

10 juli 2004

Een nieuwe blik op ons heelal met de AMANDA neutrinotelescoop

Philip Olbrechts

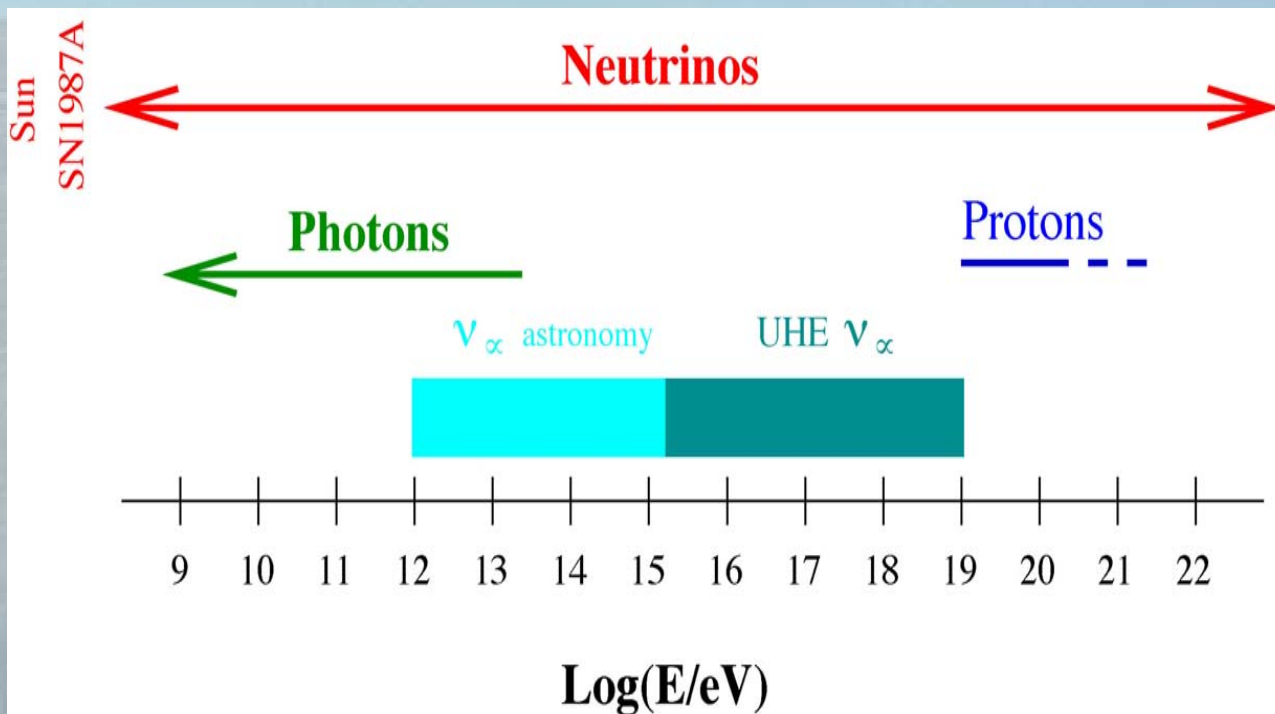
olbrechts@hep.ihe.ac.be
I.I.H.E.-Vrije Universiteit Brussel

Waarom zijn neutrino's zo interessant ?

- Neutrino's zijn **elektrisch neutraal** en worden dus niet afgebogen bij hun tocht doorheen magnetische velden zoals bv: het aardse magnetische veld (in tegenstelling tot protonen)
→ behoud van richtingsinformatie !
- Neutrino's worden **noch geabsorbeerd noch verstrooid** bij hun doortocht door materie (in tegenstelling tot fotonen)
→ behoud van intensiteit !
- Neutrino's beschikken over astronomisch belangrijke informatie aangezien zij enorme afstanden kunnen afleggen zonder te interageren

Waarom zijn neutrino's zo interessant ?

Neutrino's bestrijken een groot energiedomein



Nadelen van neutrino's

Neutrino's interageren enkel via de zwakke wisselwerking

→ er zijn grootschalige detectoren nodig !

→ neutrinodetectie is een grote uitdaging !

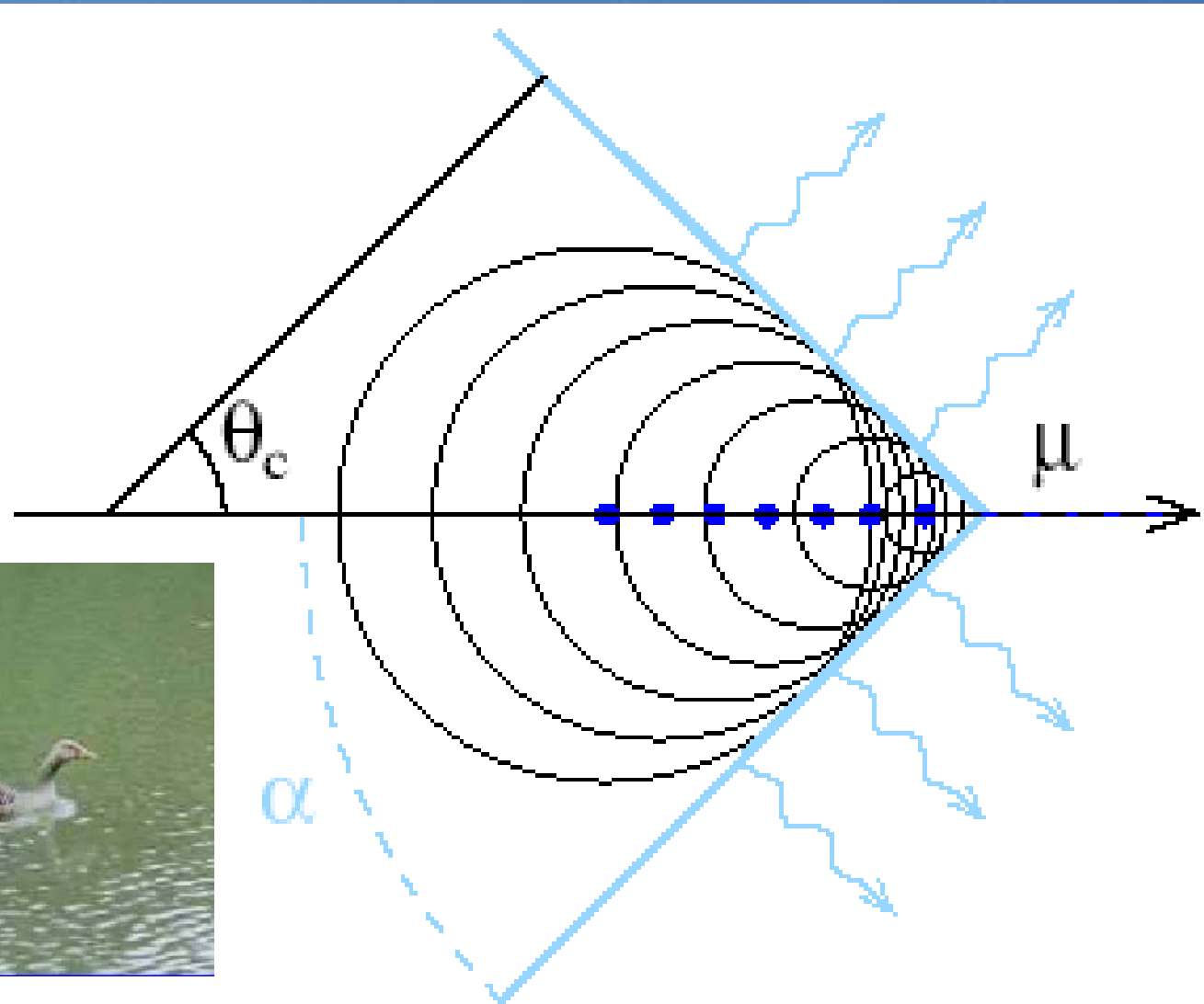
Hoe een neutrino-detector bouwen ?

