

HISTORY OF ASTROFOTOGRAPHY

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

CONTENTS

History of Astrophotography Timeline	3
O primeiro daguerreótipo de uma estrela	29
A primeira fotografia de uma nebulosa.....	35
Amédée Mouchez (1821-1892) e o Projecto "CARTE DU CIEL"	43
O primeiro Atlas Fotográfico da Lua.....	49
Jules Janssen (1824-1907) e a fotografia solar	57
William Huggins (1824-1910) e o dealbar da astrofísica.....	63
Isaacs Roberts (1829-1904), Pioneiro da Astrofotografia	79
David Gill (1834-1914) e o Cape Photographic Durchmusterung (CPD)	85
William Edward Wilson (1851-1908) e o observatório de Daramona	91
Edward Emerson Barnard (1857-1923): um dos maiores observadores de todos os tempos.....	95
Edward Charles Pickering (1846-1919) e a Nova Astronomia.....	107
James E. Keeler (1857-1900), Pioneiro da Astrofísica e da Astrofotografia.....	113
George Willis Ritchey (1864-1945), astrofotógrafo e construtor dos grandes telescópios do futuro	119
Bernhard Schmidt (1879-1935) óptico e construtor de telescópios.....	133
Frank Elmore Ross (1874-1960) e o <i>Atlas of the Northern Milky Way</i>	139
Eugénio Conceição Silva (1903-1969), pai da Astronomia de Amadores em Portugal.....	145
Main References	151

HISTORY OF ASTROPHOTOGRAPHY TIMELINE

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

1800- Thomas Wedgwood (1771-1805) produces "sun pictures" by placing opaque objects on leather treated with silver nitrate; resulting images deteriorated rapidly.

1816- Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833) combines the camera obscura with photosensitive paper.

1826- Joseph Niépce produces the first permanent image (Heliograph) using a camera obscura and white bitumen (Figure 1).

1829- Niépce and Louis Daguerre (1787-1851) sign a ten year agreement to work in partnership developing their new recording medium.

1834- Henry Fox Talbot (1800-1877) creates permanent (negative) images using paper soaked in silver chloride and fixed with a salt solution. Talbot created positive images by contact printing onto another sheet of paper. Talbot's *The Pencil of Nature*, published in six installments between 1844 and 1846 was the first book to be illustrated entirely with photographs.

1837- Louis Daguerre creates images on silver-plated copper, coated with silver iodide and "developed" with warmed mercury (daguerreotype).

1839- Louis Daguerre patents the daguerreotype. The daguerreotype process is released for general use in return for annual state pensions given to Daguerre and Isidore Niépce (Louis Daguerre's son): 6000 and 4000 francs respectively.

1839- John Frederick William Herschel (1792-1871) uses for the first time the term Photography (meaning writing with light).

1839- First unsuccessful daguerreotype of the moon obtained by Daguerre (blurred image – long exposure).

1839- François Jean Dominique Arago (1786-1853) announces the daguerreotype process at the French Academy of Sciences (January, 7 and August, 19). Arago predicts the future use of the photographic technique in the fields of selenography, photometry and spectroscopy.

1840- John William Draper (1811-1882) obtains the first successful (correctly exposed) daguerreotype of the moon using a 13 cm reflector with a long focal length (20 min exposures).

1841- Henry Talbot patents his process under the name "calotype".

1842- Austrian astronomer G.A. Majocchi obtains the first photograph of the partial phase of a solar eclipse on a daguerreotype in 1842 (July, 8) (2 min exposure).

1844/1845- According to J.D. Arago, a large number of daguerreotypes of the sun were obtained by Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) and Jean Bernard Léon Foucault (1818-1868) at the Paris observatory. One of these photographs, taken on April 2, 1845, still survives (Figure 2).

1849/1852- William Cranch Bond (1789-1859) and John Adams Whipple (1822-1891) obtain a series of lunar daguerreotypes with the 38 cm Harvard refractor (40 s exposures) (Figure 3).

1850- First star photograph (α Lyrae, Vega) obtained by John Adams Whipple and William Cranch Bond using the 38 cm Harvard refractor (daguerreotype, 100 s exposure).

1851- Frederick Scott Archer (1813-1857), improves photographic resolution by spreading a mixture of collodion (nitrated cotton dissolved in ether and alcohol) and chemicals on sheets of glass. Wet plate collodion photography was much cheaper than daguerreotypes; the negative/positive process permitted unlimited reproductions. The process was published but not patented.

1851- First daguerreotype of a total eclipse of the Sun obtained by M. Berkowski , recording the inner corona and several prominences (July, 28) (Figure 4). In Rome Angelo Secchi (1818-1878) records the partial phases of the eclipse (daguerreotypes) (162 mm refractor, 2.5 m focal length).

1852- First wet plate collodion images of the Moon obtained by Warren de la Rue (1815-1889) using a 33 cm reflector with 3.05 m focal length. Mount without a clock drive.

1853- J. Phillips photographs the Moon with a 159 mm refractor (3.35 m focal length) (60 s exposures).

1854- Joseph Bancroft Reade (1801-1870) uses a 60 cm reflector to photograph the sun (wet collodion). These images reveal the solar molted appearance (photosphere).

1855- Warren de la Rue publishes A series of twelve photographs of the Moon.

1856/1858- Lewis Morris Rutherfurd (1816-1892) photographs the Moon and the Sun using an achromatic refractor of 285 mm aperture.

1857- George Philips Bond (1825-1865) (son of W.C. Bond) photographs (wet collodion) the double star Mizar (ζ UMa) and Alcor (80 UMa) using the 38 cm Harvard refractor (Figure 5).

1857- Warren de la Rue obtains images of Jupiter and Saturn with a 33 cm reflector. The exposures (12 s for Jupiter and 60 s for Saturn) were unsuccessful (the planet images measured only 1/2 mm on the plate).

1858- Warren de la Rue tries to image comet Donati without success. M. Usherwood records the comet with a 7 s exposure.

1858- George Philips Bond shows that the magnitude of stars could be derived from astronomical photographs (stellar photometry).

1858/1859- Warren de la Rue publishes the first stereographs of the Moon (by obtaining images at different librations) (Figure 6).

1858/1872- Warren de la Rue obtains daily images of the Sun (weather permitting) using the Kew photoheliograph (Figure 7). A total of 2778 Sun photographs were obtained between 1862 and 1872.

1860- Warren de la Rue photographs (wet collodion) the total eclipse of the Sun in Spain (July, 18) with the Kew photoheliograph (60 s exposures) (Figure 7). Angelo Secchi also obtains excellent photographs of the same eclipse (Spain).

1861- Warren de la Rue mentions the possibility of conducting a photographic survey to obtain a Star Map of the whole sky (astrometry).

1861- James Clerk Maxwell (1831-1879) demonstrates a color photography system involving three black and white photographs, each taken through a red, green and blue filter.

1865- Lewis Morris Rutherfurd obtains excellent Moon images using a specially corrected (photographic) 290 mm lens (Figure 8).

1864/1865- Henry Draper (1837-1882) images the Moon using a 40 cm reflector built by himself.

1871- German astronomer Hermann Carl Vogel (1841-1907) obtains excellent photographs of the Sun using a 294 mm refractor equipped with an electrical shutter (1/5000 to 1/8000s exposures).

1871- Richard Leach Maddox (1816-1902), proposes the use of an emulsion of gelatin and silver bromide on a glass plate, the "dry plate" process.

1871- Lord (James Ludovic) Lindsay (1847–1913) photographs the total eclipse of the Sun (December, 12) at Baikul (Figure 9).

1871- Lewis Morris Rutherfurd records the solar molted appearance with some detail.

1872- Henry Draper records for the first time a star spectrum (Vega) using a 72 cm reflector and a quartz prism.

1873- Edward Walter Maunder (1851-1928) installs at the Greenwich observatory a photoheliograph to record the Sun on a daily basis. Maunder is best remembered for his study of sunspots and the solar magnetic cycle that led to his identification of the period from 1645 to 1715 known as the Maunder Minimum.

1874- Pierre Jules César Janssen (1824-1907) develops the photographic revolver to record the transit of the planet Venus across the face of the sun, on 8 December 1874.

1875- Henry Draper photographs the spectra of almost all the bright stars using a 29 cm lens and a quartz prism located close to the photographic plate.

1876- William Huggins (1824-1910) uses the dry plate for the first time to record spectra. From 1876 to 1886, Huggins and Miller photograph the spectra of all the first and second magnitude stars (60 min exposures).

1876/1878- In 1876 Jules Janssen presents his first solar photographs to the French Academy of Sciences (10 to 70 cm diameter). These wet collodion images were obtained with a 150 mm refractor with exposures of 1/500 to 1/6000s. During 1877/1877 Jules Janssen obtains a high number of solar photographs showing the solar granulation (photosphere) for the first time (Figure 10).

1879- Andrew Ainslie Common (1841-1903) photographs Jupiter using his 91 cm reflector (5.30 m focal length) (1 s exposures, images 1 mm wide).

1879/1883- Henry Draper photographs the spectra of 50 stars.

1880- Henry Draper obtains the first photograph of the Orion nebula (M 42) on September, 30. Draper used a 28 cm Alvan Clark refractor supported by an equatorial mount also built by Clark (51 min exposure) (Figure 11). Draper obtains two other photographs of M 42 on 1881/1882 with longer exposure times (104 min and 137 min).

1881- First successful image of a comet (Tebutt 1881 III) obtained by Jules Janssen on June, 30. Janssen used a dry plate and an exposure of 30 min (50 cm f/3 instrument) (Figure 12). The same comet was also imaged by H. Draper, A. Common and M. Huggins.

1882- David Gill (1843-1914), of Cape observatory, photographs the great comet of 1882 using a portrait lens of 63 mm aperture (f/4.5) (Figure 13).

1882- W. Huggins photographs of the spectrum of a nebula (M 42) for the first time (45 min exposure).

1882- Edward Charles Pickering (1846-1919) starts a program at the Harvard observatory using objective prisms. This setup enabled Pickering to obtain several spectra on a single plate.

1883- Andrew Ainslie Common photographs the Orion nebula using his 91 cm reflector on January 30. The 37 min exposure reveals stars that were not detected visually, for the first time. On February 28, Common obtains a deeper image with an exposure of 60 min (Figure 14).

1885/1886- The Henry Brothers: Paul Henry (1848-1905) and Prosper Henry (1849-1903); photograph Jupiter and Saturn using the Paris observatory 33 cm refractor (3.43 m focal length). These were the first successful planetary images (Figure 15).

1887- Amédée Mouchez (1821-1892) hosts the first meeting of the "Carte du Ciel" Project at the Paris observatory. Eighteen observatories agreed to cooperate and to adopt, as a standard design for a photographic telescope, the 33 cm refractor developed by the Henry brothers (Figure 16).

1885/1899- Isaacs Roberts (1829-1904) obtains a long series of photographs from 1885 to 1897 and publishes two volumes with these results (the first in 1893 and the second in 1899, both with the same title Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae) (Figure 17).

1887/1899- William Edward Wilson (1851-1908) records several deep-sky images at the Daramona observatory (Westmeath, Ireland). The Wilson photographs are practically unknown today (Figure 18).

1888/1890- William Henry Pickering (1858-1939) successfully photographs Mars using two refractors (38 cm and 32 cm aperture) at Pic du Midi observatory (France).

1890- Edward Singleton Holden (1846-1914) obtains high resolution images of the Moon using the 91 cm Lick refractor.

1894/1910- Moritz Loewy (1833-1907) and Pierre-Henri Puiseux (1855-1928) obtain 6000 photographs (500 nights) of the Moon using the 60 cm Paris observatory Coudé refractor. The Atlas Photographique de la Lune was edited from 1896 e 1910 by the Paris observatory (Figure 19).

1899- James E. Keeler (1857-1900) starts a photographic survey of nebulae at the Lick observatory (Mount Hamilton, California). Keeler used the Common reflector (91 cm aperture) that was offered to the observatory by Edward Crossley (1841-1905). The images obtained by Keeler were the best of its kind until the end of the century (Figure 20).

1889- First of a long series of wide-field deep-sky astrophotographs obtained by Edward Emerson Barnard (1857-1923). Lick Observatory, Crocker telescope, Willard 6" lens (Figure 21).

1899- The german astronomer Julius Scheiner (1858-1913) records the spectrum of M 31 with an exposure of 7 ½ h proving that it was composed of individual stars.

1901/1902- George Willis Ritchey (1864-1945) obtains a series of excellent photographs of nebulae using the Mount Wilson 60 cm reflector (Figure 22).

1903- Jules Janssen publishes his monumental work Atlas de photographies solaires (Gauthiers-Villars).

1909/1911- G.W. Ritchey records several star clusters and nebulae with the 1.52 m f/5 Mount Wilson reflector (exposures of up to 11 h obtained during several nights). These photographs had a resolution of about 1" (Figures 23 and 24).

1911- E.E. Barnard obtains excellent images of Saturn using the 1.52 m Mount Wilson reflector (Figure 25).

1913- E.E. Barnard publishes Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11. These images were obtained from 1892 to 1895 using the Crocker telescope (Figure 26).

1918- First photographs of nebulae obtained by F.G. Pease (1881-1938), with the Hooker 2.54 m reflector at Mount Wilson (Figure 22).

1924- Edwin Hubble (1889-1953), using the 2.54 m Hooker Telescope, was able to identify Cepheid variables in the Andromeda galaxy and estimates it's distance (800 000 light years). Hubble changed astronomers' understanding of the nature of the universe by demonstrating the existence of other galaxies besides the Milky Way.

1927- Publication of Atlas of Selected Regions of the Milky Way", five years after the disappearance of E.E. Barnard. Most of the plates included in the Atlas (40 out of 50) were obtained at Mount Wilson observatory with the Bruce Telescope (Figures 26, 27 and 28).

1929- Edwin Hubble, based on photographs of spectra (exposures of tenths of hours), discovers that the degree of the redshift observed in several galaxies increases in proportion to their distance to the Milky Way. This became known as Hubble's law, and would help establish that the universe is expanding.

1929/1934- French astronomer Marcel de Kerolyr photographs nebulae and galaxies using the 80 cm f/6 reflector of the Paris observatory astrophysics station at Haute Provence.

1934/1936- Publication of the Atlas of the Northern Milky Way by Frank E. Ross and Mary R. Calvert, Mount Wilson and Lowell observatories.

1936- Milton Lasell Humason (1891-1972) images galaxies at 240 000 000 light-years with the Hooker telescope.

1948- Edwin Hubble uses the 200 inch (5.08 m) Hale telescope for the first time (Figure 29).

1948/1958- The Palomar Observatory Sky Survey (POSS), was completed in 1958 (the first plates were shot in November 1948 and the last in April 1958). This survey was performed using blue-sensitive (Kodak 103a-O) and red-sensitive (Kodak 103a-E) photographic plates on the 48 inch (1.22 m) Samuel Oschin Schmidt telescope (Figure 30).

MAIN REFERENCES

- Bajac, Q., A. de G. Saint-Cyr (2000). Dans le champ des étoiles. Les photographes et le ciel (1850-2000). Éditions de la Réunion des musées nationaux.
- Brothers, A. (1866). Celestial photographie. *Astronomical Register*, 4 (25): 34-38, 62-66.
- Lankford, J. (1984). The impact of photography on astronomy. In *The general history of astronomy, Vol. 4- Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A*.
- Mouchez, A. E. (1887). La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la carte du ciel. Paris, Gauthier-Villars.
- Osterbrock, D. E. (1984). James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes. The Universe of Arizona Press.
- Osterbrock, D.E. (1997). Yerkes observatory (1892-1950). The Birth, Near Death, and Resurrection of a Scientific Research Institution. The University of Chicago Press.
- Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.
- Rayet, M.G. (1887). Notes sur l'histoire de la photographie astronomique. Gauthier-Villars, Paris.
- Ré, P. (2007). Isaacs Roberts (1829-1904), pioneiro da astrofotografia. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 32 (Setembro/Dezembro 2007)
- Ré, P. (2007). Eugénio Conceição Silva (1903-1969), pai da astronomia de amadores em Portugal. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 32 (Setembro/Dezembro 2007).
- Ré, P. (2008). William Edward Wilson (1851-1908) e o observatório de Daramona. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).
- Ré, P. (2008). O primeiro daguerreótipo de uma estrela. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).
- Ré, P. (2008). James Edward Keeler (1857-1900), Pioneiro da Astrofísica e da Astrofotografia. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 34 (Maio/Agosto 2008).
- Ré, P. (2008). Edward Emerson Barnard (1857-1923), um dos maiores observadores de todos os tempos. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 34 (Maio/Agosto 2008).
- Ré, P. (2008). Jules Janssen (1824-1907) e a fotografia solar. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 35 (Setembro/Dezembro 2008)
- Ré, P. (2008). O primeiro atlas fotográfico da Lua. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 35 (Setembro/Dezembro 2008).
- Ré, P. (2008). Amédée Mouchez (1821-1892) e o Projecto "CARTE DU CIEL". *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Ré, P. (2008). George Willis Ritchey (1864-1945) astrofotógrafo e construtor dos grandes telescópios do futuro. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Turner, H.H. (1912). *The great Star Map*. London, John Murray.
- Vaucoulers, G. de (1958). *La photographie astronomique: du daguerreótipo au télescope électronique*. Éditions Albin Michel, Paris.



Figure 1- First known photograph of Joseph Nicéphore Niépce (ca. 1826); View from the Window at Le Gras. Niépce produced this image by exposing a bitumen-coated plate in a camera obscura for 8 hours on his windowsill.

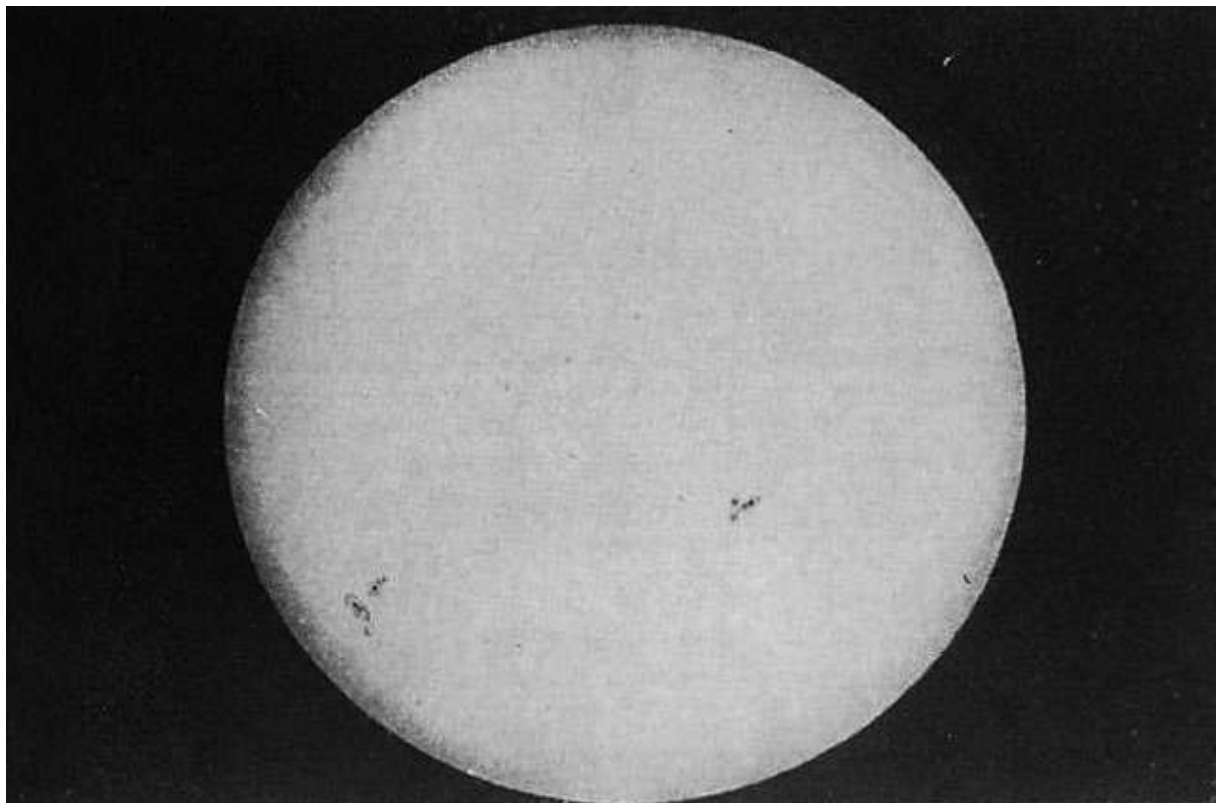


Figure 2- Daguerreotype of the Sun obtained by Fizeau and Focault on April 2, 1845 (Paris Observatory).



Figure 3- Lunar daguerreotype obtained by John Adams Whipple on February 26, 1852 (Harvard observatory).

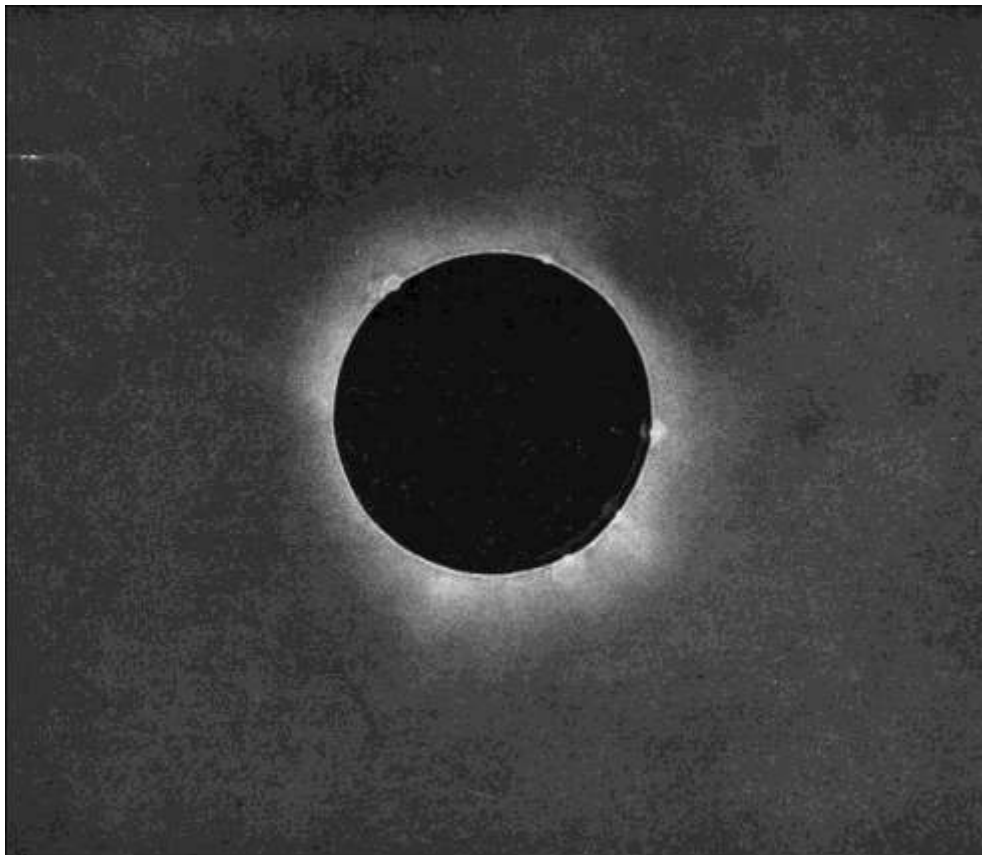


Figure 4- First daguerreotype of a total eclipse of the Sun obtained by M. Berkowski on July 28, 1851. 60 mm refractor, 79 cm focal length (24 sec exposure).



Figure 5- Wet collodion image of Alcor & Mizar obtained by in 1857 by G.P. Bond using the 38 cm Harvard refractor.



Figure 6- Two stereographs of the moon by Lewis M. Rutherford and Henry Draper. Pedro Ré's private collection.

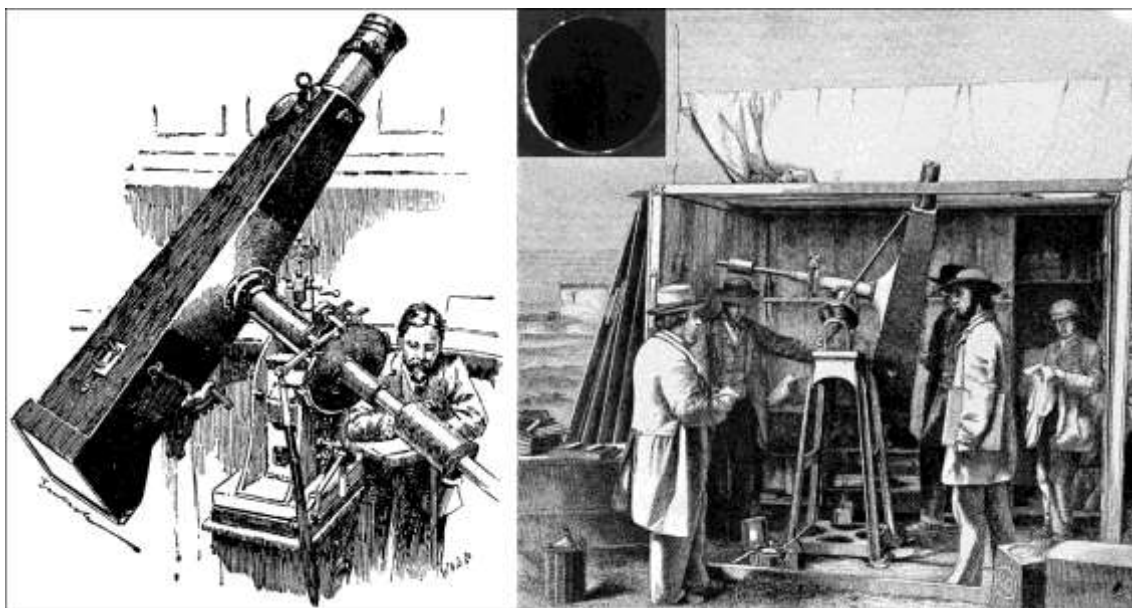


Figure 7- Kew photoheliograph (86 mm aperture, 127 mm focal length). The Kew photoheliograph was transported to Spain by Warren de la Rue for the observation of the 1860 total eclipse of the Sun.

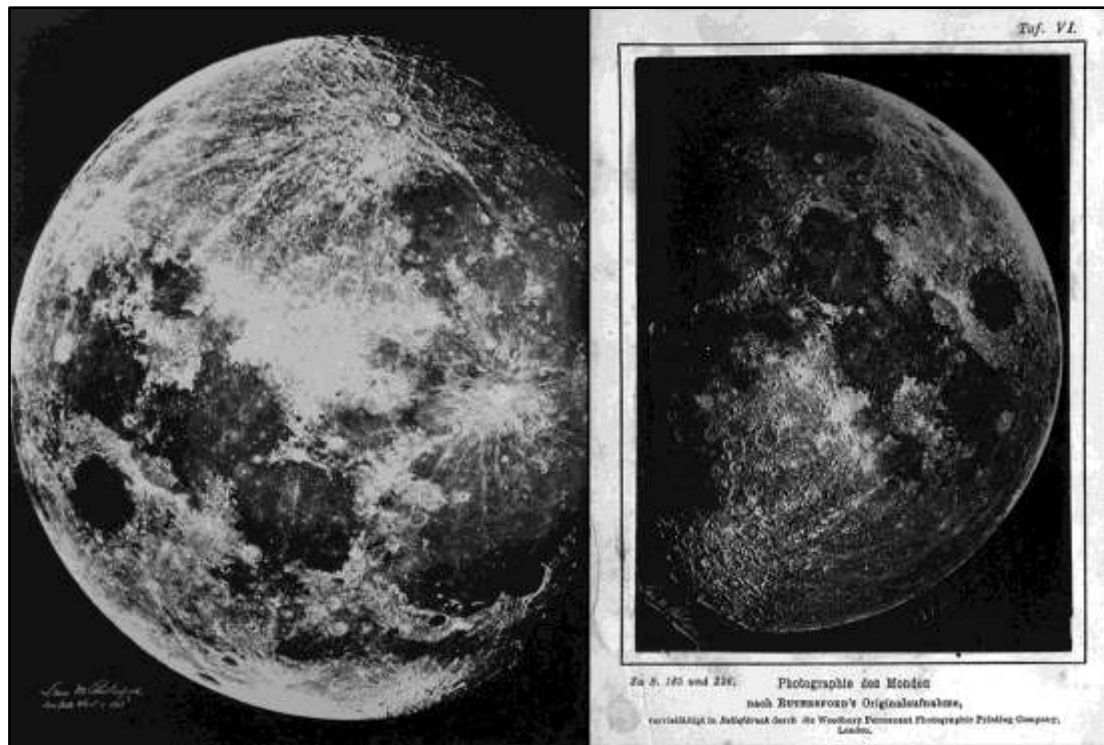


Figure 8- Wet collodion Moon images obtained by Lewis M. Rutherford in 1865.

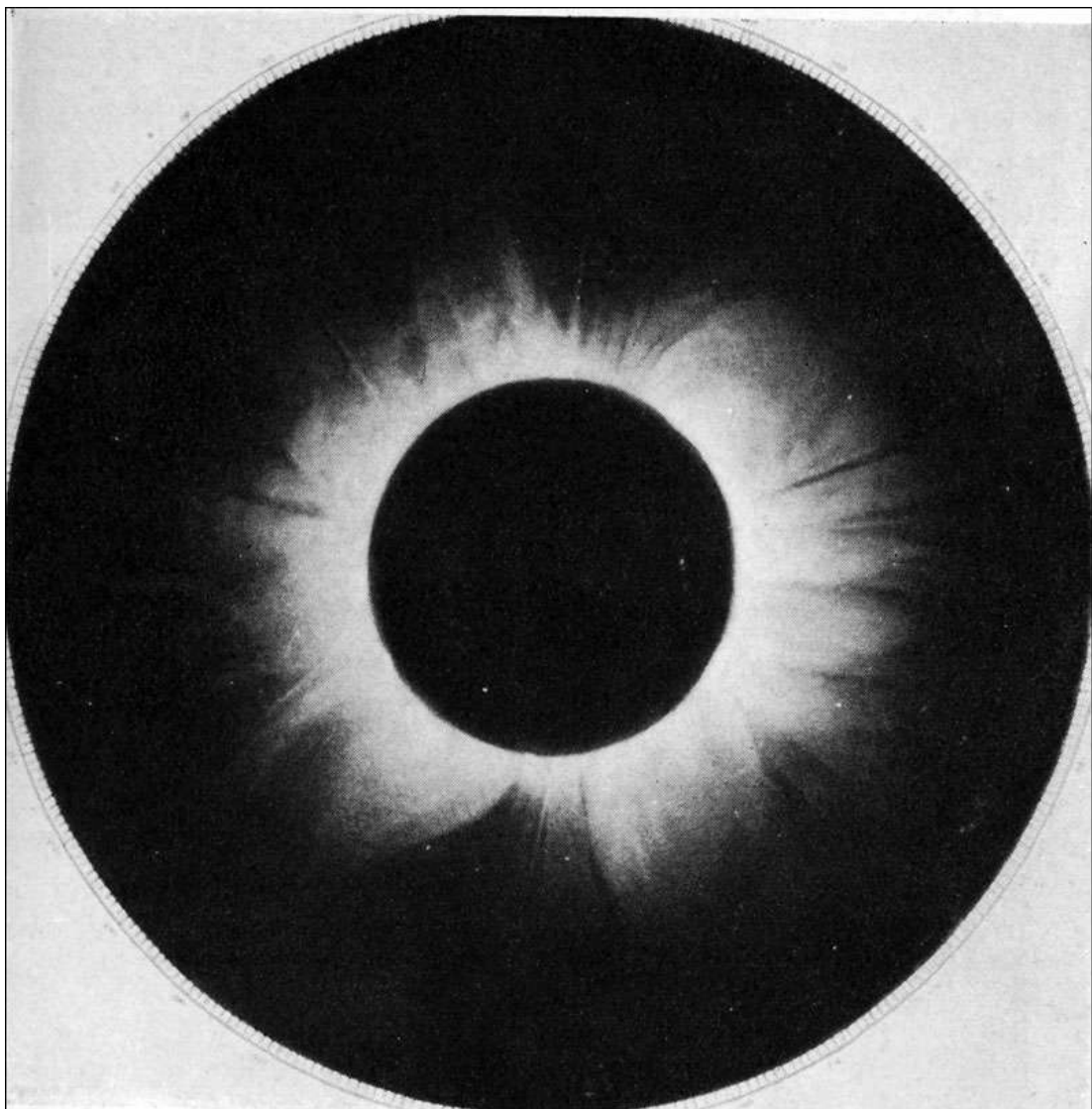


Figure 9- Wet collodion image of the December, 12, 1871 total Eclipse of the Sun obtained by Lord Lindsay at Baikul (12 cm refractor, 84 cm focal length). Image obtained during a solar maximum.

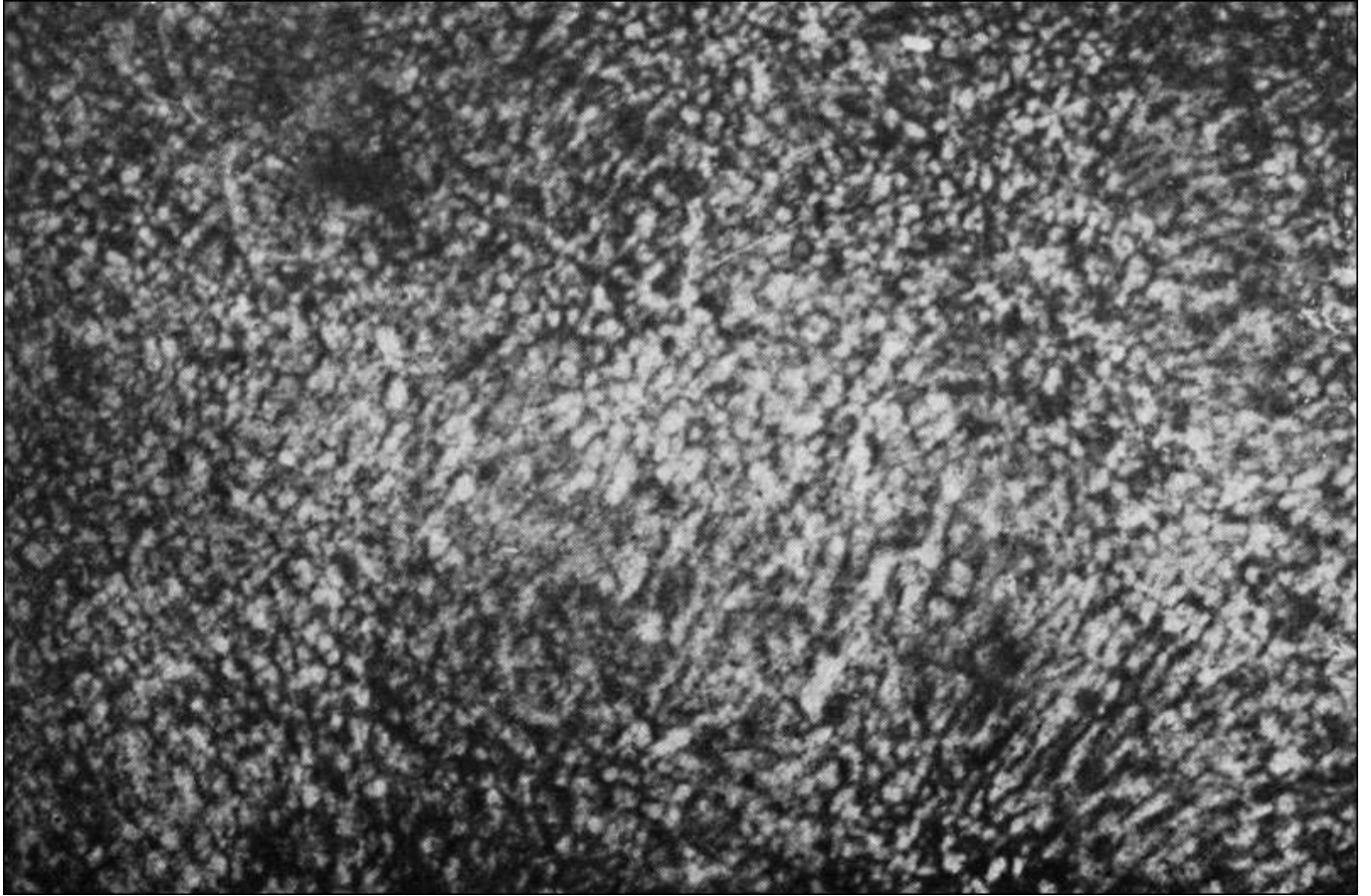


Figure 10- Solar image obtained by Jules Janssen on October 10, 1877 at the Meudon Observatory (135 mm refractor).
Solar granulation.



Figure 11- First image of the Orion nebula (M 42) obtained by Henry Draper on 1880.

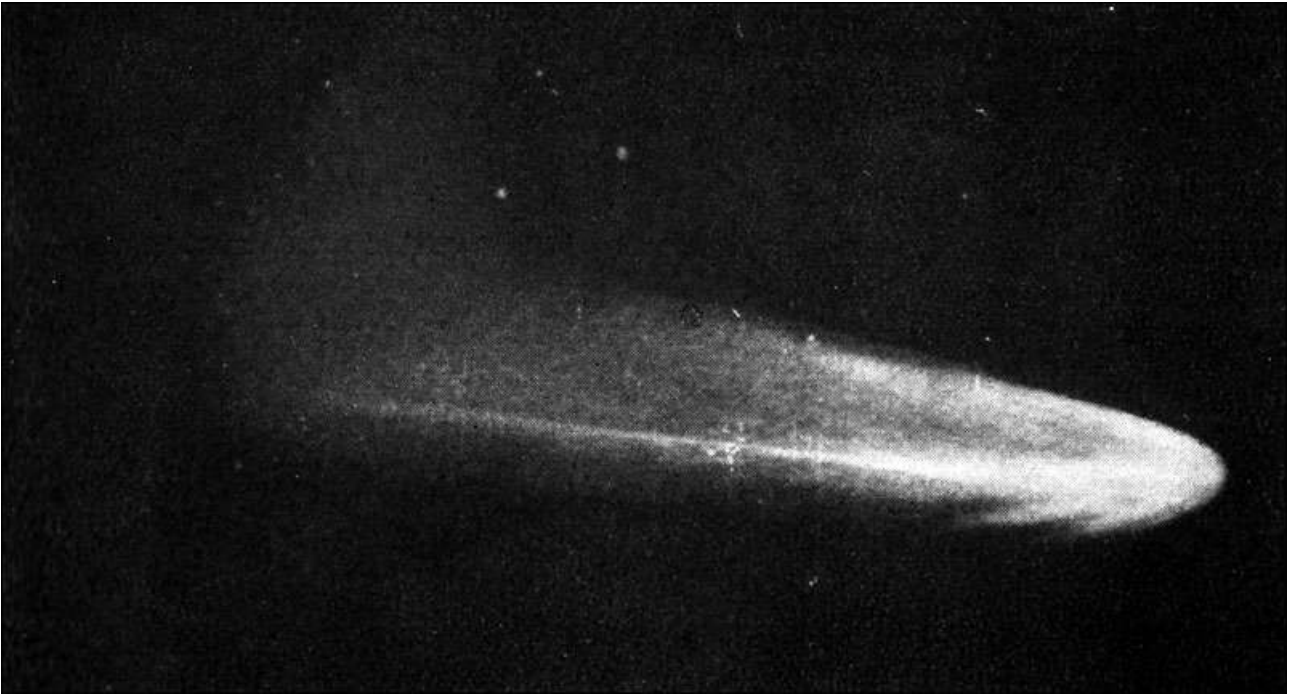


Figure 12- First photograph of a comet. Image obtained by Jules Janssen on June, 30, 1881 (dry plate, 30 min exposure).

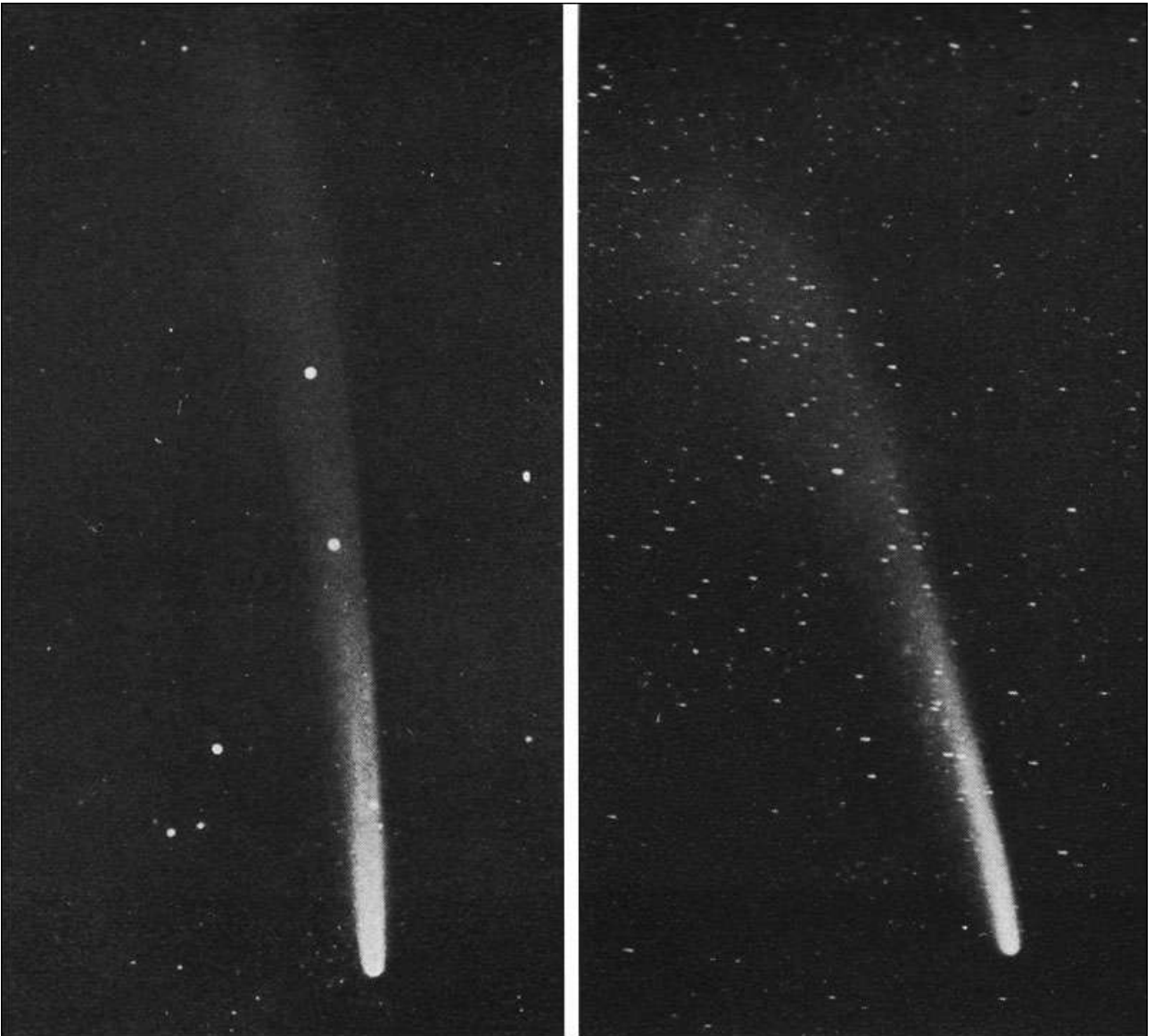


Figure 13- Photograph of the great comet of 1882 obtained by David Gill on October, 19 (Left) and November, 7 (Right). Exposures of 30 min and 110 min respectively.



Figure 14- Photograph of M 42 obtained by Andrew A. Common on February 28, 1883, 91 cm reflector, 60 min exposure.

