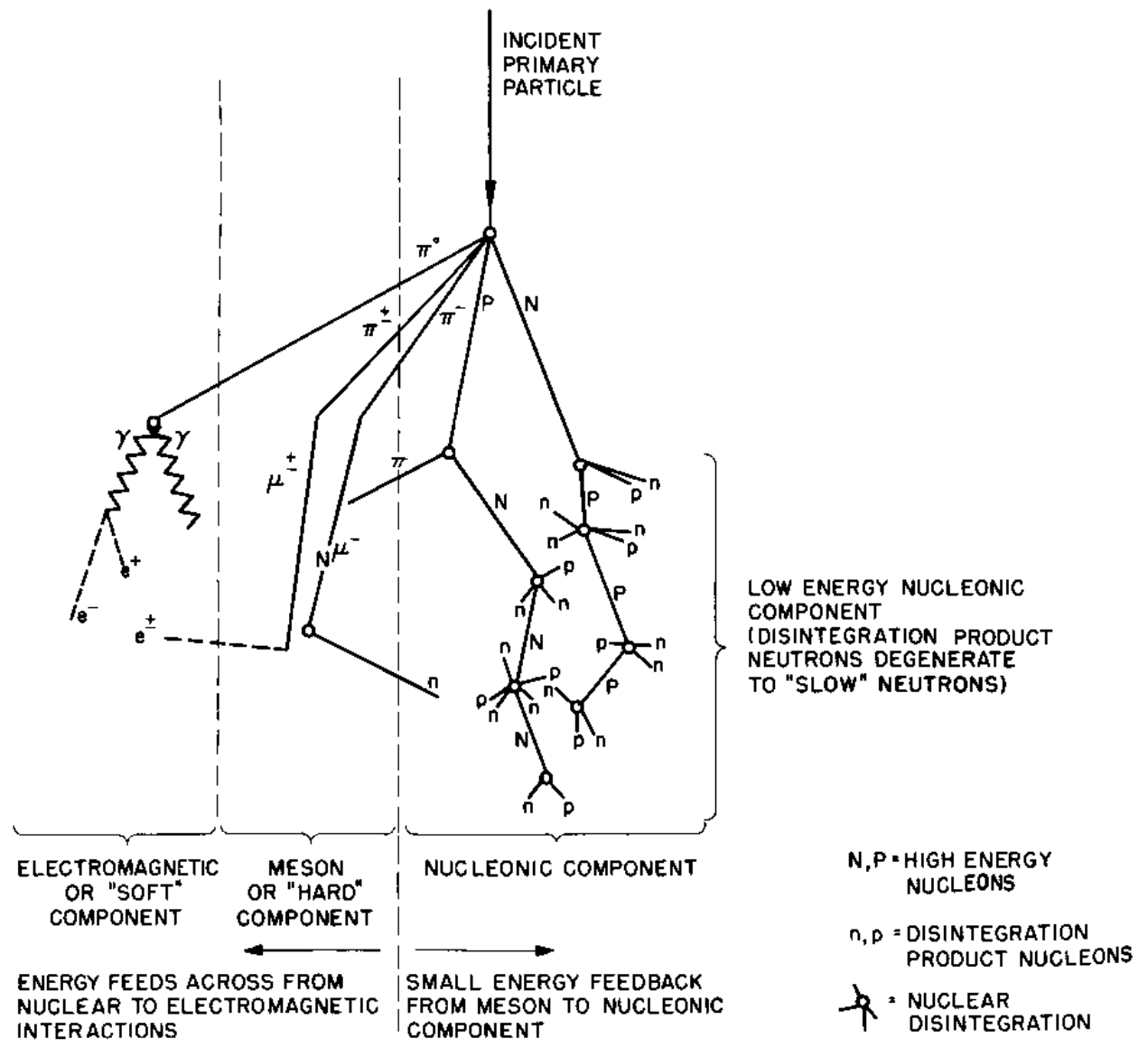
proton

mesoner

myoner

Ca 100 myoner/m<sup>2</sup>sek

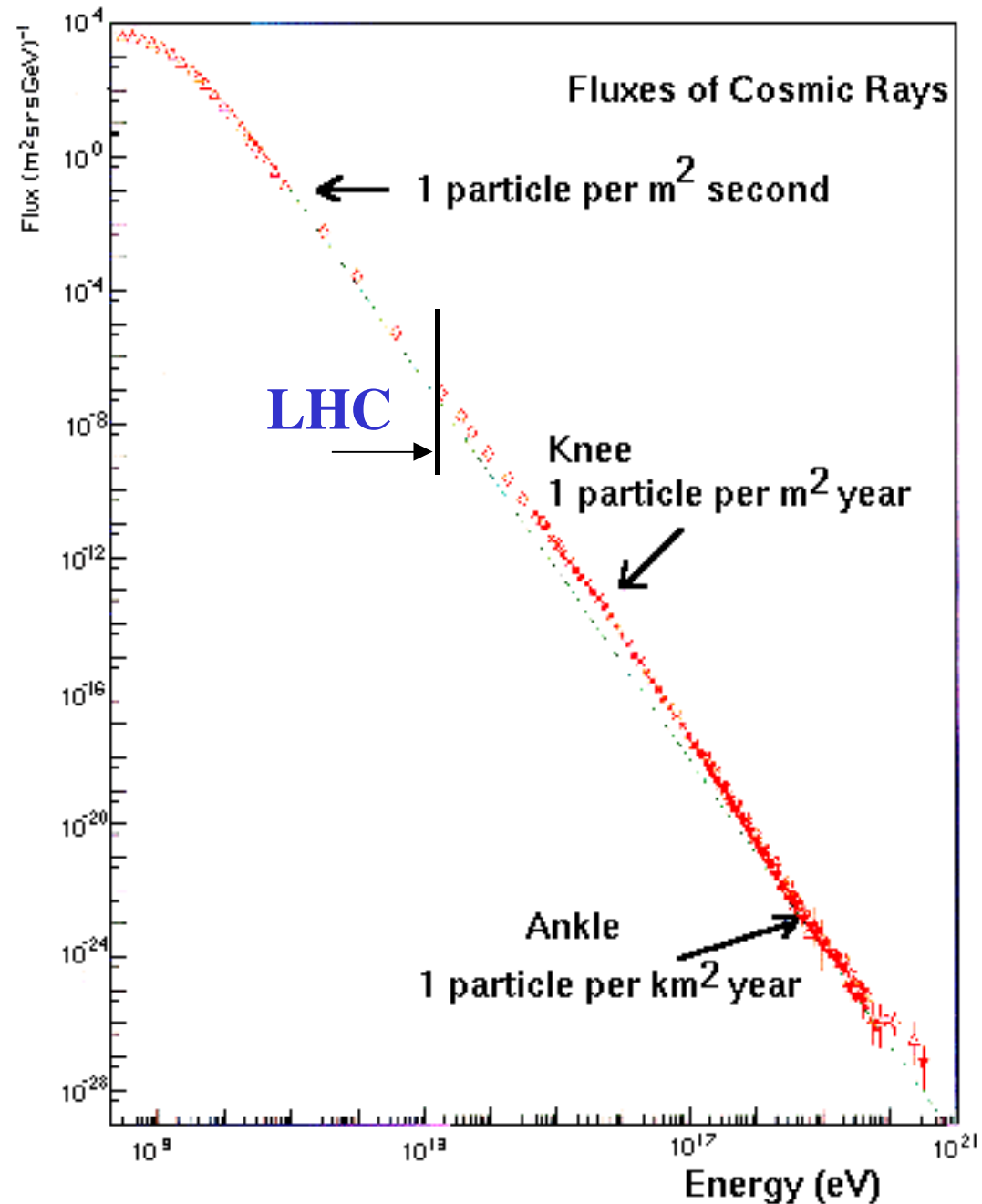




Schematic Diagram of Cosmic Ray Shower

Den kosmiska strålningen kan ha energier som vi idag inte vet hur man skapar.

Vad är källan till dessa partiklar?



# Energier i kosmisk strålning

- De högsta observerade energierna i kosmisk strålning ligger i området  $10^{19}$  till  $3 \cdot 10^{20}$  eV!!
- Dvs. Upp till 50 Jule!
- Samma energi som en tennisboll från B.B!!
- Vad accelerer dessa partiklar?

# Europas partikelfysiklaboratorium i Geneve

# CERN



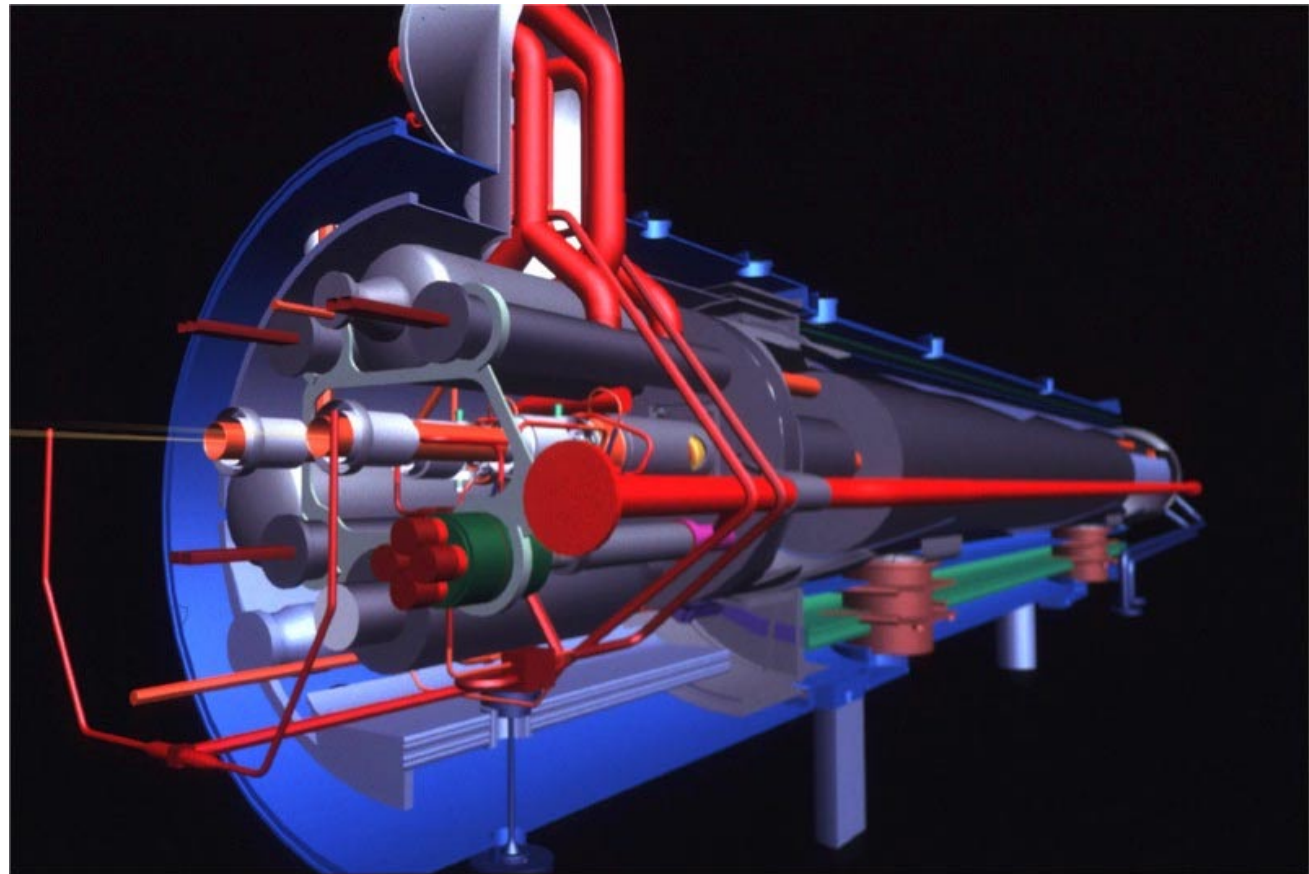
# LEP-acceleratorn

- 27 km i omkrets
- 100 meter under jord
- Kolliderar **elektroner** mot **positroner**



