

Echo's uit de ruimte

Wat is een interferometer?

Met een magisch apparaat worden zwaartekrachtsgolven gemaakt. Dit apparaat is de interferometer. Hoe werkt die interferometer nu precies? Met behulp van een laserstraal kunnen er trillingen worden weergegeven. Die laser straal wordt opgesplitst in 2 stralen door een Beam splitter. Voordat de straal naar de Beam Splitter gaat hij nog door 2 verschillende lenzen die de straal groter maken en zorgen dat hij recht blijft. Vanaf de Beam splitter worden de stralen naar ieder hun eigen spiegel geschoten en daar weerkaatsen ze weer. Ze kaatsen weer terug naar de Beam splitter die de 2 stralen weer samenvoegt en projecteert op een scherm.

De straal wordt geprojecteerd als een Interferogram, dit houdt in dat de er cirkels om elkaar zichtbaar zijn (figuur 1). Hiermee kunnen trillingen worden gezien doordat de cirkels op en neer bewegen. deze inleiding is geschreven met behulp van bron 6 en 10.

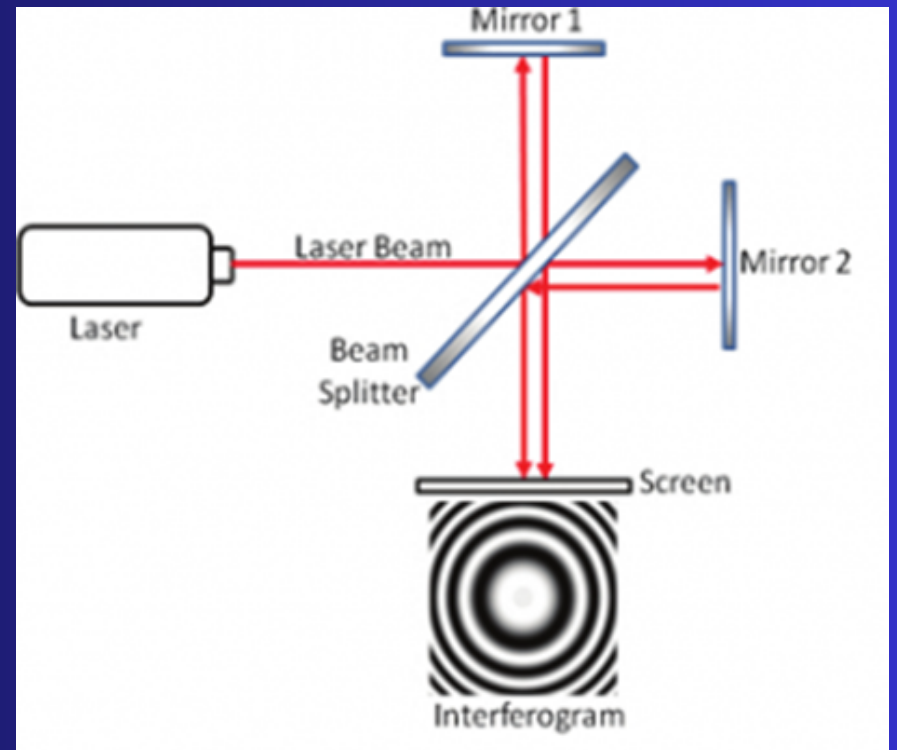
De aarde als partner van de interferometer

De interferometer zal honderden meters onder de grond gemaakt worden circa 200-300 meter diep. Dit wordt gedaan om trillingen van buiten te vermijden. De interferometer is namelijk een zeer gevoelig apparaat en zal snel worden verstoord door trillingen.

Zuid-Limburg wordt momenteel als een van de beste kandidaten gezien door wetenschappers. Dit komt doordat er in Zuid-Limburg een zeer zachte toplaag grond is. Deze laag kan trillingen gaan dempen voordat zij dieper de grond ingaan. Terwijl als je dieper ondergrond gaat is de grond veel harder en stabiel. Stel je eens voor een matras op een houten vloer. Het matras dempt je val maar zonder de houten vloer zakt alles naar beneden. Oftewel voor de interferometer dempt de boven grond alle trillingen en de harde ondergrond geeft structurele stevigheid zodat metingen stabiel blijven.