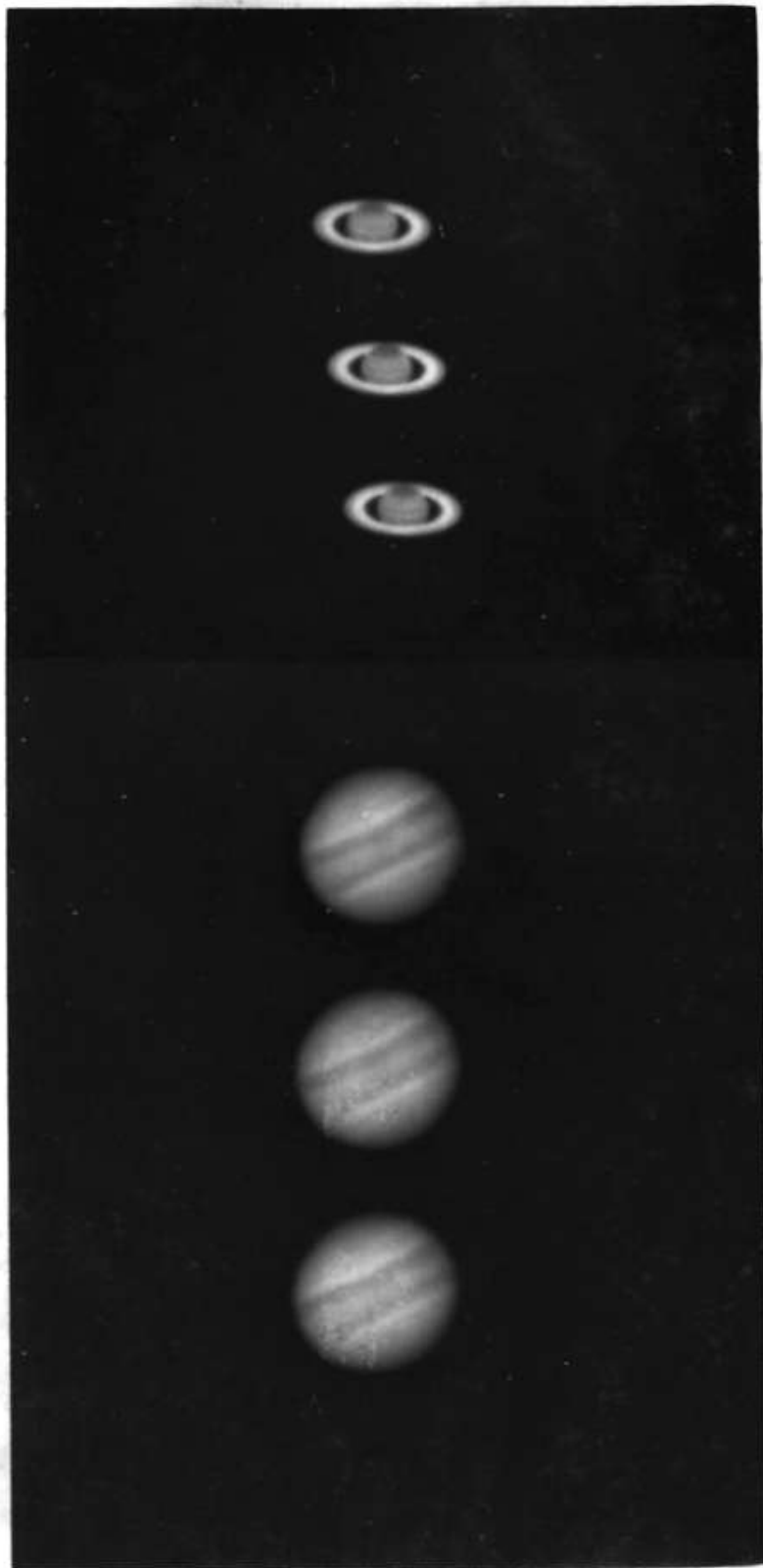


Figure 15- Saturn and Jupiter. Images obtained by the Henry brothers (Paris Observatory) (1886).

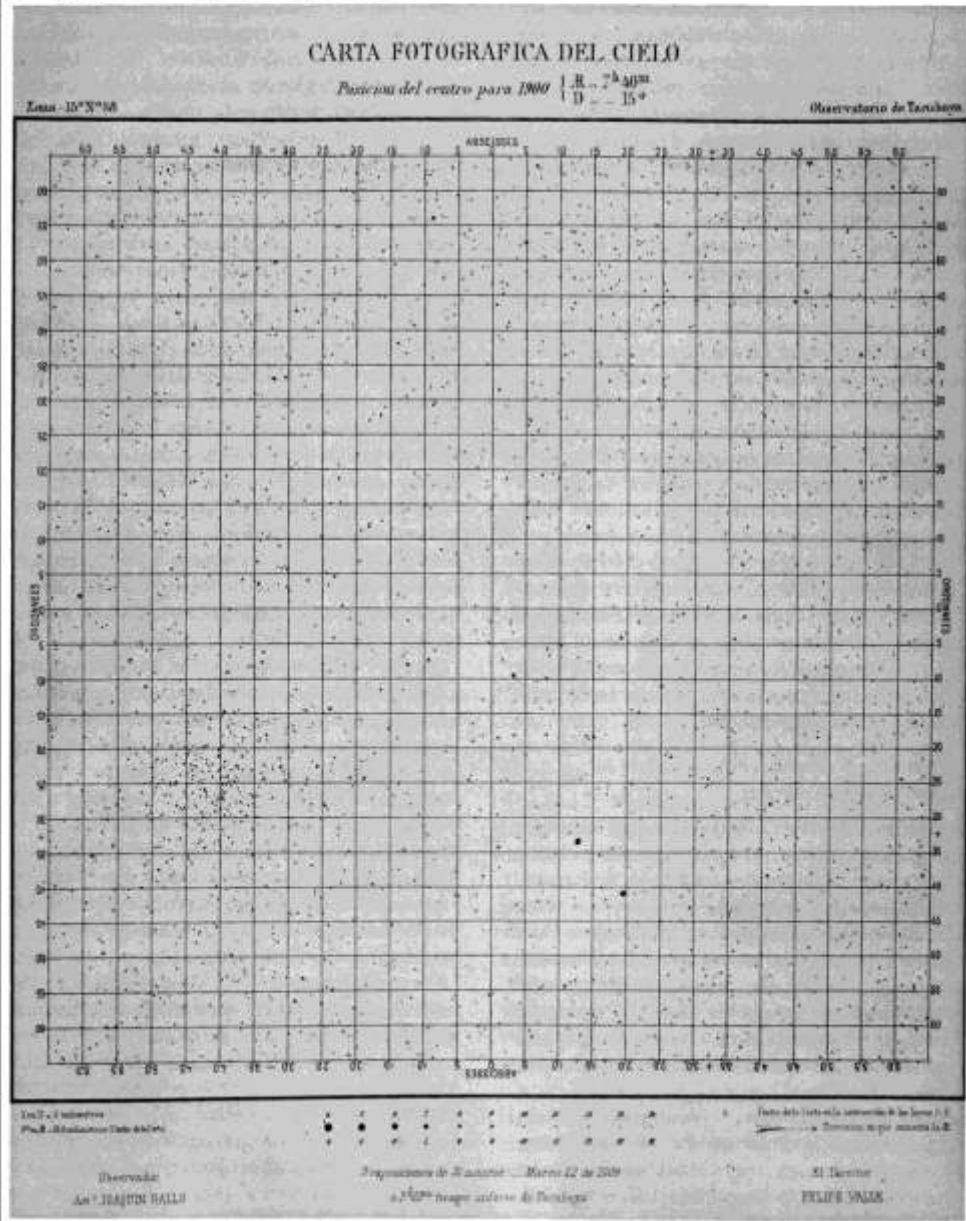
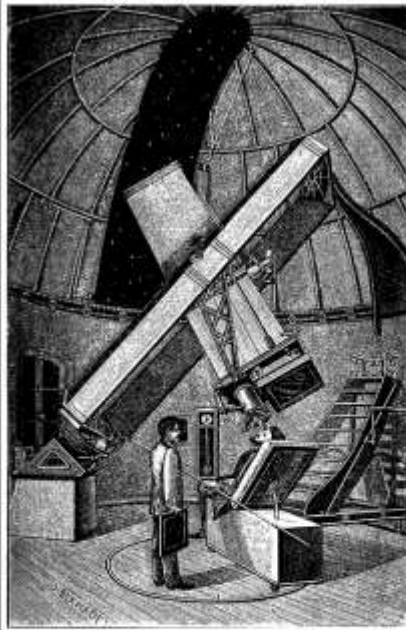


Figure 16- Photographic refractor (Left) and measuring machine (Right) used in the "Carte du Ciel" Project. Image obtained at the Tacubaya observatory (Mexico) in 1909 (Below).



Figure 17- Photograph of M 42 obtained by Isaacs Roberts on January 15, 1896, 50 cm reflector f/5, 90 min exposure.



Figure 18- Photographs obtained by William Wilson at the Daramona observatory, 60 cm aperture Grubb reflector, M 42 (1897), M 33 (1899) and NGC 6992 (1899), 90 min exposures.

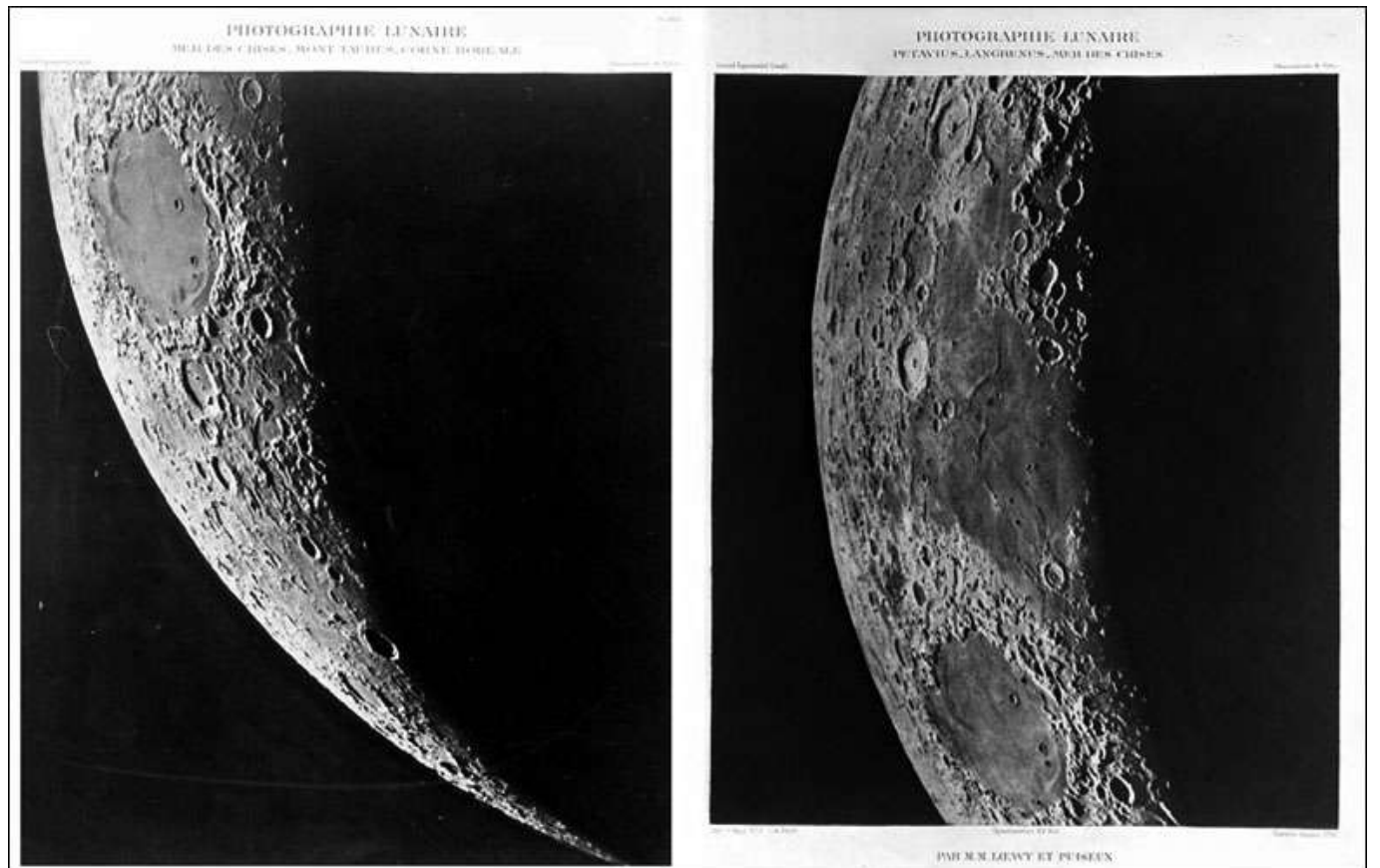


Figure 19- Atlas photographique de la lune, héliogravures, Paris, 1896-1910, Collections de l'Observatoire de Paris. Images obtained on March 7, 1897.



Figure 20- The great nebula in Orion (M 42). Photograph obtained by James E. Keeler with the 91 cm f/5.7 Crossley reflector (November 16, 1898, 40 min exposure).



Figure 21- One of the first wide-field images obtained by Edward E. Barnard. Lick observatory, Croker telescope, 6" Willard lens (August 1, 1889, 3h 7m exposure).

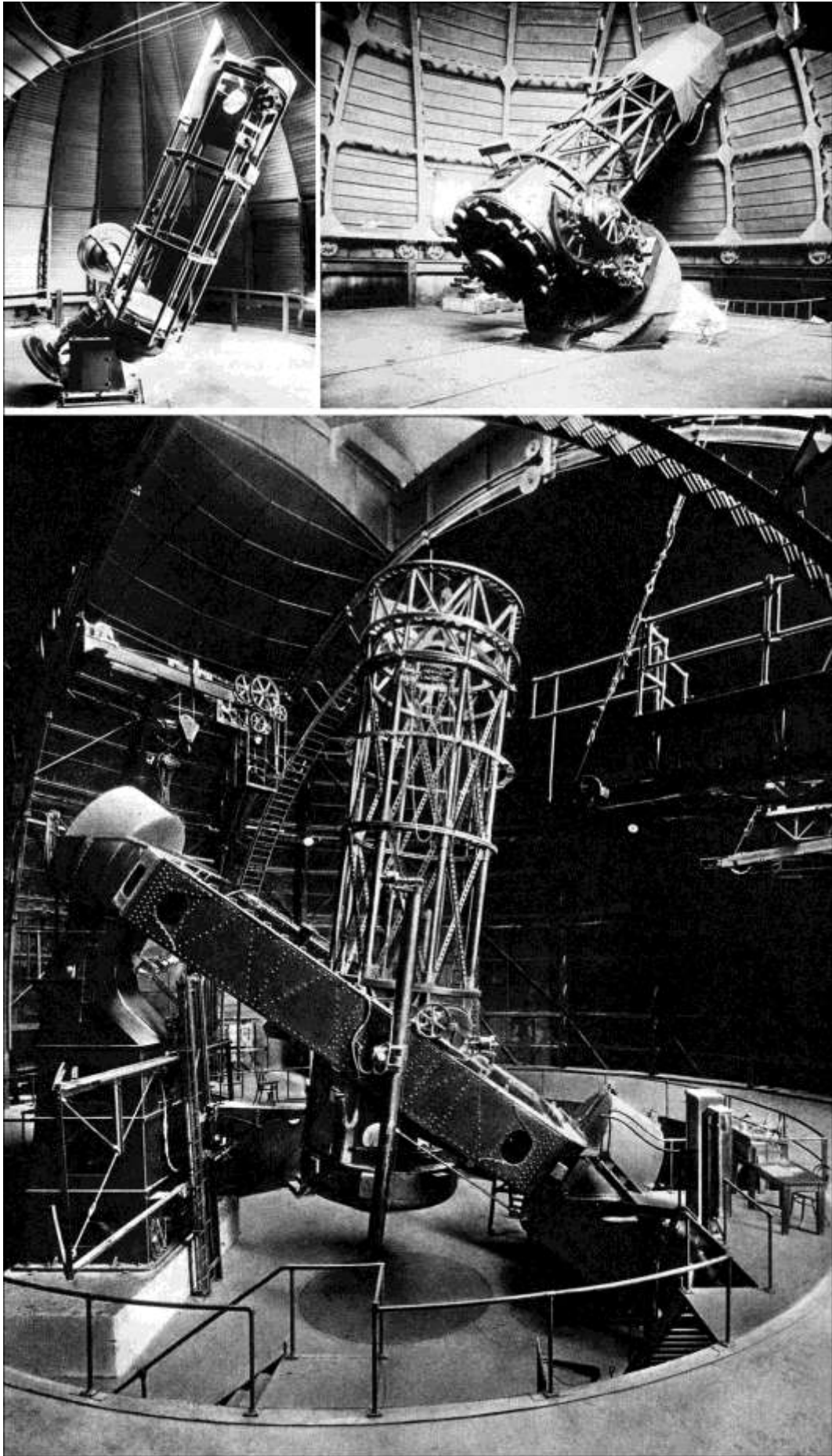


Figure 22- Mount Wilson Observatory: 0.60 and 1.52 and 2.54 m reflectors (1900/1918).

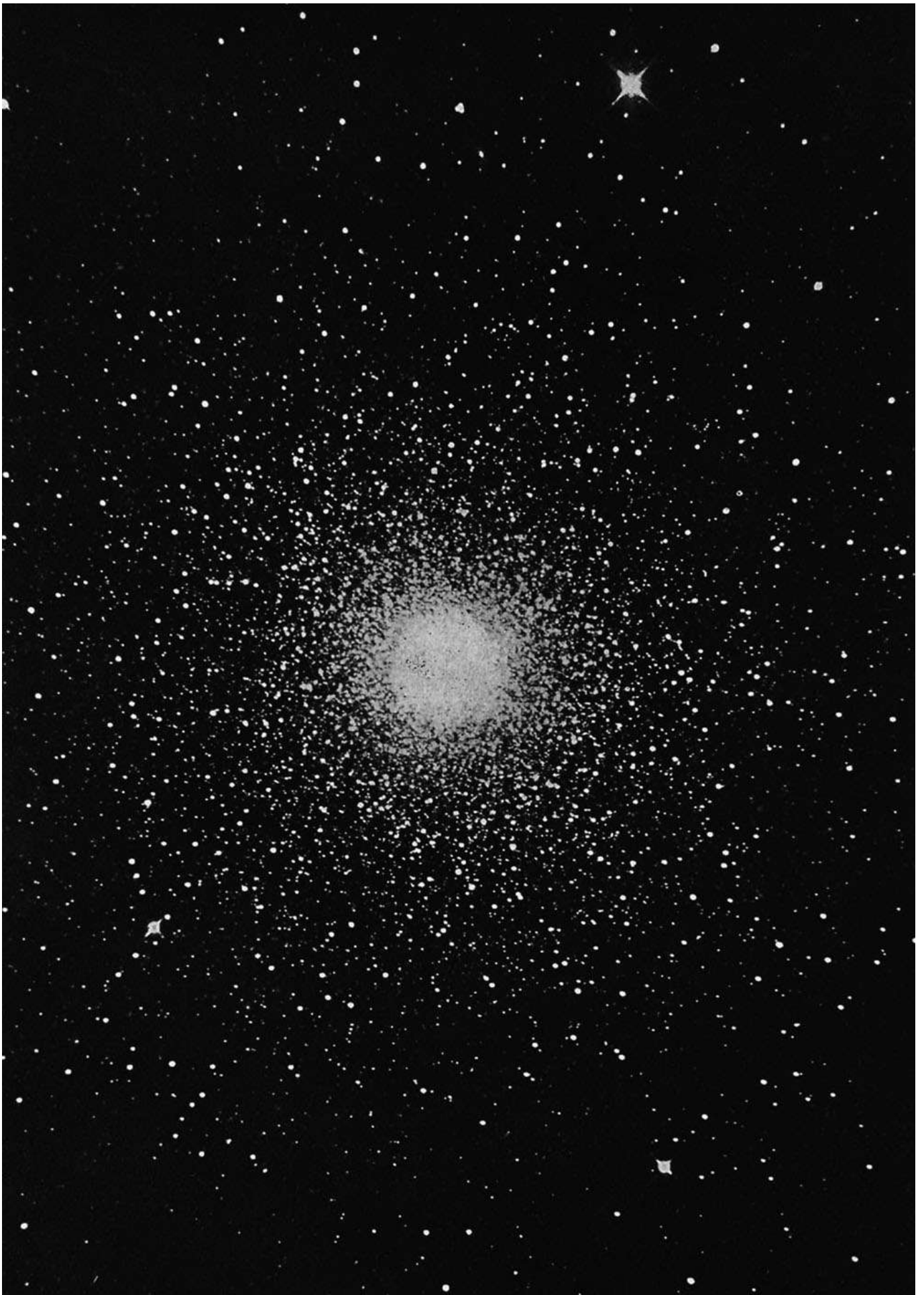


Figure 23- M 3. Image obtained by G. W. Ritchey on April 9, 1910, 1.52 m Mount Wilson reflector, 3 ½ h exposure.



Figure 24- M81. Image obtained by G. W. Ritchey on 1917, 1.52 m Mount Wilson reflector, 3 h exposure.

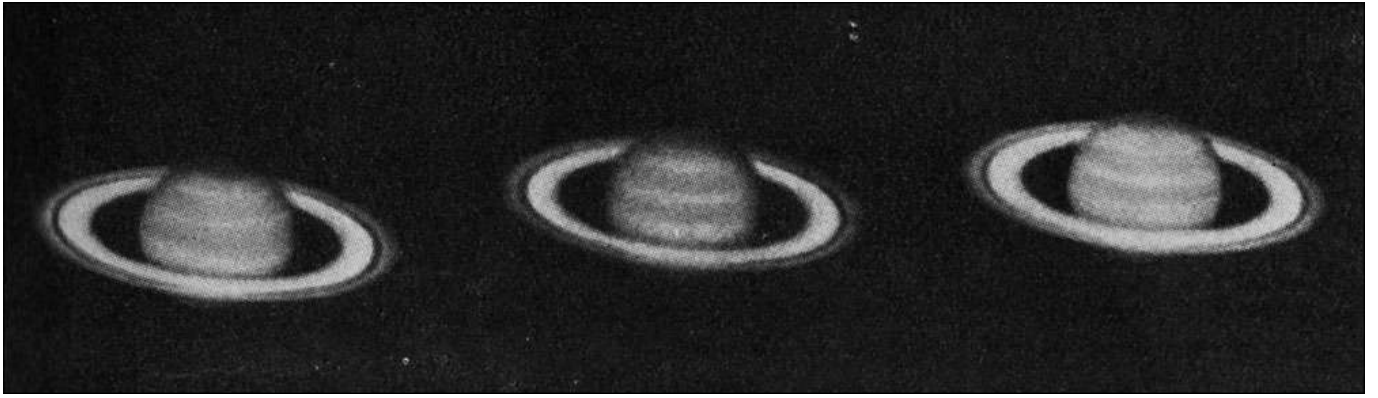
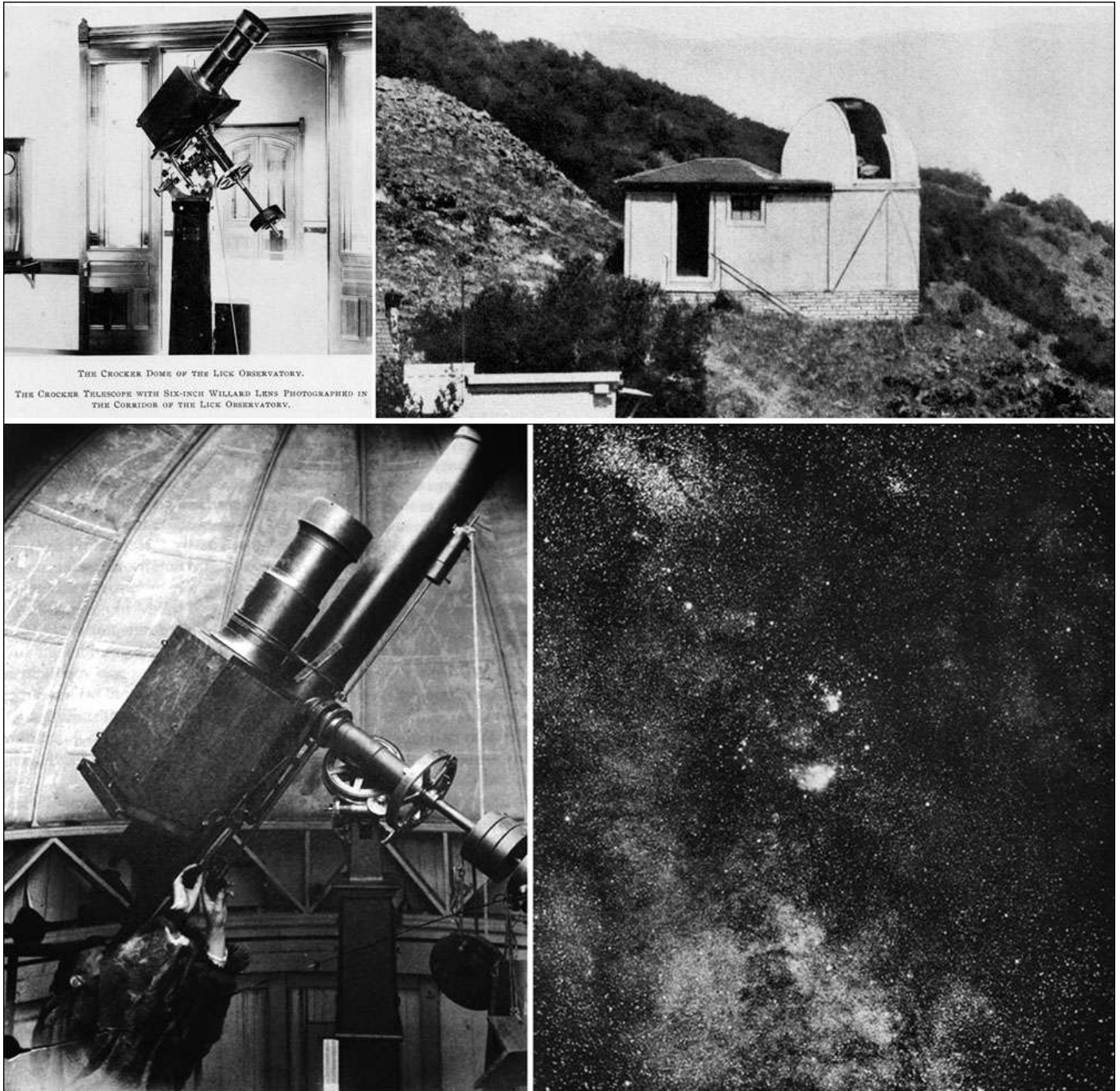


Figure 25- Saturn images obtained by E.E. Barnard with the 1.52 m telescope, Mount Wilson observatory (1911).



THE CROCKER DOME OF THE LICK OBSERVATORY.
THE CROCKER TELESCOPE WITH SIX-INCH WILLARD LENS PHOTOGRAPHED IN THE CORRIDOR OF THE LICK OBSERVATORY.

Figure 26- Crocker telescope and dome (Lick observatory). Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11, Plate 51 (Below right).

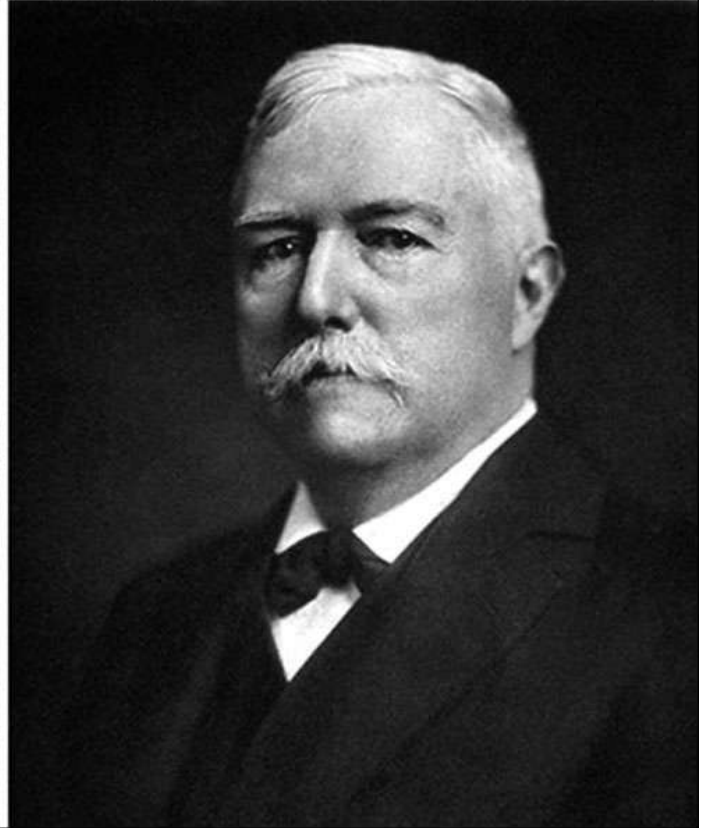
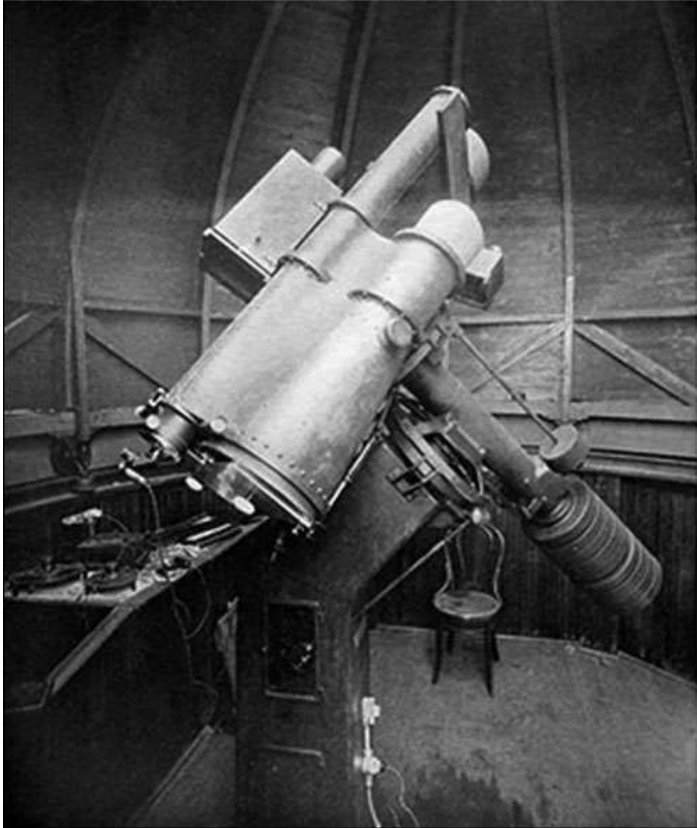
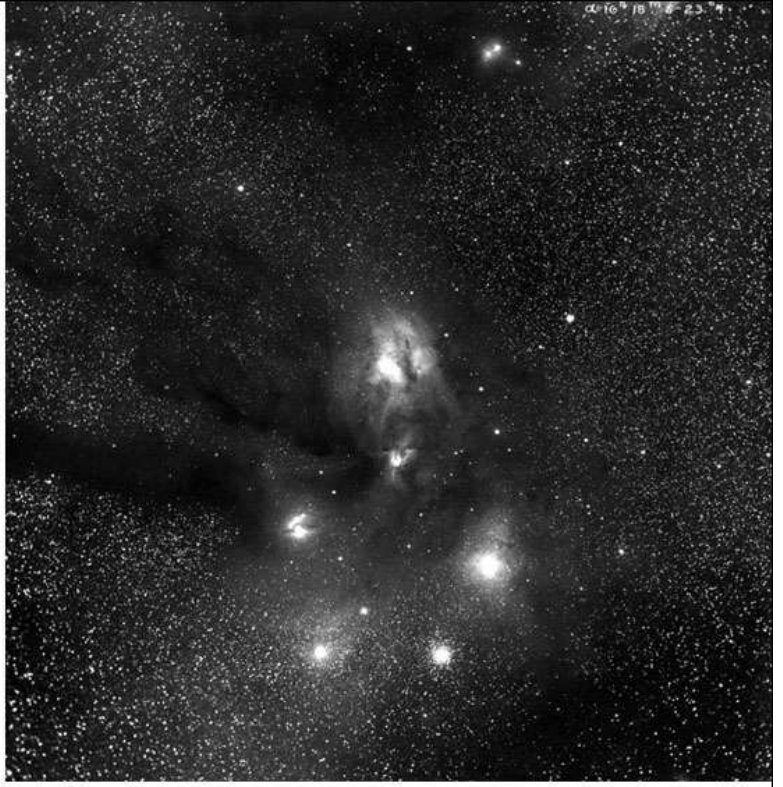


Figure 27- Bruce astrograph (Mount Wilson observatory) and Rho Ophiuchi region (4h30m exposure) (Top).
Bruce astrograph (Lick Observatory) and E.E. Barnard (1917) (Below).

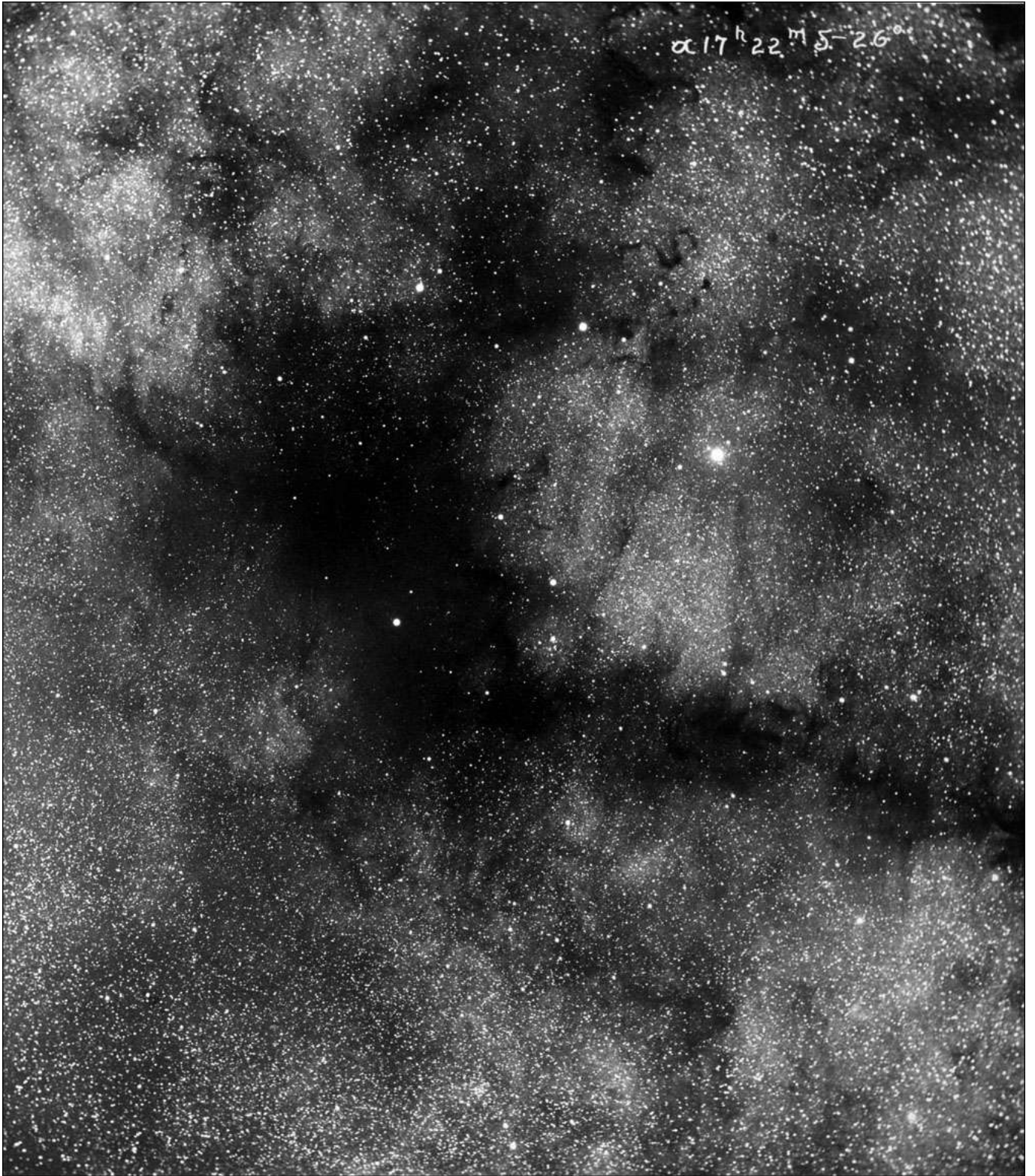


Figure 28- Milky way at Ophiucus. Image obtained by E.E. Barnard with the Bruce astrograph, 4h45min exposure, July 30, 1905 (Mount Wilson observatory).

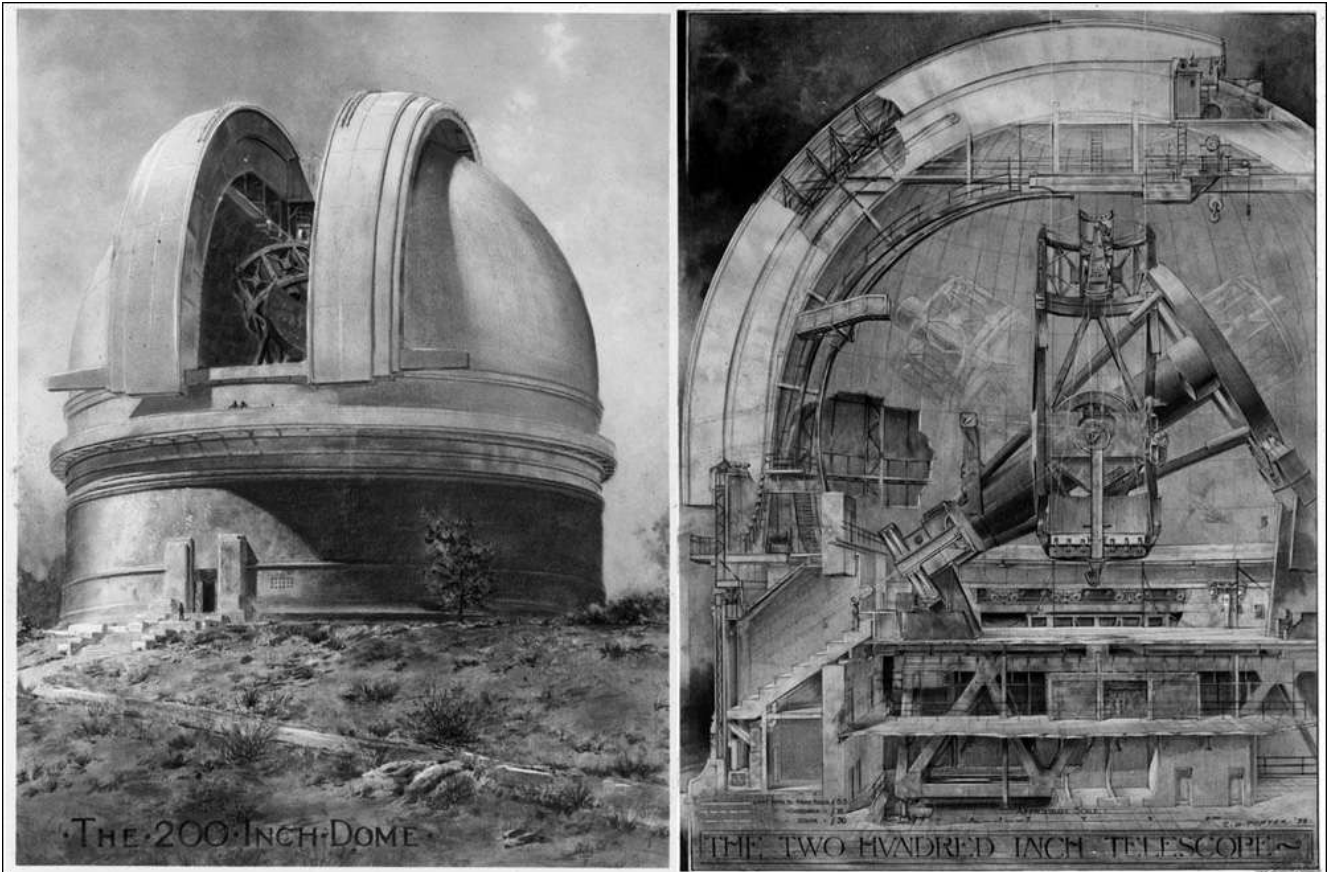


Figure 29- 200 inch (5.08 m) Hale telescope. Drawings by Russell W. Porter (1871-1949).

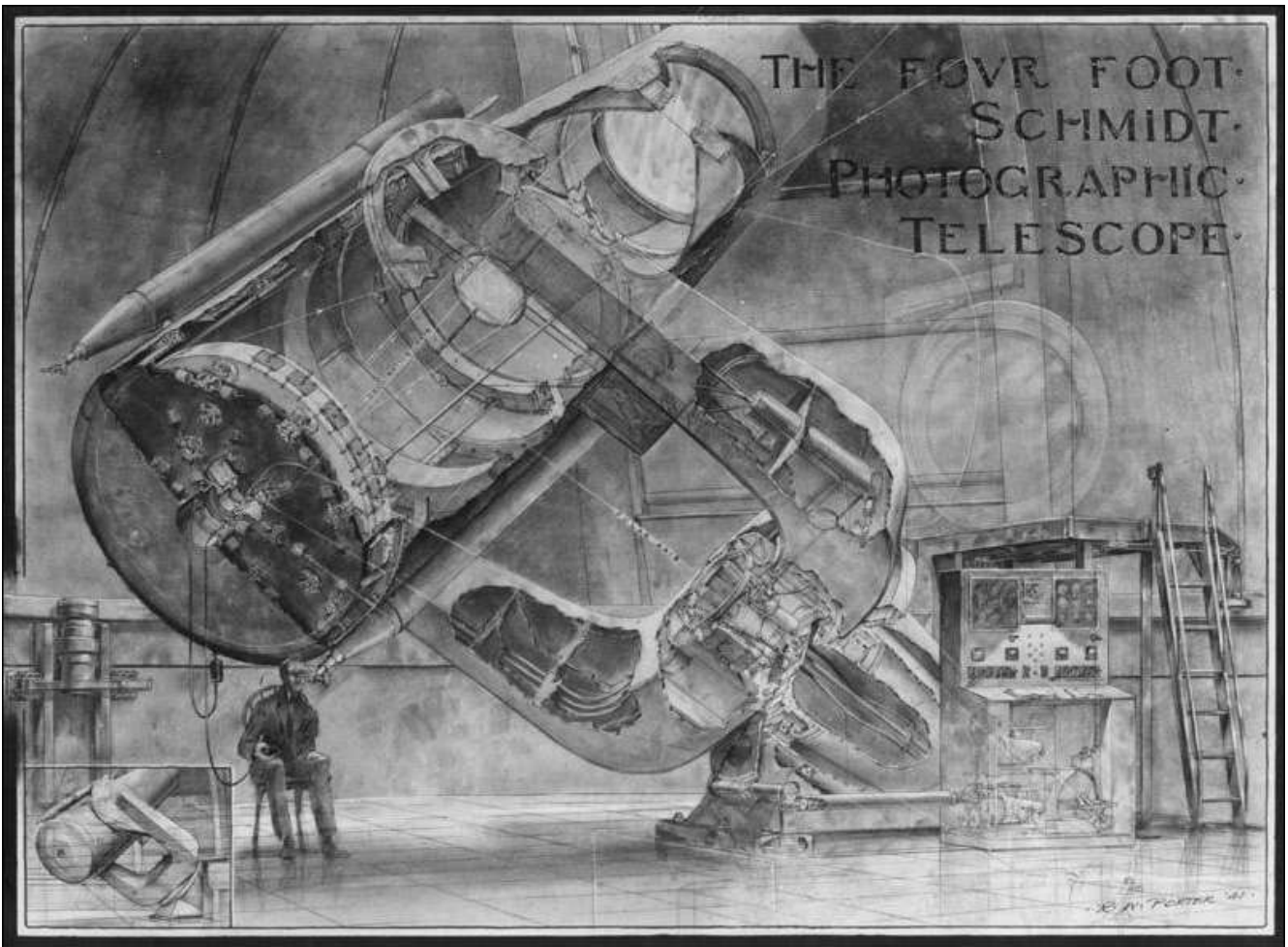


Figure 30- 48 inch (1.22 m) Samuel Oschin Schmidt telescope. Drawing by R. W. Porter

O PRIMEIRO DAGUERREÓTIPO DE UMA ESTRELA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

A primeira imagem fotográfica (daguerreótipo) de uma estrela foi obtida na noite de 16 de Julho de 1850. John Adams Whipple (1822-1891) que se encontrava a trabalhar sob a orientação de William Cranch Bond realizou este primeiro daguerreótipo da estrela Vega com o auxílio do telescópio refractor de 38 cm de abertura do Observatório de Harvard (Figura 1, Figura 2).



Figura 1- William Cranch Bond (1789-1859), telescópio refractor de 38 cm de abertura e Observatório de Harvard (ca 1900).

Para obter esta imagem foi necessário efectuar uma exposição de 100 s. Com a tecnologia existente na época as estrelas de 1ª magnitude necessitavam de tempos de exposição superiores a 60 s e as estrelas de 2ª magnitude por vezes não eram registadas com sucesso. Nestas primeiras tentativas ficou patente que o mecanismo de relojoaria utilizado na guiagem do refractor era adequado para observações visuais, mas revelava-se insuficientemente preciso para a realização de exposições longas.

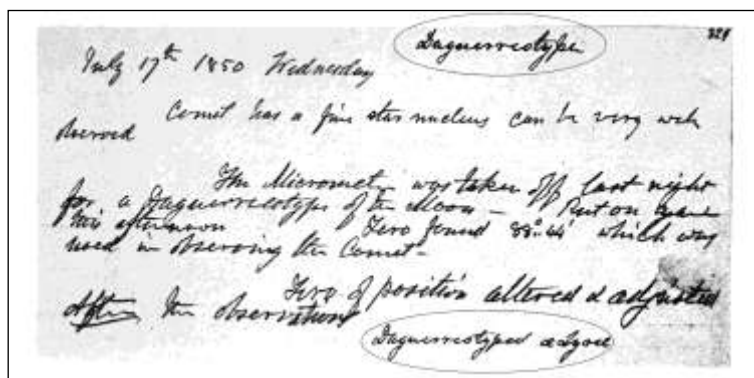


Figura 2- Registo do primeiro daguerriótipo da estrela Vega (α Lyrae), 16 de Julho de 1850.