## LHC blir världens kraftfullaste accelerator 2006

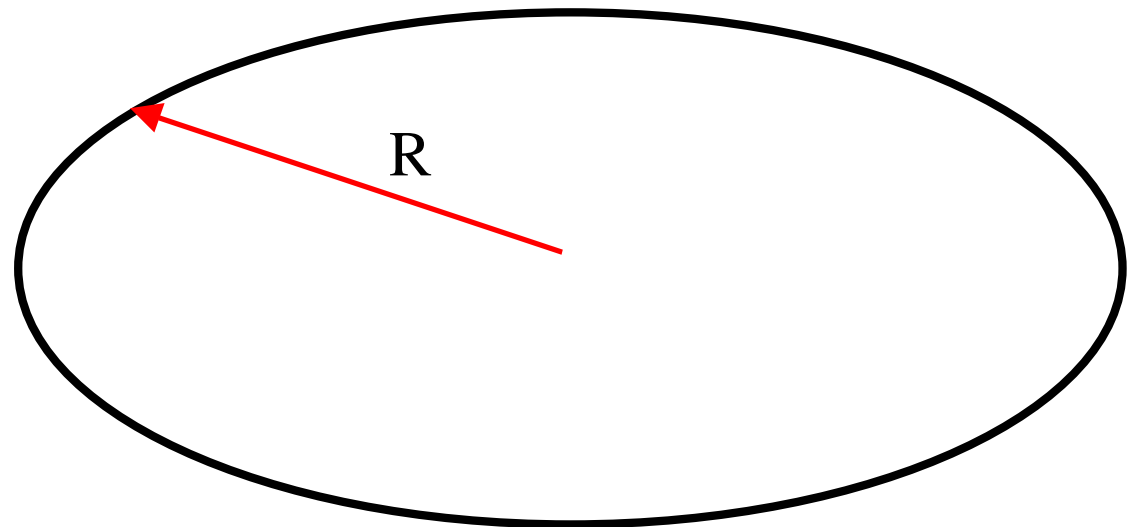
Supraledande  
magneter med 8.4  
Tesla magnetfält  
ger protoner med  
7 000 GeV i LEP  
tunneln



LHC supraledande magnet



Maxenergin för en accelerator  
är proportionell mot  
**radien\*magnetfältet**

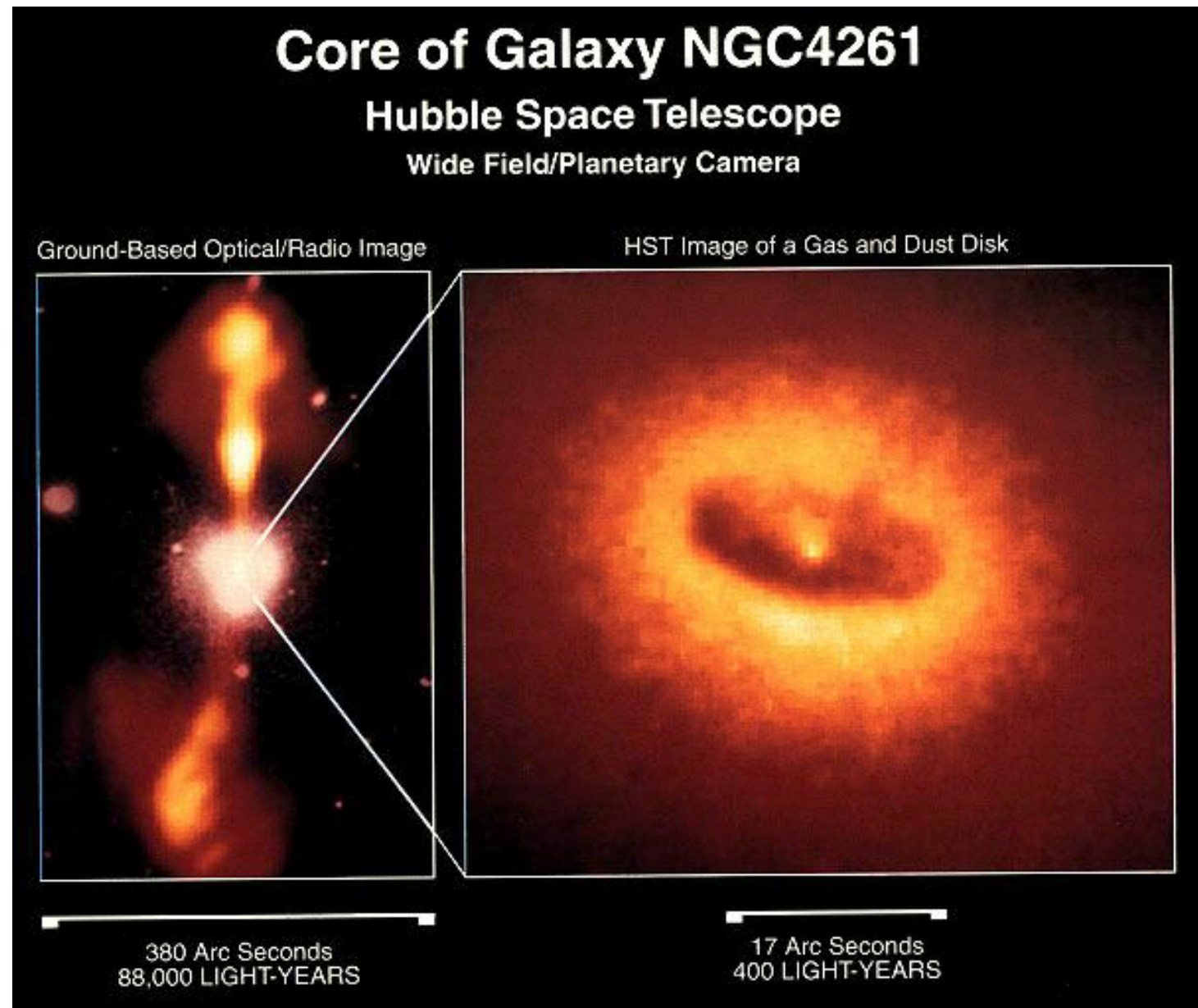


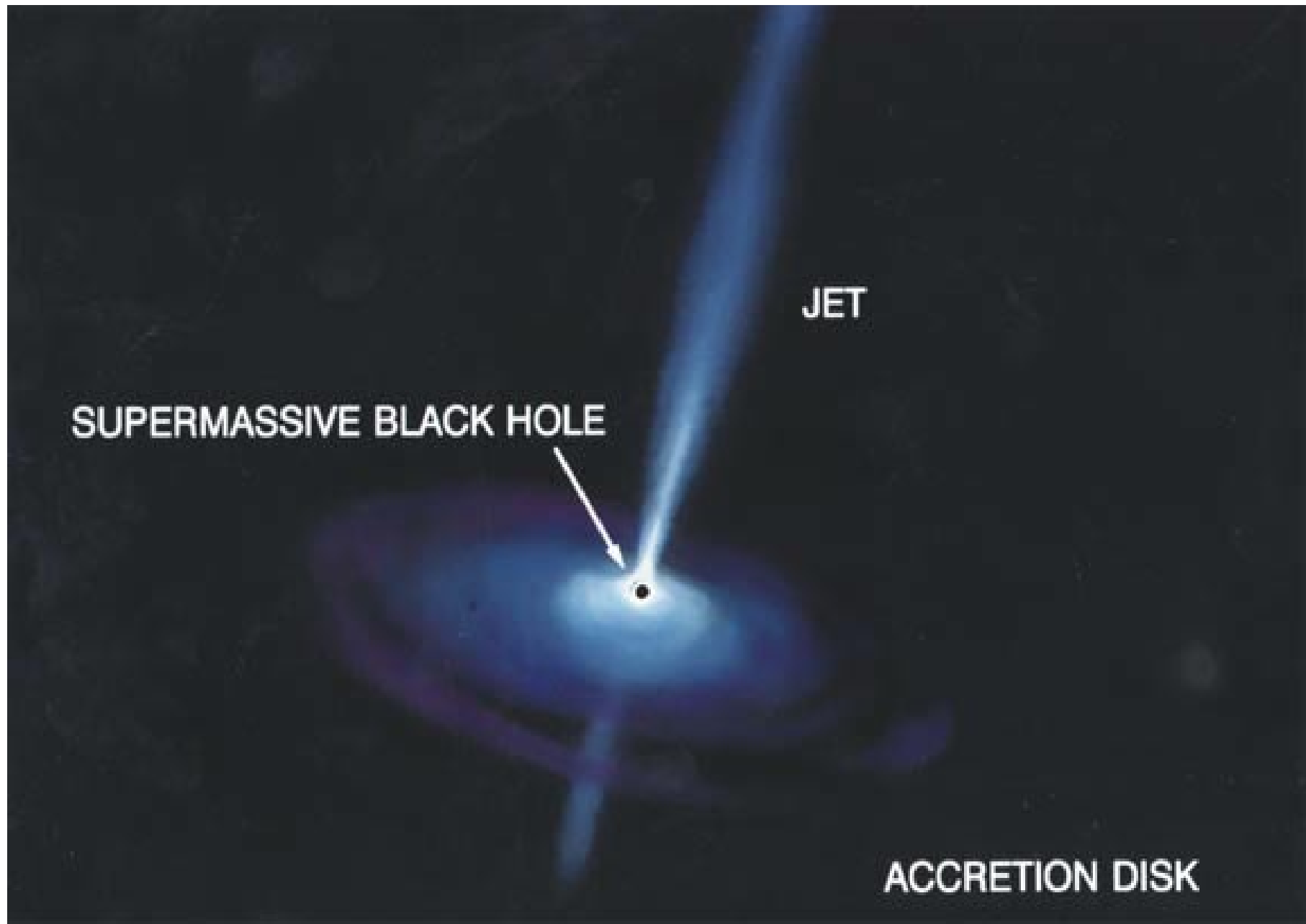
Vilken radie behövs med LHC's  
8 Tesla magneter att accelerera  
en proton till  **$3 * 10^{20}$  eV**???

# Källor för kosmisk strålning

- Aktiva galaxer (AGN)?
  - Gamma blixtar (GRB)?
  - Tunga kosmiska partiklar?
  - ??
- 
- Neutriner kan visa vägen till källan!?

