

J.C Kapteyn en zijn Sterrenkundig Laboratorium een eeuw later

J.C. Kapteyn and his Astronomical Laboratory a century later

Pieter C. van der Kruit



J.C. KAPTEYN EN ZIJN STERRENKUNDIG
LABORATORIUM EEN EEUW LATER

J.C. KAPTEYN AND HIS ASTRONOMICAL
LABORATORY A CENTURY LATER

© P.C. van der Kruit & Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen

ISBN 978 90 903 6008 9

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyrighthouder.

No part of this publication may be reproduced, stored in an automated database and/or transmitted in any form or by any means, be it electronic, mechanical, photocopying, recording or any other or in any other way without the prior written consent of the copyright holder.

Cover picture: The Milky Way panorama, European Southern Observatory, credit: ESO, Brunier. Insets: Kapteyn Astronomical Institute and photograph by the author.

Back cover picture: Kapteyn by Jan Veth, as a study in preparation for a painting of Kapteyn on the occasion of his 40-th anniversary as professor. The resulting portrait was offered to the Kapteyns, but Mrs. Kapteyn did not like it and Veth produced instead the one on page 22. Later the first painting was overpainted by Veth with academic attire, reproduced on page 24. The study by Veth is the property of Kapteyn's greatgrandson and namesake J.C. (Jack) Kapteyn. Reproduced with permission.

J.C. Kapteyn en zijn Sterrenkundig
Laboratorium een eeuw later

J.C. Kapteyn and his Astronomical
Laboratory a century later

Pieter C. van der Kruit

Kapteyn Instituut, Rijksuniversiteit Groningen
Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen

Voorwoord

Het jaar 2022 is een bijzonder jaar voor het Kapteyn Instituut, waarin we terugblikken op honderd jaar sinds het overlijden van de grondlegger, Jacobus Cornelius Kapteyn. In dit centennium, maar ook ervoor, zoals dit boek ons laat zien, is er veel gebeurd en is het instituut gegroeid van een zeer bescheiden omvang tot een instituut met meer dan honderd vaste en tijdelijke werknemers en enkele honderden studenten. Het instituut staat wetenschappelijk aan de absolute wereldtop, gezamenlijk met haar zuster instituten in Nederland verenigd in de top-onderzoekschool NOVA, en trekt momenteel meer dan honderd studenten aan per jaar. Dit alles mag voor een groot deel worden toegeschreven aan de nalatenschap van Kapteyn door zijn werkwijze van internationale samenwerking en door zijn invloed op de volgende generaties van sterrenkundigen. Dit werkt door tot op het heden.

De invloed van Kapteyn op de universiteit van Groningen is ook niet gering geweest, en we vieren dit centennium dan ook met de onthulling van een muur portret van Kapteyn in de binnenstad van Groningen en een kleine viering eromheen. Hieruit is ook het idee voor dit boek ontstaan, welke speciaal door Prof. Piet van der Kruit – wiens leerstoel voor zijn emeritaat eervol naar Jacobus C. Kapteyn was vernoemd en die eerder een diepgaande biografische studie van Kapteyn heeft gemaakt – hiervoor is geschreven. Ik ben hem daarvoor dan ook zeer erkentelijk. Het laat op een toegankelijke wijze en in een vogelvlucht zien hoe de sterrenkunde, onder en door de invloed van Kapteyn zich in Groningen en elders heeft ontwikkeld en blijft ontwikkelen door samenwerking hoog in het vaandel te hebben. Verder wijs ik op de vaste tentoonstelling van het Universiteitsmuseum, waarvan een prominent deel aan Kapteyn gewijd is.

Dit boek is dan ook niet een afsluiting, maar een begin van een nieuwe bloeiperiode van de sterrenkunde in Groningen waarin krachtige nieuwe telescopen op aarde en in de ruimte in gebruik worden genomen, die gezamenlijk met sterrenkundigen in Groningen zijn ontwikkeld. Ik kijk dan ook met veel interesse uit naar alle nieuwe ontdekkingen die sterrenkundigen op het Kapteyn Instituut samen met hun studenten en collega's elders, vele generaties na Kapteyn, gaan doen in de komende jaren.

Prof. dr. L.V.E. (Léon) Koopmans
Wetenschappelijk Directeur,
Kapteyn Instituut

Foreword

The year 2022 is a special one for the Kapteyn Astronomical Institute, in which we look back on one hundred years since the death of the founder, Jacobus Cornelius Kapteyn. In this centenary, but also before, as this book shows us, a lot has happened and the institute has grown from a very modest size to an institute with more than a hundred permanent and temporary staff and several hundred students. The institute is scientifically at the absolute top worldwide, jointly with its sister institutes in the Netherlands united in the top research school NOVA, and currently attracts more than a hundred students each year. All this can be attributed in large measure to Kapteyn's legacy through his method of international collaboration and through his influence on the next generations of astronomers. This carries over to the present.

Kapteyn's influence on the University of Groningen has also been profound, and we are therefore celebrating this centenary with the unveiling of a wall portrait of Kapteyn in downtown Groningen and a small celebration to mark this occasion. This also gave rise to the idea for this book, which was specially written for this occasion by Prof. Piet van der Kruit — who before his retirement was Jacobus C. Kapteyn distinguished professor and who earlier has performed a thorough biographical study of Kapteyn. I am therefore very grateful to him for this. It shows in an accessible manner and in a bird's-eye view how astronomy, under and through Kapteyn's influence, has developed and continues to develop in Groningen and elsewhere by giving high priority to collaboration. I also refer to the University Museum's permanent exhibition, a prominent part of which is devoted to Kapteyn.

This book is therefore not an end, but a beginning of a new period of flourishing of astronomy in Groningen in which powerful new telescopes on earth and in space are coming into operation, which have been developed jointly with astronomers in Groningen. I therefore look forward with great interest to all the new discoveries that astronomers at the Kapteyn Astronomical Institute together with their students and colleagues elsewhere, many generations after Kapteyn, will be making in the years to come.

Prof. Dr. L.V.E. (Léon) Koopmans
Scientific Director,
Kapteyn Astronomical Institute

Inleiding

Het Kapteyn Instituut telde begin 2022 volgens de interne telefoonlijst 183 medewerkers. Diverse categorieën vielen hieronder, van hoogleraren (voltijds, deeltijds, honorair of emeritus), ingenieurs, technisch, ICT, administratief en ander ondersteunend personeel, postdocs, promovendi tot Master studenten. Daarnaast volgen honderden Bachelor studenten colleges, werkcolleges en practica. Toen de naamgever, Jacobus C. Kapteyn, in 1878 werd benoemd tot hoogleraar om het onderwijs in de astronomie te verzorgen, zou hij de enige zijn geweest. Daarvoor werd sterrenkunde onderwezen door professoren in de natuur- of wiskunde en was dat getal dus nul.

In 1878 was er geen sterrenwacht en telescoop voor Kapteyn, niet voor onderzoek, maar zelfs niet voor onderwijs; in 2022 staat de staf een groot scala aan waarneemfaciliteiten ter beschikking, van radiotelescopen in Nederland en elders, optische en nabij-infrarood sterrenwachten in Chili en de Canarische Eilanden, (sub-)millimeter telescopen in Chili en op diverse golflengte-gebieden satellieten in de ruimte. En er zijn twee telescopen voor onderwijs en publieks educatie.

Bij Kapteyn's aantreden was het aandeel van Groningen in het astronomisch onderzoek in mondiale setting nul; in 2022 is het Kapteyn Instituut internationaal een top-instituut.

Dit boekje beschrijft in grote lijnen en aan de hand van kenmerkende illustraties de ontwikkeling van de Groningse sterrenkunde van de oprichting van de universiteit in 1614 tot het jaar 2022, een eeuw na het overlijden van de grondlegger. Er is eerder al flink wat geschreven hierover, alhoewel voornamelijk in het Nederlands, zoals de literatuurlijst aan het eind aangeeft.

Behalve dat Kapteyn wereldwijd een toonaangevende astronoom was, was hij ook opmerkelijk in twee andere opzichten. In de eerste plaats was hij voor zijn tijd, waarin de Nederlandse wetenschap vooral gericht was op Duitsland, opmerkelijk Angelsaksisch georiënteerd. Het is dus passend dat dit boekje zowel een Nederlandse als wel een Engelse tekst bevat. Verder was hij een voorstander van gelijke kansen voor vrouwen en mannen. In het kader van het laatste is op te merken dat van de personen op de telefoon lijst 56 vrouw zijn; nog geen 92, maar we zijn op de goede weg.

Een aantal personen heeft dit boekje in concept gelezen en bekeken en waar nodig opmerkingen gemaakt: Léon Koopmans, Peter Barthel, Arjen Dijkstra en mijn vrouw Corry. Ik dank hen hartelijk.

Ik ben Léon Koopmans, directeur van het Kapteyn Instituut, erkentelijk voor zijn steun en de gastvrijheid om als gast-medewerker/emeritus gebruik te maken van de faciliteiten van het Kapteyn Instituut. En ik dank Martine ter Wal en Ramona Thijssens voor de gebruikelijke efficiënte en opgewekte ondersteuning.

Pieter C. van der Kruit
Emeritus Jacobus C. Kapteyn
hoogleraar in de sterrenkunde
www.astro.rug.nl/~vdkruit

Preface

The Kapteyn Institute had 183 employees at the beginning of 2022, according to the internal telephone directory. Various categories were included, from professors (full time, parttime, honorary or emeritus), engineers, information technology, technical, administrative and further support staff, postdocs, PhD students to Master students. When its namesake, Jacobus C. Kapteyn, was appointed professor in 1878 to teach astronomy, he would have been the only one. Prior to that, astronomy was taught by professors of physics or mathematics and thus that number was zero.

In 1878 there was no observatory or telescope for Kapteyn, not for research, but not even for teaching; in 2022 the staff has a wide range of observing facilities at its disposal, from radio telescopes in the Netherlands and elsewhere, optical and near-infrared observatories in Chile and the Canary Islands, (sub-)millimeter telescopes in Chile and in a variety of wavelength regions satellites in space. And there are two telescopes for education and public outreach.

When Kapteyn took office, Groningen's share of astronomical research in a global setting was zero; by 2022 the Kapteyn Institute is internationally a top institute.

This booklet describes in broad lines and by means of distinctive illustrations the history of Groningen astronomy from the founding of the university in 1614 to the year 2022, a century after the founder's death. There has been quite a bit written about this before, though mostly in Dutch, as the bibliography at the end shows.

In addition to being an extremely prominent astronomer worldwide, Kapteyn was also remarkable in two other respects. First, he was unusually Anglo-Saxon in orientation for his time, when the sciences were mainly focused on Germany. So it is fitting that this volume contains both a Dutch and an English text. He was also an advocate of equal opportunities for women and men. In the context of the latter, it is worth noting that of the persons on the telephone list, 56 are women; not bad, still not 92, but we are on the right track.

A number of persons have read and reviewed this booklet in draft form and when appropriate provided comments: Léon Koopmans, Peter Barthel, Arjen Dijkstra and my wife Corry. I am very thankful to them.

I am grateful to Léon Koopmans, director of the Kapteyn Astronomical Institute, for his support and the hospitality to be allowed to use the facilities of the the Kapteyn Institute as professor emeritus. And I thank Martine ter Wal and Ramona Thijssens for their as always efficient and cheerful support.

Pieter C. van der Kruit
Emeritus Jacobus C. Kapteyn
distinguished professor of astronomy
www.astro.rug.nl/~vdkruit



ÆTATIS SVÆ 54.
ANNº 1618.

M. I. NIC. MVLERIVS.
ACAD. RECTOR. QVARTVS.
ANNO 1617. AVG. 23.

De Rijksuniversiteit Groningen is opgericht in 1614 door de Staten van Groningen en Ommelanden. Meteen vanaf het begin is er sterrenkunde onderwezen. Nicolaus Mulerius (1564–1630) was reeds in 1614 door toedoen van de eerste Rector Magnificus, Ubbo Emmius (1547–1625), benoemd tot hoogleraar. Mulerius onderwees in de geneeskunde en de wiskunde, en onder het laatste viel ook de sterrenkunde. Zijn interesse voor dit vak blijkt uit het feit dat hij enkele astronomische verhandelingen en leerboeken schreef. In zijn portret in de Senaatskamer van de Academiegebouw is hij afgebeeld met twee instrumenten in zijn handen die hij naar alle waarschijnlijkheid gebruikte bij zijn colleges astronomie.

Mulerius gaf ook een geredigeerde en van annotaties voorziene heruitgave (de derde editie) uit van Copernicus' beroemde boek uit 1543 over het heliocentrische wereldbeeld *De revolutionibus orbium coelestium*. Hij geloofde daar overigens niet in. In de strijd tussen de 'Reckelijcken' en de 'Preciezen' over de predestinatie koos hij (en de Groningse universiteit) ook de kant van de laatsten. Hij zal wellicht – als Copernicus zelf in zijn voorwoord stelt – het standpunt hebben ingenomen dat het heliocentrische beeld een handig rekenmodel was dat niet noodzakelijk letterlijk genomen hoefde te worden.

The University of Groningen was founded in 1614 by the States of Groningen and Ommelanden (Surrounding fields). Right from the start astronomy was taught there. Nicolaus Mulerius (1564–1630) had been appointed professor in 1614 upon recommendation of the first Rector Magnificus, Ubbo Emmius (1547–1625). Mulerius taught medicine and mathematics, and the latter included astronomy. His interest in this subject is shown by the fact that he wrote several astronomical treatises and textbooks. In his portrait in the Senate Room of the Academy Building, he is depicted with two instruments in his hands that he most likely used in his astronomy lectures.

Mulerius also published an edited and annotated edition (the third one) of Copernicus' famous book of 1543 on the heliocentric worldview *De revolutionibus orbium coelestium*. He did not believe in it, by the way. In the struggle between the 'Reckelijcken' (the Flexible Ones) and the 'Preciezen' (the Precise Ones) over predestination, he (and the University of Groningen) also sided with the latter. He may have – as Copernicus himself stated in his preface – taken the position that the heliocentric view was a convenient mathematical model that did not necessarily need to be taken literally.



Na Mulerius is er in Groningen altijd astronomie onderwezen, meestal door hoogleraren in de natuurkunde of in de wiskunde zoals bijvoorbeeld Jacob Baart de la Faille (1757–1823) en Rudolph Adriaan Mees (1868–1886). Van een traditie in astronomisch onderzoek was echter absoluut geen sprake.

Terwijl de universiteiten te Leiden en Utrecht al snel een sterrenwacht inrichtten, bleek praktisch onderwijs in de astronomie in Groningen beperkt tot waarnemen van de sterrenhemel vanaf het dak van het Academiegebouw, soms met een kleine telescoop, die dan vaak ook nog het privé bezit was van de betreffende hoogleraar.

In de loop van de negentiende eeuw werden de sterrenwachten in Leiden en Utrecht onder leiding van respectievelijk Frederik Kaiser (1808–1878) en Christophorus Buys Ballot (1818–1890) ondergebracht in speciale gebouwen en uitgerust met voor die tijd moderne instrumenten. Leiden verwierf onder Kaiser en zijn opvolger Hendricus van de Sande Bakhuyzen (1838–1923) een wereldnaam in het nauwkeurig meten van posities van sterren en andere astronomische objecten aan de hemel. Buys Ballot was meer geïnteresseerd in meteorologie en al snel werd in Utrecht een aparte hoogleraar benoemd voor de sterrenkunde. In Groningen echter was er geen sterrenkundig onderzoek en bleef onderwijs in de sterrenkunde een minder belangrijke activiteit naast het primaire vakgebied (wiskunde of natuurkunde) van hoogleraren.

After Mulerius, astronomy has at all times been taught in Groningen, mostly by professors of physics or mathematics such as Jacob Baart de la Faille (1757–1823) and Rudolph Adriaan Mees (1868–1886). However, any tradition of astronomical research was absolutely nonexistent.

While the universities of Leiden and Utrecht were quick to establish observatories, practical education in astronomy in Groningen was limited to observing the stars from the roof of the Academy building, sometimes with a small telescope, which was often the private property of the professor concerned.

In the course of the nineteenth century, under the leadership of Frederik Kaiser (1808–1878) and Christophorus Buys Ballot (1818–1890) respectively, the observatories in Leiden and Utrecht were housed in special buildings and equipped with for that time modern instruments. Under Kaiser and his successor Hendricus van de Sande Bakhuyzen (1838–1923), Leiden acquired a world reputation for accurately measuring the positions of stars and other astronomical objects in the sky. Buys Ballot was more interested in meteorology and soon in Utrecht a separate professor was appointed for astronomy. In Groningen, however, there was no astronomical research and teaching of astronomy remained a minor activity alongside the primary field (mathematics or physics) of professors.



ONDERZOEK
DER
TRILLENDE PLATTE VLIEZEN.

Academisch Proefschrift

VER VERKEURING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE,
AAN DE HOOGESCHOOL TE UTRECHT,

NA HICHTING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

D^r. C. H. C. GRINWIS,

GEWOON HOOGLEPPAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

MET TOESTEMMING VAN DEN ACADEMISCHEN SENAAT

IN

VERKEURING BESLIJF VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

TE VERKEURINGEN

Op Donderdag, 24 Juni 1875, des namiddags ten 7 ure,

DOOR

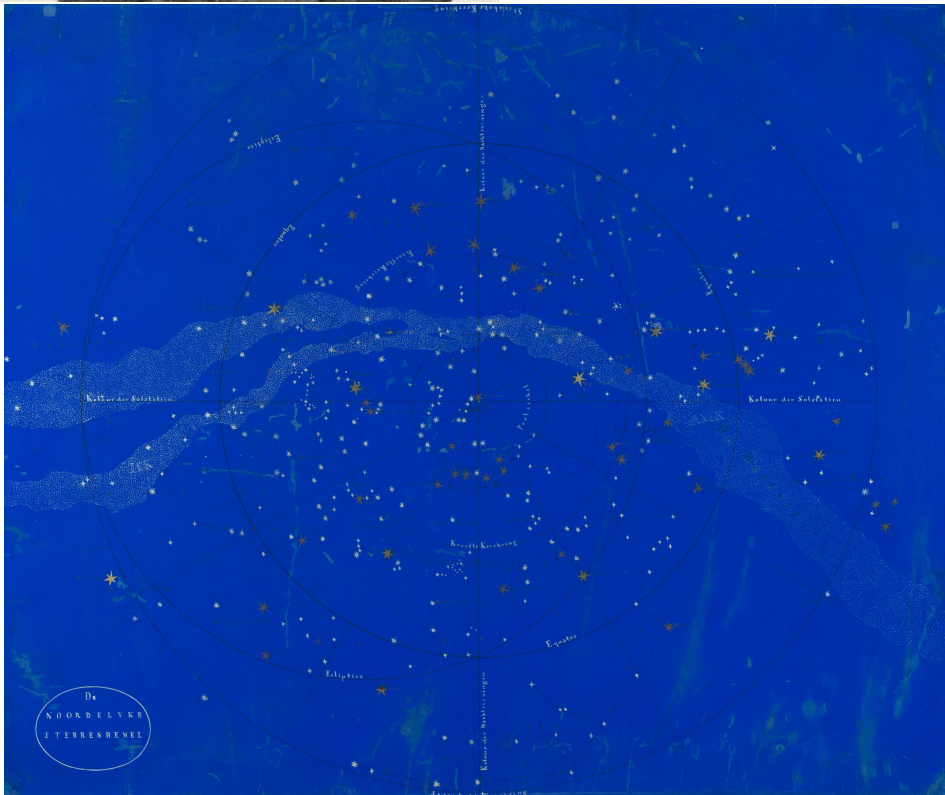
JACOBUS CORNELIUS KAPTEYN,

GEBOREN TE BARNSTEIN.

BARNEVELD,

P. ANDREA MINGER,

1875.



Na de invoering van een nieuwe wet op het hoger onderwijs werd in december 1877 in Groningen een hoogleraar met sterrenkunde als primaire leeropdracht benoemd. Dit was Jacobus Cornelius Kapteyn (1851–1922), die deze benoeming in 1878 aanvaardde en toen dus nog maar 27 jaar oud was. Blijkens een sterrenkaart, die hij als tiener vervaardigd had, had hij al heel vroeg een interesse in de sterrenhemel. Hij had in Utrecht gestudeerd bij Buys Ballot en Cornelis Grinwis (1831–1900) en was in 1875 gepromoveerd bij Grinwis op een onderwerp in wat nu toegepaste wiskunde zou heten (het ging over de fysica van trillende vliezen).

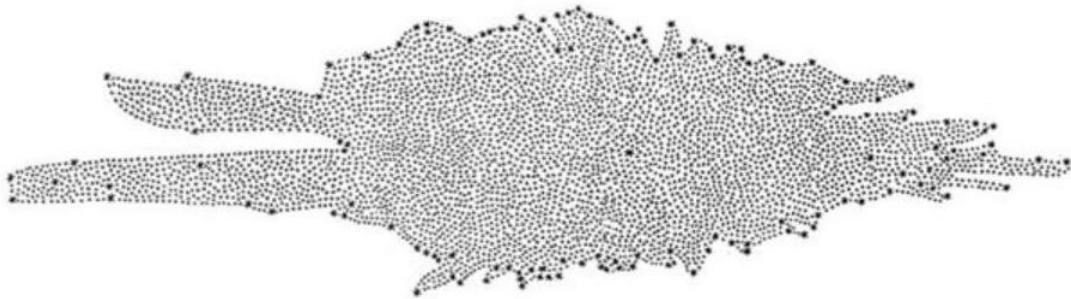
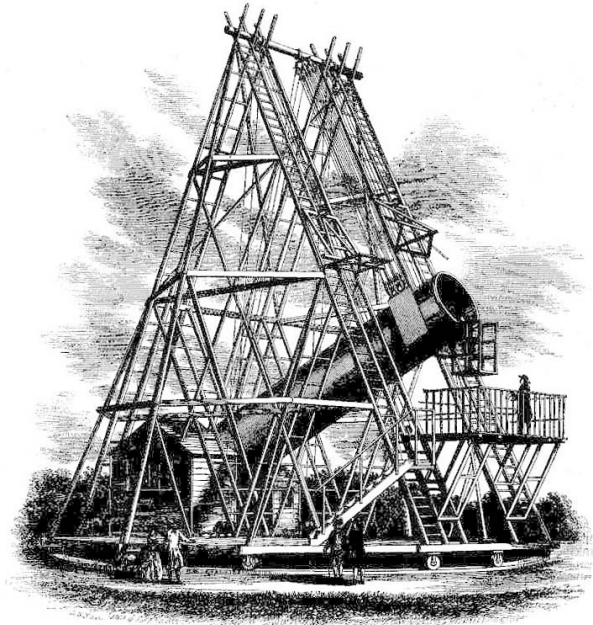
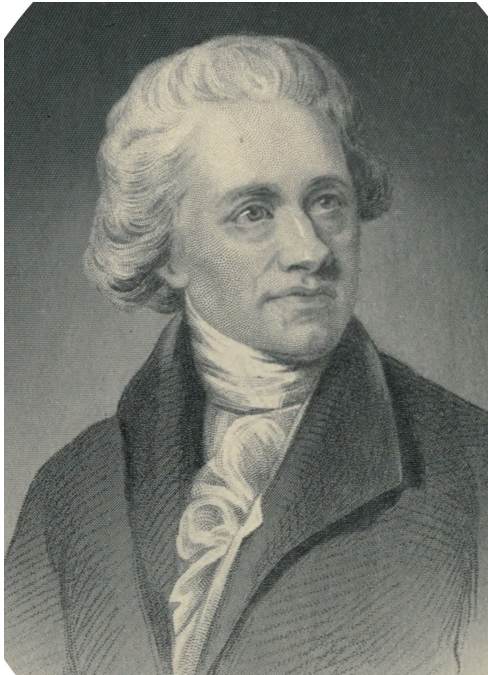
Kapteyn had in Utrecht in de astronomie willen promoveren, maar er was net toen geen sterrenkunde hoogleraar. Jean Oudemans (1827–1906) was hoogleraar sterrenkunde, maar vertrok in 1857 naar Nederlands Oost-Indië als landmeter. In zijn plaats werd Martinus Hoek (1834–1873) aangesteld, maar die overleed jong, nog voordat Kapteyn een promotie onderzoek kon beginnen. Oudemans keerde weliswaar terug, maar dat was pas in 1875. Kapteyn had een overstap naar Leiden willen maken, maar zijn vader had dit om financiële redenen geblokkeerd. Hij blijkt desondanks wel degelijk, zij het waarschijnlijk op eigen initiatief, met de astronomische instrumenten in Utrecht ervaring te hebben opgedaan en veel over het vakgebied te hebben geleerd.

Na zijn promotie had Kapteyn enkele jaren als ‘observator’ gewerkt op de Sterrewacht Leiden bij van de Sande Bakhuyzen met een sterke aanbeveling van Grinwis en Buys Ballot. Daar had hij de fijne kneepjes van de observationele sterrenkunde geleerd.

Following the introduction of a new law on higher education, a professor with astronomy as his primary teaching assignment was appointed in Groningen in December 1877. This was Jacobus Cornelius Kapteyn (1851–1922), who accepted this appointment in 1878 and was thus only 27 years old at the time. As shown by a star chart, which he had manufactured as a teenager, he had an early interest in the night sky. He had studied in Utrecht with Buys Ballot and Cornelis Grinwis (1831–1900) and in 1875 had received his doctorate from Grinwis on a subject in what would now be called applied mathematics (it was about the physics of vibrating membranes).