Pouco tempo antes do anúncio público do Daguerreótipo¹ efectuado por François Arago (1786-1853), Louis Daguerre tentou obter sem sucesso imagens da Lua. As chapas utilizadas não registaram qualquer pormenor. Estas primeiras tentativas inspiraram Arago que tentou registar fotograficamente o espectro solar igualmente sem

¹ Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1851), recorreu ao uso de uma placa de cobre exposta ao vapor de iodo que tinha por resultado a formação de uma camada de iodeto de prata. Em 1837 ao deixar uma placa guardada num armário durante a noite, Daguerre notou, na manhã seguinte, que a placa mostrava uma imagem com alguma densidade. Por meio de um cuidadoso processo de eliminação, Daguerre veio a descobrir que a revelação ocorreu devido ao mercúrio de um termómetro quebrado. Esta conclusão permitiu ao inventor obter resultados satisfatórios com apenas meia hora de exposição. Invenção de Daguerre, cuja patente foi comprada pelo governo francês e tornada pública em 19 de Agosto de 1839, produzia uma espécie de pintura em metal, o Daguerreótipo. As imagens de Daguerre eram cópias únicas do motivo retratado e não podiam ser reproduzidas. A daguerreotipia só foi progressivamente abandonada após a invenção do processo do colódio húmido em 1851.

sucesso. Entre 1842 e 1845 foram obtidos diversos daguerreótipos do Sol. O elevado brilho intrínseco do Sol permitia ultrapassar a baixa sensibilidade das chapas utilizadas. Em algumas destas primeiras imagens astronómicas era possível observar o obscurecimento do limbo solar bem como manchas solares de maiores dimensões. As primeiras tentativas para fotografar um eclipse solar datam de 1842. Foi possível registar as fases parciais do eclipse mas não a fase de totalidade².

A Lua foi pela primeira vez fotografada com o refractor de 38 cm do observatório de Harvard por George Phillips Bond (1825-1865), filho de W.C. Bond, auxiliado por John Adams Whipple que efectuou uma série de imagens experimentais em 1850. As imagens lunares obtidas tinham um diâmetro de 125 mm. Estas imagens lunares foram expostas em 9 de Maio de 1950 numa das reuniões da Royal Astronomical Society tendo sido atribuída a Bond uma medalha de reconhecimento.

Em 1840, o fotógrafo amador americano John William Draper (1811-1889) obteve imagens da Lua com apenas alguns segundos de exposição. Draper realizou igualmente alguns daguerreótipos do espectro solar com o auxílio de uma rede de difracção.

Com a introdução do Colódio húmido, as exposições utilizadas para registar alguns objectos astronómicos mais brilhantes (e.g. Sol e Lua) diminuíram consideravelmente. O astrónomo amador inglês Warren De la Rue (1815-1882) obteve com sucesso imagens lunares em 1852 utilizando um telescópio reflector de 33 cm de abertura.

Lewis M. Rutherford (1816-1892) construiu em 1864 o primeiro telescópio fotográfico com o intuito de obter imagens astronómicas. As objectivas fotográficas da época eram corrigidas para os comprimentos de onda do espectro electromagnético em que o olho humano é mais sensível. As chapas fotográficas ao contrário, eram mais sensíveis na região azul do espectro, pelo que a objectiva fotográfica construída por Rutherford tinha uma correcção distinta. Realizou com este instrumento mais de 1400 astrofotografias de excelente qualidade (Figura 3).



Figura 3- Fotografia lunar obtida por Lewis M. Rutherford em 6 de Março 1865.

² As primeiras imagens fotográficas (daguerreótipos) de um eclipse solar total foram obtidas por Berkowski em Königsberg (28 de Julho de 1851). Em 1860 Warren de la Rue e Angelo Secchi fotografam as proeminências e a coroa solar durante o eclipse de 18 de Julho de 1860 em Espanha. Estas imagens registaram claramente a coroa solar e as proeminências ou protuberâncias provando que estas eram de origem solar e não lunar como se pensava na época.

John Herschel (1792-1871) propôs pela primeira vez a realização de observações fotográficas do Sol. Com este objectivo a Royal Society de Londres construiu e instalou um foteheliógrafo no observatório de Kew. Este instrumento idealizado por Warren de la Rue tinha uma abertura de 89 mm e projectava, com o auxílio de uma ocular, uma imagem do Sol com 100 mm de diâmetro. Utilizando este instrumento, o Sol foi fotografado diariamente entre os anos de 1858 e 1872 (Figura 4).

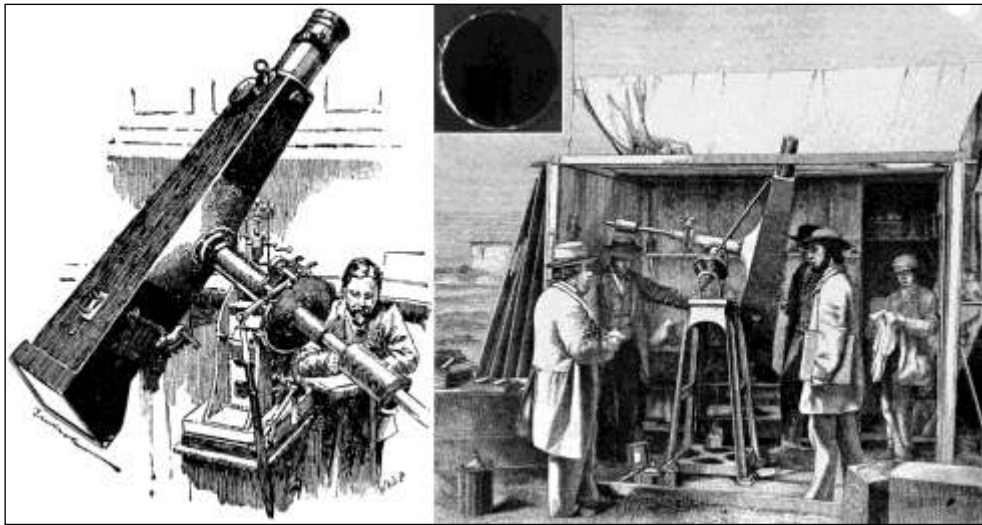


Figura 4- Warren De la Rue e o foteheliógrafo de Kew (esquerda). Observação do eclipse total do Sol visível em Espanha, em 18 de Julho de 1860 (direita). Primeira imagem fotográfica da coroa solar e proeminências obtida durante o eclipse.

Os registos fotográficos dos trânsitos de Vénus que ocorreram em 1874 e 1882 foram a primeira tentativa de se detectar a paralaxe solar e consequentemente determinar a distância da Terra ao Sol (unidade astronómica). Inúmeras equipas de astrónomos espalhadas por diversos locais do globo observaram e registaram o fenómeno utilizando técnicas diversas (daguerreótipos, placas húmidas e placas secas). De um modo geral, os resultados obtidos não foram satisfatórios devido, sobretudo à dificuldade em cronometrar com rigor os diversos contactos com o disco solar (efeito de "gota" provocado pela atmosfera do planeta) (Figura 5).

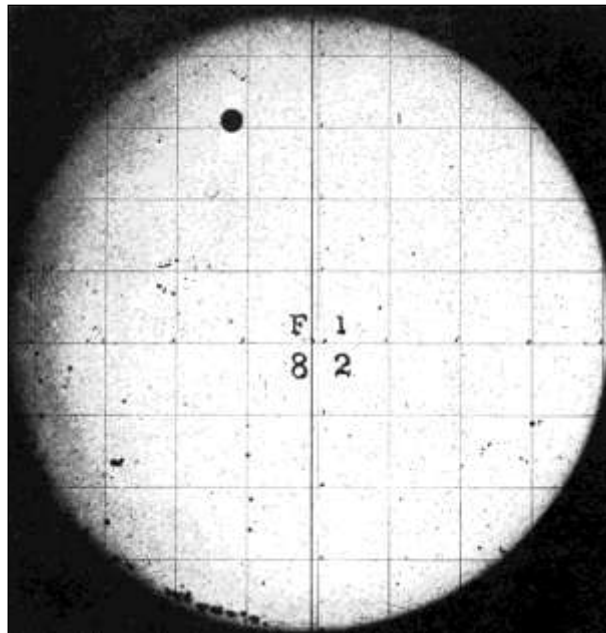


Figura 5- Fotografia do Trânsito de Vénus de 1874 (local desconhecido).

De acordo com os registos (relatórios anuais) efectuados pelo director do observatório de Harvard (W.C. Bond) as primeiras tentativas para registar fotograficamente a superfície solar foram efectuadas em 1848. Nesse relatório pode ler-se:

"The physical condition of the sun's disc has been attended to whenever the state of the atmosphere has admitted of distinct delineation. Some experiments made with the Daguerreotype and Talbotype processes, for the purpose of obtaining impressions from the image formed by the telescope, have not been attended with complete success. The application of these processes to astronomical purposes is met by a serious difficulty in the variable refraction of the atmosphere. However, we do not despair of ultimate success, when our time and means are adequate to the requisite expenditure"

O registo seguinte data de 1850:

"The smaller equatorial has occasionally been used for Daguerreotype experiments; and it will answer a most valuable purpose when placed, as it is intended, in the dome of the new building, where, in connection with the comet-searcher, and the requisite apparatus for photographic operations, it can be used more efficiently than in its present situation".

No mesmo relatório é referida pela primeira vez a fotografia estelar com o auxílio do refractor de 38 cm:

"With the assistance of Mr Whipple, daguerreotypist, we have obtained several impressions of the star Vega (α Lyrae). We have reason to believe this to be the first successful experiment of the kind ever made, either in this country or abroad. From the facility with which these were executed, with the aid of our great equatorial, we were encouraged to hope that the way is opening for further progress. If it should prove successful when applied to stars of less brilliancy than α Lyrae, so as to give us correct pictures of double and multiple stars, the advantages would be incalculable".

Durante o ano de 1852, Whipple realizou numerosos daguerreótipos da Lua, estrelas e enxames estelares. O seguimento deficiente (movimento sideral) e a baixa sensibilidade das chapas dificultaram seriamente estas primeiras experiências. Após 1852 não são feitas quaisquer referências a registos fotográficos realizados com o refractor de 38 cm.

Com a introdução das chapas húmidas, G. P. Bond retomou, no início de 1857, as tentativas de obter imagens estelares de boa qualidade. Conseguiu, utilizando o referido refractor munido de um novo mecanismo de relojoaria, obter imagens da estrela dupla Mizar (ζ UMa) e Alcor (80 UMa) com uma exposição de 80 s. Bond refere pela primeira vez que o processo fotográfico permitia determinar com rigor a posição relativa das estrelas (astrometria). Notou igualmente que a dimensão da imagem registada era directamente proporcional à magnitude da estrela (fotometria estelar) (Figura 6).



Figura 6- Imagens da estrela Mizar e Alcor. Colódio húmido obtido em 8 de Maio de 1857 com o refractor de 38 cm do observatório de Harvard.

G.P. Bond mediu o ângulo de posição e a separação desta estrela dupla tendo obtido resultados consistentes e de grande qualidade. Estes primeiros resultados foram publicados na revista *Astronomische Nachrichten* em 1858 e

1859. Durante o ano de 1860 e de acordo com os registos do observatório, foram obtidos cerca de 70 daguerreótipos e 200 a 300 colódios húmidos da Lua, estrelas e planetas. Foi somente após o aparecimento das chapas secas que a fotografia astronómica foi retomada de um modo sistemático no observatório de Harvard pelos irmãos E.C. Pickering (1846-1919) e W.H. Pickering (1858-1939). O observatório iniciou em 1882 um programa de investigação que conduziu à obtenção de uma das maiores e mais bem conservadas colecções de astrofotografias que contabiliza cerca de 500 000 imagens obtidas entre os anos de 1882 e 1989.

Bibliografia

- Holffleit, D. (1950). Some firsts in astronomical photography. Harvard College Observatory, Cambridge Massachusetts: 39pp.
- Holffleit, D. (1950). The first stellar photograph. Sky and Telescope, July issue: 207-210.

A PRIMEIRA FOTOGRAFIA DE UMA NEBULOSA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

A primeira fotografia de uma nebulosa foi efectuada por Henry Draper (1837-1882) em 30 de Setembro de 1880, cerca de 30 anos depois do primeiro daguerreótipo de uma estrela³.

Henry Draper nasceu em 7 de Março de 1837 em Prince Edward (Virginia). O seu pai, John William Draper (1811-1882) era um médico de renome, além de químico e Professor na Universidade de Nova Iorque. A mãe de Draper, Antónia Caetana de Paiva Pereira Gardner era filha de John Gardner, médico pessoal do imperador do Brasil⁴.

John William Draper foi um dos pioneiros da astrofotografia. Obteve o primeiro daguerreótipo da Lua em 1839/1840⁵ e os primeiros retratos (daguerreótipos) no mesmo ano. J.W. Draper usou um telescópio reflector de 13 cm de abertura e exposições de 20 min para obter estes primeiros daguerreótipos da Lua (Figura 1).



Figura 1- John William Draper (esquerda), daguerreótipo da Lua obtido em 1845 (centro) e daguerreótipo de Dorothy Draper, irmã de J.W. Draper, obtido em 1840 (direita).

J.W. Draper efectuou inúmeros daguerreótipos da Lua entre os anos de 1840 e 1845. Obteve igualmente alguns daguerreótipos do espectro solar no mesmo período (Figura 2). Estas imagens, registadas com o auxílio de um rede de difracção, são os primeiros daguerreótipos de um espectro de que se tem conhecimento.

Henry Draper, com apenas 13 anos de idade, ajudou o seu pai em inúmeros trabalhos fotográficos, nomeadamente na realização de daguerreótipos de imagens microscópicas (1850). Com 17 anos ingressa na Universidade onde estuda medicina. Em 1857 escreve uma tese profusamente ilustrada com daguerreótipos obtidos com o auxílio de um microscópio. Após ter completado a sua tese, Draper com apenas 20 anos, viaja pela Europa e visita o Leviatã de Parsonstown. Foi durante esta deslocação que Henry Draper começa a demonstrar um elevado interesse pelas aplicações fotográficas em astronomia. Em 1858, George Phillips Bond (segundo director do observatório de Harvard), obtém algumas fotografias de Alcor e Mizar (Zeta Ursa Majoris) recorrendo ao uso de chapas de colódio húmido e a um refractor de 38 cm. G.P. Bond refere a propósito destas imagens:

³ A primeira imagem fotográfica (daguerreótipo) de uma estrela foi obtida na noite de 16 de Julho de 1850. John Adams Whipple (1822-1891) que se encontrava a trabalhar sob a orientação de William Cranch Bond realizou este primeiro daguerreótipo da estrela Vega com o auxílio do telescópio refractor de 38 cm de abertura do Observatório de Harvard. Ré, P. (2008). O primeiro daguerreótipo de uma estrela. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).

⁴ John Gardner foi médico pessoal de dois reis de Portugal e de Espanha. Antónia nasceu no Brasil após a família real portuguesa ter deixado o país após a invasão francesa.

⁵ O Daguerreótipo foi patenteado por Louis Daguerre em 1839.



Figura 2- Daguerreótipo do espectro solar obtido por J.W. Draper (ca. 1840/1842).

"There is nothing, then, so extravagant in predicting the future applications of photography on a most magnificent scale... What more admirable method can be imagined for the study of orbits of the fixed stars and for resolving the problem of their annual parallax?"

A maioria dos astrónomos contemporâneos de Bond e Draper não eram tão entusiásticos relativamente às aplicações fotográficas em astronomia. Agnes Clerke, célebre historiadora da astronomia no século XIX escreve em 1885⁶ a propósito das imagens fotográficas obtidas por Bond:

"...slight encouragement was derived from them, either to himself or others".

Henry Draper constrói um observatório astronómico em Hastings-on-Hudson equipado com um refractor de 11" (28 cm) e um reflector de 28" (71 cm) montados na mesma equatorial fotográfica. Publicou em 1864 uma extensa monografia sobre a construção de um telescópio reflector de 15,5" (39 cm) que constituiu uma referência essencial para todos os construtores de telescópios da época⁷ (Figura 3).

O trânsito de Vénus ocorrido em 1874 constituiu uma excelente oportunidade para se usarem algumas técnicas fotográficas no registo preciso deste importante acontecimento astronómico. Draper, era neste período, professor de fisiologia e director da Faculdade de Medicina de Nova Iorque tendo adquirido uma enorme experiência no registo fotográfico de diversos objectos celestes (Lua sobretudo) bem como no registo de espectros do Sol e das principais estrelas. Por este motivo, foi nomeado responsável pela secção fotográfica da equipa americana destacada para observar o trânsito de Vénus. Apesar dos resultados obtidos não terem sido totalmente

⁶ Clerke, A. (1885). History of Astronomy in the Nineteenth Century. A. & C. Black, London.

⁷ Draper, H. (1864). On the construction of a silvered glass telescope, fifteen and a half inches in aperture, and its use in celestial photography. Smithsonian Contributions to Knowledge.

satisfatórios, Draper recebeu uma medalha de ouro atribuída pelo Congresso Americano pelo trabalho desenvolvido na preparação das observações fotográficas.

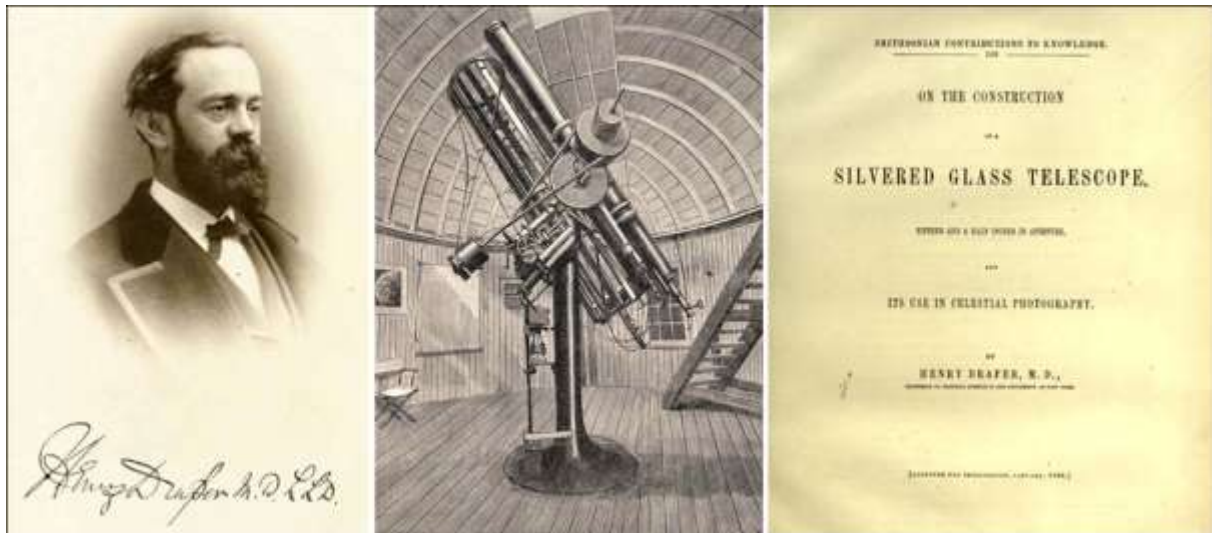


Figura 3- Henry Draper (esquerda), observatório (centro) e monografia sobre a construção de telescópios reflectores (direita).

Após o trânsito de Vénus, a grande maioria das fotografias astronómicas foram realizadas sobretudo por astrónomos amadores⁸. É exactamente neste período que Draper realiza as primeiras imagens de uma nebulosa. A utilização do colódio húmido impedia a realização de exposições longas uma vez que as placas secavam rapidamente. Draper visita William Huggins no seu observatório situado na periferia de Londres e utiliza pela primeira vez placas de gelatino-brometo de placa que tinham a vantagem se serem secas e mais sensíveis relativamente ao colódio húmido. Com o auxílio destas placas, Draper pode levar a cabo pela primeira vez as longas exposições necessárias para registar de um modo satisfatório imagens de nebulosas.

Realiza assim a primeira fotografia da nebulosa de Orion (M 42) em 30 de Setembro de 1880. Escreve uma breve comunicação que envia para o *American Journal of Science*, onde refere muito poucos dados sobre esta primeira imagem. Draper usou o telescópio refractor de 11" e uma exposição de 50 min. Nesta mesma nota refere a sua intenção de:

"(...) at an early date to publish a detailed description of the negative".

Apesar disso, Draper resolve publicar unicamente a imagem e não uma descrição técnica da mesma. As imagens foram impressas em cartão (dimensão aproximada da 15x15 cm) com a seguinte descrição:

"First photograph of a nebula in Orion. Taken by Professor Henry Draper M.D." (Figura 4).

Draper nunca mencionou que tipo de emulsão (gelatino-brometo de prata) usou para obter esta primeira imagem apesar de ter referido várias vezes a elevada qualidade das chapas disponibilizadas pela firma Wratten & Wainwright.

O facto de Draper nunca ter descrito de um modo pormenorizado esta primeira imagem pode estar relacionado com o facto de ter obtido pouco tempo depois uma imagem de melhor qualidade da mesma nebulosa com uma exposição de 104 min. Em Março de 1882, Draper efectua uma nova exposição da nebulosa desta vez com 137 min, que revela ainda mais pormenores. Esta imagem foi reproduzida (fotolitografia) por Edward Singleton Holden no final da sua importante monografia sobre a nebulosa de Orion⁹.

A propósito destas imagens Draper escreve a Holden referindo:

"The exposure of the Orion nebula required was 51 minutes; what do you think of that as a test of my driving clock?"

⁸ Lankford, J. (1984). The impact of photography on astronomy. In *The general history of astronomy*, Vol. 4- Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A.

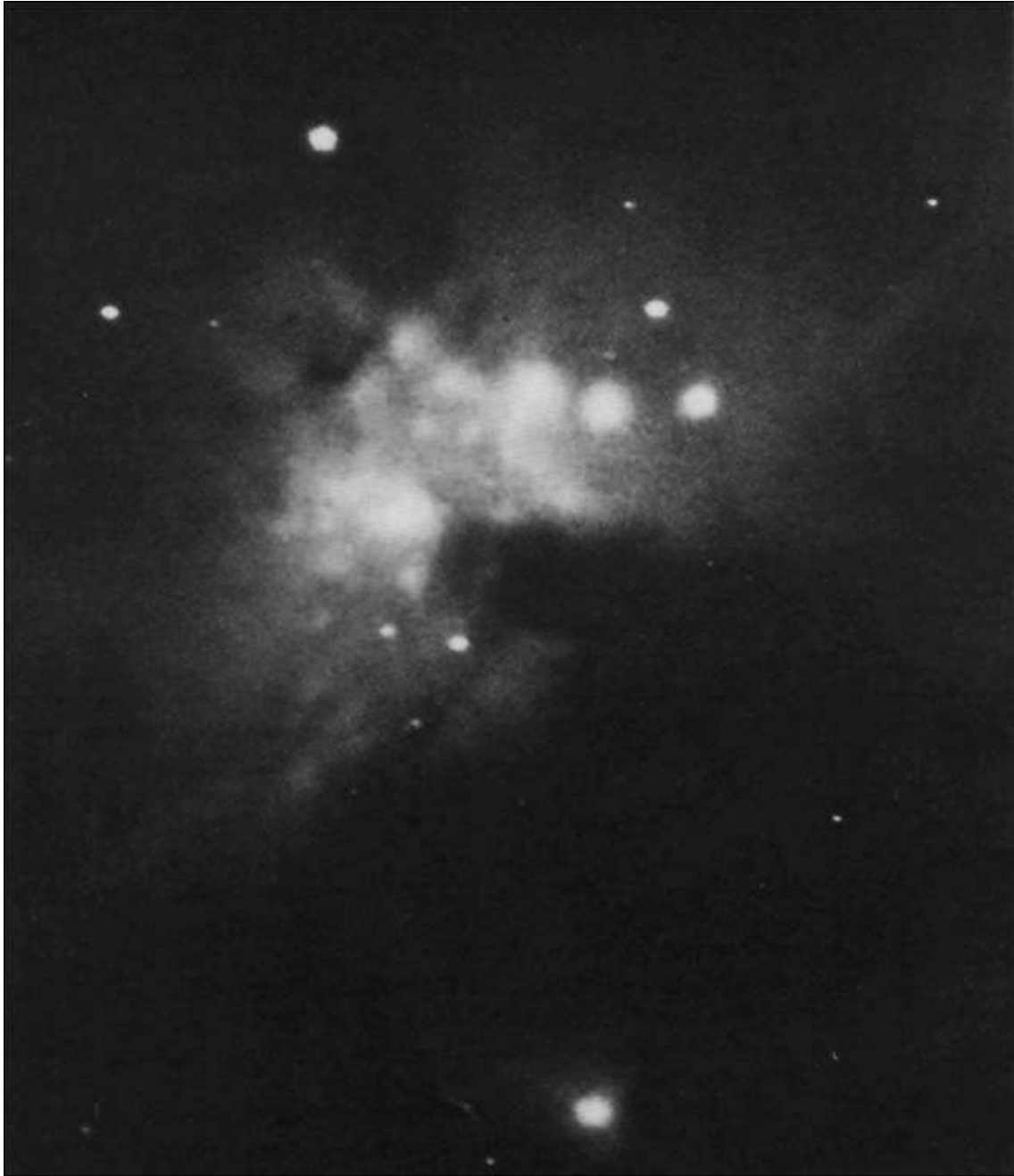
⁹ Holden, E.S. (1882). *Monograph of the Central parts of the Nebula of Orion*. Washington Astronomical Observations for 1878 Appendix I.



Figura 4- Primeira fotografia de uma nebulosa (M 42) obtida por Henry Draper em 30 de Setembro de 1880.

A exposição de 137 min (Figura 5) é descrita numa adenda à monografia de Holden:

"ADDENDUM. PHOTOGRAPHIC RESULTS OF DR. HENRY DRAPER. The first photograph of the nebula of Orion was made by Dr. HENRY DRAPER in September, 1880, and the unavoidable delay which has occurred in printing the present memoir enables me to include an account of the astonishing results which he has attained. A wood-cut which I had prepared from his first photograph was found to be so unsatisfactory that Dr. DRAPER most generously offered to supply the necessary photolithographic reproductions of his last negative (taken March 14, 1882) to accompany the brief account I had prepared. (...) I requested Dr. DRAPER to prepare some account of his work to be presented with it, and I print below a memorandum which he has kindly furnished.



Figua 5- Fotografia da nebulosa de Orion (Henry Draper, 137 min de exposição, refractor Clark 11").

"MEMORANDUM TO ACCOMPANY THE PHOTOGRAPH OF THE NEBULA IN ORION SENT TO PROFESSOR HOLDEN FOR HIS MEMOIR. BY HENRY DRAPER, M. D. As far as I know, no photograph of any nebula has been taken except in my observatory. The first photograph of the nebula in Orion was made on September 30, 1880, with my CLARK telescope of 11 inches aperture and an exposure of 51 minutes. It comprised the brightest parts of the region in the neighborhood of the trapezium and showed the condensed masses well. In March, 1881, a number of photographs of this object were taken, the best being on March 11 with an exposure of 104 minutes. By comparison with the former picture this made a marked advance, and minute stars down to the 14.7 magnitude of POGSON'S scale were shown. An account of it was read before the French Academy of Sciences and printed in the Comptes Rendus, April 18, 1881. On March 14, 1882, the negative was made from which the photolithographic enlargement in this memoir was produced. The instrument used was the CLARK telescope of 11 inches aperture mounted on the equatorial stand and driven by the clock which I had constructed. The exposure was from 7h 08m to 9h 25; that is, 137 minutes: gelatino-bromide plates were employed. The night was clear but cold and windy. The mean temperature was 27 Fahrenheit; the wind NNW and in gusts, the strongest pressure being 5 pounds per square foot about nine o'clock; the whole travel of the wind during the exposure was 35 miles. The variation in the force of the wind is one reason why the stars show some ellipticity under this magnifying power; the gusts of course displaced the telescope somewhat, though the mounting is firm

and the clock-work strong. In the photograph the larger stars are much overexposed, the proper time to make a good picture of the trapezium being about 2 minutes. The twinkling of these stars is therefore recorded on the sensitive plate, and gives to them an excess of size. If a photograph should be taken on a steady night the stars of the trapezium would be easily separated, and in the original negative of this picture, in a strong light, the separation can be seen. The variation in size of the stellar images gives an idea of the relative magnitude of the stars, though that estimate requires correction for the color of the stars. It must be remembered that no one enlargement can do justice to the original negative; various exposures, various intensities of light, and various points of view are necessary for a complete examination. During the month of March, 1882, I also made four photographs of the spectrum of the nebula in Orion, which is described in the number of the American Journal of Science for May, 1882. Two of these were made with the slit spectroscope that I usually employ for photographing spectra of the stars and they show two lines in the ultra-violet plainly, beside the traces of two others. The first-mentioned two are hydrogen γ , λ 4340, and hydrogen δ , λ 4101; the others are too faint to give a good estimate of the wave length. The other spectrum photographs, taken without a slit, show that two of the condensed masses preceding the trapezium give a continuous spectrum, and, therefore, contain either gas under pressure, or liquid, or solid matter. 271 MADISON AVENUE, New York, April 29, 1882".

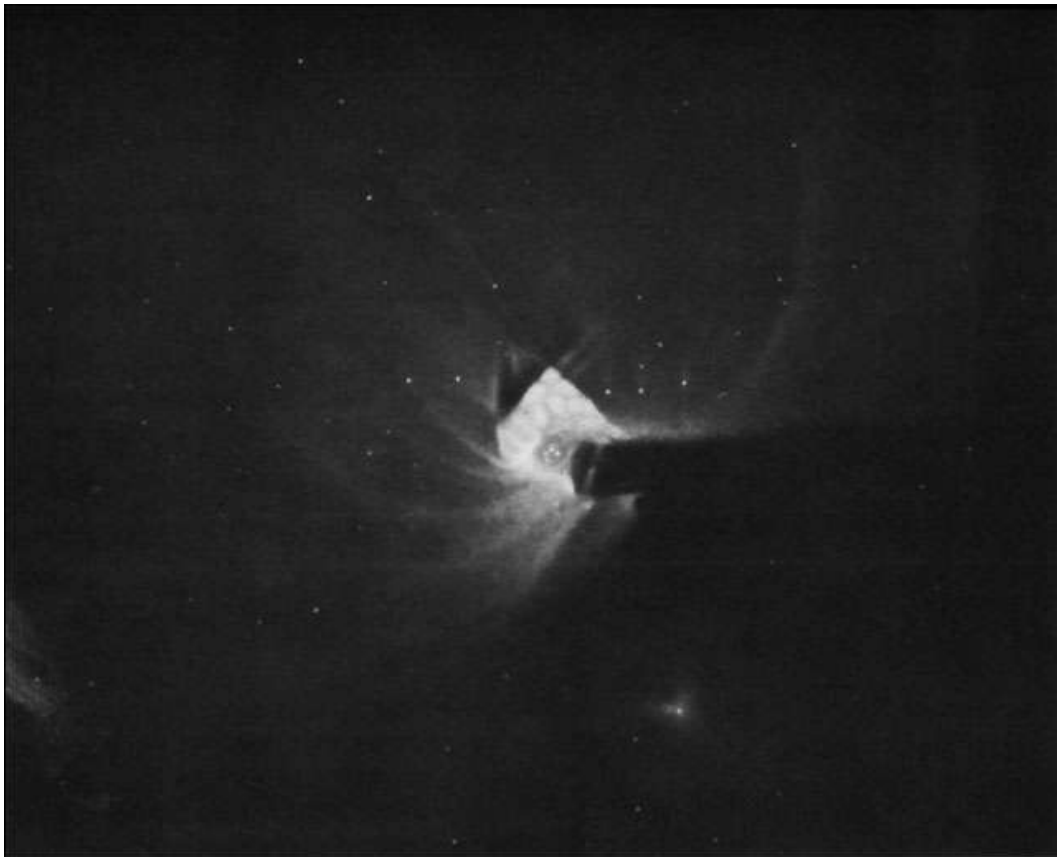


Figura 6- Desenho da nebulosa de Orion efectuado por G.P. Bond com o refractor de 38 cm do observatório de Harvard

Holden na referida monografia, descreve de um modo pormenorizado a maioria das observações (sobretudo visuais) efectuadas até 1882 da nebulosa de Orion. Subsistia a dúvida se a nebulosa apresentava alterações na sua forma e brilho. Holden refere a no final da sua monografia:

"Although it is still too soon to give a final discussion to the photographic results attained by Dr. Draper, I cannot refrain from pointing out some of the conclusions which may be drawn from this marvelously perfect representation of the nebula. If we compare the engraving of G.P. Bond visual observation (Figura6) we shall be able best to appreciate the important advance which has been made. BOND'S engraving is the most accurate drawing that has been made, even as a map, and as a picture it is decidedly the best representation of a single celestial object which we have by the old methods. The work of observing alone extended over years and consumed many precious hours. I have before said how much labor was spent upon the mechanical execution of the steel plate; scores of revises were criticized and read. Dr. Draper's negative was made in 137 minutes, and for nearly every purpose is incomparably better than the other. The color and tint of the nebula, which is wonderfully preserved in BOND'S engraving, is lost in the photograph; and yet, if the latter is held up between

the eye and a window, the pictorial effect is most striking. The amount of preparation for the two works is not to be estimated by years or hours, but it may be left out of account in a comparison. It required the best efforts of each observer to attain the results.”

Draper pretendia realizar fotografias com um tempo de exposição superior. Com esta finalidade projecta uma montagem equatorial que lhe permitia atingir 6 h de exposição sem ter que inverter a posição do telescópio. Numa carta que escreve a E.S. Holden refere:

“I think we are by no means at the end of what can be done. If I can stand 6 hours exposure in midwinter, another step forward will result”.

Infelizmente Draper morre em 1882 sem ter podido completar a nova montagem. A sua viuva estabelece em 1886 o “Henry Draper Memorial”. O refractor de 11” é enviado para o observatório de Harvard onde é utilizado para obter numerosas fotografias de espectros estelares.

As imagens obtidas em 1883 por Andrew Ainslie Common (1841-1903) e por Isaac Roberts (1829-1904) em 1886 revelem um número muito mais elevado de pormenores na nebulosa de Orion (Figura 7). Common utilizou um telescópio reflector de 91 cm de abertura e uma exposição de 60 min¹⁰. Roberts recorreu a um reflector de 50 cm e a uma exposição de 90 min.

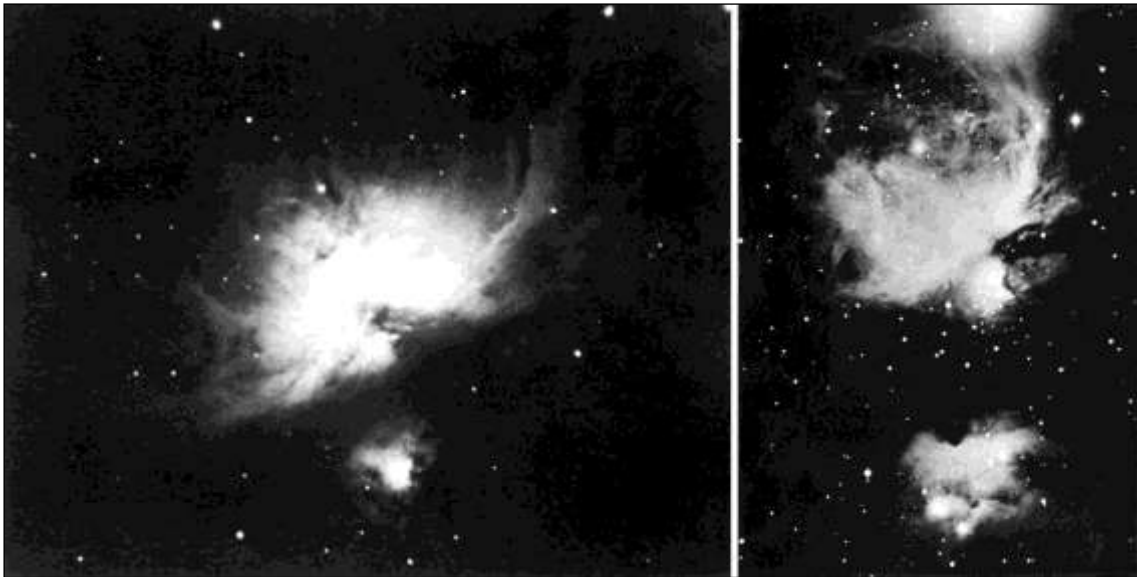


Figura 7- Fotografias de nebulosa de Orion obtidas por A.A. Common (esquerda) e por I. Roberts (direita).

A fotografia de Common foi incluída no frontispício da obra de A. Clerck sobre a história da astronomia no século XIX. A propósito dos avanços proporcionados pela astrofotografia, esta autora menciona:

“Photography may thereby be said to have definitively assumed the office of historiographer to the nebulae; since this one impression embodies a mass of facts hardly to be compassed by months of labor with the pencil, and affords record of stupendous object it delineates, which must prove invaluable to the students of its future condition”.

Bibliografia

- Clerke, A. (1885). History of Astronomy in the Nineteenth Century. A. & C. Black, London.
- Draper, H. (1864). On the construction of a silvered glass telescope, fifteen and a half inches in aperture, and its use in celestial photography. Smithsonian Contributions to Knowledge.
- Holden, E.S. (1882). Monograph of the Central parts of the Nebula of Orion. Washington Astronomical Observations for 1878 Appendix I.
- Gingerich, O. (1980). The first photograph of a nebula. Sky and Telescope. November, 1980: 364-366.

¹⁰ As fotografias de Common mostram pela primeira vez mais pormenores e estrelas do que era possível observar visualmente com o mesmo instrumento.

AMÉDÉE MOUCHEZ (1821-1892) E O PROJECTO "CARTE DU CIEL"

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Amédée Ernest Barthélemy Mouchez nasceu em Madrid em 24 de Agosto de 1821. Estudou em Paris e Versailles e foi admitido na Escola Naval de Brest com apenas 16 anos. Assumiu os cargos marinheiro (1839), tenente (1845) e capitão (1861). Durante a sua carreira naval, o seu maior feito consistiu na defesa do Havre durante a guerra Franco-Prussiana (1870-1871). Realizou inúmeras explorações na América do Sul (Paraguai e Brasil) entre os anos de 1856 e 1861. Estes trabalhos fizeram com que A. Mouchez fosse nomeado membro do "Bureau de Longitudes". Em 1874 organizou uma expedição à ilha de St. Paul no Oceano Índico para a observação do Trânsito de Vénus que ocorreu nesse ano (Figura 1).



Figura 1- A. Mouchez (esquerda). Observação do Trânsito de Vénus (9 de Dezembro de 1874) na Ilha de S. Paul (Ocano Índico): Acampamento e instrumentos de observação (centro); fotografias do trânsito (centro); placa deixada na Ilha de St. Paul (direita) (fotografia obtida por Pedro Ré, 1986).

As observações efectuadas por Mouchez na ilha de St. Paul foram um verdadeiro sucesso em todos os sentidos. As condições metereológicas durante o mês de Dezembro nestas paragens são muito desfavoráveis¹¹, apesar disso foi possível registar fotograficamente o fenómeno e cronometrar os diversos contactos. Mouchez apresentou os resultados obtidos perante a Academia das Ciências em 1875, tendo sido eleito membro desta prestigiada Instituição no mesmo ano.

Após o falecimento de Urbain Le Verrier (1811-1877), Mouchez é nomeado em 27 de Junho de 1878 Director do Observatório de Paris, cargo que ocupou até ao seu desaparecimento em 1892.

Durante este período desenvolveu no observatório inúmeros projectos de investigação. Publicou 21 volumes dos "Annales" em apenas 14 anos. Procedeu à observação das posições de 48000 estrelas do catálogo de Lalande. Este catálogo foi baseado em cerca de 500000 observações efectuadas no observatório de Paris durante um período de cerca de 50 anos com o auxílio de lunetas meridianas. Criou um departamento de espectroscopia dirigido por Henri Alexandre Deslandres (1853-1948). Esteve igualmente ligado à criação do observatório do Pic du Midi e de Meudon.

Em 1885 os irmãos Henry¹² construíram nas oficinas do observatório diversas objectivas acromáticas e iniciaram uma série observações fotográficas com grande sucesso. Surge deste modo o projecto "Carte du Ciel".

Mouchez foi o principal impulsionador deste ambicioso projecto internacional. Ao apresentar a primeira fotografia astronómica realizada pelos irmãos Henry perante a Academia das Ciências de Paris em 1885, enfatiza as enormes vantagens da realização de um Atlas da totalidade do céu. Inicialmente o prazo previsto para a realização deste Atlas era de seis a oito anos.

¹¹ No dia da observação (9 de Dezembro de 1874) a ilha esteve sujeita a uma forte tempestade. Durante um período de 6 h em que ocorreu o trânsito, as condições de observação foram, no entanto, favoráveis.

¹² Paul Henry (1848-1905) e Prosper Henry (1849-1903).

Em 1887 Mouchez organiza uma reunião internacional em Paris¹³ sob os auspícios da Academia das Ciências e financiada pelo governo francês com o intuito de planejar as observações fotográficas. Cerca de 60 astrónomos pertencentes a 19 países estiveram presentes.

As principais conclusões da referida conferência foram as seguintes¹⁴:

"Les progrès réalisés dans la Photographie Astronomique exigent impérieusement que les astronomes de notre époque entreprennent en commun la description du Ciel par le moyen des procédés photographiques; Ce travail sera fait dans des stations à choisir ultérieurement, et avec des instruments que devront être identiques dans leurs parties essentielles;

Les buts principaux seront:

1. De dresser une Carte photographique générale du Ciel pour l'époque actuelle, et d'obtenir des données qui permettront de fixer des positions et les grandeurs de toutes les étoiles, jusqu'à un ordre déterminé, avec la plus grande précision possible (les grandeurs étant entendues dans un sens photographique à définir).
2. De pouvoir aux meilleurs moyens d'utiliser, tant à l'époque actuelle que dans l'avenir, les données fournies par les procédés photographiques.
3. Les instruments employés seront exclusivement des réfracteurs (...)"

O projecto inicial envolveu 18 observatórios repartidos pelo hemisfério Norte e Sul (Figura 2)¹⁵.

LIST OF OBSERVATORIES WHICH ORIGINALLY UNDERTOOK THE WORK OF THE GREAT STAR MAP					
Observatory.	Nation.	Position on Earth.		Belt of Sky.	No. of Plates.
		Lat.	Long. E. h. m. s.		
Greenwich .	British	+51° 29'	0 0 0	+90° to +65°	1149
Rome(Vatican)	Italian	+41° 54'	0 49 49	+64° to +55°	1040
Catania .	Italian	+37° 30'	1 0 20	+54° to +47°	1008
Helsingfors .	Russian	+60° 10'	1 39 49	+46° to +40°	1008
Potsdam .	German	+52° 23'	0 52 16	+39° to +32°	1232
Oxford (Univ.)	British	+51° 46'	23 55 0	+31° to +25°	1180
Paris .	French	+48° 50'	0 9 21	+24° to +18°	1260
Bordeaux .	French	+44° 50'	23 57 54	+17° to +11°	1260
Toulouse .	French	+43° 37'	0 5 50	+10° to + 5°	1080
Algiers .	French	+36° 48'	0 12 8	+ 4° to - 2°	1260
San Fernando	Spanish	+36° 28'	23 35 11	- 3° to - 9°	1260
Tacubaya .	Mexican	+19° 24'	17 23 13	-10° to -16°	1260
Santiago .	Chilian	-33° 27'	19 17 14	-17° to -23°	1260
La Plata .	Argentine	-34° 55'	20 8 23	-24° to -31°	1360
Rio de Janeiro	Brazilian	-22° 54'	21 7 19	-32° to -40°	1376
Cape of Good Hope .	British	-33° 56'	1 13 55	-41° to -51°	1512
Sydney .	Australian	-33° 52'	10 4 50	-52° to -64°	1400
Melbourne .	Australian	-37° 50'	9 39 54	-65° to -90°	1149

Figura 2- Lista de observatórios que integraram o projecto "Carte du Ciel" (Turner, 1912).

O refractor fotográfico idealizado e construído pelos irmãos Henry foi adoptado como standard (Figura 3, Figura 4). A abertura de 330 mm f/10,4 significava que 1 mm na chapa fotográfica representava 1 minuto de arco. As

¹³ O conferência iniciou-se em 16 de abril de 1887 no observatório de Paris e decorreu durante um período de 11 dias.

¹⁴ Turner, H.H. (1912). The Great Star Map. London, John Murray.

¹⁵ Apesar do Observatório Astronómico de Lisboa ter participado na reunião preparatória (Frederico Augusto Oom) não integrou o projecto sobretudo por falta de meios instrumentais (fotográficos).

chapas utilizadas (160 mm x 160 mm) cobriam uma área de $2 \times 2^\circ$ e tinham uma rede gravada com 5 mm de distância entre as linhas revelou-se de grande utilidade na medição das posições estelares. A gravação desta rede¹⁶ empreendida uma vez que se pensava na época que as chapas de vidro utilizadas sofriam um processo de encolhimento¹⁷.