Dus door de interferometer onder de grond te leggen zullen wetenschappers betere en meer vertrouwbare metingen krijgen. Dit zal niet zo zijn in landen zoals de Verenigde staten, Italië of Japan. Daar is de grond namelijk veel minder stabiel. Met gebruik van bron 5-8-

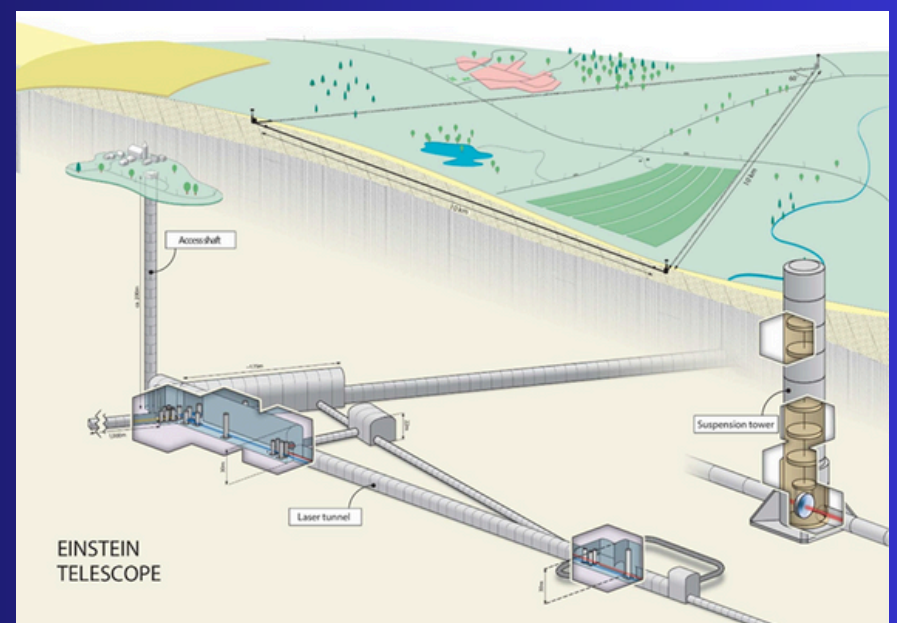
9.



Figuur 1: interferometer.

Leuk weetje.

in laboratoria worden interferometers gebruikt, omdat het het meest nauwkeurige lengtemeetinstrument is wat er bestaat. De interferometer kan wel meten tot op de nanometer.



Figuur 2: ontwerp Einsteintelecoop.



figuur 3: grondboringen om de grond te testen voor de Einsteintelecoop.

Waarom interferometers infraroodlicht gebruiken

Het licht van interferometer is vaak infraroodlicht van 800-1000 nm. Het licht is langer dan blauw of groen licht waardoor het minder verstrooit en het patroon duidelijker blijft. Infrarood licht gaat ook beter door materialen, verliest minder licht en geeft in het algemeen stabielere metingen. Daarom gebruiken ze dus infraroodlicht.

Interferometer in de natuurkunde

De interferometer heeft veel te maken met natuurkunde en hierbij komen unieke formules voor. De belangrijkste formule die relevant is voor de Einstein Telescoop zijn de Einsteinfeldvergelijkingen, die de relatie tussen de geometrie van ruimtetijd en materie/energie beschrijven.

$$G_{\mu\nu} = ((8 \times \pi \times G) / (C^4)) \times T_{\mu\nu}$$

- $G_{\mu\nu}$ beschrijft hoe de ruimte en tijd "gebogen" zijn.
- $T_{\mu\nu}$ geeft aan hoeveel energie en massa er op elke plek is.
- G geeft de zwaartekrachtsconstante aan.
- C geeft de lichtsnelheid aan.
- ' $8 \times \pi$ ' komt voort uit hoe de kromming wordt berekend.

Klein voorbeeld:

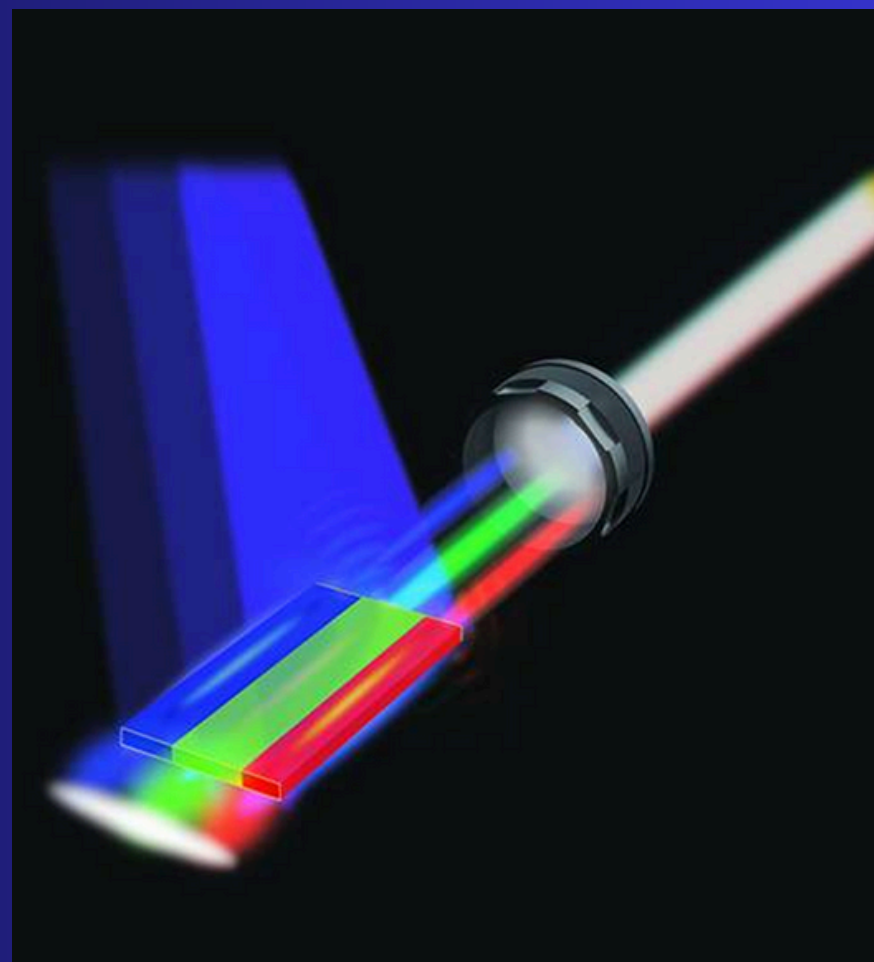
Denk aan een trampoline

Een zware bal (zoals de zon) duwt het doek naar beneden → de ruimte buigt. Een kleinere bal (zoals de aarde) rolt om de deuk heen → dat lijkt op een baan. Die "deuk" is de ruimtetijdromping waar de formule over gaat.

Ook zijn er grote problemen bij de natuurkunde daarbij is dat die lengtevariëaties onvoorstelbaar klein zijn, in orde van een miljardste nanometer – een duizendste van een diameter van een waterstofatoomkern. De golflengte van de gebruikte lasers is 1.064 nanometer, zodat de minieme ruimtetrillingen maar een zeer geringe verandering van het interferentiepatroon veroorzaken. Dat betekent dat slechts een extreem kleine fractie van het licht doorgelaten. (bron 7)

Slot

De Einstein Telescoop opent de deur naar het onbekende. In de toekomst kunnen we zo zwaartekrachtgolven beter bestuderen, het ontstaan van het universum onderzoeken en misschien nieuwe natuurkundige wetten ontdekken. Wat vandaag een experiment is, kan morgen het begin zijn van een compleet nieuw begrip van het heelal.



Figuur 3: verschillende kleuren lasers.

Bronnen

1. Foto 3: Drilling campaign 2025 - Einstein Telescope.
2. Foto 2: <https://www.einsteintelelescope-emr.eu/>
3. Foto 1: Michelson – Morley Interferometer – PhysicsOpenLab.
4. Foto 4: Researchers demonstrate the world's first white lasers.
5. Limburg soil stable enough for Einstein Telescope. (2019, 7 oktober). Maastricht University. https://www.maastrichtuniversity.nl/news/limburg-soil-stable-enough-einstein-telescope?utm_source=
6. Natuurkunde.nl. (z.d.). Einsteintelecoop vergroot kennis heelal.
7. Kammerer, J., Mérand, A., Ireland, M. J., & Lacour, S. (2020). Increasing the achievable contrast of infrared interferometry with an error correlation model. *Astronomy and Astrophysics*, 644, A110. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038563>
8. Schilling, G. (z.d.). Hoe meet je zwaartekrachtgolven? *EOS Wetenschap*, 69. <https://www.einsteintelelescope-emr.eu/wp-content/uploads/2023/07/Eos-special-Einstein-Telescope-interview-Jo-van-den-Brand.pdf>
9. TNO. (z.d.). TNO onderzoekt ondergrondse infrastructuur voor Einstein Telescope. https://www.tno.nl/nl/newsroom/2023/07/onderzoek-ondergronds-einstein-telescope/?utm_
10. Waarom de Euregio Maas-Rijn? - Einstein Telescope. (2023, 12 juli). Einstein Telescope. https://www.einsteintelelescope-emr.eu/einstein-telescope/locatie/?utm_source
11. What is an Interferometer? (z.d.). LIGO Lab | Caltech. <https://www.ligo.caltech.edu/WA/page/what-is-interferometer>