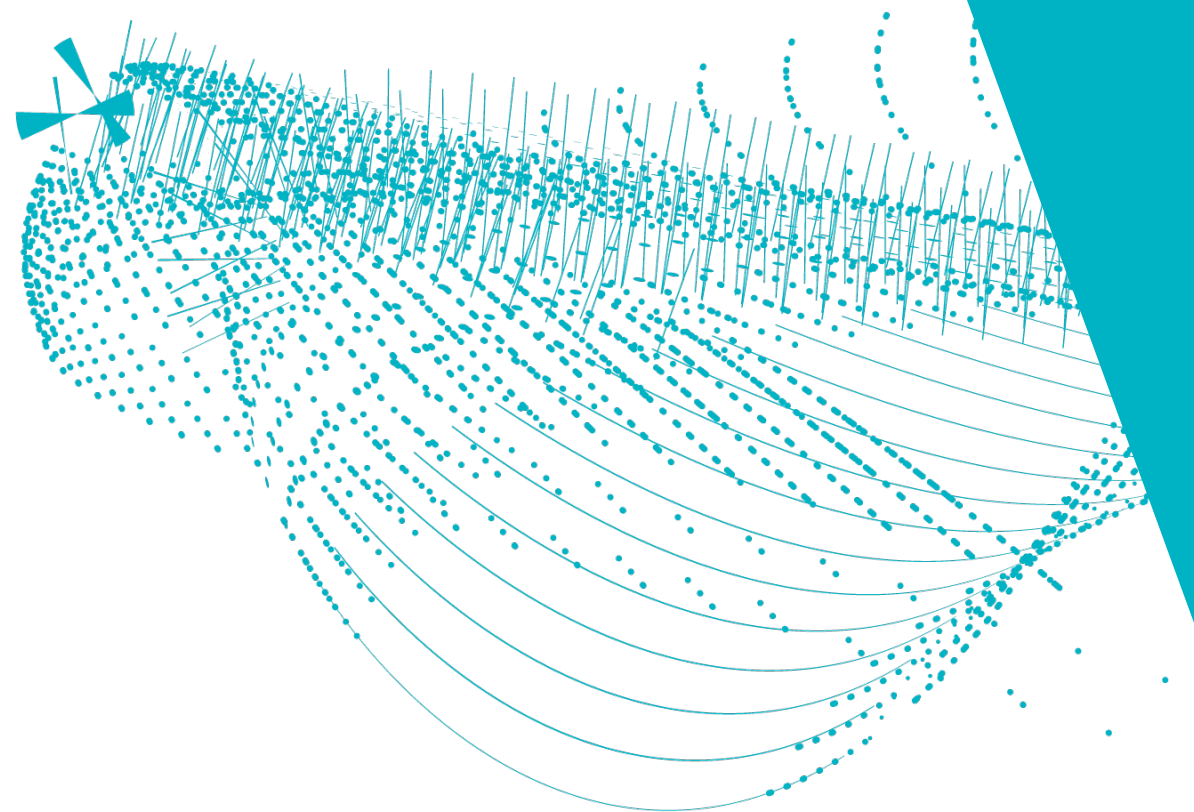




HISPARC

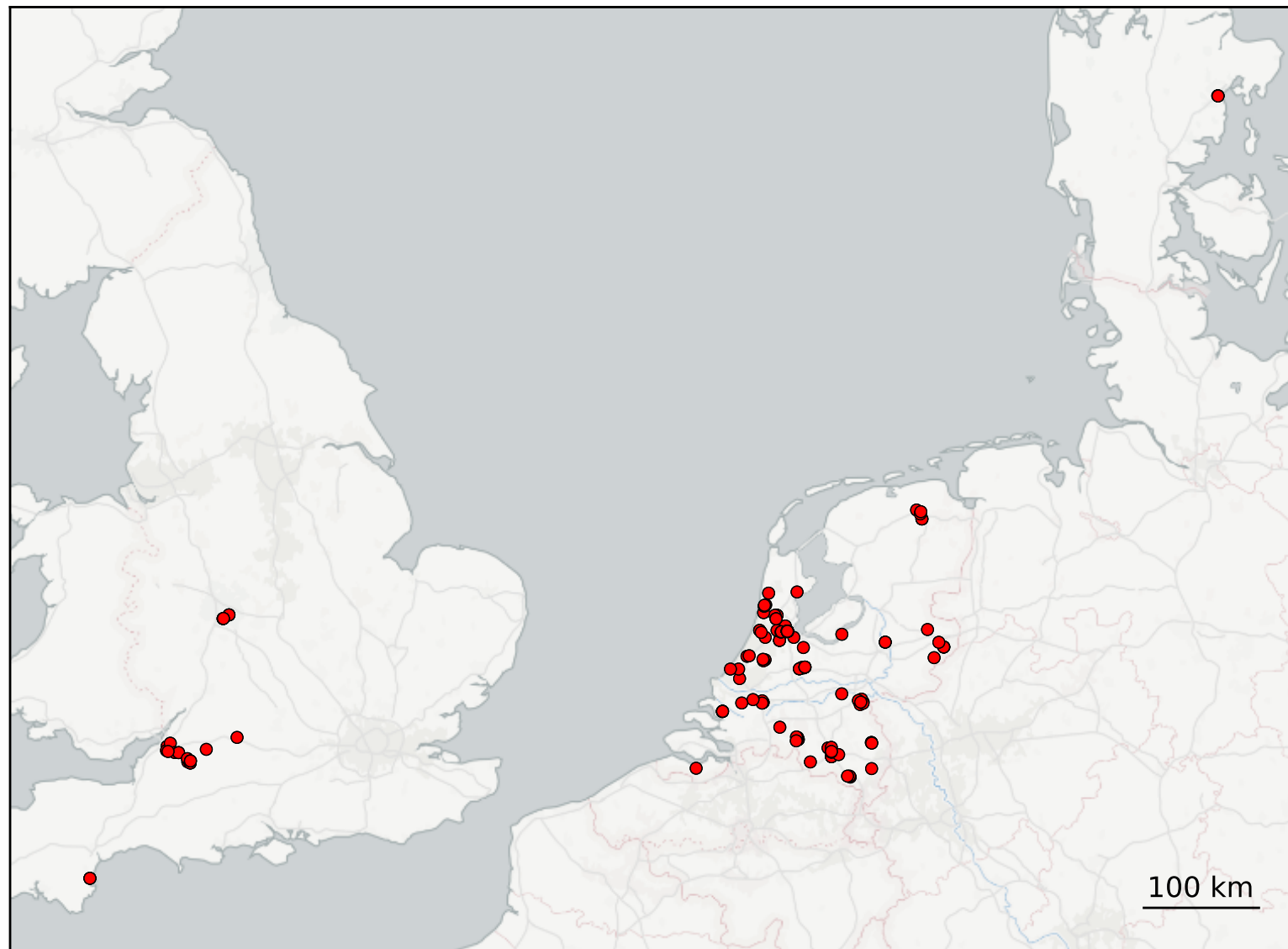
Kasper van Dam

- **H**igh **S**chool **P**roject on **A**strophysics **R**esearch with **C**osmics
- Scholieren dragen bij aan wetenschappelijk onderzoek
- In deze presentatie:
 - Wat is het?
 - Wat kan ik ermee?
 - Hoe gebruik ik het?