Durante a conferência de 1887 foi decidido realizar dois Atlas distintos. O primeiro tinha como objectivo a medição das posições das estrelas até uma magnitude limite de 11. O segundo, recorrendo a tempos de exposição superiores, pretendia medir estrelas com uma magnitude limite mais baixa (14). Em 1889 e mais tarde em 1891, foram realizadas mais duas conferências para fazer o ponto da situação da "Carte du Ciel".

Cada chapa era exposta 3 vezes durante 20 s, 3 min e 6 min e o telescópio era movimentado após cada exposição (cada estrela era representada por um triângulo na imagem final). Esta série de exposições foi idealizada para identificar poeiras ou defeitos intrínsecos das chapas fotográficas. Foram igualmente expostas chapas utilizando exposições mais longas (15 min, 20 min, 30 min e 60 min) (Figura 5).

O trabalho foi dividido entre os observatórios participantes de tal modo que a cada equipa era atribuída uma parte do céu equivalente. O número de chapas a realizar por cada observatório variou entre 1008 e 1500. A medição das chapas era extremamente morosa¹⁸. O aparelho de medida foi idealizado pelos irmãos Henry e contruído por M. Gauthier (Figura 3).

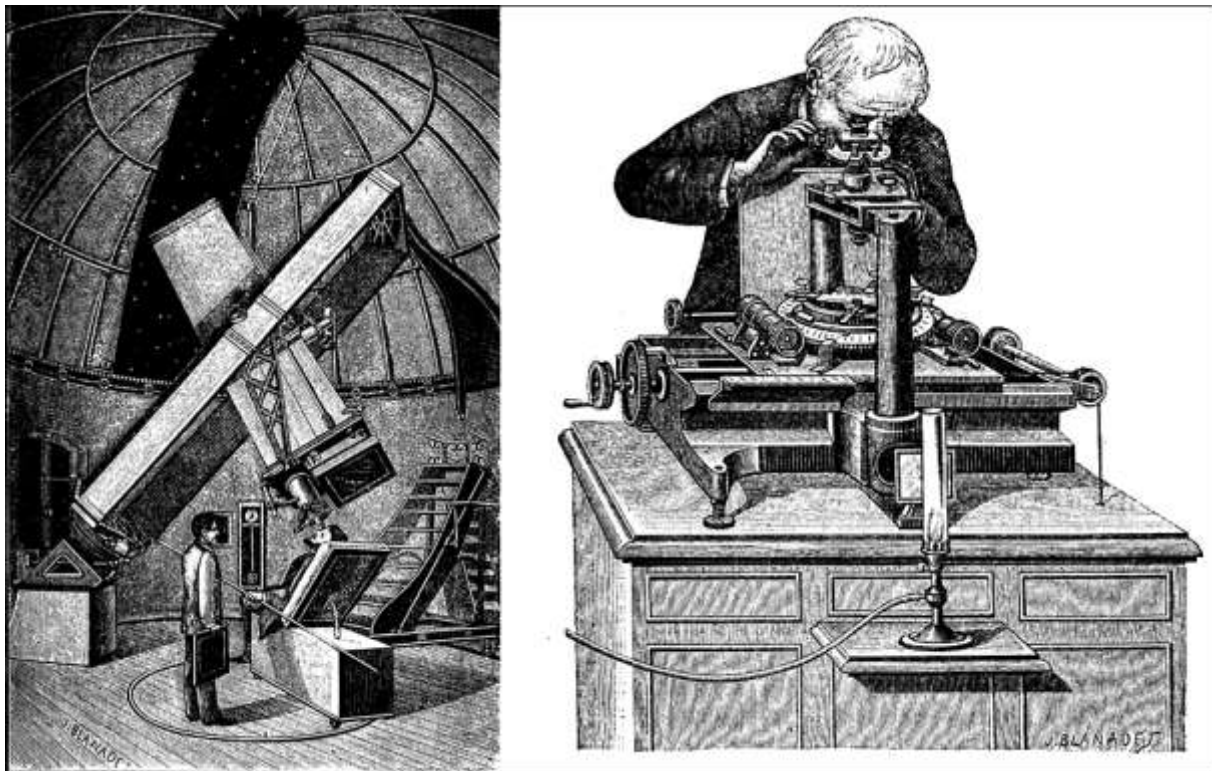


Figura 3- Refractor fotográfico utilizado no projecto "Carte du Ciel" (esquerda) e aparelho de medida das chapas fotográficas (direita). Mouchez (1887).

O projecto "Carte du Ciel" nunca foi terminado com sucesso apesar de se ter desenvolvido ao longo de mais de 60 anos. Alguns observatórios abandonaram o trabalho e foram substituídos. O trabalho realizado consta da Tabela I. Durante a Assembleia da União Astronómica Internacional que decorreu em Brighton (1970), foi decidido abandonar definitivamente o projecto.

¹⁶ Reseau.

¹⁷ Mais tarde verificou-se que este encolhimento era negligenciável.

¹⁸ A precisão das medições efectuadas era muito elevada para a época.

Tabela I- Trabalho realizado (Carte du Ciel). Adaptado de Lankford (1984).

Division of labour and execution of the Carte du Ciel project: catalogue and map.

Zone centred on	Number of plates	Original observatory	Remarks	Map
+90° to +65°	1149	Greenwich	Catalogue completed	Published
+64° to +55°	1040	Vatican	Catalogue completed	Published
+54° to +47°	1008	Catania	Catalogue completed	Plates not taken
+46° to +40°	1008	Helsinki	Catalogue completed	Plates taken but not published
+39° to +32°	1232	Potsdam	Zones hastily published and then abandoned. Hyderabad, Uccle, Paris and Hamburg cooperated to reobserve, measure and publish this zone	Plates taken, printed and distributed by Uccle
+31° to +25°	1180	Oxford	Catalogue completed	Plates not taken
+24° to +18°	1260	Paris	Catalogue completed	Published
+17° to +11°	1260	Bordeaux	Catalogue completed	Published
+10° to +5°	1080	Toulouse	Catalogue completed	Published
+4° to -2°	1260	Algiers	Catalogue completed	Published
-3° to -9°	1260	San Fernando	Catalogue completed	Published
-10° to -16°	1260	Tacubaya	Catalogue completed	Published
-17° to -23°	1260	Santiago	Santiago withdrew and was replaced by Hyderabad, which completed the catalogue	Plates not taken
-24° to -31°	1360	La Plata	La Plata withdrew and was replaced by Cordoba, which completed the catalogue	Plates taken, but only zone -25° published
-32° to -40°	1376	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro withdrew and was replaced by Perth, Edinburgh and Paris, which cooperated to complete the catalogue	Plates not taken
-41° to -51°	1512	Cape of Good Hope	Catalogue completed	Plates taken but not published
-52° to -64°	1400	Sydney	Catalogue completed	Plates taken but not published
-65° to -90°	1149	Melbourne	Melbourne withdrew after the catalogue plates had been taken and several zones published. Sydney and Paris cooperated to complete the catalogue	Plates taken but not published

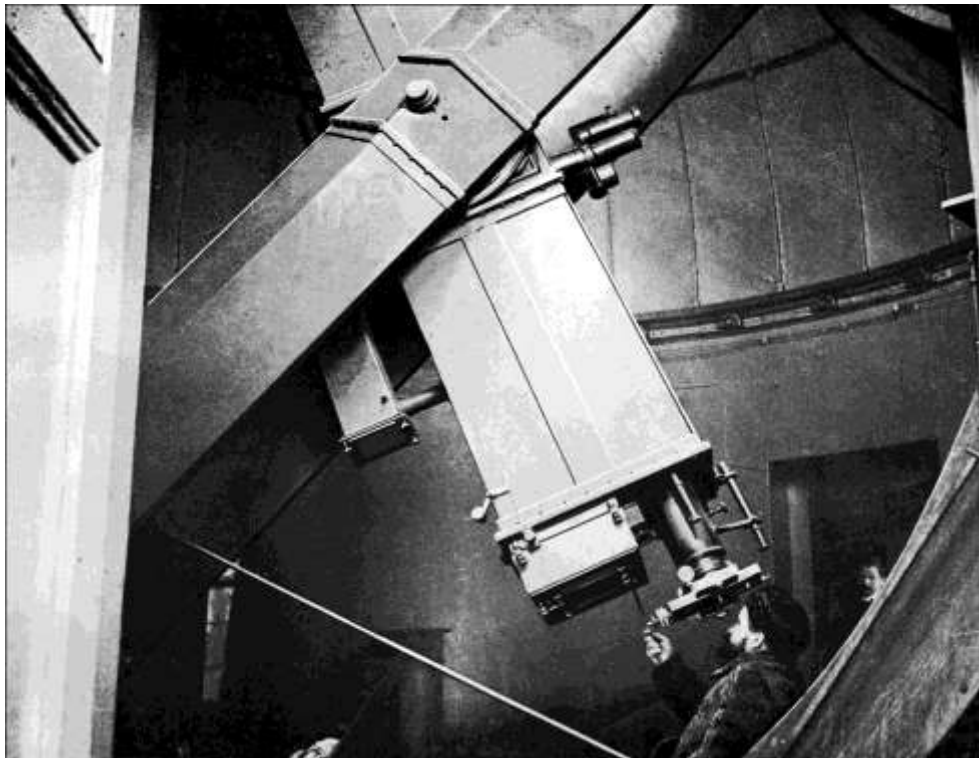


Figura 4- Equatorial fotográfica utilizada no projecto "Carte du Ciel" (Observatório de Paris).

O PRIMEIRO ATLAS FOTOGRÁFICO DA LUA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

A primeira imagem fotográfica do nosso satélite é atribuída a Loius Jacques Mandé Daguerre (1787-1851) inventor do daguerreótipo¹⁹. L. Daguerre obteve em 1839 uma imagem da Lua que, apesar do longo tempo de exposição, apenas revelou uma mancha difusa. Em 23 de Março de 1840, John William Draper (1811-1882) obtém no seu observatório de Nova York, com vinte minutos de exposição, um daguerreótipo da Lua com sucesso. Nas semanas seguintes regista diversas imagens da Lua com 2,5 e 3 cm de diâmetro e trinta minutos de exposição, recorrendo ao uso de um telescópio reflector com 13 cm de abertura. Infelizmente estes daguerreótipos não foram conservados até aos nossos dias. A fraca sensibilidade das placas, aliada à luminosidade reduzida da Lua, implicavam o uso de mecanismos de relojoaria sofisticados que Draper não possuía.

O observatório de Harvard, entre os anos de 1849 e 1851, realiza uma série de fotografias da Lua sob a direcção de John William Whipple (1822-1891) e William Cranch Bond (1789-1859) (Figura 1). A primeira imagem fotográfica de uma estrela foi também obtida por estes dois astrónomos na noite de 16 de Julho de 1850²⁰ recorrendo ao auxílio do mesmo instrumento, uma luneta de 38 cm de abertura.

A partir de 1852, encorajado pelo exemplo de Whipple e Bond, o astrónomo amador inglês Warren de La Rue (1815-1889) obtém numerosas fotografias da Lua grangeando uma enorme reputação no meio científico da época. Em 1855 publica em Nova York um conjunto de fotografias de diversas fases da Lua intitulado "A Series of Twelve Photographs of the Moon". Após ter sido nomeado membro da Academia Real de Londres e da Academia de Ciências de Paris, W. De La Rue é enviado a Espanha para fotografar o eclipse total do Sol que ocorreu em 1860²¹.

Lewis Morris Rutherford (1816-1892), astrónomo amador americano, realiza a partir de 1856 numerosas fotografias da Lua com elevada qualidade (Figura 2). Estes primeiros trabalhos fotográficos são difundidos pelos Estados Unidos da América e pela Europa fora do meio científico: "carte de visite", ampliações e portfolios bem como estereoscopias (Figura 3) (a partir de 1858)²².

François Arago (1786-1853), director do observatório de Paris e secretário da Academia das Ciências foi um dos primeiros astrónomos a compreender que a fotografia astronómica seria adoptada rapidamente por todos os observatórios. Na sessão da Academia das Ciências de 9 de Janeiro de 1839 e mais tarde em 3 de Julho do mesmo ano, diante da câmara de deputados, refere:

"(...) La photographie est posée comme un instrument d'avenir dans les deux principales branches de l'astronomie, de domaine de l'observation et celui du calcul; non seulement il est permis d'espérer qu'on pourra faire des cartes photographiques de notre satellite afin d'exécuter en quelques secondes (...) un des travaux plus longs, les plus minitieux, les plus délicats de l'astronomie".

Sublinha ainda:

"Le physicien pourra procéder, désormais, par voies d'intensité absolues: il comparera les lumières par leurs effets. S'il y trouve de l'utilité, le même tableau lui donnera les empreintes des rayons du Soleil, des rayons trois cent mille fois plus faibles de la Lune, des rayons des étoiles".

¹⁹ O processo do daguerreótipo foi introduzido em 1839 por L. Daguerre na continuação dos trabalhos que levou a cabo em colaboração com Nicéphore Niépce (1765-1836). O daguerreótipo consiste numa placa de cobre revestida por uma camada de prata que é tornada sensível à luz pelo contacto com vapores de iodo. A imagem é revelada com vapores de mercúrio. Conforme a incidência da luz na placa, a imagem surge negativa ou positiva.

²⁰ Ré, P. (2008). O primeiro daguerreótipo de uma estrela. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).

²¹ Warren De la Rue e Angelo Secchi fotografam pela primeira vez as proeminências e a coroa solar durante o eclipse de 18 de Julho de 1860 em Espanha. Estas imagens registaram claramente a coroa solar e as proeminências provando que estas eram de origem solar e não lunar como se pensava na época.

²² As estereoscopias correspondem a duas fotografias do mesmo objecto. Representam o objecto como o observador o veria olhando alternadamente com o olho direito e com o esquerdo. Colocadas num visor estereoscópico, reúnem-se sobre a retina numa única imagem, dando uma sensação de relevo e de profundidade.



Figura 1- Daguerreótipo da Lua obtido em 26 de Fevereiro de 1852 por John William Whipple. Observatório de Harvard.

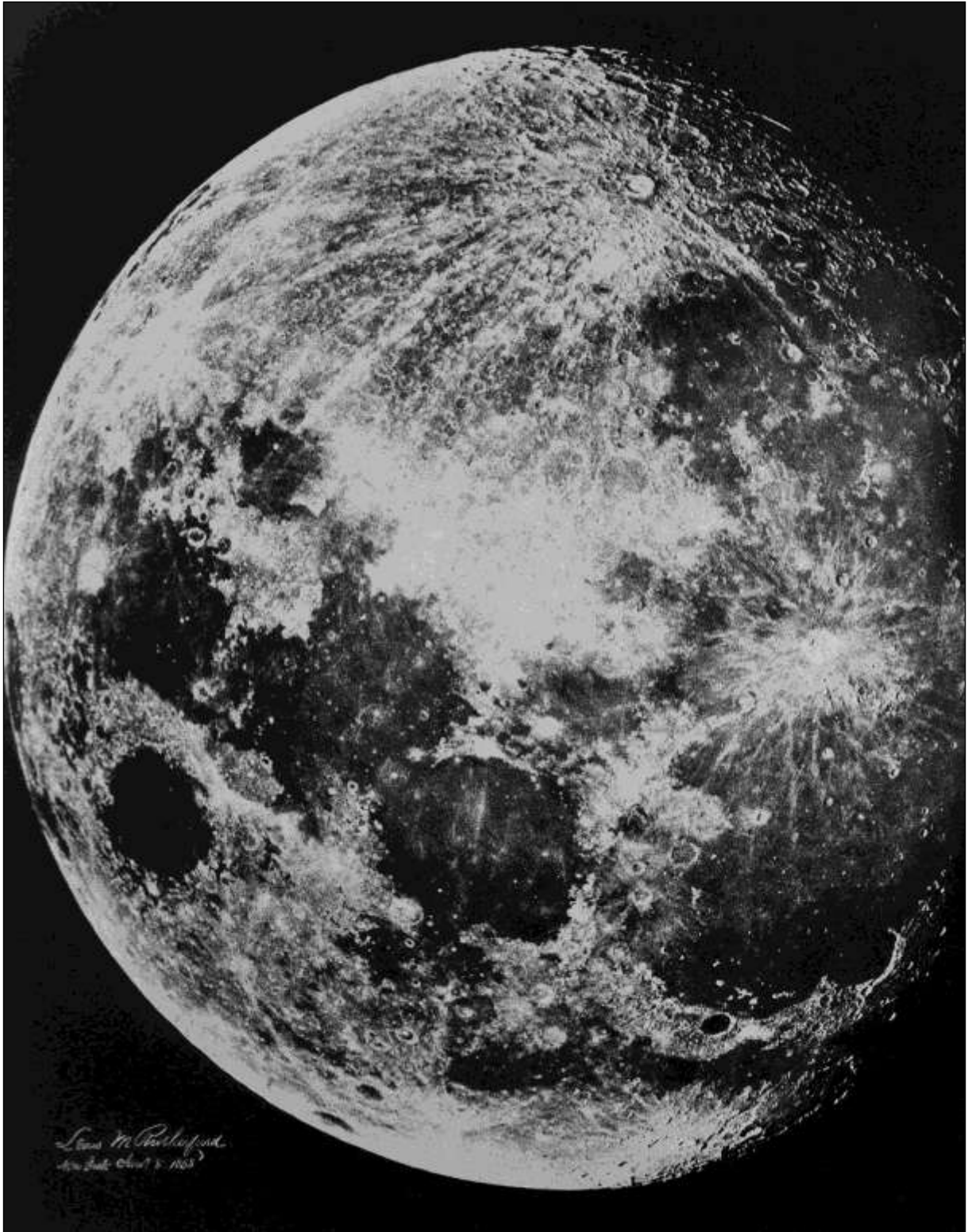


Figura 2- Fotografia da Lua obtida por Lewis Morris Rutherford em 1865. Prova em papel alburninado obtida a partir de um negativo em vidro (Colódio húmido).

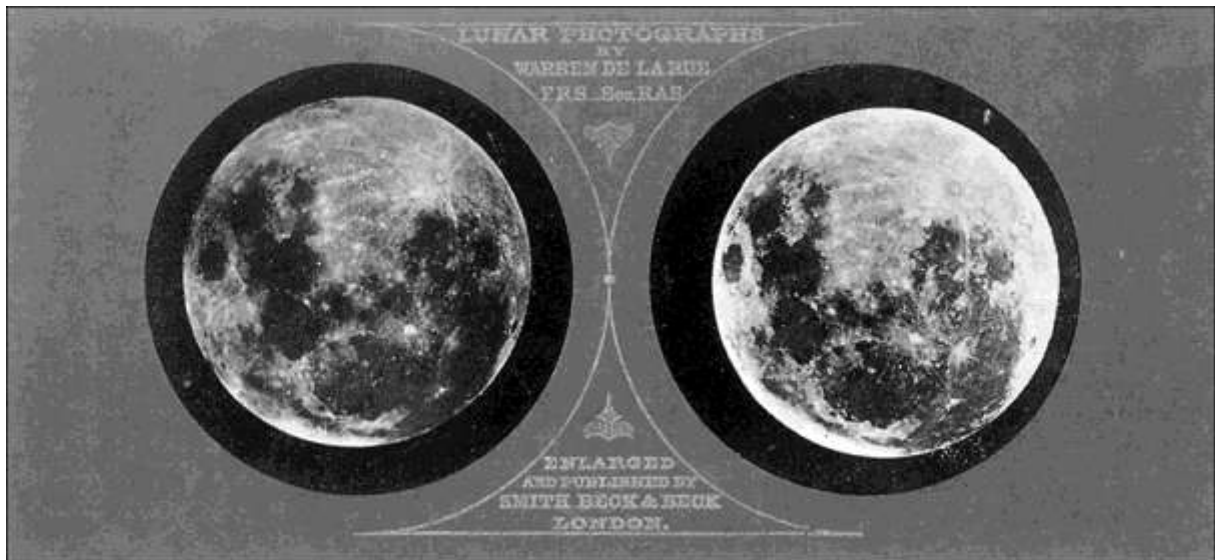


Figura 3- Vista estereoscópica da Lua. Warren de La Rue, 1869. Provas sobre papel albuminado.

O observatório de Lick (Mount Hamilton), sob a direcção de Edward Singleton Holden (1846-1914), inicia a publicação de um atlas lunar em 1896, tendo como base fotografias obtidas com a luneta de 91 cm de abertura. A fraca qualidade das imagens obtidas por Holden fez com que este projecto fosse abandonado.

William Pickering (1858-1938) publica em 1903 um Atlas (Photographic Atlas of the Moon), que continha diversas reproduções, permitindo o estudo do relevo lunar em cinco fases distintas de iluminação. Tratava-se de um atlas popular com imagens de fraca qualidade.

Em França, o observatório de Paris realiza numerosas fotografias lunares entre os anos de 1894 e 1909. Menos de 60 anos após o discurso de F. Arago perante a Academia, Moritz Loewy (1833-1907) e Pierre-Henri Puiseux (1855-1928), assistidos por Charles Le Morvan, iniciam um extenso trabalho fotográfico (ca. 14 anos) que culminará no primeiro Atlas fotográfico do nosso satélite (Figura 4, Figura 5). Este Atlas foi utilizado até 1960, ano em que as imagens obtidas por sondas espaciais o tornam obsoleto.

Os dois astrónomos franceses obtêm cerca de 6000 fotografias repartidas por cerca de 500 noites de observação. Uma grande parte destas fotografias são destruídas por não terem a qualidade necessária para a realização do Atlas. Actualmente são conservadas na biblioteca do observatório de Paris cerca de 2000 chapas de vidro (gelatinobrometos) com 18x24 cm.

O instrumento utilizado foi a grande equatorial coudé do observatório de Paris. Este telescópio foi construído em 1891 e pesava cerca de 16 toneladas. Graças a um sistema de espelhos, o observador podia permanecer imóvel junto à ocular. A luneta tinha uma objectiva com 60 cm de abertura e uma distância focal de 18 m ($f/30$). Além de uma objectiva visual a luneta possuía também uma objectiva fotográfica, ambas construídas nas oficinas do observatório de Paris por M.M. Henry. A montagem equatorial foi construída pela "Maison Gauthier" (Figura 6). Alguns observatórios em França instalaram lunetas coudé idênticas: Lyon (1887), Alger et Besançon (1890) e Nice (1892).

Uma particularidade interessante desta luneta era ao facto de se poder adaptar facilmente no plano focal um chassis fotográfico (Figura 6). Este chassis podia movimentar-se por intermédio de um mecanismo de relojoaria que permitia efectuar correcções durante as exposições (sobretudo em Declinação).

O projecto fotográfico de M. Loewy e P-H. Puiseaux foi dividido em três partes:

1. Obtenção de chapas fotográficas de alta resolução que revelassem todas as formações lunares susceptíveis de serem observadas com a luneta coudé;
2. Realização de ampliações das chapas fotográficas em vidro da totalidade do disco lunar que pudessem ser observadas com o auxílio de um microscópio;
3. Realização de ampliações em papel com uma qualidade idêntica às chapas de vidro tendo em vista a elaboração do Atlas Fotográfico.



Figura 4- Moritz Loewy (1833-1907) (esquerda) e Pierre-Henri Puiseux (1855-1928) (centro). Atlas photographique de la lune, héliogravures, Paris, 1896-1910, Collections de l'Observatoire de Paris (direita).

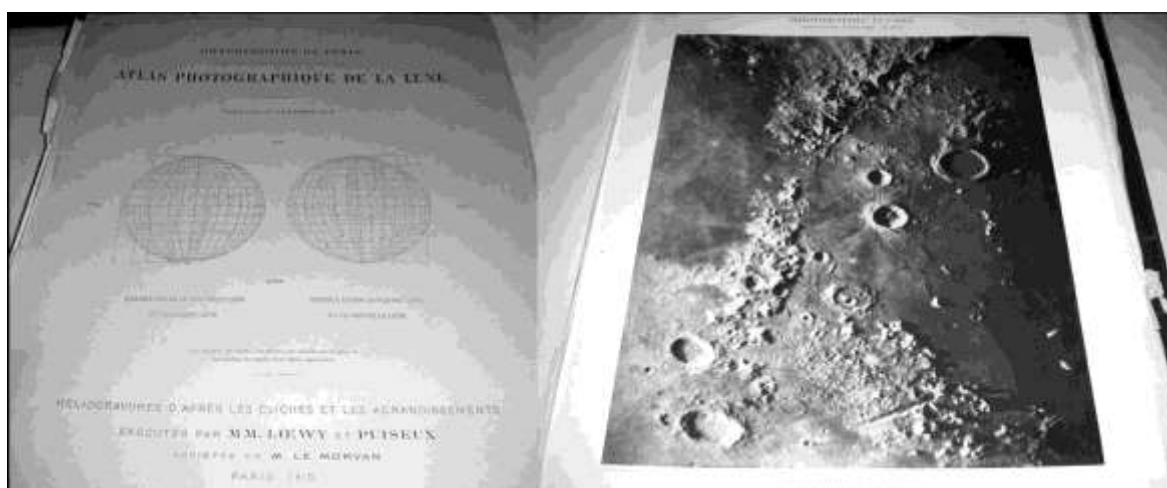


Figura 5- Atlas photographique de la lune, héliogravures, Paris, 1896-1910. Exemplar existente na biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL).

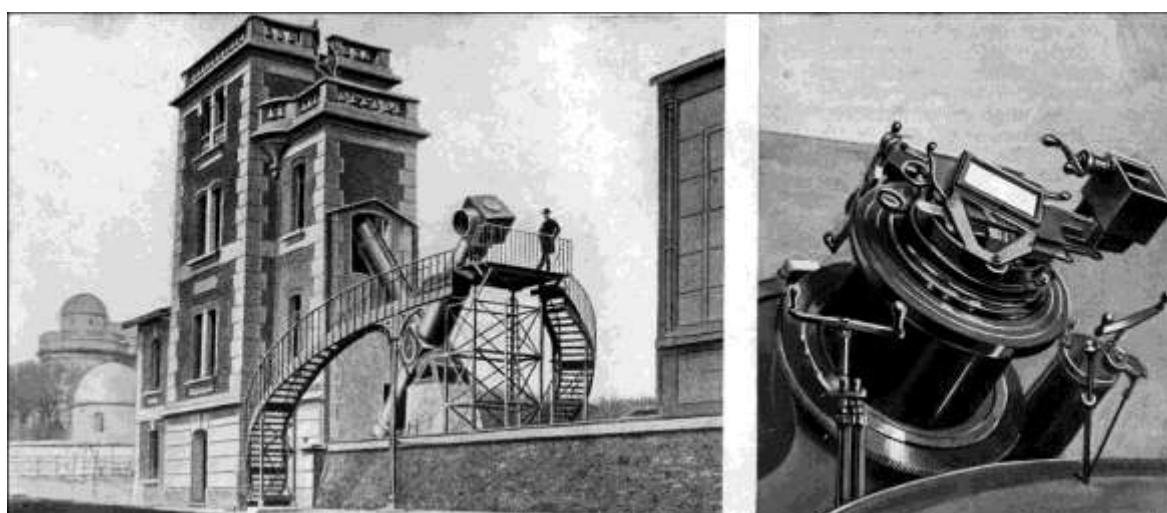


Figura 6- Equatorial coudé do observatório de Paris: aspecto geral (esquerda); chassis fotográfico (direita).

As imagens do Atlas foram efectuadas em chapas de vidro (gelatinobrometo) com 18x24 cm. Estas apresentavam já uma elevada sensibilidade o que permitia reduzir os tempos de exposição para apenas alguns segundos. As condições climáticas e atmosféricas (turbulência e transparência) foram tidas em consideração (os dois astrónomos utilizaram apenas 1/3 das fotografias obtidas para a realização do Atlas).

As melhores imagens obtidas com a equatorial coudé foram objecto de publicações sucessivas do Atlas Photographique de la Lune editado entre 1896 e 1910 pelo Observatório de Paris. Este Atlas compreende 12 fascículos: (11 gravuras e 71 ampliações) e textos (descrições dos objectos mais relevantes do relevo lunar, natureza e origem). A maioria das reproduções em papel foram realizadas por M. Fillon.

No primeiro fascículo do Atlas os autores referem:

“La possibilité de construire, par des procédés photographiques, une carte générale de la Lune, aussi complète et plus exacte que toutes celles qui ont paru jusqu’a ce jour, ne saurait plus faire l’object d’un doute. Une telle perspective n’intéresse pas seulement une catégorie restreint d’astronomes, mas tous les savants qu’attire l’étude du ciel, et même tous ceux qui s’adonnent sous une forme quelconque à l’exploration de la nature”.

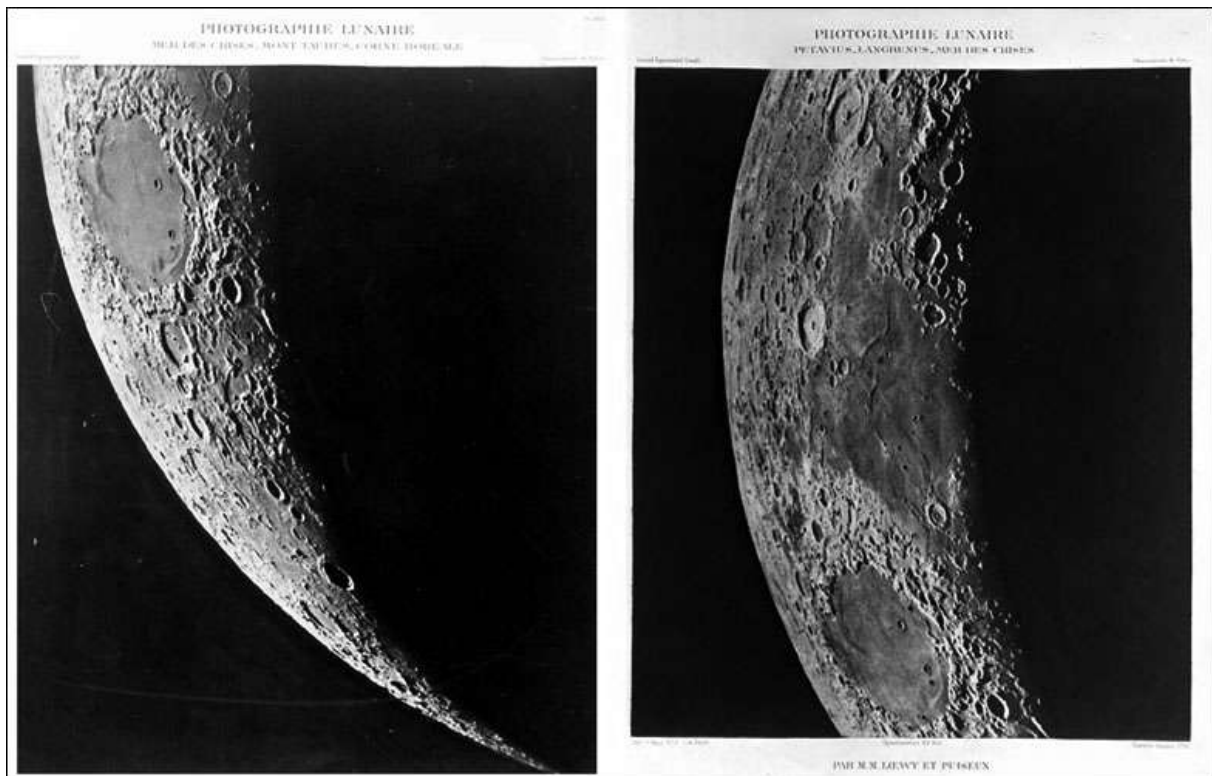


Figura 7- Atlas photographique de la lune, héliogravures, Paris, 1896-1910, Collections de l'Observatoire de Paris. Imagens obtidas em 7 de Março de 1897.

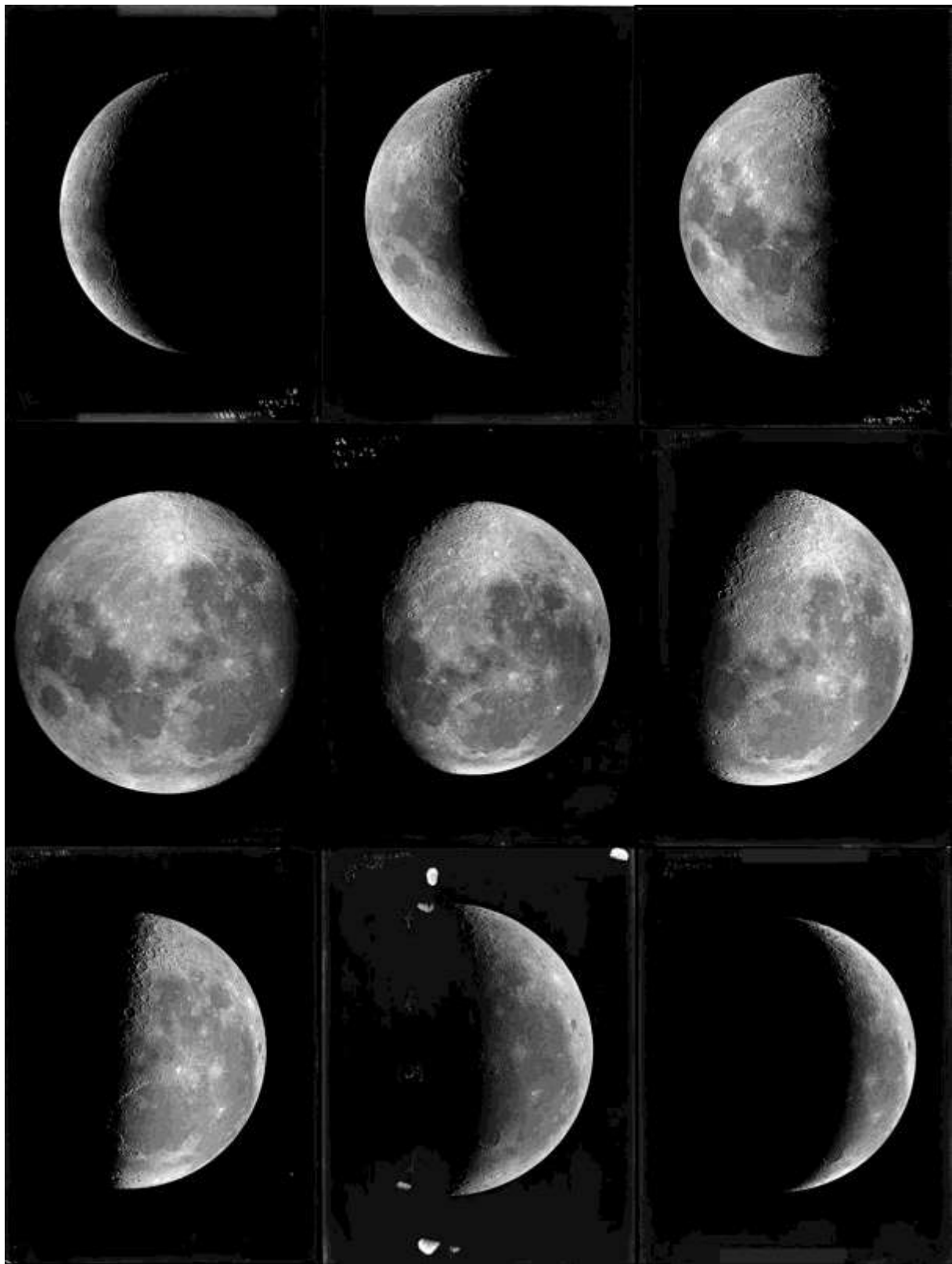


Figura 8- Atlas photographique de la lune, héliogravures, Paris, 1896-1910, Collections de l'Observatoire de Paris. Moritz Loewy, Pierre-Henri Puiseux.

JULES JANSSEN (1824-1907) E A FOTOGRAFIA SOLAR

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Pierre Jules César Janssen nasceu em Paris a 22 de Fevereiro de 1824 e faleceu em Meudon a 23 de Dezembro de 1907 no dia do solstício de inverno. A vida e obra de J. Janssen é relativamente mal conhecida. Um acidente durante a infância impediu-o de frequentar os estudos primários e secundários. Com cerca de 16 anos de idade começou a trabalhar num banco e estudou matemática nos tempos livres. Frequenta a Sorbonne onde obtém diplomas em Matemática e Física e mais tarde um doutoramento²³ em 1860. Trabalhou na Faculdade de Medicina de Paris onde desenhou instrumentos médicos e mais tarde (1865) ocupa o lugar de professor de Física na escola de arquitectura. Foi eleito membro da Academia das Ciências em 1868 e em 1876 é nomeado director do observatório de Meudon (situado próximo de Paris) posição que ocupa até à sua morte em 1907 (Figura 1).

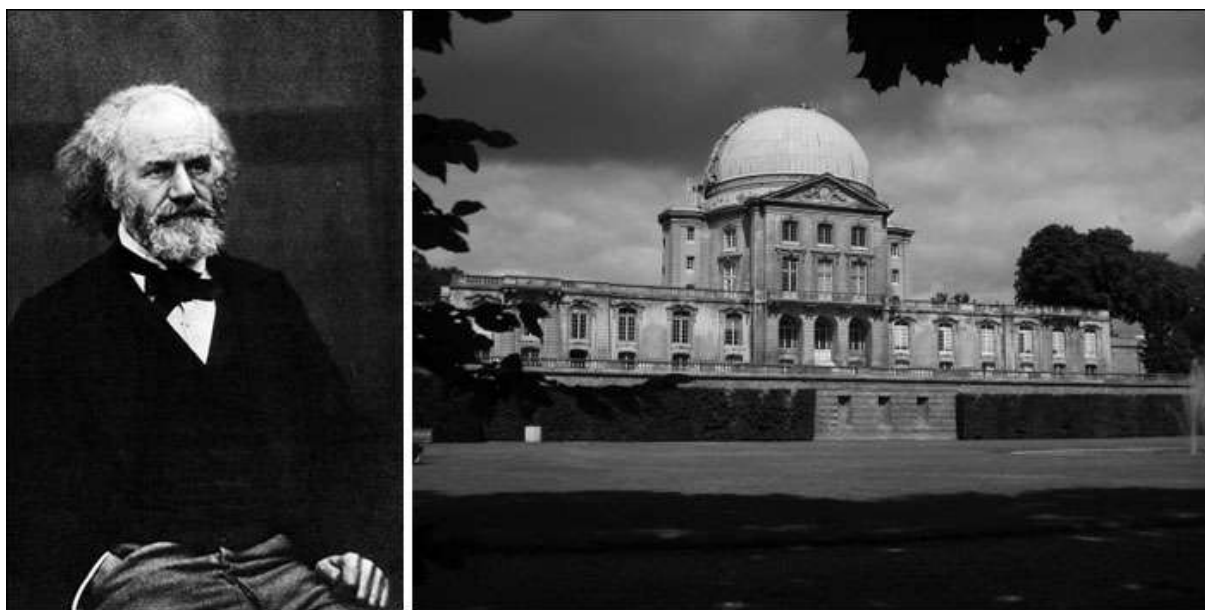


Figura 1 – Pierre Jules César Janssen, fotografia obtida em 1880. Observatório de Meudon.

As primeiras investigações de Janssen datam de 1862 e centram-se no estudo da absorção selectiva das radiações pelos gases. Estes trabalhos foram motivados pelas descobertas de Gustav R. Kirchhoff e Robert W. Bunsen, relacionadas com os espectros de absorção²⁴. Foi durante o eclipse total do Sol de 1868 que Janssen observa a atmosfera solar pela primeira vez com o auxílio de um espectroscópio. Estas observações foram preparadas em Itália durante o eclipse anular do Sol de 1867. O espectro observado durante eclipse anular revelou-se idêntico ao espectro do disco solar. As tentativas de observar a coroa solar durante o referido eclipse anular revelaram-se infrutíferas. A suas primeiras grandes descobertas foram efectuadas em 1868. Provou que as proeminências solares eram gasosas e descobriu a cromosfera solar.

Janssen cedo compreendeu que a fotografia astronómica, e em particular a fotografia solar, era uma ferramenta essencial²⁵. Durante os preparativos para a observação do trânsito de Vénus (1874) Janssen descreve à Academia de Ciências de Paris um dispositivo por ele inventado que designou de “revólver fotográfico” (Figura 2). Nesta comunicação refere:

“Pour moi, c’est l’observation du Passage de Vénus [devant le Soleil] que a attiré plus spécialement mon attention sur cette branche [la photographie] si féconde et si délaissée chez nous”.

²³ A tese foi subordinada ao tema l’Absorption de la chaleur rayonnante obscure dans les milieux de l’œil.

²⁴ Janssen foi um dos primeiros astrónomos a efectuar observações com espectroscópios de prisma.

²⁵ Janssen escreve “la plaque photographique est la véritable rétine du savant”

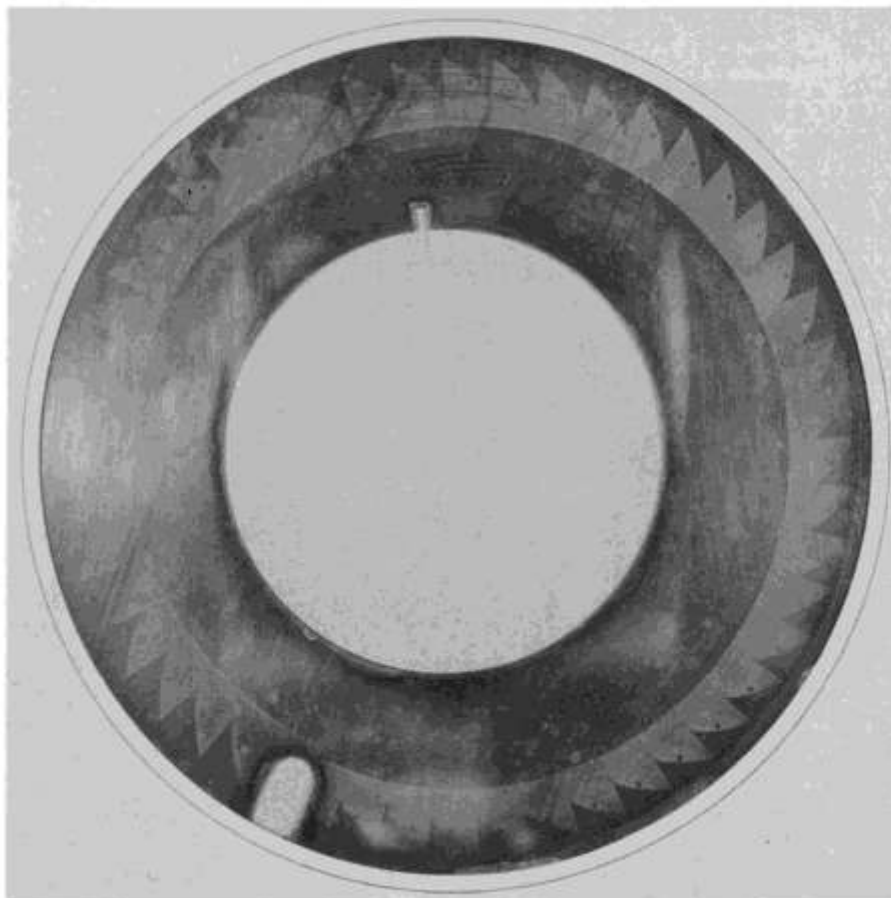
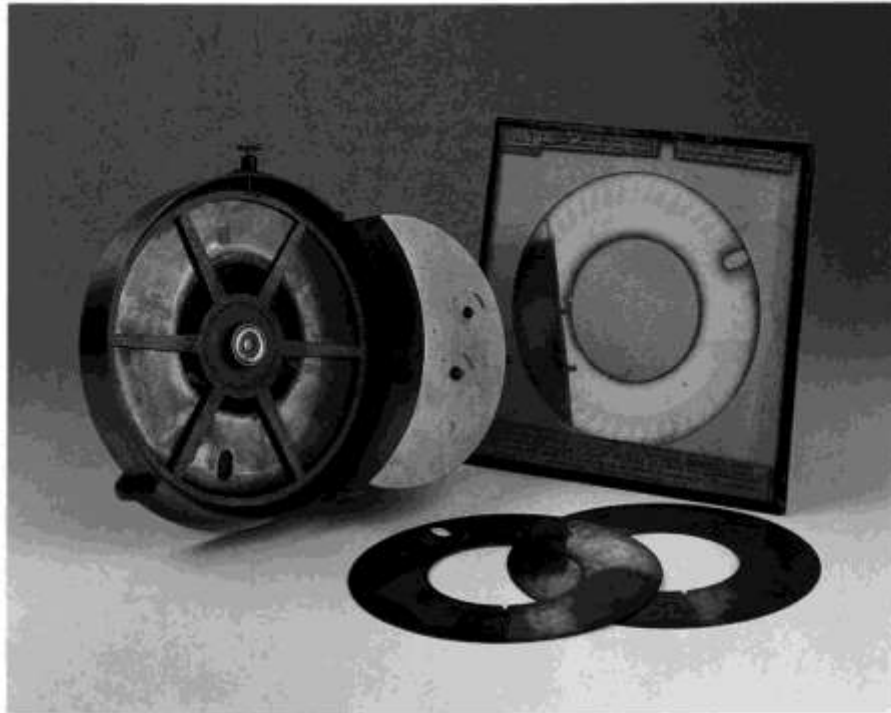


Figura 2- Revólver fotográfico de Jules Janssen (Museu do Observatório de Paris). Placa obtida com o auxílio do revólver durante o Trânsito de Vênus (1874), daguerreótipo (diâmetro 18,5 cm). Sociedade Francesa de Fotografia (Paris).