# En möjlig kandidat för en kosmisk strålningskälla



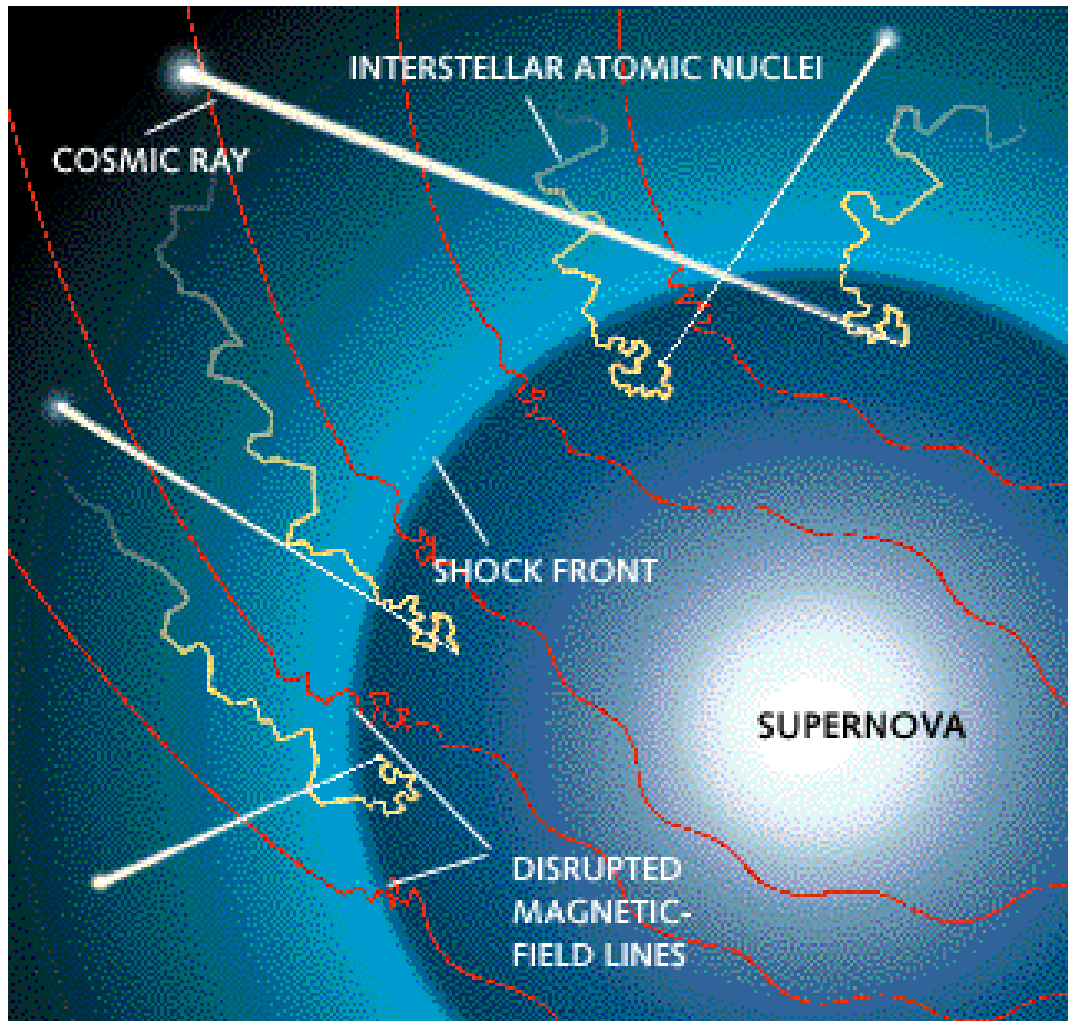


SUPERMASSIVE BLACK HOLE

JET

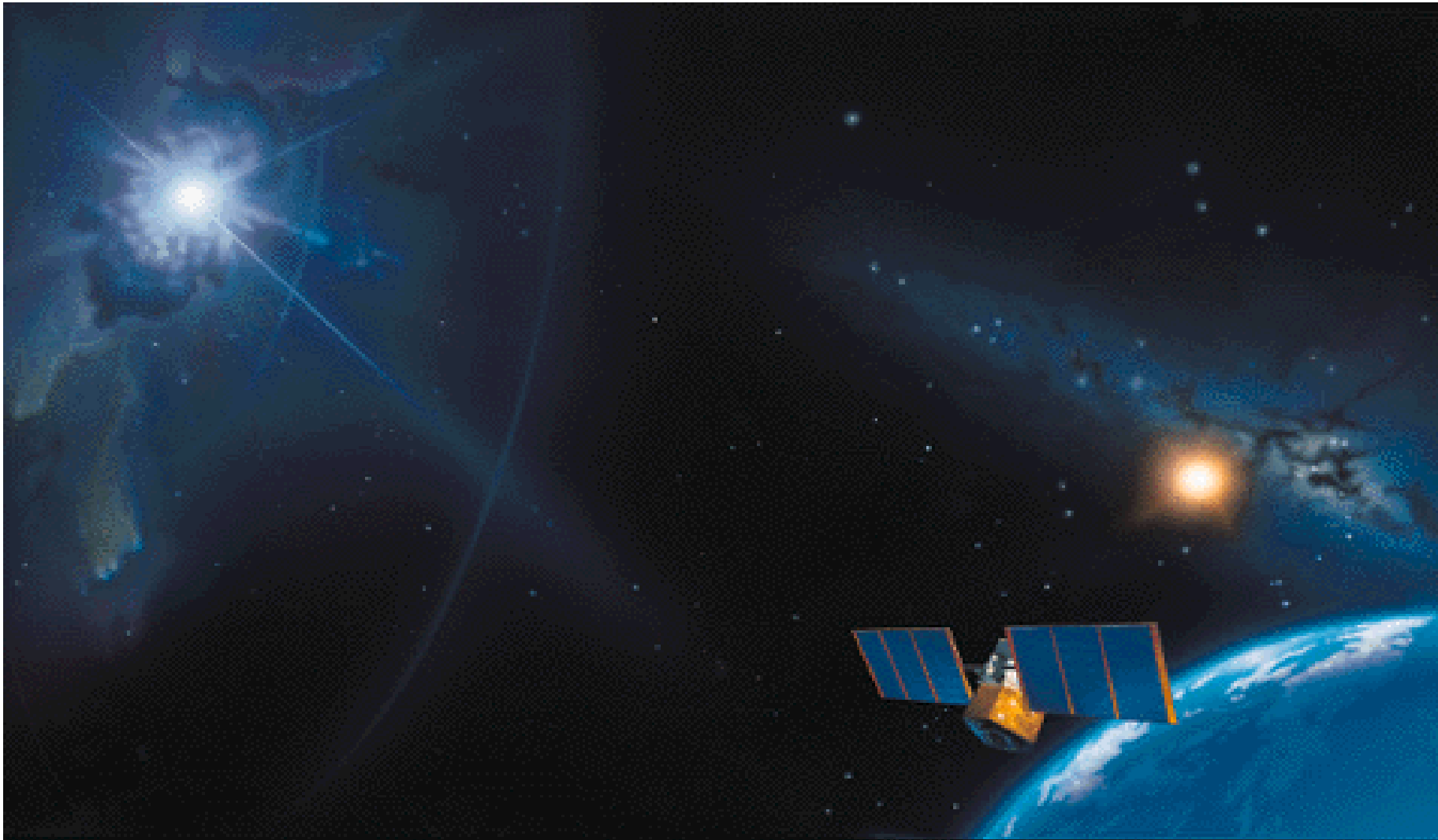
ACCRETION DISK

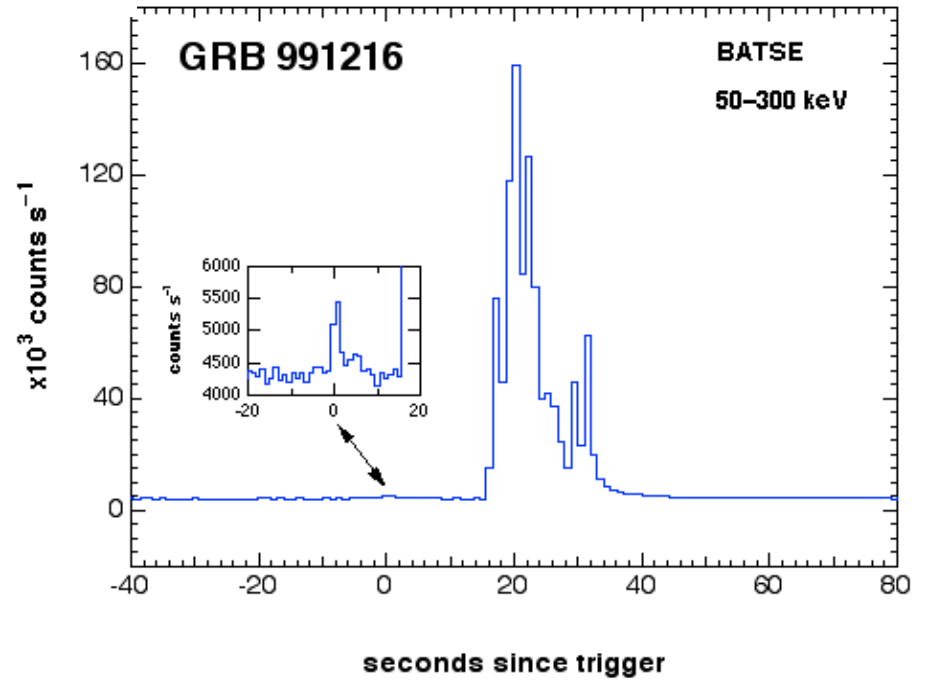
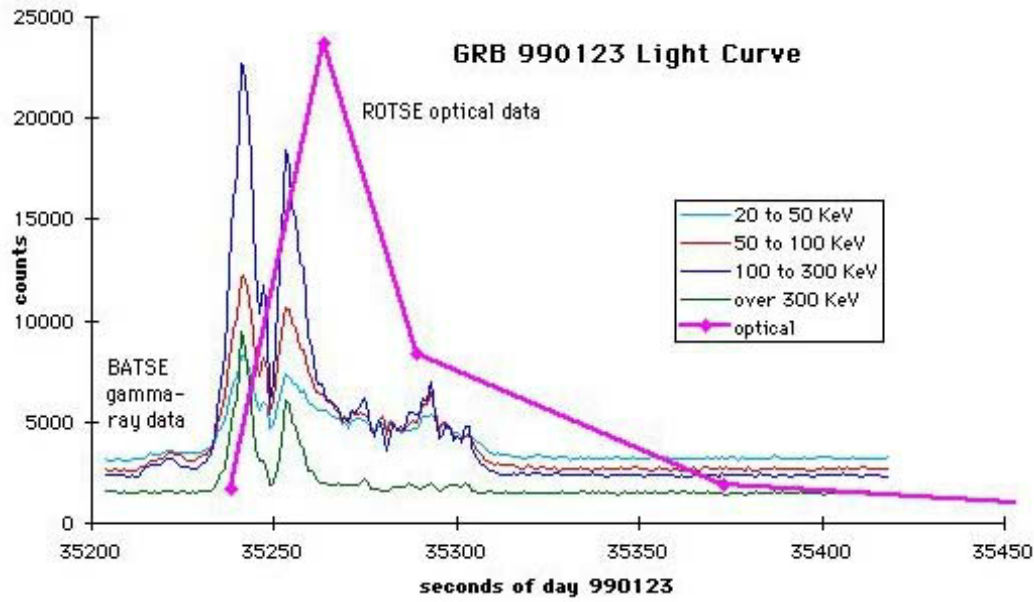
# Supernova som en accelerator för kosmisk strålning