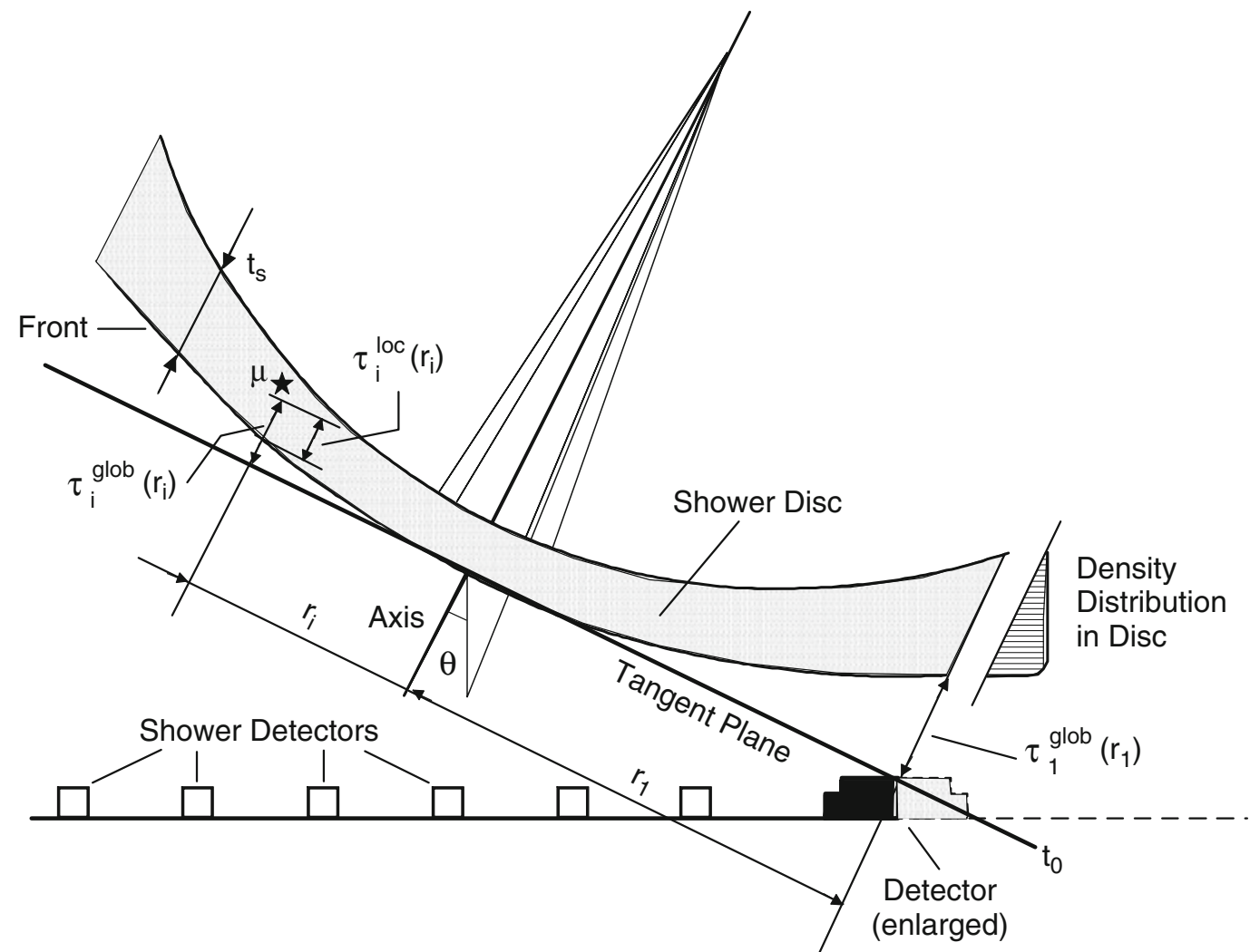
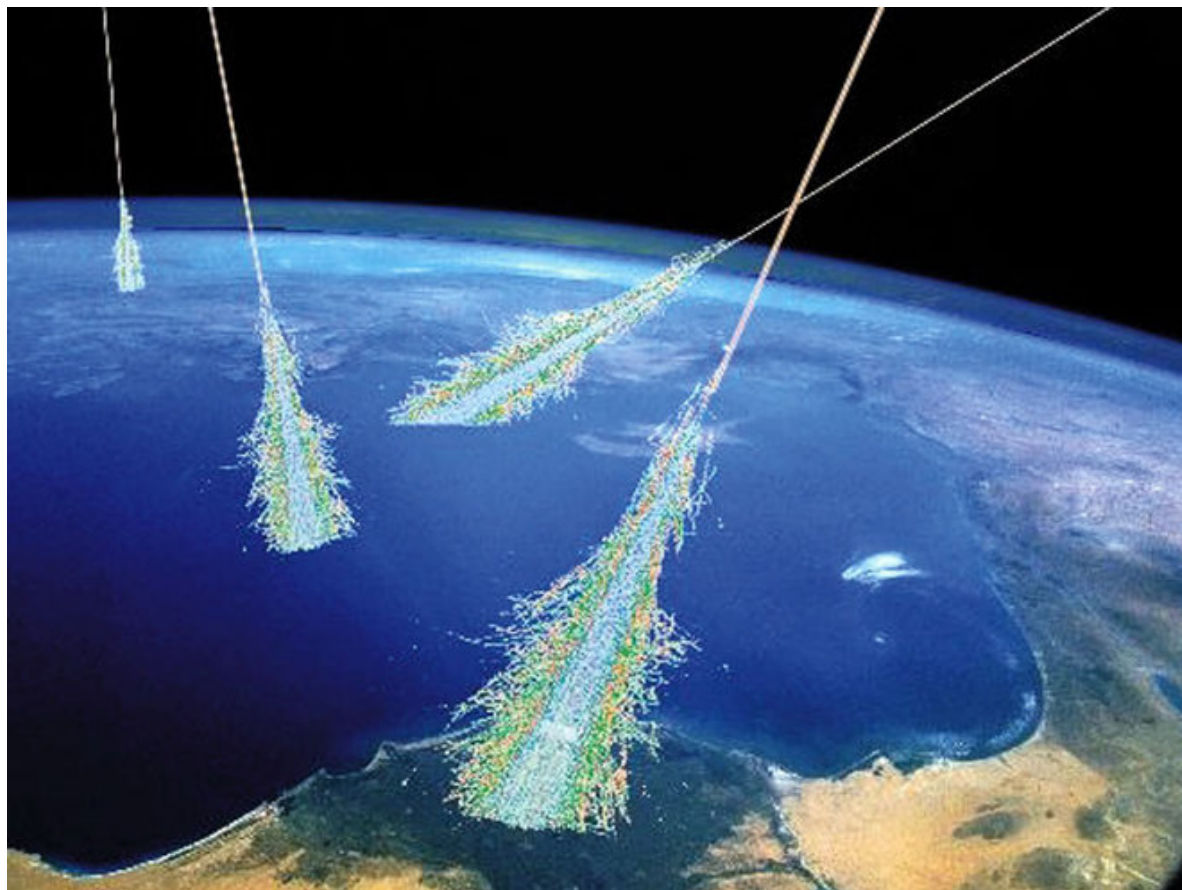
WAT IS HISPARC?