Kapteyn had wanted to write a PhD in astronomy in Utrecht, but there was no astronomy professor just then. Jean Oudemans (1827–1906) was a professor of astronomy, but left for the Dutch East-Indies in 1857 as a surveyor. Martinus Hoek (1834–1873) was appointed in his place, but he died young, before Kapteyn could begin his PhD research. Oudemans did return, but not until 1875. Kapteyn had wanted to transfer to Leiden, but his father had blocked this for financial reasons. Nevertheless, it appears that he did gain experience with the astronomical instruments in Utrecht, albeit probably on his own initiative, and that he learned much about the field.

After his PhD, Kapteyn worked for several years as an ‘observator’ at the Leiden Observatory with van de Sande Bakhuyzen upon strong recommendation from Grinwis and Buys Ballot. There he had learned the intricacies of observational astronomy.

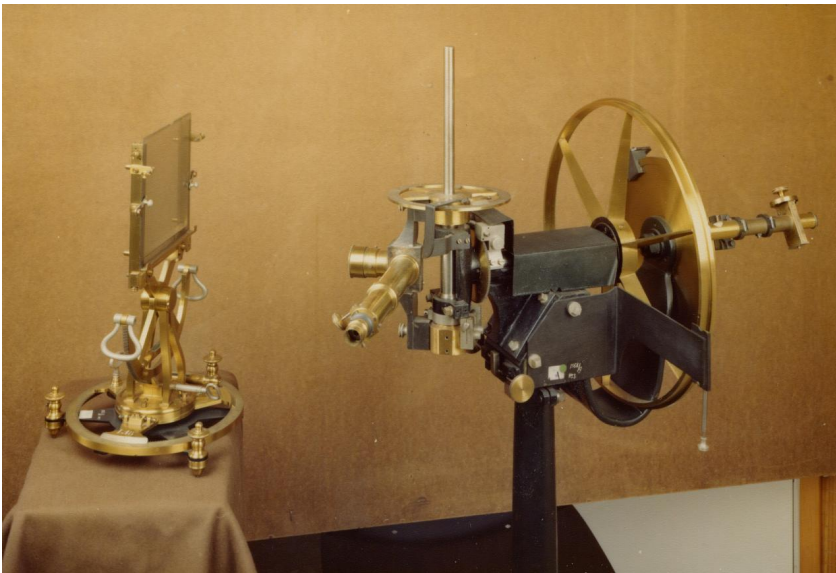


Kapteyn wilde de structuur van het heelal, dus de verdeling van sterren in de ruimte, bestuderen. Dit was een eeuw of zo eerder ook al gedaan door William Herschel (1738–1822), die zelf in Engeland zijn reuzen-telescopen bouwde. Rechtsboven zien we zijn grootste, de 40-voet telescoop, ruim 12 meter (brandpuntsafstand, de spiegel had een diameter van 120 cm). Met een eerdere kleinere versie (20 voet) had hij tellingen gedaan van sterren en op grond daarvan een model van het Sterrenstelsel afgeleid (onder). Het was een afgeplatte structuur met de lange afmeting op de hemel in de richting van de Melkweg. Hij had echter aangenomen dat alle sterren intrinsiek even helder waren en dat hij tot de rand van het stelsel kon kijken. Met de 40-voet telescoop zag hij dat dit niet juist was, want hij zag nu meer sterren, en ook dat sterren van ongelijke schijnbare helderheid als dubbelsterren, die dus op dezelfde afstand van ons staan, over langere tijd om elkaar heen draaien.

Na Herschel werd er op dit terrein weinig vooruitgang geboekt en Kapteyn wilde dit opnieuw aanpakken door niet alleen tellingen te doen, maar daarnaast ook afstanden van sterren meten. Maar daarvoor had hij een telescoop nodig. Ondanks meerdere pogingen en de steun van de universiteit werden zijn voorstellen door de Minister afgewezen, mede op negatief advies van de directeurs in Leiden en Utrecht, die geen concurrent voor de beschikbare financiën wensten. Wel mocht hij waarnemingen in Leiden doen in de academische vakanties, waardoor hij publiceerde over positie bepalingen en afstandsmetingen van sterren en enige internationale bekendheid kreeg.

Kapteyn wanted to study the structure of the universe, i.e., the distribution of stars in space. This had also been done a century or so earlier by William Herschel (1738–1822), who himself built his giant telescopes in England. On the top right we see his largest, the 40-foot telescope, over 12 meters (focal length, the mirror had a diameter of 120 cm). With an earlier smaller version (20 feet), he had taken counts of stars and derived a model of the Sidereal System from this (bottom). It was a flattened structure with the long dimension on the sky towards the Milky Way. However, he had assumed that all the stars were intrinsically equally bright and that he could see out to the edge of the system. With the 40-foot telescope, he found that this was not correct, as he now saw more stars, and also that stars of unequal apparent brightness formed binary stars, so were at the same distance from us, and orbited around each other over long periods of time.

After Herschel, little progress was made in this area, and Kapteyn wanted to address this anew by not only making counts, but in addition measuring distances of stars. But for this he needed a telescope. Despite several attempts and the support of the university, his proposals were rejected by the Minister, partly on the basis of negative advice of the directors in Leiden and Utrecht who did not want a competitor for the available funds. However, he was allowed to make observations in Leiden during the academic vacations, which led him to publish on position and distance measurements of stars and gain some international recognition.



De studie van de verdeling van de sterren in de ruimte begint met het tellen van sterren bij verschillende helderheden aan de hemel. Als je weet in welke verhouding sterren van verschillende lichtkracht in de ruimte voorkomen en als dat overal hetzelfde is, kun je daaruit de drie-dimensionale verdeling van sterren in de ruimte afleiden. De noordelijke sterrenhemel was in de loop van de negentiende eeuw redelijk goed in kaart gebracht door catalogi te maken van heldere sterren. De *Bonner Durchmusterung* bevatte ruim 325.000 sterren tot ongeveer 25 keer zwakker dan het blote oog kan zien. Daarvoor werd iedere ster afzonderlijk door een kijker waargenomen en dat was een tijdrovend proces.

Voor het zuidelijk halfrond was dat veel minder ver gevorderd. Door zijn werk aan positie metingen kwam Kapteyn in contact met David Gill (1843–1914), directeur van de Britse Kaap Sterrenwacht in Zuid-Afrika (linksboven). Deze had het plan opgevat een catalogus te maken van sterren aan de zuidelijke hemel met behulp van fotografische platen, hetgeen toen heel nieuw was, met een speciaal daarvoor geconstrueerde telescoop. Uit de grootte van het sterbeeld op de fotografische emulsie volgde de helderheid. Uiteindelijk kreeg hij Kapteyn zover, dat die de platen in Groningen wilde opmeten. Deze ontwierp daartoe een slimme methode door op de plaat posities te meten met een telescoopje dat precies op de brandpuntsafstand van de oorspronkelijke telescoop was geplaatst (in de foto onder niet op schaal), waardoor veel minder rekenwerk nodig was.

Uiteindelijk duurde dat met maar een paar man personeel toch nog twaalf jaar! Het derde en laatste deel van de *Cape Photographic Durchmusterung* of *CPD* kwam uit in 1900. De catalogus bevatte posities en helderheden van 454.875 sterren. Hiermee was Kapteyn's faam gevestigd.

The study of the distribution of stars begins with counting stars at different brightnesses in the sky. If you know in what proportion stars of different intrinsic luminosities occur in space, and if that is the same everywhere, you can deduce the three-dimensional distribution of stars in space. The northern night sky had been fairly well mapped during the nineteenth century by making catalogs of bright stars. The *Bonner Durchmusterung* contained over 325,000 stars up to about 25 times fainter than the naked eye can see. To do this, each star had been observed individually through a telescope and this was a time-consuming process.

For the southern hemisphere, this was much less advanced. Through his work on position measurements Kapteyn came into contact with David Gill (1843–1914), director of the British Cape Observatory in South Africa (top left). Gill had conceived the plan to catalog stars in the southern sky using photographic plates, which was very new at the time, with a specially constructed telescope. The diameter of the stellar image on the photographic emulsion was used to determine its brightness. Eventually he got Kapteyn to measure the plates in Groningen. The latter designed a clever measurement procedure by measuring positions on the plates with a small telescope that was placed exactly at the focal length of the original telescope (not to scale in the photograph at the bottom), thus requiring much less arithmetic.

In the end, with only a few men personnel it still took twelve years! The third and final volume of the *Cape Photographic Durchmusterung* or *CPD* came out in 1900. The catalog contained positions and brightnesses of 454,875 stars. This established Kapteyn's fame.

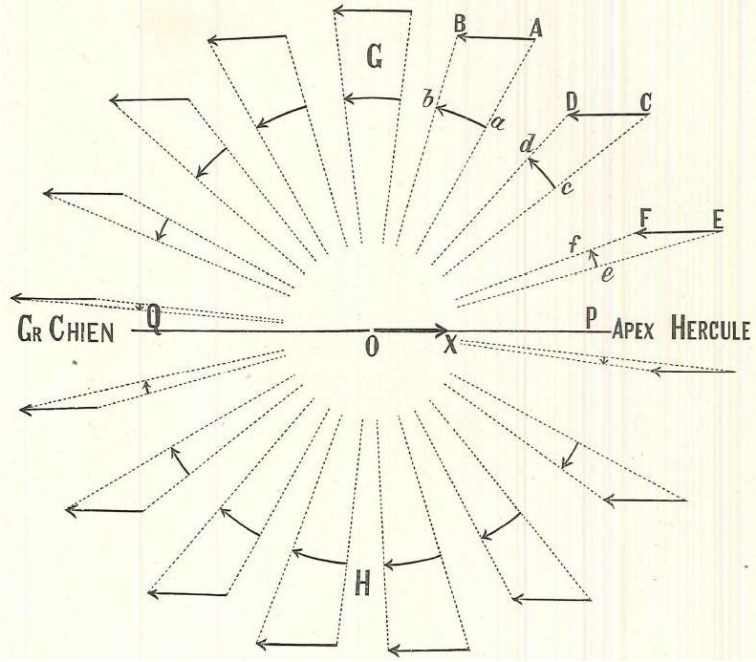
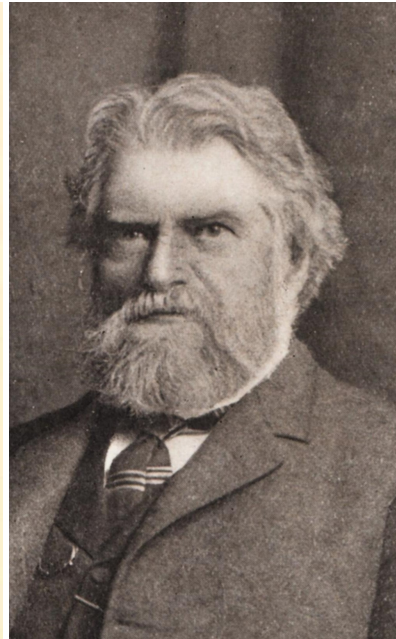
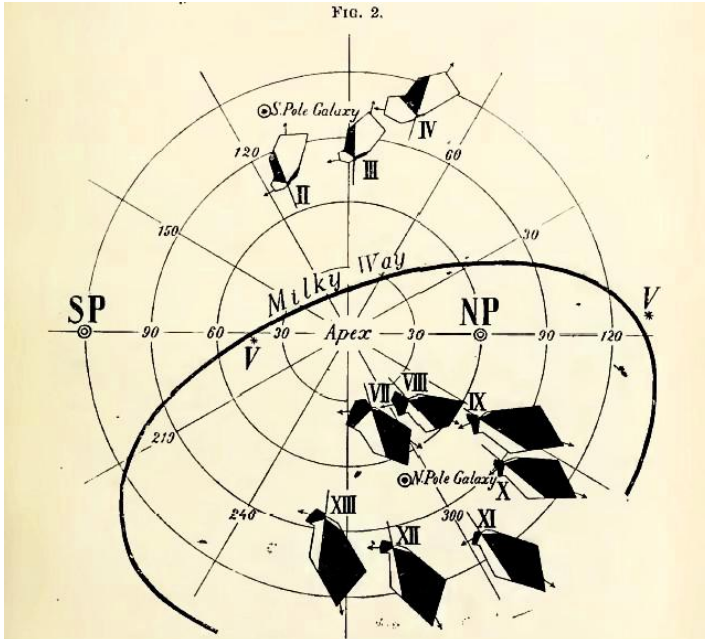


FIG. 2.



Sterren bewegen in de ruimte en daardoor – zeer langzaam – aan de hemel (zgn. eigenbeweging). Kapteyns ster, ontdekt tijdens de *CPD*, is daarin extreem (linksboven, posities in 1975, 1990 en 1996), de op één na snelste aan de hemel. Deze is maar 12,8 lichtjaar van ons verwijderd en heeft een grote ruimtelijke snelheid. Kapteyn wilde eigenbewegingen gebruiken om afstanden te meten.

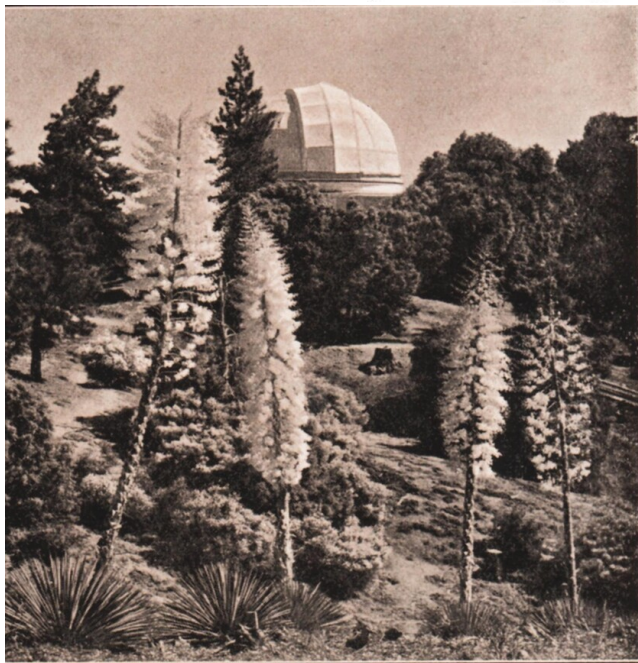
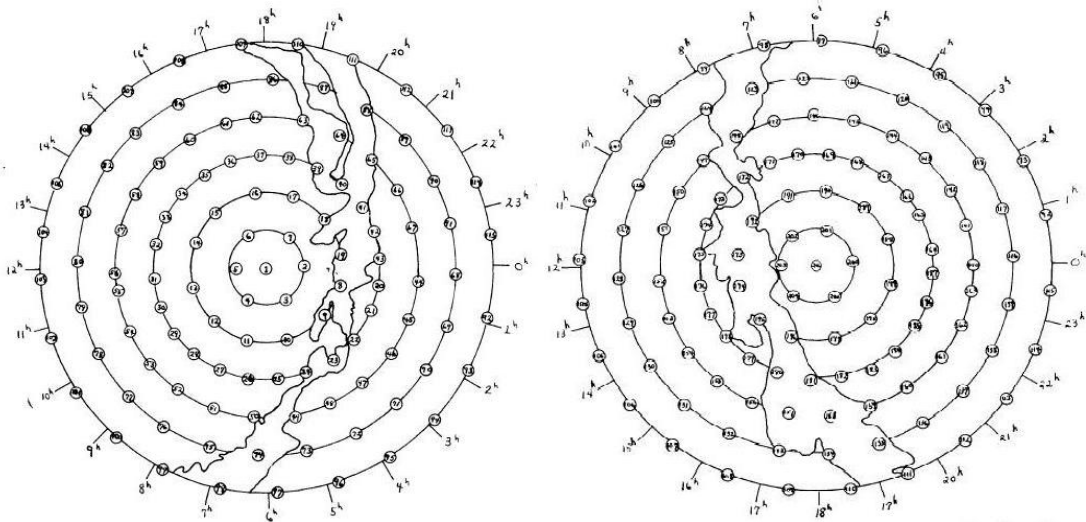
Als alle sterren in de ruimte stil zouden staan, behalve de zon, zouden alle eigenbewegingen (rechtsboven, kleine letters) gericht zijn vanaf het punt waar de zon naartoe beweegt (Apex) rechts in het sterrenbeeld Hercules. Hoe verder weg hoe kleiner de eigenbeweging en daarmee kun je de afstand meten. Maar sterren bewegen ook, dus dan moet het statistisch. Dat kan als de sterren willekeurig en gemiddeld even snel in alle richtingen bewegen. Dan is er aan de hemel geen ander patroon in de eigenbewegingen dan de afspiegeling van de zonsbeweging. Kapteyn vond echter dat er nog een patroon was (linksonder), hetgeen leek te duiden op twee stromen in tegengestelde richtingen, precies in de Melkweg. Op uitnodiging van Simon Newcomb (1835–1909), foto rechtsonder, presenteerde Kapteyn in 1904 zijn *Ster Stromen* op een groot congres in St. Louis, USA, waardoor hij een absolute coryfee werd.

Karl Schwarzschild (1873–1916) – nu vooral bekend van de theoretische afmeting van zwarte gaten – stelde voor dat het ook kon zijn dat sterren wel willekeurig in alle richtingen bewegen, maar gemiddeld het snelst in die twee stroomrichtingen, en dat het alleen maar lijkt of er twee tegenovergestelde stromen zijn. In de jaren 1920 is gebleken dat uiteindelijk Schwarzschilds interpretatie de juiste was. In 1914 had hij al op voordracht van Kapteyn een Gronings eredoctoraat gekregen bij het 300-jarig bestaan, waarvoor hij ook naar Groningen was gekomen.

Stars move in space and therefore – very slowly – in the sky (so-called proper motion). Kapteyn's star, discovered during the *CPD*, is extreme in this (top left, positions in 1975, 1990 and 1996), the second fastest in the sky. It is only 12.8 light years from us and has a large spatial velocity. Kapteyn wanted to use proper motion to measure distances.

If all stars in space were stationary except for the sun, all proper motions (top right, lower case characters) would be directed from the point the sun is moving toward (Apex) at the right in the constellation Hercules. The farther away the smaller the proper motion and with that you can measure the distance. But stars themselves move too, so then it has to be statistical. That is possible if the stars move randomly and on average equally fast in all directions. Then there is no other pattern in the sky in the proper motions than the reflection of the solar motion. However, Kapteyn found that there was a pattern (bottom left), which seemed to indicate two streams in opposite directions, exactly in the Milky Way. At the invitation of Simon Newcomb (1835–1909), photograph bottom right, Kapteyn presented his *Star Streams* at a major conference in St. Louis, USA in 1904, making him an absolute celebrity.

Karl Schwarzschild (1873–1916) – presently best known for the theoretical size of black holes – proposed that it could also be that stars move randomly in all directions, but on average most rapidly in those two stream directions, and that it only appears that there are two opposite flows. In the 1920s it became apparent that Schwarzschild's interpretation was ultimately the correct one. In 1914 he had already received an honorary doctorate on the 300th anniversary of the founding of the University of Groningen, for which he had also come to Groningen.



In 1906 publiceerde Kapteyn zijn *Plan of Selected Areas*. Om de structuur van het sterrenstelsel te bestuderen zou men zich het beste kunnen concentreren op in een aantal kleine gebieden verdeeld over de hele hemel en daarin dan zoveel mogelijk eigenschappen van zoveel mogelijk sterren te meten: helderheid, classificatie van de spectra (spectraal types), eigenbeweging, radiële snelheid (langs de gezichtslijn uit verschuiving van lijnen in het spectrum), enz. Dat vergde een gecoördineerde inzet van de beste sterrenwachten. Kapteyn definieerde 206 'Selected Areas' over de hele hemel. Veel sterrenwachten uit diverse landen beloofden bij te dragen. Bijvoorbeeld die van Harvard fotografeerde alle 206 Gebieden en stuurde de fotografische platen naar Groningen om uit te meten. Dit resulteerde in een catalogus van 231.981 posities en helderheden van sterren. Het laatste deel hiervan kwam pas gereed na Kapteyns overlijden.

Maar eigenlijk zou je tellingen van nog veel zwakkere sterren willen hebben. George Ellery Hale (1868–1938) had op Mount Wilson bij Pasadena (Los Angeles) een nieuwe sterrenwacht gebouwd met de grootste telescoop ter wereld, de 60-inch (ruim 1,5 meter spiegel-diameter). Hij adopteerde Kapteyn's *Plan* als het primaire programma daarvoor. Kapteyn werd door Hale's financier, de Carnegie Institution of Washington, benoemd tot Research Associate. Dit maakte Kapteyn één van de meest invloedrijke astronomen ter wereld.

Diverse andere sterrenwachten begonnen met bepalingen van kleuren (op grond van helderheden bij verschillende andere golflengten) en het meten van andere eigenschappen. Uiteindelijk zouden 28 sterrenwachten in 11 landen bijdragen aan Kapteyn's *Plan of Selected Areas*.

In 1906, Kapteyn published his *Plan of Selected Areas*. To study the structure of the stellar system, it would be best to concentrate on in a number of small areas distributed over the entire sky and then measure in them as many properties of as many stars as possible: brightness, classification of spectra (spectral types), proper motion, radial velocity (along the line of sight from shifting lines in the spectrum), etc. This required the coordinated efforts of the best observatories. Kapteyn defined 206 'Selected Areas' across the sky. Many observatories from various countries promised to contribute. For example, that of Harvard photographed all 206 Areas and sent the photographic plates to Groningen to measure up. This resulted in a catalog of 231,981 positions and brightnesses of stars. The final part of this was not completed until after Kapteyn's death.

But actually you would want counts of even much fainter stars. George Ellery Hale (1868–1938) had built a new observatory at Mount Wilson near Pasadena (Los Angeles) with the largest telescope in the world, the 60-inch (over 1.5 meters mirror diameter). He adopted Kapteyn's *Plan* as the primary program for it. Kapteyn was appointed a Research Associate by Hale's funder, the Carnegie Institution of Washington. This made Kapteyn one of the most influential astronomers in the world.

Several other observatories began making determinations of colors (based on brightnesses at various other wavelengths) and measuring other properties. Eventually, 28 observatories in 11 countries would contribute to Kapteyn's *Plan of Selected Areas*.



Kapteyn ging jaarlijks voor enige maanden naar California om het werk op de 60-inch telescoop te leiden. De eerste keer, in 1908, toen de 60-inch gereed kwam, ging hij alleen en was ondergebracht in het verblijf voor waarnemers, de 'Monastery' (linksboven zit hij in de bibliotheek). De jaren daarop ging Mevr. Kapteyn mee; de eerste keer bivakkeerden zij in een tent op Mount Wilson, in de jaren daarna in de speciaal voor hen gebouwde 'Kapteyn cottage'.

Tijdens zijn reizen van en naar California bezocht hij vaak andere sterrenwachten en astronomen. Mede daardoor genoot hij veel aanzien. Hij was in Nederland (en Europa) eerder dan de meeste wetenschappers, Anglo-saksisch georiënteerd. Ook introduceerde hij aan Hale jonge astronomen, zoals onder anderen (middenonder) de Deen Ejnar Hertzsprung (1873–1963), later zijn schoonzoon, en rechtsonder zijn student Pieter Johannes van Rhijn (1886–1960), die dan enige tijd op Mount Wilson gingen werken. Het is sindsdien een traditie geworden, later een voorwaarde, voor Nederlandse astronomen om vroeg in hun carrière één of meer jaren in het buitenland te werken. Kapteyns eerste student, Willem de Sitter (1872–1932), die in 1901 promoveerde, had voor zijn proefschrift onderzoek al enige tijd op de Kaap Sterrenwacht gewerkt.

In 1914 konden Kapteyn en zijn vrouw door het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog ternauwernood terug naar Nederland en ze zijn nooit meer in de USA geweest. De Carnegie Institution bleef hem financieel ondersteunen tot zijn emeritaat. Toen Kapteyn zich daarover ongemakkelijk voelde, schreef Hale hem, dat de bedoeling van de aanstelling als Research Associate was dat hij onderzoekingen deed, maar dat het er niet toe deed waar hij dit uitvoerde.

Kapteyn went to California annually for several months to direct the work on the 60-inch telescope. The first time, in 1908, when the 60-inch was completed, he went alone and was housed in the residence for observers, the 'Monastery' (top left, he is in the library). The following years Mrs. Kapteyn accompanied him; the first time they bivouacked in a tent on Mount Wilson, in subsequent years in the 'Kapteyn cottage' built especially for them.

During his trips to and from California he often visited other observatories and astronomers. Partly because of this, he enjoyed great prestige. In the Netherlands (and Europe) he was, earlier than most scientists, Anglo-Saxon oriented. He also introduced young astronomers to Hale, such as (bottom center) the Dane Ejnar Hertzsprung (1873–1963), later his son-in-law, and (bottom right) his student Pieter Johannes van Rhijn (1886–1960), who then went to work on Mount Wilson for some time. It has since become a tradition, later a prerequisite, for Dutch astronomers to work abroad for some time early in their careers. Kapteyn's first student, Willem de Sitter (1872–1932), who received his doctorate in 1901, had already spent some time working at the Cape Observatory for his dissertation research.