Indirecte detectie van neutrino's:

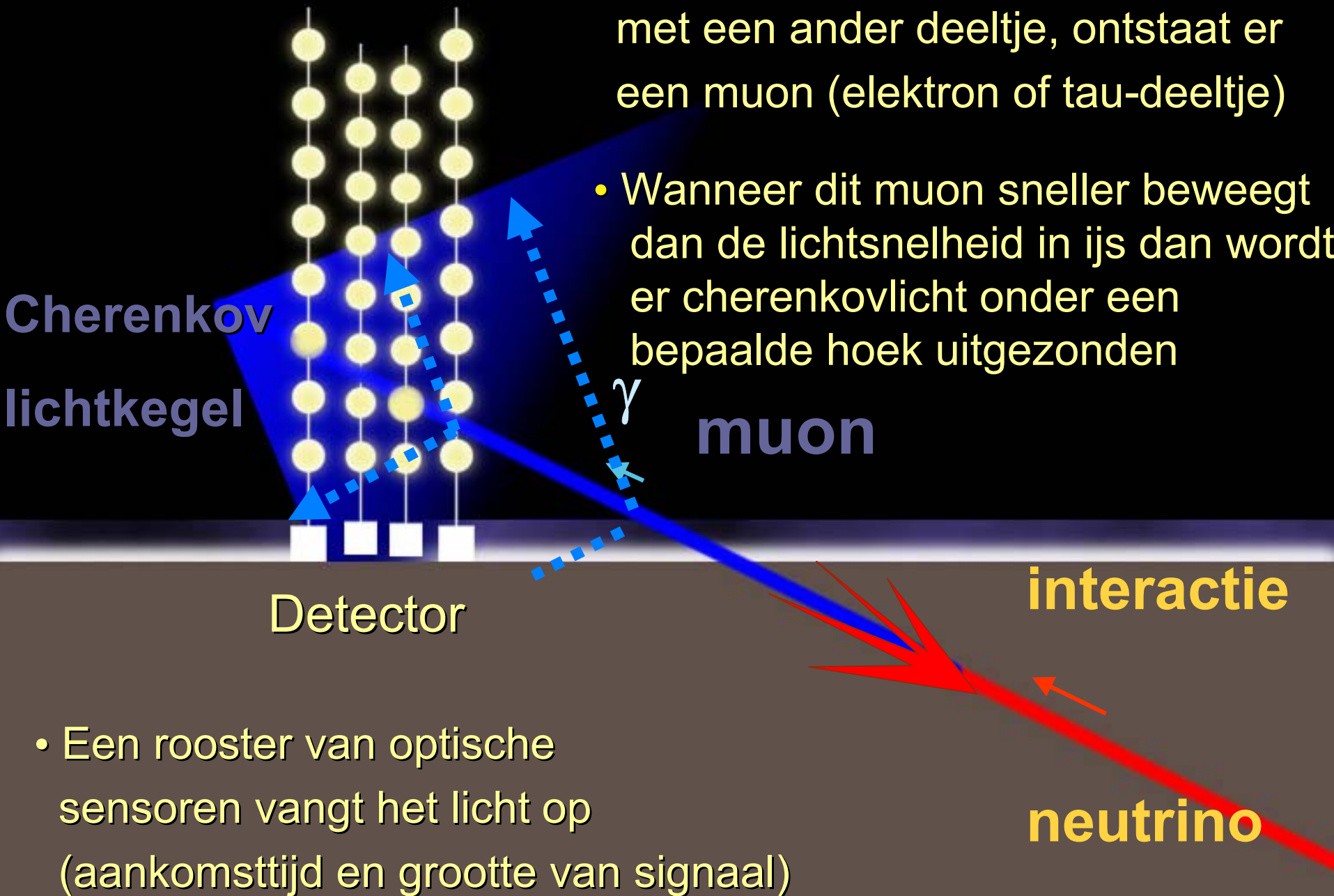
zoek naar elementaire deeltjes (e , μ , τ) die ontstaan bij de interactie van neutrino's met materie

- elektromagnetische en hadronische lawines van deeltjes
- cherenkov-effect

Cherenkov lichtkegel



Cherenkov-effect



- Wanneer een neutrino interageert met een ander deeltje, ontstaat er een muon (elektron of tau-deeltje)

- Wanneer dit muon sneller beweegt dan de lichtsnelheid in ijs dan wordt er cherenkovlicht onder een bepaalde hoek uitgezonden

- Een rooster van optische sensoren vangt het licht op (aankomsttijd en grootte van signaal)

**Ander voorbeeld:
snelheid straaljager > geluidssnelheid**



Wat hebben we nodig ?

- Een grote hoeveelheid transparant medium (water of ijs)
- Een zo groot mogelijk interactievolume (zwakke wisselwerking)
- Een plaats toegankelijk voor de mens:
 - elektriciteit, transport
 - voedsel en drank
 - andere infrastructuur ...