- Een meetnetwerk van detectoren op daken van scholen die kosmische straling meten



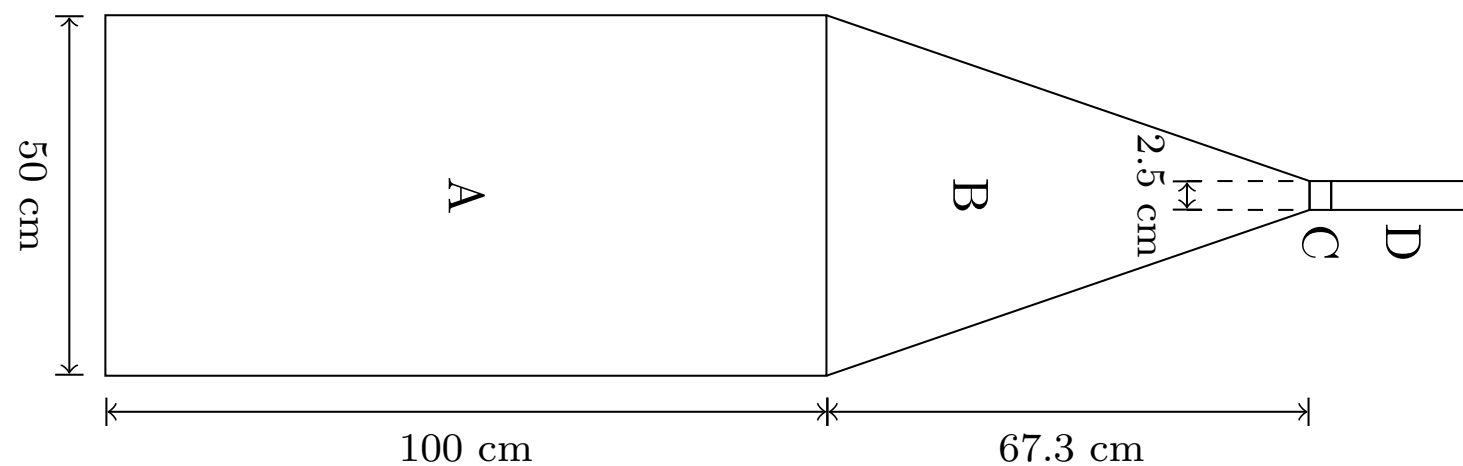
WAT IS HISPARC?

- Kosmische stralen zijn deeltjes die met hoge energie uit de ruimte komen (voornamelijk protonen)
- Deze deeltjes veroorzaken een deeltjeslawine, ook wel een Extensive Air Shower



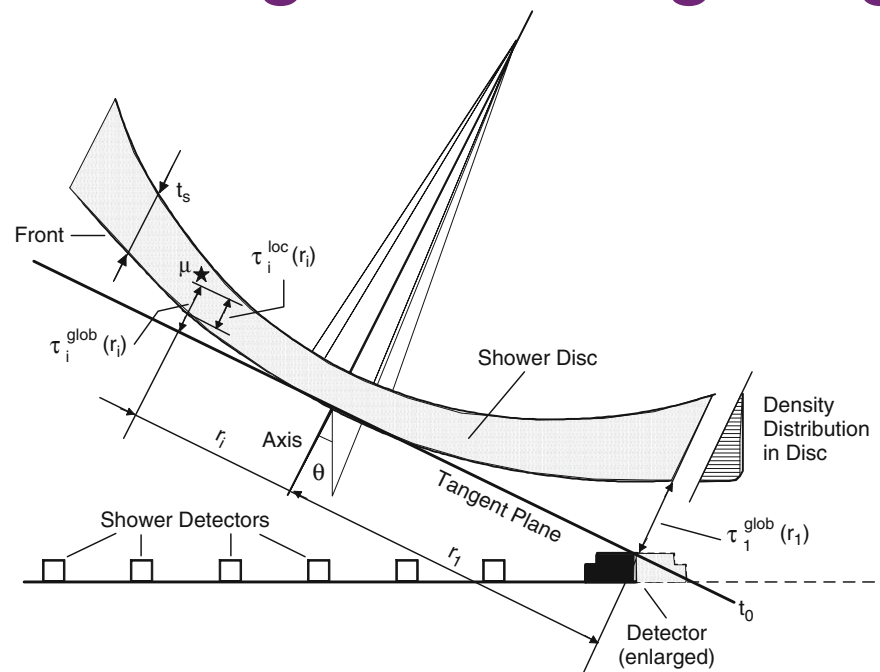
WAT IS HISPARC?