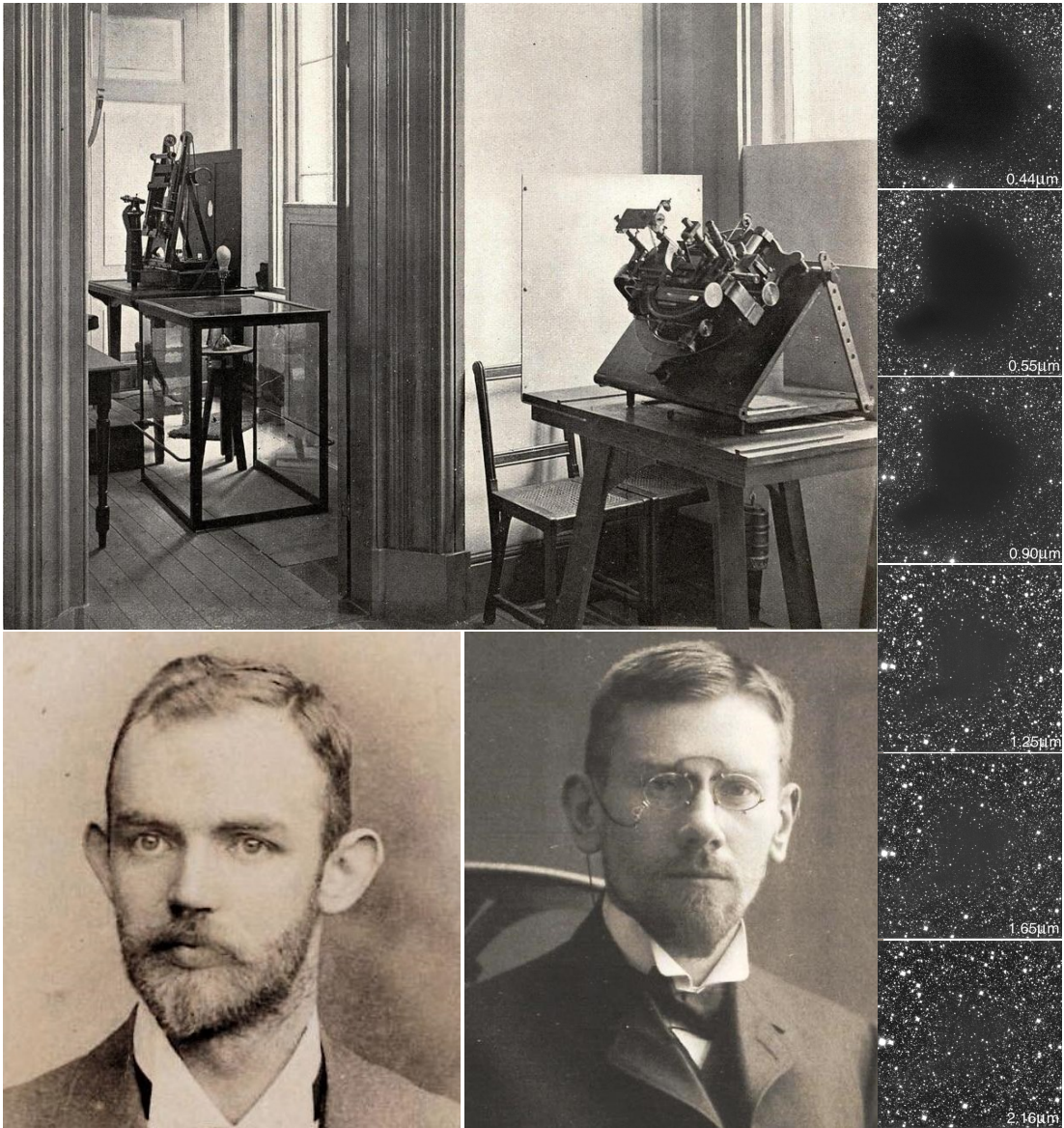
In 1914, the outbreak of World War I barely allowed Kapteyn and his wife to return to the Netherlands, and they did never return to the USA. The Carnegie Institution continued to support him financially until his retirement. When Kapteyn felt uncomfortable about this, Hale wrote to him that the purpose of the appointment as Research Associate was for him to conduct research, but that it did not matter where he conducted that.

Voor het uitmeten van de fotografische platen voor de *Cape Photographic Durchmusterung* had Kapteyn diverse fondsen aangeboord om apparatuur te kopen en personeel aan te stellen. In eerste instantie mocht hij twee kamers gebruiken in het Fysiologisch Laboratorium van Dirk Huizinga (1840–1903). Later kreeg hij zijn eigen ‘sterrenkundig laboratorium’, een sterrenwacht zonder telescopen, ingericht voor het uitmeten van fotografische platen van sterrenwachten, die zelf geen middelen daarvoor hadden. Eerst op tijdelijke locaties in Groningen, maar in 1910 verhuisde het Fysiologisch Laboratorium en kreeg hij de beschikking over dat gebouw. Veel van het tijdelijke personeel, nodig in het kader van het *Plan of Selected Areas*, werd betaald door de Carnegie Institution en later ook mondjesmaat door de universiteit.

Kapteyn was ook zeer actief in het Natuurkundig Genootschap, opgericht in 1801, om de kennis van de (natuur-)wetenschap onder een breed publiek te verspreiden. Van 1886 tot 1904 was hij bestuurslid en vanaf 1904 tot zijn emeritaat in 1921 voorzitter van de Wetenschappelijke Afdeling, die maandelijks of soms vaker lezingen organiseerde in de natuur- of medische wetenschappen. In het Concerthuis in de Poelestraat (linksonder), dat het eigendom is van het inmiddels *Koninklijk* Natuurkundig Genootschap, bevindt zich de Kapteynzaal, die naar hem vernoemd is vanwege zijn grote verdiensten. Rechtsonder een deel van de lijst van bestuurders die in die zaal hangt (Kapteyn links, derde van onder).

In order to measure the photographic plates for the *Cape Photographic Durchmusterung*, Kapteyn had tapped into various funds to buy equipment and hire staff. At first he was allowed to use two rooms in the Physiological Laboratory of Dirk Huizinga (1840–1903). Later he was given his own ‘astronomical laboratory’, an observatory without telescopes, furnished for measuring out photographic plates of observatories, which themselves had no means of doing so. At first in temporary locations in Groningen, but in 1910 the Physiological Laboratory moved and Kapteyn’s Laboratory was housed in that building. Much of the temporary staff, required under the *Plan of Selected Areas*, was paid for by the Carnegie Institution and later, sparsely, by the university.

Kapteyn was also very active in the Natuurkundig Genootschap (Physical Sciences Society), founded in 1801, to spread the knowledge of (natural) science to a wide audience. From 1886 to 1904 he was a board member and from 1904 until his retirement in 1921 chairman of the Scientific Department, which organized monthly or sometimes more frequently lectures in the natural or medical sciences. In the ‘Concerthuis’ in the Poelestraat (bottom left), owned by the now *Koninklijk* (Royal) Natuurkundig Genootschap, is the Kapteyn Hall, named after him because of his great achievements. At the bottom right, part of the list of Board members hanging in that room (Kapteyn on the left, third from bottom).



Reeds in de jaren 1890 werden er op het Laboratorium veel bepalingen van sterstellingen en eigenbewegingen gedaan, vooral op platen opgenomen door Kapteyn's vriend Anders Donner (1854–1938) van de Helsingfors sterrenwacht (Helsinki). Deze werden uitgemeten onder supervisie van jonge astronomen, die waren aangesteld als assistent, eerst Willem de Sitter, daarna Herman Weersma (1877–1961; links- en middenonder), de latere Nobelprijswinnaar Frits Zernike en na 1915 door Pieter van Rhijn.

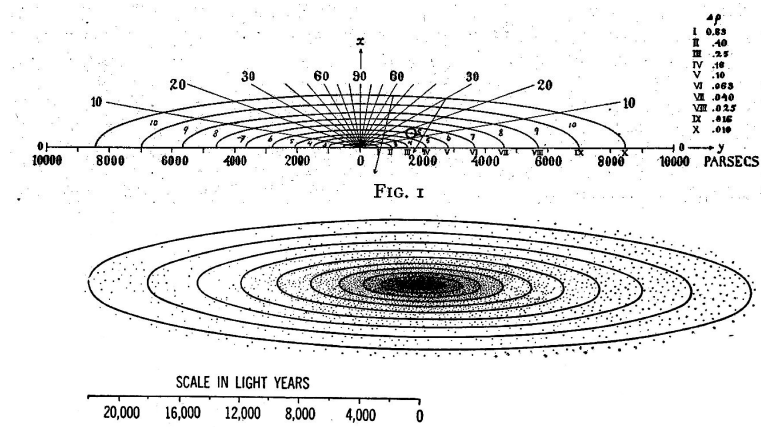
Kapteyn's programma om de bouw van het Melkwegstelsel te bepalen betekende dat er geen absorptie van sterlicht mocht zijn. Of anders dat er voor gecorrigeerd kon worden. Hij was de eerste die bedacht dat er vooral verstrooiing van licht aan stofdeeltjes kon zijn (eigenlijk geen absorptie dus, extinctie is een betere benaming), wat zich moest uiten in meer verstrooiing van blauw dan rood licht waardoor sterren op afstand roder zouden worden. Vroege fotografische emulsies waren gevoelig voor relatief blauw licht. Maar er waren ook nieuwere emulsies, die meer de gevoeligheid van het oog benaderden en dus voor geel of groen licht. Daarmee vond hij in 1909 dat het effect duidelijk aanwezig was, maar hij hield een slag om de arm omdat op grotere afstand hij automatisch intrinsiek helderdere sterren bestudeerde dan nabij en die zouden van zichzelf weleens roder kunnen zijn. De resultaten werden bevestigd in het proefschrift van van Rhijn (1915), die een uitgebreidere en nauwkeuriger bepaling deed, maar die onzekerheid bleef.

Het interstellair stof is voor een deel verspreid in de ruimte en voor een deel geconcentreerd in donkere wolken in de Melkweg die duidelijk afgetekend zijn tegen de achterliggende sterren. De figuren rechts tonen opnamen van dezelfde stofwolk van boven naar beneden van violet tot nabij infrarood licht en laten zien dat de extinctie inderdaad steeds minder wordt.

Already in the 1890s, many determinations of star counts and proper motions were made at the Laboratory, especially on plates recorded by Kapteyn's friend Anders Donner (1854–1938) of the Helsingfors Observatory (Helsinki). These were measured up under the supervision of young astronomers appointed as assistants, first Willem de Sitter, then Herman Weersma (1877–1961; bottom left and -middle), the later Nobel laureate Frits Zernike and after 1915 by Pieter van Rhijn.

Kapteyn's program to determine the construction of the Milky Way Galaxy meant that there should be no absorption of starlight. Or else that it could be corrected for. He was the first to realize that there could be scattering of light by dust particles (actually no absorption, extinction is a better term), which was supposed to manifest itself in more scattering of blue than red light making stars appear redder at larger distances. Early photographic emulsions were sensitive to relatively blue light. But there were also newer emulsions, which approached more the sensitivity of the eye and thus were sensitive to yellow or green light. With these, he found in 1909 that the effect was clearly present, but he kept a proviso because at greater distances he was automatically studying intrinsically brighter stars than nearby and these might be redder by themselves. The results were confirmed in van Rhijn's dissertation (1915), which presented a more extensive and accurate determination, but that uncertainty remained.

The interstellar dust is partly scattered in space and partly concentrated in dark clouds in the Milky Way that are clearly outlined against the stars behind. The figures to the right show pictures of the same dust cloud from top to bottom in violet to near infrared light and show that the extinction is indeed decreasing.



De Amerikaanse astronoom Harlow Shapley (1885–1972) mat in 1915 de kleur van sterren in een ‘bolvormige sterrenhoop’. En ook bepaalde hij de afstand. Als Kapteyns verroding correct was, zouden die sterren intrinsiek heel veel blauwer moeten zijn dan waargenomen in de zonsomgeving en Shapley en andere astronomen, en dus ook Kapteyn, concludeerden dat absorptie (of verstrooiing) van sterlicht onbelangrijk moest zijn. Dit bleek veel later onjuist, omdat het stof geconcentreerd is in een dunne laag in de Melkweg, en de bolhoop van Shapley lag daarbuiten.

Toen Kapteyn’s 70e verjaardag in 1921 naderden, kon hij – zoals hij zei – de verleiding niet weerstaan om een eerste poging te doen, samen met van Rhijn, een model van het Sterrenstelsel te maken met de toen beschikbare data. Het resulterende ‘Kapteyn heelal’ was een afgeplatte structuur met de zon niet ver van het centrum. Kapteyn verklaarde ook hoe dat stabiel kon zijn als een evenwicht tussen zwaartekracht en bewegingen, het begin van galactische dynamica. In de verticale richting zijn het de willekeurige snelheden van de sterren die verdere samentrekking verhinderen. In de horizontale richting komt er nog een effect bovenop. De sterstromen zouden dan een rotatie zijn van twee aparte populaties in tegengestelde richtingen rond hetzelfde centrum en door de middelpuntvliedende kracht was het stelsel horizontaal daardoor uitgestreker. Dit is aan de hemel de Melkweg.

Het model was heel goed (nog steeds) in de vertikale richting, maar horizontaal ernstig fout omdat er wel degelijk stof en extinctie in het vlak van de Melkweg bleek te zijn.

Het schilderij van Kapteyn door Jan Pieter Veth (1864–1925) is door vrienden en collega’s aan Kapteyn en zijn vrouw aangeboden in 1918, toen hij 40 jaar hoogleraar was. Het hangt nu in de Kapteynkamer op het Kapteyn Instituut. Een eerdere versie was door Mevr. Kapteyn afgekeurd.

The American astronomer Harlow Shapley (1885–1972) measured the color of stars in a ‘globular cluster’ in 1915. And he also determined the distance. If Kapteyn’s reddening were correct, those stars should intrinsically be very much bluer than observed in the solar neighborhood, and Shapley and other astronomers, including Kapteyn, concluded that absorption (or scattering) of starlight must be unimportant. This was proved wrong much later, because the dust is concentrated in a thin layer in the Milky Way, and Shapley’s globular cluster was outside it.

As Kapteyn’s 70th birthday approached in 1921, he – as he said – could not resist the temptation to make a first attempt, together with van Rhijn, to make a model of the Galaxy with the data then available. The resulting ‘Kapteyn Universe’ was a flattened structure with the sun not far from the center. Kapteyn also explained how that could be stable as a balance between gravity and motion, the beginning of galactic dynamics. In the vertical direction, it is the random velocities of the stars that prevent further contraction. In the horizontal direction, there is an additional effect. The star streams would then be a rotation of two separate populations in opposite directions around the same center and due to the centrifugal force, the Galaxy was more extended horizontally as a result. This is in the sky the Milky Way.

The model was very good (still is) in the vertical direction, but seriously wrong horizontally because there did turn out to be dust and extinction in the plane of the Milky Way.

The painting of Kapteyn by Jan Pieter Veth (1864–1925) was presented to Kapteyn and his wife and him in 1918 by friends and colleagues, when he had been a professor for 40 years. It now hangs in the Kapteyn Room at the Kapteyn Astronomical Institute. An earlier version had been rejected by Mrs. Kapteyn.



Nog veel op de universiteit doet denken aan Kapteyn. Bij zijn emeritaat werd het Sterrenkundig Laboratorium naar hem vernoemd (thans het Kapteyn Instituut). Op het Instituut wordt de Kapteynkamer als vergaderkamer in stand gehouden (foto boven) met zijn bureau, belangrijkste publicaties op het bureau, schilderij en sterrenkaart en zijn hemelbollen, waarop hij met bordkrijt kon tekenen. Sinds kort hang er ook een schilderij van zijn vrouw. Op andere wanden hangt een krijttekening van zijn opvolger van Rhijn en een schilderij van diens opvolger Adriaan Blaauw, die we verderop zullen tegenkomen.

De aula van het Academiegebouw heeft enkele gebrandschilderde ramen, waarvan, vanuit de aula de meest rechtse, twee figuren toont (linksonder), links de medicus, anatomist, etc. Petrus Camper (1722–1789) en rechts Kapteyn met een abacus in zijn handen. Dit is een antiek instrument om afstanden met het blote oog tussen sterren aan de hemel te meten.

In de Senaatskamer in hetzelfde gebouw hangt Kapteyn's portret met toga, bef en baret. Het is een overschildering met deze academische kledingstukken door Jan Veth zelf van het eerder door Mevr. Kapteyn afgekeurde schilderij uit 1918 (zie ook de achterzijde van de omslag).

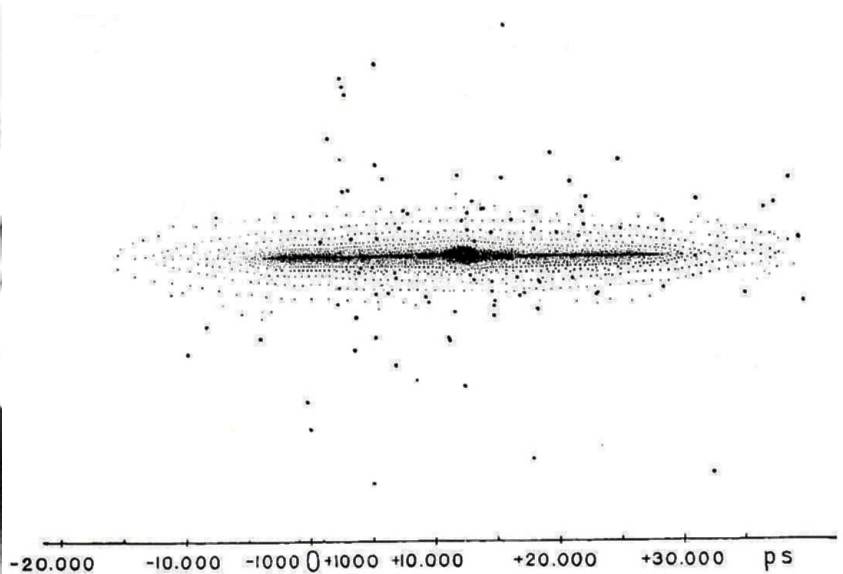
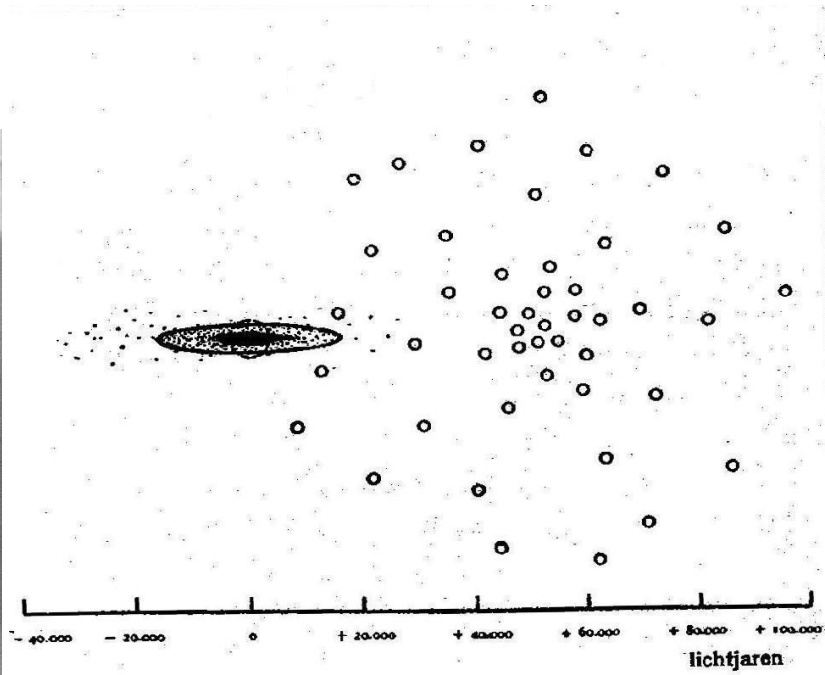
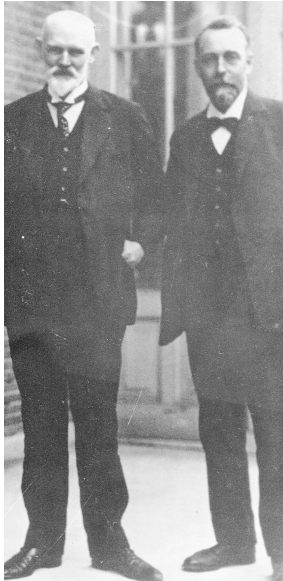
De betekenis van Kapteyn is enorm geweest. Niet alleen legde hij de grondslagen voor de studie van de verdeling van sterren in de ruimte (statistische astronomie) en organiseerde hij het omvangrijke *Plan of Selected Areas*, maar ook gaf hij als eerste een samenhangend beeld van het sterrenstelsel, waarbij de bewegingen en de zwaartekracht van de sterren in overeenstemming moesten zijn om de verdeling stabiel te houden (eerst sterdynamica genoemd, nu galactische dynamica). Met zijn studenten ontstond een school van jongere generaties, hetgeen in de bloei van de Nederlandse sterrenkunde en huidige, internationaal prominente plaats resulteerde.

Still much at the university is reminiscent of Kapteyn. Upon his retirement, the Astronomical Laboratory was named after him (now the Kapteyn Astronomical Institute). At the Institute, the Kapteyn room is maintained as a meeting room (photograph at the top) with his desk, most important publications on it, painting and star chart, and his celestial globes, on which he could draw with board chalk. Recently, a painting of his wife has been added. On other walls hang a chalk drawing of his successor van Rhijn and a painting of the latter's successor Adriaan Blaauw, whom we will meet later.

The auditorium of the Academy Building has several stained glass windows, of which, from the auditorium the rightmost, shows two figures (lower left), on the left the physician, anatomist, etc. Petrus Camper (1722-1789) and on the right Kapteyn holding an abacus. This is an ancient instrument used to measure distances between stars in the sky with the naked eye.

In the Senate Room in the same building hangs Kapteyn's portrait with academic gown, jabot and beret. It is an overpainting with these academic garments by Jan Veth himself of the 1918 painting previously rejected by Mrs. Kapteyn (see also back cover).

Kapteyn's significance has been enormous. Not only did he lay the foundations for the study of the distribution of stars in space (statistical astronomy) and organize the comprehensive *Plan of Selected Areas*, but he was also the first to give a coherent picture of the Galaxy, where the motions and gravity of the stars are in balance to keep the distribution stable (first called stellar dynamics, now galactic dynamics). Through his students, a school of younger generations arose, resulting in the flourishing of Dutch astronomy and current, internationally prominent place.



Kapteyn's werk werd niet alleen voortgezet in Groningen. In Leiden werd op de Sterrewacht de astronomie op wereldniveau beoefend onder leiding van drie van zijn 'nakomelingen': Willem de Sitter, Kapteyns eerste promovendus, en Kapteyns protégé Ejnar Hertzsprung (linksboven), waren er vanaf 1918 directeur en adjunct-directeur. En in 1925 werd Kapteyn's laatste student Jan Hendrik Oort (1900–1992) aangesteld, die zijn studie pas kon afsluiten met een promotie toen Kapteyn al was overleden (linksonder). Het is vooral Oort geweest, die Kapteyn's baanbrekende werk aan de structuur, bouw en dynamica van het Melkwegstelsel verder ontwikkelde.

Het Kapteyn heelal werd al snel vervangen. Shapley had een systeem van bolhopen gevonden dat veel groter was dan Kapteyns stelsel (rechts, tekeningen van Oort voor een lezingen cyclus en boek 'Kosmos' van de Sitter). Deze discrepantie werd opgelost in de jaren 1920, waarbij met name Oort een bepalende rol speelde. Het nieuwe beeld was een veel grotere schijf van sterren, grotendeels onzichtbaar door interstellair extinctie, met een sferisch structuur van individuele sterren en bolvormige sterrenhopen eromheen. Het centrum van beide viel samen op een afstand van zo'n 30.000 lichtjaar. Het stof bleek slechts een dunne laag in het vlak van de schijf te zijn. Het platte Kapteynstelsel was in werkelijkheid driemaal zo uitgestrekt in de richting van de Melkweg (maar correct loodrecht erop), Shapley's systeem bleek maar de helft van de oorspronkelijk geschatte afmetingen te hebben.

Kapteyn's internationale status heeft geleden onder zijn uitgesproken afkeuring van de complete uitbanning na de Eerste Wereldoorlog van Duitsland en Duitse wetenschappers in internationale organisaties, zoals de Internationale Astronomische Unie.

Kapteyn's work was not only continued in Groningen. In Leiden, astronomy was practiced at the world level at the Sterrewacht under the leadership of three of his 'offspring': Willem de Sitter, Kapteyn's first PhD student, and Kapteyn's protégé Ejnar Hertzsprung (top left), were directors and deputy directors there from 1918 onward. And in 1925, Kapteyn's last student Jan Hendrik Oort (1900–1992) was appointed, who could only complete his studies with a PhD when Kapteyn had already died (bottom left). It was Oort, in particular, who further developed Kapteyn's pioneering work on the structure and dynamics of the Milky Way Galaxy.