Zuidpool

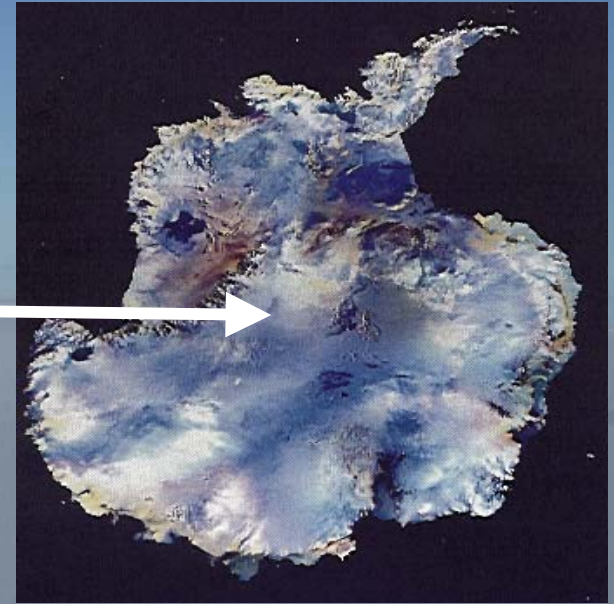
Het Laboratorium

Geografische Zuidpool

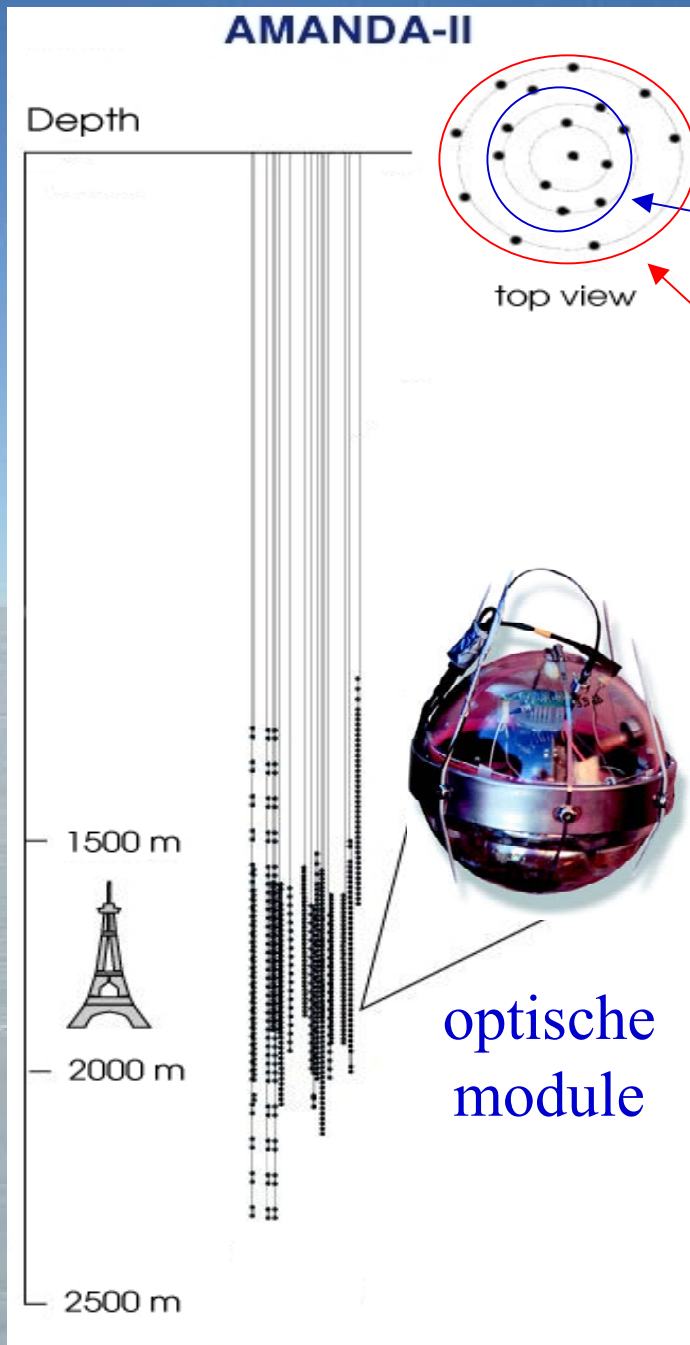
AMANDA

2km diep

Amundsen-Scott Zuidpool Station



De AMANDA Detector



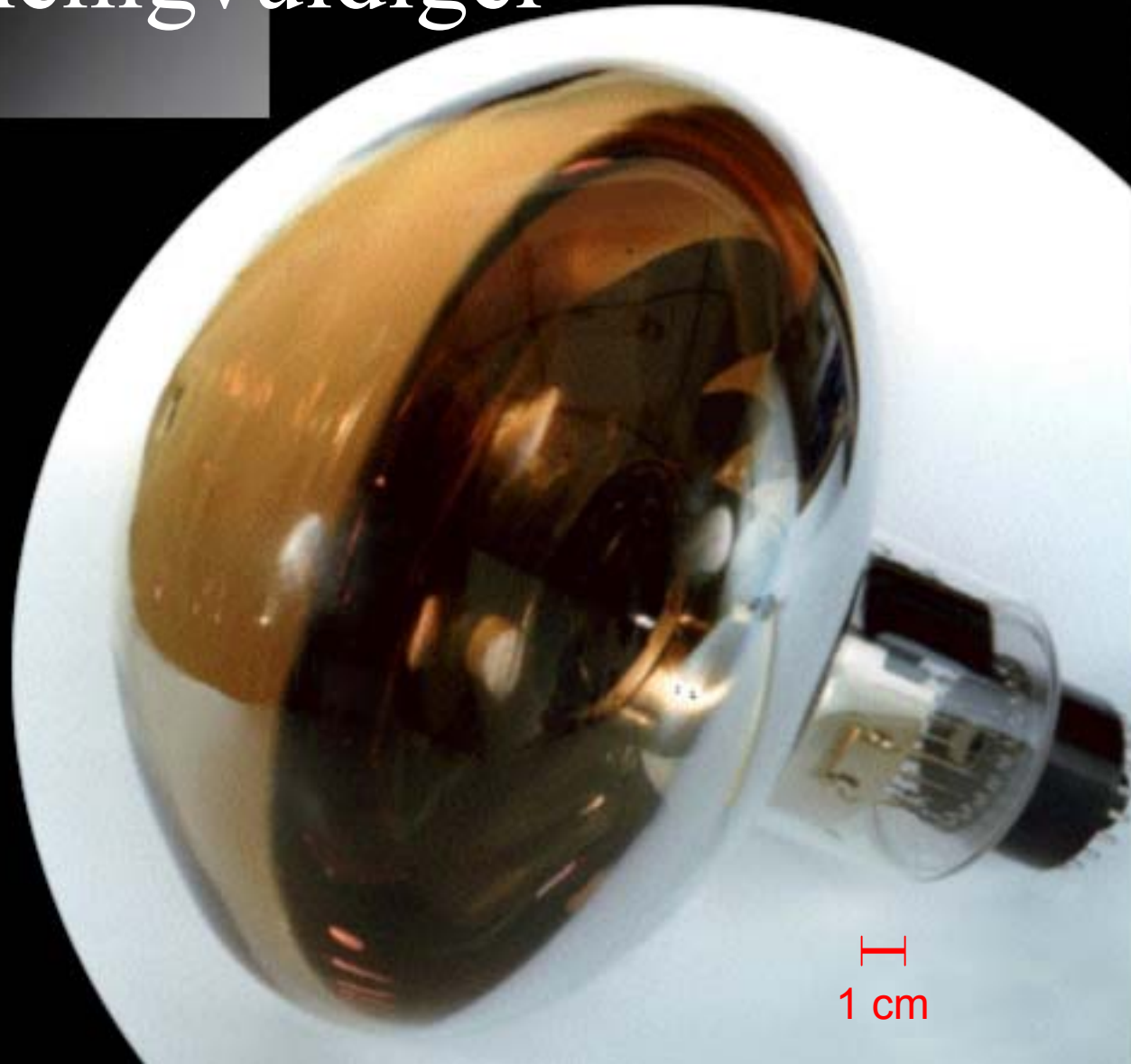
AMANDA-B10:

302 optische modulen
10 kabels
in gebruik vanaf 1997

AMANDA-II:

677 optische modulen
19 kabels
in gebruik vanaf 2000
diameter = 200 m
hoogte = 500 m