- De Detector
- Scintillator (A)
- Lightgeleider (B)
- Photo Multiplier Tube (D)
- Lichtdicht



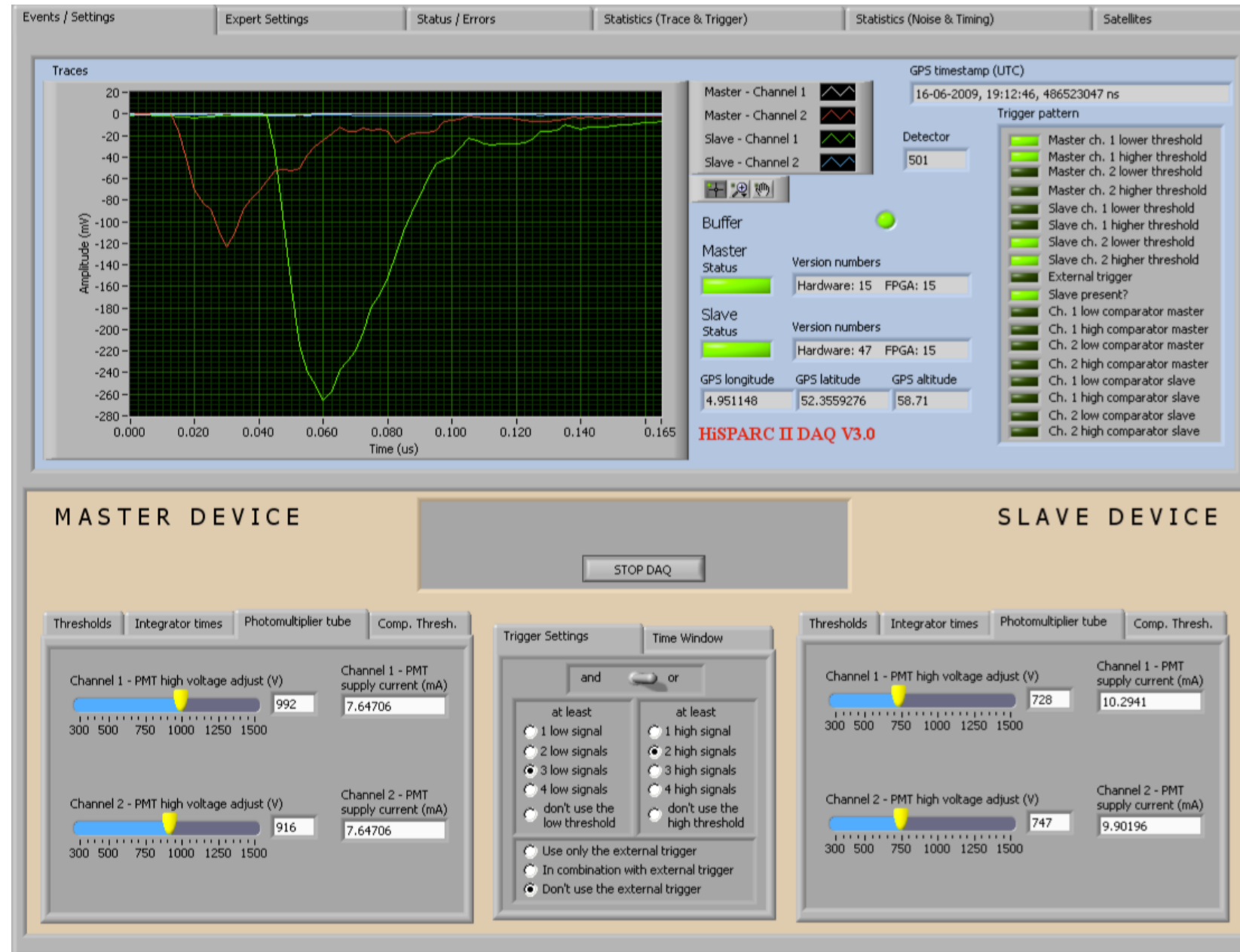
WAT IS HISPARC?

- Master & Slave combinatie
- 2 of 4 detectoren
- GPS timestamp ($\sigma = 7$ ns)
- 400 MHz sample rate (2.5 ns)
- Trigger op:
 - 2 lage signalen (2 det.)
 - 3 lage or 2 hoge signalen (4 det.)



WAT IS HISPARC?

- LabVIEW
- Local data storage
- Data reduction (zero suppression)
- Local buffer + upload (Python)
- Windows 10 OS



'Nieuwe' natuurkunde / Practicum / Programmeren

Examenprogramma natuurkunde vwo

Subdomein E3: Kern- en deeltjesprocessen*

25. De kandidaat kan in contexten behoudswetten en de equivalentie van massa en energie gebruiken in het beschrijven en analyseren van deeltjes- en kernprocessen.

Subdomein F1: Quantumwereld

26. De kandidaat kan in contexten de golf-deeltjedualiteit en de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg toepassen, en de quantisatie van energieniveaus in enkele voorbeelden verklaren aan de hand van een eenvoudig quantumfysisch model.

Subdomein F2: Relativiteitstheorie*

'Nieuwe' natuurkunde / Practicum / Programmeren

Examenprogramma natuurkunde vwo

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan in contexten vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A11: Technisch-instrumentele vaardigheden

11. De kandidaat kan op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium

8. De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –

Subdomein A15: Kwantificeren en interpreteren

15. De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en mathematische uitdrukkingen in verband brengen met relaties tussen fysische begrippen.

'Nieuwe' natuurkunde / Practicum / Programmeren

Examenprogramma natuurkunde vwo

Subdomein A7: Modelvorming

7. De kandidaat kan in contexten een relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A14: Vakspecifiek gebruik van de computer