The Kapteyn universe was soon replaced. Shapley had found a system of globular clusters much larger than Kapteyn's system (right, drawings by Oort for a lecture cycle and book 'Kosmos' by de Sitter). This discrepancy was resolved in the 1920s, with Oort in particular playing a decisive role. The new picture was a much larger disk of stars, largely invisible due to interstellar extinction, with a spherical structure of stars and globular clusters surrounding it. The center of both coincided at a distance of about 30,000 light years. The dust appeared to be only a thin layer in the plane of the disk. The flat Kapteyn Universe was actually three times more extended in the direction of the Milky Way (but correct perpendicular to it), Shapley's system turned out to have only half of its original dimensions.

Kapteyn's international standing has suffered from his outspoken disapproval of the complete elimination after World War I of Germany and German scientists in international organizations, such as the International Astronomical Union.



Onder de Groningse hoogleraren was Kapteyn een primus inter pares. Toen de Groningse universiteit in 1914 haar driehonderd jarig bestaan vierde en de hoogleraren in vol ornaat door Groningen trokken van het Academiegebouw naar de Nieuwe Kerk, waar de feestelijke ceremonies plaatsvonden, liep Kapteyn prominent in de voorste rijen (derde van rechts). Tijdens deze viering, waarbij 64 eredoctoraten werden toegekend, was hij verantwoordelijk voor waarschijnlijk drie daarvan: Karl Schwarzschild als reeds genoemd, de bekende musicus, componist en dirigent Peter Gijsbert van Anrooy (1879–1954), waar hij ook goed mee bevriend was, en de Amerikaanse tycoon, staal-magnaat en filantropist Andrew Carnegie (1835–1919), die door de door hem gefinancierde Institution Mount Wilson Observatory en Kapteyns benoeming tot Research Associate had mogelijk gemaakt. Carnegie heeft zich verontschuldigd dat hij daarvoor niet naar Groningen kon komen.

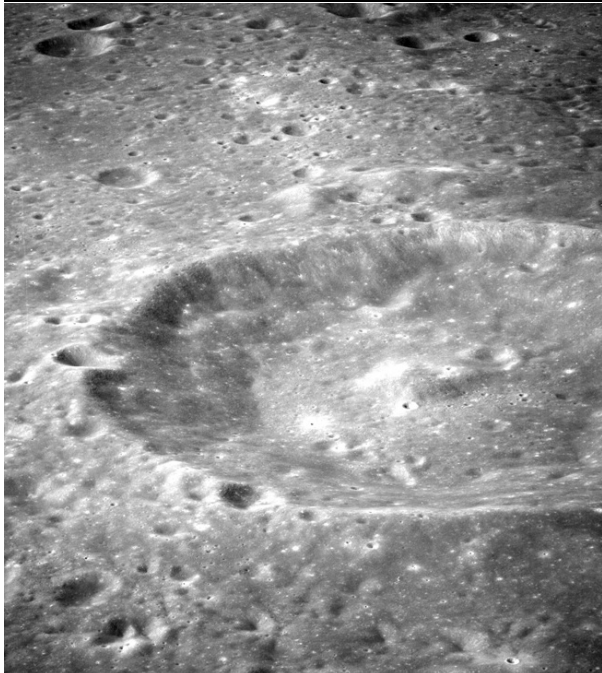
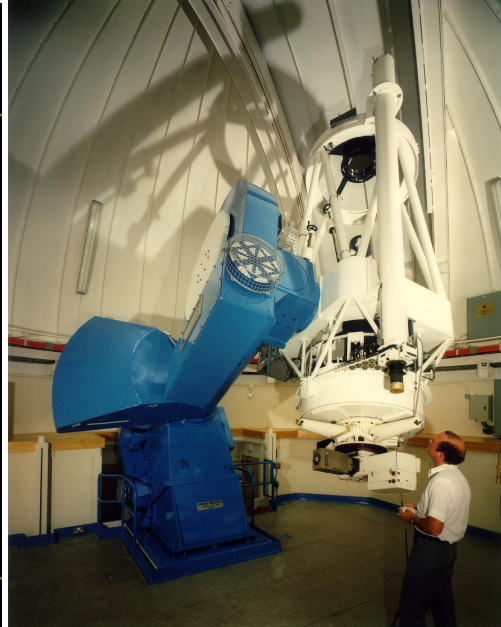
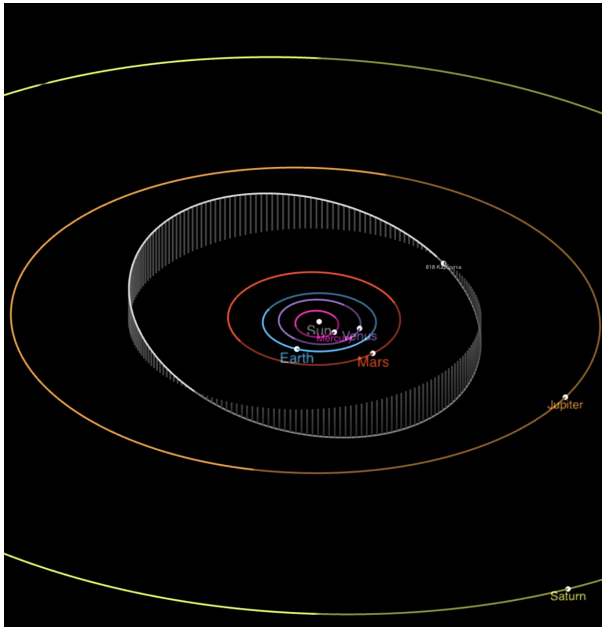
Na zijn emeritaat aan het eind van het academisch jaar 1920–21, toen hij zeventig was geworden, werd het Sterrenkundig Laboratorium ook naar Kapteyn vernoemd en het gebouw met deze naam gesierd. Bij die gelegenheid werd een eredoctoraat verleend aan één van de eerste vrouwen, die in Groningen die eer te beurt vielen: Annie Jump Cannon (1863–1943) van Harvard, die de fundamentele indeling van spectraalklassen van sterren voor een groot deel ontwierp. Tot zijn teleurstelling kwam zij niet naar Groningen om de eervolle titel in ontvangst te nemen. Kapteyn bleek, evenals zijn vriend psycholoog Gerardus Heymans (1857–1930), een voorvechter van vrouwenrechten te zijn; zo volgden zijn dochters academische opleidingen (zijn zoon moest in Freiburg i.p.v. Delft mijnbouw gaan studeren om dit financieel mogelijk te maken).

Kapteyn heeft eredoctoraten ontvangen van de universiteiten van Kaapstad, Harvard en Edinburgh. Hij was o.a. ‘Fellow’ van de Amerikaanse Academie van Wetenschappen.

Among Groningen professors, Kapteyn was a primus inter pares. When Groningen University celebrated its 300th anniversary in 1914 and professors in academic dress marched through Groningen from the Academy Building to the Nieuwe Kerk, where the festive ceremonies took place, Kapteyn walked prominently in the front rows (third from the right). During this celebration, in which 64 honorary doctorates were awarded, he was responsible for probably three of them: Karl Schwarzschild as already mentioned, the well-known musician, composer, and conductor Peter Gijsbert van Anrooy (1879–1954), with whom he was also close friends, and the American tycoon, steel magnate, and philanthropist Andrew Carnegie (1835–1919), whose Institution had funded Mount Wilson Observatory and Kapteyn’s appointment as Research Associate. Carnegie apologized that he could not come to Groningen for this.

After his retirement at the end of the 1920–21 academic year, when he had turned seventy, the Astronomical Laboratory was also named after Kapteyn and the building adorned with this name. On that occasion, an honorary doctorate was awarded to one of the first women to receive that honor in Groningen: Annie Jump Cannon (1863–1943) of Harvard, who largely designed the fundamental classification of spectral classes of stars. To his disappointment, she did not come to Groningen to receive the honorable title. Kapteyn, like his friend psychologist Gerardus Heymans (1857–1930), proved to be an advocate of women’s rights; his daughters completed academic studies (his son had to study mining in Freiburg instead of Delft to make this financially possible).

Kapteyn received honorary doctorates from the universities of Cape Town, Harvard and Edinburgh. Among other things, he was a ‘Fellow’ of the American Academy of Sciences.



De naam van Kapteyn leeft ook voort in diverse andere vernoemingen. We zagen al dat er een ster van Kapteyn is. Maar er zijn ook straten en dergelijke naar hem vernoemd in diverse steden. Astronomisch gezien zijn de volgende nog te noemen.

De asteroïde met het nummer 818 heet Kapteynia. Deze kleine planeet, met oorspronkelijke identificatie 1916 YZ, heeft een diameter van 50 km en gaat op 3,2 keer de afstand van de Zon als die van de Aarde in 5,6 jaar rond. Op het plaatje linksboven de stand t.o.v. Zon, Mercurius, Venus, Aarde, Mars, Jupiter en Saturnus op 18 juni 2022, precies 100 jaar na Kapteyn's sterfdag.

Op de Maan is ook een krater naar Kapteyn vernoemd. De foto linksonder van deze krater Kapteyn is genomen door de astronauten van de Apollo 8 missie van 1968, toen zij als eerste mensen in een baan om de Maan bewogen.

Op het Canarische Eiland La Palma staat de Jacobus Kapteyn Telescope op het Observatorio del Roque de Los Muchachos als deel van de Isaac Newton Group of Telescopes (ING) door het VK en Nederland daar in de jaren 1980 geplaatst. Het is een reflecterende telescoop met een spiegel diameter van 1 meter. Inmiddels wordt deze niet meer actief gebruikt voor onderzoek

Het Koninklijk Natuurkundig Genootschap organiseert sinds 2013 een jaarlijkse Kapteyn lezing door een gerenommeerde wetenschapper, vaak speciaal uit het buitenland naar Groningen gehaald. Dat betreft natuur- en medische wetenschappen, en kan dus ook een astronoom zijn, zoals in 2014 Nobelprijswinnaar Brian Schmidt (rechtsonder) over de versnellende expansie van het heelal.

Kapteyn's name also lives on in several other names. We already saw that there is a Kapteyn's star. But there are also streets and the like named after him in various cities. Astronomically, the following remain to be mentioned.

The asteroid with the number 818 is called Kapteynia. This asteroid, with original identification 1916 YZ, has a diameter of 50 km and orbits at 3.2 times the distance from the Sun as that of Earth in 5.6 years. The upper left image shows the position relative to the Sun, Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter and Saturn on June 18, 2022, exactly 100 years after Kapteyn's death.

On the Moon, a crater is also named after Kapteyn. The photograph at the bottom left of this crater Kapteyn was taken by the astronauts of the 1968 Apollo 8 mission, when they were the first humans to orbit the Moon.

On the Canary Island of La Palma, the Jacobus Kapteyn Telescope stands at the Observatorio del Roque de Los Muchachos as part of the Isaac Newton Group of Telescopes (ING) placed there by the UK and the Netherlands in the 1980s. It is a reflecting telescope with a mirror diameter of 1 meter. It is no longer in routine use for scientific research.

Since 2013, the Royal Natural Sciences Society has organized an annual Kapteyn lecture by an internationally renowned scientist, often specially brought to Groningen from abroad. This concerns natural and medical sciences, and can therefore also be an astronomer, such as in 2014 Nobel Prize winner Brian Schmidt (bottom right), who lectured on the accelerating expansion of the Universe.



Kapteyn overleed op 18 juni 1922. Bij zijn emeritaat was al Pieter van Rhijn benoemd tot zijn opvolger als hoogleraar en directeur van het Laboratorium. Van Rhijn zag het als zijn taak het *Plan of Selected Areas* verder te coördineren en Kapteyns onderzoek programma voort te zetten. Hij was daardoor echter weinig vernieuwend en gedurende zijn directoraat, dat tot 1957 duurde, verloor het Laboratorium veel van zijn aanzien en zeer prominente plaats in de Nederlandse en internationale sterrenkunde.

De krijttekening boven toont van Rhijn in 1926. Het is door zijn nakomelingen geschonken en hangt in de Kapteynkamer van het Kapteyn Instituut.

Onder Kapteyn was het Laboratorium gegroeid met een forse groep medewerkers, rekenaars, amanuensis, etc., sommigen in vaste dienst bij de universiteit. De foto onder toont deze staf in 1926 of 1927, waarbij sommigen uit andere geldbronnen werden betaald. De persoon in het midden, Teunis de Vries (1862–1937), begon in 1888 bij Kapteyn, toen het werk aan de *Cape Photographic Durchmusterung* van start ging en hij bleef op het Laboratorium werken tot zijn pensioen in 1927.

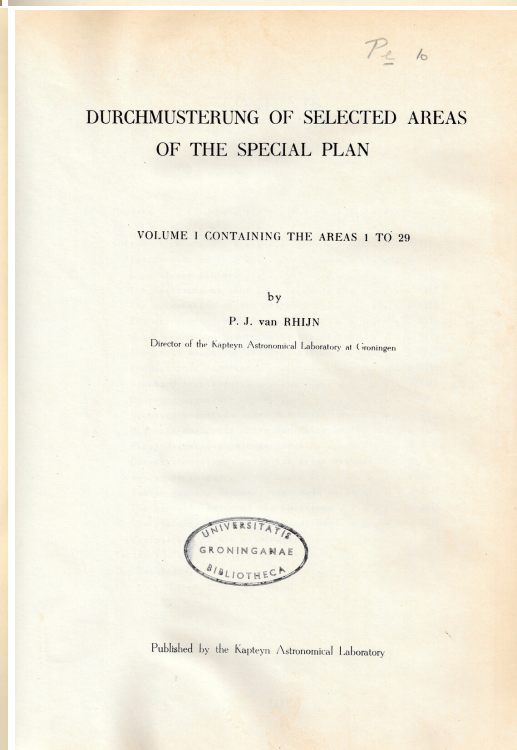
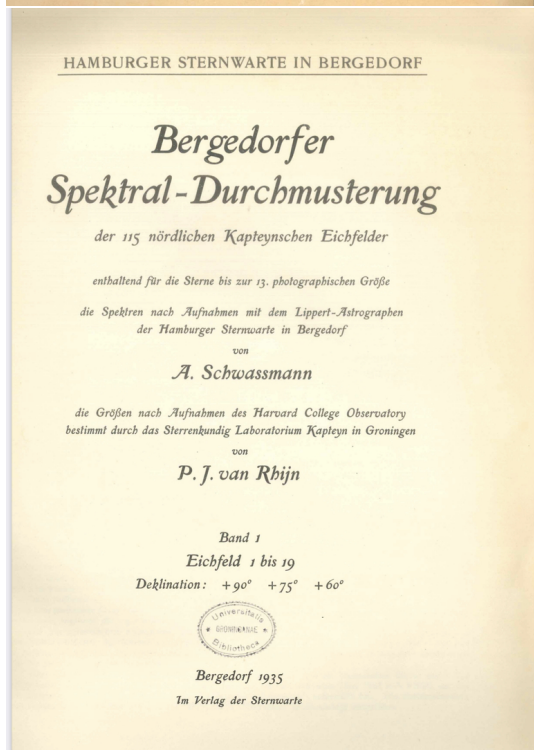
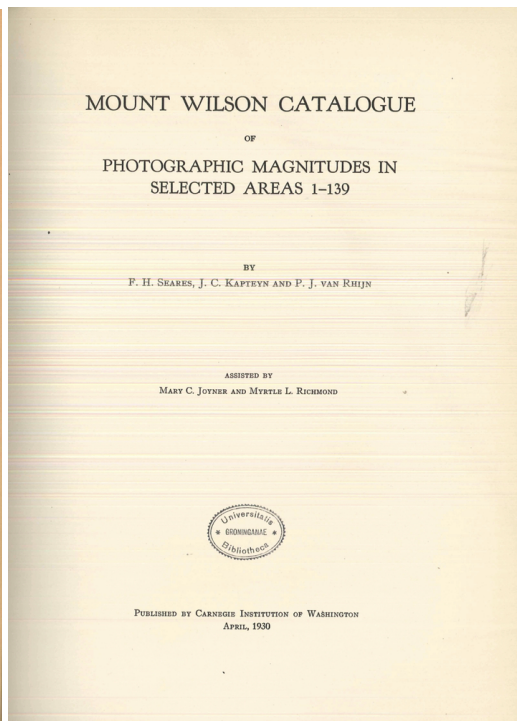
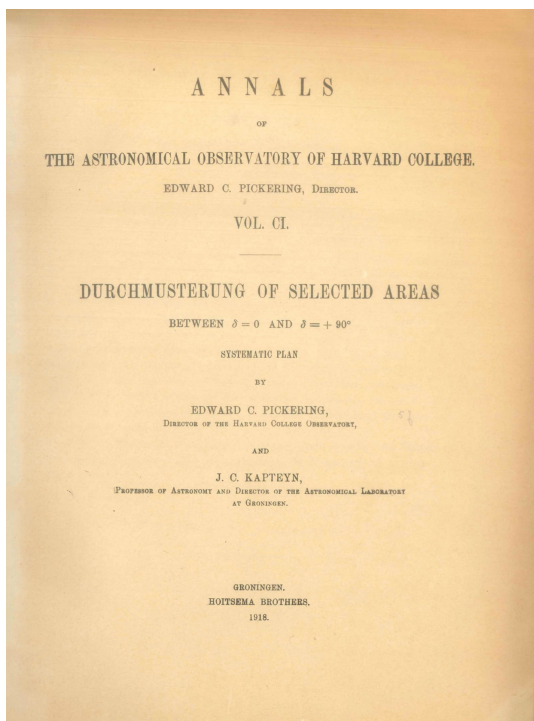
De taak van de rekenaars was om het numerieke werk te doen, dat nodig was bij de verwerking van de metingen van ster posities en helderheden op fotografische platen. Zij waren ook degenen die het meten zelf op de platen verrichtten. Zij deden hun werk met grote nauwkeurigheid en precisie; meestal werden de metingen door twee mensen verricht en werd elke berekening door twee rekenaars onafhankelijk uitgevoerd om fouten te vermijden.

Kapteyn died on June 18, 1922. Upon his retirement, Pieter van Rhijn had already been appointed his successor as Professor and Director of the Laboratory. Van Rhijn saw it as his task to further coordinate the *Plan of Selected Areas* and to continue Kapteyn's research program. However, as a result, he was not very innovative and during his directorship, which lasted until 1957, the Laboratory lost much of its prestige and very prominent place in Dutch and international astronomy.

The chalk drawing on top shows van Rhijn in 1926. It was donated by his descendants and hangs in the Kapteyn Room of the Kapteyn Astronomical Institute.

Under Kapteyn, the Laboratory had grown to include a sizable group of staff, calculators, amanuensis, etc., some in permanent employment with the university. The photograph at the bottom shows this staff in 1926 or 1927, with some being paid from other sources of money. The person in the middle, Teunis de Vries (1862–1937), started with Kapteyn in 1888, when work began on the *Cape Photographic Durchmusterung* and he continued to work at the Laboratory until his retirement in 1927.

The job of the calculators was to do the numerical work required in processing the measurements of star positions and brightnesses on photographic plates. They also did the actual measuring itself on the plates. They did their work with great accuracy and precision; usually the measurements were made by two people and each calculation was done twice independently by two calculators to avoid errors.



Het Kapteyn Laboratorium heeft aan vier grote 'Durchmusterungen' gewerkt in het kader van het *Plan of Selected Areas*. Al genoemd zijn de stertellingen in al deze gebieden op fotografische platen van de noordelijke en zuidelijke stations van het Harvard Observatory. Dit verscheen in de drie delen tussen 1918 en 1923 en bevatte posities en helderheden van 231.981 sterren. De catalogus van de noordelijke gebieden met de Mount Wilson 60-inch telescoop verscheen in 1930 en bevatte 67.941 sterren, waarvan 45.448 in Groningen gemeten. Kapteyn had ook in de Melkweg en Magelhaense Wolken (satellieten van ons Melkwegstelsel, met het blote oog te zien op het zuidelijk halfrond) een *Special Plan* gedefinieerd met 46 Areas, gefotografeerd door Harvard, maar door oponthoud is dat pas in 1952 gepubliceerd; het betrof nog eens 140.082 sterren.

Bij de Bergedorf Sternwarte bij Hamburg werden de spectrale typen van heldere sterren in de noordelijke Kapteyn gebieden bepaald. Dit gebeurde over grotere velden dan de eerdere tellingen en daarom moest een nieuwe serie platen bij Harvard opgenomen worden. Bergedorf bepaalde spectraaltypen en Groningen helderheden en posities; de publicatie was in vijf delen tussen 1935 en 1953 en betrof 173.559 sterren.

Dit is een enorme productie over een lange periode. Totaal zijn voor het *Plan of Selected Areas* helderheden en posities in Groningen gemeten van 591.070 sterren tussen ongeveer 1910 and 1950, of tijdens werkuren gemiddeld over deze 40 jaar voor één ster per 10 minuten! Met de CPD erbij zijn er in Groningen onder Kapteyn en van Rhijn 1.045.945 posities en helderheden van sterren bepaald, met eenzelfde frequentie. Daarnaast werden op fotografische opnamen van diverse sterrenwachten meer dan 75.000 eigenbewegingen gemeten, voor een deel in het kader van onderzoeken los van het *Plan* zelf.

The Kapteyn Laboratory has been working on four major 'Durchmusterungen' as part of the *Plan of Selected Areas*. Already mentioned are the star counts in all these areas on photographic plates from the northern and southern stations of the Harvard Observatory. These were published in three volumes between 1918 and 1923 and contained positions and brightnesses of 231,981 stars. The catalog of the northern areas with the Mount Wilson 60-inch telescope appeared in 1930 and contained 67,941 stars, 45,448 of which were measured in Groningen. Kapteyn also had in the Milky Way and Magellanic Clouds (satellites of our Milky Way Galaxy, visible to the naked eye in the southern hemisphere) defined a *Special Plan* with 46 Areas, photographed by Harvard, but due to delays it was not published until 1952; it covered another 140,082 stars.

At the Bergedorf Sternwarte near Hamburg, the spectral types of bright stars in the Northern Kapteyn areas were determined. This was done over larger fields than the earlier counts and therefore a new series of plates had to be recorded at Harvard. Bergedorf determined spectral types and Groningen brightnesses and positions; publication was in five volumes between 1935 and 1953 and covered 173,559 stars.

This is a huge production over a long period of time. In total, for the *Plan of Selected Areas*, brightnesses and positions were measured of 591,070 stars between about 1910 and 1950, or during working hours averaged over these 40 years for one star every 10 minutes! Including the CPD, 1,045,945 positions and brightnesses of stars were determined in Groningen under Kapteyn and van Rhijn, with a similar frequency. In addition, more than 75,000 proper motions were measured on photographic recordings from various observatories, many as part of investigations independent of the *Plan* itself.



KAPTEYN'S SPECIAL AREAS 2, 5, 9 AND 24.

DARK CLOUDS IN KAPTEYN'S
SPECIAL AREAS 2, 5, 9 AND 24
AND THE PROPER MOTIONS OF
THE STARS IN THESE REGIONS

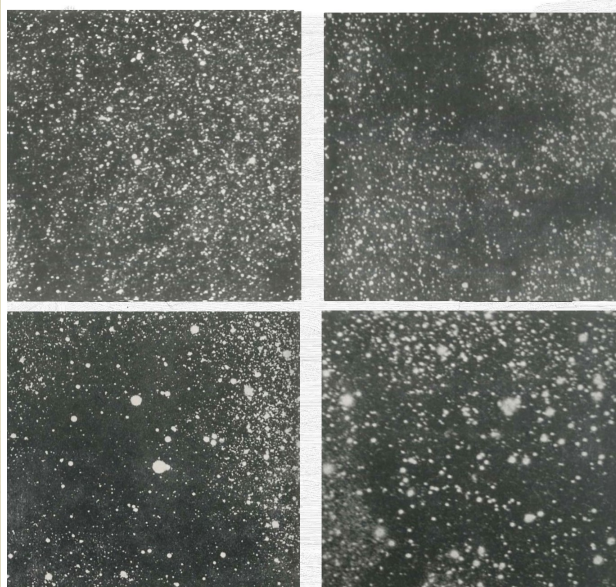
PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE AAN DE RIJKSUNIVER-
SITEIT TE GRONINGEN, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAG-
NIFICUS Dr. K. SNEYDERS DE VOGEL, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER LETTEREN, TEGEN DE BEDENKINGEN VAN
DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN
OP WOENSDAG, 18 MEI 1938, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

BROER HIEMSTRA

GEBOREN TE FINGJUM

GEBROEDERS HOITSEMA — 1938 — GRONINGEN



Van Rhijn staat bekend als de eerste die de verdeling van de lichtkracht onder sterren bepaalde, het relatieve aantal sterren van verschillende intrinsieke helderheid in een representatief volume. Deze functie was eigenlijk eerst bepaald in 1920 door Kapteyn en van Rhijn, maar in veel betrouwbaardere vorm door van Rhijn in 1925 en 1936 en staat bekend als de van Rhijn lichtkrachtwet of -functie. Deze is nog steeds geldig, alhoewel later uitgebreid naar beduidend zwakkere sterren.

Bij het Kapteyn Laboratorium zijn onder van Rhijn diverse belangrijke proefschriften geschreven, waaronder van astronomen die later toonaangevend zijn geworden. Op de foto boven vier van Rhijn promovendi, v.l.n.r. Bart Bok, Jan Oort (die zichzelf eerder een leerling van Kapteyn beschouwde dan van van Rhijn), Peter van de Kamp en Jan Schilt. Behalve Oort zijn zij in de USA en Australië werkzaam geweest in leidinggevende en toonaangevende posities.