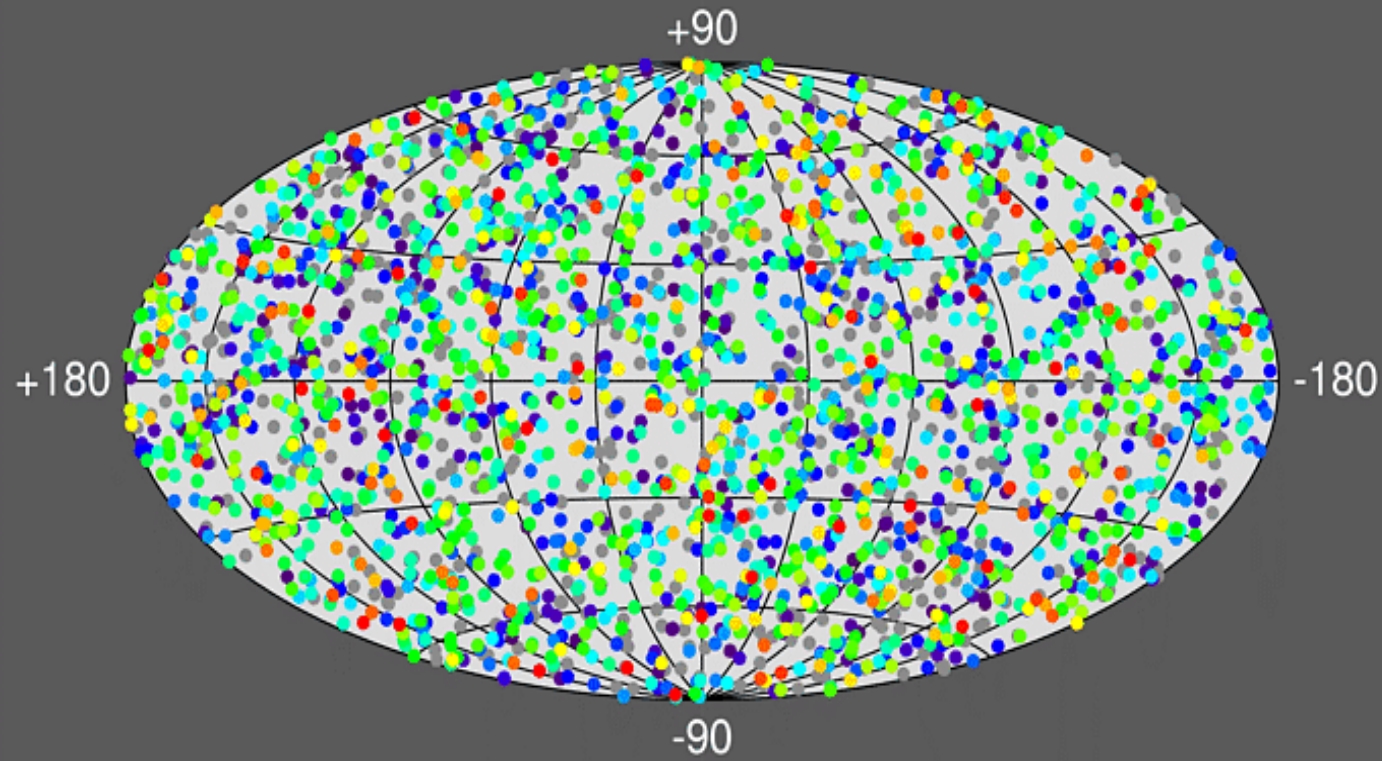
Scientific American, Credit: George Kelvin