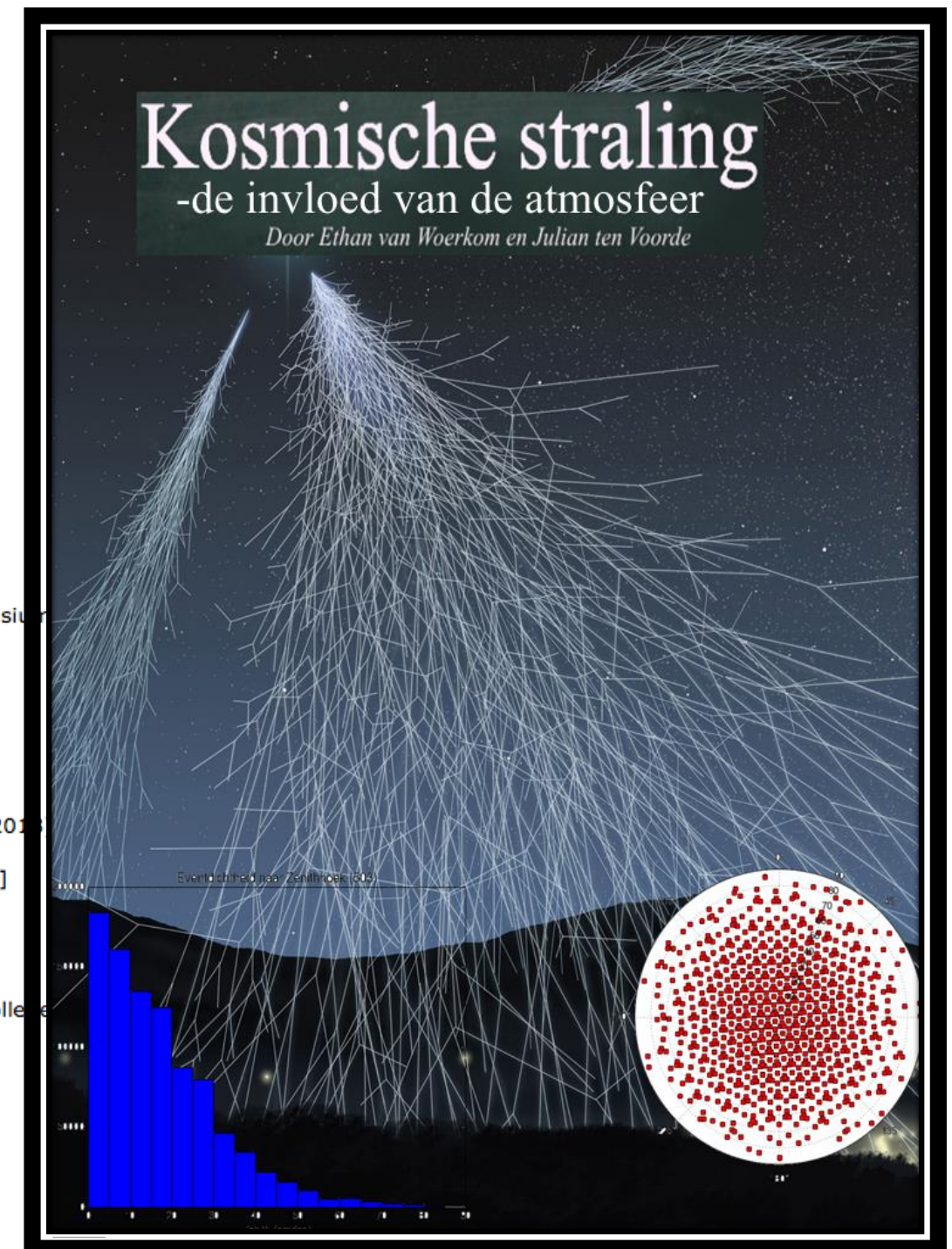
14. De kandidaat kan de computer gebruiken bij modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen, en voor het verwerken van gegevens.

WAT KAN IK ERMEE?

- Profielwerkstuk
- <http://www.hisparc.nl/docent-student/werk-van-studenten/>

Profielwerkstukken

- Kosmische Straling (Coen Tonnaer, Het Nieuwe Lyceum, 2017) [[docx](#)]
- Kosmische Straling - de invloed van de atmosfeer (Ethan van Woerkom en Julian ten Voorde, Gemeentelijk Gymnasium, 2016) [[pdf](#)]
- Richting van een Extended Air Shower (Paulien Zheng en Sam Ritchie, Cartesius Lyceum, 2016) [[pdf](#)]
- Particle showers en hun oorsprong (Niels van Staaveren en Herman Dirkzwager, Kaj Munk College, 2015) [[pdf](#)]
- Kosmische straling en onweer (Robert van de Velde en Léander Troost, Prins Maurits, 2015) [[pdf](#)]
- Weerstation (Bram Ebben en Jasper van Haastere, Fons Vitae Lyceum, 2014) [[pdf](#)]
- Cosmic Rays en Muons (Esmée Vermolen, Ellemieke Viskil, CSG Willem van Oranje, Oud Beijerland, 2013) [[pdf](#)]
- Muonen en HiSPARC (Vincent Hol, Mathijs de Boer, RGO Middelharnis, Middelharnis, 2013) [[pdf](#)]
- Sneller dan het Licht? (Kim Koudstaal, Kauther Yahya, Demi Zoetewei, Dalton Lyceum Barendrecht, Barendrecht, 2013) [[pdf](#)]
- Muons (Frank van Ruiten, Visser 't Hooft Lyceum, Leiden, 2013) [[pdf](#)]
- Kosmische Straling (Martsen de Boer, Tjeerd Roosjen, Jelmer van der Hoeven, Davinci College, Leiden, 2013) [[pdf](#)]
- Muonen (Pascal de Heer, Justus Elzenga, Ron de Goey, CSG Groene Hart, Alphen aan de Rijn, 2013) [[pdf](#)]
- De Muon Paradox (Maaïke Sinke, Dalton Lyceum Barendrecht, Barendrecht, 2013) [[pdf](#)]
- Muonen (Hans Uitenbroek, Helenium, Hellevoetsluis, 2013) [[pdf](#)]
- Kosmische Straling (Dave van der Vuurst, Gerrit Komrij College, Winterswijk, 2013) [[pdf](#)]
- HiSPARC, Berekening van de Hoeken waaronder het Deeltje de Detectorplaat raakt (Sander Bloemen, Sint Joris College, 2013) [[pdf](#)]
- Inleiding tot de Kwantummechanica (Kees Koomen, Zaanlands Lyceum, 2013) [[pdf](#)]
- Kosmische Straling en het Weer, Op zoek naar Correlatie (Robin de Vries, St. Michael College, 2011) [[pdf](#)]
- Research Project Quantum Physics (Joshua Box, Herman Wesselink College, 2011) [[pdf](#)]
- De Kelvindruppelaar (Mark Mensink, Zaanlands Lyceum, 2010) [[pdf](#)]
- Gemeten Pieken aan Kosmische Straling (Steven Asselman, Zaanlands Lyceum, 2010) [[pdf](#)]
- De Nevelkamer (Dylan Cruz en Luciano Veekens, Zaanlands Lyceum, 2010) [[pdf](#)] Zaanlands Lyceum)
- Dualiteit van Golven en Deeltjes (Olof Olberts, Zaanlands Lyceum) [[pdf](#)]
- Komst van de Kosmische Deeltjes (Madina Sarwari en Merve Susam, Zaanlands Lyceum) [[pdf](#)]
- Kosmische Straling (Nova Jansen, Zaanlands Lyceum) [[pdf](#)]
- Kosmische Straling en Kosmische Lawines (Casper Loman, Zaanlands Lyceum) [[pdf](#)]



HOE GEBRUIK IK HET?