Het meeste onderzoek van van Rhijn is gericht geweest op de interstellaire extinctie (ten onrechte vaak absorptie genoemd). De ruimtelijke verdeling is zeer onregelmatig, van min of meer uniform verspreid in lage dichtheid tot geconcentreerd in donkere wolken. Enkele 'Selected Areas' in het *Special Plan* waren daarop gericht. In een proefschrift uit 1938 zijn een viertal daarvan bestudeerd door Broer Hiemstra, die eigenbewegingen gebruikte om afstanden te bepalen (variërend van duizend tot drieduizend lichtjaar) en de hoeveelheid extinctie per wolk. Hij vond dat op enigszins blauwe golflengten in een typische wolk een derde tot drie kwart van het licht van achterliggende sterren wordt verstrooid. Hiemstra was een veelbelovende student, maar tijdens de Depressie waren er geen banen in de sterrenkunde en hij vervolgde zijn carrière in het middelbaar onderwijs.

Van Rhijn is known as the first to determine the distribution of luminosity among stars, the relative number of stars of different intrinsic brightness in a representative volume. This function was actually first determined in 1920 by Kapteyn and van Rhijn, but in much more reliable form by van Rhijn in 1925 and 1936 and is known as the van Rhijn luminosity law or function. This is still valid, although later extended to significantly fainter stars.

At the Kapteyn Astronomical Laboratory, several important dissertations were written under van Rhijn, including by astronomers who later became leading figures. The photograph at the top shows four van Rhijn PhD students, from left to right: Bart Bok, Jan Oort (who considered himself a student of Kapteyn rather than of van Rhijn), Peter van de Kamp, and Jan Schilt. Apart from Oort they have been working in the USA and Australia in leading and prominent positions.

Most of van Rhijn's research has been focused on interstellar extinction (mistakenly often called absorption). The spatial distribution is highly irregular, from more or less uniformly spread in low density to concentrated in dark clouds. Some 'Selected Areas' in the *Special Plan* focused on this. In a 1938 dissertation, four of them were studied by Broer Hiemstra, who used proper motions to determine distances (ranging from a thousand to three thousand light years) and the amount of extinction per cloud. He found that at somewhat blue wavelengths in a typical cloud, one-third to three-quarters of the light from stars behind is scattered. Hiemstra was a promising student, but there were no jobs in astronomy during the Depression and he continued his career as high school teacher.



We zagen, dat interstellare extinctie zich kenmerkt door verroding omdat blauw licht meer verstrooid wordt dan rood licht. Maar je wilt niet alleen weten of er extinctie is, maar vooral *hoeveel*. Om een gemeten verroding om te zetten in een hoeveelheid 'uitdoving' moet je de golflengte afhankelijkheid weten. Van Rhijn wilde dit meten door de helderheids-verdeling bij verschillende golflengten in spectra te vergelijken tussen twee identieke sterren, waarvan de ene veel stof in de gezichtslijn heeft en het licht van de andere weinig of geen extinctie heeft ondergaan. Rekenen op andere sterrenwachten voor waarnemingen werd steeds meer een probleem. En dus keek van Rhijn naar de mogelijkheid zelf een telescoop te verkrijgen.

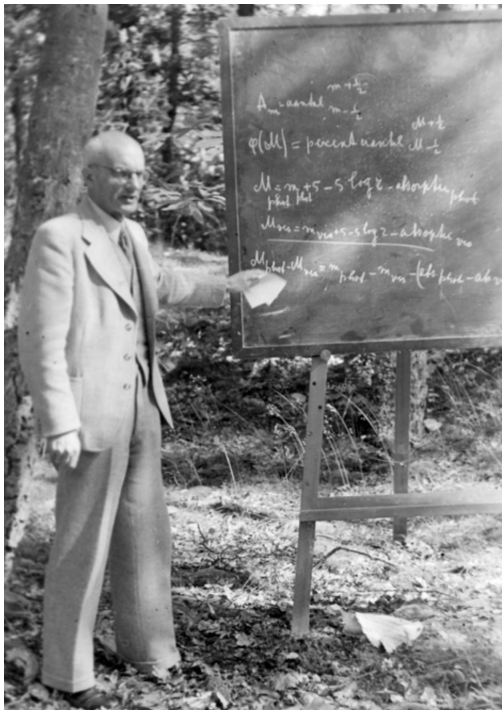
Financiering van een telescoop in Groningen werd door de Minister geweigerd; zelfs toen van Rhijn uit andere bronnen voldoende geld had verkregen voor de telescoop vond de Minister het niet nodig de kosten voor de koepel voor zijn rekening te nemen. Maar nu sprongen het Groningse Universiteits Fonds GUF en het Kapteyn Fonds bij en uiteindelijk kreeg van Rhijn de financiering van zijn telescoop toch rond. De koepel met de 55-cm spiegel telescoop verrees op het dak van het Kapteyn Laboratorium. Natuurlijk kon hij vanuit het centrum van Groningen alleen relatief heldere sterren waarnemen, want de toenemende reclame verlichting was een probleem. Van Rhijn had bij de gemeentelijke autoriteiten bedongen dat elke reclame verlichting in Groningen een speciale schakelaar op straatniveau had waar hij met een unieke sleutel bij kon om die uit te zetten.

Door de Depressie en de Tweede Wereldoorlog werd de telescoop dermate vertraagd, dat het voorgenomen onderzoek pas na 1945 op gang kwam. De resultaten door Pieter van Rhijn en student Jan Borgman (1929–2021) verkregen, zijn correct gebleken, maar inmiddels had de techniek van foto-elektrische detectoren de fotografische plaat voor dit soort werk verdrongen.

We saw, that interstellar extinction is characterized by reddening because blue light is scattered more than red light. But you do not just want to know *if* there is extinction, but more importantly *how much*. To convert a measured scattering into an amount of 'extinction', the wavelength dependence must be known. Van Rhijn wanted to measure this by comparing the brightness distribution at different wavelengths in spectra between two identical stars, one of which has a much dust in its line of sight and the light from the other has undergone little or no extinction. Counting on other observatories for observations was becoming more of a problem. And so van Rhijn looked at the possibility of obtaining a telescope for himself.

Funding for a telescope in Groningen was refused by the Minister; even when van Rhijn had obtained sufficient funding for the telescope from other sources, the Minister did not think it necessary to cover the cost of the dome. But now the Groningen University Fund GUF and the Kapteyn Fund stepped in and finally van Rhijn got the financing for his telescope. The dome with the 55-cm mirror telescope was built on the roof of the Kapteyn Laboratory. Of course, from the center of Groningen he could only observe relatively bright stars, because the increasing employment of advertising light was a problem. Van Rhijn had arranged with the municipal authorities that every installation of advertising light in Groningen had a special switch at street level that he could reach with a unique key to turn it off.

Due to the Depression and the Second World War, the telescope was delayed so such that the planned research did not get underway until after 1945. The results obtained by Pieter van Rhijn and student Jan Borgman (1929–2021) proved that the method worked, but by now the technology of photoelectric detectors had replaced the photographic plate for this kind of work.



Tijdens de Tweede Wereldoorlog kwam het werk op het Kapteyn Laboratorium tot stilstand. Adriaan Blaauw (1916–2010) werkte als assistent aan zijn proefschrift, Lukas Plaut (1910–1984) was door zijn Joodse afkomst uit Duitsland naar Leiden gevlucht, maar ook daar werd hij verdreven door de Duitse bezetter. In Groningen was hij voorlopig relatief veilig, maar is te werk gesteld aan vliegveld Havelte, ondergedoken, verraden en afgevoerd naar Duitsland. Van Rhijn kreeg tuberculose en ging langdurig naar het sanatorium. Allen overleefden de oorlog, ook Plaut die in een Duits werkkamp ondergebracht was geweest.

In de eerste jaren van de oorlog waren er nog nationale bijeenkomsten van de Nederlandse Astronomen Club en in 1941 en 1942 de eerste Astronomen Conferenties in Doorn bij Utrecht (linksboven van Rhijn, rechts Blaauw en Plaut). Later waren veel mannen ondergedoken of werkten in Duitsland. Dus het meetwerk in Groningen kwam stil te staan. Er kwamen uiteraard ook geen platen meer uit Harvard om uit te meten.

Na de oorlog kwam het werk langzaam weer op gang. Er meldden zich ook twee nieuwe studenten, beiden geboren en getogen in Groningen: in 1946 Maarten Schmidt en in 1950 Jan Borgman. De eerste vertrok na zijn Candidaatsexamen in 1949 naar Leiden en later naar de USA. Daar werd hij in de jaren 1960 de ontdekker was van de quasars, waarvoor hij in 1992 de Ubbo Emmiuspenning kreeg, de hoogste onderscheiding van de Rijksuniversiteit Groningen.

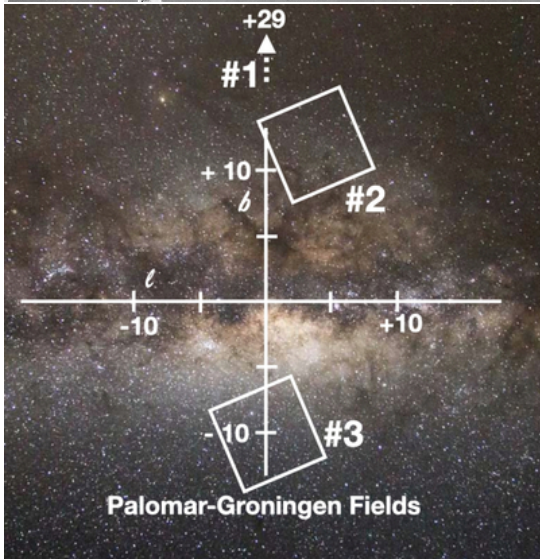
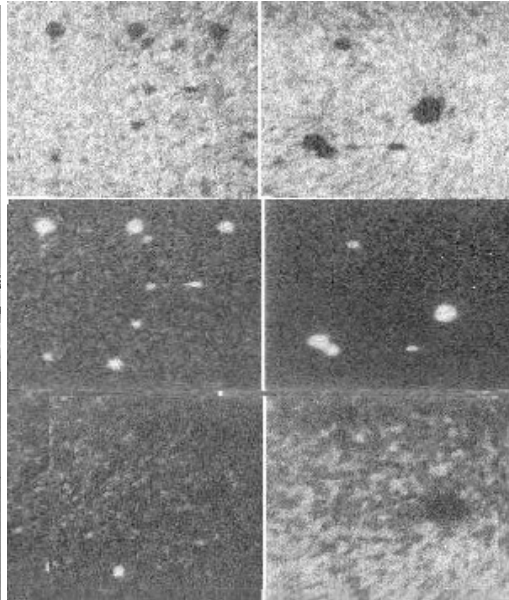
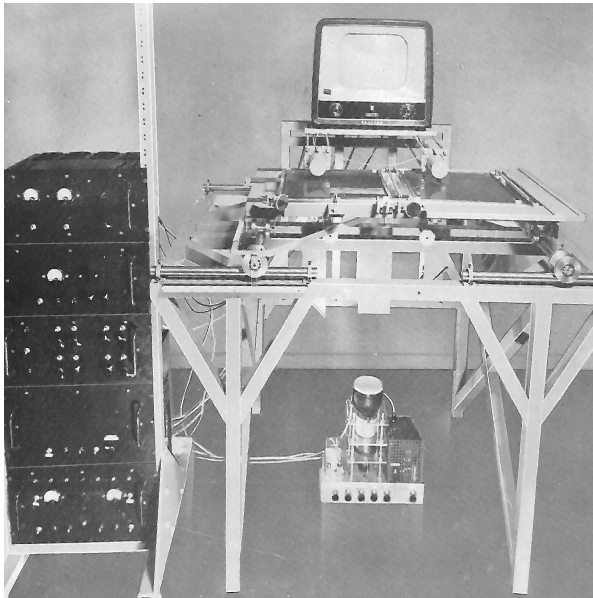
In 1953 werd op initiatief van Oort het eerste symposium van de Internationale Astronomische Unie gehouden op landgoed Vosbergen bij Eelde. Van Rhijn was gastheer, maar Blaauw en Plaut speelden een belangrijkere rol. Hier werden nieuwe onderzoeksplannen voor de structuur van ons Melkwegstelsel gedefinieerd, een informeel einde van het *Plan of Selected Areas*.

During the Second World War, work at the Kapteyn Laboratory came to a halt. Adriaan Blaauw (1916–2010) worked as an assistant on his dissertation, Lukas Plaut (1910–1984) had fled from Germany because of his Jewish descent to Leiden, but there too he was driven out by the German occupying forces. In Groningen he was relatively safe for the time being, but was put to work at Havelte airfield, went into hiding, was betrayed and transported to Germany. Van Rhijn contracted tuberculosis and went to the sanatorium for a long time. All survived the war, including Plaut who had been interned in a German labor camp.

In the first years of the war there were still national meetings of the Dutch Astronomers Club and in 1941 and 1942 the first Astronomers Conferences in Doorn near Utrecht (top left van Rhijn, top right Blaauw and Plaut). Later many men were in hiding or working in Germany. So the measuring work in Groningen came to a halt. Of course no more plates arrived from Harvard to measure anyway.

After the war the work slowly started up again. Two new students, both born and bred in Groningen, entered the university: in 1946 Maarten Schmidt and in 1950 Jan Borgman. The first left after his Candidate degree (Bachelor) in 1949 to Leiden and later to the USA. There he became in the 1960s the discoverer of quasars, for which he received in 1992 the Ubbo Emmiuspenning, the highest award of the University of Groningen.

In 1953 the first symposium of the International Astronomical Union was held at the Vosbergen Estate near Eelde. Van Rhijn was the host, but Blaauw and Plaut played a more important role. Here new research plans for the structure of our Galaxy were defined, an informal end to the *Plan of Selected Areas*.

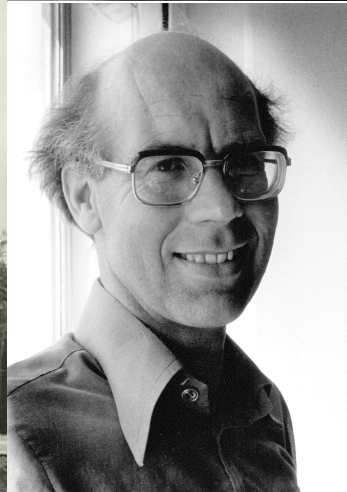
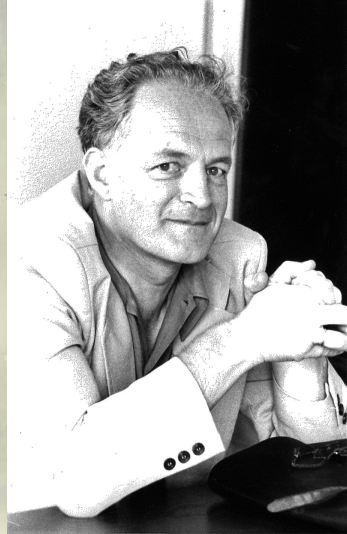


Lukas Plaut (op de foto Plaut linksonder, Borgman rechts, Schmidt middenboven) bestudeerde veranderlijke sterren met behulp van fotografische opnames op diverse tijden. De eerste stap is het identificeren van zulke sterren. Dat gebeurde met de hand in een 'blink'-comparator, waarbij je afwisselend hetzelfde gebied op twee platen zag. Dit was tijdrovend, moeilijk en vaak erg incompleet. Jan Borgman ontwierp een elektronische opstelling daarvoor (zie boven), waarbij hij het video signaal van de ene plaat en het 'reverse video' van de andere optelde, zodat alleen verschillen zichtbaar werden. Hij promoveerde hierop bij natuurkunde hoogleraar Hendrik Brinkman (1909–1994).

Plaut begon een zeer groot project waarmee de oudere component van het Melkwegstelsel, de sferische halo rond de platte schijf, in kaart gebracht kon worden. Dit project was een van de belangrijkste uitkomsten van de Vosbergen conferentie. Hiervoor gebruikte hij platen met de 48-inch wijdhoek Schmidt telescoop op Palomar Observatory in California en identificeerde daarop zogenaamde RR Lyrae sterren, te herkennen aan regelmatige helderheids-verandering, die een bekende intrinsieke lichtkracht hadden, zodat hij individuele afstanden kon bepalen. Dit met name in gebieden aan de hemel vlakbij het centrum van het Melkwegstelsel, geselecteerd op weinig extinctie, een soort vensters op de centrale delen van het stelsel. Naast de drie velden in de figuur linksonder is later 'Baade's Window' toegevoegd, een veldje met bijzonder weinig extinctie in het heldere (omdat er weinig stof is) deel rechtsonder het centrum. Dit omvangrijke project, de *Palomar-Groningen Survey of Variable Stars*, is pas in de jaren 1970 gereed gekomen en resulteerde o.a. in een nauwkeuriger meting van de afstand van het centrum van ons Melkwegstelsels (27 duizend lichtjaar).

Lukas Plaut (in the picture Plaut bottom left, Borgman right, Schmidt top center) studied variable stars using photographic recordings at various times. The first step is to identify such stars. This was done by hand in a 'blink' comparator, where you alternately saw the same area on two plates. This was time consuming, difficult and often very incomplete. Jan Borgman designed an electronic setup for this (see top left pictures), adding up the video signal from one plate and the 'reverse video' from the other, so that only differences were visible. He received his PhD on this from physics professor Hendrik Brinkman (1909–1994).

Plaut began a very large project to map of the older component of the Milky Way Galaxy, the spherical halo around the flat disk. This project was one of the major outcomes of the Vosbergen conference. For this he used photographic plates taken with the 48-inch wide-angle Schmidt telescope at Palomar Observatory in California and identified on them so-called RR Lyrae stars, recognizable from regular brightness changes, which had a known intrinsic luminosity, so that he could determine individual distances. This particularly in areas of the sky near the center of the Milky Way Galaxy, selected for little extinction, a kind of windows on the central parts of the Galaxy. In addition to the three fields in the figure bottom left, 'Baade's Window' was later added, a field of particularly low extinction in the bright (because there is little dust) part to the lower right of the center. This extensive project, the *Palomar-Groningen Survey of Variable Stars*, was not completed until the 1970s and resulted, among other things, in a more accurate measurement of the distance of the center of our Milky Way Galaxy (27 thousand light years).

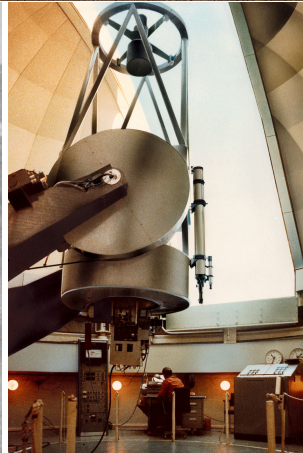


In de lange periode van Rhijn verloor het Kapteyn Laboratorium veel van zijn internationale faam, met name door de nadruk op voltooiing van het *Plan of Selected Areas*. In 1957, nadat van Rhijn nog een jaar na zijn emeritaat in functie was gebleven, aanvaardde Adriaan Blaauw het directoraat. Blaauw was kort na de oorlog bij van Rhijn gepromoveerd, maar naar Leiden vertrokken. Inmiddels was hij overgestapt naar Yerkes Observatory bij Chicago in de USA, maar bereid gevonden terug te keren naar Nederland. Hij begon onmiddellijk met een uitbreiding van de staf, die hij bedongen had. Naast Plaut en Borgman werd Hugo van Woerden (1926–2020) aangesteld (rechtsboven), met name om deel te nemen aan de opkomst van de radio sterrenkunde.

Jan Oort in Leiden had meteen na de oorlog hiertoe het initiatief genomen. De mogelijkheden van de metingen van de spectraallijn van waterstof bij een golflengte van 21 cm, voorgesteld door Henk van de Hulst (1918–2000), waren in eerste instantie gerealiseerd met een overgebleven Würzburg Riese radar-antenne van de Duitse Atlantikwall, nadat deze was opgesteld te Kootwijk. Daarmee kon het koude, atomaire waterstof in de interstellaire ruimte in ons Melkwegstelsel worden bestudeerd. Hiervoor werd de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg, SRZM, later Astronomisch Onderzoek in Nederland, ASTRON, opgericht onder auspiciën van de Nederlands Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, ZWO, later zonder het ‘Zuiver’ NWO. Van Woerden was vanaf een vroeg stadium bij de ontwikkelingen in Kootwijk betrokken geweest. In 1956 was de 25 meter radiotelescoop in Dwingeloo in gebruik genomen, die zelfs korte tijd de grootste ter wereld was. In 1963 werd de van oorsprong Zwitserse astronoom Ulrich Schwarz (1932–2018) aan de groep toegevoegd (rechtsonder).

During van Rhijn’s long directorship, the Kapteyn Laboratory lost much of its international fame, particularly because of the emphasis on completion of the *Plan of Selected Areas*. In 1957, after van Rhijn had remained in office for another year after his retirement, Adriaan Blaauw accepted the directorship. Blaauw had received his doctorate from van Rhijn shortly after the war, but had left for Leiden. In the meantime, he had transferred to Yerkes Observatory near Chicago in the USA, but agreed to return to the Netherlands. He immediately began to expand the staff, which he had negotiated. In addition to Plaut and Borgman, Hugo van Woerden (1926–2020) was appointed (top right), to participate in the advent of radio astronomy.

Jan Oort in Leiden had taken the initiative for this immediately after the war. The possibilities of measurements of the spectral line of hydrogen at a wavelength of 21 cm, proposed by Henk van de Hulst (1918–2000), had initially been realized with a leftover Würzburg Riese radar antenna from the German Atlantikwall, after it had been set up at Kootwijk. This allowed the study of cold, atomic hydrogen in interstellar space in our Milky Way Galaxy. For this purpose, the Foundation Radioradiation of Sun and Milky Way, SRZM, later Astronomical Research in the Netherlands, ASTRON, was founded under the auspices of the Netherlands Organization for Pure Scientific Research, ZWO, later without the ‘Pure’ NWO. Van Woerden had been involved in the developments at Kootwijk from an early stage. In 1956 the 25-meter radio telescope in Dwingeloo had been put into operation, and for a short time it was the largest in the world. In 1963 the originally Swiss astronomer Ulrich Schwarz (1932–2018) was added to the group (bottom right)



In 1953 stelden de Duits-Amerikaanse astronoom Walter Baade en Jan Oort voor een grote Europese sterrenwacht te bouwen op het zuidelijk halfrond en rond de Vosbergen Conferentie is daar uitgebreid over gesproken. Blaauw speelde een belangrijke rol bij het verdere opzetten en uitwerken van die plannen. Na zijn terugkeer uit Amerika pakte hij dat uitvoerig weer op. De originele plannen waren om die sterrenwacht in Zuid-Afrika te bouwen en daarvoor moest 'site testing' gedaan worden om de meest geschikte plaats ervoor te vinden. Blaauw stelde daarvoor André Muller (1918–2006) aan om daarin het voortouw te nemen (middenonder). Muller was in Leiden gepromoveerd en had enige jaren op het Zuidelijk Station van de Sterrewacht in Zuid-Afrika gewerkt. Op deze wijze werd het Kapteyn Laboratorium een belangrijke schakel in de voorbereidingen voor de bouw van de Europese zuidelijke sterrenwacht.

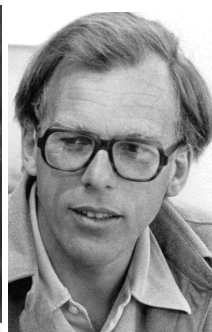
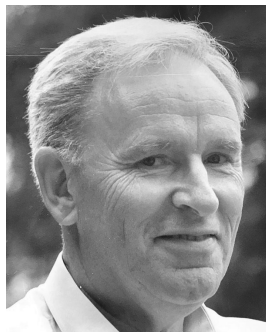
Uiteindelijk werd besloten de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili te bouwen en Muller werd weer betrokken bij het zoeken naar een geschikte locatie daar. Vervolgens werd hij, inmiddels in dienst van ESO, een belangrijke factor in het opzetten van de sterrenwacht te La Silla (de foto boven toont de situatie in de jaren 1980). Blaauw bleef actief voor ESO met name als parttime wetenschappelijk directeur en in 1970 als Directeur Generaal, waarvoor hij het Kapteyn Laboratorium verliet. In 1975 ging hij naar Leiden, maar keerde na zijn emeritaat terug naar Groningen. Het schilderij linksonder van Blaauw is gemaakt door Matthijs Röling en hangt in de Kapteynkamer.

Eén van de eerste telescopen die op La Silla werd geïnstalleerd was de 1-meter fotometrische telescoop. Het mechanisch gedeelte werd gebouwd in Nederland door de firma Rademakers en voorzien van apparatuur voor foto-electrische metingen ontworpen en gebouwd onder leiding van Jan Borgman. De telescoop (rechtsonder) met de fotometer werd in gebruik genomen in 1966.

In 1953, the German-American astronomer Walter Baade and Jan Oort proposed to build a large European observatory in the southern hemisphere, and around the Vosbergen Conference this was discussed at length. Blaauw played an important role in the further establishment and development of those plans. After his return from America he picked that up extensively. The original plans were to build that observatory in South Africa and for that 'site testing' had to be done to find the most suitable place. To this end, Blaauw appointed André Muller (1918–2006) to take the lead in this (bottom center). Muller had obtained his doctorate in Leiden and had worked for several years at the Southern Station of the Leiden Observatory in South Africa. In this way the Kapteyn Laboratory became an important link in the preparations for the construction of the European Southern Observatory.