# Gammablixtar!!!????





# 2574 BATSE Gamma-Ray Bursts

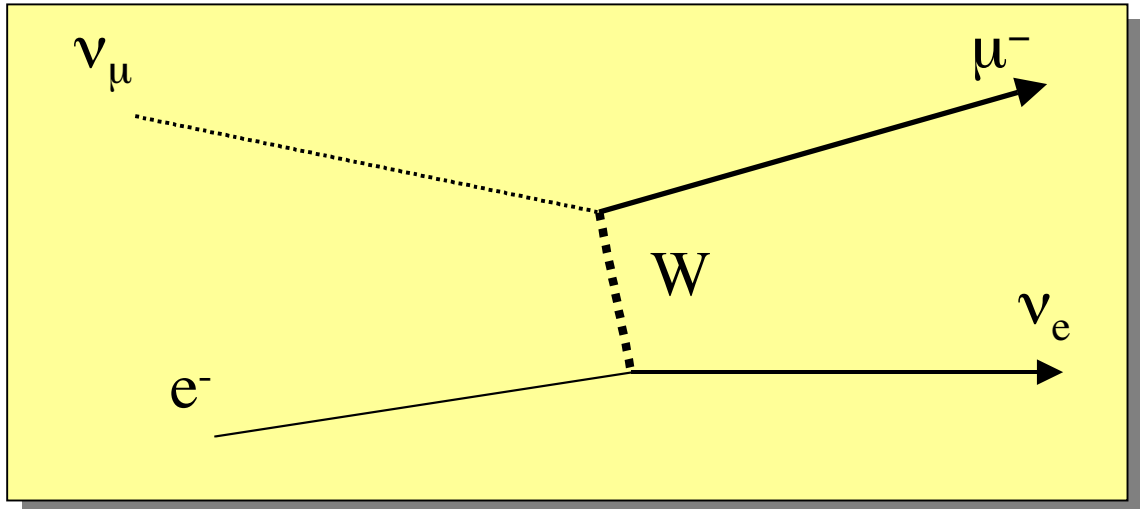




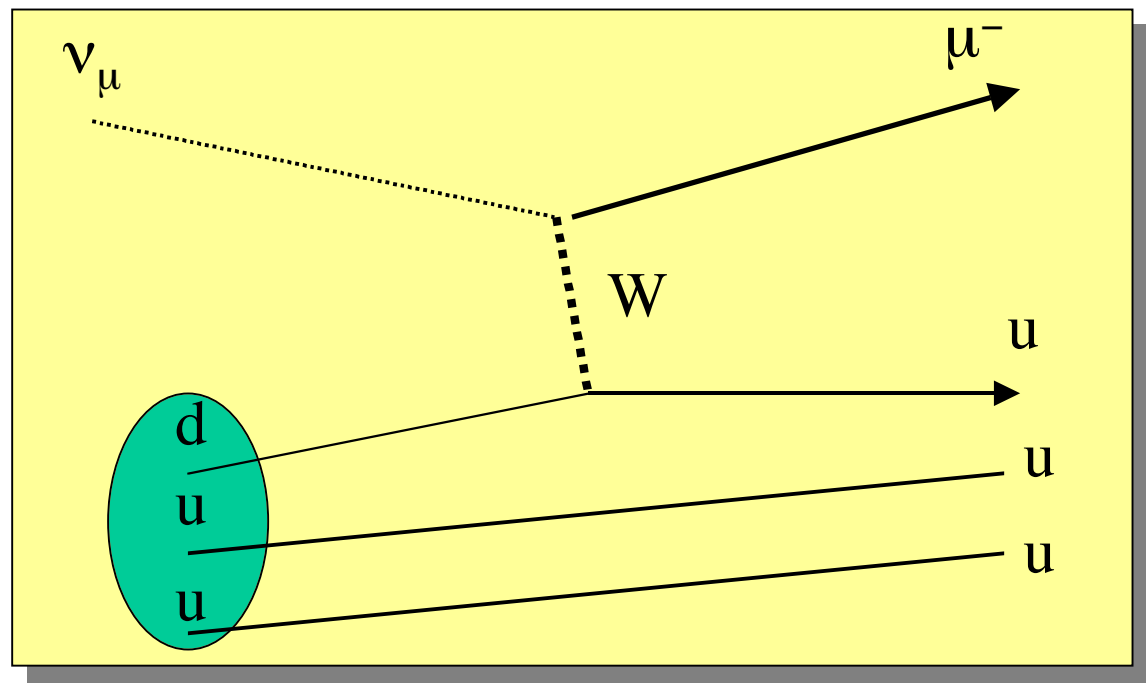
# Neutrinoreaktioner och detektering

Neutrino är elektrisk neutral och  
avböjs ej av magnetfältet i universum

# Laddade strömmar

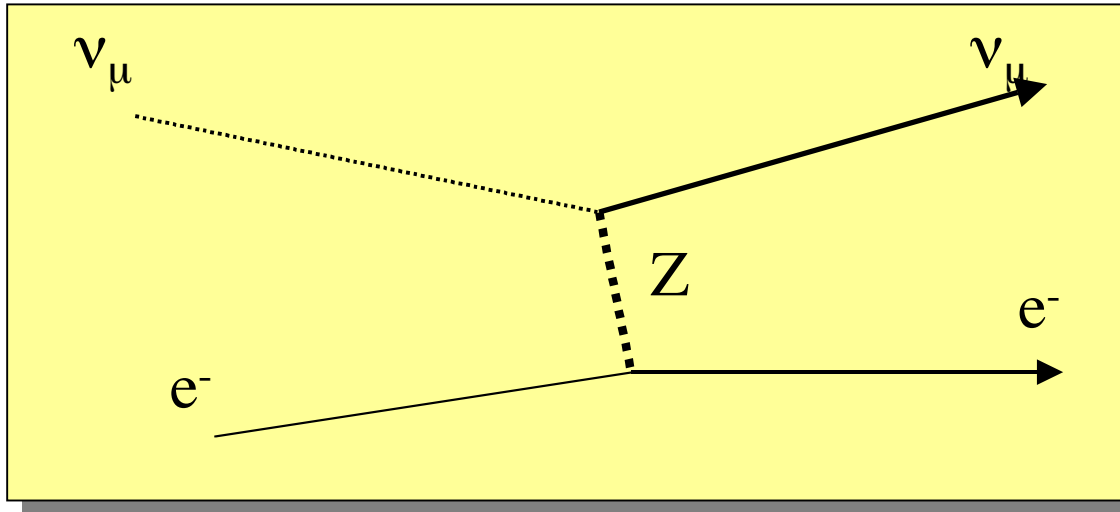


$$\nu_\mu + e^- \rightarrow \mu^- + \nu_e$$

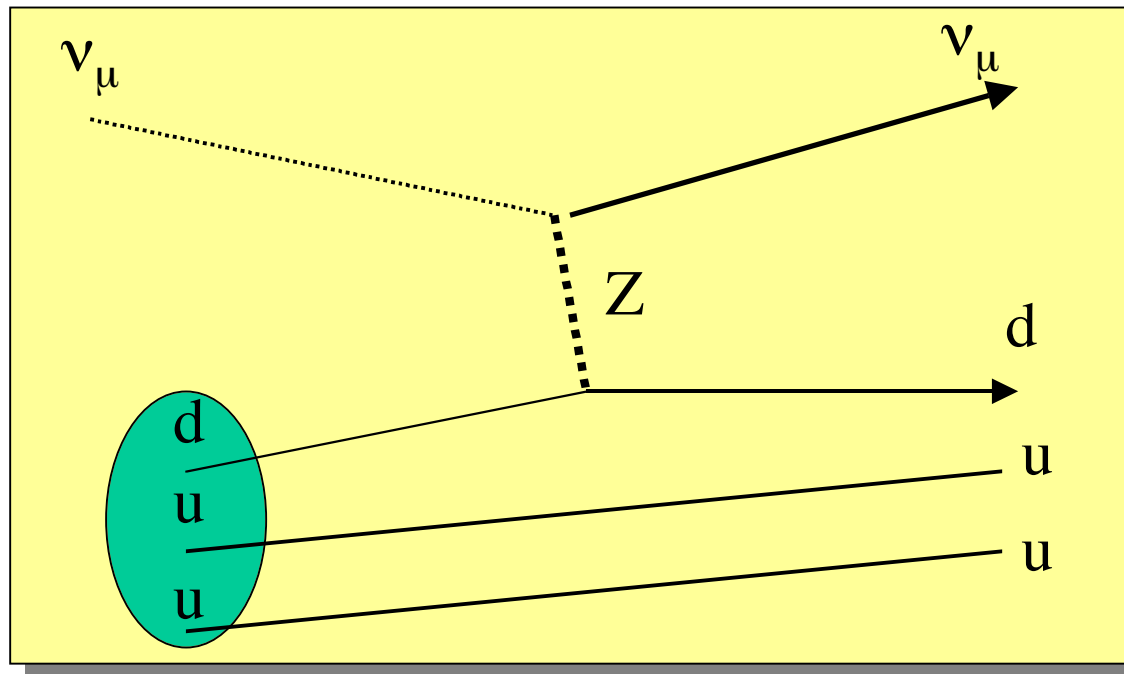


$$\nu_\mu + d \rightarrow \mu^- + u$$

# Neutrala strömmar



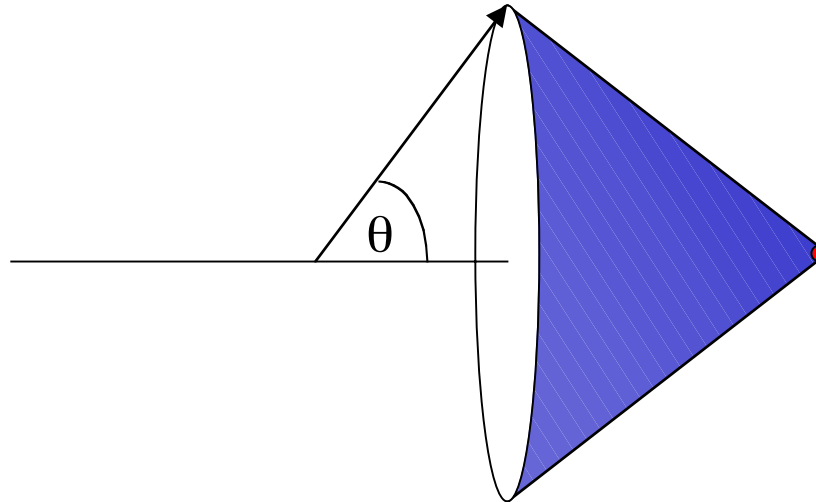
$$\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_\mu + e^-$$



$$\nu_\mu + d \rightarrow \nu_\mu + d$$

## Tjerenkovstrålning

En laddad partikel som färdas snabbare än ljushastigheten i mediet skapar en chockvåg av elektromagnetisk strålning



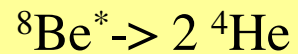
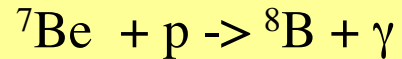
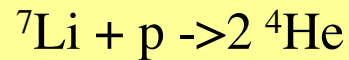
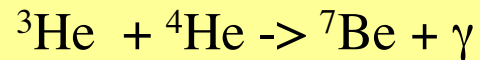
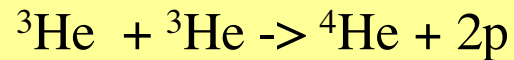
$$\cos\theta = 1/(n\beta)$$

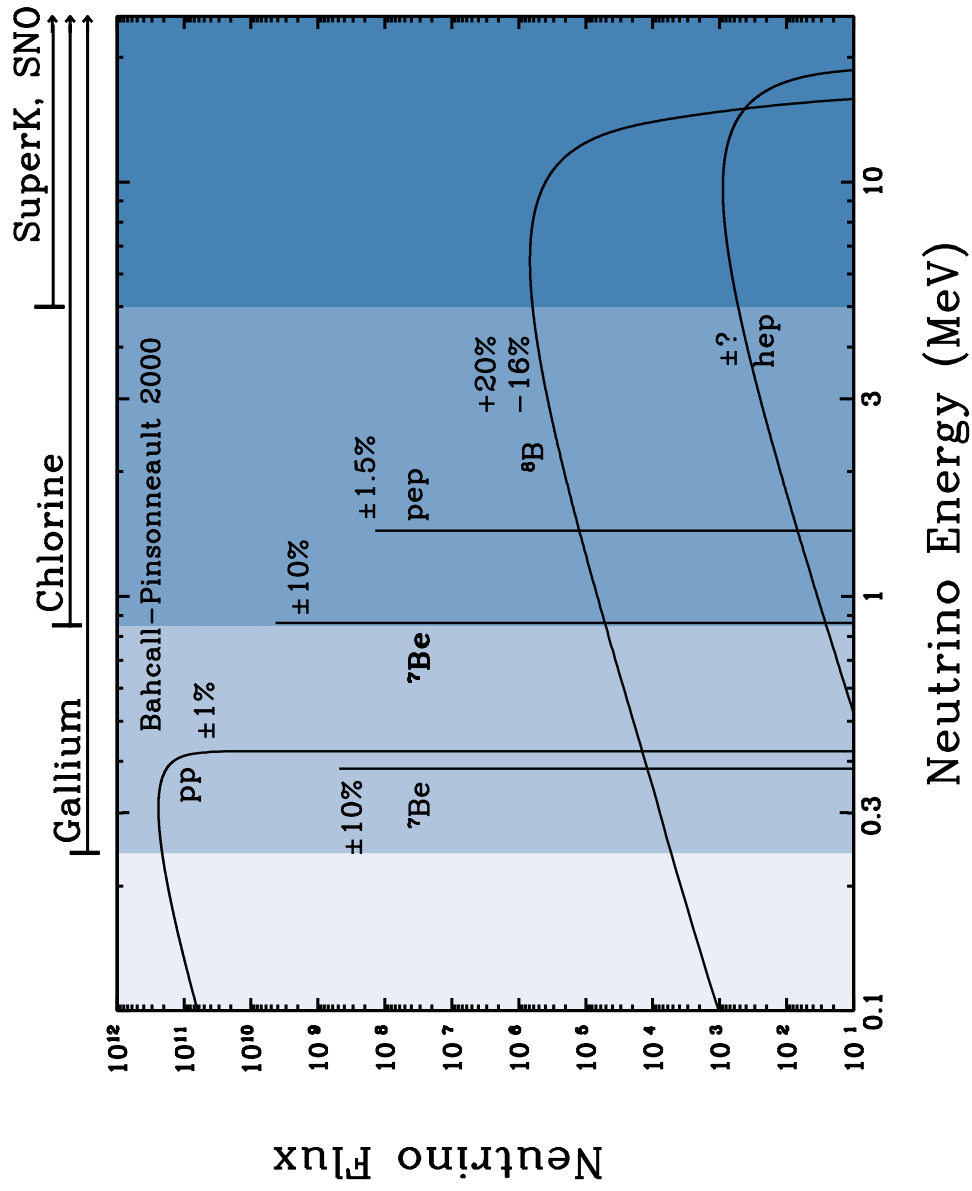
$$\beta = v/c, n = \text{brytningsindex}$$



Solneutriner

# Proton-proton processen i solen







# Hur detekterar man solneutriner?

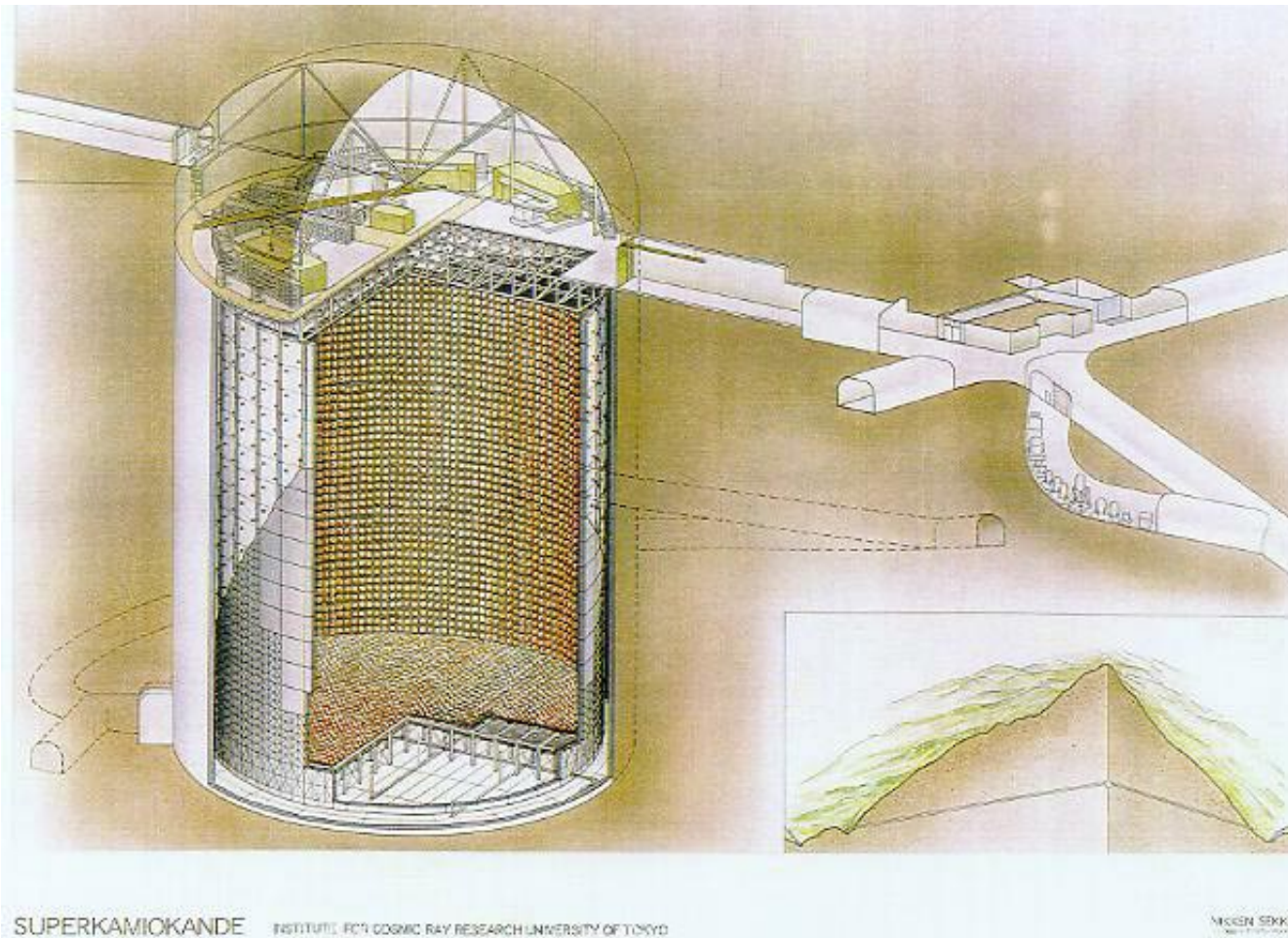
- På jorden anländer 60 000 000 000  $\nu_e$  /cm /sek
- En solneutrino kan färdas ljusår i bly utan att stoppa....