- 'Nieuwe' natuurkunde
- lesbrieven > Routenet

Relativiteit

N.G. Schultheiss

1 Inleiding

In deze module wordt er uitgelegd hoe een natuurkundige gebeurtenis door verschillende waarnemers wordt waargenomen. Iedere waarnemer heeft een eigen assenstelsel en een eigen klok waarmee de gebeurtenis wordt geobserveerd. De relatie tussen deze assenstelsels en klokken wordt afgeleid.

Sommige grootheden zijn relatief en hangen af van de waarnemer en daarmee het assenstelsel van de waarnemer. Andere grootheden hangen niet af van het assenstelsel, deze worden invariant genoemd.

Uiteindelijk leidt dit tot de bekende formule van Einstein: $E = mc^2$.

Bestudeer de afleidingen goed, zodat je begrijpt hoe het maken van een afleiding gaat.

2 Lorentz en Poincaré

Hendrik Antoon Lorentz is samen met Pieter Zeeman één van de vele nederlandse Nobelprijswinnaars voor natuurkunde. Je kent hem onder andere van de Lorentzkracht $\mathbf{F}_L = l(\mathbf{I} \times \mathbf{B})$ of $F_L = BIl \sin(\alpha)$. De Nobelprijs kreeg hij echter samen met Zeeman voor het Zeeman-effect. Het Zeeman-effect beschrijft het effect van magneten op de spin van deeltjes, hier komen we nog op terug.

Daarna wijdde Lorentz zich aan een eerste opzet van een relativiteitstheorie. Voordat deze Lorentz transformatie werd toegepast, gebruikte men de transformatie van Galileï om van een assenstelsel naar een assenstelsel' te gaan:

$$\begin{aligned}x &= x' + vt' \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t'\end{aligned}\quad (2.1)$$

De grootheden zonder accent worden waargenomen door een waarnemer in het assenstelsel zonder accent. De grootheden' met een accent worden waargenomen door een waarnemer' in het assenstelsel' met accent ¹.

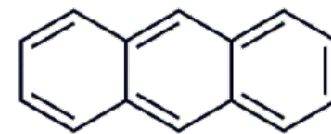
¹In de wiskunde wordt een accent ook wel gebruikt om de afgeleide van een functie aan te geven. Hier heeft dat niet zoveel zin, omdat we dan niet weten of we de afgeleide naar de tijd t of de plaats (x, y, z) bedoelen. Om verwarring te voorkomen kunnen we bijvoorbeeld de afgeleide naar de tijd van de functie $f(x, y, z, t)$ beter schrijven als $\frac{df(x, y, z, t)}{dt}$.

Fluorescentie

dr. Th. W. Kool, N.G. Schultheiss

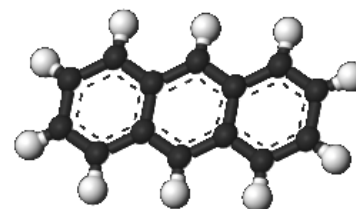
1 Inleiding

Deze module volgt op de module "de Broglie". Het detecteren van kosmische straling in onze ski-boxen geschiedt met behulp van het organische molecuul antraceen met molecuulformule: $C_{14}H_{10}$.



Figuur 1.1: De structuurformule van Anthraceen

Op de hoekpunten van de ring bevinden zich de C atomen. Elk streepje in Figuur 1.1 stelt 2 elektronen voor. Bovenstaand plaatje is eigenlijk niet correct, omdat bij de dubbele bindingen de elektronen vast zitten, hetgeen in de praktijk niet het geval is. Tussen de atomen bevinden zich 2 elektronen, maar daar C een covalentie van 4 heeft ontbreken er nog in totaal 14 elektronen. Die kunnen zich vrij bewegen over de 3 ringen. Dit is te zien in Figuur 1.2.



HOE GEBRUIK IK HET?

- 'Nieuwe' natuurkunde
 - lesbrieven > Routenet



- Voorbeelden:
 - Relativiteit
 - Muon-verval
 - Fluorescentie
 - de Broglie
 - etc. etc.



Derde klas	Spiegels	Parabolische spiegels			
	Lenzen	Lenzen slijpen			
	Telescopen		Het uitdijend heelal	Radiotelescopen	Astronomisch profielwerkstuk
	De hemel	Het heelal			
Vierde klas	Detecteren	Kleur			Kosmische straling profielwerkstuk
	De Zon	Zonnewind	Kosmische straling		
	van der Waals en Wilson				
	Stereolutie	Onderzoek	Bronnen	Tsjerenkov	
	Botsingen	Relativistische interacties	Compton		
	PMT-stromen				
Vijfde klas	Michelson en Morley	Relativiteit	Fluorescentie		Detector profielwerkstuk
	de Broglie				
	Elementaire deeltjes	Muon-verval	Airshowers		Elementaire deeltjes profielwerkstuk
	Deeltjes in het standaardmodel	Krachten in het standaardmodel	Deeltjes in een airshower		
Zesde klas	Periodieke data verwerken	Niet-periodieke data verwerken			Correlatie profielwerkstuk
	Detector	Detector bouwen	Detector testen	Detectiestation	
	Detectiestation installeren	Detectienetwerk	Richting primair deeltje	Energie primair deeltje	

HOE GEBRUIK IK HET?