Eventually it was decided to build the European Southern Observatory in Chile and Muller again became involved in the search for a suitable location there. Then, now employed by ESO, he became instrumental in setting up the observatory at La Silla (the photograph at the top shows the situation in the 1980s). Blaauw remained active for ESO notably as part-time scientific director and in 1970 as Director General, for which he left the Kapteyn Laboratory. In 1975 he went to Leiden, but returned to Groningen after his retirement. The painting in the lower left of Blaauw was made by Matthijs Röling and hangs in the Kapteyn room.

One of the first telescopes installed at La Silla was the 1-meter photoelectric telescope. The mechanical part was built in the Netherlands by the Rademakers company and equipped with equipment for photo-electric measurements designed and built under the direction of Jan Borgman. The telescope (bottom right) with photometer was put into operation in 1966.



Jan Borgman (middelste foto boven) zette, nadat Blaauw het directoraat had overgenomen, het werk naar de golflengte afhankelijkheid van interstellair verstrooiing voort door waarnemingprogramma's op diverse Amerikaanse sterrenwachten, waar hij foto-electrische technieken toepaste. Hij breidde zijn studies uit naar fotometrie op verre ultraviolette en infrarode golflengten. Bij zijn komst had Blaauw ook fondsen bedongen voor een sterrenwacht en dit resulteerde in de Kapteyn Sterrenwacht in Roden. Deze Kapteyn Sterrenwacht werd in 1965 geopend en Borgman werd directeur. De koepel bevatte een 62-cm spiegel telescoop. Omdat de klimatologische omstandigheden in Drenthe verre van optimaal zijn voor astronomisch werk, werd het een plaats waar apparatuur voor telescopen elders, in eerste instantie ESO, werd ontworpen, gebouwd en aan de telescoop getest.

Het werk in Roden verruimde zich naar het verre infrarood met behulp van ballonnen in Zuid-Frankrijk met de Franse ruimtevaartorganisatie CNES. Maar Borgman wilde ook het ultraviolet ontsluiten en dat moest vanuit de ruimte. In 1969 werd de 'Werkgroep Fotometrie' door Borgman opgericht en werd fysicus Reinder van Duinen (rechtsboven) aangetrokken. De Werkgroep, ook wel Afdeling Ruimteonderzoek, werd in 1983 verenigd met vergelijkbare onderzoeksgroepen in Utrecht en Leiden in de Stichting RuimteOnderzoek Nederland SRON en werd ondergebracht bij ZWO, later NWO.

Borgman verlegde in de jaren 1970 zijn interesse naar bestuurlijk werk. Eerst werd hij Decaan van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, vervolgens Rector Magnificus, Voorzitter van het College van Bestuur van de Rijksuniversiteit Groningen, voorzitter van NWO en voorzitter van de European Science and Technology Assembly van de European Commission.

After Blaauw had taken over the directorship, Jan Borgman (photograph top center), continued work on the wavelength dependence of interstellar scattering through observing programs at various American observatories, where he applied photoelectric techniques. He extended his studies to photometry at far ultraviolet and infrared wavelengths. Upon his arrival Blaauw had also negotiated funds for an observatory and this resulted in the Kapteyn Observatory in Roden. This observatory was opened in 1965 and Borgman became its director. The dome contained a 62-cm reflecting telescope. Because the climatic conditions in Drenthe are far from optimal for astronomical work, it became a place where equipment for telescopes elsewhere, initially ESO, was designed, built and tested on the telescope.

The work in Roden broadened into the far infrared using balloons in the south of France with the French space organization CNES. But Borgman also wanted to open up the ultraviolet and that had to be done from space. In 1969 the 'Working Group Photometry' was founded by Borgman and physicist Reinder van Duinen (top right) was recruited. The Working Group, also known as the Space Research Division, merged in 1983 with similar research groups in Utrecht and Leiden in the Foundation Space Research Netherlands (SRON) under ZWO, later NWO.

In the 1970s Borgman shifted his interest to administrative work. First he became Dean of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, then Rector Magnificus, Chairman of the Executive Board of the University of Groningen, Chairman of NWO and Chairman of the European Science and Technology Assembly of the European Commission.

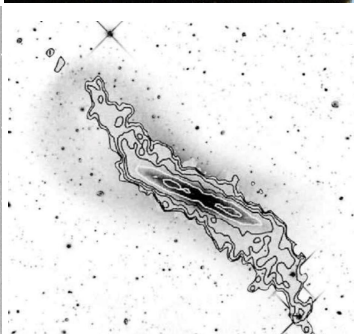
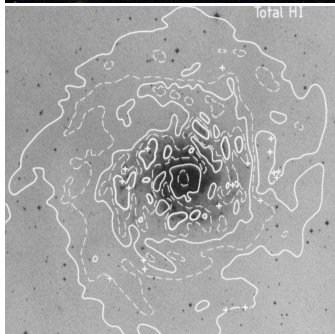
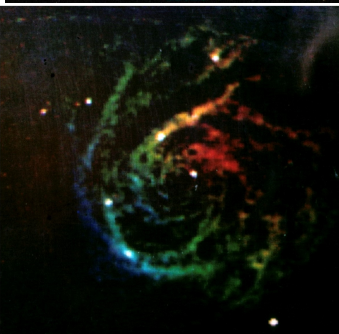
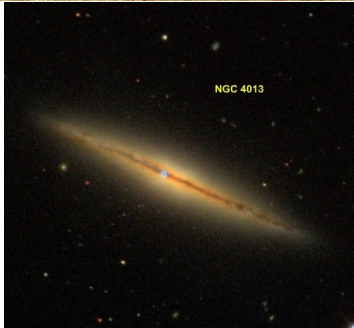
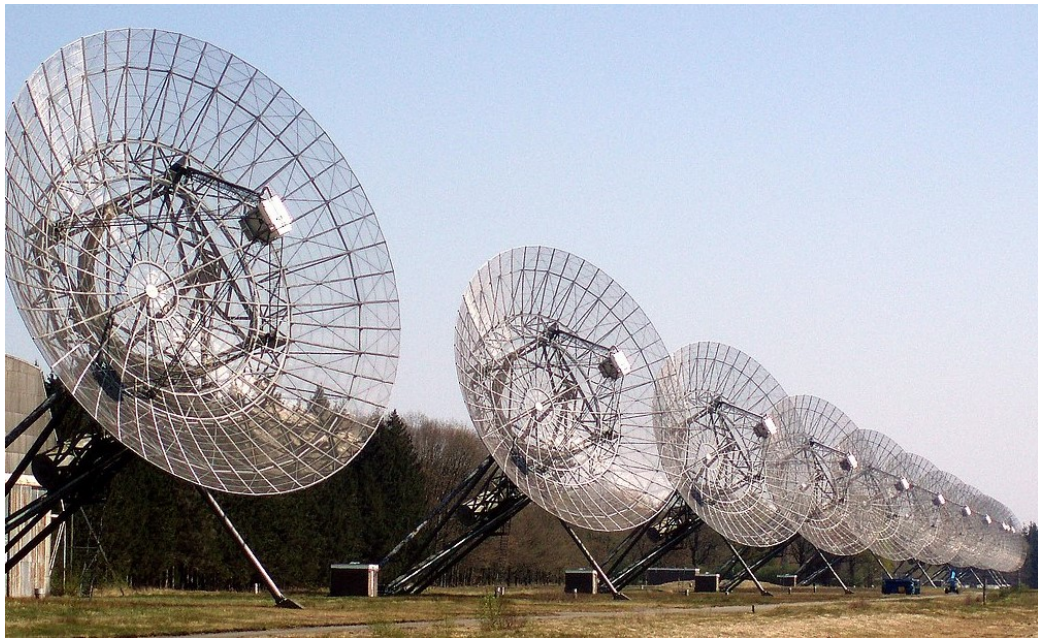


Het Kapteyn Laboratorium werd al snel te klein en nadat de radio groep enige jaren elders was ondergebracht, verhuisde de Groningse sterrenkunde in 1970 naar het nieuwe Paddepoel (naam van de stadswijk) complex aan de noordkant van de stad. Samen met de afdeling Ruimteonderzoek werd het ondergebracht in het WSN-gebouw, een hoogbouw oorspronkelijk bestemd, zoals de afkorting aangeeft, voor wiskunde, sterrenkunde en natuurkunde. Maar van de laatste komt alleen de afdeling theoretische natuurkunde en het gebouw wordt vooral gebruikt voor economie, bedrijfskunde en ruimtelijke wetenschappen. De astronomie betreft de op de foto verste helft: Ruimteonderzoek de eerste en tweede etage en het Kapteyn Laboratorium de derde.

Het is de tijd van grote veranderingen. De radioastronomen gaan vanaf 1970 de Westerbork Synthese Radiotelescoop (WSRT) gebruiken. En de radiogroep wordt in de jaren 1970 verder uitgebreid. De Werkgroep Fotometrie onder Borgman gaat onderzoek doen met satellieten. Samen met Utrecht, andere Nederlandse organisaties en NASA wordt de Astronomische Nederlandse Satelliet (ANS) gebouwd met o.a. een ultraviolet telescoop van Groningen. Aan het WSN-gebouw verbonden wordt een Universitair Reken Centrum ingericht voor de vele computer handelingen die voor de verwerking van de data van deze faciliteiten noodzakelijk zijn geworden. Er wordt een speciaal reductie pakket ontwikkeld, het Groningen Image Processing SYstem GIPSY, vooral voor Westerbork studies van de neutrale waterstof in nabije melkwegstelsels. Ook wordt voor vergelijking met de verdeling van sterren een systeem voor optische (fotografische) oppervlakte fotometrie ontwikkeld.

The Kapteyn Laboratory soon became too small, and after the radio group was housed elsewhere for several years, Groningen's astronomy moved to the new Paddepoel ('Toadpuddle', name of the suburb) complex on the north side of town in 1970 onward. Together with the Space Research Department, it was housed in the WSN building, a high-rise originally intended, as the Dutch acronym indicates, for mathematics, astronomy and physics. But of the latter, only the Department of Theoretical Physics moved in, and the building was used primarily for economics, management sciences and spatial sciences. Astronomy occupied the farthest half shown in the photo: Space Research the first and second floors and the Kapteyn Laboratory the third floor.

It is the time of great changes. From 1970 onward the radio astronomers started using the Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT). And the radio group continued to expand in the 1970s. The Working Group Photometry under Borgman started doing research with satellites. Together with Utrecht, other Dutch organizations and NASA, the Astronomical Netherlands Satellite (ANS) was built, including an ultraviolet telescope from Groningen. Attached to the WSN building was a University Computing Center for the many computer operations that had become necessary to process the data from these facilities. A special reduction package, the Groningen Image Processing SYstem GIPSY, was being developed especially for Westerbork studies of the neutral hydrogen in nearby galaxies. A system for optical (photographic) surface photometry was also being developed for comparison with the distribution of stars.



De Radiogroep in Groningen verlegde met de komst van de Westerbork radiotelescoop het focus van ons eigen Melkwegstelsel naar andere, nabije melkwegstelsels en dat spitste zich vooral toe op de meting van interstellair gas, waterstof atomen die verspreid door het stelsel liggen, en waargenomen kunnen worden bij een golflengte van 21 cm. De Groningse groep werd hierin wereldleider.

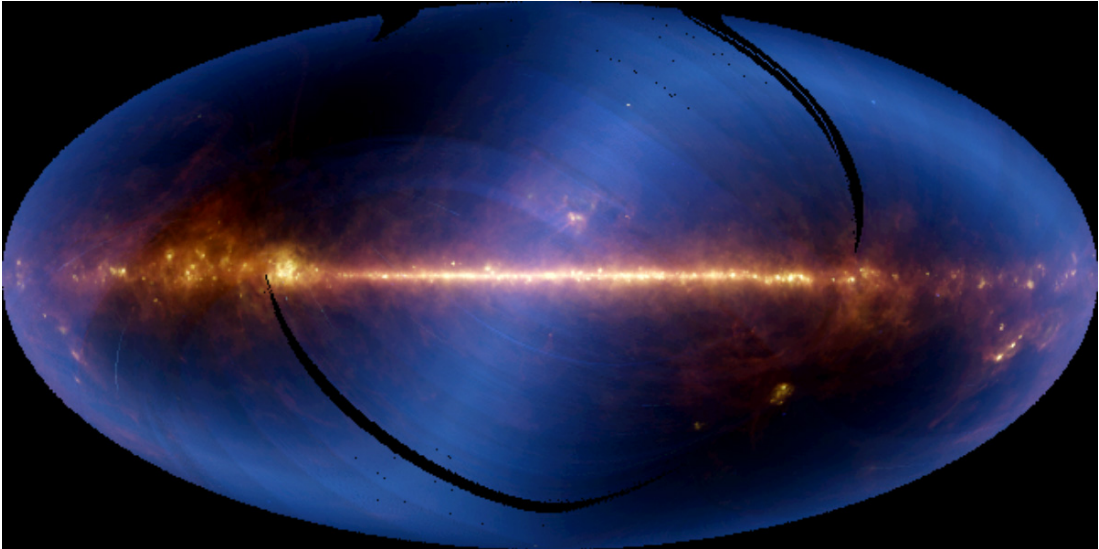
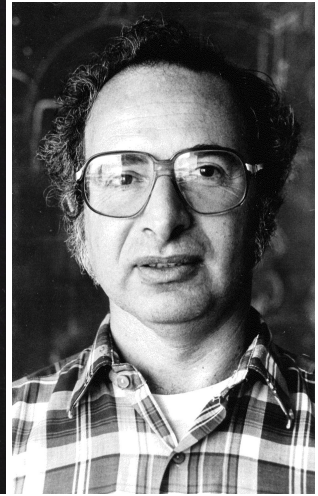
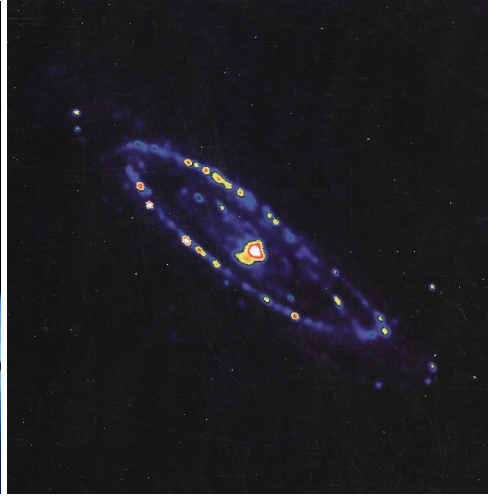
Belangrijke vindingen daarbij waren, dat het gas zich concentreert in de spiraal armen (linksonder het stelsel M101 in optisch en radio). De rotatie van een stelsel kon uit de snelheden aan de hemel worden afgeleid (in de figuur blauw waar het t.o.v. het centrum van het stelsel naar ons toekomt en rood als de snelheid van ons af gericht is). Het gas strekt zich veel verder uit dan de sterren in het stelsel (middenonder) en als het melkwegstelsel op z'n kant gezien wordt wijkt het vaak sterk af van het vlak van de stellaire schijf (rechtsonder). Een vergelijking van de helderheidsverdeling in het sterlicht en de rotatie op grote afstanden van het centrum toont aan dat er enorme hoeveelheden materie moeten zijn, dat zich uit in zwaartekracht, maar geen waarneembare hoeveelheden licht uitzendt. Het is nog steeds niet duidelijk wat deze mysterieuze 'donkere materie' is.

Met de Westerbork radiotelescoop is nog een heel scala van ander werk gedaan, vaak ook bij andere golflengten, in het gebied van interstellair medium, objecten in het Melkwegstelsel, zoals pulsars, tot grote actieve radiostelsels en quasars. Voor het onderwijs is een kleine twee-element interferometer op de campus gebouwd, de Paddepoel Quasi Radio Synthese Telescoop PQRS.

With the arrival of the Westerbork radio telescope, the Radio Group in Groningen shifted its focus from our own Milky Way Galaxy to other, nearby galaxies, and focused mainly on the measurement of interstellar gas in those galaxies, hydrogen atoms scattered throughout the galaxy, which can be observed at a wavelength of 21 cm. The Groningen group became world leader in this field.

Important discoveries were that the gas concentrates in the spiral arms (in the lower left the galaxy M101 in optical and radio). The rotation of a galaxy could be deduced from its velocities in the sky (in the figure blue where it is towards us relative to the center of the galaxy and red where it is away from us). The gas extends much farther than the stars in the galaxy (bottom center) and when the galaxy is seen edge-on it often deviates strongly from the plane of the stellar disk (bottom right). A comparison of the brightness distribution in the starlight and the rotation at great distances from the center shows that there must be enormous amounts of matter, which manifests itself in gravity, but does not emit observable light. It is still not clear what this mysterious 'dark matter' is.

A whole range of other work has been done with the Westerbork radio telescope, often at other wavelengths, in the area of interstellar medium, objects in the Milky Way Galaxy, like pulsars, to large active radio galaxies and quasars. For educating students a small two-element interferometer was built on the campus, the Paddepoel Quasi Radio Synthesis Telescope (PQRS)



Met ANS werden o.a. waarnemingen gedaan van het ultraviolet licht van sterrenhopen en stervormingsgebieden in ons en andere melkwegstelsels. De Groningse afdeling Ruimteonderzoek (sinds 1983 deel van de Stichting SRON) richtte vervolgens de aandacht op het infrarood. Het initiatief voor een infrarood satelliet mondde uiteindelijk uit in de InfraRed Astronomical Satellite IRAS (linksboven), een samenwerking van Nederland, de VS en het VK. De SRON bijdrage was de 'Low Resolution Spectrometer' (LRS), die van puntbronnen boven een zekere helderheid een spectrum maakte, maar wel met weinig detail in golflengte.

IRAS was een revolutie in de astronomie in het infrarood. De onderste figuur toont the hele hemel, zoals door de satelliet in kaart gebracht. De kleur is op grond van opnamen in drie golflengten gebieden van 12 tot 100 micron. De centrale heldere, horizontale lijn toont het vlak van het Melkwegstelsel. Het astronomisch werk in Groningen met IRAS gegevens bleef niet beperkt tot LRS. Ontwikkeling van nieuwe software benaderingen resulteerde in de mogelijkheid om plaatjes te maken van o.a. nabije melkwegstelsels, zoals van de Andromedanevel (midden boven), het dichtstbijzijnde grote melkwegstelsel. Dat laatste is bij 69 micron golflengte en kleur correspondeert nu met helderheid.

Stuart Pottasch (1932–2018) werd in 1963 als hoogleraar in de theoretische astrofysica benoemd. Hij werd een wereldleider op het gebied van planetaire nevels, schillen om sterren uitgestoten in een laat evolutie stadium. Hij gebruikte met zijn studenten en medewerkers satellieten in de ruimte alswel telescopen op aarde; met name was hij een uitgebreid gebruiker van IRAS en andere faciliteiten waar SRON bij betrokken was.

With ANS, observations were made of the ultraviolet light from star clusters and star-forming regions in our and other galaxies, among other things. The Space Research department in Groningen (since 1983 part of the SRON Foundation) then turned its attention to the infrared. The initiative for an infrared satellite ultimately resulted in the InfraRed Astronomical Satellite IRAS (top left), a collaboration between the Netherlands, the USA and the UK. The SRON contribution was the 'Low Resolution Spectrometer' (LRS), which made a spectrum of point sources above a certain brightness, but with little detail in wavelength.

IRAS was a revolution in astronomy in the infrared. The lower figure shows the entire sky as mapped by the satellite. The color is based on recordings in three wavelength areas from 12 to 100 microns. The central bright horizontal line shows the plane of the Milky Way Galaxy. The astronomical work in Groningen with IRAS data was not limited to LRS. Development of new software approaches resulted in the ability to make images of nearby galaxies, such as of the Andromeda Galaxy (top center), the nearest large galaxy. This picture is at 69 microns wavelength and color now corresponds to brightness.

Stuart Pottasch (1932–2018) was appointed professor of theoretical astrophysics in 1963. He became a world leader in the field of planetary nebulae, shells around stars ejected at a late evolutionary stage. He used satellites in space as well as telescopes on Earth with his students and fellow workers; in particular he was an extensive user of IRAS and other facilities that SRON was involved with.

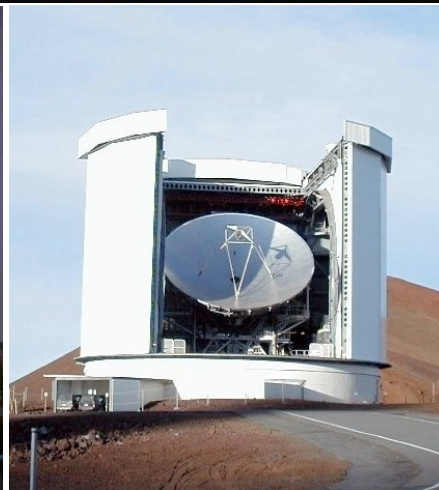


De expansie van het Kapteyn Laboratorium en Ruimteonderzoek noodzaakte ook dat er weer werd uitgezien naar een ruimere huisvesting. De bouw van instrumenten voor satellieten werd ook moeilijker in het WSN-gebouw. Bij de ontwikkeling van de universitaire campus werd een nieuw, multifunctioneel, gebouw gepland, dat voor een groot deel naast collegezalen en kantine, werd toegewezen aan de astronomie en het ruimteonderzoek. In eerste instantie (in 1983) kwamen de laboratoria van SRON op de benedenverdieping en het Kapteyn Laboratorium op de eerste etage. In de loop der tijd heeft verdere uitbreiding geleid tot de huidige situatie, waarbij ook bijna de hele tweede etage voor deze instituten werd bestemd. Het gebouw werd eerst aangeduid als Zernikegebouw, later Kapteynborg.

De radio groep met vooral gebruik van de Westerbork Radiotelescoop, het onderzoek van Pottasch en anderen, allen met bijbehorend een groeiend aantal promovendi en postdocs, en de respectabele aantallen sterrenkunde studenten, vormden binnen de universiteit een zeer actieve onderwijs en onderzoeks organisatie met veel internationale kontakten. De foto van de radiogroep (onder, uit 1982) is dan ook incompleet, twee stafleden waren op werkbezoek in het buitenland en één van de seniore leden was inmiddels naar een leidinggevende positie in de VS vertrokken (zie de kleine inzet foto's). Deze foto is genomen in de Kapteynkamer in het WSN-gebouw, die is ingericht met bureau, boekenkast, en dergelijke die Kapteyn zelf gebruikte. Nog steeds houdt het Instituut een Kapteynkamer in stand.

The expansion of the Kapteyn Laboratory and Space Research also necessitated that more spacious housing was again sought. The construction of instruments for satellites also became cumbersome in the WSN building. With the development of the university campus, a new, multi-purpose, building was planned, much of which, except for lecture halls and canteen, was allocated to astronomy and space research. Initially (in 1983), SRON's laboratories were located on the ground floor and the Kapteyn Laboratory on the second floor. Over time, further expansion led to the current situation, in which almost the entire second floor was also assigned to these institutes. The building was first referred to as Zernikegebouw, later Kapteynborg.

The radio group with its use of the Westerbork Radiotelescope, the research of Pottasch and others, all accompanied by a growing number of PhD students and postdocs, and the respectable numbers of astronomy students, formed within the university a very active teaching and research organization with many international contacts. The photograph of the radio group (bottom, from 1982) is therefore incomplete, two staff members were on a working visit abroad and one of the senior members had left for a leadership position in the USA (see the small inset photographs). This photograph was taken in the Kapteyn Room in the WSN building, which was furnished with desk, bookcase, and the like that Kapteyn himself used. The Institute still maintains a Kapteyn room.



De jaren 1980 waren met name een tijd van uitbreiding van waarneemfaciliteiten. Bij de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili was de 3.6 meter telescoop in gebruik genomen, maar voor optische studies parallel aan Westerbork radio werk, per definitie in het noordelijk halfrond, waren er geen optische telescopen die voor Nederlandse astronomen vrijelijk beschikbaar waren. In 1981 werd een overeenkomst met de Britse Science and Engineering Research Council SERC gesloten waarbij Nederland (ZWO) voor 20% ging deelnemen in de Britse telescopen op de Roque de los Muchachos Sterrenwacht op La Palma, Canarische Eilanden. De drie optische telescopen (in de koepels van rechts naar links) waren de 1-m Jacobus Kapteyn Telescoop (zie eerder), de 2.5-m Isaac Newton Telescoop (foto linksonder) and de 4.2-m William Herschel Telescoop (zie pag. 70). Het Kapteyn Instituut heeft jarenlang een astronoom tijdelijk op La Palma gestationeerd.

Om beter instrumenten te kunnen bouwen werden de optische werkplaatsen van Leiden en Groningen gecombineerd in Roden. Deze Kapteyn Sterrenwacht Werkgroep KSW had ook recht op mankracht uit Utrecht. Deze groep heeft instrumenten gebouwd voor La Palma, o.a. een speciaal instrument 'Taurus' (vanwege de vorm, die aan een stier deed denken) om snelheidsvelden in melkwegstelsels en andere nevels te meten in optische emissielijnen en een Planetaire Nevel Spectrograaf.

De door de Britten geplande (sub-)millimeter telescoop, die deel van de overeenkomst was, werd uiteindelijk op Hawaii gebouwd en Canada trad toe, de 15-m James Clerk Maxwell Telescoop (rechtsonder). SRON werd door de aanwezige expertise, in samenwerking met Technische Natuurkunde, wereld expert in het bouwen van ontvangers voor sub-millimeter straling.