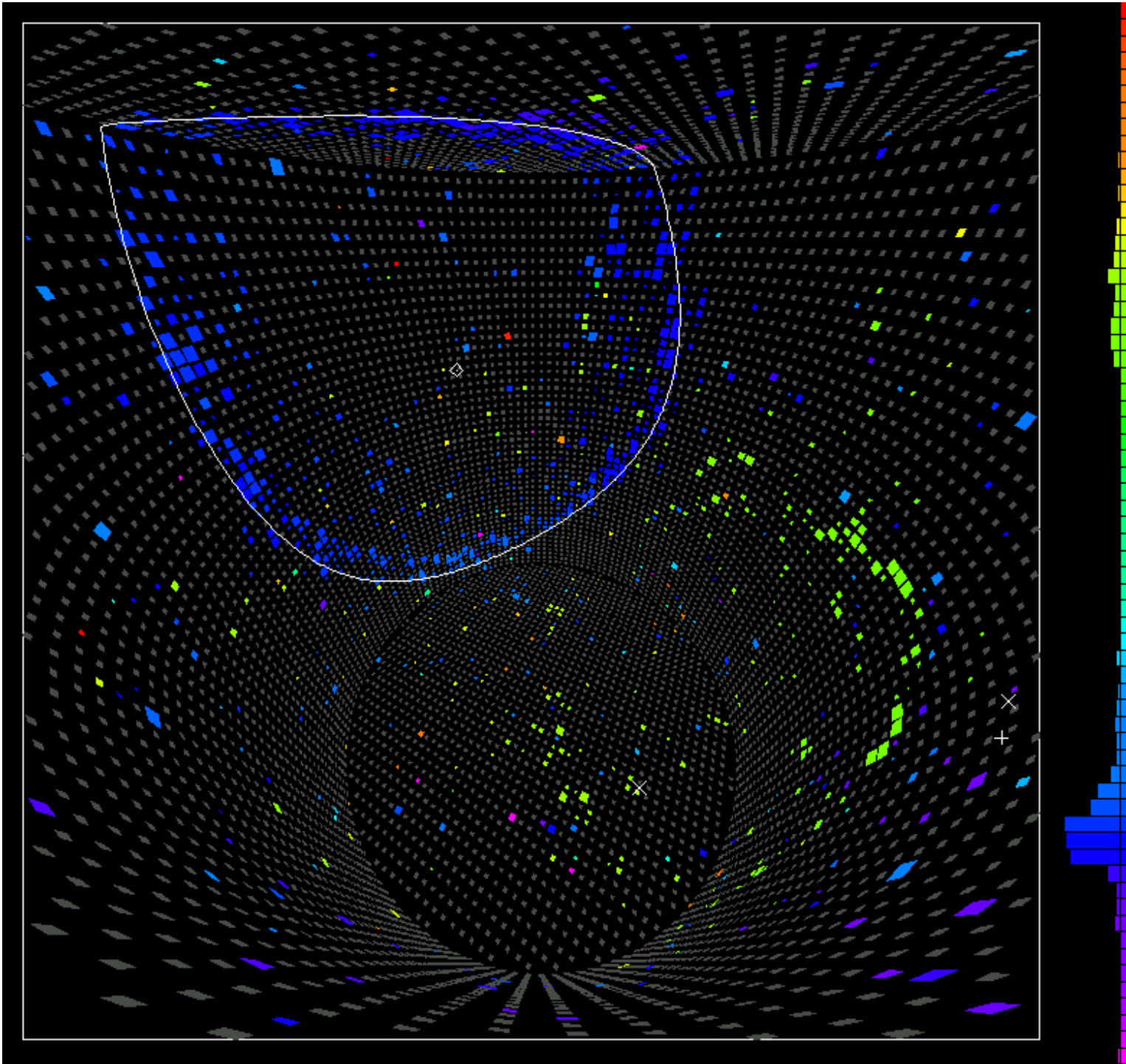
# Hur kan man detektera solneutriner?

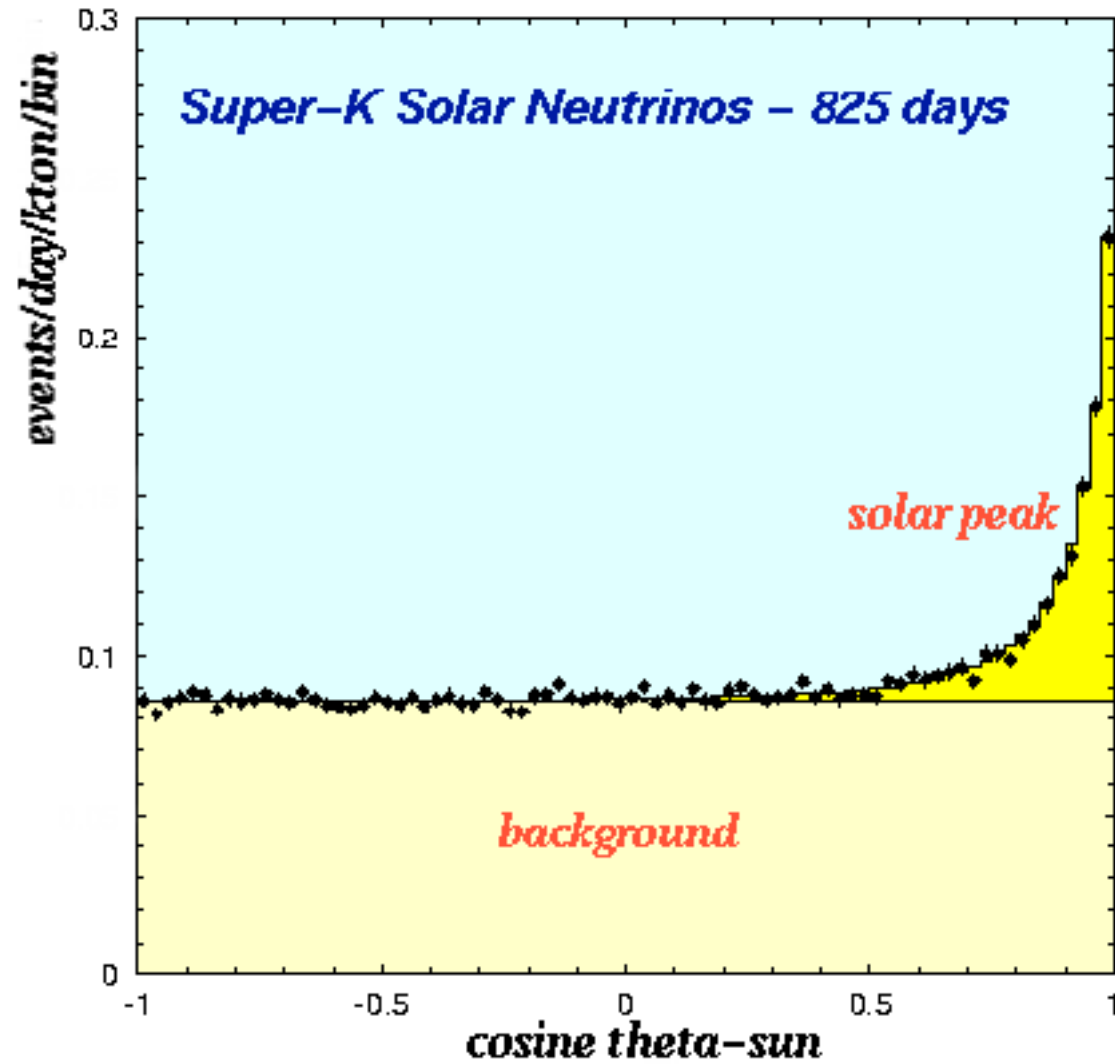
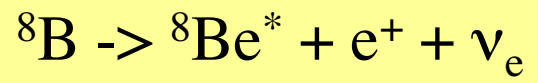
- $\nu_e + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow {}^{37}\text{Ar} + e^-$  814 keV
- $\nu_f + e^- \rightarrow \nu_f + e^-$  5 - 8 MeV
- $\nu_e + {}^{71}\text{Ga} \rightarrow {}^{71}\text{Ge} + e^-$  233 keV