- Practicum
- Voorbeelden:
 - maak stationsplattegrond en reconstrueer richting
 - zoek uit of de maanstand invloed heeft
 - inregelen en uitlijnen apparatuur



1 Inleiding

Een HiSPARC station bestaat uit twee of vier detectoren die op het dak van een (school)gebouw staan. Elk paar detectoren is aangesloten op HiSPARC II of HiSPARC III electronica. De HiSPARC electronica is in twee varianten beschikbaar, namelijk als master en als slave. Een HiSPARC station heeft altijd een HiSPARC master, hierop wordt de GPS antenne aangesloten. De electronica kan twee detectoren uitlezen, een station met vier detectoren heeft daarom ook een slave nodig. De master en slave werken samen als een eenheid. De master en eventuele slave van een station zijn aangesloten op een meetcomputer, die de metingen naar de HiSPARC server stuurt. Met de computer zijn de aangesloten units ook af te regelen.

Met de GPS antenne is de locatie van een station te bepalen. GPS satellieten zenden radiosignalen uit, in dit signaal wordt de tijd van de satelliet op het moment van uitzenden op 1 ns nauwkeurig meegestuurd. Met het verschil tussen de aankomsttijd van het signaal en de lokale tijd van de antenne zijn de afstanden uit te rekenen. Deze tijd kunnen we ook gebruiken om vast te leggen wanneer de detectoren iets meten.

Omdat de GPS antenne zowel de plaats als de tijd van een station definieert, wordt de plaats van de detectoren ten opzichte van de GPS antenne vastgelegd. De posities van de detectoren worden niet automatisch bepaald zoals die van de GPS. De posities van de detectoren moeten met de hand gemeten worden. De posities van de detectoren zijn nodig voor de data analyse.

2 Kaarten

De plaats van de GPS antenne wordt via het internet naar de HiSPARC server gestuurd. De configuratie van het station is in een Firefox, Chrome of Safari browser op te halen op:

`http://data.hisparc.nl/api/station/{Stationsnummer}`

Op de plaats van {Stationsnummer} vul je het stationsnummer in. Let op: Internet Explorer werkt niet!

Met enig zoeken zijn de Oosterlengte (longitude) en Noorderbreedte (latitude), beide in graden te vinden. De hoogte (altitude) wordt in meter vanaf de WGS 84 ellipsoïde gemeten. Deze ellipsoïde ligt in Amsterdam tientallen meters onder NAP (het Nieuw Amsterdams Peil).

Opdracht 1: Bepaal hoever de GPS antenne van het te meten station boven de WGS 84 ellipsoïde ligt en hoever dit boven NAP is.

HOE GEBRUIK IK HET?

HiSPARC Info pakket

Dit zijn documenten met lesmateriaal en praktische opdrachten gericht op middelbare scholen. [Lees meer...](#)

Algemeen

- [Intro](#)
- [Terminologie](#)
- [Cosmic air showers](#)
- [Uitleg HiSPARC v1.2](#)

Detector installatie

- [Detector bouw](#)
- [Detector plaatsing](#)

Detector

- [Uitlijnen van de ADCs](#)
- [Inregelen PMTs](#)
- [GPS calibratie](#)
- [Dagelijkse controle van een station](#)
- [Checklist installatie station](#)
- [Installatie HiSPARC electronica](#)

Weerstation

- [Weerstation met Arduino v1.2](#)
- [Wireless connectie PC en Arduino v1.4](#)
- [Weerdata versturen naar HiSPARC v1.3](#)

Data analyse

Werkbladen

- [Air-showers, events en coïncidenties v1.2](#)
- [Pulshoogte en pulsintegraal](#)
- [Stationsplattegrond v2.1](#)
- [Cosmic air showers v1.2](#)
- [Elementaire deeltjes](#)
- [Data retrieval v1.1](#)
- [Bliksem onderzoek v1.1](#)
- [Large Hadron Collider](#)

Uitwerkingen

- [Air-showers, events en coïncidenties](#)
- [Pulshoogte en pulsintegraal](#)
- [Cosmic air showers v1.2](#)
- [Elementaire deeltjes](#)
- [Bliksem onderzoek v1.1](#)
- [Large Hadron Collider](#)

Opdrachten

- [Afhankelijkheid van de maanstand](#)
- [Event histogram onderzoeken](#)
- [Afhankelijkheid van de zonneactiviteit](#)

Recept

Python

- [Notebook installatie v1.1](#)
- [Werken met Python Notebooks](#)

Python Notebooks

[launch](#) [binder](#)

- [sterrenkaart \(download\) ipynb](#)
- [zenith afhankelijkheid \(download\) ipynb](#)
- [recept reconstructie \(download\) ipynb](#)
- [recept CoincideQuery \(download\) ipynb](#)
- [modelleren \(download\) ipynb](#)
- [HiSPARC API \(download\) ipynb](#)
- [recept coincidentie zoeken \(download\) ipynb](#)
- [recept download data \(download\) ipynb](#)
- [recept station layout \(download\) ipynb](#)
- [python introductie \(download\) ipynb](#)
- [richting cluster \(download\) ipynb](#)
- [detector tijd offsets \(download\) ipynb](#)
- [BetaGamma \(download\) ipynb](#)
- [recept station map \(download\) ipynb](#)
- [python data retrieval \(download\) ipynb](#)

HOE GEBRUIK IK HET?