Fotonvermenigvuldiger



Installatie van optische modulen

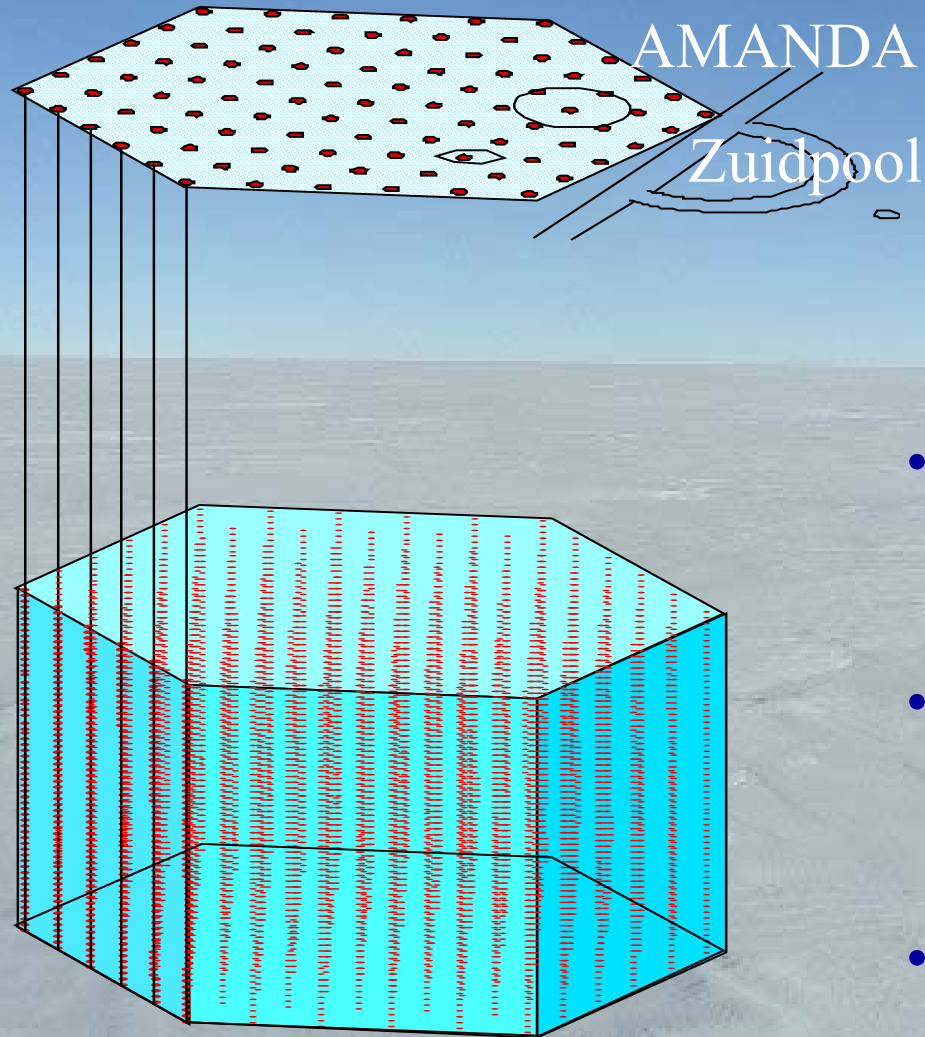
Merk op!
blote handen
bij - 40°C



Optische module in kuil



De ICECUBE Detector

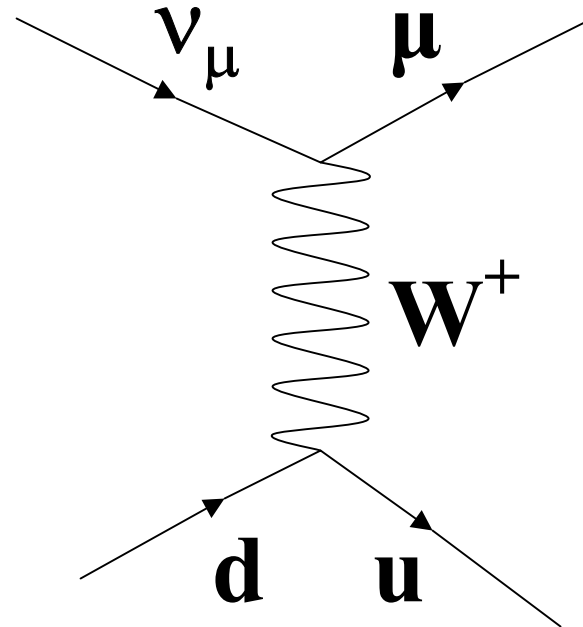
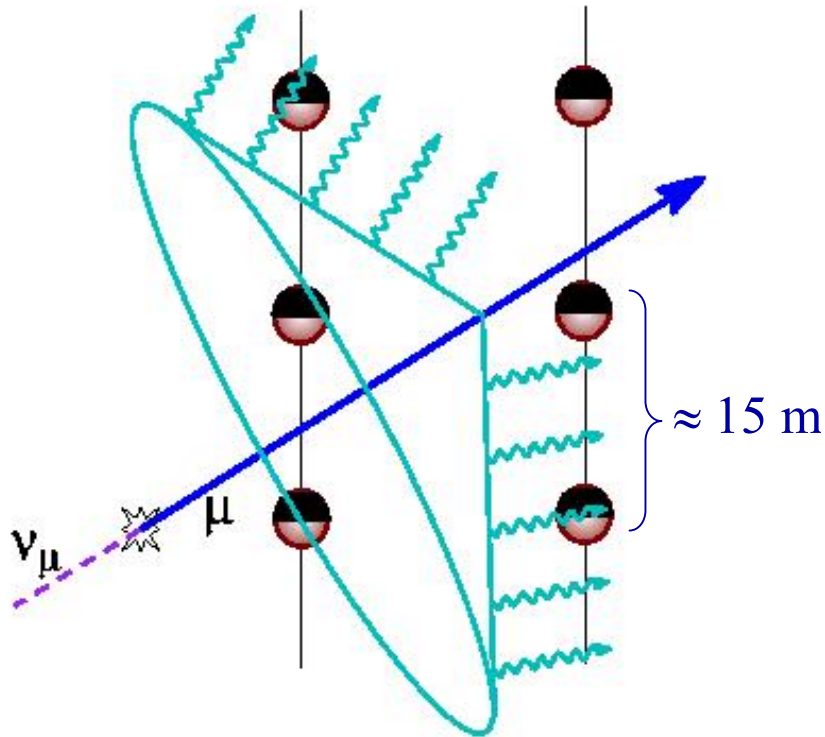


- 4800 optische modulen
- 80 kabels
- 1 km³ volume

- AMANDA bevindt zich in het volume omsloten door ICECUBE
- De constructie van de ICECUBE detector start in januari 2005
- ICECUBE zal volledig afgewerkt zijn in 2010

Detectie van ν_μ

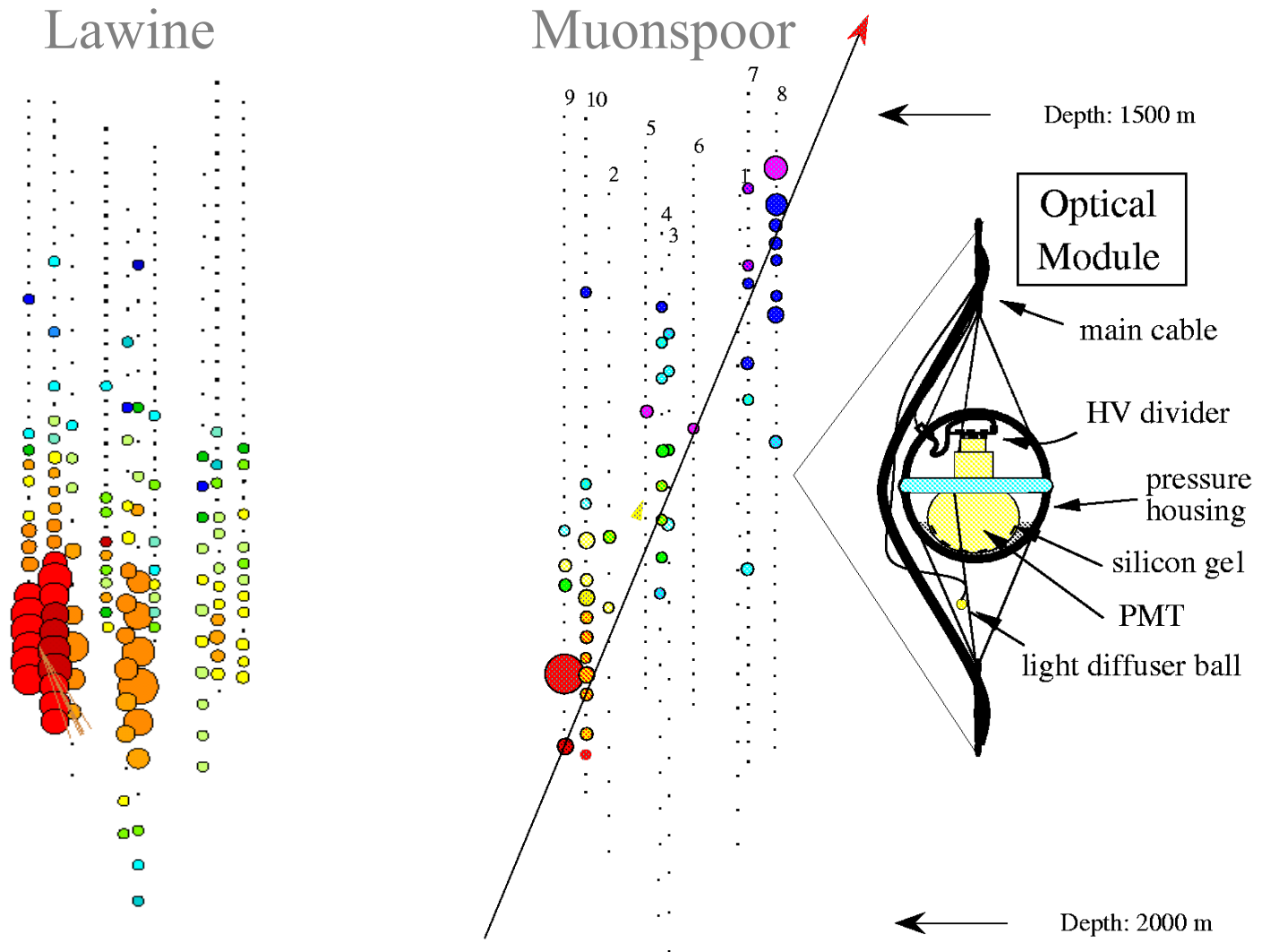
Lange muonsporen O(km)