## Super Kamiokande (Japan)

50 000 ton  
superrent vatten  
som detektor-  
medium

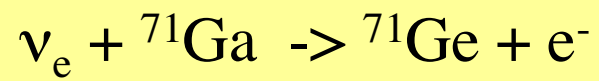




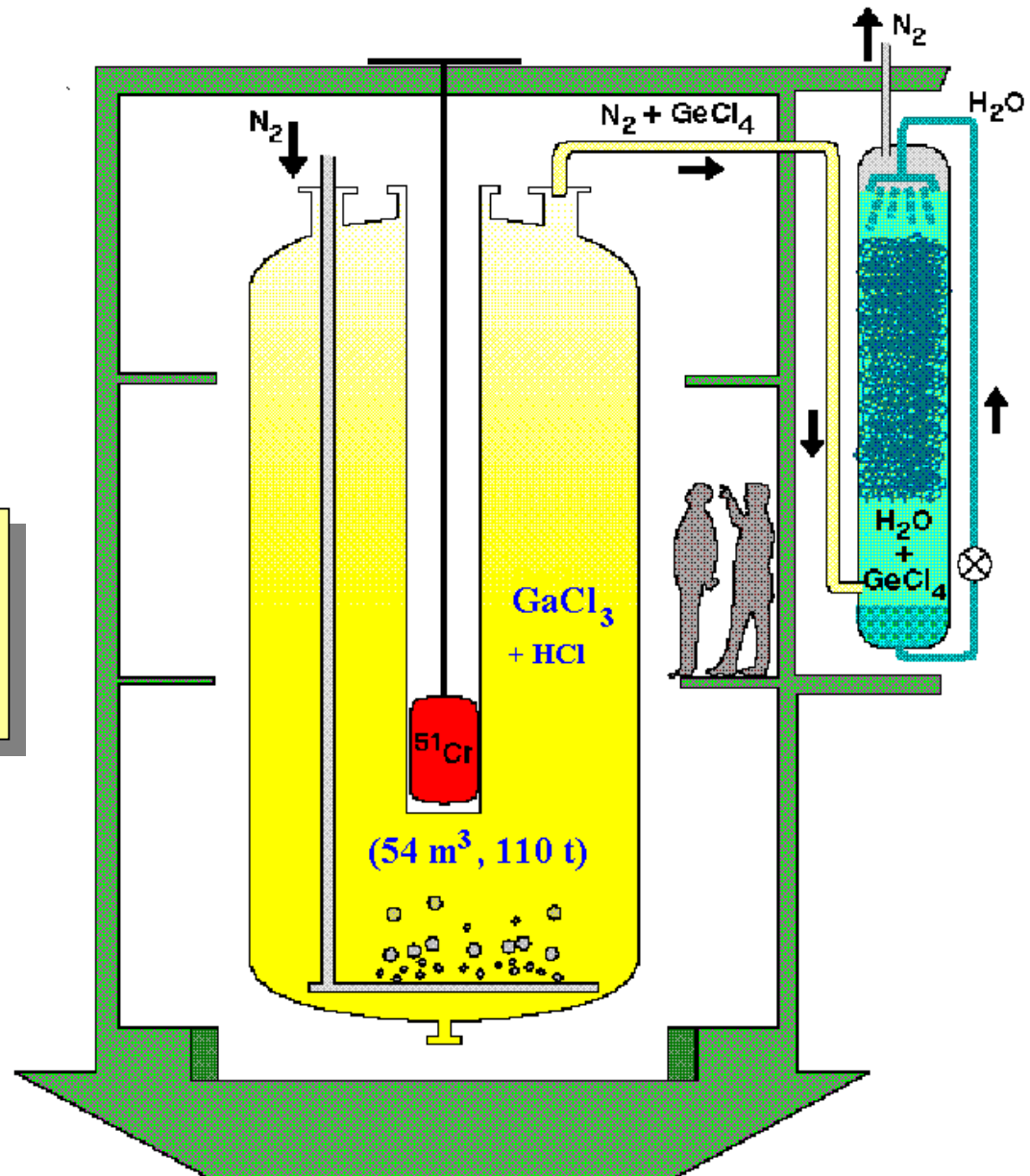


Gallex detektor

Gran Sasso



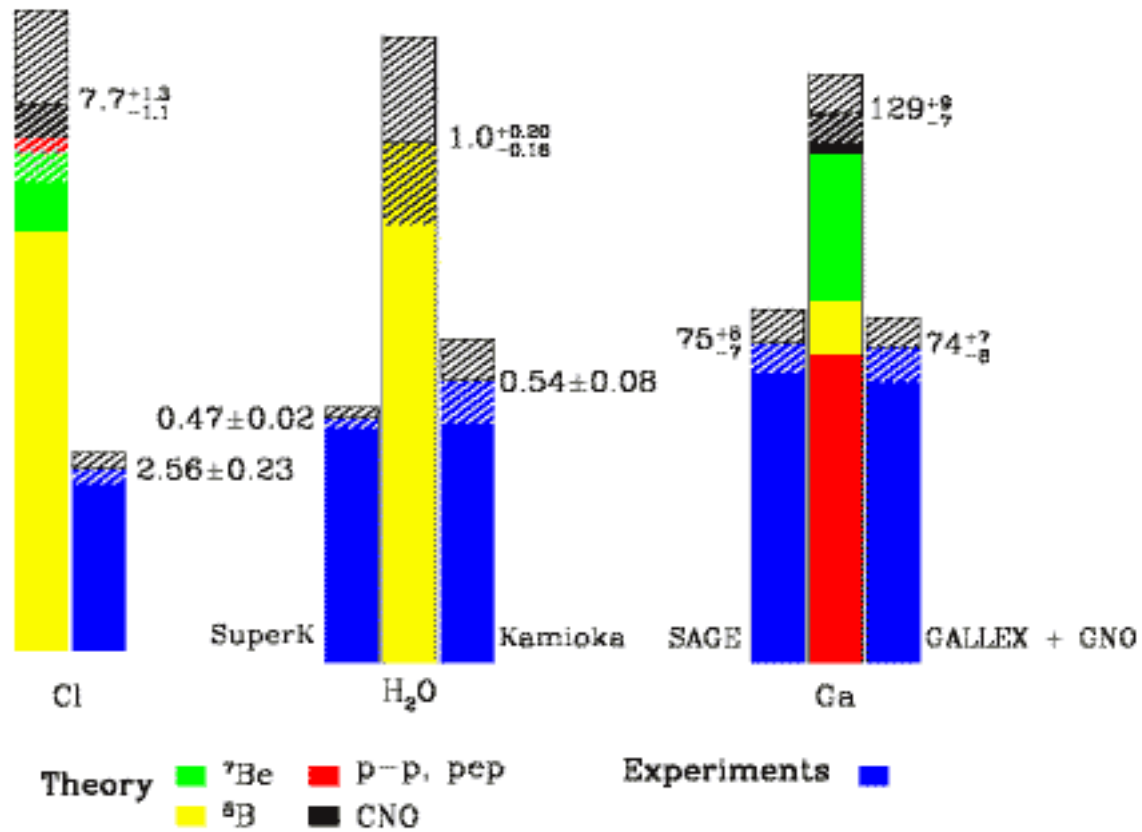
$T_{1/2} = 11,2$  dagar Tröskelenergi = 233 keV



Flödet av neutriner från solen är  $6 \cdot 10^{10} \nu_e / \text{cm}^2 / \text{sekund}$

\*\*\*\*\* ca en Ga atom omvandlas per dag \*\*\*\*\*

Total Rates: Standard Model vs. Experiment  
Bahcall-Pinsonneault 2000





# Solneutrino problemet!

Man observerar signifikant mindre neutriner från solen än vad som förutsäges!

Problem med solen?

Problem med neutrinererna?

# Neutrino-oscillationer

Om neutrinerna har massa kan de oscillera över i varandra

$$\begin{array}{ccccccccc} \nu_{\mu} & \rightarrow & \nu_{\tau} & \rightarrow & \nu_{\mu} & \rightarrow & \nu_{\tau} & \rightarrow & \nu_{\mu} & \rightarrow & \nu_{\tau} \\ & & L & & L & & L & & L & & L \end{array}$$

Om neutrinerna oscillerar HAR de massa!

Sannolikheten ( $P_{\mu\tau}$ ) att en  $\nu_{\mu}$  övergår i en  $\nu_{\tau}$  är:

$$P_{\mu\tau} = 1 - \sin^2(2\varphi) \sin^2(1,27 * \Delta m^2 * L/E)$$

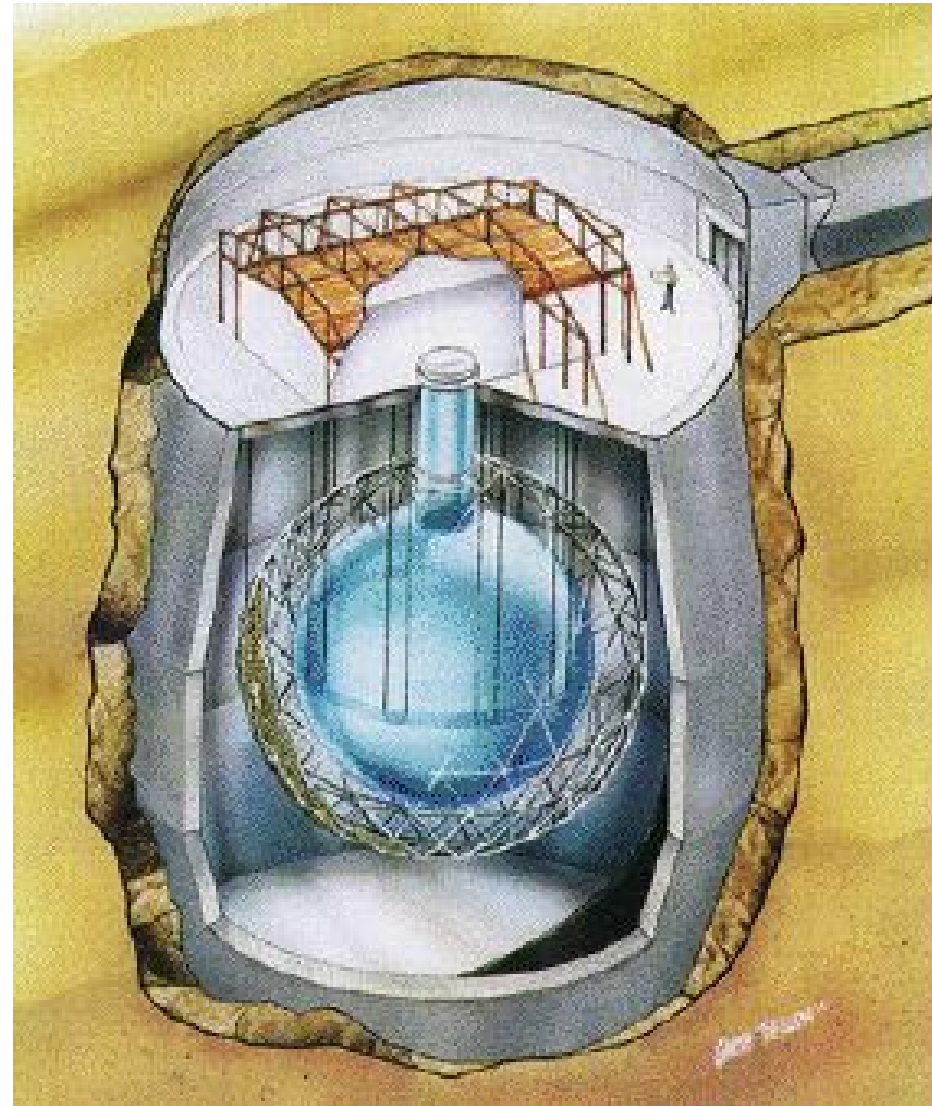
$$\Delta m^2 = m_{\tau}^2 - m_{\mu}^2$$

L = avståndet mellan källa och observation

E = energin på neutrion

SNO detektorn i Kanada  
kommer att mäta flödet  
av samtliga neutriner,  
inte enbart  $\nu_e$

Resultat inom några år!