The 1980s were particularly a time of expansion of observing facilities. At the European Southern Observatory in Chile, the 3.6-meter telescope had come into use, but for optical studies parallel to Westerbork radio work, by definition of the northern hemisphere, there were no optical telescopes freely available to Dutch astronomers. In 1981, an agreement was signed with the British Science and Engineering Research Council SERC whereby the Netherlands (ZWO) was going to participate for 20% in the British telescopes at the Roque de los Muchachos Observatory on La Palma, Canary Islands. The three optical telescopes (in the domes from right to left) were the 1-m Jacobus Kapteyn Telescope (pictured earlier), the 2.5-m Isaac Newton telescope (pictured bottom left) and the 4.2-m William Herschel Telescope. The Kapteyn Institute has for many years temporarily seconded an astronomer on La Palma.

To be able to better build instruments the optical workshops of Leiden and Groningen were combined in Roden. This Kapteyn Observatory Working Group KSW was also entitled to manpower from Utrecht. This group built instruments for La Palma, including a special instrument 'Taurus' (because of its shape, which reminded of a bull) to measure velocity fields in galaxies and other nebulae in optical emission lines and a Planetary Nebula Spectrograph.

The (sub-)millimeter telescope planned by the British, which was part of the agreement, was eventually built in Hawaii, and Canada joined in, the 15-m James Clerk Maxwell Telescope (bottom right). SRON became world expert in building receivers for sub-millimeter radiation, in collaboration with Applied Physics.



De radiotelescoop in Westerbork is gebaseerd op het principe van apertuur synthese. Combineer de signalen van twee telescopen en correleer deze (als een interferentie van twee golven). Dit heet interferometrie. Doe dit voor alle richtingen door 12 uur achtereen te meten terwijl vanuit het object aan de hemel gezien de lijn tussen de twee telescopen door 180° ronddraait. Doe dit voor zoveel mogelijk afstanden tussen de twee telescopen en een combineer al die signalen, zodat als het ware de beeldvorming in het brandpunt van een spiegel of apertuur van een telescoop met een afmeting met de maximale afstand, die gebruikt is, wordt nagebootst.

Het kleinste detail dat je aan de hemel kunt zien met een telescoop, maar ook met het blote oog, neemt toe met de golflengte en af met de diameter van de apertuur. Voor een optische telescoop is het een tiende boogseconde of zo, voor het oog 2 boogminuten, maar voor de 25-m Dwingeloo radiotelescoop op 21 cm een halve graad. Bij radiostraling is de afmeting cruciaal. Daarbij moet het gecombineerde oppervlak van de element telescopen samen zo groot mogelijk zijn voor grotere gevoeligheid.

In de jaren 1980 waren de Groningse wensen voor nieuwe faciliteiten velerlei: een zeer grote radiotelescoop voor midden tot lange golflengten met veel elementen over een groot, storingsvrij gebied; hetzelfde voor (sub-)millimeter astronomie, maar dan op een hoge, droge lokatie, omdat waterdamp in de atmosfeer die straling absorbeert; een grote optische telescoop, liefst bestaande uit diverse elementen om ook apertuur synthese te doen; en in de ruimte de uitgestelde lancering van Hubble Space Telescope en een satelliet voor het nabije en verre infrarood. Uiteraard te bereiken via nationale en internationale samenwerking.

De foto toont de medewerkers van het Kapteyn Instituut en het Laboratorium voor Ruimteonderzoek in 1989, bij het 375-jarig bestaan van de Rijks-universiteit Groningen.

The radio telescope in Westerbork is based on the principle of aperture synthesis. Combine the signals from two telescopes and correlate these (as an interference of two waves). This is called interferometry. Do this for all directions by measuring for 12 hours, while as seen from the object in the sky, the line between the two telescopes rotates through 180° . Do this for as many distances between the two telescopes as possible and a combine all those signals so that, as it were, the image formation in the focal point of a mirror or aperture of a telescope with a size of the maximum distance used, is imitated.

The smallest detail you can see in the sky with a telescope, as well as with the naked eye, increases with wavelength and decreases with aperture diameter. For an optical telescope it is a tenth of an arc second or so, for the eye 2 arc minutes, but for the 25-m Dwingeloo radio telescope at 21 cm half a degree. In radio radiation, size is crucial. At the same time, the combined area of the element telescopes together must be as large as possible for greater sensitivity.

In the 1980s the Groningen wishes for new facilities were many: a very large mid- to long wavelength radio telescope with many elements over a large, interference-free area; the same for (sub-)millimeter astronomy, but then at a high, dry location, because water vapor in the atmosphere absorbs that radiation; a large optical telescope, preferably consisting of several elements to also do aperture synthesis; and in space the delayed launch of Hubble Space Telescope and a satellite for the near and far infrared. Of course to be achieved through national and international cooperation.

The photograph shows the staff of the Kapteyn Institute and the Laboratory for Space Research in 1989, at the 375th anniversary of the University of Groningen.



The NOVA alliance



In de jaren 1990 werd de bestaande samenwerking tussen de astronomische instituten in Amsterdam, Groningen, Leiden en Utrecht verstevigd met de oprichting van de Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie NOVA. Eerst was dit een verband zonder aparte financiering, maar in 1998 werd in een selectie ronde onder de bestaande honderd of zo zulke scholen, de 'Dieptestrategie', NOVA gekozen als de nummer 1 top-onderzoekschool met tien jaar extra financiering. Een deel daarvan werd gebruikt voor tijdelijke onderzoeksposities, maar ook een aanzienlijk deel om ontwikkeling van waarneeminstrumenten te financieren, die vervolgens in meestal internationale consortia in het kader van grote faciliteiten werden gebouwd. Dit bleek met name van vitaal belang om betrokken te blijven bij de ontwikkelingen van ESO in Chili. Zoals SRON het nationale instituut is om optimaal van het ESA lidmaatschap te profiteren, en ASTRON een dergelijke functie vervult in de radio astronomie, werd NOVA de organisatie die die rol vervult voor het ESO lidmaatschap. Uiteindelijk werd NOVA één van slechts twee 'exemplarische' scholen en de financiering is sindsdien telkens verlengd. In Utrecht werd de sterrenkunde gesloten, maar de Radboud Universiteit Nijmegen nam dit over.

In Groningen werden informeel het Kapteyn Laboratorium, de Kapteyn Sterrenwacht en het onderzoeksdeel van SRON gezamenlijk aangeduid als het Kapteyn Instituut. Het Laboratorium werd in 1994 erkend als een onderzoeksinstituut met een formele status en bescherming en kreeg formeel de naam Kapteyn Instituut. In 1995 werd de KSW onder auspiciën van NOVA als optische/infrarood groep bij de Dwingeloo Radiosterrenwacht van de Stichting ASTRON ondergebracht als één van de 'NOVA labs'. Een andere is de sub-millimeter instrumentatie groep bij het Kapteyn Instituut met SRON als gastheer.

In the 1990s the existing cooperation between the astronomical institutes in Amsterdam, Groningen, Leiden and Utrecht was strengthened with the establishment of the Dutch Research School for Astronomy NOVA. In the beginning this was a federation without separate funding, but in 1998 in a selection round among the existing one hundred or so such schools, the 'Incentives Bonus Scheme', NOVA was chosen as the number 1 top research school with ten years of additional funding. Some of this was used for temporary research positions, but also a significant portion to fund development of observational instruments, which were then built in mostly international consortia in the context of large facilities. This proved particularly vital in staying involved with ESO developments in Chile. Just as SRON is the national institute to take full advantage of ESA membership, and ASTRON fulfills such a function in radio astronomy, NOVA became the organization that fulfills that role for ESO membership. Eventually NOVA became one of the only two 'exemplary' schools, and its funding has been renewed each time since. In Utrecht, astronomy was disbanded, but Radboud University Nijmegen took over.

In Groningen, the Kapteyn Laboratory, the Kapteyn Observatory, and the research part of SRON were informally referred to jointly as the Kapteyn Astronomical Institute. The Laboratory was recognized as a research institute with formal status and protection in 1994 and was formally named Kapteyn Astronomical Institute. In 1995 the KSW was under auspices of NOVA relocated to the Dwingeloo Radio Observatory as one of the 'NOVA labs'. Another one is the sub-millimeter instrumentation group at the Kapteyn Astronomical Institute with SRON as host.

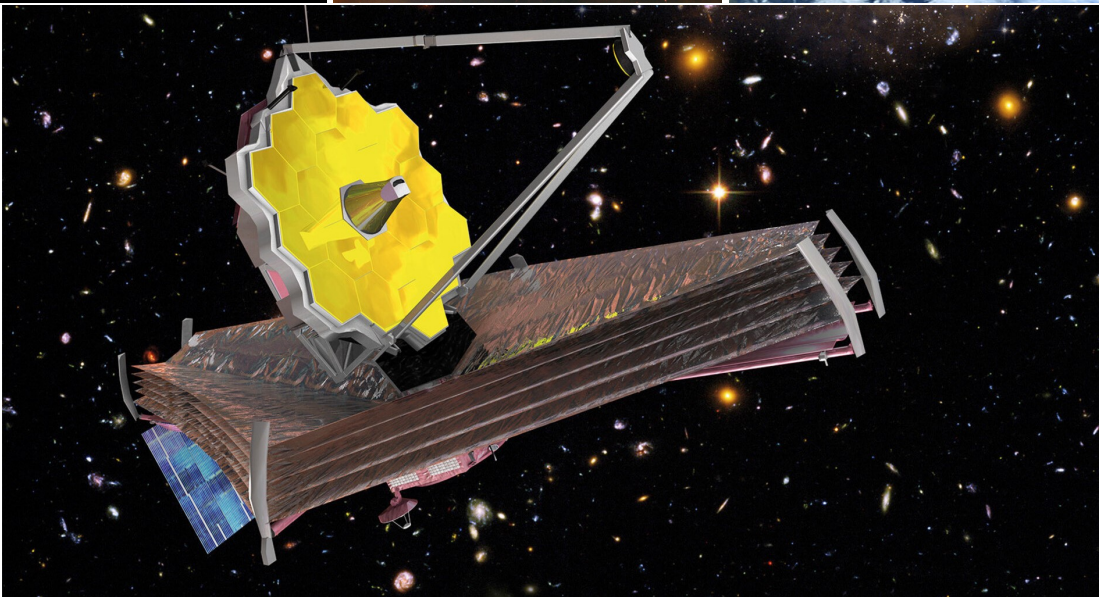


ESO bouwde de Paranal Sterrenwacht in Chili met vier 8.2 meter telescopen (samen de Very Large Telescope of VLT) en twee ‘survey’ telescopen van 2.5 en 4 meter om grote stukken hemel in kaart te brengen. De foto boven toont ook een viertal kleinere telescopen om interferometrie (het principe van apertuur synthese) te doen, onderling of in combinatie met de grote telescopen. Het Kapteyn Instituut droeg via NOVA substantieel bij aan een camera voor één van de survey telescopen en een bijbehorend expertise centrum OmegaCen. Er was ook grote betrokkenheid bij de bouw en ontwikkeling (samen met de vroegere KSW in Dwingeloo) van een instrument VISIR (VLT Imager and Spectrometer for mid-Infrared) en een instrument MIDI (MID-infrared Interferometric instrument) voor mid-infrarood fotometrie and voor spectroscopie in de interferometrie modus.

Op 5 km hoogte in de Andes werd door ESO, Noord-Amerika (USA en Canada), Japan (met Oost-Aziatische partners) en Chili een grote (sub-)millimeter apertuur synthese telescoop gebouwd en in 2013 in gebruik genomen, bestaande uit 66 element telescopen, de Atacama Large (sub-)Millimeter Array, ALMA (foto onder). Met NOVA werd een contract getekend voor de productie van een kritieke component in elk van de ontvangers voor de individuele telescopen op de op één na hoogste frequentie (kortste golflengte). De betreffende groep hoort bij het Kapteyn Instituut en NOVA en is ingehuist bij SRON Groningen. Zij bouwen nu eenzelfde set voor een andere frequentie.

ESO built the Paranal Observatory in Chile with four 8.2-meter telescopes (together the Very Large Telescope or VLT) and two 2.5- and 4-meter ‘survey’ telescopes to map large patches of sky. The picture also shows a number of smaller telescopes to do interferometry (the principle of aperture synthesis) among themselves or in combination with the large telescopes. The Kapteyn Institute contributed through NOVA substantially to a camera for one of the survey telescopes and an associated expertise center OmegaCen. There was also major involvement in the construction and development (together with the former KSW in Dwingeloo) of an instrument VISIR (VLT Imager and Spectrometer for mid-Infrared) and of an instrument MIDI (MID-infrared Interferometric instrument) for mid-infrared photometry and spectroscopy in the interferometry mode.

At 5 km altitude in the Andes, a large (sub-)millimeter aperture synthesis telescope consisting of 66 element telescopes, the Atacama Large (sub-)Millimeter Array ALMA, was built by ESO, North America (USA and Canada), Japan (with East Asian partners) and Chile and put into operation in 2013 (photograph at the bottom). A contract was signed with NOVA to produce a critical component in each of the receivers for the individual telescopes at the second highest frequency (shortest wavelength). The group involved is part of the Kapteyn Institute and NOVA and is housed at SRON Groningen. They are now building a similar set for a different frequency.



Door het Laboratorium voor Ruimteonderzoek werden essentiële bijdragen geleverd aan infrarood instrumentarium voor twee verdere satellieten. De eerste was de Short Wavelength Spectrometer (SWS) voor de Infrared Space Observatory ISO (linksboven) van de European Space Agency ESA, die in november 1995 werd gelanceerd en zeer succesvol werkte tot in 1998. Infrarood satellieten moeten tot zeer lage temperaturen gekoeld worden, zodat ze niet overstraald worden door hun eigen warmtestraling. De nodige vloeibare helium verdampt en dat beperkt de levensduur van de satelliet.

SRON heeft een leidinggevende rol gespeeld in het ontwerp en de productie van HIFI (Heterodyne Instrument for the Far-Infrared) en het Kapteyn Instituut en SRON in het wetenschappelijk programma, van de ESA Herschel Space Observatory (midden boven). Deze infrarood satelliet met een 3.5-m telescoop, is in 2009 gelanceerd en heeft vier jaar waargenomen.

Groningse astronomen maken regelmatig gebruik van de NASA/ESA Hubble Space Telescope (rechtsboven). Voor de huidige NASA/ESA missie James Webb Space Telescope (onder) is belangrijke deelname geweest aan MIRI, het Mid-InfraRed Instrument. Het ontwerp en de bouw is uitgevoerd in een samenwerkingsverband met deelname van de Optische-Infraroodgroep bij ASTRON in Dwingeloo, ontstaan uit de KSW, met inbreng van andere Nederlandse instituten en universiteiten.

De Europese satelliet Euclid (lancering nog in 2022) is een optische/nabij-infrarood telescoop. Euclid gaat de vorm en de verdeling van zo'n twee miljard sterrenstelsels in kaart brengen en gravitatielenzen bestuderen tot op afstanden van miljarden lichtjaren. De Rijksuniversiteit Groningen zal gastheer zijn van het Euclid Netherlands Science Data Center. Het Kapteyn Instituut met daarin OmegaCen werkt hierin samen met NOVA, SRON en anderen.

Essential contributions were made by the Space Research Laboratory to infrared instrumentation for two further satellites. The first was the Short Wavelength Spectrometer (SWS) for the European Space Agency ESA Infrared Space Observatory ISO (top left), which was launched in November 1995 and operated very successfully into 1998. Infrared satellites must be cooled to very low temperatures so that they are not swamped by their own thermal radiation. The necessary liquid helium evaporates and this limits the lifetime of the satellite.

SRON has played a leading role in the design and production of HIFI (Heterodyne Instrument for the Far-Infrared) and the Kapteyn Institute and SRON in the scientific program, of the ESA Herschel Space Observatory (top center). This infrared satellite with a 3.5-m telescope, was launched in 2009 and has been observing for four years.

Groningen astronomers make extensive use of the NASA/ESA Hubble Space Telescope (top right). For the current NASA/ESA mission James Webb Space Telescope (bottom), important participation has been in MIRI, the Mid-InfraRed Instrument. The design and construction was carried out in a collaboration involving the Optical-Infrared Group at ASTRON in Dwingeloo, formed from the KSW, with input from other Dutch institutes and universities.

The European satellite Euclid (launch in 2022) is an optical/near-infrared telescope. Euclid will map the shape and distribution of some two billion galaxies and study gravitational lensing to distances of billions of light years. The University of Groningen will host the Euclid Netherlands Science Data Center. The Kapteyn Institute and OmegaCen as part of it is collaborating in this with NOVA, SRON and others.



Al decennia wordt de Westerbork telescoop gebruikt als een element van een interferometer reeks van radio telescopen over Europa en vaak ook daarbuiten, waarvan de signalen dan later bij elkaar gebracht worden. Dit heet Zeer Lange Basislijn Interferometrie of VLBI en gebeurt bij een speciaal instituut, Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE), ondergebracht in Dwingeloo.

In de radio sterrenkunde is Nederland nauw betrokken bij de plannen voor een zeer grote radiotelescoop, die Square Kilometre Array SKA heet en in totaal een oppervlak om radiostraling te ontvangen van een vierkante kilometer zal hebben. Groningse astronomen werken hierin nauw samen met de Radiosterrenwacht Dwingeloo. Deze multinationale telescoop wordt in twee delen opgesteld in West Australië en Zuid-Afrika.

In de aanloop daartoe is door ASTRON het initiatief genomen voor een LOw Frequency ARray, LOFAR, verspreid over diverse locaties in Nederland en daarbuiten (zie boven het centrale deel), waaraan Kapteyn astronomen ook hebben bijgedragen. Dit betreft laag frequentie (lange golflengte) radiostraling, een nieuw gebied van radio astronomie dat nog weinig onderzocht was. Onderzoekers van het Kapteyn Instituut bestuderen met astronomen in Dwingeloo onder andere de vroege fase van het heelal, waarbij de eerste sterren en melkwegstelsels vormden.

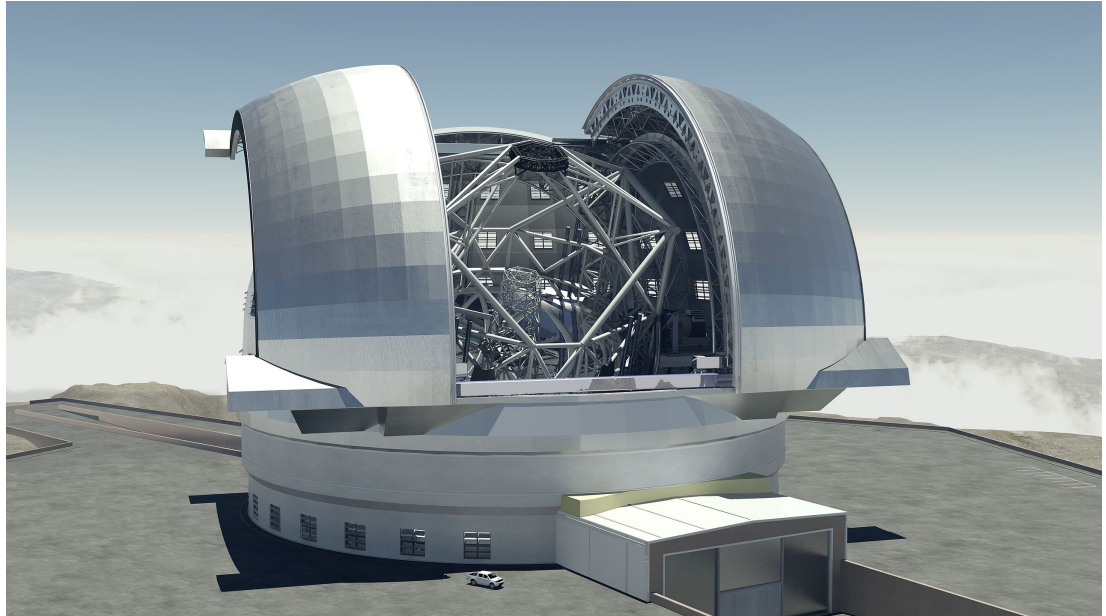
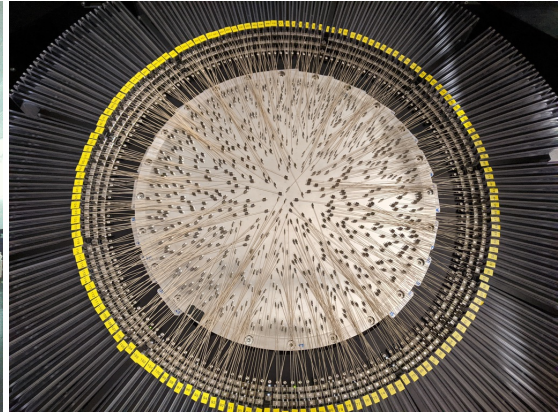
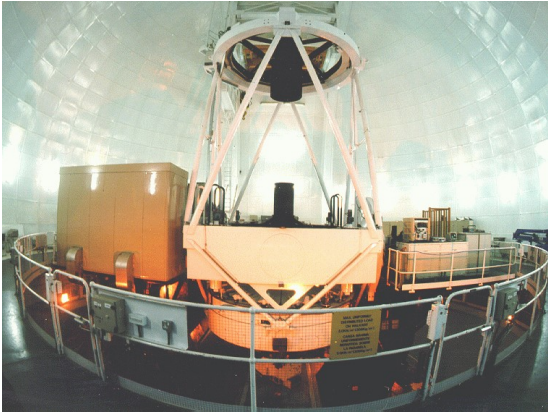
Dit betekent niet dat de Westerbork Radiotelescoop niet meer gebruikt wordt. Met fundamentele inzet van Groningse astronomen is een speciaal ontwikkelde set nieuwe ontvangers in een array vorm op de telescopen gezet, APERTIF (APERture Tile In Focus), waarmee in één keer een veel groter gebied aan de hemel kan worden waargenomen. Het is in gebruik geweest tot kort geleden en op het Kapteyn Instituut wordt hiermee de structuur van melkwegstelsels onderzocht.

For decades, the Westerbork telescope has been used as one element of an interferometer series of radio telescopes across Europe and often beyond, whose signals are then later brought together. This is called Very Long Baseline Interferometry or VLBI and is done at a special institute, Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE), housed in Dwingeloo.

In radio astronomy, the Netherlands is closely involved in the plans for a very large radio telescope, called Square Kilometer Array SKA, which will have a total radiation collecting area of one square kilometer. Groningen astronomers are working closely with the Radio Observatory Dwingeloo on this. This multinational telescope will be erected in two parts in Western Australia and South Africa.

In the run-up to this, ASTRON took the initiative to construct a LOw Frequency ARray, LOFAR, spread over various locations in the Netherlands and abroad (see on top the central part), to which Kapteyn astronomers also contributed. This concerns low frequency (long wavelength) radio astronomy, a new area of radio astronomy that had been little investigated. It has been on the telescope until recently and researchers at the Kapteyn Astronomical Institute, with astronomers in Dwingeloo, are studying the early phase of the universe, when the first stars and galaxies formed.

This does not mean that the Westerbork Radio Telescope will no longer be used. With fundamental efforts by Groningen astronomers, a specially designed set of new receivers in an array form has been put on the telescopes, APERTIF (APERture Tile In Focus), which allows a much larger area of the sky to be observed at once. It has been operational until recently. At the Kapteyn Institute, this is used to study the structure of galaxies.



Voor de 4.2 meter William Herschel Telescope (linksboven) op La Palma wordt onder Groningse leiding een spectrograaf gebouwd, de WHT Enhanced Area Velocity Explorer WEAVE, waarmee via zo'n duizend optische fibers spectra van een vergelijkbare hoeveelheid aparte objecten tegelijk kunnen worden opgenomen (rechtsboven). Dit instrument komt dit jaar (2022) op de telescoop.

Ook in het optische gebied zijn er internationaal plannen voor zeer grote telescopen. Voor de Groningse astronomen is dit de Extremely Large Telescope ELT, die een apertuur zal hebben van 39 meter, bestaande uit honderden kleinere segmenten, en in Chili in de buurt van de Very Large Telescope (Paranal) zal worden gebouwd. Men verwacht dat deze in 2025 in gebruik kan worden genomen. Deze Europese ELT van ESO is de eerste van deze generatie enorme telescopen, die gereed zal zijn, vooruitlopend op vergelijkbare initiatieven in de VS.

De inbreng van de NOVA optisch/infrarood instrumentatie groep in Dwingeloo, waarbij Groningse astronomen zijn betrokken, bestaat in de eerste plaats uit het instrument METIS, de Mid-infrared ELT Imager and Spectrograph. NOVA is hiervoor het 'Primary Investigator' instituut. Er is ook betrokkenheid bij andere ELT instrumenten.

