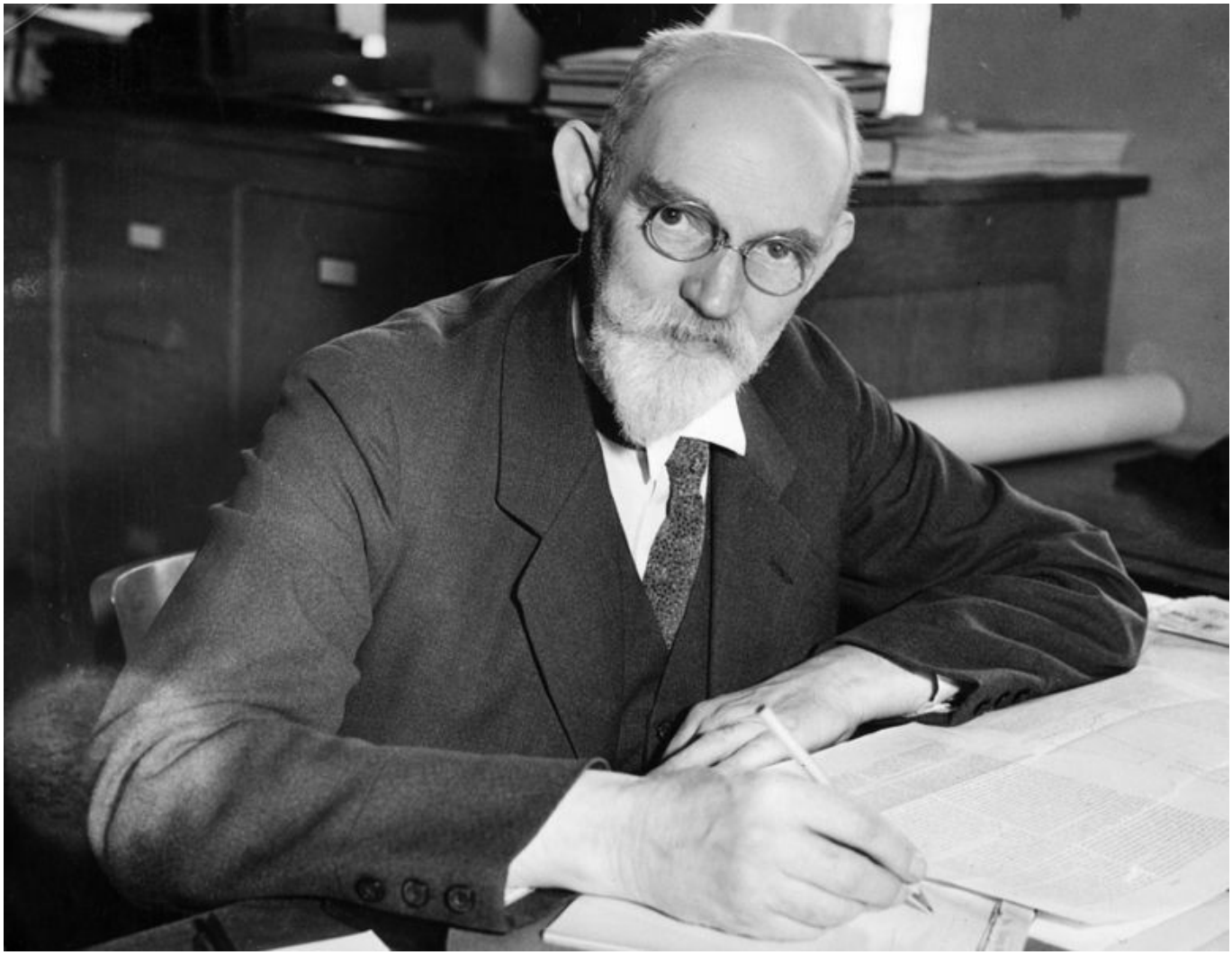
De Sitters kracht uit het niets

De aarde draait om de zon. Dat komt doordat de zwaartekracht van de zon de aarde in haar baan houdt. Maar wat als de aarde ergens alleen, zonder zon of andere sterren, in het heelal zou zweven? Buiten dat het heel koud, donker en ellendig zou zijn om op zo'n planeet te wonen, kun je je afvragen of het misschien niet tóch mogelijk is voor de eenzame aarde om een kracht te voelen.

Willem de Sitter werd op 6 mei 1872 geboren in Sneek. Tijdens zijn studie wis- en natuurkunde in Gronigen kwam hij in aanraking met Jacobus Kapteyn, indertijd de baas van het Gronings Astronomisch Laboratorium. Via Kapteyn kreeg De Sitter de kans om het observatorium van Kaapstad te bezoeken, waar hij onder andere werkte aan de toen zojuist ontdekte nieuwe manen van Jupiter. Hij was van vele markten thuis en kon als een van de eersten met de moeilijke wiskunde van Einsteins zwaartekrachtstheorie omgaan. Naast dat hij een grote rol speelde in de aanloop naar de eerste test van deze theorie door Eddington, vond hij ook een van de eerste oplossingen van Einsteins vergelijkingen.