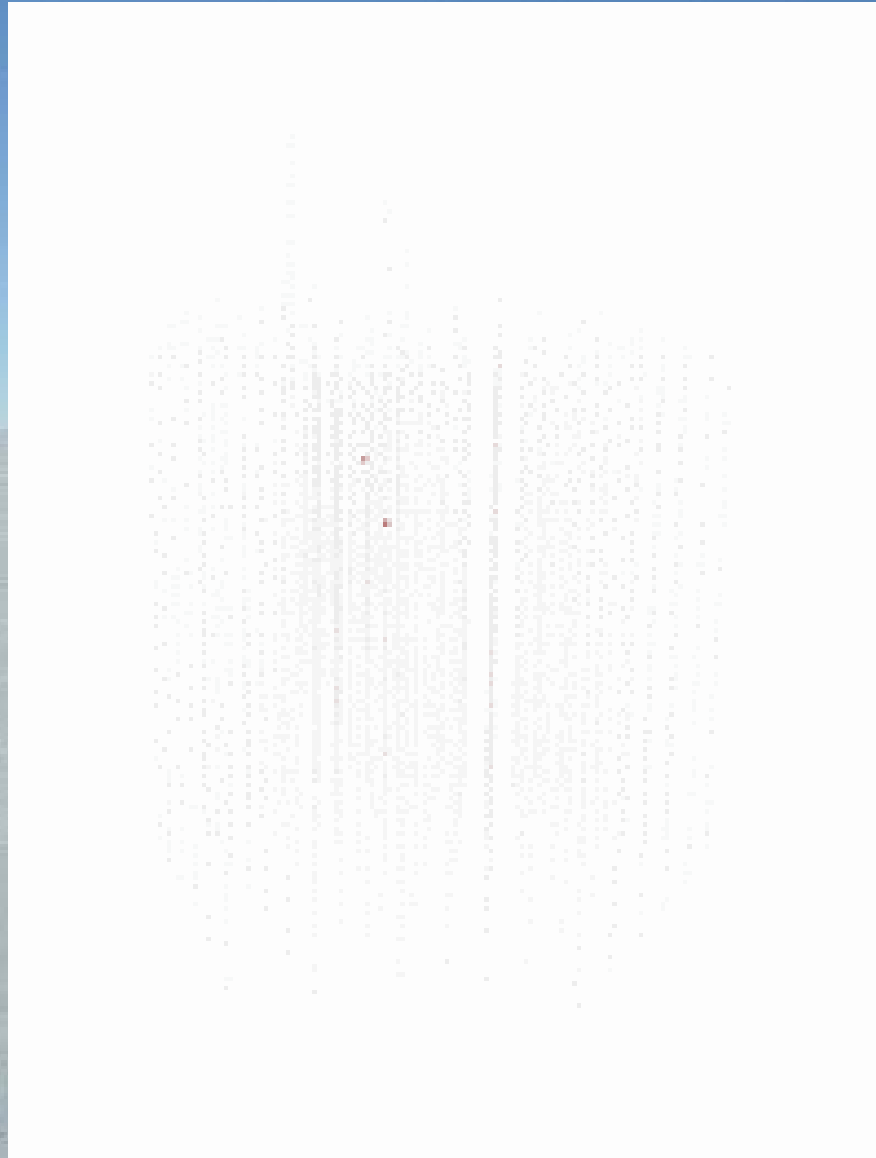
Bepaling van het muonspoor:

- aankomsttijden van de fotonen
- grootte van de signalen

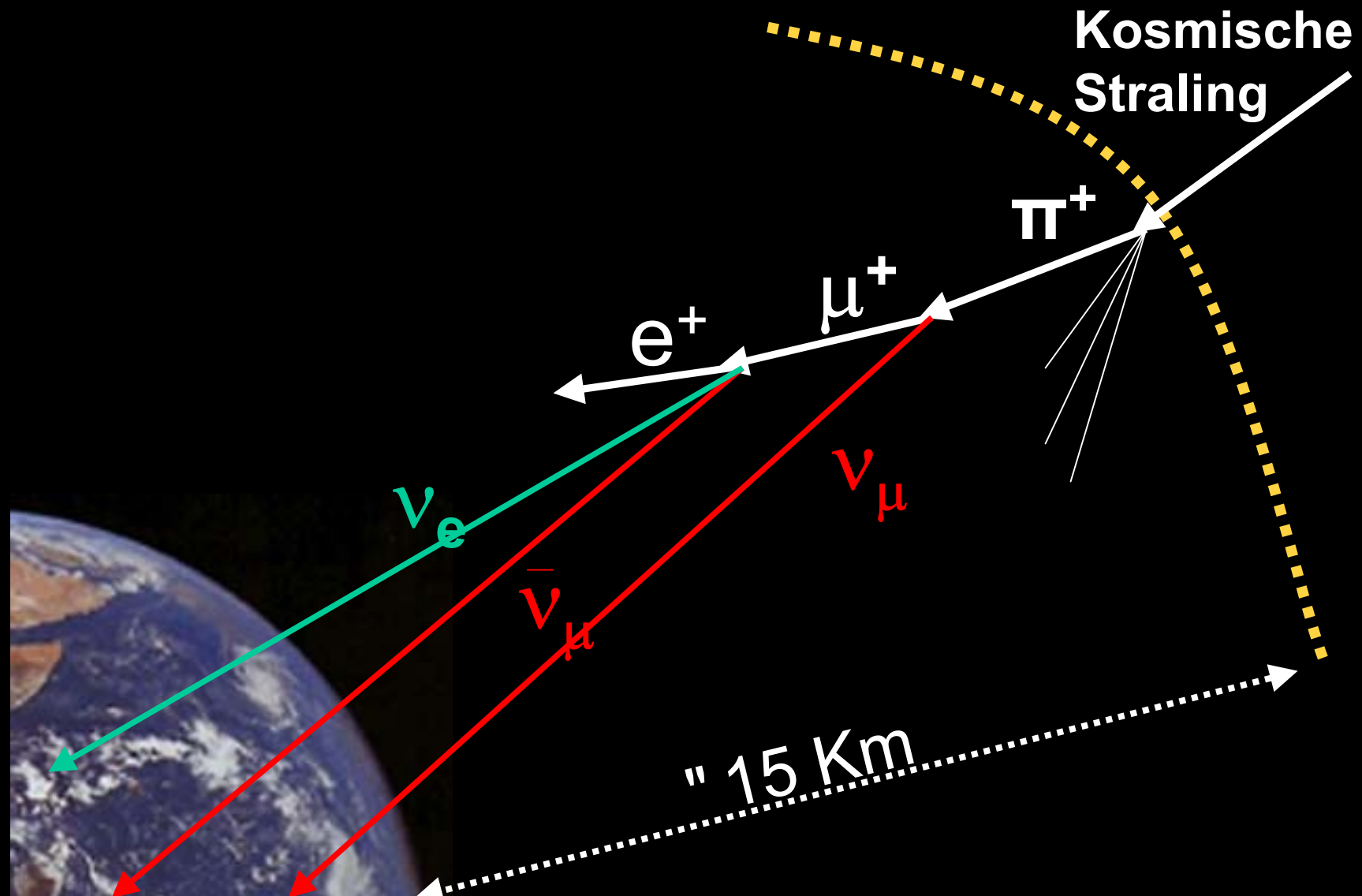
Signalen gezien door AMANDA-B10



Signalen gezien door ICECUBE



Atmosferische Muonen en Neutrino's



Aarde gebruikt als Schild

Achtergrondgebeurtenissen :