Ernesto de Vasconcellos faz uma descrição pormenorizada do revólver fotográfico de Janssen na sua dissertação intitulada "A Astronomia Photographica" (1884):

"Mr Janssen, suppondo que o melhor methodo a seguir era tomar, no momento em que o contacto está próximo, uma serie de photographias em curtos intervallos, e regulares de maneira que esse contacto fique necessariamente comprehendido na serie, imaginou o seu aparelho gigante denominado revolver photographico, do qual passamos a dar uma idéa. A chapa sensível tem a fórma de um disco; fixa-se a um prato dentado, podendo girar em torno de um eixo paralelo ao do telescópio, que dá uma imagem do sol. O disco fica portanto descentralizado mas por modo que as imagens se vão formar junto da circunferencia. Diante d'este disco, um outro fixo faz de diaphragma, e contém uma fenda ou janella situada em frente do eixo do oculo de maneira a limitar a impressão photographica á porção da imagem solar, em que o contacto deve produzir-se. O prato circular, que porta a placa sensível, é dentado e posto em relação com o pequeno aparelho d'escape, commandado por uma corrente electrica. Em cada segundo, o pendulo de um relógio interrompe a corrente, e o prato gira o valor angular de um dente, trazendo em frente da fenda um a porção ainda nao impressionada da chapa sensível, que recebe uma nova imagem do bordo solar. Se o disco tiver, por exemplo, 100 dentes, a chapa póde receber 100 imagens do referido bordo. Para empregar este instrumento, n'uma observação photographica da passagem de Venus, deve-se começar a operar minuto e meio antes do instante previsível do contacto (instante que o spectroscopio póde indicar para o primeiro contacto externo) afim de obter a serie relativa á primeira parte do phenomeno. Então substitui-se a placa sensível por outra destinada a reproduzir a segunda phase, e assim por diante até ao segundo contacto externo. Fixadas as imagens sobre as respectivas chapas examinam-se com um microscópio para se reconhecer qual a prova que representa o contacto, cujo instante é dado pela ordem da photographia que na serie indicar a sua imagem. O tempo de exposição é regulado por meio de uma lingueta metálica onde existe uma fenda variável, que faz de alvo ante a janella do disco obturador, e que, por uma disposição mecanica especial, a descobre durante a fracção de segundo avaliada pelos ensaios preliminares".

Este aparelho é somente apresentado em 1876 (após o trânsito) à Sociedade Francesa de Fotografia por Janssen²⁶. C. Flammarion publica uma descrição do revólver em 1875²⁷ onde refere:

"M. Janssen a préféré le procédé Daguerre à la photographie sur papier, à cause de la plus grande netteté de l'image sur la plaque argentée".

A partir de 1875, J. Janssen inicia uma série de observações fotográficas do Sol no observatório de Meudon com o auxílio da luneta que utilizou na observação da passagem de Vénus. Estas fotografias mostraram que em determinadas circunstâncias, a imagem fotográfica do Sol revelava mais informação do que aquela que era observada visualmente. Foi a partir destas observações que Janssen descobre granulações na fotosfera solar que ele denomina de rede fotosférica (réseau photosphérique).

Ernesto de Vasconcellos refere-se a esta descoberta na sua dissertação:

"Com effeito, as primeiras tentativas feitas em Kew (por Warren de la Rue) para obter photographicamente as granulações ou grãos de arroz que cobrem a superficie do sol, e de que a vista póde apenas entrever a existencia por causa da intensidade da luz solar, foram sem resultado porquanto eram clichés photographicos de pequenas dimensões que não nos offerciam nada de novo sobre estas agglomerações mysteriosas. Mr Janssen, procurando quaes as causas d'este insucesso da photographia solar, demosntrou que ellas provinham de um phenomeno de irradiação que produz, em photographia, um alargamento da imagem dos pontos luminosos, tanto mais consideravel quanto maior é o tempo de exposição. Ora o diametro medio das granulações da photosfera regula por um segundo de arco; comprehende-se portanto que mesmo uma fraca irradiação basta para tornar em uma luz confusa todos os detalhes dos seus contornos. Se nós então conseguirmos aumentar o diametro das imagens, diminuindo ao mesmo tempo a duração da pose, teremos reduzido muito os effeitos da irradiação, os detalhes distinguir-se-hão mais facilmente, e as imperfeições da camada sensível terão menos importancia, visto operar-se numa escala maior. Foi o que fez Mr Janssen empregando poses excessivamente curtas, que elle refere pelo calculo á avaliação fixa de uma exposição feita directamente á luz solar, sem passar pelos meios refringentes, levando em conta a amplificação desejada. Esta exposição assim calculada é de 1/3000 do segundo. Com esta rapidez elle consegue retardar a acção dos diversos raios do spectro, reduzindo-os quasi a um grupo monochromatico de raios azul-violeta que são limitados pela raia G, e obtem por esta fórma uma grande nitidez da imagem a qual deixa vêr todas essas granulações espheroidaes da photosphera incessantemente agitadas por movimentos muito rapidos. (...) Vejamos porém o que o próprio mr Janssen diz fallando das suas observações. As photographias mostram que a superficie solar é coberta de uma fina

²⁶ Janssen, Bulletin de la Société française de photographie, 1876, vol. 22, p. 100.

²⁷ Flammarion, *La Nature*, 1875, vol. 3, premier semestre, p.356.

granulação, de fôrmas, grupamentos e dimensões muito variadas. Estas figuras são circulares ou ellipticas mais ou menos alongadas, porém são destruidas muitas vezes. A granulação não apresenta á primeira vista uma differente constituição das regiões polares, mas é este um estudo ainda a fazer. (...) Eu já me pude certificar que os grãos photosphericos teem apenas uma existencia ephemera, porque se transformam rapidamente, e de que os pontos onde as correntes ascendentes do hydrogeneo vêem agital-os mudam tambem”.

Estas fotografias solares foram obtidas com o auxílio do foteheliógrafo de Meudon especialmente construído para o efeito. O instrumento era munido de uma objectiva de 12,8 cm de diâmetro que produzia uma imagem direita do Sol por projecção numa chapa fotográfica. Janssen concebe um obturador mecânico que permite exposições extremamente curtas (ca. 1/6000 s) (Figura 3).

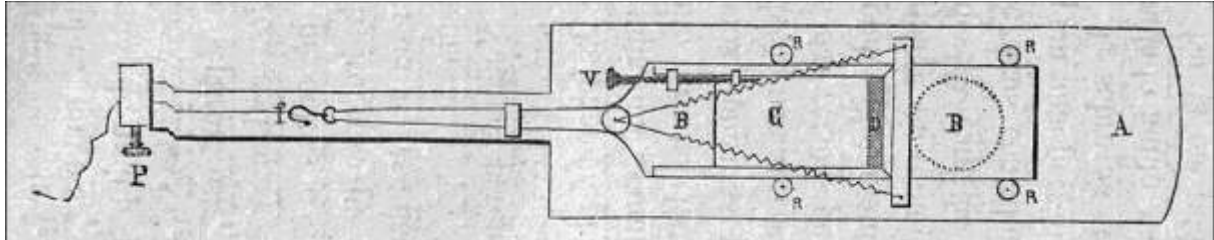


Figura 3- Obturador utilizado por J. Janssen no foteheliógrafo de Meudon.
Adaptado de Ernesto de Vasconcellos (1884).

Em 1876 Janssen apresenta algumas fotografias solares à Academia com um diâmetro de 22 cm afirmando na altura:

“Il est superflu d’insister aujourd’hui sur l’importance de la photographie céleste. Mais il me paraît que cette application doit entrer dans une phase nouvelle. Pour le Soleil par exemple, on doit commencer dans les observatories qui aborderont ces etudes des séries indéfinies et aussi complètes que le temps le permettra. Ces séries doivent être constituées avec des images très grandes et très parfaits. (...) Les images solaires doivent reproduire les facules et leurs contours précies, les taches et leurs détails si importants de structure, enfin les granulations de la surface avec leurs véritable formes”.

Em 1903 Janssen publica uma obra monumental intitulada Atlas de photographies solaires (Gauthiers-Villars). O atlas inclui fotografias do sol de grande dimensão (44,5 x 53,5 cm) em papel fotográfico coladas na obra que representam uma pequena selecção das cerca de 6000 de fotografias solares obtidas a partir de 1877 em chapas com 36 x 36 cm. Esta primeira parte do atlas pesa 10 kg. A segunda parte não chega a ser publicada.

Jules Janssen foi um dos pioneiros da astrofotografia e um acérrimo defensor da utilização regular da fotografia nas observações efectuadas em observatórios astronómicos. Foi presidente honorário da Sociedade Francesa de Fotografia (1891-1893) e presidente da União Nacional das Sociedades Photográficas de França (1892). As fotografias solares de alta definição que efectuou constituíram uma referência até meados do século 20 (Figuras 4 e 5).

Bibliografia

- Baume Pluvial, A. de la (1908). Jules César Janssen. The Astrophysical Journal, an international review of spectroscopy and astronomical physics. Vol 28 (2): 89-99.
- Launay, F. (2000). Jules Janssen et la photographie. In Dans le champ des étoiles. Les photographes et le Ciel 1850-2000. Paris, Éditions de la Réunion des Musées nationaux.
- Vasconcellos, E. (1844). A Astronomia Photographica. Typographia da Viuva Neves, Lisboa: 48pp.

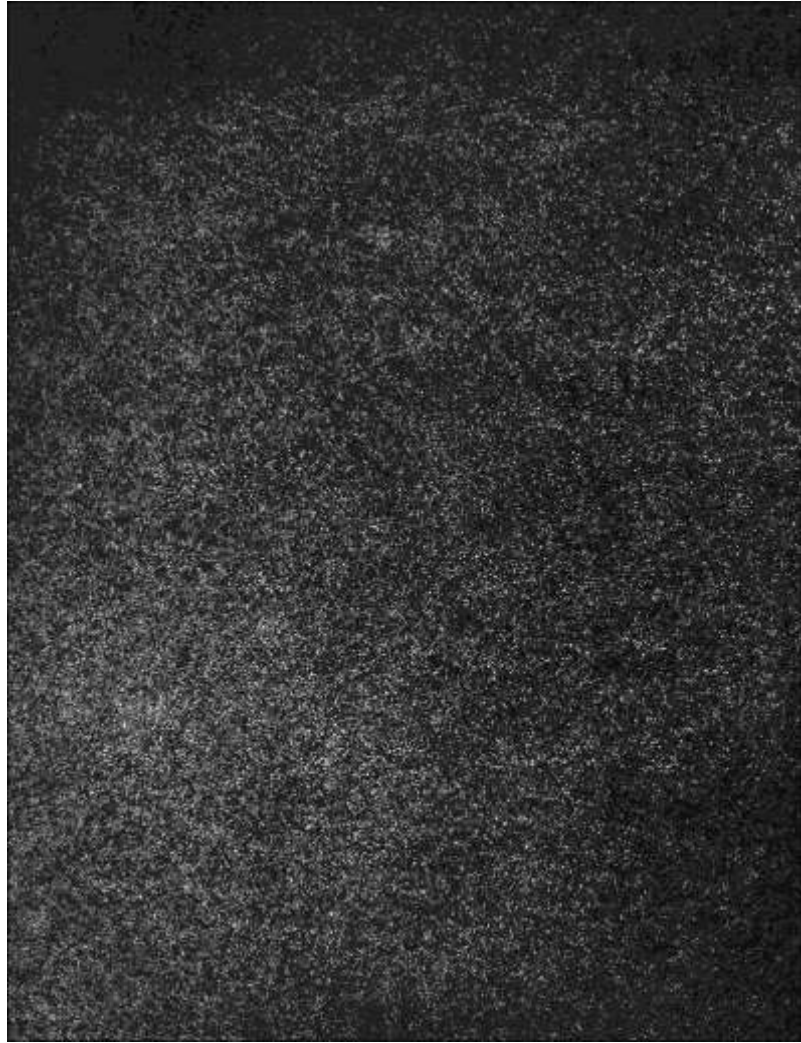


Figura 4- Granulação solar. Imagem obtida por J. Janssen em 1877.

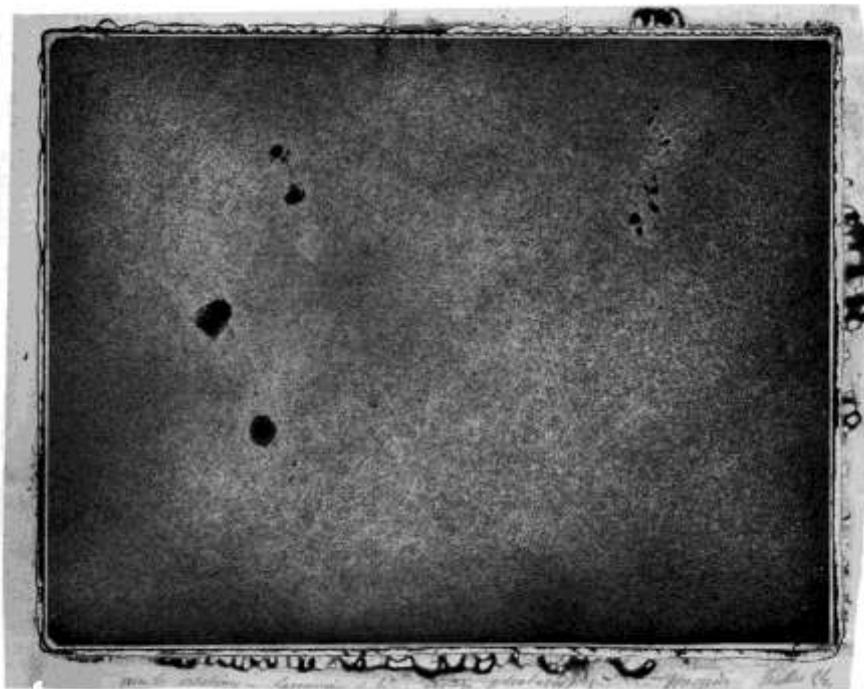


Figura 5- Atlas de photographies solaires (1903). Observatório de Meudon.

WILLIAM HUGGINS (1824-1910) E O DEALBAR DA ASTROFÍSICA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

William Huggins nasceu em Cornhill, Middlesex (Reino Unido) em 1824. Com apenas 8 anos de idade compra um telescópio e realiza as primeiras observações astronómicas no interior da cidade de Londres. As observações que efectuou durante a infância estimularam o seu interesse pelo estudo da astronomia. Entre estas pode mencionar-se; uma chuva de meteoros (Novembro de 1836); um eclipse anular do Sol que atingiu 90% em Londres (15 de Maio de 1836) e o aparecimento de um cometa visível em pleno dia (Fevereiro e Abril de 1843) (Figura 1).

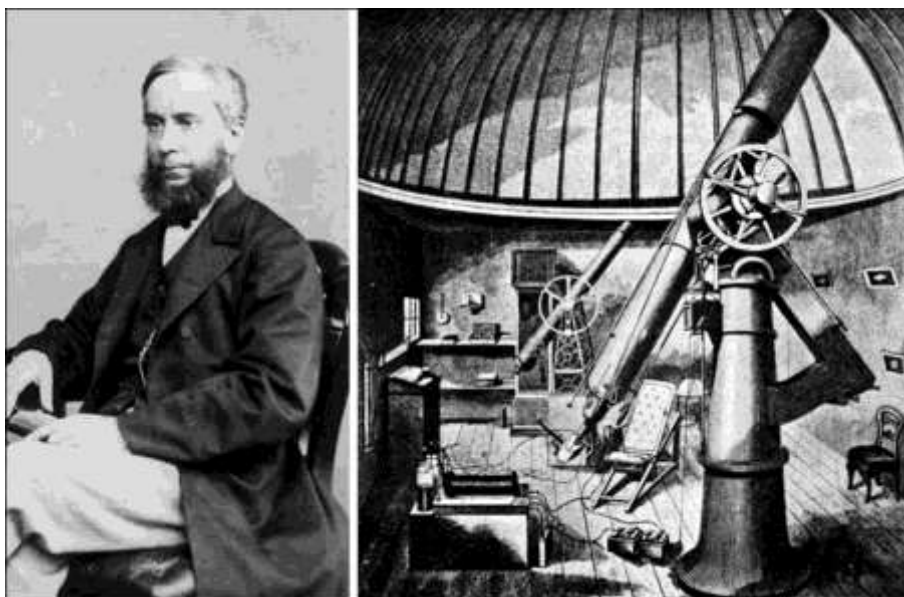


Figura 1- William Huggins (1824-1910) (esquerda), aspecto do interior do seu observatório (direita) onde é visível o refractor Clark de 8" e um refractor Dollond de 5" (1860 a 1869).

Cerca de 30 anos mais tarde (1854) William Huggins é eleito membro da "Royal Astronomical Society" (RAS). A maioria dos membros da RAS eram nesta altura astrónomos amadores que desenvolviam inúmeros projectos de observação relacionados sobretudo com o estudo de objectos do sistema solar (asteróides, superfícies planetárias, satélites, cometas, manchas solares) bem como de estrelas duplas. Huggins envolve-se activamente, como astrónomo amador, em muitos destes projectos de observação.

Em 1851, Huggins observa os primeiros daguerreótipos da Lua realizados por William Cranch Bond (1789-1859) (Cambridge, Massachusetts) expostos durante a Grande Exposição de Londres realizada no mesmo ano e subsquentemente na RAS. No ano seguinte, Warren de la Rue (1815-1889), estimulado por estes primeiros resultados, realiza numerosas fotografias da Lua. Não é claro que Huggins e Warren de la Rue tenham colaborado neste período. Durante os primeiros anos em que Huggins integrou a RAS, o facto de ter efectuado unicamente observações a partir do interior de Londres, não lhe permitiu contribuir com qualquer material para publicação nas Monthly Notices da referida Sociedade.

Em 1855 muda-se para uma nova residência nos subúrbios de Londres (Lambeth) que ficou conhecida inicialmente como a "Alpha Cottage" e mais tarde como 90 Upper Tulse Hill Road. As condições de observação astronómica melhoraram muito. Um regime de ventos favorável afastava o fumo persistente que se fazia sentir quase em permanência sobre a cidade de Londres e os instrumentos de observação astronómica podiam ser facilmente montados de um modo expedito num amplo jardim.

Pouco tempo após ter-se mudado para a nova residência, Huggins contrata um carpinteiro local (Edward Leigh) com a finalidade de construir um observatório, onde monta de um modo definitivo os seus instrumentos de

observação. Huggins descreve minuciosamente o seu novo observatório numa comunicação publicada nas *Monthly notices da RAS*²⁸ (Figure 2).

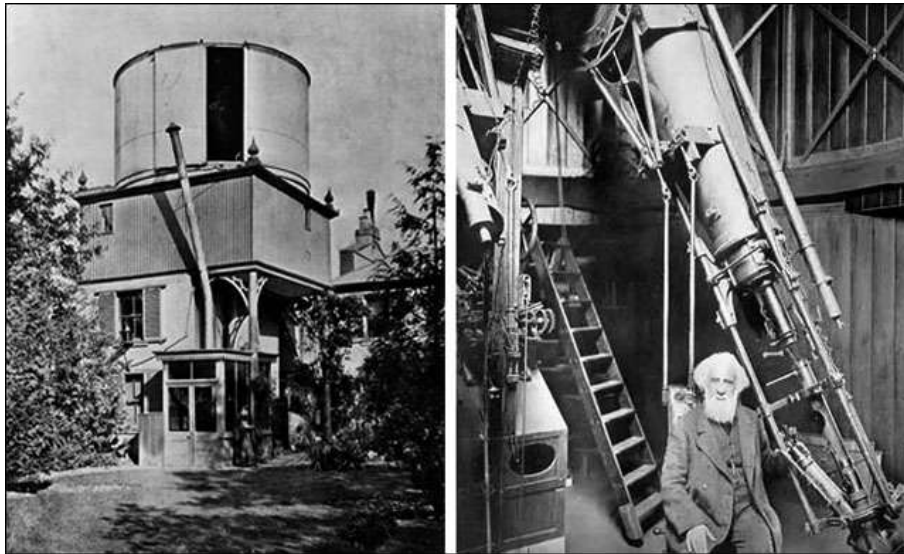


Figura 2- Observatório de Tulse Hill (esquerda). William Huggins no seu observatório (ca. 1890) (direita): refractor Grubb de 15" da RAS.

"The building is raised upon columns to a height of sixteen feet above the ground, and is connected by an enclosed passage with the upper story of the cottage. It become thus, for all purposes of convenience and access, a part of the house; while its elevated position prevents the view of the heavens from being obstructed, as would otherwise be the case, by the cottage and neighboring trees. The stability of the instruments is provided for by two massive pyramidal columns of brickwork built in cement, and resting upon deep and broad foundations of concrete. These columns pass up through the floor of the building, with which they are wholly unconnected, to a proper height for the reception of the instruments. The iron columns, upon which the building is supported, repose likewise upon solid concrete foundations. The building, which is 18 feet long by 12 feet wide, is formed of a strong framework of wood. This is covered externally with plates of corrugated iron. To the inside of the framework a double boarding, with felt placed between, is nailed, and the whole of the interior is hung with varnished oak paper. The dome, 12 feet in diameter, is hemispherical, and rotates easily on three iron balls, running in channels of iron plate. The shutter of the dome, 18 inches wide, extends through slightly more than a quadrant; it runs upon rollers, on parallel ridges, placed outside the dome. The ridges are continued over from horizon to horizon, and the shutter travels over and back again by means of two lines of wire-rope attached to the axle of a small windlass, fixed on the inner side of the curb of the dome. The dome itself consists of a circular wooden curb, bearing a light-work of iron, covered over with thin sheet-zinc. The dome is lined with felt and painted oil-cloth. The following instruments are present in the Observatory: an equatorial by Dollond, 5 inches aperture and 5 feet focal length; circles 18 inches of diameter; a transit-circle, by the late Thomas Jones. The telescope has a focal length of 45 inches and an aperture of 3.25 inches. The circle is 18 inches diameter, with divisions of silver to 5'. The verniers read to 3". The clock is an excellent one, by the late T. Arnold".

Com o auxílio destes instrumentos, Huggins realiza numerosas observações de rotina, relacionadas sobretudo com a descrição de superfícies planetárias e cronometragem de ocultações de estrelas pela Lua. Muitas destas observações foram publicadas de um modo regular nas *Monthly Notices*.

Em 1859, Huggins conhece o reverendo William Rutter Dawes (1799-1868). Dawes, 25 anos mais velho do que Huggins, era bem conhecido na época sobretudo por ser um ávido observador de estrelas duplas. Tal como Huggins, Dawes efectuou observações regulares, como astrónomo amador, com 30 anos de idade.

O interesse de Dawes pela observação de estrelas duplas fez com que este procurasse objectivas de excelente qualidade. Comprou diversas objectivas a Alvan Clark e uma destas foi vendida a Huggins em 1858²⁹. É a partir desta altura (1860) que William Huggins inicia um programa de observação inovador que o conduz à utilização do

²⁸ William Huggins (1856). "Description of an Observatory erected at Upper Tulse Hill," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 16: 175-176.

²⁹ William Huggins pagou 200 £ por esta objectiva de 8 polegadas.

espectroscópio no estudo de objectos celestes (planetas, estrelas e nebulosas) e mais tarde ao uso da fotografia na tentativa de registar espectros de estrelas e nebulosas.

No seu livro "The New Astronomy: a Personal Retrospect" publicado em 1897, Huggins descreve as suas primeiras observações espectroscópicas:

"It was just at this time (1862) that I happened to meet at a soirée of the Pharmaceutical Society, where spectroscopes were shown, my friend and neighbor, Dr. William Allen Miller, Professor of Chemistry at King's College, who had already worked much on chemical spectroscopy. A sudden impulse seized me to suggest to him that we should return home together. On our way home I told him of what was in my mind, and asked him to join me in the attempt I was about to make, to apply Kirchhoff's methods to the stars. At first he hesitated as to the probability of our success. Finally he agreed to come to my observatory on the first fine evening, for some preliminary experiments as to what we might expect to do upon the stars".

O interesse de Huggins pela espectroscopia é bem revelado noutra passagem do mesmo livro:

"Then it was that an astronomical observatory began, for the first time, to take on the appearance of a laboratory. Primary batteries, giving forth noxious gases, were arranged outside one of the windows; a large induction coil stood mounted on a stand on wheels so as to follow the positions of the eye-end of the telescope, together with a battery of several Leyden jars; shelves with Bunsen burners, vacuum tubes, and bottles of chemicals, especially of specimens of pure metals, lined its walls. The observatory became a meeting place where terrestrial chemistry was brought into direct touch with celestial chemistry. This time was, indeed, one of strained expectation and of scientific exaltation for the astronomer, almost without parallel; for nearly every observation revealed a new fact, and almost every night's work was red-lettered by some discovery".

Em 1864 Huggins publica os primeiros trabalhos sobre espectroscopia estelar³⁰. Num destes trabalhos refere:

"The investigation of the nature of the fixed stars by prismatic analysis of the light which comes to us from them, however, is surrounded by no ordinary difficulties. The light of the bright stars, even when concentrated by an object-glass or speculum, is found to become feeble when subjected to the large amount of dispersion which is necessary to give certainty and value to the comparison of the dark lines of the stellar spectra with the bright lines of terrestrial matter. Another difficulty, greater because it is in its effect upon observation more injurious, and is altogether beyond the control of the experimentalist, presents itself in the ever-changing want of homogeneity of the Earth's atmosphere through which the stellar light has to pass. This source of difficulty presses very heavily upon observers who have to work in a climate so unfavorable in this respect as our own. On any but the finest nights the numerous and closely approximated fine lines of the stellar spectra are seen so fitfully that no observations of value can be made".

Esta publicação de Huggins surge pouco tempo após o trabalho pioneiro de Gustav Kirchhoff que em 20 de Outubro de 1859 descreve pela primeira vez as linhas de Fraunhofer³¹ e faz uma primeira interpretação química e física das linhas escuras de absorção observadas no espectro solar.

Huggins e Miller desenvolvem em 1862 um primeiro espectroscópio (Figura 3) que utilizam na observação dos espectros de algumas estrelas brilhantes (Figura 4). Este espectroscópio é descrito por Huggins e Miller na sua primeira publicação sobre espectroscopia estelar³².

"After devoting considerable time to the construction of apparatus suitable to this delicate branch of inquiry, [we] have at length succeeded in contriving an arrangement which has enabled [us] to view the lines in the stellar spectra in much greater detail than has been figured or described by any previous observer".

³⁰ Os primeiros trabalhos de Huggins sobre espectroscopia estelar surgem em 1863: Huggins, W., W.A. Miller (1863) - Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. *Proceedings of the Royal Society*, 12: 444-445 e Huggins, W., W.A. Miller (1863) - On the Spectra of some Fixed Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 13: 242-244. O primeiro trabalho foi publicado com a intenção de divulgar de um modo sucinto as investigações e o segundo é uma versão reduzida do artigo com o mesmo título publicado mais tarde nas *Philosophical Transactions* (1864), 154: 413-435.

³¹ Gustav Kirchhoff, Über die Fraunhofer'schen Linien, *Monatsberichte Akad. Wissen.* Berlin (1859): 662-665. Tradução inglesa: G. G. Stokes "On the simultaneous emission and absorption of rays of the same definite refrangibility ...," *Philosophical Magazine*, Fourth Series, 21 (1860): 195-6.

³² Huggins, W., W.A. Miller (1863) - Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. *Proceedings of the Royal Society*, 12: 444-445.

O trabalho publicado na Philosophical Transactions em 1864 incluía já a descrição dos espectros de cerca de 50 estrelas, no entanto só os espectros de Aldebran e de Betelgeuse foram estudados de um modo mais pormenorizado (Figura 5).

No mesmo ano (1863) três observadores publicaram espectros de algumas estrelas: Giovanni Battista Donati (1826-1873) (Figura 6); Lewis Morris Rutherford (1816-1892) (Figura 7) e James Carpenter (1840-1899) (Figura 8). Joseph von Fraunhofer (1787-1826) registou as primeiras observações de espectros estelares em 1823. Estas observações pioneiras de Fraunhofer só foram retomadas 40 anos depois por Huggins e Miller.

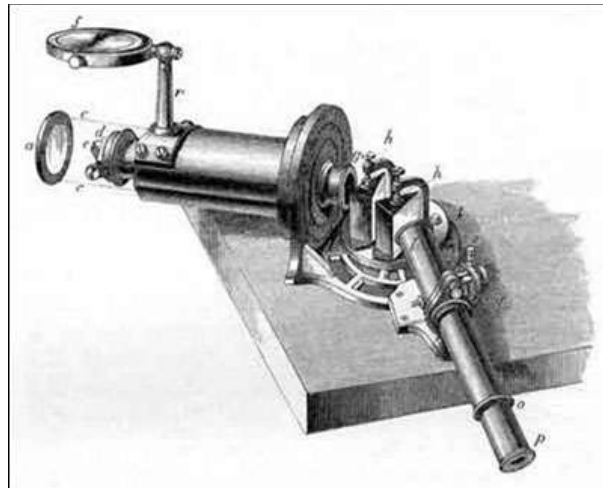


Figura 3- Primeiro espectroscópio utilizado por Huggins em 1862.

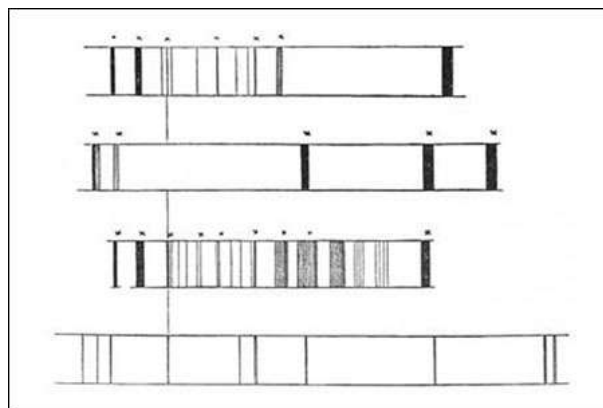


Figura 4- Espectros de algumas estrelas (de cima para baixo): Aldebaran, Sirius, Betelgeuse e Sol. In Huggins, W., W.A. Miller (1863) - Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. Proceedings of the Royal Society, 12: 444-445.

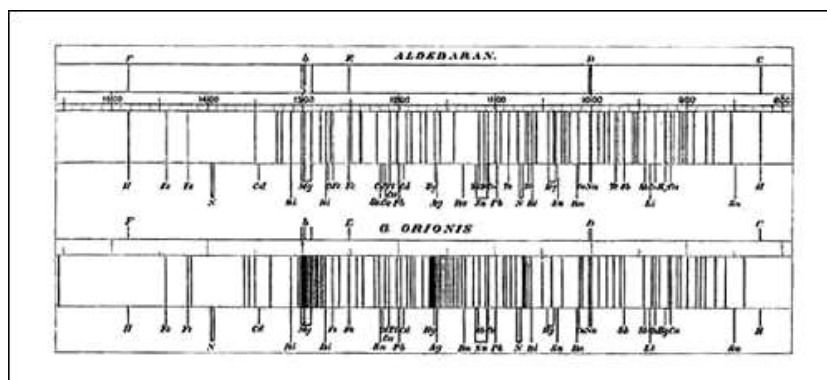
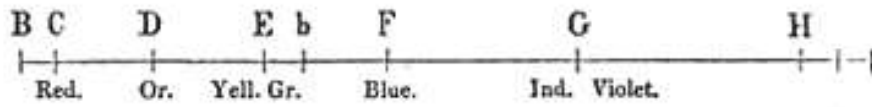
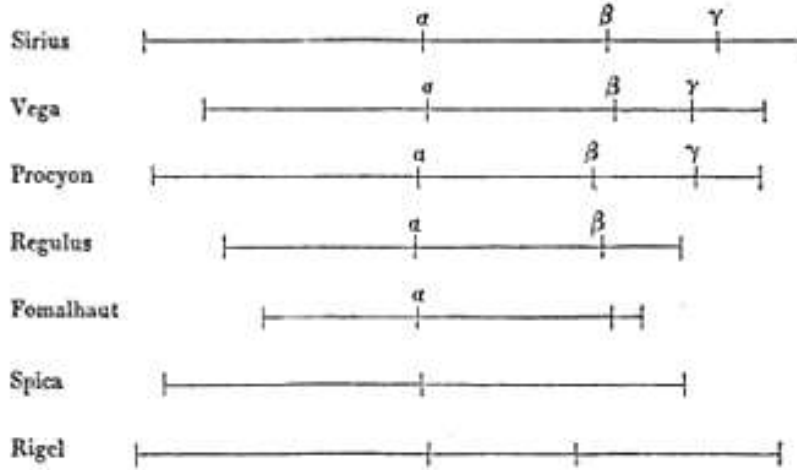


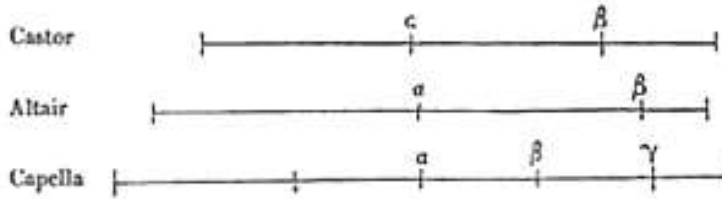
Figura 5- Espectros de Aldebaran (em cima) e de Betelgeuse (em baixo) publicados em 1864 por Huggins e Miller.



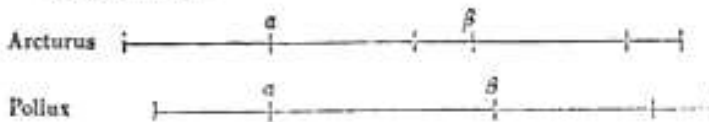
White Stars:—



Yellow Stars:—



Orange Stars:—



Red Stars:—

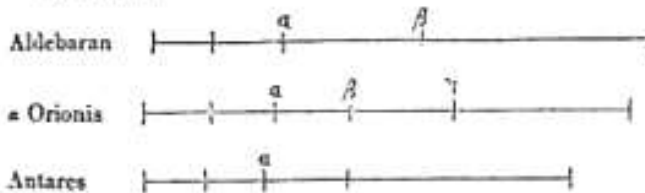


Figura 6- Espectros de 15 estrelas publicados em 1863 por Giovanni Battista Donati (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 23: 100-107).

ASTRONOMICAL OBSERVATIONS WITH SPECTROSCOPE.

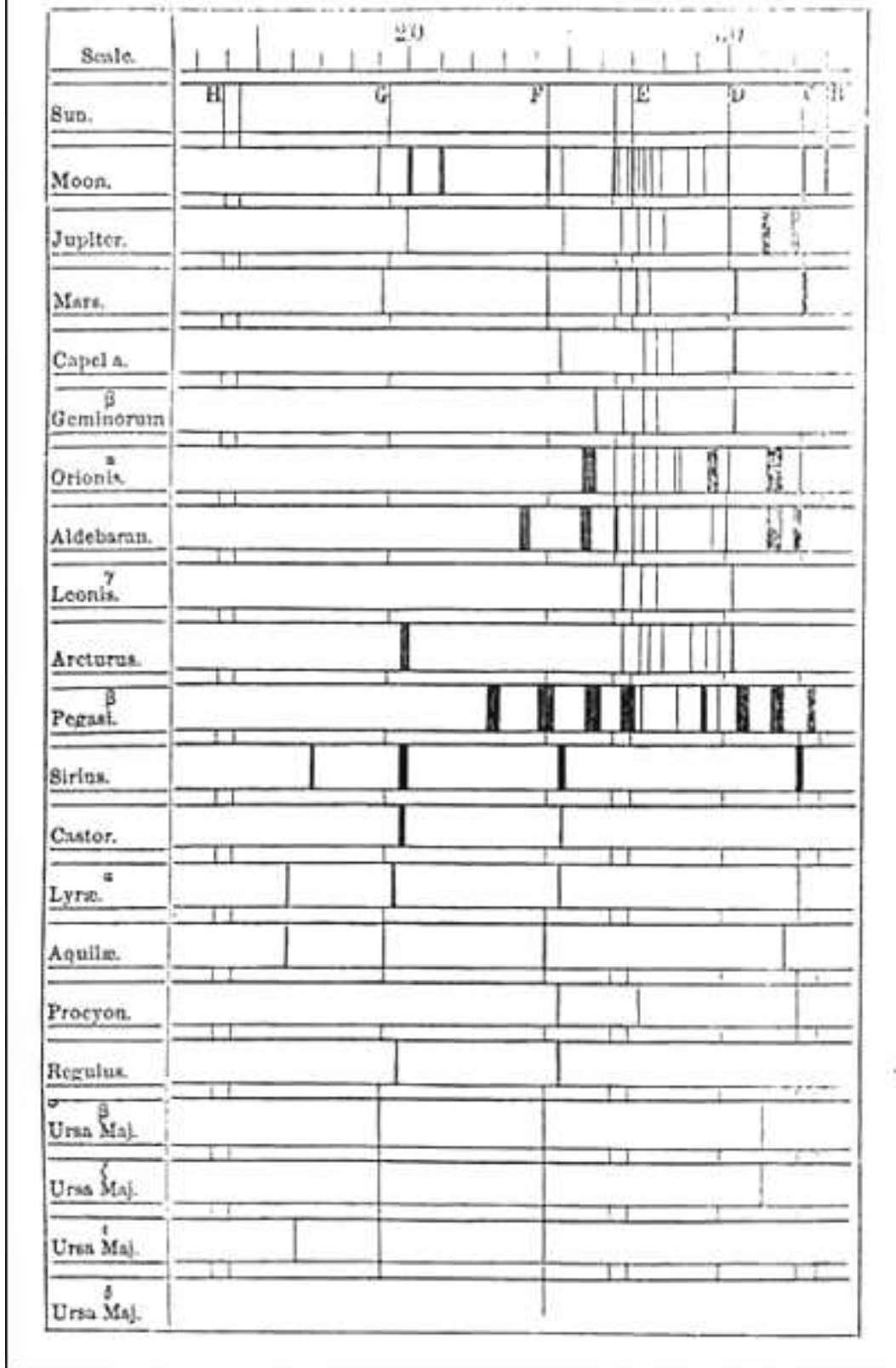


Figura 7- Espectros de 18 estrelas, Sol, Lua e Planetas publicados em 1863 por Lewis Morris Rutherford (Lewis M. Rutherford, "Astronomical Observations with the Spectroscope," American Journal of Science, 35: 71-77).



Figura 8- Espectros de 19 estrelas e do Sol publicados em 1863 por James Carpenter sob a direcção de George Biddel Airy (Astrónomo Real, Observatório de Greewich) (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 23: 190).

O reverendo Angelo Secchi (1818-1878) efectua a primeira exploração sistemática de espectroscopia estelar entre os anos de 1863 e 1867. Secchi observou visualmente os espectros de mais de 4000 estrelas estabelecendo uma classificação baseada nas principais linhas de absorção e na cor das estrelas. Descreve deste modo quatro classes distintas (Classes de Secchi) que englobavam estrelas brancas (Calsse I), amarelas (Classe II), vermelhas (Classe III) e vermelho carregado (Classe IV)³³. Em 1877 adiciona mais uma classe (Figura 9).

³³ Secchi, A. (1866). Analyse spectrale de la lumière de quelques étoiles, et nouvelles observations sur les taches solaires. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 63: 364–368. Secchi, A. (1866). Nouvelles recherches sur l'analyse spectrale de la lumière des étoiles. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 63: 621–628.

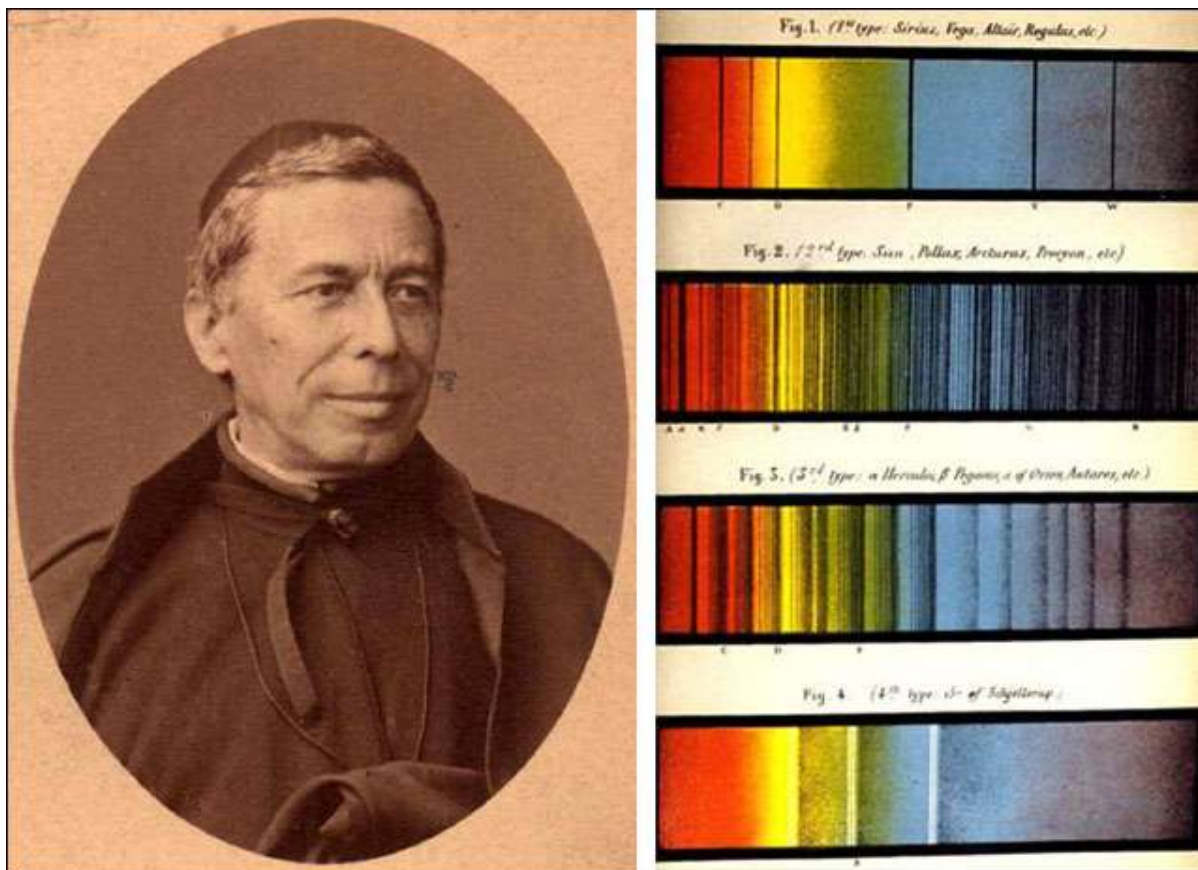


Figura 9- Angelo Secchi (1818-1878) (esquerda), classes estelares de de Secchi (direita): (De cima para baixo) Classe I – estrelas brancas e azuis com linhas de hidrogénio (Vega e Altair); Classe 2 – estrelas amarelas com menos hidrogénio e linhas metálicas evidentes (Arturus e Capella); Classe 3 – estrelas laranjas e vermelhas com um espectro complexo (Betelgeuse e Antares); Classe 4 – estrelas vermelhas com bandas e linhas de carbono.

A classificação de espectros estelares foi retomada por Henry Draper (1837-1882), filho de John William Draper (1811-1882) pioneiro da astrofotografia lunar. Henry Draper obteve imagens fotográficas do espectro de Vega em 1872. Realizou centenas de fotografias de espectros até ao seu desaparecimento em 1882. Em 1885, Edward Charles Pickering (1846-1919) iniciou no observatório de Harvard uma extensa exploração de espectrografia estelar recorrendo ao uso de prismas objectivos. Um ano mais tarde (1886), a viúva de Draper financia o trabalho de Pickering estabelecendo o Henry Draper Memorial. Surge assim o Draper Catalogue of Stellar Spectra que é publicado em 1890 e que continha as classificações espectrais de 10 351 estrelas (hemisfério Norte até -25° de Declinação). O catálogo completo (Henry Draper Catalogue) é publicado por Annie Jump Cannon (1863-1941) e Edward Pickering entre os anos de 1918 e 1924. Neste catálogo são referidas as classificações espectrais de 225 300 estrelas³⁴.

O Henry Draper Catalogue introduz a classificação actual de espectros estelares, baseada no sistema inicialmente proposto por Secchi, subdividida num maior número de classes (agrupadas com as letras A a N): a classificação de Harvard. Annie Jump Cannon é a primeira a usar o sistema actual de classificação (O, B, A, F, G, K, M).