Afbeelding 1. Willem de SitterFoto uit het archief van de University of Chicago.

De zwaartekracht tussen twee massa’s

Om de betekenis van deze oplossing te begrijpen, is het handig om een kleine omweg te maken. Met de wetten van Newton begrijpen we dat twee massa’s een zwaartekracht op elkaar uitoefenen. De banen van planeten, de getijden en het feit dat mensen op aarde met beide benen op de grond blijven staan zijn allemaal gevolgen van deze zwaartekracht. Maar in al deze voorbeelden zijn er twee massa’s waartussen een kracht ontstaat: de aarde en de zon, de aarde en de maan, en de aarde en een persoon.

> In de vergelijkingen die Einstein als eerste vond, zou een eenzame aarde in een verder geheel leeg universum dus geen enkele zwaartekracht ondervinden.

De zwaartekrachtstheorie van Einstein werkt net zo. Nu ontstaat de kracht doordat een massa de ruimtetijd kromt, en doordat een in vergelijking kleine massa in deze gekromde ruimtetijd een gekromde baan volgt. Er is echter nog steeds een grote massa nodig, zoals de zon, om iets als zwaartekracht merkbaar te maken. In de vergelijkingen die Einstein als eerste vond, zou een eenzame aarde in een verder geheel leeg universum dus geen enkele zwaartekracht ondervinden. Einstein zelf merkte echter al op dat het mogelijk is om zo'n kracht 'uit het niets' toe te voegen!

Zwaartekracht drukt de sterren

Je kunt deze mysterieuze kracht begrijpen door het heelal te vergelijken met een ballon. Blaas een ballon een beetje op en zet met een stift enkele stippen, die verschillende sterrenstelsels voorstellen. Door de zwaartekracht tussen de sterrenstelsels zou de ballon langzaam in elkaar gedrukt moeten worden, alsof erin geknepen wordt. In de tijd dat Einstein zijn theorie voor het eerst opstelde, ging men er echter van uit dat het heelal op de schaal van sterrenstelsels zo goed als stil stond. Immers, als de sterrenstelsels elkaar aan zouden trekken, waren ze misschien wel al lang tegen elkaar gebotst.

Een extra kracht?

Om deze reden was Einstein op zoek naar een kracht om het samenknijpen van de ballon door het gewicht van de sterrenstelsels erop tegen te gaan. De wiskundige oplossing hiervoor komt erop neer dat je de ballon met een constante luchtpomp opblaast. Als je de pomp goed afstelt, kan deze een kracht leveren die precies tegenovergesteld is aan de zwaartekracht tussen de sterren. Het effect van deze luchtpomp wordt beschreven door de zogenaamde *kosmologische constante* en wordt ook wel *donkere energie* genoemd.

> Net als een potlood dat op zijn punt gebalanceerd is, kan het deze oplossing door de kleinste verstoring in elkaar storten of juist opblazen!

Het probleem met deze oplossing is dat hij erg instabiel is: net als een potlood dat op zijn punt gebalanceerd is, kan het deze oplossing door de kleinste verstoring in elkaar storten of juist opblazen. De kracht waarmee de pomp lucht in de ballon blaast, moet precies de zwaartekracht tussen de sterrenstelsels balanceren, en altijd perfect afgesteld staan. Einstein

was hier zelf al niet heel comfortabel mee. Het was dus in zekere zin een opluchting toen Hubble ontdekte dat alle sterrenstelsels van ons weg bewegen, waardoor een oplossing van Einsteins vergelijkingen aannemelijker werd die deze *donkere energie*-pomp niet nodig heeft.



Afbeelding 2. Het heelal als ballon.Een huis-tuin-en-keukenversie van de kracht van De Sitter. Foto (en bijbehorend experiment): Universiteit van Michigan.

Versnellende sterren

De Sitter besefte echter dat deze kunstgreep nog een andere betekenis zou kunnen hebben. Als de sterrenstelsels al van elkaar weg bewegen, en de ballon waarop ze leven dus op een natuurlijke manier opgeblazen wordt, zou donkere energie deze expansie kunnen versnellen! Door een extra ‘pomp’ aan te zetten, bewegen de sterrenstelsels *versneld* van elkaar weg. Dit bijzondere effect bleek in 1998, vierenvijftig jaar na de dood van Willem De Sitter, daadwerkelijk in ons heelal meetbaar te zijn! Ook in Nederland wordt nog dagelijks actief gewerkt aan de gevolgen van dit idee van De Sitter voor kosmologie en holografie.