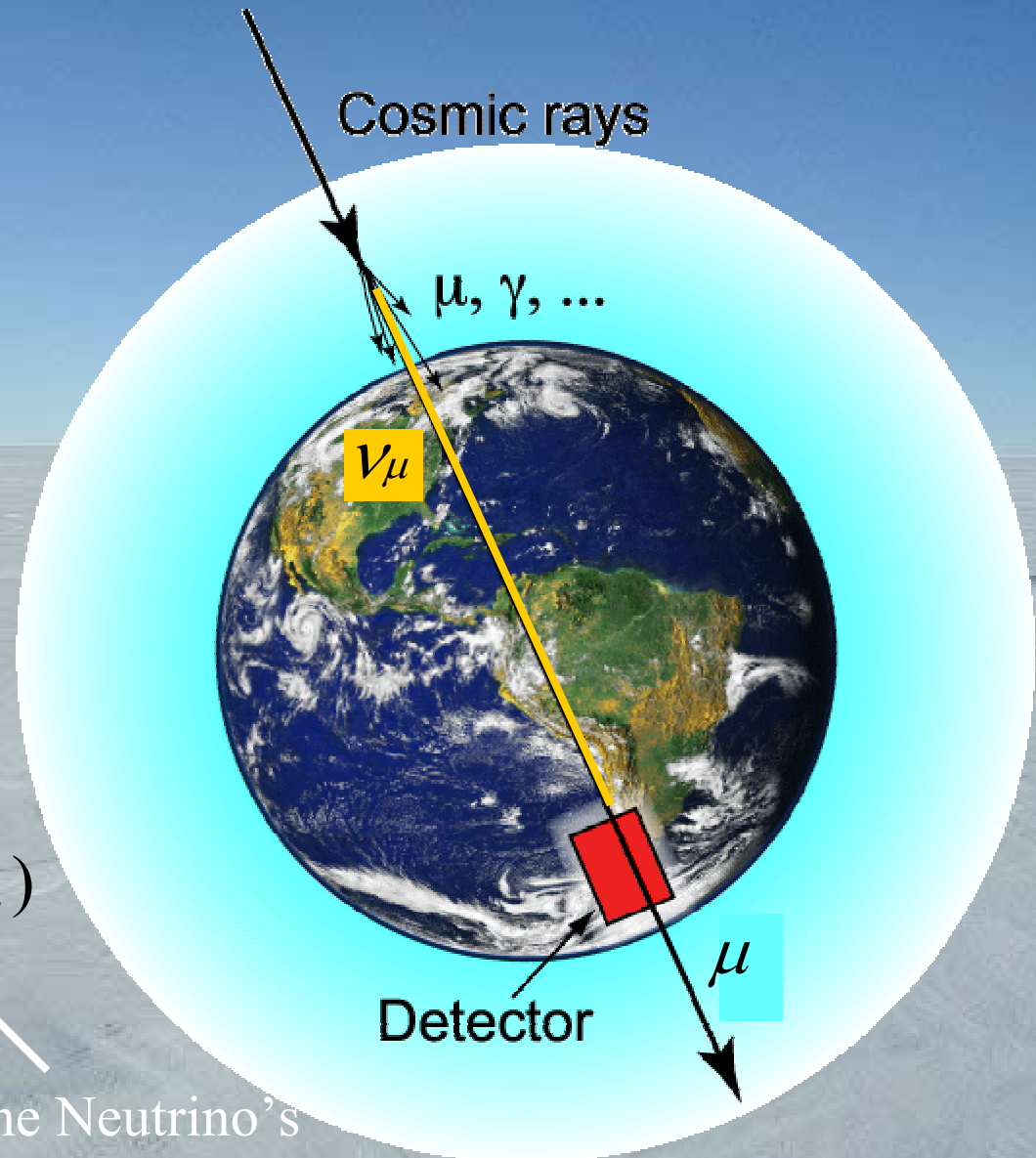
$$p + N \rightarrow \pi, K, \dots$$

$$\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu_{\mu} (\bar{\nu}_{\mu})$$

$$e^{\pm} + \nu_e (\bar{\nu}_e) + \bar{\nu}_{\mu} (\nu_{\mu})$$

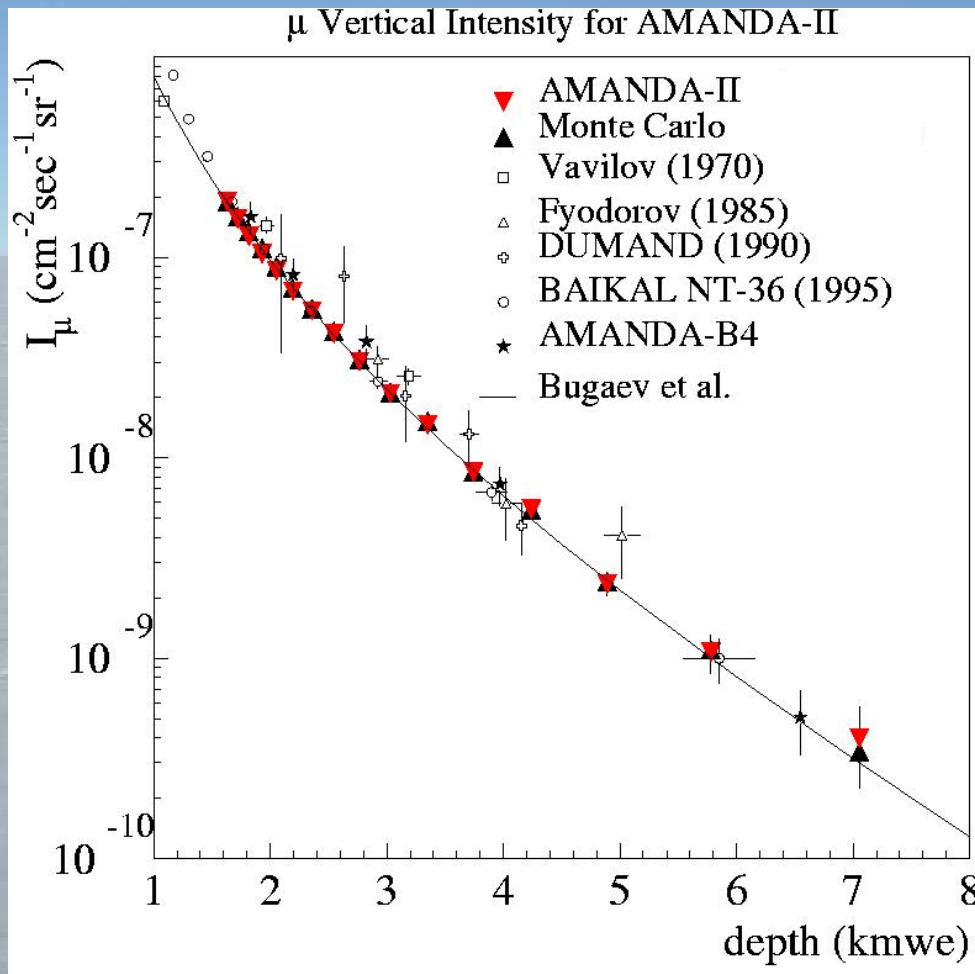
Atmosferische Muonen

Atmosferische Neutrino's



Atmosferische muonen

Atmosferische muonen en neutrino's: AMANDA's testsignalen



Aantal atmosferische muonen
per tijdseenheid en per
oppervlakte-eenheid

in functie van

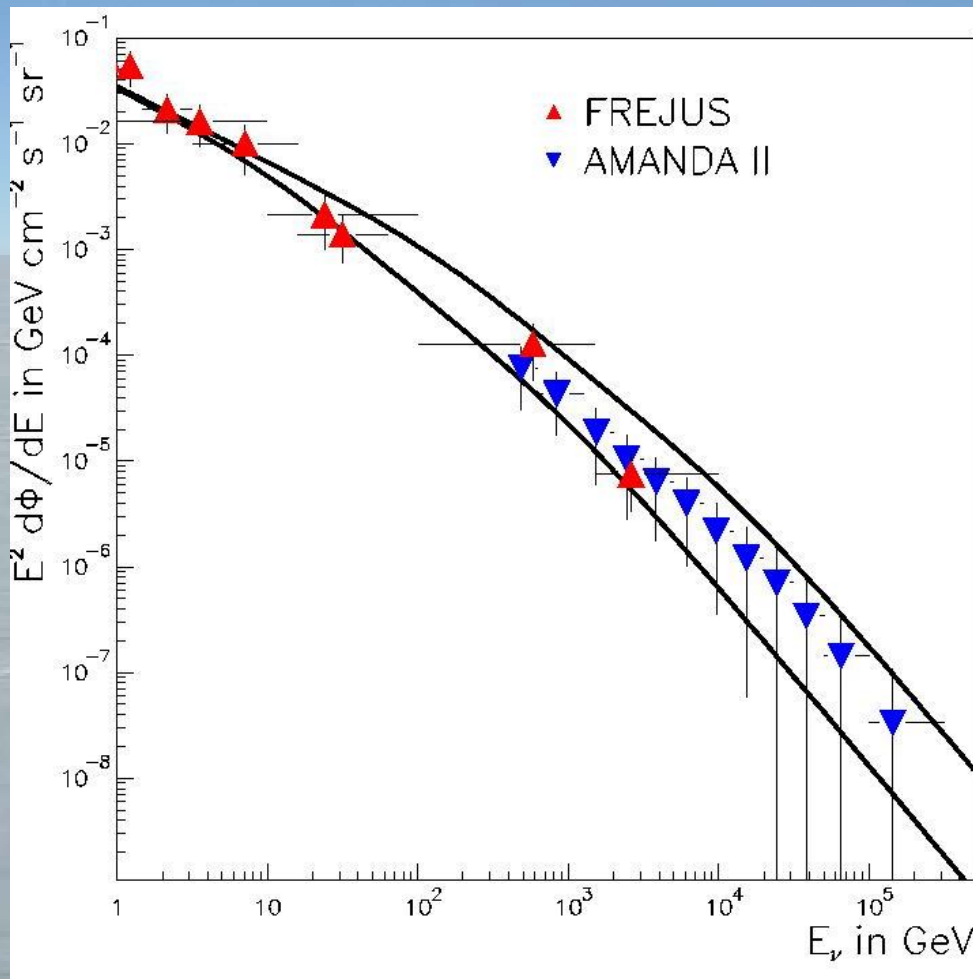
de diepte in het ijs/water

Merk op!