Na noite de 29 de Agosto de 1864, William Huggins observou pela primeira vez o espectro de uma nebulosa planetária na constelação do Dragão (NGC 6543) efectuando uma das suas maiores descobertas:

"On the evening of August 29, 1864, I directed the telescope for the first time to a planetary nebula in Draco... I looked into the spectroscope. No spectrum such as I expected. A single bright line only! At first I suspected some displacement of the prism, and that I was looking at the reflection of the illuminated slit from one of its faces. This thought was scarcely more than momentary; then the true interpretation flashed upon me. The light of the nebula was monochromatic, and so, unlike any other light I had as yet subjected to prismatic examination, could

³⁴ O catálogo foi expandido (*Henry Draper Extension*) e publicado entre os anos de 1925 e 1936 (46 850 novas estrelas) e mais tarde sob a forma de cartas estelares (*Henry Draper Extension Charts*) publicado entre 1937 e 1949 (86 933 estrelas) prefazendo um total de 359 083 estrelas.

not be extended out to form a complete spectrum... The riddle of nebulae was solved. The answer, which had come to us, is in the light itself read: Not an aggregation of stars, but luminous gas³⁵.

Durante mais de um século, a natureza das nebulosas foi motivo de grande controvérsia. William Herschel foi o primeiro a mencionar que todas as nebulosas eram compostas por estrelas e podiam ser "resolvidas" por telescópios com uma abertura elevada³⁶. Alguns astrónomos [entre eles Emanuel Kant (1724-1804) e Pierre Simon Laplace (1749-1827)] sugerem que as nebulosas são compostas por gás que por condensação dariam origem a sistemas planetários. Kant vai mais longe e descreve as nebulosas como "universos ilhas" idênticos à Via Láctea, situados a enormes distâncias.

Huggins demonstra pela primeira vez que o espectroscópio podia ser utilizado para determinar a composição de diversos corpos celestes. A "nebulosa" de Andrómeda apresentava um espectro contínuo idêntico ao do Sol sendo composta por estrelas, enquanto que a nebulosa de Orion revelava um espectro descontínuo sendo constituída por gás.

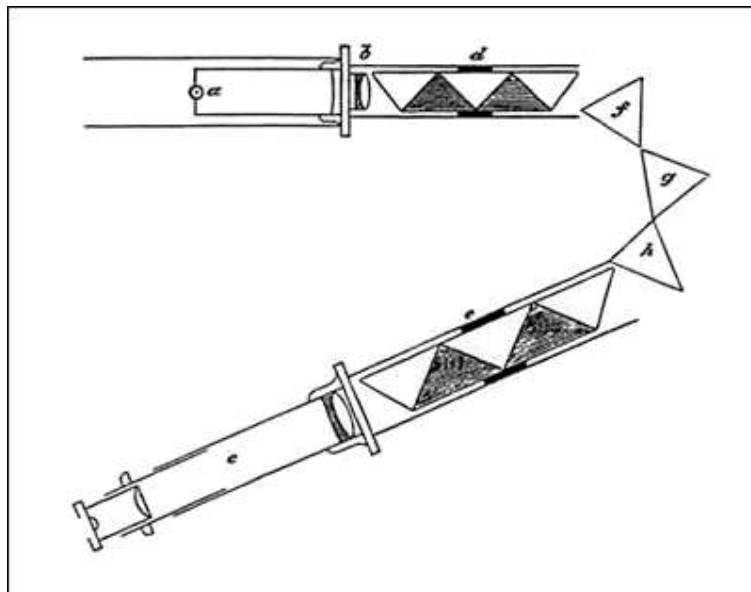


Figura 10- Espectroscópio de elevada dispersão utilizado por Huggins a partir de 1867.

Durante o final da década de 1860, Huggins utiliza quase exclusivamente o espectroscópio em diversos programas de observação: estrelas, estrelas novas e cometas. Estimou visualmente o efeito de Dopler no espectro de Sirius. Apesar destes resultados não serem muito rigorosos lançaram as bases deste tipo de estudos que mais tarde foram levados a cabo recorrendo a métodos fotográficos.

Durante este período, Huggins usou o refractor de 8" (Figura 1) munido de uma objectiva construída por Alvan Clark. Utilizou diversos espectroscópios alguns com um elevado poder de dispersão e munidos de diversos tipos de prismas³⁷ (Figura 10).

Huggins efectuou numerosas observações do Sol com o intuito de detectar a coroa solar e as protuberâncias ou proeminências. Apesar de ter sido precedido por Joseph Norman Lockyer (1836-1920) na observação das protuberâncias, Huggins desenvolve um método engenhoso de observação. Aumentando a abertura da fenda do instrumento era possível observar a totalidade da protuberância num único comprimento de onda. Esta mesma técnica é aperfeiçoada mais tarde por George Ellery Hale (1868-1938) inventor do espectroheliógrafo.

Em 1869, a RAS decide instalar um instrumento de maior abertura para estudos espectrográficos no observatório de Tulse Hill. William Huggins aceita usar o instrumento a título de empréstimo temporário. A RAS encomenda à firma de Howard Grubb a construção de dois telescópios: um refractor de 15" de abertura e um reflector Cassegrain de 18". Inicialmente os dois instrumentos não podiam ser usados simultaneamente mas mais

³⁵ Huggins, W. (1897) - The New Astronomy: a Personal Retrospect. *The Nineteenth Century* 41: 907-29.

³⁶ Herschel mais tarde refere que as nebulosas planetárias eram compostas por gás.

³⁷ Prismas de 60° de Guinand, prismas de 45° construídos por Simms e prismas de flint de 45° de Bowning and Chance.

tarde foram montados em conjunto na mesma montagem (Figura 2). As primeiras observações com estes instrumentos foram realizadas em Fevereiro de 1871.



Figura 11- Margaret Lindsay Huggins (1848-1915)

Huggins efectuou numerosas deslocações à fabrica de Grubb com a finalidade de inspeccionar a construção destes instrumentos. Foi durante estas visitas que conhece Margaret Murray com quem viria a casar em 1875. Huggins tinha 51 anos e Margaret unicamente 27 (Figura 11).

Margaret mostrou desde cedo um enorme interesse pela "nova astronomia". Constroi um espectroscópio durante a sua juventude e efectua numerosas observações astronómicas. Após o casamento, Margaret passou a participar em todos os tipos de nobservações em Tulse Hill. A partir deste período o registo fotográfico das observações espectroscópicas passa a ter um papel primordial, sobretudo devido ao envolvimento de Margaret.

No seu trabalho *The New Astronomy: a Personal Retrospect*, Huggins refere:

"The great notable advances in astronomical methods and discoveries by means of photography since 1875 are due almost entirely to the great advantages which the gelatin dry plate possesses for use in the observatory, over the process of Daguerre, and even over that of wet collodion. The silver bromide gelatin plate, which I was the first, I believe, to use for photographing the spectra of stars, except for its grained structure, meets the need of the astronomer at all points. This plate possesses extreme sensitiveness; it is always ready for use; it can be placed in any position; it can be exposed for hours".

A primeira publicação do observatório de Tulse Hill dedicada exclusivamente à fotografia de espectros estelares surge em 1876 com William Huggins como único autor. Neste trabalho Huggins refere com o intuito de estabelecer a prioridade sobre os seus colegas:

"In the year 1863, Dr. Miller and I obtained a photograph of the spectrum of Sirius³⁸".

William Allen Miller, com quem Huggins colaborou de um modo intenso no início das suas observações de espectros estelares, era um fotógrafo experiente. Durante o ano de 1863, Huggins e Miller obtêm duas imagens do espectro de Sirius recorrendo a placas húmidas de colódio. Estes primeiros resultados foram pouco estimulantes:

"The spectrum though tolerably defined at the edges, presented no indication of lines³⁹".

³⁸ Huggins, W. (1876). Note on the Photographic Spectra of Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 25: 445-446.

³⁹ Huggins, W., A. Miller (1864). On the Spectra of some fixed stars. *Philosophical Transactions*, 154: 413-435.

Apesar destes testes iniciais a fotografia regular de espectros estelares, inicia-se unicamente em 31 de Março de 1876 no observatório de Tulse Hill. Num dos livros de registo Margaret Huggins escreveu:

"Photographed Sirius. Wet Plate, 9 min exposure. Photograph on the edge of the plate in consequence of want of adjustment. 3 lines across refrangible end of spectrum".

E de novo em 3 de Abril:

"Took a photograph of Venus with a wet plate and 8 min exposure... Afterwards tried to photograph Betelgeuse with a Dry plate and exposure of 30 min. No image which may be accounted for the sky being overspread with thin white haze".

Quase todas as entradas posteriores nos livros de registo mencionam algum tipo de trabalho fotográfico. Inicialmente foram usadas placas de colódio húmido e em 7 de Março é pela primeira vez referida a utilização de placas secas:

"The dry plate gave best results.... These results were so good that thought I might endeavor to photograph the spectrum of Venus using the same narrow slit I had from the Solar Spectrum".

Margaret inicia uma série de experiências com a finalidade de refinar os processos de observação e de registo fotográfico (9 de Maio de 1876):

"Took one or two photographs of solar spectrum with a view to determining how wide I might open the slit and still obtain lines".

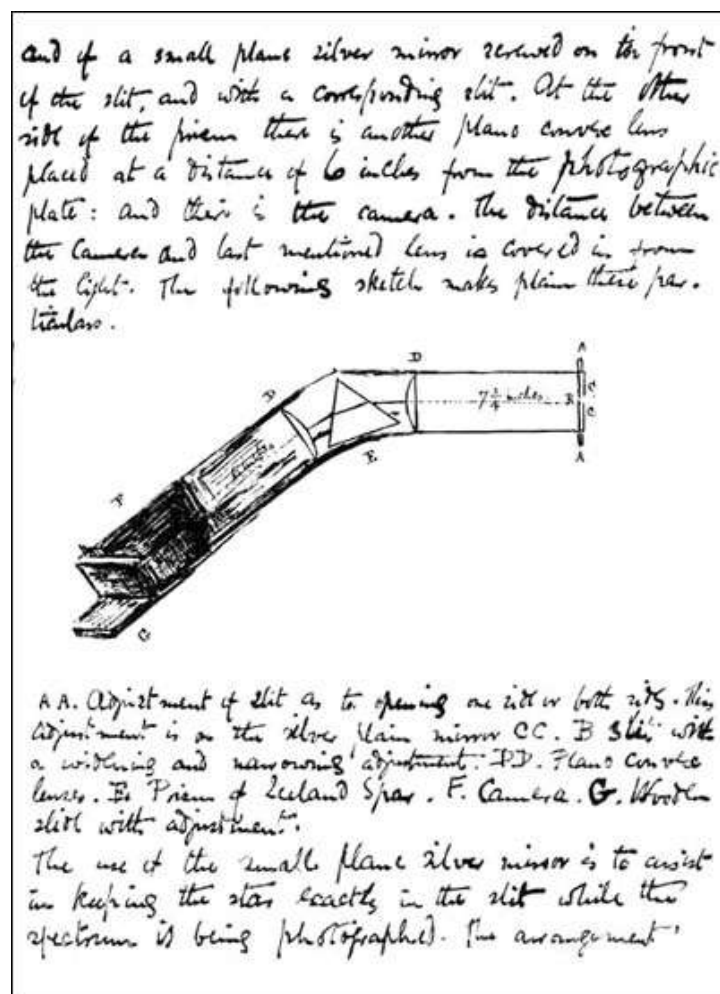


Figura 12- Esquema de uma nova câmara fotográfica desenhado por Margaret Huggins (Notebook 2, Huggins collection, Wellesley College).

E em Junho do mesmo ano:

"I had a new and much smaller camera made to use in connection with the above described apparatus.... I was occupied upon all favorable days in testing and adjusting this photographic apparatus upon the solar spectrum: at the same time testing different photographic methods with a view to finding, relatively to different parts of the spectrum the most sensitive, and relatively to the whole spectrum the quickest method for star spectra. I found that although otherwise desirable wet collodion processes are open to serious objection on account of oblique reflection -- a second spectrum in greater or less degree being invariably present. This arose from a second reflection from the back of the plate the light having passed through.... After this I used in turn Emulsion, Gelatin, and Captain Abney's Beer plates and obtained some excellent photographs of the solar spectrum both by direct sunlight reflected by a Heliostat and by diffused daylight" (Figura 12).

Margaret experimentou diversos tipos de chapas fotográficas durante o verão de 1876. A partir de 17 de Agosto deixou de usar chapas de colódio húmido. Posteriormente foram unicamente usadas chapas secas ou de gelatina. A partir de Dezembro do mesmo ano todas as fotografias foram obtidas com chapas de gelatinobrometo de prata.

Além de ter desenvolvido câmaras fotográficas e novos processos de observação, Margaret concebeu novos equipamentos para serem usados no observatório. Numa passagem do livro de registo de 17 de Setembro de 1876 pode ler-se:

"Finding it impossible to feel certain whether the apparatus was perfectly axial in the telescope, I had a small brass tube made and placed as marked in the diagram (...) This tube being furnished with cross wires placed very accurately at right angles: it could be ascertained by observing when the angles of the cross wires coincided whether the apparatus was perfectly axial.... This rendered it possible to have more accurate adjustments and saved danger of throwing the apparatus out of adjustment in other respects. Instead of a scale of black lines on the silver plate, I placed two wedge shaped indicators one at centre of each half of slit, it being always intended to bring the stars into the lower portion of the slit".

Em 1888 Margaret inicia uma série de observações espectrográficas de nebulosas. Descreve nesta altura como tencionava comparar os espectros de nebulosas com o espectro de magnésio:

"I go back a day now to say a word about what we have been very busy about all this week. We are very anxious to try and determine whether the Mg line which Lockyer asserts is coincident with the 1st Nebula line, and the Mg line which he also asserts to be coincident with our new Nebula line, -- really are so coincident. To try and throw light on this very important point -- for much may turn on it --we wish to examine by eye various nebulae for the 1st line, with the 15" and compare directly with the nebula line the spectrum of Mg".

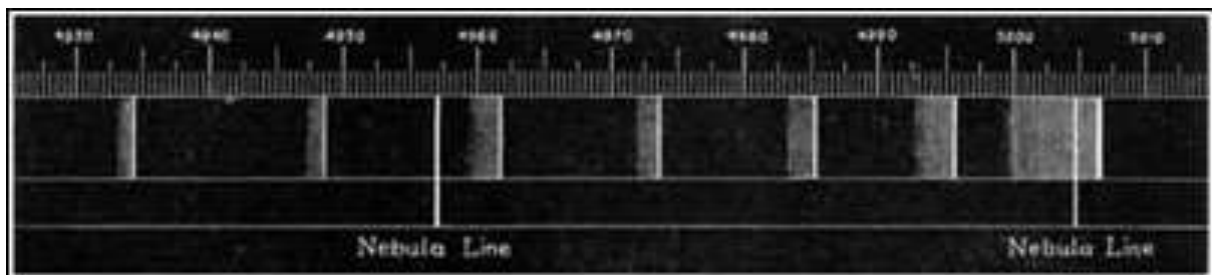


Figura 13- Comparação do espectro de Magnésio com o espectro da nebulosa de Orion [Huggins, W., M. Huggins (1889) – On the Spectrum of the Great Nebula in Orion. *Proceedings of the Royal Society*, 46: 50].

William e Margaret Huggins, ao contrário de alguns astrónomos seus contemporâneos, consideravam que as nebulosas eram gasosas. Em 1864, Huggins associou as linhas observadas na nebulosa de Orion com Azoto e mais tarde (1889) julgaram que estas estavam associadas a um novo elemento (nebulum ou nebulium) (Figura 13).

Margaret e William trabalharam durante mais de 13 anos até surgir uma publicação em co-autoria. Nesta publicação William Huggins refere⁴⁰:

⁴⁰ Huggins, W., M. Huggins (1889) – On the Spectrum of the Great Nebula in Orion. *Proceedings of the Royal Society*, 46: 50.

"I have added the name of Mrs. Huggins to the title of the paper, because she has not only assisted generally in the work, but has repeated independently the delicate observations made by eye".

Margaret assume um papel cada vez mais importante nos trabalhos do observatório:

"This work in winter in favorable weather would begin about 6 p.m. and would continue till 9:30 or 10 p.m.... I would observe while William looks after clocks, dome etc. When we first began, our exposures on each star had to be very long. I have, I think, worked on one for about three hours. But in our later work from three quarters to one and a half hours would be about the time. I had to teach myself what to by degrees: at first I had my difficulties, but now my eyes are trained and are very sensitive. Also my hands respond very quickly and delicately to any sudden necessity. I can go and stand well at good heights on ladders and twist about well... As I observe I direct William as to what I need and he moves me bodily in my ladder, so that I am not disturbed more than is necessary".

Os trabalhos laboratoriais e fotográficos realizados são igualmente descritos por Margaret:

"Here the work may be of various kinds. It may be photographic, in which case I should help in arranging the instruments, keeping the light right, and so on, if we are working electrically, I should work batteries, fix electrodes, and be generally handy. I may take turn at mixing up chemicals, pouring, weighting, dissolving, boiling... When needful I dust and wash up the laboratories, for no housemaid is allowed into those sacred precincts. I am a capital scientific housemaid. His pet bottles I let William deal with himself, as he will then know where to find them..."

William e Margaret Huggins desenvolveram trabalho de investigação até 1908. Em 1899 publicam um Atlas com inúmeras fotografias de espectros estelares⁴¹ (Figura 15). William Huggins morre em 1910 e Margaret cinco anos mais tarde (1915). Huggins, apesar de nunca ter frequentado uma Universidade, recebeu mais de uma dúzia de doutoramentos Honoris Causa. A RAS e a Royal Society atribuíram-lhe medalhas de mérito. O observatório de Tulse Hill foi visitado por inúmeras individualidades entre elas o Imperador do Brasil. A rainha Vitória condecorou W. Huggins com a "Knighthood of the Order of Bath" pela suas contribuições para a nova ciência da astrofísica.

As contribuições de William e Margaret Huggins foram fundamentais para o avanço da astrofísica. No final da sua carreira (1909) Huggins agrupou os seus trabalhos científicos numa única publicação (The Scientific Papers of Sir William Huggins). Os seus trabalhos pioneiros foram inspiração para muitos investigadores que se dedicaram à "nova astronomia", nomeadamente Edward Charles Pickering, James Edward Keeler, William Wallace Campbell e George Ellery Hale entre outros.

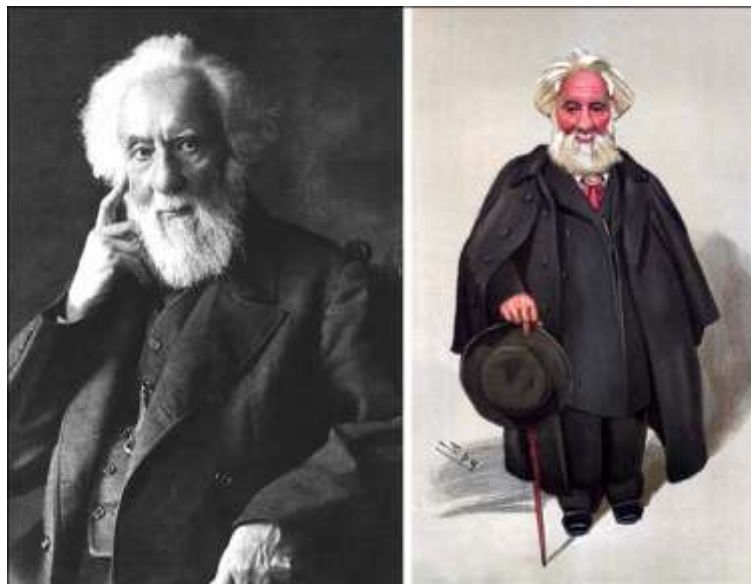


Figura 14- William Huggins pouco tempo antes do seu desaparecimento (1910) (esquerda) e caricatura da autoria de Leslie Ward (Vanity Fair).

⁴¹ Huggins, W., M. Huggins (1889). *An Atlas of Representative Stellar Spectra from λ 4870 to λ 3300*. William Wesley and Son: London.

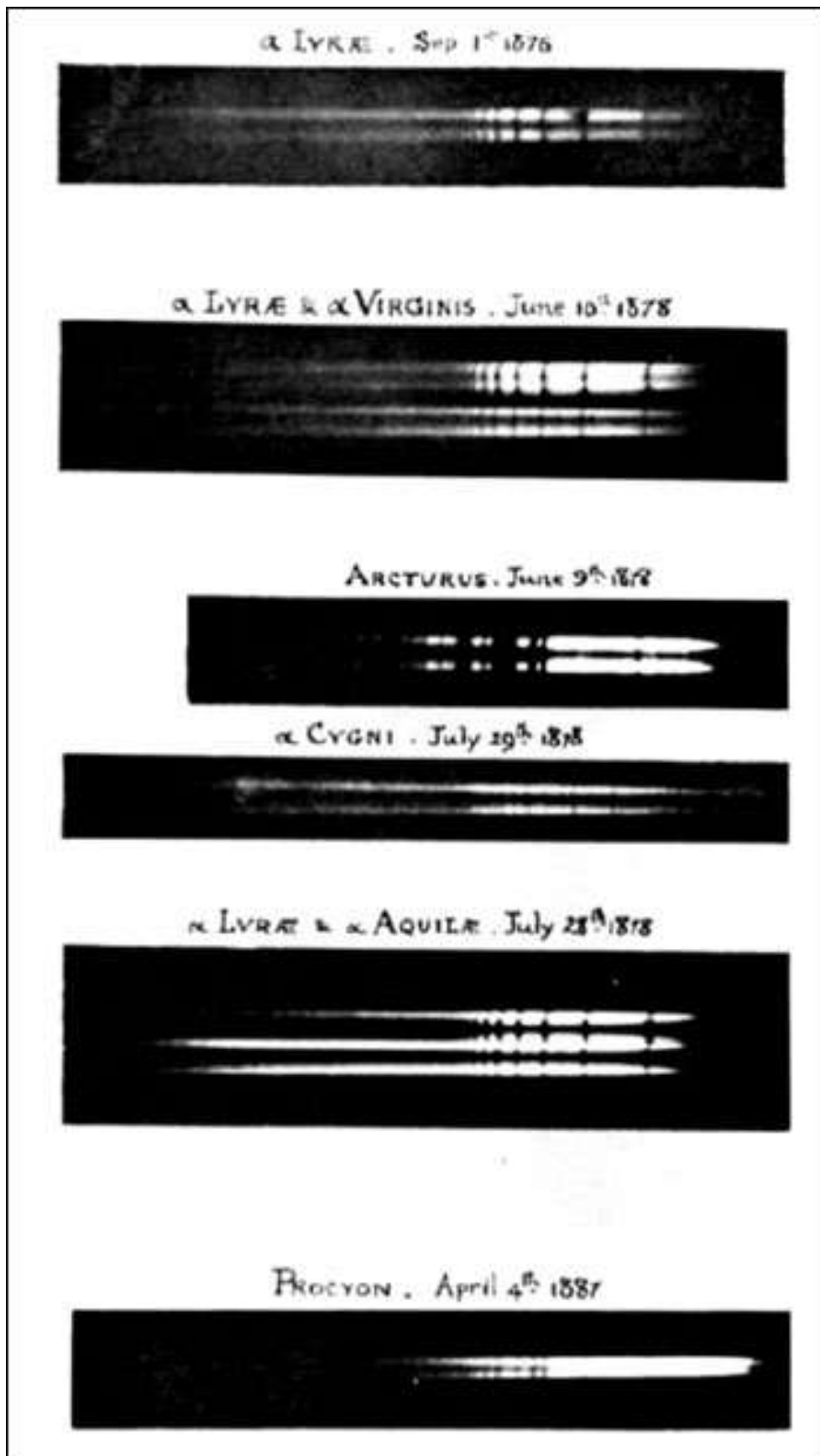


Figura 15- Fotografia de alguns espectros estelares, In Huggins, W., M. Huggins (1889). An Atlas of Representative Stellar Spectra from $\lambda 4870$ to $\lambda 3300$. William Wesley and Son: London

Bibliografia

- Becker, B. J. (1993). Eclecticism, Opportunism, and the Evolution of a New Research Agenda: William and Margaret Huggins and the Origins of Astrophysics. PhD dissertation, The Johns Hopkins University.
- William Huggins (1856). "Description of an Observatory erected at Upper Tulse Hill," Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 16 : 175-176.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863) - Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. Proceedings of the Royal Society, 12: 444-445.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863) - On the Spectra of some Fixed Stars. Proceedings of the Royal Society, 13: 242-244.
- Huggins, W., A. Miller (1864). On the Spectra of some fixed stars. Philosophical Transactions, 154: 413-435
- Huggins, W. (1876). Note on the Photographic Spectra of Stars. Proceedings of the Royal Society, 25: 445-446.
- Huggins, W. (1897) - The New Astronomy: a Personal Retrospect. The Nineteenth Century 41: 907-29.
- Huggins, W., M. Huggins (1889) – On the Spectrum of the Great Nebula in Orion. Proceedings of the Royal Society, 46: 50.
- Huggins, W., M. Huggins (1889). An Atlas of Representative Stellar Spectra from $\lambda 4870$ to $\lambda 3300$. William Wesley and Son: London.
- Huggins, W. (1909). The Scientific Papers of Sir William Huggins [with Margaret Huggins] William Wesley and Son: London.

ISAACS ROBERTS (1829-1904), PIONEIRO DA ASTROFOTOGRAFIA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Isaccs Roberts nasceu em 27 de Janeiro de 1829 em Groes (País de Gales). Filho de uma família de agricultores, frequentou a escola primária (Welsh Calvinistic School) e aos 15 anos de idade (1844), foi aprendiz na firma de construção "John Johnson and Son" em Liverpool. Mais tarde completou os seus estudos no Instituto de Mecânica de Liverpool. Após diversos anos dedicados à construção civil, I. Roberts criou a sua própria empresa em 1859 e mais tarde (1862) formou uma segunda firma de sucesso no ramo ("Roberts and Robinson").

Entre 1862 e 1869 a firma de I. Roberts obteve diversos contratos importantes, nomeadamente a construção da companhia de gás de Liverpool e de um Hotel em "Lime Street Station". Neste período I. Roberts foi nomeado presidente da "Master Builders Association".

Estas actividades comerciais de sucesso permitiram-lhe dedicar-se, nos seus tempos livres, a outro tipo de temas. O seu primeiro trabalho publicado data de 1869 e versa a captação de água na cidade de Liverpool. Foi fundador e membro da Sociedade Biológica de Liverpool. Em 1870 foi nomeado "Fellow" da Sociedade Geológica. A partir de 1870 dedicou-se a diversos ramos da ciência. Entre os anos de 1882 e 1889 realizou uma série de trabalhos relacionados com os movimentos de lençóis subterrâneos de água na região de Liverpool tendo associado a estes o efeito da atracção gravitacional do Sol e da Lua bem como o efeito da pressão atmosférica.

Foi unicamente a partir de 1878 que I. Roberts se dedicou à astronomia (com 49 anos de idade). As primeiras observações foram efectuadas com um refractor Cooke de 180 mm de abertura. Em 1883 efectua as suas primeiras astrofotografias a partir de "Kennessee", Maghull (situada cerca de 7 milhas a Norte de Liverpool). Estas primeiras imagens foram obtidas com o auxílio de objectivas fotográficas (aberturas de 20 mm a 130 mm). Os resultados então obtidos eram comparáveis às imagens da nebulosa M 42 realizadas pelo conhecido astrofotógrafo Andrew Common (1841-1903). Common utilizou um telescópio com uma abertura de 920 mm tendo registado pela primeira vez mais pormenores e estrelas do que era possível observar visualmente com o mesmo instrumento.

Entusiasmado com estes resultados I. Roberts adquiriu um reflector Grubb de 460 mm de abertura. Numa reunião da "Royal Astronomical Society – RAS" em Janeiro de 1886, efectuou uma comunicação referindo ter realizado mais de 200 astrofotografias de longa pose durante um período de apenas 1 ano. I. Roberts ofereceu este reflector Grubb à Sociedade Astronómica de Liverpool de que era Presidente. O referido instrumento foi mais tarde instalado num observatório situado em Dunsink (Irlanda).

Roberts correspondeu-se por esta altura (1886) com William Huggins (1824-1910) que foi o primeiro a conseguir fotografar com sucesso em 1876 o espectro da estrela Vega. A imagem obtida por Huggins mostrava claramente 7 riscas espectrais entre as quais duas foram identificadas como hidrogénio.

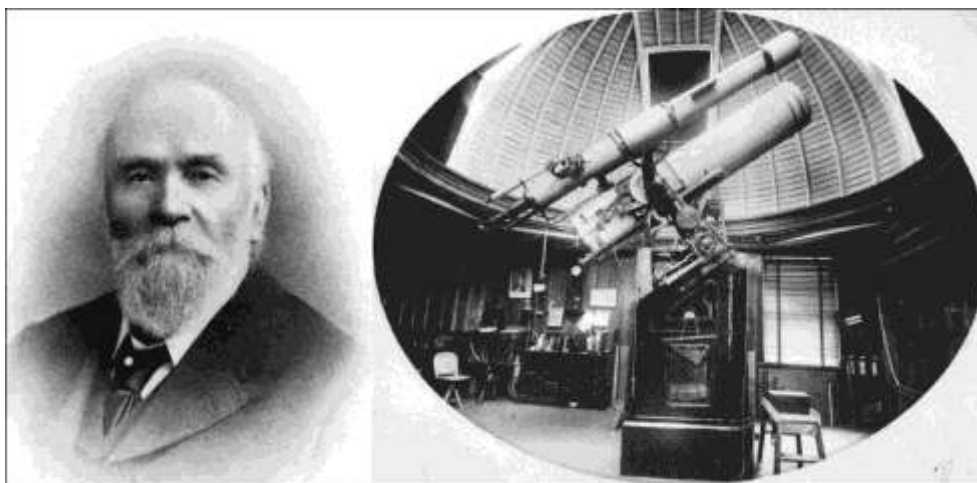


Figura 1- Isaacs Roberts (1829-1904), "Twin Equatorial" (Reflector Grubb de 500 mm e refractor de 180 mm).

Em 1886 I. Roberts encomenda um reflector Grubb com 500 mm de abertura que utilizou para realizar numerosas astrofotografias de longa pose de diversos objectos do céu profundo. A montagem equatorial além do reflector suportava igualmente o refractor de 180 mm de abertura que servia de contrapeso (Figura 1). Os dois telescópios tinham movimentos independentes em Declinação. O movimento horário era comum e de elevada precisão. A montagem ficou conhecida com a "Twin Equatorial" (Equatorial gémea).

Roberts planeou a realização com este instrumento de uma carta astrofotográfica do céu. As exposições rondavam os 15 min para cada chapa. Estas imagens foram apresentadas em diversas reuniões da RAS. Em Novembro de 1886 I. Roberts apresentou também à RAS uma astrofotografia do enxame M 45 (Pleiades), obtida com o reflector de 500 mm com uma exposição de 3 h. Esta imagem mostrava pela primeira vez a nebulosidade associada às estrelas Alcyone, Maia, Merope e Electra.

As chapas fotográficas neste período não eram persistentes. Isto significava que os resultados obtidos necessitavam de ser preservados para que a informação não se perdesse. Em colaboração com Adam Higer (1839-1897), produziu um pantógrafo estelar destinado a gravar em chapas de cobre as imagens estelares registadas nas chapas astrofotográficas.

Em 1887 surge o projecto "Carte du Ciel" idealizado pelos irmãos Henry e destinado a realizar um atlas astrofotográfico da totalidade do céu.

Paul Henry (1848-1905) e Prosper Henry (1849-1903) foram admitidos no observatório de Paris em 1864. Quatro anos mais tarde os irmãos Henry construíram um telescópio reflector com 300 mm de abertura como qual iniciaram uma prospecção visual da eclíptica. Em 1885 esta prospecção passou a ser realizada recorrendo a processos fotográficos. Foram utilizados diversos telescópios fotográficos, nomeadamente um refractor de 160 mm e mais tarde, em 1885, um refractor com 340 mm de abertura $f/10,4$. Os primeiros resultados obtidos fizeram com que o director do observatório de Paris, E. B. Mouchez (1821-1892) propusesse a realização de um atlas fotográfico de todo o céu. Cerca de 56 astrónomos pertencentes a 19 países estiveram envolvidos neste projecto que foi designado por "Carte du Ciel". O refractor fotográfico idealizado e construído pelos irmãos Henry foi adoptado como standard (Figura 2). A abertura de 340 mm $f/10,4$ significava que 1 mm na chapa fotográfica representava 1 minuto de arco. As chapas utilizadas (160 mm x 160 mm) cobriam uma área de $2 \times 2^\circ$. Cada chapa era exposta 3 vezes durante 20 s, 3 min e 6 min e o telescópio era movimentado após cada exposição. Esta série de exposições foi idealizada para eliminar poeiras ou defeitos intrínsecos das chapas fotográficas. Foram igualmente expostas chapas utilizando exposições mais longas. O projecto "Carte du Ciel" nunca foi terminado com sucesso apesar de se ter desenvolvido ao longo de mais de 60 anos.

O projecto "Carte du Ciel", que seria levado a cabo por astrónomos profissionais, fez com que I. Roberts se dedicasse a partir de 1888 (ano em que se reformou com 59 anos de idade) exclusivamente à astrofotografia de objectos do céu profundo. As primeiras imagens foram obtidas a partir do seu observatório situado em Maghull, local não muito favorável à realização de observações astronómicas. O número de noites sem núvens era reduzido e a turbulência atmosférica elevada. No intuito de conseguir sempre melhores resultados, Roberts substituiu o espelho principal do telescópio por outro da firma Calver. Chegou a viajar para a Índia Ocidental no intuito de tentar encontrar um local mais adequado para a realização de observações astronómicas.



Figura 2- Refractor fotográfico do observatório de Paris construído pelos irmãos Henry (ca. 1885).

Em 1890 Roberts construiu um novo observatório localizado numa região mais favorável à prática da astrofotografia (Crowborough, Sussex). Denominou o seu novo observatório "Starfields" provavelmente em homenagem a William Lassell (1799-1880). O novo observatório situava-se cerca de 250 m acima do nível do mar, num local ideal para a realização de observações astronómicas. Junto ao observatório construiu uma vivenda com uma plantação de árvores de fruto, court de ténis e estação metereológica. Neste período foi auxiliado por William S. Franks (1851-1935) que se encarregou da revelação das chapas fotográficas (Figura 3).

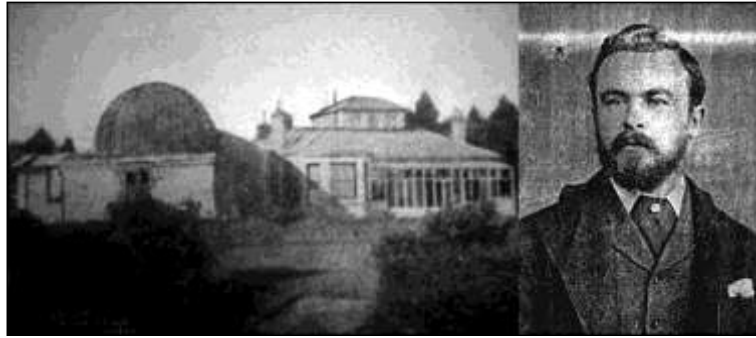


Figura 3- Observatório de Isaacs Roberts ("Starfields") e William S. Franks (1851-1935).

A maioria das astrofotografias de I. Roberts foram publicadas em dois volumes. O primeiro surgiu em 1883 "Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae" e o segundo em 1899 com o mesmo título. Estas obras foram oferecidas pelo autor diversas Instituições. O segundo volume faz parte do espólio da biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa – OAL (Figura 4).

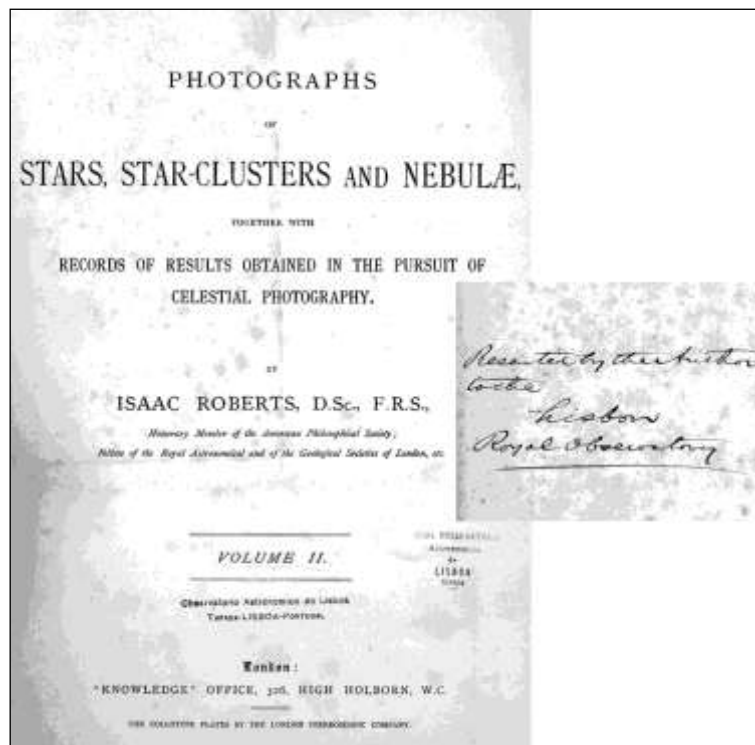


Figura 4 – Roberts, I. (1899). Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae. Oferta do autor ao OAL.

As numerosas astrofotografias de I. Roberts foram obtidas num período em que a fotografia ainda estava na sua infância. Foi Roberts que descobriu a nebulosidade associada às Pleiades bem como a natureza espiral da nebulosa (galáxia) de Andromeda. A nebulosa de Orion nas imagens de Roberts revelou-se muito mais extensa e complexa do que se pensava na época. A importância do trabalho de Roberts foi reconhecido internacionalmente. Foi eleito membro da Royal Society e foi-lhe atribuído um doutoramento honoris causa pela Universidade de Dublin. Recebeu igualmente a medalha de ouro da Royal Astronomical Society (Londres) em 1985.

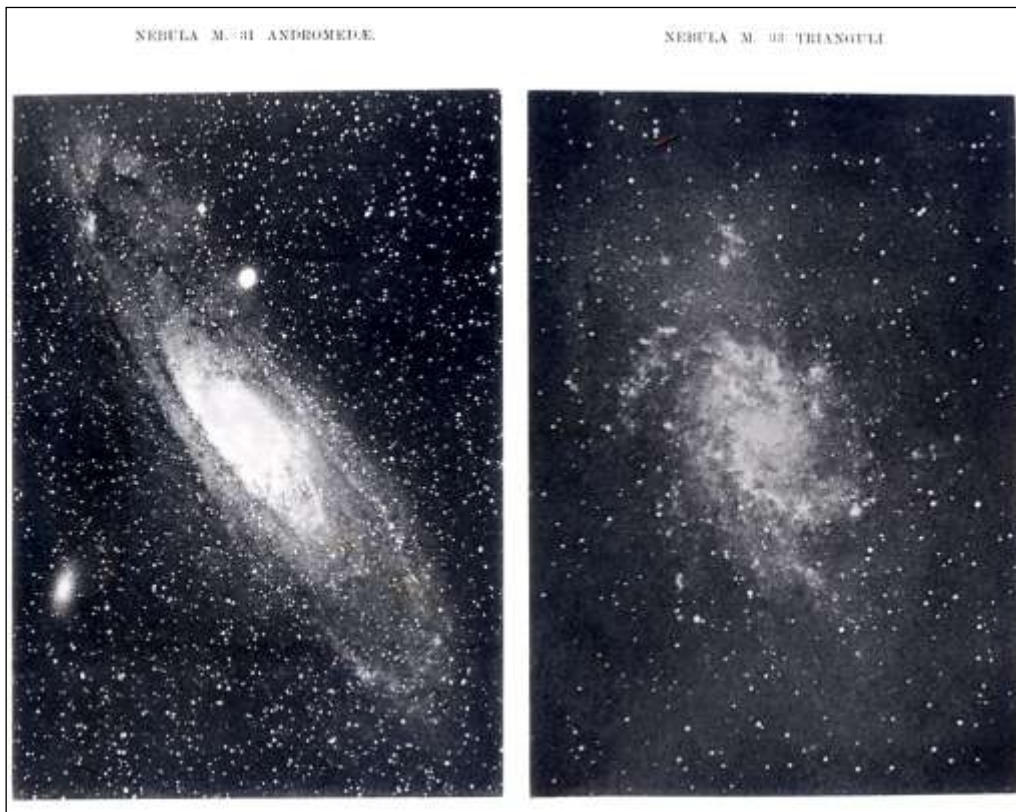


Figura 5- M 31 e M 33. Reflector de 500 mm (f/4,9). Imagens obtidas em 17 de Outubro de 1895 e 14 de Novembro de 1895 respectivamente. Os tempos de exposição foram de 90 min para a M 31 e 135 min para a M 33. A estrutura espiral das galáxias é aparente nas duas imagens.

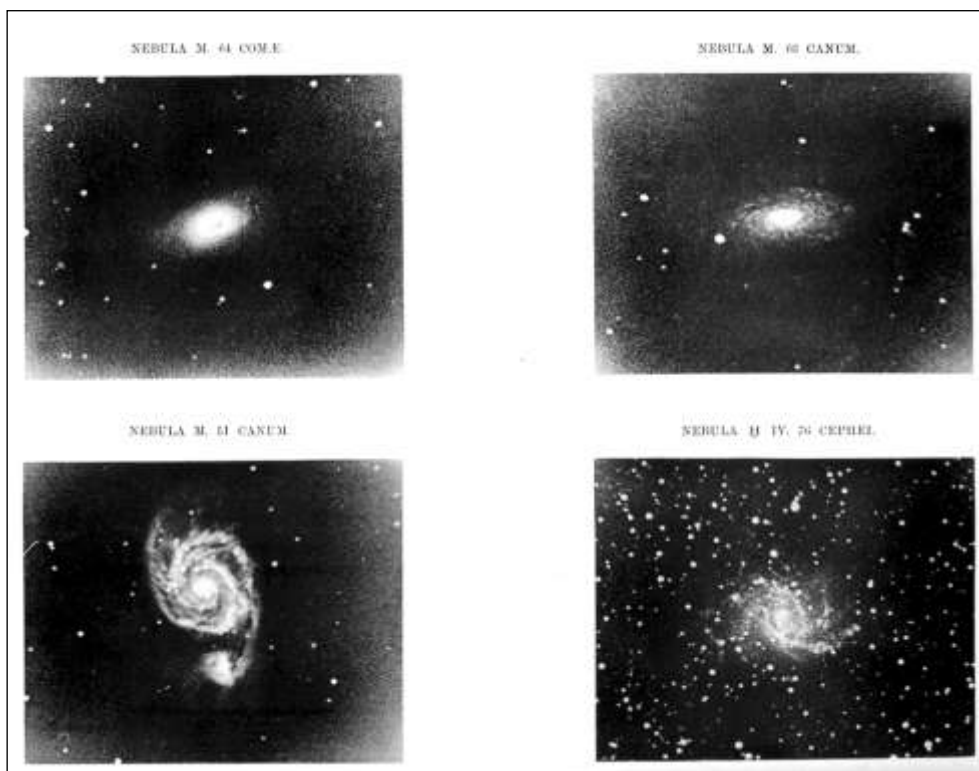


Figura 6- M 64 (500 mm f/4,9) 176 min (10 de Maio de 1896), M 63 (500 mm f/4,9) 175 min (14 de Maio de 1896), M 51 (500 mm f/4,9) 90 min (15 de Abril de 1896), NGC 4826 (500 mm f/4,9) 175 min (9 de Outubro de 1896).

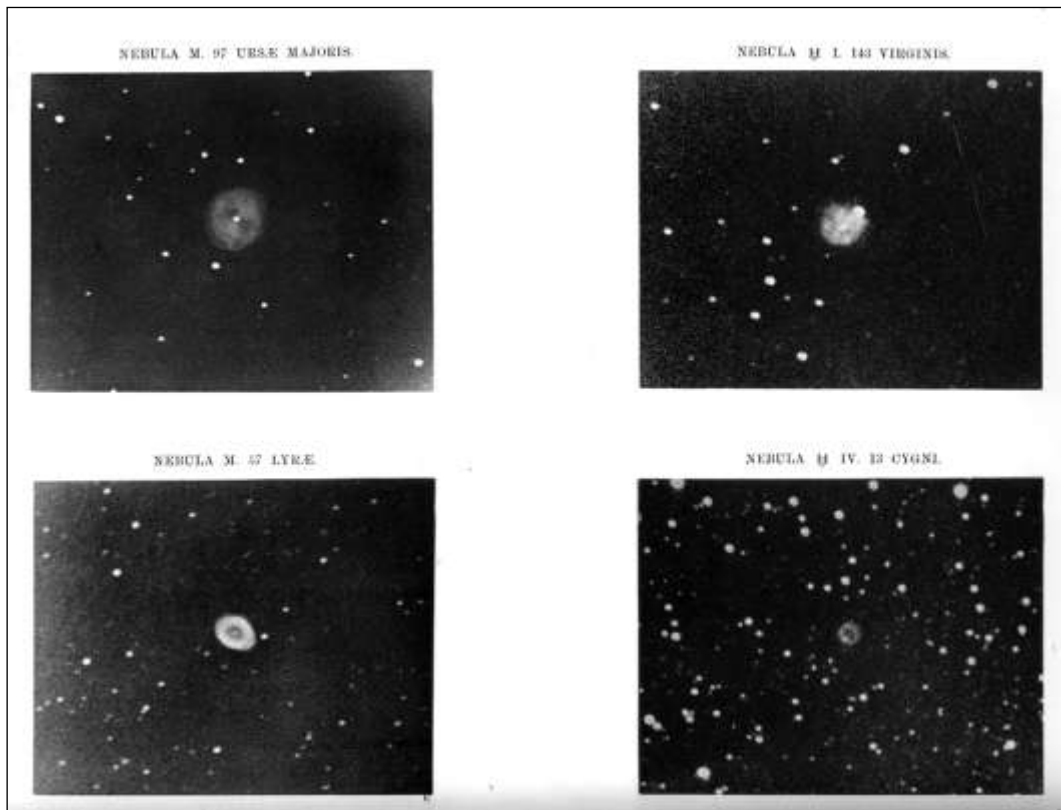


Figura 7- M 97 (500 mm f/4,9) 240 min (20 de Abril de 1895), NGC 4900 (500 mm f/4,9) 180 min (9 de Abril de 1894), M57 (500 mm f/4,9) 20 min (10 de Julho de 1898, NGC 6894 (500 mm f/4,9) 60 min (31 de Agosto de 1897).