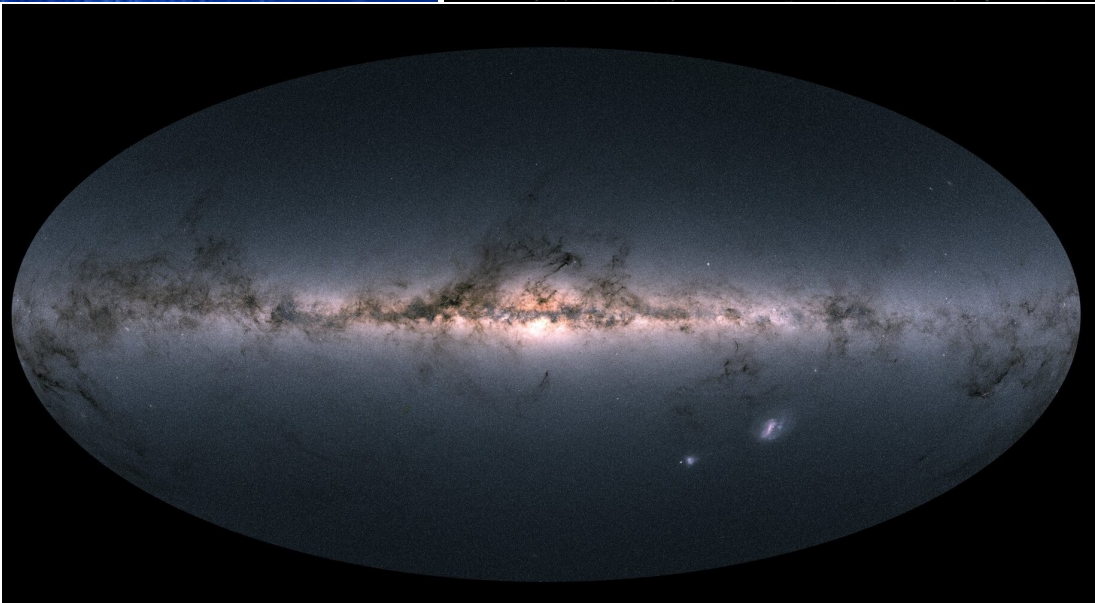
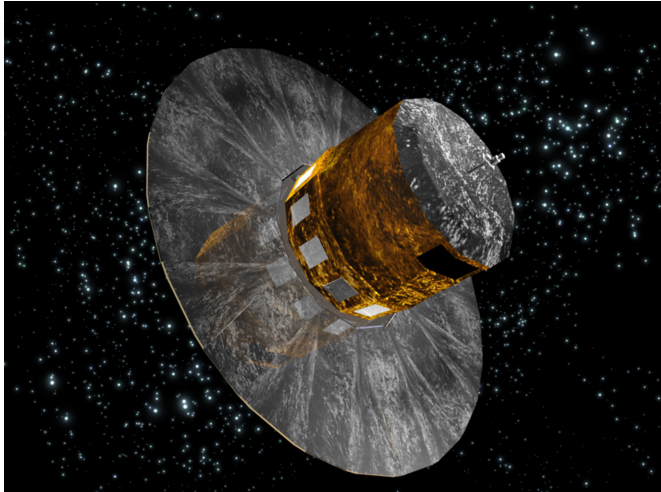
Groningse astronomen zijn ook vaak actief betrokken bij bestuurlijke en adviserende gremia die met alle grote astronomische faciliteiten of met (inter)nationale financierings- of beleidsmatige organisaties verbonden zijn, waaronder ESO, ESA en SKA, en dus ook Hubble en James Webb Space Telescope, en ook de European Research Council ERC, enz.

For the 4.2-meter William Herschel Telescope (top left) on La Palma, a spectrograph, the WHT Enhanced Area Velocity Explorer WEAVE, is being built under Groningen leadership, which will allow spectra of separate objects to be recorded simultaneously via about a thousand optical fibers (top right). This instrument will be on the telescope this year (2022).

There are also international plans for very large telescopes in the optical. For the Groningen astronomers, this is the Extremely Large Telescope ELT, which will have an aperture of 39 meters, consist of hundreds of smaller segments, and will be built by ESO in Chile near the Very Large Telescope (Paranal). It is expected to be commissioned in 2025. This European ELT is the first of this generation of huge telescopes to be completed, ahead of similar initiatives in the USA.

The contribution of the NOVA optical instrumentation group in Dwingeloo, in which Groningen astronomers are involved, consists primarily of the instrument METIS, the Mid-infrared ELT Imager and Spectrograph. NOVA is the 'Primary Investigator' institute. There is also involvement in other ELT instruments.

Groningen astronomers are also often actively involved in administrative and advisory bodies associated with all major astronomical facilities or with (inter)national funding or policy organizations, including ESO, ESA and SKA, and thus also Hubble and James Webb Space Telescope, but also the European Research Council ERC.

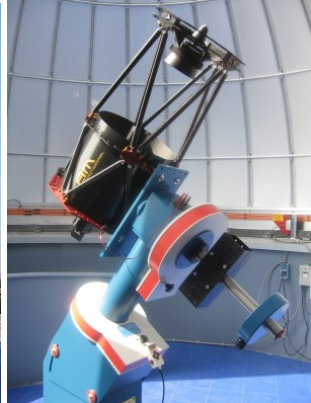
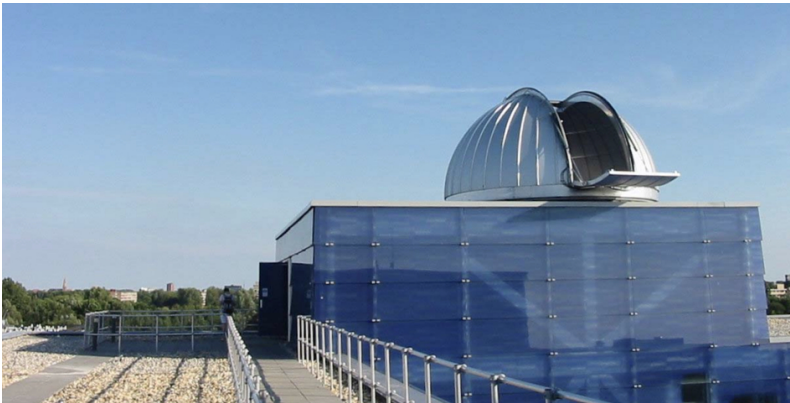


Thans is er grote betrokkenheid van Groningse astronomen bij wetenschappelijke exploitatie van de ESA missie GAIA. Dit is een astrometrische satelliet, de opvolger van Hipparcos, ook van ESA. Deze unieke faciliteiten meten uiterst nauwkeurig posities en eigenbewegingen van sterren. De eerste (foto linksboven) is gelanceerd in 1989 en heeft vier jaar gewerkt. Het heeft geresulteerd in twee catalogi. De Hipparcos Catalogue bevat meer dan 118,000 sterren met posities nauwkeurig tot van de orde van een milliboogseconde. Er konden ook afstanden gemeten worden als een ster in een periode van een half jaar verschuift aan de hemel door de beweging van de aarde rond de zon (parallax). Schijnbare helderheden zijn gemeten tot een tiende van een procent. Uiteindelijk is in 2000 een catalogus met 2,5 miljoen sterren gepubliceerd. Vroegere directeur Adriaan Blaauw heeft (deels in Groningen na zijn Leidse emeritaat) een belangrijke rol gespeeld in de definitie en uitvoering van het wetenschappelijk programma.

Op dit moment speelt het Kapteyn Instituut een essentiële rol in het onderzoek met GAIA (rechtsboven). Deze satelliet, die in 2013 is gelanceerd, heeft als ambitieus doel een drie-dimensionale kaart van het Melkwegstelsel te maken door posities, afstanden, eigenbewegingen en radiële snelheden te meten, waardoor een census zal ontstaan van één à twee miljard sterren, een procent of zo van de hele populatie van het Melkwegstelsel. De figuur onder, geproduceerd in 2018, toont de verdeling van toen gemeten miljard of zo sterren en hun kleuren aan de hemel. Rechtsonder de Magelhaense Wolken. De cirkel is daarmee rond van het programma dat Kapteyn startte honderdveertig jaar geleden tot GAIA in het heden.

Currently, there is essential involvement of Groningen astronomers in scientific exploitation of the ESA mission GAIA. This is an astrometric satellite, the successor of Hipparcos, also from ESA. These unique facilities measure positions and proper motions of stars with extreme accuracy. The first one (pictured top left) was launched in 1989 and operated over four years. It has resulted in two catalogs. The Hipparcos Catalogue contains over 118,000 stars with positions accurate to the order of a milli-arcsecond. Distances could also be measured as a star shifts in the sky over a six-month interval due to the earth's motion around the sun (parallax). Apparent brightnesses were measured to the nearest tenth of a percent. Finally, a catalog of 2.5 million stars was published in 2000. Former director Adriaan Blaauw played an important role (partly in Groningen after his Leiden retirement) in defining and implementing the scientific program.

Currently, the Kapteyn Institute plays an essential role in research with GAIA (top right). This satellite, launched in 2013, has the ambitious goal of creating a three-dimensional map of the Milky Way Galaxy by measuring positions, distances, proper motions, and radial velocities, which will create a census of two billion stars, one percent or so of the Galaxy's full population. The figure at the bottom, produced in 2018, shows the distribution of the then measured billion or so stars and their colors in the sky. At the bottom right the Magellanic Clouds. This brings us full circle from the program Kapteyn started one hundred and forty years ago to GAIA in the present.



Naast het onderzoek en onderwijs is het Kapteyn Instituut nauw betrokken bij publieksvoorlichting en popularisering in de vorm van contacten met pers, publiek, scholen, etc. Daarnaast zijn er zijn er twee op zowel onderwijs als een breder publiek gerichte faciliteiten.

In 2008 is in het Zernike Complex op het dak van de Bernoulliborg de Blauw Sterrenwacht verzezen, met de 40-cm Gratama Telescoop, gefinancierd door de Gratama Stichting via het Groninger Universiteits Fonds. Het Kapteyn Instituut en SRON Ruimteonderzoek organiseren regelmatig publieksavonden in de Blauw Sterrenwacht en er wordt ook meegedaan aan de landelijke ‘sterrenkijkdagen’ in het voorjaar en de ‘nacht van de nacht’ in oktober. Daarnaast er is een mobiel planetarium met een opblaasbare koepel van 6 meter doorsnede en 3.5 meter hoogte, waarop aan de binnenzijde de sterrenhemel kan worden geprojecteerd.

In 2021 is een nieuwe sterrenwacht geopend, zo’n 50 km ten noorden van de stad Groningen, in het Nationaal Park Lauwersmeer, dat in 2016 is uitgeroepen tot Dark Sky Park. De telescoop is met 25 cm wat kleiner dan de Gratama Telescoop, maar dat wordt ruimschoots gecompenseerd door de extreem donkere lokatie. Het is eveneens gesubsidieerd door de Gratama Stichting, maar ook door de Provincie Groningen. De telescoop is een op afstand bestuurbare, robotische telescoop. Het wordt vooral gebruikt door astronomie-studenten als deel van hun wetenschappelijke opleiding, maar mogelijk ook door middelbare scholieren. Bij de sterrenwacht is ook een platform voor mobiele telescopen, speciaal voor bezoekers tijdens publieksactiviteiten.

In addition to research and teaching, the Kapteyn Institute is closely involved in public information and popularization in the form of contacts with the press, public, schools, etc. There are also two facilities aimed at both education and the wider public.

In 2008 the Blauw Observatory was built in the Zernike Complex on the roof of the Bernoulliborg, with the 40-cm Gratama Telescope, financed by the Gratama Foundation through the Groningen University Fund. The Kapteyn Institute and SRON Space Research regularly organize public star-gazing nights at the Blauw Observatory and there is further participation in the ‘national stargazing days’ in spring and the ‘night of the night’ in October. In addition there is a mobile planetarium with an inflatable dome of 6 meters in diameter and 3.5 meters in height, on which the starry sky can be projected on the inside.

In 2021, a new observatory was opened some 50 km north of the city of Groningen, in the Lauwersmeer National Park, which was declared a Dark Sky Park in 2016. At 25 cm, the telescope is a bit smaller than the Gratama Telescope, but this is more than compensated for by its extremely dark location. It is also subsidized by the Gratama Foundation, but also by the Province of Groningen. The telescope is a remotely controlled, robotic telescope. It is mainly used by astronomy students as part of their scientific training, but possibly also by high school students. At the observatory there is also a platform for mobile telescopes, especially for visitors during public activities.



Van Kapteyn's benoeming in 1878 tot 2022, honderd jaar na zijn dood, is een tijdspanne van enorme ontwikkeling geweest. Het Kapteyn Instituut had begin 2022 volgens de interne telefoon lijst 63 stafleden (zie foto; plus twee zonder foto). Hieronder vallen astronomen in universitaire dienst, maar ook nul-aanstellingen van astronomen in dienst van SRON en ASTRON, ingenieurs en emeritus hoogleraren. Maar natuurlijk ook administratief, technisch, ICT, en ander ondersteunend personeel.

Begin 2022 waren er in tijdelijke dienst of op beurzen van elders 27 postdoctorale fellows en 60 promovendi. Daarnaast waren er Bachelor en Master studenten. De laatste tijd worden er per jaar ongeveer tien astronomische proefschriften in Groningen verdedigd en 35 tot 40 Bachelor and Master afstudeerscripties geschreven. Het aantal verschillende nationaliteiten van de personen op het Instituut is al decennia lang ruim boven de twintig. De wetenschappelijke staf publiceert elk jaar van de orde van 250 artikelen in internationale vaktijdschriften ('refereed journals'), vaak in internationale samenwerkingsverbanden. Per jaar worden door stafleden op uitnodiging 30 à 40 overzichts-artikelen geschreven of -presentaties gegeven in internationale tijdschriften en op conferenties, symposia, colloquia, enz.

Het Kapteyn Instituut is bijzonder populair onder studenten; voor de academische cursus 2021–2022 waren er ruim honderd eerstejaars studenten, waarvan ongeveer de helft uit het buitenland. De jaren ervoor lag de instroom rond de vijftig.

The time span from Kapteyn's appointment in 1878 to 2022, one hundred years after his death, has been a period of tremendous development. The Kapteyn Institute had 63 staff members at the beginning of 2022, according to the telephone list (see photo; plus two without a photo). This includes astronomers on university appointment, but also zero appointments of astronomers employed by the SRON and ASTRON, engineers and emeritus professors. But of course also administrative, technical, ICT, and other support staff.

At the beginning of 2022 there were 27 postdoctoral fellows and 60 PhD students in temporary employment or on fellowships from elsewhere. In addition, there were Bachelor and Master students. Currently, per year about ten astronomical dissertations are defended in Groningen and 35 to 40 Bachelor and Master theses are written. The number of different nationalities of persons at the Institute has exceeded twenty quite significantly for decades. The scientific staff publishes each year on the order of 250 papers in international refereed journals, often in international collaborations. Per year, staff members write or present 30 to 40 overview articles by invitation in international journals and at conferences, symposia, colloquia, etc.

The Kapteyn Astronomical Institute is particularly popular among students; for the academic year 2021–2022 there were over one hundred first-year students, about half of them from abroad. In previous years, the intake was around fifty.

Enkele prestigieuze beurzen, prijzen en eerbetonen in recente decennia

Some prestigious grants, prizes and honors in recent decades.

- KNAW¹ Fellows (5 years): Peter Barthel, Rien van de Weygaert, Eline Tolstoy.
- VIDI grants (NWO²): Amina Helmi, Leon Koopmans, Stéphanie Cazaux, Pratika Dayal, Else Starkenburg, Harish Vedantham, Lingyu Wang.
- VICI grants (NWO): Eline Tolstoy, Saleem Zaroubi, Léon Koopmans, Marc Verheijen, Amina Helmi, Karina Caputi.
- Starting and Consolidator Grants (ERC³): Amina Helmi, Andrey Barichev, Léon Koopmans, Karina Caputi, Pratika Dayal, Brian Hare, Harish Vedantham.
- Advanced Grants (ERC): Thijs van de Hulst, Rafaella Morganti, Ger de Bruyn, Léon Koopmans, Erwin de Blok.
- Rosalind Franklin Fellows: Karina Caputi, Pratika Dayal, Manuela Vecchi (out of 31 awarded in total in the FSE⁴).
- Kapteyn distinguished professorship: Piet van der Kruit (in total six named professorships in the FSE).
- Spinoza Award, most prestigious Dutch prize in science: Amina Helmi (in total six such awards in FSE).
- KNAW:
 - Members: Tjeerd van Albada, Amina Helmi.
 - Young Academy members: Amina Helmi, Else Starkenburg.
- Royal decorations:
 - Knight in the Order of Orange-Nassau: George Comello, Theo Jurriëns.
 - Officer in the Order of Orange-Nassau: Paul Wesselius.
 - Knight in the Order of the Lion of the Netherlands: Hugo van Woerden, Piet van der Kruit, Thijs van der Hulst, Peter Bathel, Amina Helmi.

¹KNAW = Royal Netherlands Academy of Sciences.

²NWO = Netherlands Organization for Scientific Research.

³ERC = European Research Council.

⁴FSE = Faculty of Science & Engineering.

Suggesties voor verdere literatuur / suggestions for further reading

In chronologische volgorde / in chronological order:

J.C. Kapteyn: *Openbare les gehouden bij de gelegenheid van de opening van het Sterrenkundig Laboratorium te Groningen*, Hoitsema, Groningen (1896), www.astro.rug.nl/JCKapteyn/publications1896openbare_les.pdf (1896).

J.C. Kapteyn: *Plan of Selected Areas*, Astronomical Laboratory at Groningen, Hoitsema, Groningen, www.astro.rug.nl/JCKapteyn/publications/1906SelectedAreas.pdf (1906).

H. Hertzsprung-Kapteyn: *J.C. Kapteyn; Zijn leven en werken*, Groningen, Wolters, electronic version at www.dbnl.org/tekst/hert042jcka01_01/; more background and my English translation www.astro.rug.nl/JCKapteyn/HHKbiog.html (1928).

W. de Sitter, *Kosmos, A course of six lectures on the development of our insight into the structure of the Universe, delivered for the Lowell Institute in Boston, in November 1931*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.; Nederlandse vertaling, Van Stockum, Den Haag; elektronisch: Digitale Bibliotheek voor de Nederlandse letteren, www.dbnl.org/tekst/sitt003kosm01_01/ (1932, 1934).

L. Plaut (editor): *In het voetspoor van Kapteyn: Schetsen uit het werkprogramma van Nederlandse Sterrekundigen aangeboden door vrienden en collega's aan Prof. Dr. P.J. van Rhijn ter gelegenheid van zijn zeventigste verjaardag*, Groningen: De Nederlandse Astronomen Club (1956).

A. Blaauw, J.A. de Boer, E. Dekker & J. Schuller tot Peursum-Meijer: *Sterrenkijken bekeken: Sterrenkunde aan de Groningse universiteit vanaf 1614*, Universiteitsmuseum (1983).

H. van Woerden, R.J. Allen & W.B. Burton (editors), *The Milky Way Galaxy*, IAU Symposium No. 106, Session I. History of Galactic research, Dordrecht: D. Reidel (1985).

F. Helmich, R.D. Oudmaijer, J.W. Pel & G. de Groot: *Sterrenkunde in Groningen*, Kapteyn Instituut (1989).

A. Blaauw, *ESO's early history: The European Southern Observatory from concept to reality*, Garching, ESO, www.eso.org/sci/libraries/historicaldocuments/ESO_Early_History_Blaauw/ESO_Early_History.pdf (1991).

E.R. Paul, *The Milky Way Galaxy and statistical cosmology, 1890-1924*, Cambridge, UK, Cambridge University Press (1994).

P.C. van der Kruit & K. van Berkel: *The legacy of J.C. Kapteyn: Studies on Kapteyn and the development of modern astronomy*, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 246, Dordrecht, Riedel (2000).

H. van Woerden: *Adriaan Blaauw and the revival of Groningen astronomy*, in: Birth and evolution of massive stars and stellar groups, Eds. W. Boland & H. van Woerden, Dordrecht, Riedel, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 120, 321-360 (2005).

P.C. van der Kruit: *It all started with Kapteyn*, 'valedictory lecture' at the University of Groningen, October 12, 2009, partly in English, partly in Dutch, www.astro.rug.nl/~vdkruit/jea3/homepage/address65.pdf (2009).

K. van Berkel: *Universiteit van het Noorden: Vier eeuwen academisch leven in Groningen*, Hilversum: Uitgeverij Verloren . Deel 1: *De oude universiteit, 1614-1875*, Deel 2: *De klassieke universiteit 1876-1945*, Deel 3: *De zakelijke universiteit 1945-2021* (2014, 2017, 2022).

P.C. van der Kruit: *Jacobus Cornelius Kapteyn: Born investigator of the heavens*, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 416, Springer Publishers Switzerland AG., accompanying Webpage www.astro.rug.nl/JCKapteyn (2015).

D.M. Baneke: *De ontdekkers van de hemel: De Nederlandse sterrenkunde in de twintigste eeuw*, Amsterdam, Bert Bakker (2015).

P.C. van der Kruit: *De inrichting van de hemel: Een biografie van Jacobus C. Kapteyn*, Amsterdam University Press, English version: *Pioneer of Galactic Astronomy: A biography of Jacobus Cornelius Kapteyn*, Springer Biographies, Springer Publishers Switzerland AG (2016, 2021).

P.C. van der Kruit: *Jan Hendrik Oort: Master of the Galactic System*, Astrophysics and Space Science Library, Vol. 459, Springer Publishers Switzerland AG, accompanying Webpage www.astro.rug.nl/JHOort (2019).

P.C. van der Kruit: *Horizonnen, Een biografie van astronoom Jan Hendrik Oort*, Amsterdam, Prometheus, English version *Master of Galactic Astronomy: A biography of Jan Hendrik Oort*, Springer Biographies, Springer Publishers Switzerland AG (2020, 2021).

P.C. van der Kruit: *Karl Schwarzschild, Annie J. Cannon and Cornelis Easton: PhDs honoris causa of Jacobus C. Kapteyn*, Journal for Astronomical History and Heritage, 24, 521-543, www.narit.or.th/files/JAHH/2021JAHHvol24/2021JAHH...24..521V.pdf (2021).

P.C. van der Kruit: *Pieter Johannes van Rhijn, Kapteyn's Astronomical Laboratory and the Plan of Selected Areas*, Journal for Astronomical History and Heritage, submitted, preprint at www.astro.rug.nl/~vdkruit/PJvRhijn.pdf (2022).

Behalve deze geschriften is van belang te wijzen op de vaste tentoonstelling van het Universiteitsmuseum, waarvan een prominent deel aan Kapteyn gewijd is. Zie www.rug.nl/museum/history/prominent-professors/jacobus-kapteyn?lang=nl.

In addition to these writings, it is important to note that the University Museum's permanent exhibition has a prominent part that is devoted to Kapteyn. See www.rug.nl/museum/history/prominent-professors/jacobus-kapteyn?lang=en.

Figuur verantwoordingen / Figure acknowledgments

Pag.	
cover	Front: European Southern Observatory (hereafter ESO), Kapteyn Astronomical Institute (hereafter KAI) & photograph by the author
2	University of Groningen (hereafter UG)
4	UG
6	KAI
8	Wikimedia Commons: 'Works in the public domain'
10	H. Hertzsprung-Kapteyn's biography (hereafter HHKbiog) & KAI
12	Produced by the author with the Digital Sky Survey DSS2 & HHKbiog & KAI
14	HHKbiog & KAI
16	HHKbiog
18	KAI , Koninklijk Natuurkundig Genootschap
20	ESO Press Release 9934, Febr. 1999 & Album Amicorum presented at the retirement of H.G. van de Sande Bakhuyzen as professor of astronomy in 1908 (Archives Leiden Observatory)
22	KAI
24	Photographs by the author & University of Groningen
26	Oort Archives, Leiden Observatory
28	UG & KAI
30	The National Aeronautics and Space Agency (hereafter NASA) Near-Earth Object Project (neo.jpl.nasa.gov/orbits/ & www.ing.iac.es/PR/) & Wikimedia Commons: 'Works in the public domain' & Instituto de Astrofísica de Canarias (hereafter IAC), Tenerife (credit: Royal Greenwich Observatory)
32	KAI
34	KAI
36	Oort Archives, Leiden Observatory & KAI
38	Aerodrome Lelystadm & KAI
40	Koninklijke Nederlandse Astronomen Club (hereafter KNA) & KAI
42	KNA & KAI
44	Stichting ASTRON Dwingeloo (hereafter ASTRON) & KAI (collection 'Photo's by Seth Shostak, 1975-1988', hereafter GSS)
46	ESO & KAI
48	Aerophoto Eelde & KAI (topright GSS)
50	KAI, ASTRON & Stichting RuimteOnderzoek Nederland (hereafter SRON)
52	ASTRON, Wikimedia (Sloan Digital Sky Survey) & KAI (commons.wikimedia.org/wiki/Category:Sloan_Digital_Sky_NGC_images)
54	National Aeronautics and Space Administration (hereafter NASA), SRON & KAI (topright GSS)
56	KAI (GSS)

Pag.	
58	IAC (credit: Paul Langford) & ASTRON
60	KAI
62	Nederlandse Onderzoekschool voor Astronomie (hereafter NOVA)
64	ESO & photograph by author
66	European Space Agency (hereafter ESA)/NASA
68	ASTRON
70	IAC (credit: Nik Szymanek and Ian King), Gavin Dalton/U. Oxford and STFC's RAL & ESO
72	KAI
74	ESA. Sky map, credit: ESA/Gaia/DPAC; CC BY-SA 3.0 IGO. Acknowledgment: A. Moitinho
76	KAI
cover	Back: By J. Veth. With permission by the owner J.C. (Jack) Kapteyn