Atmosferische muonen zijn
 $1000000 \times$ meer frequent
dan atmosferische neutrino's

Atmosferische neutrino's

Opgemeten spectrum aan atmosferische neutrino's



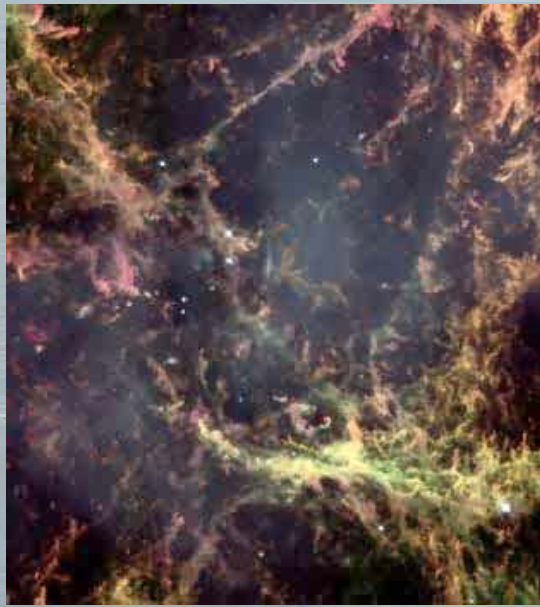
- Spectrum opgemeten door AMANDA van 100 GeV tot 100 TeV
- Resultaat in overeenkomst met Frejus experiment en de theoretische verwachting

Dit spectrum zal worden gebruikt bij de studie van een eventueel exces aan kosmische neutrino's

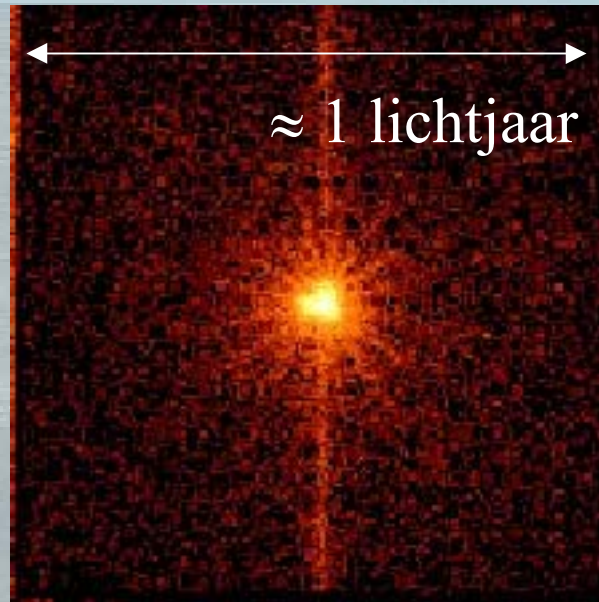
Motivatie: Speurtocht naar bronnen van hoogenergetische neutrino's:

Mogelijke Neutrinobronnen

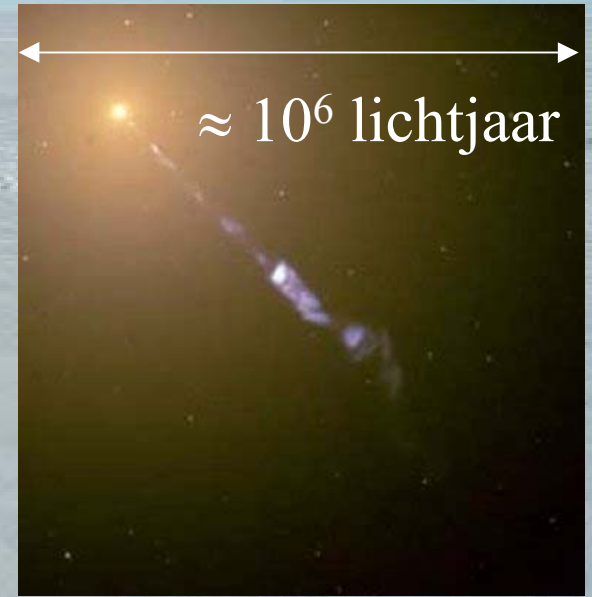
Overblijfsel Supernova
Explosie (Crab Nebula)



Microquasar
(SS433 etc.)



Actief melkwegstelsel
(Markarian 421 etc)



Aarde gebruikt als Schild

Signaalgebeurtenissen :
hoog-energetische neutrino's

ν_μ (ν_e , ν_{tau})

Achtergrondgebeurtenissen :