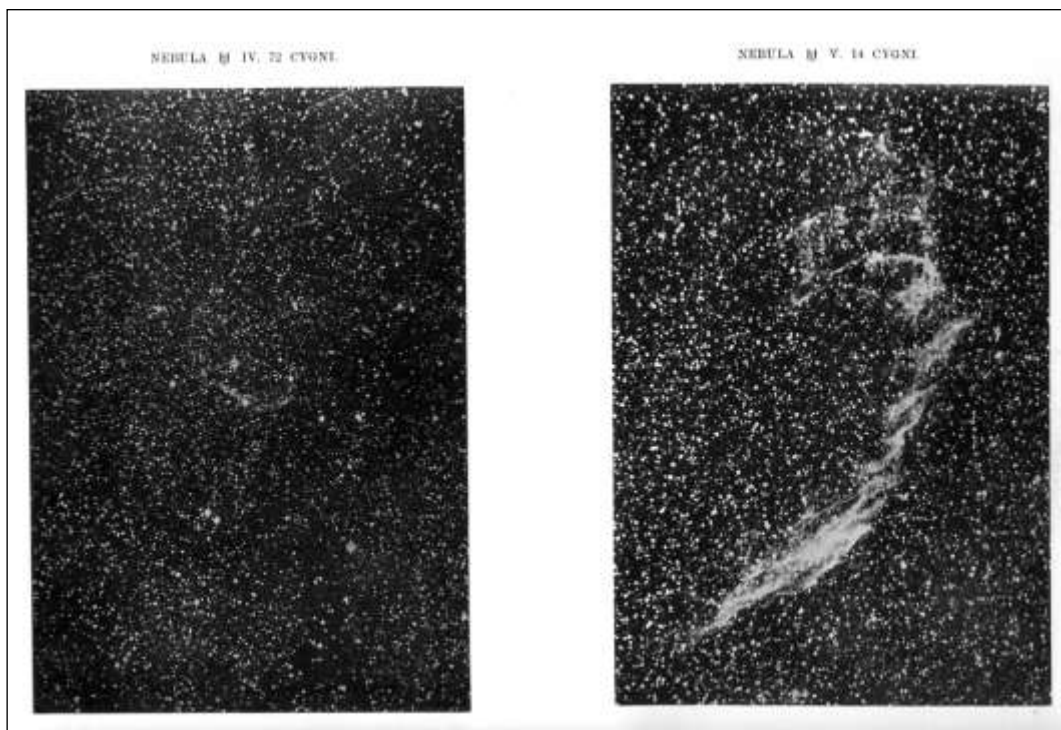


Figura 8- NGC 6888 (500 mm f/4,9) 171 min (3 de Setembro de 1897), NGC 6992 (500 mm f/4,9) 175 min (4 de Novembro de 1896).

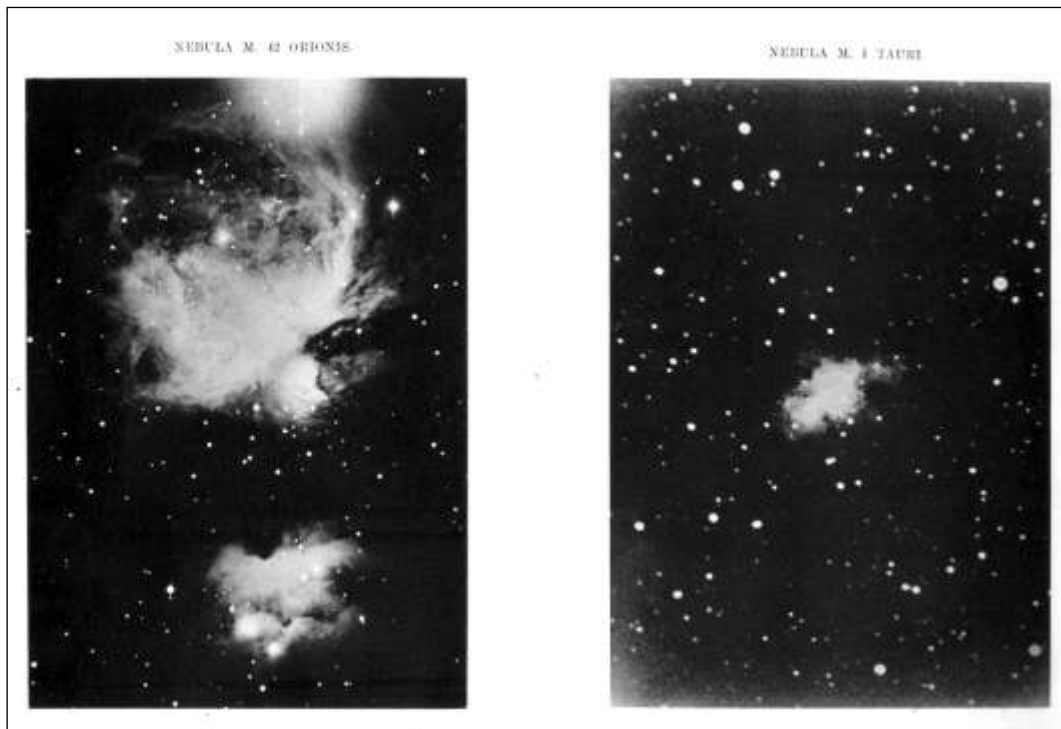


Figura 9- M 42 (500 mm f/4,9) 90 min (15 de Janeiro de 1896), M 1 (500 mm f/4,9) 60 min (25 de Janeiro de 1895).



Figura 10- Gamma Cassiopeiae (500 mm f/4,9) 90 min (25 de Outubro de 1895), M 45 (500 mm f/4,9) 610 min (22, 23 e 25 de Dezembro de 1897).

Bibliografia

- James, S.H.G. (1993). Dr Isaac Roberts (1829-1904) and his observatories. *Journal of the British Astronomical Association*, vol.103, no.3, p.120-122.
- Roberts, I. (1899). *Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae. Volume II.* "Knowledge office, High Holborn, W.C.": 178pp.

DAVID GILL (1834-1914) E O CAPE PHOTOGRAPHIC DURCHMUSTERUNG (CPD)

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

David Gill (Figura 1) nasceu em Aberdeen em 12 de Junho de 1834. Estudou na Bellevue Academy até aos 14 anos, tendo ingressado logo de seguida na Dollar Academy, um dos colégios internos mais antigos da Escócia (fundado em 1818). Estudou durante um período de dois anos na Universidade de Aberdeen (Marischall College) onde foi aluno e discípulo do matemático e físico teórico James Clerk Maxwell (1831-1879). Após ter terminado os estudos universitários, Gill ocupa-se durante algum tempo do negócio de família que consistia numa pequena fábrica de construção de relógios.

Em 1863 utiliza um pequeno telescópio portátil de passagens meridianas do observatório do King's College e adquire um reflector de 12" que pertencia ao mesmo observatório. Com o auxílio deste telescópio reflector, observa estrelas duplas e nebulosas, efectua algumas fotografias da Lua e tenta determinar paralaxes estelares. Em 1872 é contratado por James Ludovic Lindsay (1847-1913) para trabalhar no seu observatório privado, na altura equipado com os melhores instrumentos da época e situado em Aberdeenshire (Dun Echt). Realiza durante este período, diversas expedições científicas: (i) observação do eclipse total do Sol em Cadiz (1870); (ii) expedição às ilhas Maurícias para a observação do trânsito de Vénus (1874) e (iii) expedição de seis meses à ilha de Ascensão para a observação de Marte e de asteroides (1877).



Figura 1- David Gill (1834-1914).

Em 1879, Gill integra a equipa do observatório da Cidade do Cabo (África do Sul) onde permanece até atingir a reforma em 1907. Este observatório, fundado em 1820 pelo Reino Unido (Royal Observatory, Cape of Good Hope), era no essencial, uma instalação equivalente ao observatório de Greenwich (Reino Unido), localizada no hemisfério Sul (Figura 2).

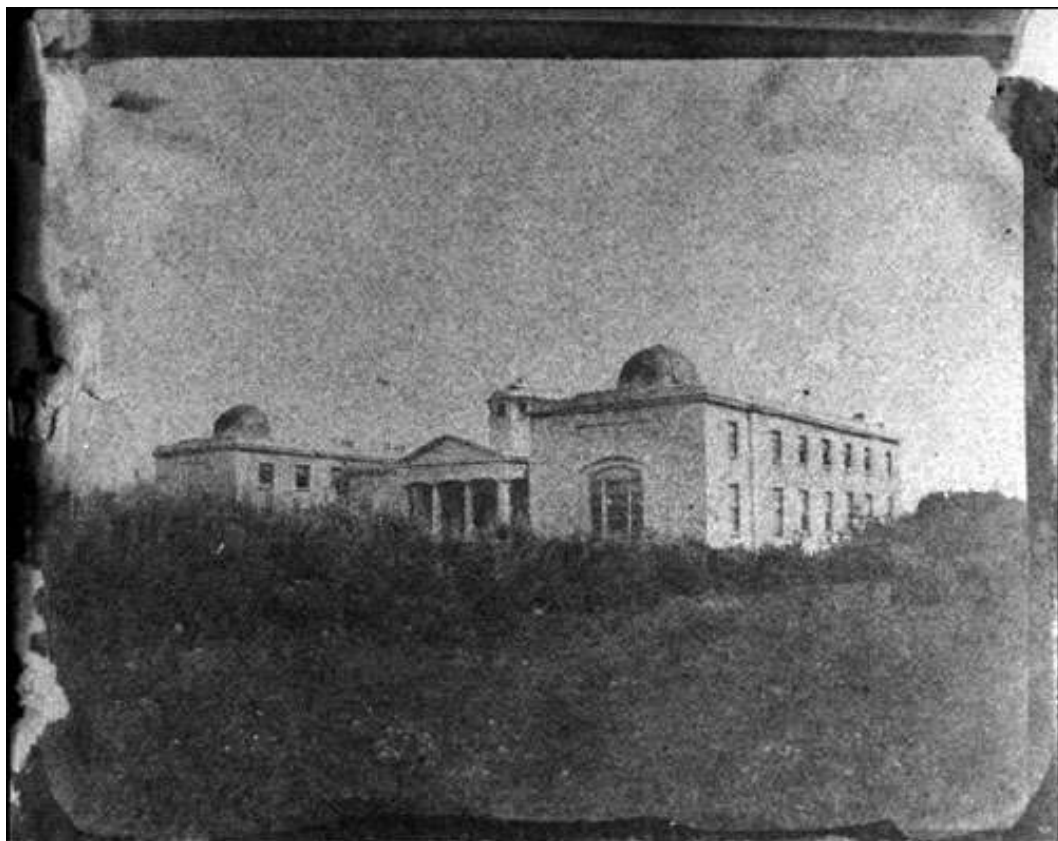


Figura 2- Observatório Real do Cabo, África do Sul (data desconhecida).

Quando Gill chega ao observatório do Cabo, depara-se com uma Instituição mal equipada e mal organizada. Os únicos instrumentos astronómicos existentes eram um círculo meridiano não reversível, um refractor de 7" de abertura e um fotoheliógrafo. O principal trabalho do observatório consistia na utilização do círculo meridiano para a determinação da hora.

Sob a direcção de David Gill, o observatório adquire diversos instrumentos novos, nomeadamente: (i) um heliómetro de 4"; (ii) um refractor de 6"; (iii) um fotoheliógrafo de 7" (Figura 3); (iv) um astrógrafo (Figura 4); (v) um telescópio zenital; (vi) um círculo meridiano reversível e (vii) um refractor de 24" (Victoria Telescope).

O fotoheliógrafo de 7" foi utilizado por Gill na determinação de sete paralaxes estelares que consistiram nas primeiras determinações rigorosas de distâncias efectuadas no hemisfério Sul. Efectuou igualmente uma determinação do paralaxe do asteroide Iris, o que conduziu à determinação da unidade astronómica com uma grande precisão ($8.802 \pm 0.005''$), uma das mais elevadas até ao uso recente do radar.

Uma das principais contribuições de Gill tem lugar em 1882, quando realiza uma fotografia do grande cometa de 1882 (Figura 5). Gill, com a ajuda de um fotógrafo local, utiliza chapas secas (gelatino-brometo de prata) e regista um número muito elevado de estrelas no campo coberto pelo cometa. Surge assim pela primeira vez a ideia de realizar um extenso Atlas fotográfico do hemisfério Sul que designou de Cape Photographic Durchmusterung (CPD) e que surgiu no seguimento do Atlas Bonner Durchmusterung (BD) que se estendia unicamente até uma declinação de -18° no Hemisfério Norte. A realização deste Atlas tornou-se possível com colaboração do Astrónomo Holandês Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922). Todas as chapas fotográficas foram estudadas e medidas na Holanda. A máquina usada para a medição das chapas foi igualmente concebida por Gill e Kapteyn. O Cape Photographic Durchmusterung (CPD) listava a posição e magnitudes de 454 875 estrelas do hemisfério Sul e foi publicado em 3 extensos volumes entre os anos de 1896 e 1900.

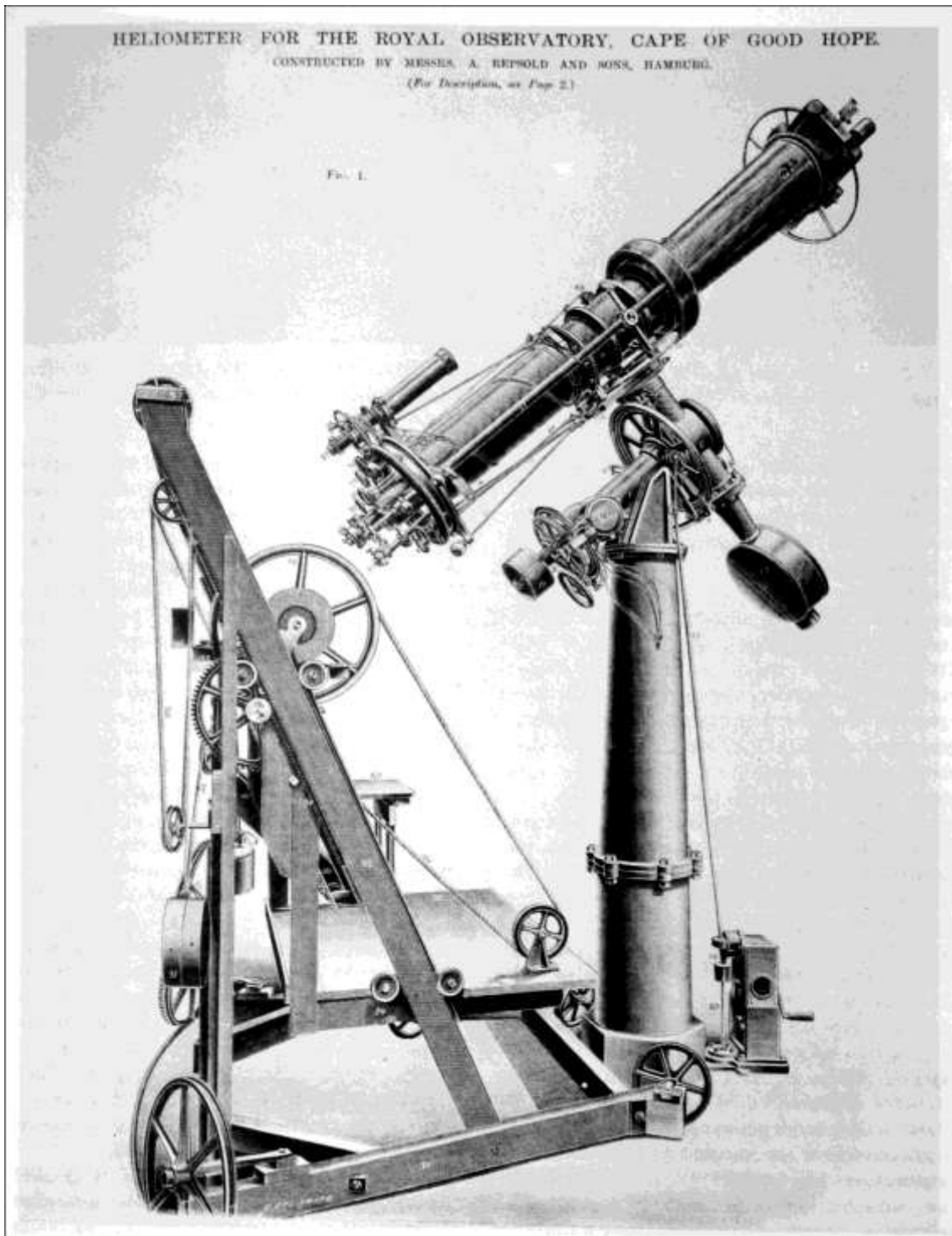


Figura 3- Fotecheliómetro de 7" (1887), Observatório do Cabo (África do Sul).

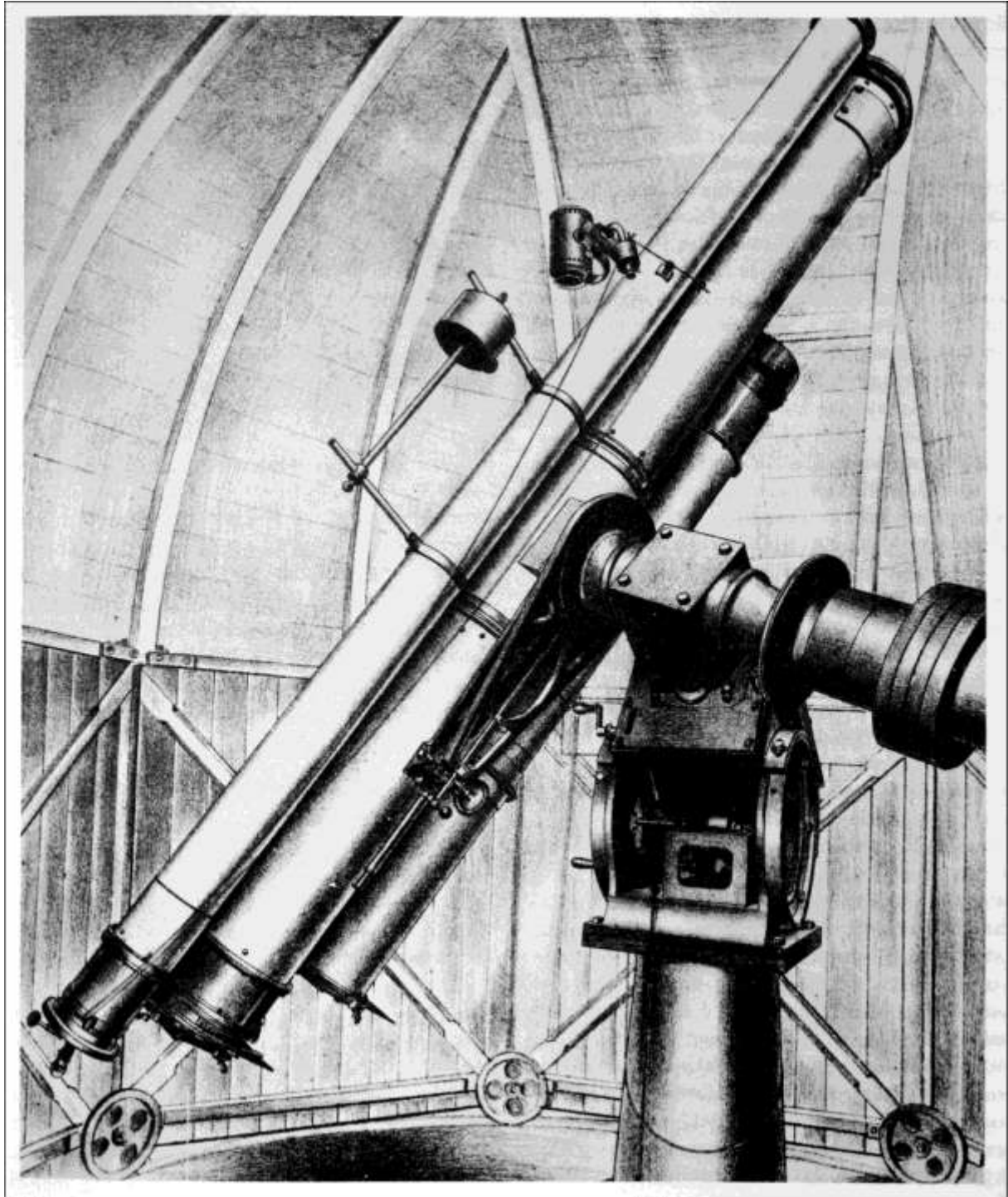


Figura 4- Astrógrafo utilizado por David Gill para a realização do Cape Photographic Durchmusterung (1886). A objectiva de 9" foi construída por Grubb sendo corrigida para fotografia. A objectiva de 6" (Dallmeyer) tinha uma distância focal inferior e era destinada à realização de fotografias com uma magnitude limite superior. A luneta de guiagem de 5" (Dollond) foi retirada de um círculo meridiano.



Figura 5- Fotografia do grande cometa de 1882 realizada por Gill no Observatório Real do Cabo em 7 de Novembro de 1882, com uma exposição 100 min. A fotografia revela uma cauda com 18o e estrelas até uma magnitude limite de 10. Foi precisamente esta imagem que estimulou a realização de catálogos fotográficos.

As primeiras astrofotografias realizadas por Gill no Observatório do Cabo chamaram a atenção dos irmãos Henry do observatório de Paris, que iniciaram em 1885 uma série de observações fotográficas coroadas de enorme sucesso. Em 1887, o director do observatório de Paris, Amédée Mouchez (1821-1892), organiza em Paris a primeira reunião internacional (International Astrophotographic Congress) do Projecto "Carte du Ciel" com a participação de cerca de 60 astrónomos provenientes de 19 países. O projecto inicial envolveu 18 observatórios repartidos pelos dois hemisférios. A cada observatório era atribuída um parcela equivalente do céu que seria fotografada com o auxílio de um refractor fotográfico standard (330 mm de abertura $f/10,4$) e chapas de 160 mm x 160 mm, que cobriam uma área de 20×20 (prefazendo um total de 22 000 chapas fotográficas).

O Projecto, desenvolvido durante um período superior a 60 anos, não foi terminado com sucesso. David Gill participou na primeira reunião do Projecto e foi um fervoroso defensor do catálogo fotográfico. A compra do refractor standard para o observatório do Cabo foi aprovada e Gill pode deste modo continuar a realização do seu catálogo fotográfico (Durshmusterung). Apesar das chapas fotográficas relativas ao projecto "Carte du Ciel" terem sido todas realizadas pelo Observatório do Cabo, Gill não publicou os seus resultados.



Figura 6- Algumas publicações relativas ao projecto "Carte du Ciel".

Bibliografia

- Batten, A.H. (1988). Resolute and undertaking characters: The lives of Wilhelm and Otto Struve. D. Reidel Publishing Company.
- Gingerich, O. (ed) (1984). The general History of Astronomy. Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950. Cambridge University Press.
- King, H.C. (1955). The history of the telescope. Diver Publications Inc.

WILLIAM EDWARD WILSON (1851-1908) E O OBSERVATÓRIO DE DARAMONA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

W.E. Wilson nasceu em 1851 em Daramona (Westmeath, Irlanda). O seu interesse pela astronomia surge após a participação numa expedição para a observação de um eclipse solar quando tinha 19 anos de idade. No ano seguinte (1871) inicia a construção de um observatório em Daramona, junto à residência da família. Inicialmente o observatório foi equipado com um telescópio reflector de 30 cm de abertura (construído por Howard Grubb, Dublin). Em 1881 este instrumento foi substituído por um reflector Grubb de 60 cm de abertura. Em 1882 foi adquirida uma nova montagem equatorial, igualmente construída por H. Grubb, munida de um sistema de relojoaria eléctrica que permitia a realização de astrofotografias de longa pose (Figura 1).



Figura 1- W.E. Wilson e o observatório de Daramona (Westmeath, Irlanda).

Com o auxílio deste instrumento W.E. Wilson realizou inúmeras astrofotografias do céu profundo que são particularmente desconhecidas. As imagens obtidas rivalizam com as melhores astrofotografias obtidas na época.

É interessante comparar as astrofotografias obtidas no final do século 19 da nebulosa M 42. Henry Draper (1837-1882) conseguiu fotografar com sucesso a grande nebulosa de Oriente em 1880 utilizando um refractor de 280 mm de abertura. A exposição de 51 min revelava pela primeira vez pormenores da região central da nebulosa (Figura 2). Em 1882 Draper obtém uma imagem da mesma nebulosa com 137 min de exposição. Nesta imagem foram registadas estrelas de magnitude 14.

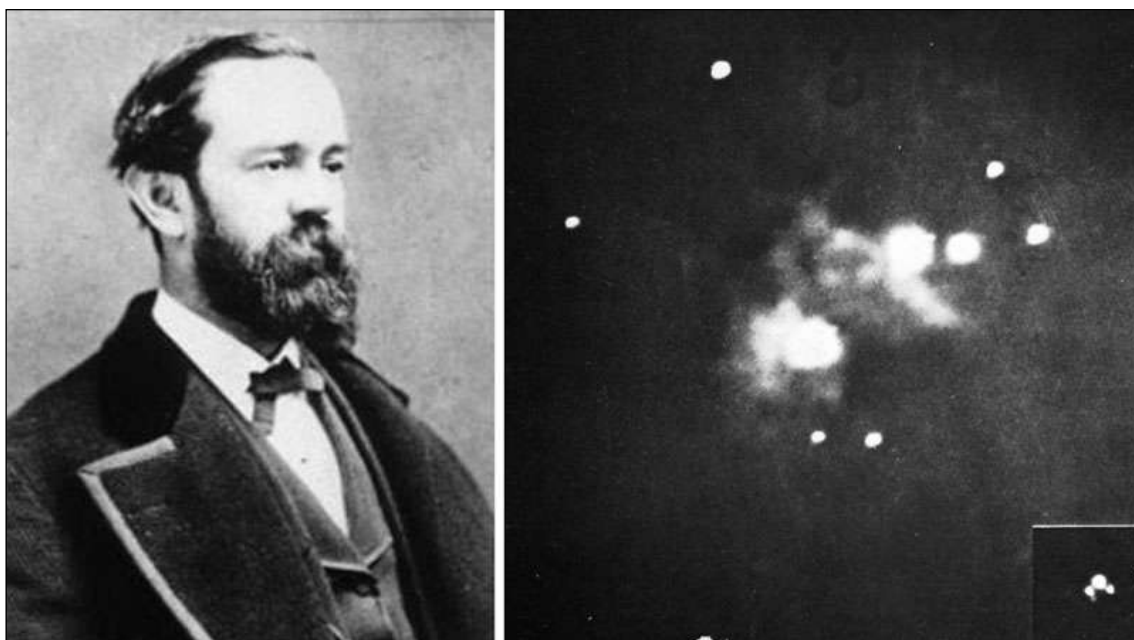


Figura 2- Fotografia da nebulosa de Oriente M 42 obtida por H. Draper (à esquerda na imagem) em 1880. Tempo de exposição 51 min.

Em Inglaterra o astrónomo amador A. A. Common (1841-1903) regista a mesma nebulosa utilizando um telescópio reflector de 910 mm de abertura e uma exposição de 60 min (Figura 3). As fotografias de Common mostram pela primeira vez mais pormenores e estrelas do que era possível observar visualmente com o mesmo instrumento⁴². Um outro amador britânico, Isaac Roberts (1829-1904), realiza numerosas fotografias de enxames estelares e regista pela primeira vez as nebulosidades que envolvem as Pléiades (M 45). As imagens de I. Roberts da nebulosa M 42 revelam igualmente muitos pormenores que não era possível observar visualmente (Figura 3)⁴³.

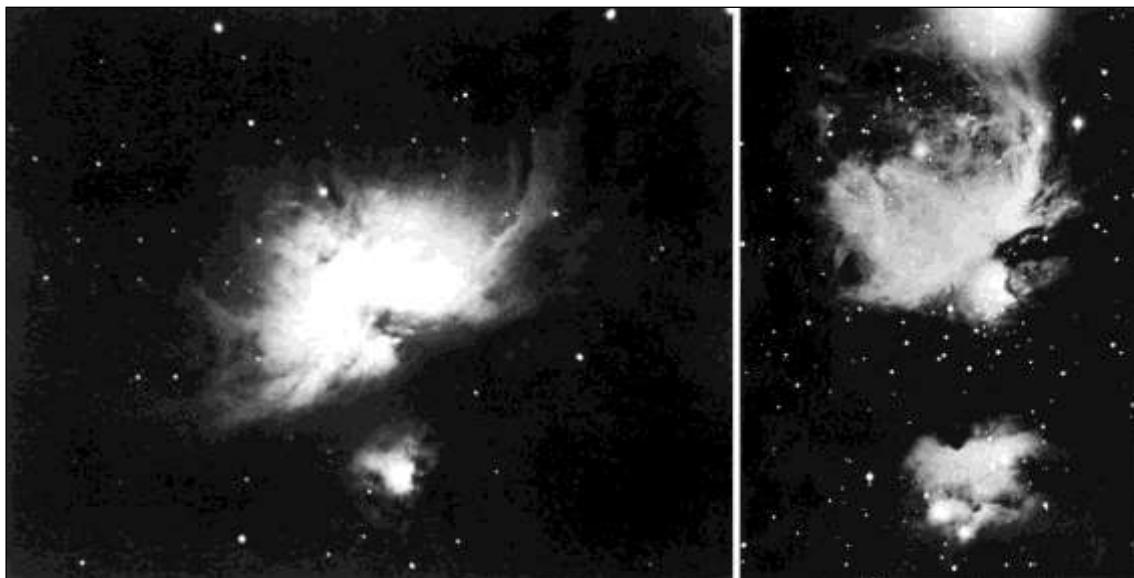


Figura 3- Fotografia da nebulosa de Oriente obtida por A. A. Common em 1883 com um tempo de exposição 60 min (esquerda). Imagem da mesma nebulosa obtida por Isaacs Roberts em 1896, 90 min de exposição (direita).

Em 1897 W.E. Wilson realiza com o auxílio do reflector Grubb de 60 cm uma astrofotografia da nebulosa M 42 que rivaliza com algumas imagens actuais (Figura 4).

Apesar de não possuir estudos superiores, W.E. Wilson efectuou numerosos trabalhos que contribuíram para o avanço da física e da astronomia. Num trabalho que publicou em 1894 em colaboração com o físico P.L. Gray, descreve algumas experiências em que compara a radiação solar com a emitida por uma fita de platina aquecida electricamente. O detector descrito é no essencial idêntico a um radiomicrometro termoeléctrico construído em 1889 por V.C. Boys (que combina um bolómetro e um galvanómetro num único instrumento de medida).

Os resultados obtidos, após correcção (6590 °C), são praticamente coincidentes com os valores actuais registados na fotosfera solar (6075 °C). Wilson efectuou igualmente medições fotométricas pioneiras. Utilizou pela primeira vez células de selénio para determinar o brilho de algumas estrelas. As primeiras experiências foram efectuadas em 1892 com o auxílio de um refractor de 23 cm de abertura tendo detectado emissões provenientes de Vénus, Júpiter e Marte. Recorrendo ao reflector de 60 cm foi possível determinar o brilho de algumas estrelas (Deneb, Vega, Arcturus, Regulus), bem como de Saturno. Estas determinações fotométricas são praticamente desconhecidas sendo raramente referidas na bibliografia. A aplicação de células de selénio em fotometria fotoeléctrica foi descoberta, de um modo independente, em 1906 por Joel Stebbins.

Wilson observou o trânsito de Vénus de 1882 com o reflector de 60 cm diafragmado a 30 cm. Recorrendo ao uso de um espectroscópio visual tentou observar o espectro descontínuo da atmosfera deste planeta sem ter obtido quaisquer resultados relevantes.

Tentou igualmente sem sucesso medir o movimento próprio de algumas estrelas que registou fotograficamente perto na nebulosa planetária M 27. As imagens obtidas por Wilson foram comparadas com medidas astrométricas

⁴² A.A. Common recebeu a medalha de ouro da Royal Astronomical Society por ter realizado com sucesso as primeiras astrofotografias de longa pose da nebulosa M 42 em 1883 (37 min de tempo de exposição).

⁴³ Ré, P. (2007). Isaacs Roberts (1829-1904), pioneiro da astrofotografia. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 32 (Setembro/Dezembro 2007).

realizadas por Otto Struve (Observatório de Pulkovo) com o auxílio de um refractor de 38 cm. Os valores encontrados para os movimentos próprios foram claramente sobre-estimados.

Em 1898 Wilson obteve cerca de 100 exposições por hora de uma mancha solar durante um período de quatro horas. Aparentemente estes resultados também não foram publicados.

As condições atmosféricas prevaletentes no observatório de Daramona foram sempre muito desfavoráveis. De acordo com os registos conhecidos a partir de 1895 as noites sem nuvens rareavam. Em 1899 não foi possível realizar qualquer observação durante um período de mais de 6 meses.

Wilson foi eleito membro da Royal Astronomical Society em 1896 e recebeu um doutoramento "honoris causa" (Universidade de Dublin) em 1901 pelas suas contribuições para o avanço da física e astronomia. Faleceu em 1908.



Figura 4- Astrofotografias obtidas por W.E. Wilson com o reflector Grubb de 60 cm. M 42 em 1897 (esquerda), M 33 em 1998 e NGC 6992 em 1899 (direita). Tempos de exposição 90 min.

O interesse de W.E. Wilson pela astronomia e pela astrofotografia foi certamente motivado pela construção em 1845 do maior telescópio (na época) situado na Irlanda pelo Conde de Rosse (William Parsons). Este telescópio com 180 cm de abertura foi muito pouco utilizado devido sobretudo às péssimas condições climáticas (Figura 5).

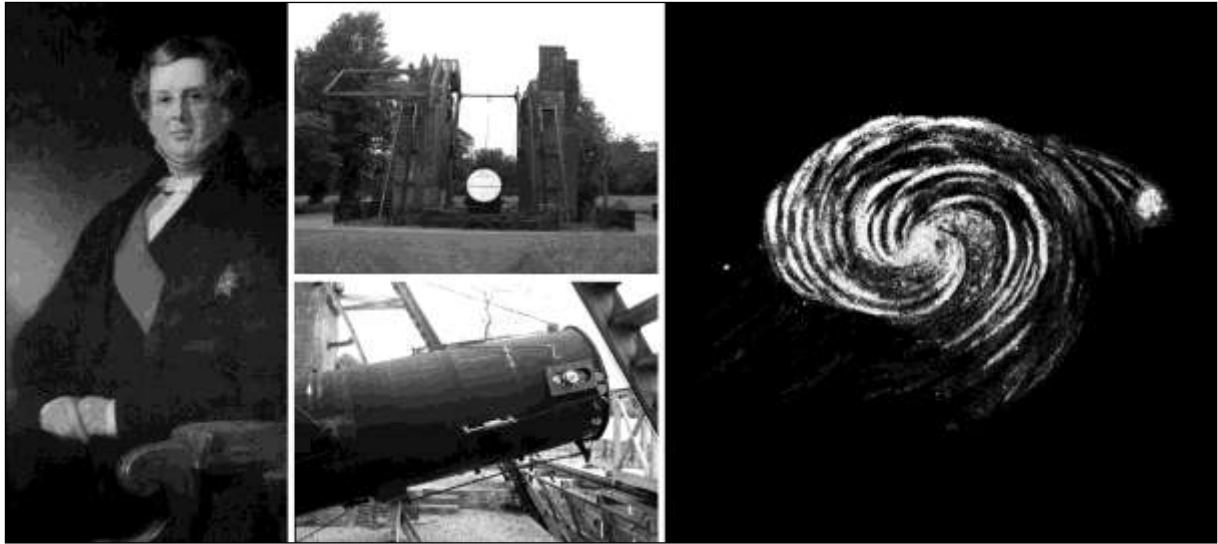


Figura 5- William Parsons (1800-1867), Conde de Rosse e o telescópio de 180 cm ("Leviathan of Parsonstown").
Esquema da estrutura espiral detectada visualmente em 1845 na nebulosa (galáxia) M 51 por W. Parsons.

Bibliografia

- Warner, B. (1977). W.E. Wilson and the Daramona Observatory. *Sky and Telescope* (February issue): 108-110.

EDWARD EMERSON BARNARD (1857-1923): UM DOS MAIORES OBSERVADORES DE TODOS OS TEMPOS

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Edward Emerson Barnard foi um dos maiores astrónomos do século 19. O facto de ter descoberto visualmente o quinto satélite de Júpiter (Amalthea), cerca de duas dezenas de cometas bem como numerosas nebulosas, conferiram-lhe uma merecida fama internacional.

Barnard nasceu em 16 de Dezembro de 1857 em Nashville, Tennessee em plena guerra civil americana. Foi educado com o seu irmão pela mãe em condições muito adversas⁴⁴. Com apenas 9 anos de idade começou a trabalhar no estúdio fotográfico de Van Stavoren. A sua função era a de operar um ampliador que foi denominado "Júpiter". Esta câmara estava montada no telhado do estúdio (Figura 1). Barnard tinha a difícil tarefa de manter a câmara continuamente apontada ao Sol através de comandos manuais. Uma vez que o ampliador Júpiter era construído em madeira, se o seguimento não fosse perfeito, podia arder (tratava-se de uma tarefa extremamente fastidiosa e que requeria uma enorme concentração e persistência, características que Barnard manteve ao longo de toda a sua vida). O espírito vivo de Barnard permitiu-lhe descobrir de um modo independente a equação do tempo. No final da sua vida Barnard viria a descrever o método utilizado:

"On the platform where this instrument stood I made a mark of a shadow one time at the ringing of the noon bell in the Catholic Church nearby. To my surprise this mark served only for a short time to tell when noon came, and I soon found that the coming of the shadow to my mark was a variable quantity; for during the year it was sometimes ahead of the church bell and sometimes behind it. As I could not suspect the church bell of being wrong, I decided there must be something wrong with the Sun. Thus, I had at an early age independently discovered the equation of time"⁴⁵.



Figura 1- E.E. Barnard com 9 anos de idade quando começou a trabalhar no estúdio fotográfico. Ampliador Júpiter e Barnard com cerca de 14 anos junto a um estúdio fotográfico móvel.

Durante o período em que trabalhou no estúdio fotográfico (cerca de 17 anos) o jovem Barnard começou a interessar-se por astronomia. Com apenas 13 anos construiu uma luneta astronómica rudimentar e pouco depois construiu outra luneta usando um tubo de bronze e uma objectiva de 50 mm de abertura comprada a uma firma de Philadelphia. Munida de um simples tripé e uma montagem azimutal robusta, Barnard observou a Lua, Vénus e alguns planetas. Este pequeno telescópio proporcionou-lhe mais prazer do que qualquer outra coisa nos primeiros anos da sua vida.

⁴⁴ Barnard aprendeu a ler em casa e apenas frequentou uma escola primária durante um período de 2 meses.

⁴⁵ Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.

Em 1871, O estúdio fotográfico foi vendido a Rodney Poole. O novo proprietário desmontou o ampliador Júpiter e Barnard pode utilizar a plataforma onde este estava instalado como um observatório astronômico. Cinco anos mais tarde com apenas 19 anos Barnard compra um telescópio refractor com 127 mm de abertura (Figura 2). Este instrumento custou \$380 o que representava cerca de 2/3 do seu ordenado anual⁴⁶. Por esta altura foi promovido a fotógrafo do estúdio tendo-se familiarizado com todos os aspectos relacionados com a realização e impressão de trabalhos fotográficos, bem como com trabalhos de pintura e desenho⁴⁷.

Em 1877 Barnard foi apresentado a Simon Newcomb (1835-1909) (Figura 2) durante uma reunião da Sociedade Americana para o avanço da Ciência que decorreu em Nashville e de que este era Presidente. Na sua autobiografia S. Newcomb relata este primeiro encontro com Barnard:

"I did not for a moment suppose that there was a reasonable probability of the young man doing anything better than amuse himself. At the same time, feeling in a duty to encourage him, I suggested that there was only one thing open to an astronomical observer situated as he was, and that was the discovery of comets. I had never looked for a comet myself, and knew little about the methods of exploring the heavens for one,...But gave him the best directions I could"⁴⁸.

Além destas recomendações Newcomb sugere igualmente que o jovem astrónomo amador se dedique ao estudo da Matemática. Barnard contrata um tutor e começa um extenso programa de busca de cometas, programa que manteve ao longo de toda a sua vida.

Em 1881 Barnard casa com Rhoda Calvert e descobre nesse mesmo ano o seu primeiro cometa próximo de a Pegasi. Este cometa foi observado em duas noites consecutivas mas não pode ser registado oficialmente por não terem sido seguidos os canais apropriados. Em 17 de Setembro do mesmo ano Barnard descobre um novo cometa (1881 IV) que constitui a sua primeira descoberta oficial. Nesta altura H.H. Warner havia instituído um prémio pecuniário de \$200 por cada descoberta de um cometa efectuada por um astrónomo americano. Com esta quantia Barnard inicia o pagamento de uma vivenda que apelidou de "Comet House" (Figura 2).

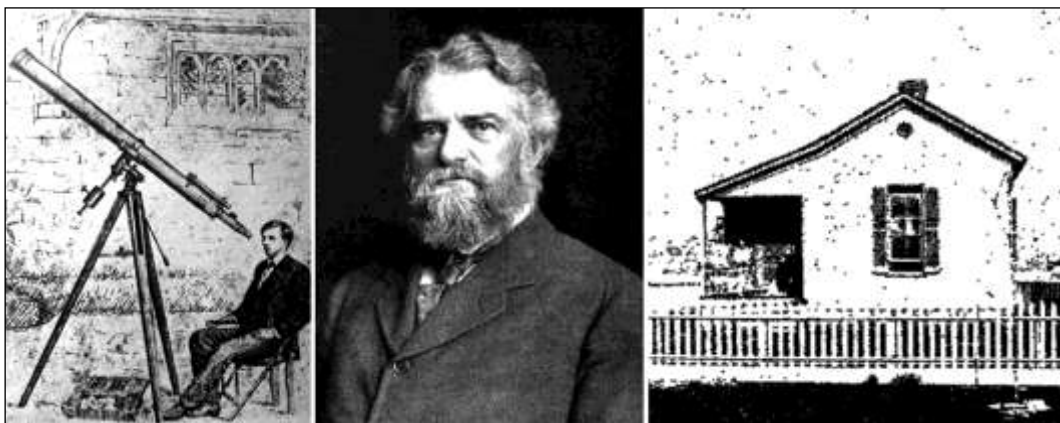


Figura 2- E.E. Barnard e o refractor de 5" (1877), Simon Newcomb e a "Comet House".

Na primavera de 1883 Barnard inicia a sua associação com a Universidade de Vanderbilt (Nashville, Tennessee), que contava apenas 10 anos de existência e que possuía um observatório equipado com um refractor de 150 mm de abertura (Figura 3). Barnard com 26 anos foi contratado como astrónomo assistente e ao mesmo tempo frequenta cursos de matemática, Inglês, Francês e Alemão. Durante os quatro anos que passou nesta Universidade (1883-1887), Barnard descobre 7 novos cometas, uma nova estrela dupla (β Capricorni) e estabelece a existência do Gegenschein⁴⁹.

⁴⁶ Barnard foi o único sustento da sua mãe desde a tenra idade de 12 anos.

⁴⁷ Estas técnicas (desenho e pintura) seriam mais tarde utilizadas por Barnard nos seus trabalhos sobre o sistema solar (sobretudo Lua e Planetas).

⁴⁸ Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

⁴⁹ Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.

Em 1887 Barnard é convidado por E.S. Holden para integrar a equipa de astrónomos do observatório de Lick (Mount Hamilton, California) (Figura 4). Barnard inicia deste modo uma carreira brilhante que culminaria na publicação de mais de 800 artigos científicos referentes a inúmeras observações e descobertas astronómicas.



Figura 3- Observatório Dyer da Univerdidade de Vanderbilt e refractor Cooke de 150 mm de abertura.