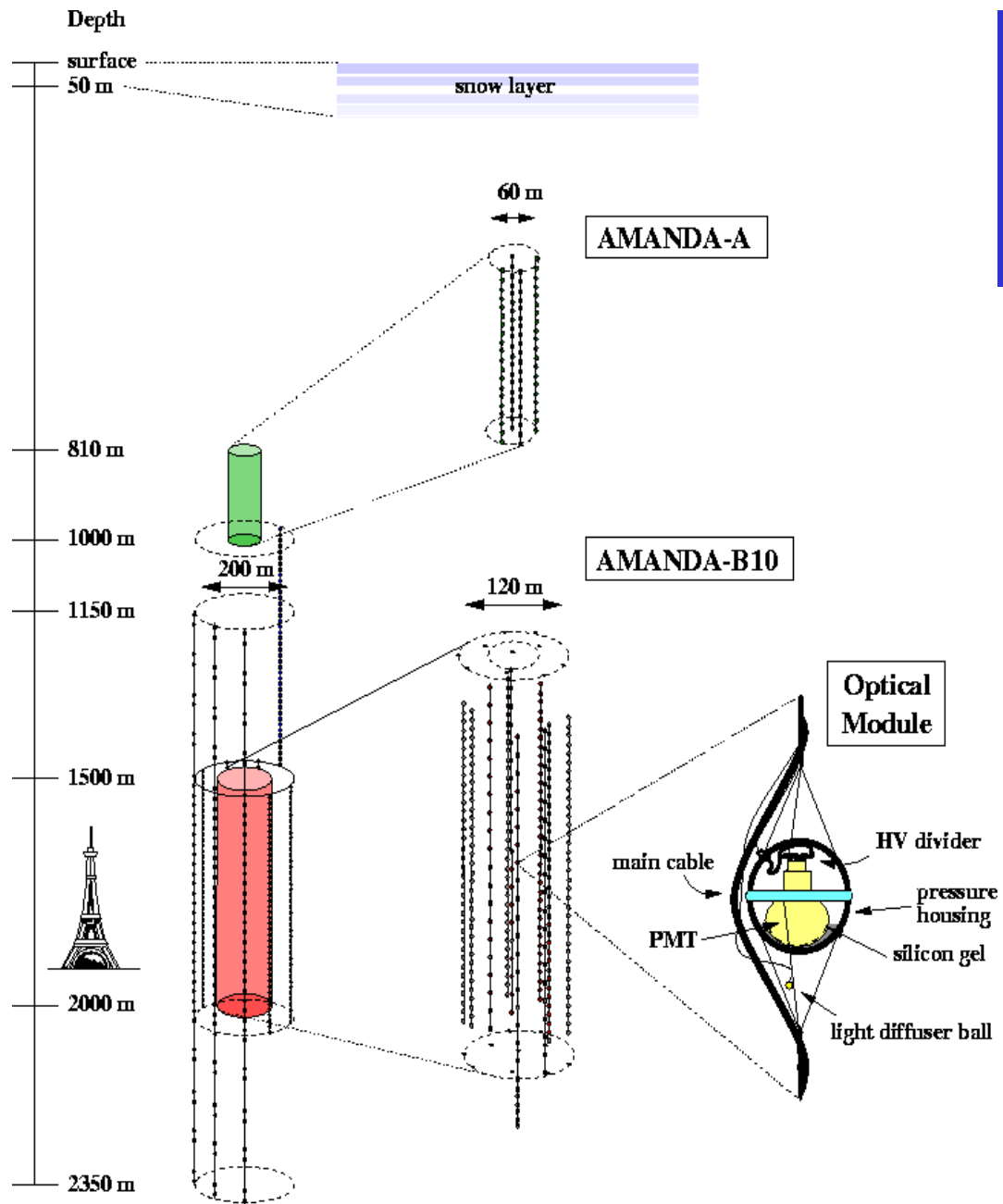


# AMANDA detektorn vid sydpolen

- Målsättning:
  - Söka efter universums mörka materia
  - Söka efter den kosmiska strålningens källor
  - Söka efter nya källor av kosmiska neutroner
  - Upptäcka det oväntade.....

# AMANDA-II

## Feb. 00



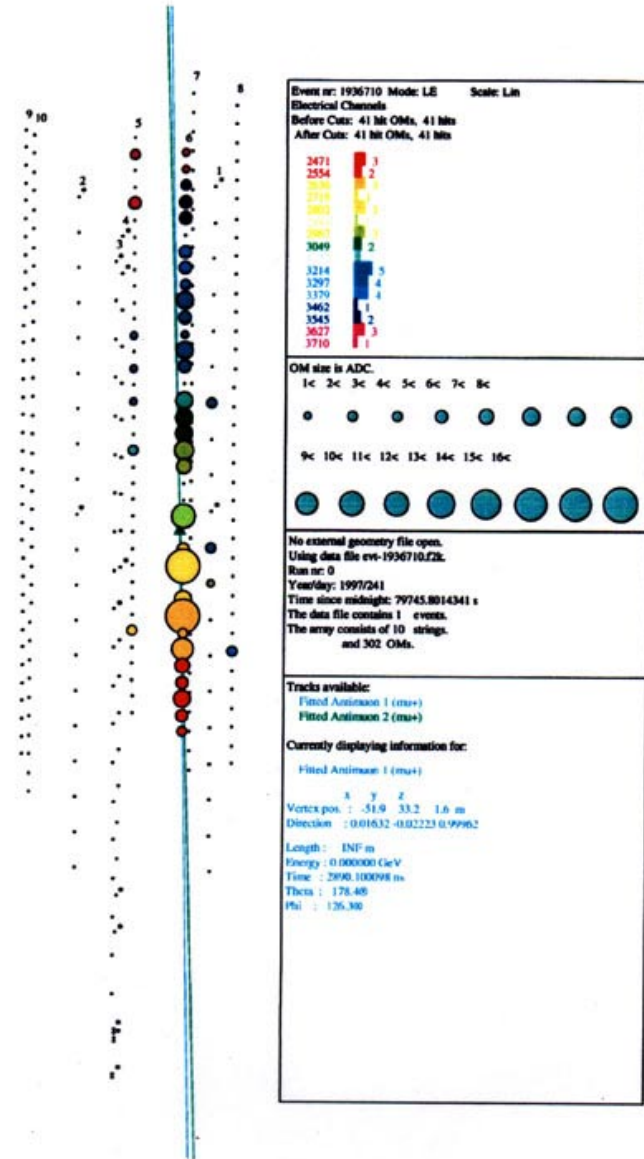
AMANDA as of 2000  
Eiffel Tower as comparison  
(true scaling)

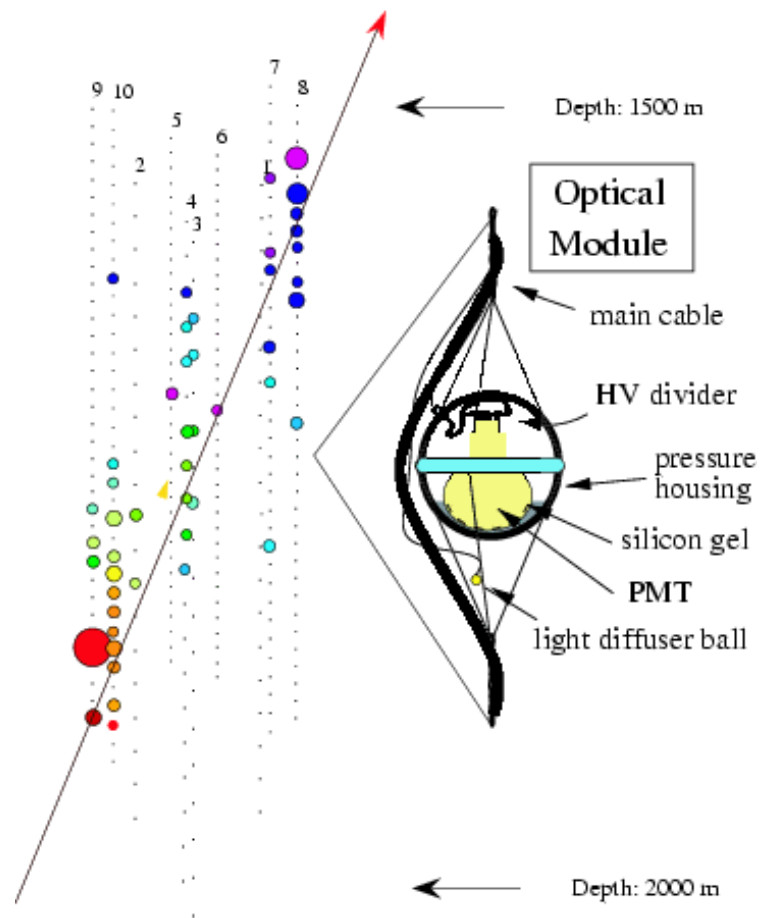
zoomed in on  
AMANDA-A (top)  
AMANDA-B10 (bottom)

zoomed in on one  
optical module (OM)

# AMANDA $\nu$ -candidate

- Early photons are red, late photons are blue. More photons are larger circles
- Bottom of array is toward center of Earth
- The muon is clearly traveling in the upward direction





# Muon event in ICECUBE

## Amanda B10:

~ 300 PMs

200 atm.  $\nu$ 's

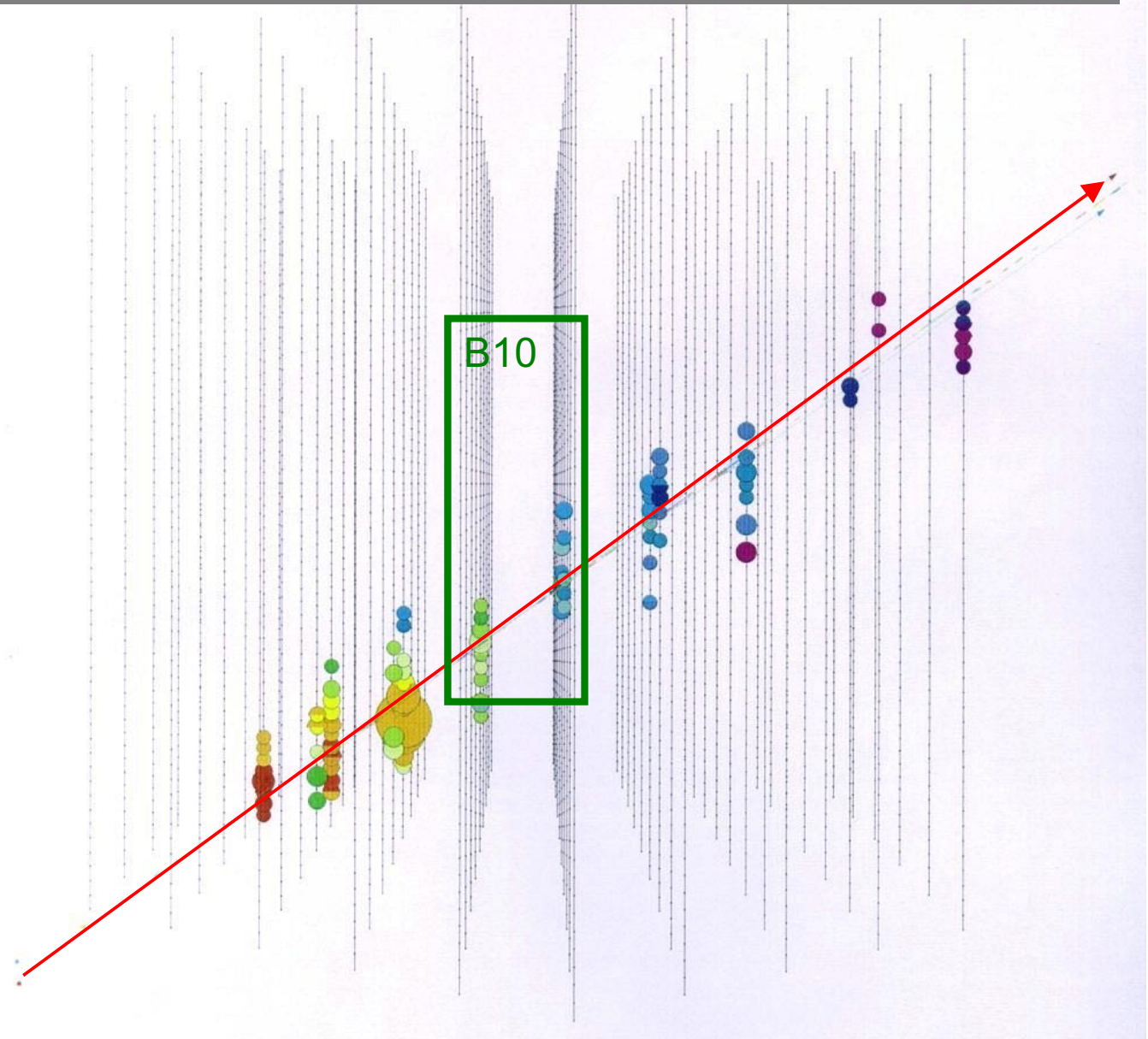
in 132 days

## IceCube:

~ 5000 PMs

250 atm.  $\nu$ 's

per day





# Literatur neutriner

- Lars Bergström, Kosmos 1999: 41-66