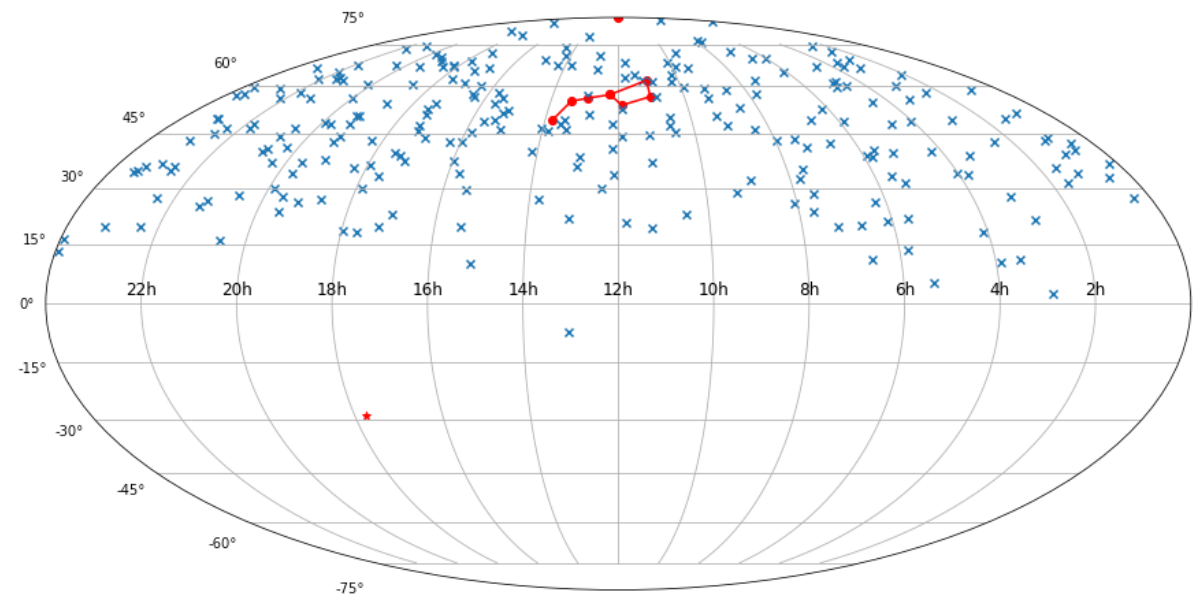
- Programmeren
 - Python bibliotheek
 - javascript bibliotheek
- notebooks →
- deze workshop

```
jupyter 10_sterrenkaart Last Checkpoint: 3 minutes ago (autosaved)
File Edit View Insert Cell Kernel Widgets Help
+ %< > Run [ ] Code
ax.plot(-ra_uma, 90. - np.degrees(dec_uma), color='red')
ax.scatter(-ra_uma, 90. - np.degrees(dec_uma), color='red')
# plot Polaris
ax.scatter(0., 0., color='red')

# plot reconstructions
ax.scatter(-events[:,0], 90. - np.degrees(events[:,1]), marker='x')
ax.set_rmax(90.0)
if filename:
    plt.savefig(filename, dpi=200)
plt.show()
```

Maak plots

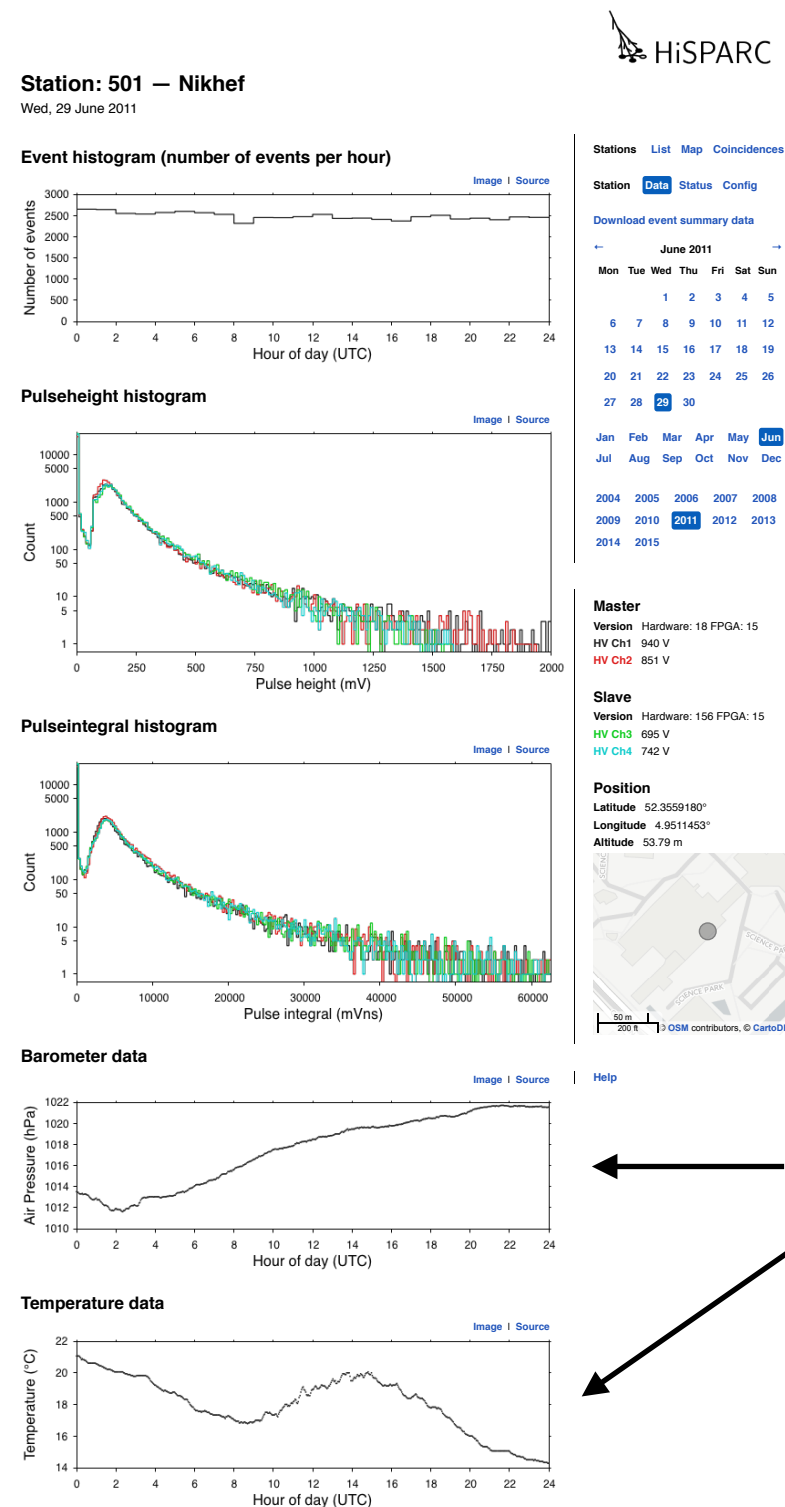
```
In [18]: plot_events_on_mollweide(events, filename='noordelijke hemel.png')
/opt/conda/lib/python3.6/site-packages/matplotlib/projections/geo.py:493: RuntimeWarning: invalid value encountered in arcsin
  theta = np.arcsin(y / np.sqrt(2))
```



```
In [19]: plot_events_polar(events, filename='noordelijke hemel.png')
```

HOE GEBRUIK IK HET?

- status station
- publiek database
- eigen data downloaden
- eventueel via API (voor de kenners)



ZIE:

DATA.HISPARC.NL

WEERSTATION
DAVIS VANTAGE
PRO

- Handige links:
- <http://data.hisparc.nl/>
- <http://docs.hisparc.nl/>
 - <http://docs.hisparc.nl/infopakket/>
 - <http://docs.hisparc.nl/routenet/routenet.html>