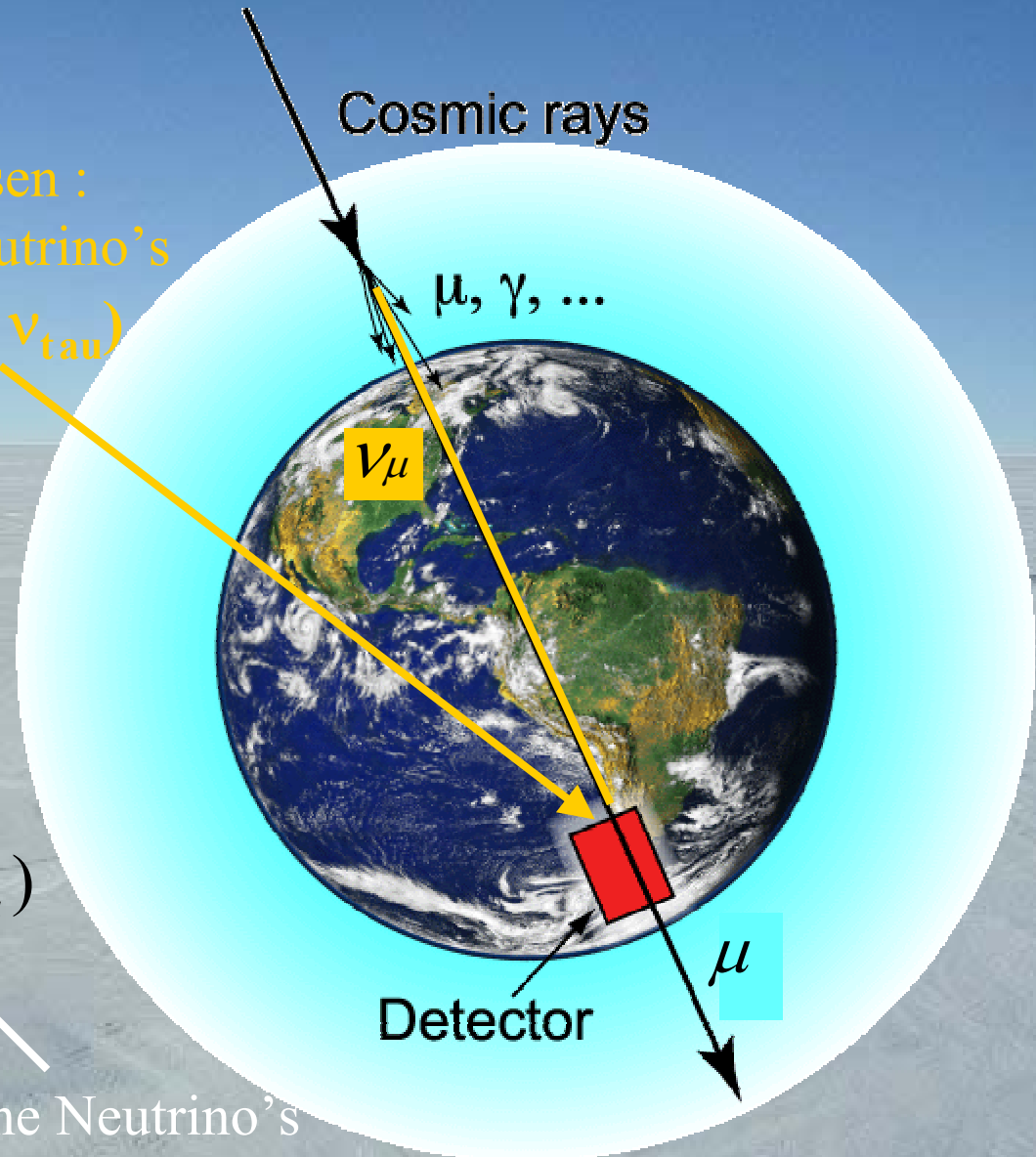
$$p + N \rightarrow \pi, K, \dots$$

$$\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu_\mu (\bar{\nu}_\mu)$$

$$e^\pm + \nu_e (\bar{\nu}_e) + \bar{\nu}_\mu (\nu_\mu)$$

Atmosferische Muonen

Atmosferische Neutrino's

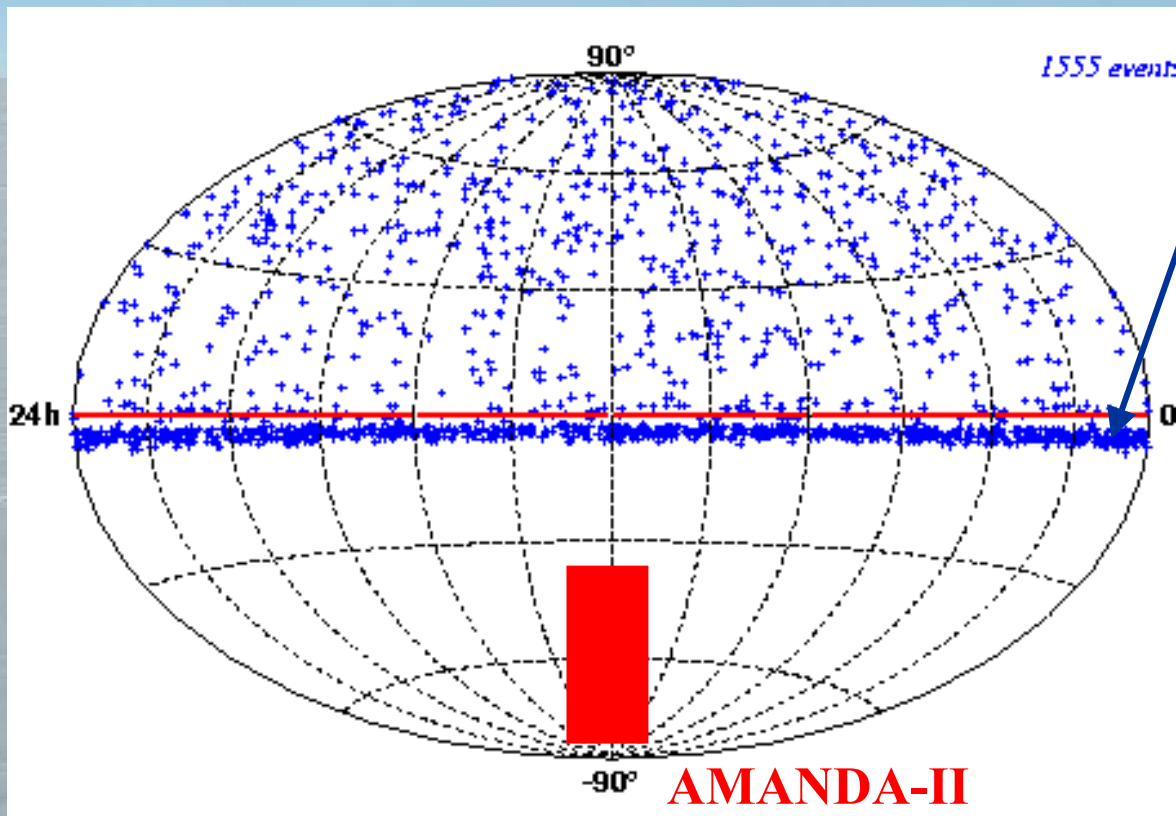


Zoektocht naar hoogenergetische puntbronnen

- Verwijder de neerwaartsbewegende atmosferische muonen
→ Kijk enkel naar het noordelijk halfrond
- Verdeel het noordelijk halfrond in even grote oppervlakte-elementen
→ Noordelijk halfrond onderverdeeld in 300 elementen ($\sim 7^\circ \times 7^\circ$)
- Zoek naar een ophoping van neutrinogebeurtenissen in bepaalde richtingen in de ruimte, bovenop het verwachte spectrum aan atmosferische neutrino's

Zoektocht naar hoogenergetische puntbronnen

- 697 gebeurtenissen onder de evenaar (noordelijk halfrond) waargenomen, waarvan slechts 10 % te wijten aan atmosferische muonen !



Hoofdzakelijk
atmosferische muonen
boven de evenaar

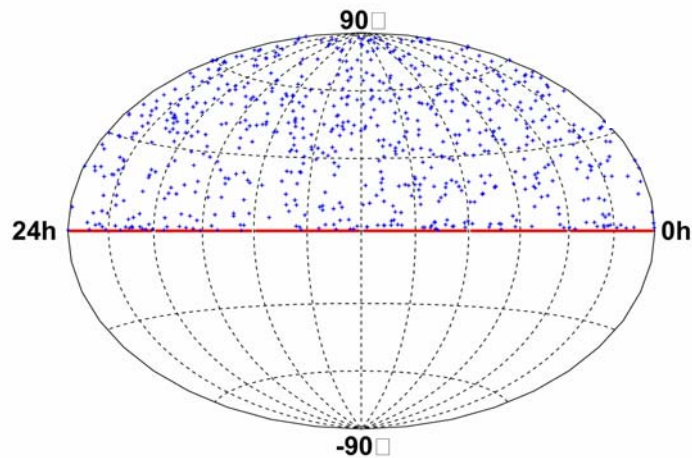
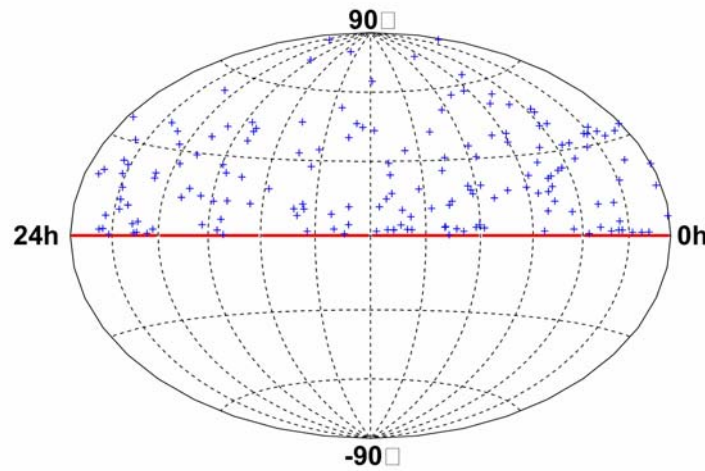
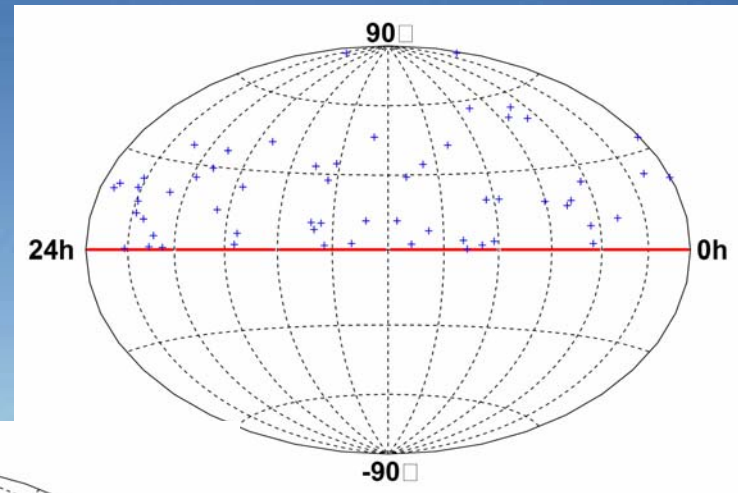
Er is geen ophoping
van gebeurtenissen
waargenomen !



Er zijn geen
puntbronnen ontdekt

Puntbronnen bij hogere energieën ?

Toenemende energie



⇒ Ook geen indicatie van
puntbronnen bij
hogere energieën !

Samenvatting

Tot op heden werden met de AMANDA detector geen hoogenenergetische puntbronnen gedetecteerd.

De vooruitzichten zijn echter zeer positief met de komst van de ICECUBE detector !

Besluit

Studeer fysica aan de Vrije Universiteit Brussel en werk mee aan dit boeiende onderzoek !

Nog een prettige dag verder ...