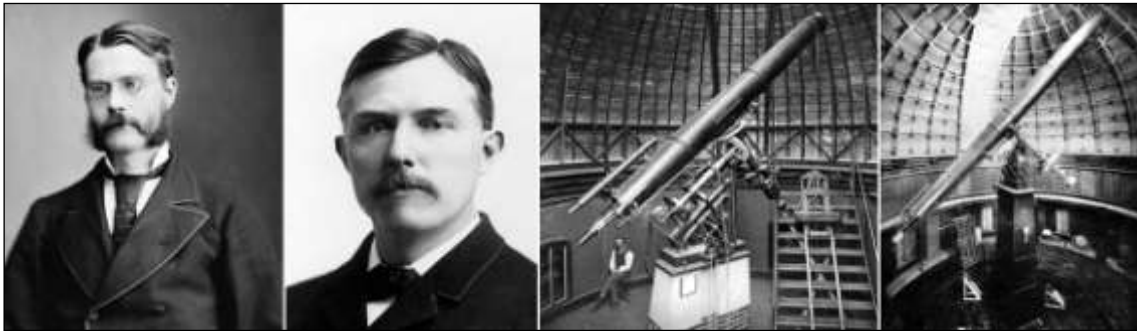


Figura 4- Edward Singleton Holden (1846-1914) primeiro director do observatório de Lick, E.E. Barnard (1893), refractores de 12" e 36" do observatório de Lick.

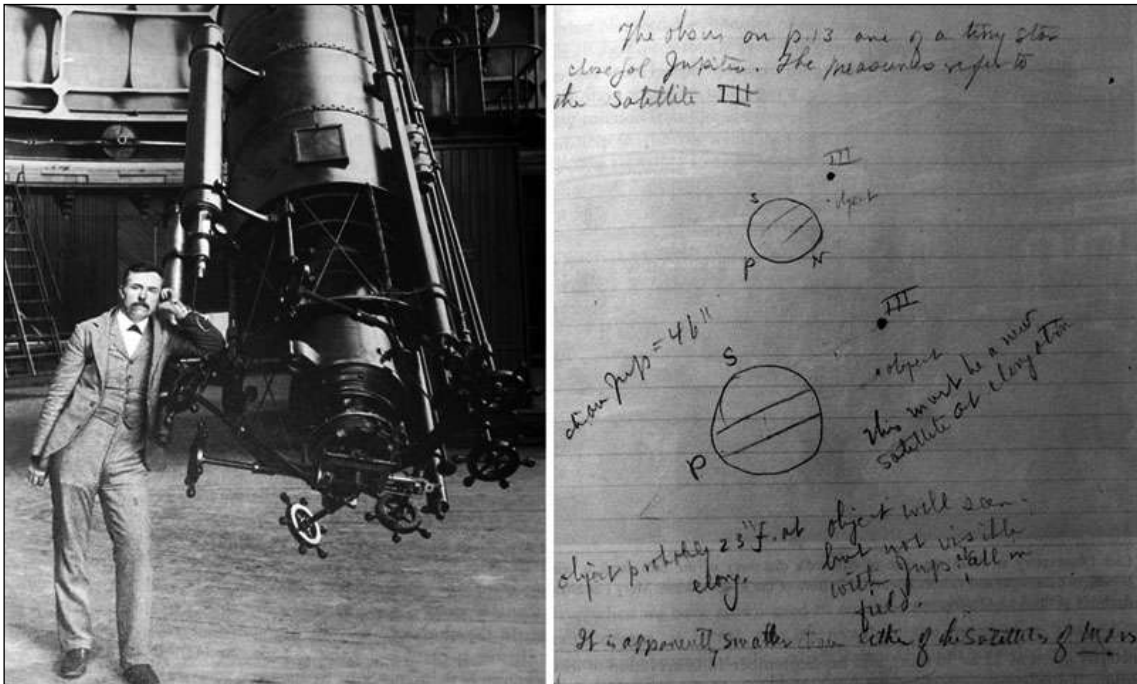


Figura 5- Auto-retrato junto do refractor de 36" obtido pouco tempo após a descoberta do 5º satélite de Júpiter. Livro de registo de Barnard (9 de Setembro de 1892) onde é referida a descoberta de Amalthea.

Durante o período em que esteve associado ao observatório de Lick (1887-1895), Barnard continua a sua busca de cometas. Em 1888 descobre 2 novos cometas e em 1891 mais 5. Em 1892 Barnard havia já descoberto 16 novos cometas. Grande parte destas observações foram efectuadas com o refractor de 12" (Figura 4). Como astrónomo assistente, Barnard não tinha acesso directo ao refractor de 36" (Figura 4). Este instrumento (na altura o maior refractor do mundo) era sobretudo utilizado pelos restantes membros da equipa, E.S. Holden, J.E. Keeler (1857-1900) e S.W. Burnham (1838-1921). O relacionamento com o director do observatório (E.S. Holden) detiora-se de ano para ano culminando na sua demissão em 1897⁵⁰.

Quando finalmente Barnard obtém tempo de observação com o grande refractor de 36", após apenas 2 meses de trabalho, descobre o 5º satélite de Júpiter (Figura 5).

Apesar de todas estas descobertas, a maior contribuição de Barnard foi sem dúvida efectuada no domínio da astrofotografia. Em 28 de Julho 1889 realiza a primeira de uma longa série de astrofotografias de grande campo. Esta primeira imagem da via-láctea em Scutum foi interrompida após 1h30m de exposição devido à interferência das núvens. Em 1 de Agosto de 1889 Barnard obtém uma segunda fotografia com 3h7min na região de Sagittarius (Figura 6). Na noite seguinte obtém mais uma imagem (M 11) mas os resultados não são tão espectaculares. Em 21 de Agosto fotografa M 31 e duas noites mais tarde as Plêiades (M 45).



Figura 6- Uma das primeiras astrofotografias realizadas por Barnard (1 de Agosto de 1889). Telescópio Crocker e lente de Willard 6", 3h e 7 m de tempo total de exposição, Sagittarius.

Barnard descreve minuciosamente o método utilizado para obter estas fotografias de grande campo. A guiagem era efectuada com o auxílio de um refractor de 6,5" de abertura:

"There was no means of illuminating any spider threads. Fine wires were, therefore, inserted between the lenses of a negative eyepiece. These were coarse enough to be just visible, in black relief, on the dark sky. A star in

⁵⁰ Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6. Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and Part 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.

focus would be hidden behind these wires. To render it visible, therefore, the image of the guiding star was thrown slightly out of focus. The intersection of the wires placed over this small luminous disc for guiding, produced four small segments of light. During the exposure the illuminated quadrants were kept perfectly equal – the slightest deviation from equality could be detected. This method permits great accuracy in guiding, even with a small telescope, but requires a brighter star to guide than usual⁵¹.

Após a realização destas primeiras imagens (1889) Barnard nota uma detrioração na lente de Willard e esta é enviada para a oficina de John A. Brashear em Pittsburgh. Após a reparação, a lente é montada numa equatorial fotográfica abrigada por uma cúpula em 1892 recorrendo a uma verba disponibilizada pelo Coronel C.F. Crocker (Figura 7). A cúpula projectada por Barnard, possuía uma abertura generosa para facilitar as longas exposições e uma câmara escura associada, dividida em duas áreas distintas, onde as chapas fotográficas eram montadas e reveladas (Figura 7). As primeiras imagens obtidas com o telescópio de Crocker foram efectuadas em 17 de Junho de 1892. Uma destas astrofotografias na região de ρ Ophiuci, com apenas 45 min de exposição não revelou grandes pormenores na nebulosa associada a esta estrela. Algumas noites mais tarde Barnard obtém uma imagem na região do Sagittarius com 4h30min de exposição que revelava uma quantidade apreciável de nebulosas. Detecta pela primeira fotograficamente nebulosas escuras que denomina de "Black holes".

As astrofotografias realizadas com o auxílio deste instrumento revelaram pela primeira vez estruturas na Via Láctea nunca antes registadas. Barnard refere a propósito das suas astrofotografias realizadas com o auxílio do telescópio Crocker e da lente Willard (Figura 7 e 8):

"In the photographs made with the six-inch portrait lens, besides myriads of stars, there are shown, for the first time, the vast and wonderful cloud forms, with all their remarkable structure of lanes, holes and black gaps and sprays of stars".

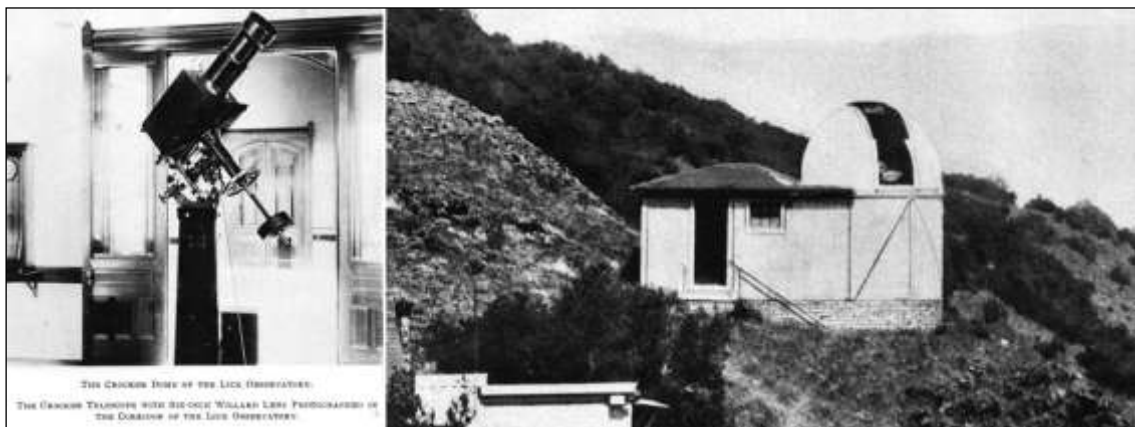


Figura 7- Telescópio Crocker (lente Willard 6") e cúpula (observatório de Lick).

A propósito destas mesmas imagens Edwin Brant Frost (1866-1835) refere:

"Barnard's long exposures with this instrument brought out the wonderful richness of the star clouds and other features of the Milky Way as they had never before been revealed. They thrilled him and his associates with their significance and beauty, and later the entire scientific world shared in this appreciation of them"⁵².

As astrofotografias obtidas entre 1892 e 1895 com o telescópio Crocker são finalmente publicadas em forma de Atlas pelo observatório de Lick em 1913⁵³. Este volume inclui 129 gravuras com imagens de grande campo e de cometas. Barnard nunca se mostrou satisfeito com a impressão das astrofotografias. Quando o atlas foi finalmente publicado Barnard já estava a trabalhar na publicação de um segundo Atlas que constitui a sua obra monumental "Atlas of Selected Regions of the Milky Way".

Em 1895 Barnard integra a equipa do observatório de Yerkes. Este observatório fundado por George E. Hale estava situado próximo de Chicago e do lago Geneva. Barnard passou a ter acesso ao maior refractor do mundo (40") que foi completado em 1897. Apesar das condições de observação serem manifestamente inferiores às do

⁵¹ Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

⁵² Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

⁵³ Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

observatório de Lick (turbulência elevada e reduzido número de noites sem núvens), Barnard continuou com algum sucesso o seu extenso programa de observação de cometas e de obtenção de astrofotografias de grande campo.

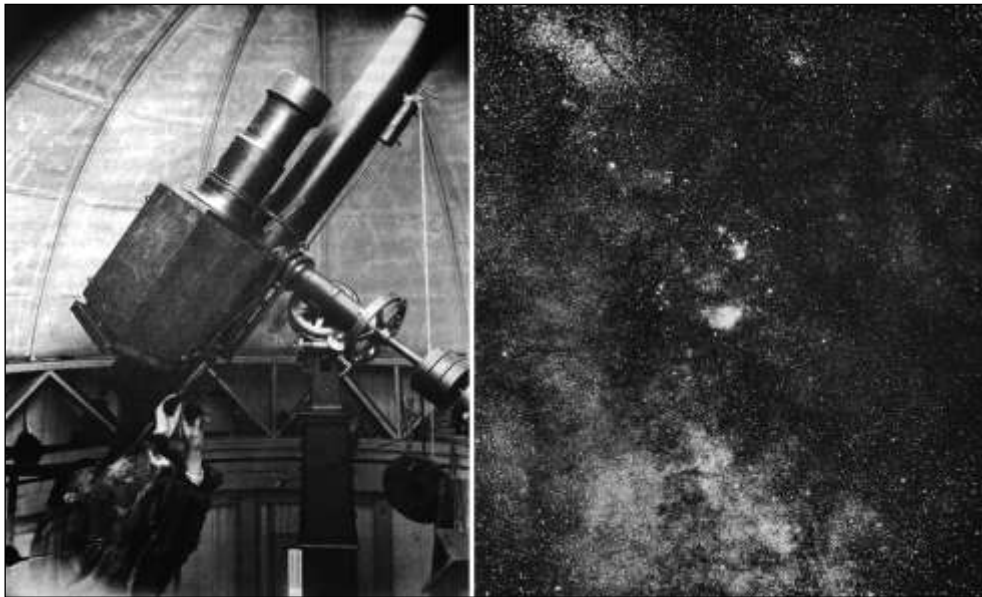


Figura 8- Telescópio Crocker. Região do Sagittarius 3h de exposição: Plate 51 - Barnard, E.E. (1913).
Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.

Em 1897 Catherine Wolfe Bruce providencia fundos para a construção do um telescópio astrofotográfico com características inovadoras. O telescópio de Bruce era composto por duas câmaras distintas: (i) Brashear 250 mm f/5; (ii) Vöigtlander 16mm f/5 e uma luneta guia de 125 mm de abertura. Todos os instrumentos eram suportados pela mesma montagem equatorial concebida por Barnard e que permitia a realização de astrofotografias durante várias horas sem ter que se recorrer à mudança de meridiano ("meridian flip"). Utilizou ainda uma câmara auxiliar (Clark 87 mm f/5.9). O astrógrafo principal (250 mm) utilizava chapas de 30 x 30 cm com uma escala de 13,5 x 13,5 ⁵⁴ (Figura 9).

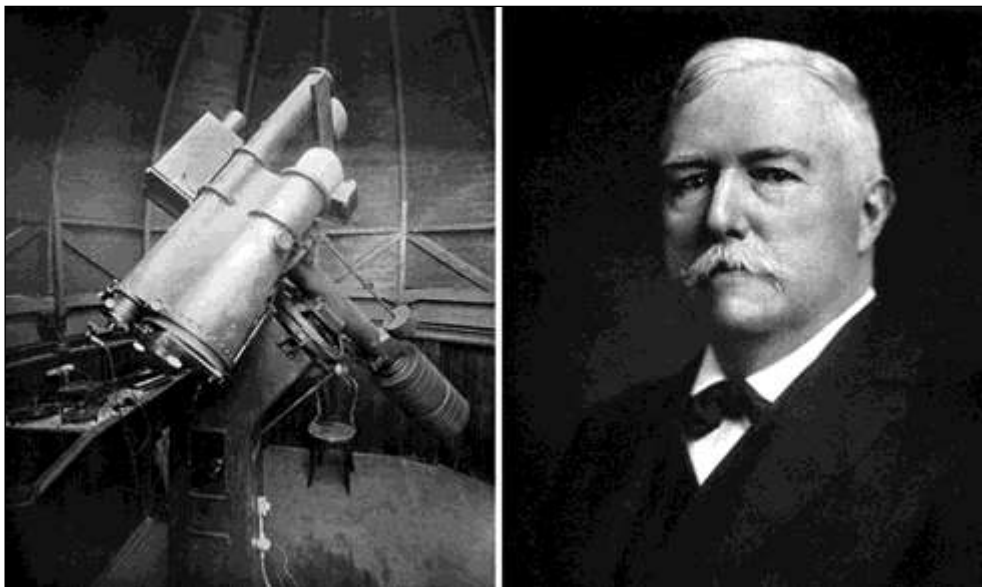


Figura 9- Astrógrafo Bruce e E.E. Barnard (1917).

⁵⁴ Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48

Barnard usou este instrumento durante alguns anos realizando centenas de astrofotografias de grande campo. O "Atlas of Selected Regions of the Milky Way" foi publicado em 1927 (5 anos após a sua morte) e incluía 50 estampas originais. Cerca de 40 astrofotografias foram realizadas no observatório do Mount Wilson durante uma missão que Barnard efectuou em 1905 (Figura 10).

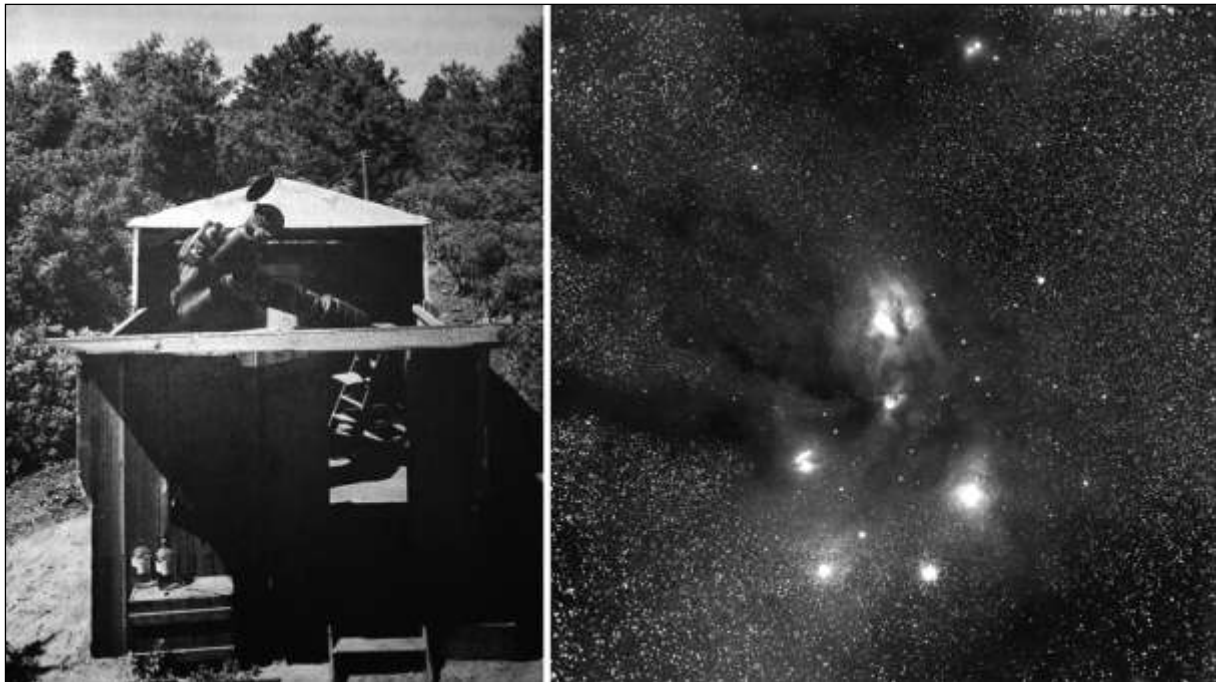


Figura 10- Telescópio Bruce instalado num observatório temporário (Mount Wilson). Região de Rho Ophiuchi, 4h30m de exposição, 5 de Abril de 1905.

As primeiras astrofotografias foram realizadas na noite de 27 de Janeiro de 1905. Durante cerca de 8 meses Barnard obtém centenas de imagens de grande campo. John Couch Adams descreve as condições em que as imagens foram obtidas⁵⁵:

"Barnard's hours of work would have horrified any medical man. Sleep he considered a sheer waste of time, and for long intervals would forget it altogether. After observing until midnight, he would drink a large quantity of coffee, work the remainder of the night, develop his photographs, and then join the solar observers at breakfast. The morning he would spend in washing his plates, which was done by successive changes of water, since running water was not yet available. On rare occasions he would take a nap in the afternoon, but usually he would spend the time around his telescope. He liked to sing, although far from gifted in the art, but reserved his singing for times when he was feeling particularly cheerful. Accordingly, when we at the Monastery heard various doleful sounds coming down the slope from the direction of the Bruce telescope, we knew that everything was going well and that the seeing was good"

A intenção de Barnard foi a de "contribuir para um melhor conhecimento de algumas áreas da Via Láctea". Foram apenas publicados 700 exemplares do Atlas e Barnard inspeccionou pessoalmente cada uma das 35000 gravuras⁵⁶. O Atlas compreende unicamente imagens obtidas em regiões seleccionadas da Via Láctea (Figura 11). Não houve a pretensão de cobrir a totalidade do céu.

As numerosas astrofotografias realizadas por E. Barnard mostraram pela primeira vez vastas regiões da Via Láctea desprovidas de estrelas, as nebulosas escuras (ou nebulosas de absorção). Barnard catalogou 349 nebulosas deste tipo. Cedou compreendeu que estas áreas correspondiam a gigantescas nuvens de gás e poeira que se tornam aparentes por absorverem a luz, destacando-se como manchas escuras contra os fundos estelares ou nebulosos mais claros. Barnard descreve em 1919 como chegou a estas conclusões:

⁵⁵ Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.

⁵⁶ O Atlas of selected regions of the Milky Way pode ser consultado on-line em: http://www.library.gatech.edu/search/digital_collections/barnard/index.html

"I did not at first believe in these dark obscuring masses. The proof was not conclusive. The increase of evidence, however, from my own photographs convinced me later, especially after investigating some of them visually, that many of these markings were not simply due to an actual want of stars, but were really obscuring bodies nearer to us than the distant stars..."⁵⁷

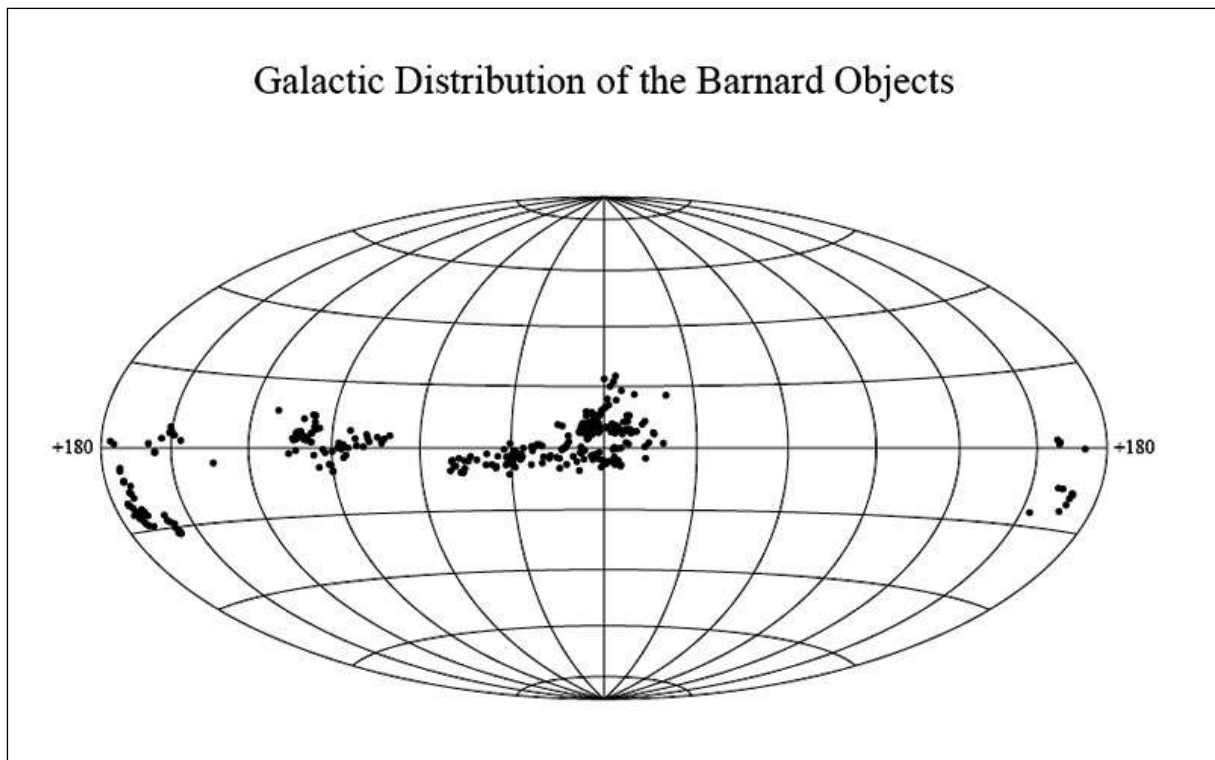


Figura 11- Distribuição das 349 nebulosas obscuras descritas por Barnard.

E.E. Barnard foi um dos últimos grandes observadores visuais e um dos primeiros astrónomos a publicar um atlas fotográfico com imagens de grande campo⁵⁸.

Cronologia das principais descobertas e realizações de E.E. Barnard⁵⁹:

- 1857- Nasce em Nashville (16 de Dezembro de 1857);
- 1866- Torna-se assistente do estúdio de Van Stavoren e trabalha com o ampliador "Júpiter";
- 1876- Lê o seu primeiro livro de astronomia e compra o seu primeiro telescópio;
- 1878- Publica o primeiro artigo científico sobre o trânsito de Mercúrio;
- 1881- Casa com Rhoda Calvert. Recebe o primeiro prémio de \$200 pela descoberta de um cometa. Descobre a primeira nebulosa (NGC 5584). Em 17 de Setembro descobre o seu primeiro cometa. Inicia o pagamento da sua "Comet House" com este prémio;
- 1882- Descobre o segundo cometa a 4 de Setembro. A cidade de Nashville tenta construir um observatório com o seu nome. Barnard recusa;
- 1883- A 1 de Março integra a equipa do observatório da Universidade de Vanderbilt. Descobre uma nebulosa obscura a 17 de Julho durante uma busca de cometas;
- 1884- Descobre mais um cometa (16 de Julho) com um período de 5,4 anos. Descobre a nebulosa NGC 6822.
- 1887- Integra a equipa do observatório de Lick;

⁵⁷ Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

⁵⁸ O primeiro atlas astrofotográfico de todo o céu foi compilado por um astrónomo amador (John Franklin-Adams) que utilizou uma objectiva tripla *Cooke* 250 mm *f*/4.5. As imagens do céu do hemisfério norte foram obtidas em Inglaterra (observatório de Merve Hill) e as do hemisfério sul no observatório Real da Cidade do Cabo durante os anos de 1902 e 1903. Outros atlas astrofotográficos foram igualmente publicados no início do século XX, nomeadamente o "Map of the Sky" em 1903, o "Photographic Map of the Southern Sky South of -19 Degrees" em 1917 e o "Ross-Calvert Atlas of the Milky Way" em 1934 e 1936.

⁵⁹ Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.

- 1888- Descobre mais dois cometas no seu primeiro ano no observatório de Lick;
- 1889- Observa o eclipse total do Sol visível a partir de Lick. Descobre mais dois cometas. Realiza a primeira astrofotografia com a lente de Willard;
- 1891- Descobre mais cinco cometas;
- 1892- O número de cometas descobertos ascende a dezasseis. A 9 de Setembro descobre o 5º satélite de Júpiter;
- 1893- Associa as nebulosas obscuras registadas nas suas fotografias a regiões desprovidas de estrelas;
- 1895- Viaja para o observatório de Yerkes. Obtém um subsídio de \$7000 para a construção de um astrógrafo inovador (telescópio de Bruce);
- 1897- Primeira observação com o refractor de 40" de Yerkes (21 de Maio). Após uma sessão de observação em 28 de Maio o chão móvel do observatório colapsa. As observações só podem ser retomadas em Agosto. O novo telescópio é inaugurado em 21 de Outubro;
- 1898- Tenta medir o paralaxe de M31 sem sucesso;
- 1899/1907- Tenta medir o paralaxe da nebulosa da coruja (M 97) sem sucesso. Tenta registar movimento através de medições com um micrómetro bifilar nos enxames globulares M 3, M 5 e M 13 sem sucesso.
- 1898/1899- Observa uma aurora boreal. Condições de observação muito adversas durante o inverno no observatório de Yerkes;
- 1900- Observa o eclipse total do Sol de 28 de Maio. Observa em 31 de Agosto marcas na superfície de Mercúrio e descreve este planeta como sendo idêntico à Lua;
- 1901- Integra a equipa do Observatório Naval Norte Americano na observação do eclipse total do Sol na ilhas de Sumatra. Não foram registadas quaisquer observações devido às más condições atmosféricas;
- 1904- O telescópio de Bruce é enviado para a Califórnia (Mount Wilson);
- 1905- Chega a São Francisco a 6 de Janeiro. A 27 de Janeiro realiza a primeira astrofotografia com o telescópio de Bruce. Em meados de Setembro regressa ao observatório de Yerkes;
- 1907- Durante a passagem da Terra pelo plano dos anéis de Saturno, afirma correctamente que a Divisão de Cassini não é desprovida de material;
- 1911- Em Novembro, utiliza durante 1 mês o telescópio reflector de 60" do observatório de Monte Wilson;
- 1914- Diagnosticada diabetes. Os médicos impedem-no de utilizar o refractor de 40". Durante este período realiza numerosas fotografias de cometas. Modifica a sua opinião sobre as nebulosas obscuras. Continua a realizar medições com o micrómetro bifilar uma vez que não acreditava que as suas astrofotografias podiam ter interesse astrométrico;
- 1916- Descobre a estrelas de Barnard quando compara imagens recentes com as obtidas em 1894 com a lente de Willard. Esta estrela apresenta um movimento próprio de 10,29" por ano (estudos recentes mostraram que se encontra a apenas 6 anos-luz de distância);
- 1918- Observa o eclipse total do Sol ocorrido a 8 de Junho. As imagens obtidas são de excelente qualidade apesar das condições adversas (nuvens altas). Descoberta independente de uma Nova próximo de Altair;
- 1921- Morre a sua mulher Rhoda;
- 1923- Barnard morre a 6 de Fevereiro.



Figura 12- Visita de Albert Einstein ao observatório de Yerkes. E.E. Barnard oitavo a partir da esquerda (1921).

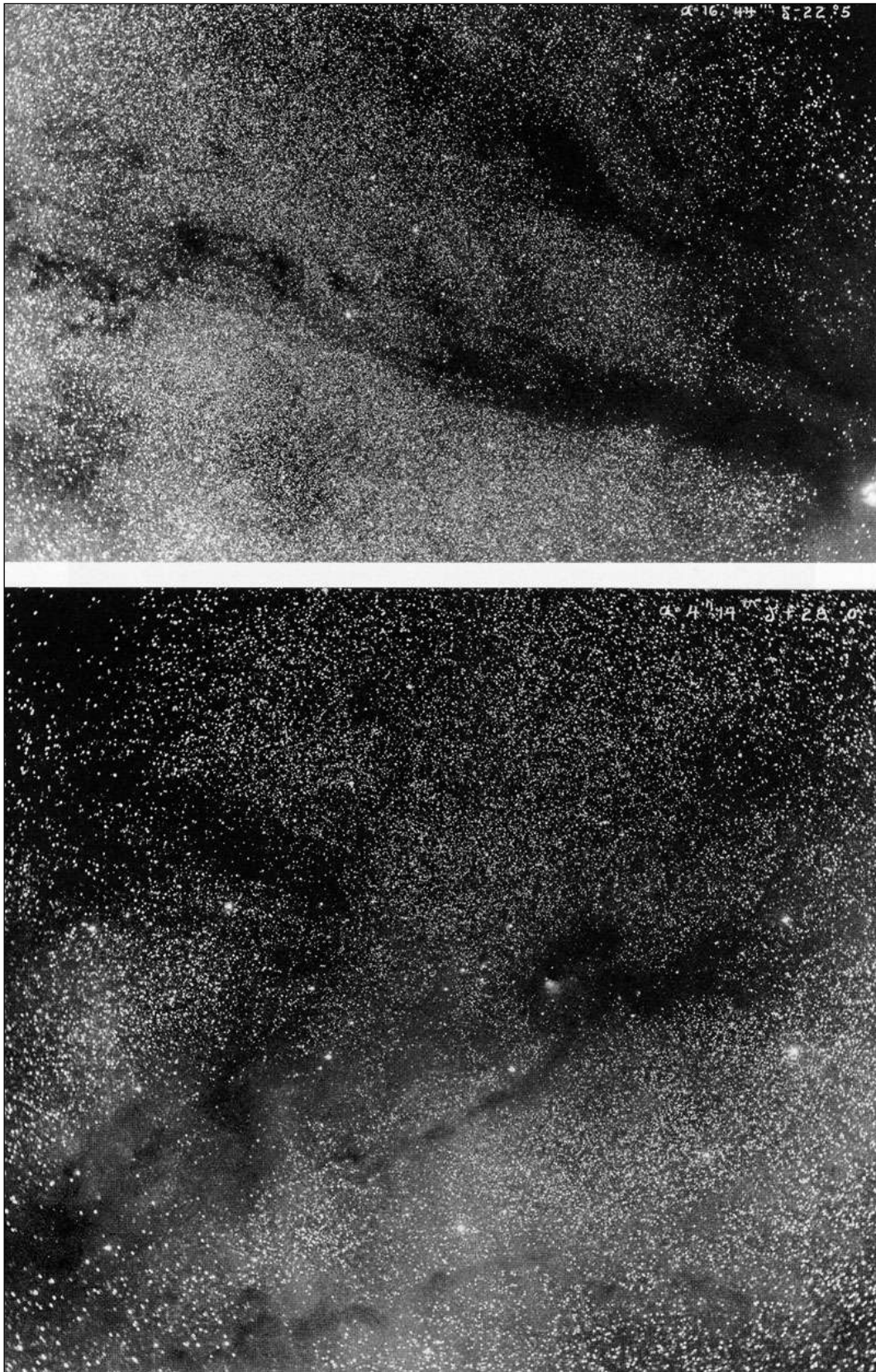


Figura 13- Duas gravuras do "Atlas of Selected Regions of the Milky Way"; em cima A.R. 16 h 44 min Dec. $-22,5^{\circ}$; em baixo A.R. 4 h 14 min Dec. 28° .

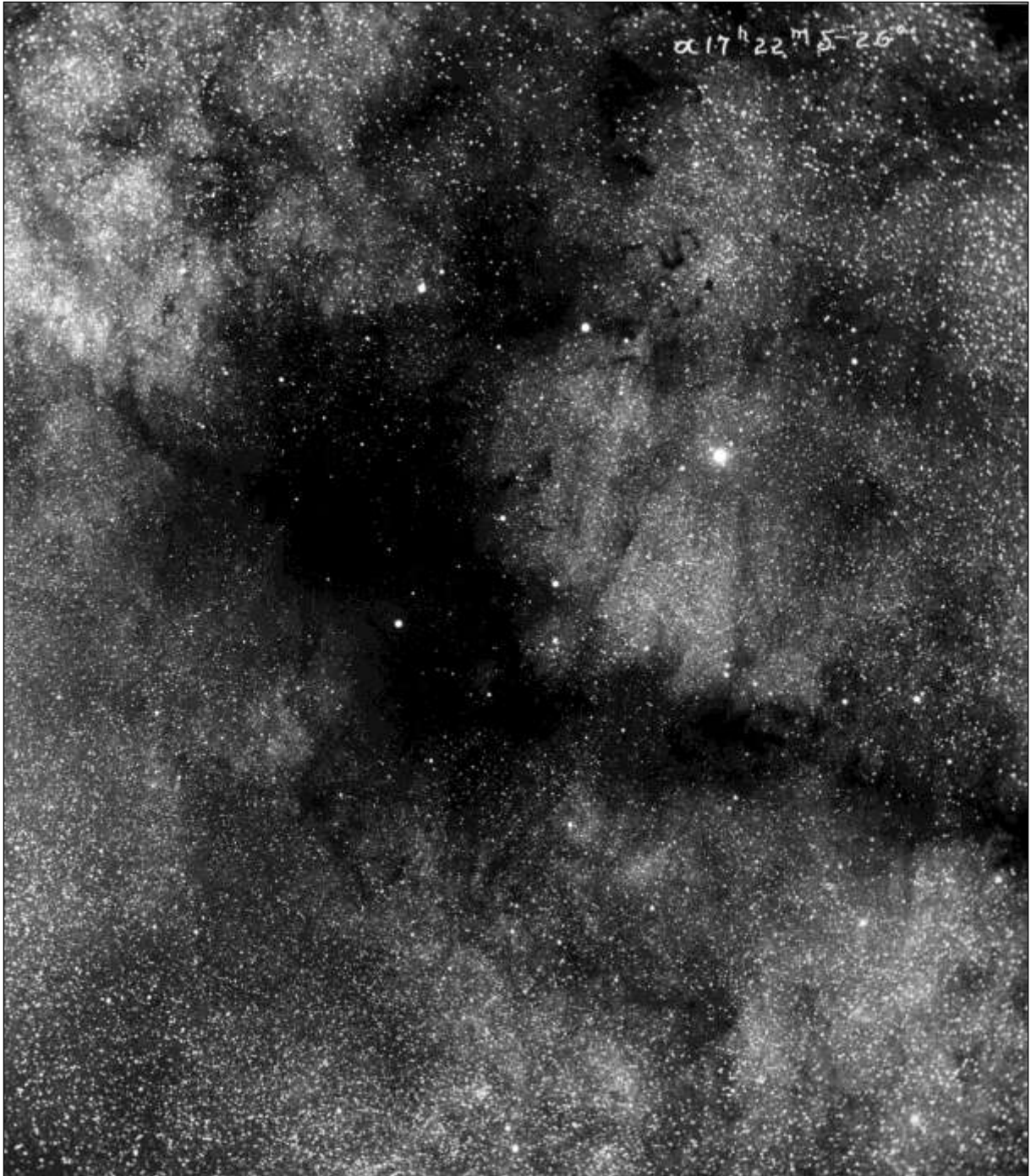


Figura 14- Via Láctea na região de Ophiuchus. Telescópio Bruce, 4h 45min de exposição, 30 de Junho de 1905.

Bibliografia

- Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48
- Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. Publications of Lick Observatory, vol. 11.
- Barnard, E.E. et al. (1927). A Photographic Atlas of Selected Regions of the Milky Way. Carnegie Institution of Washington.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.

- Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.
- Osterbrock, D. E. (1984). *James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.
- Osterbrock, D.E. (1997). *Yerkes observatory (1892-1950). The Birth, Near Death, and Resurrection of a Scientific Research Institution*. The University of Chicago Press.
- Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.
- Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.

EDWARD CHARLES PICKERING (1846-1919) E A NOVA ASTRONOMIA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Edward Charles Pickering (Figura 1) nasceu em Boston no dia 19 de Julho de 1846. Completou os estudos universitários com 19 anos (Lawrence Scientific School, Harvard University) e dois anos depois é nomeado Professor de Física e de Matemática (Massachusetts Institute of Technology). Em 1869, com apenas 23 anos de idade, funda o primeiro laboratório de Física nos Estados Unidos da América. Durante cerca de 10 anos, Pickering publica mais de quarenta trabalhos (alguns em co-autoria com diversos alunos) e um manual pioneiro intitulado "Physical Manipulations". Este manual foi considerado na altura como um marco muito importante no ensino universitário da Física.



Figura 1- Edward Charles Pickering (*ca.* 1918) (esquerda), observatório de Harvard (*ca.* 1900) (centro) e refractor de 15" (direita).

Em 1869 e 1870, Pickering participa em duas expedições organizadas respectivamente pelo "Nautical Almanac" e "U.S. Coast Survey" para a observação de eclipses totais do Sol. Em 1877 assume a direcção do observatório de Harvard (cargo que ocupou ininterruptamente durante 42 anos) (Figura 1). A nomeação de um Físico como director do observatório motivou críticas por parte de alguns astrónomos. Pickering cedo compreendeu que as actividades do observatório deveriam centrar-se na "nova astronomia". Descreve de um modo sucinto as suas prioridades em três princípios e algumas linhas de acção:

"First, that it is primarily an institution for research. While a certain amount of teaching has been done, care has always been taken that it should not interfere with the main work of the institution. A second principle maintained has been the special advancement of the physical side of astronomy. While precise measurements of position have not been neglected, the policy has been rather to undertake such studies if the physical properties of the stars as would not be likely to be made at other observatories, and thirdly, the undertaking of large pieces of routine work, and the employment of numbers of inexpensive assistants whose work is in a great measure mechanical, such as copying and routine computing. This involves repetition of the work many hundreds, or even thousands, of times and renders it necessary that the observers and computers shall continue for years upon work of the same character".

Efectua uma revisão crítica do trabalho desenvolvido por outras Instituições e as suas primeiras prioridades foram centradas no campo da fotometria de estrelas:

"Photometry offers a field almost wholly unexplored with large telescopes".

O observatório de Harvard em 1877 possuía dois instrumentos de elevada qualidade: um refractor de 15" (38 cm) (Figura 1) e um círculo meridiano de 8" (20 cm). Pickering desenvolve um extenso programa de observações fotométricas visuais. Inventa um novo tipo de instrumento ("meridian photometer") que aplica ao refractor de 15". Clark & Sons, constroem sob a sua orientação, diversos fotómetros (Pickering atribui letras do alfabeto a estes fotómetros de acordo com a ordem com que foram construídos).

Mede pela primeira vez a magnitude dos satélites de Marte (descobertos por Asaph Hall em 1877) bem como a magnitude da maioria das estrelas brilhantes visíveis do observatório de Harvard.

Entre os anos de 1879 e 1882, Pickering, auxiliado por Arthur Seale e Oliver C. Wendell, utiliza um fotómetro de 1,6" de abertura (fotómetro "P") e em 1884 publica o seu primeiro estudo ("Harvard Photometry") onde descreve o brilho de 4260 estrelas (até uma magnitude de 6). Entre os anos de 1882 e 1902, recorre à utilização de um fotómetro distinto (4") na realização de mais de um milhão de estimativas fotométricas. Determina a magnitude de 60 000 estrelas (magnitude limite de 9) e mais tarde recorrendo a um fotómetro de 12" estima o brilho de estrelas até uma magnitude de 12. Em 1906 as estimativas de magnitude no observatório de Harvard ascendiam a mais de 1,5 milhões, grande parte efectuadas por Pickering.

Pickering refere-se a este trabalho de rotina do seguinte modo:

"Although the work is the most acute and absolutely monotonous, I find it fascinating, and always watch the next morning for the progress made in the completion of the work".

Algumas determinações fotométricas foram efectuadas várias vezes tendo sido atribuídas magnitudes distintas às mesmas estrelas. Pickering preparou um catálogo com 45 000 estrelas (até a uma magnitude 6,5) que foi publicado em dois volumes nos Anais do Observatório de Harvard ("Revised Harvard Photometry"). Este trabalho trabalho constituiu uma referência essencial até à introdução recente da fotometria fotoeléctrica.

A partir de 1883, Pickering realiza, com o auxílio do seu irmão William Henry Pickering (1858-1938), as primeiras experiências no domínio da fotografia astronómica. Em 1888 faz uma primeira tentativa com o intuito de estimar magnitudes estelares recorrendo a métodos fotográficos. Utilizou uma objectiva acromática (doblete acromático) com 8" (20 cm) de abertura (Vöigtlander) corrigido pela firma Clark & Sons (telescópio Bache). Com o auxílio deste astrógrafo, determina as magnitudes fotográficas de mais de 1000 estrelas na região do Pólo celeste Norte, 420 na região das Pleiades e mais de 1100 estrelas próximo do equador celeste. A maioria destas medições fotométricas foram efectuadas por Williamina Fleming (1857-1911).

Um outro projecto iniciado em 1883 foi o "Photographic Map of the Entire Sky". Pickering pretendia registar fotograficamente as estrelas visíveis do observatório de Harvard (Hemisfério Norte) e na estação de Arequipa (Hemisfério Sul). Numa publicação do observatório (Circular nº 71) de 1903, descreve o trabalho desenvolvido:

"The collection of photographs at the Harvard College Observatory contains, in addition to the plates taken with the larger instruments, numerous photographs taken with two small anastigmatic lenses, each having an aperture of one inch, and a focal length of about thirteen inches. A region of more than thirty degrees square is covered by a single eight by ten inch plate. With exposures of one hour, stars as faint as the twelfth magnitude are, in some cases, obtained. Owing to the scale of the plates, identification of the individual stars would become difficult if, by using longer exposures, the number of stars were increased. One of these lenses is mounted at Cambridge, and it is used principally for the northern stars. The other is similarly used for the southern stars at Arequipa. At each station two sets of photographs have been taken, the first having centers in declinations 0°, 30°, 60°, and 90°, and the second in declinations 15°, 45°, and 75°, the centers of the second set coinciding as nearly as possible with the corners of the first. An attempt has been made to cover all parts of the sky, not too near the Sun, at least twice each month, once each set. These photographs have proved unexpectedly useful here for determining the past as well as the present changes in light of variable stars, new stars, and similar objects".

Este projecto é anterior à iniciativa "Carte du Ciel". Pickering não concordou com a decisão tomada na primeira reunião organizada por Amédée Mouchez (1821-1892) em Paris em que foi adoptado com standard o refractor fotográfico idealizado pelos irmãos Henry (330 mm de abertura $f/10,4$). Em 1903 publica um Atlas que reunia 55 fotografias que cobria todo o céu⁶⁰.

Pickering dedicou-se igualmente à espectroscopia. Entre os anos de 1878 e 1881 efectuou estudos espectroscópicos de nebulosas planetárias, estrelas vermelhas e estrelas com um espectro peculiar.

Consegue obter uma importante doação para financiar o registo fotográfico de espectros estelares. A viúva de Henry Draper (um dos primeiros astrónomos a fotografar espectros estelares) financia o projecto que é designado "Draper Memorial". A primeira publicação deste projecto deu origem ao "Draper catalogue of stellar spectra" que surge em 1890. Este catálogo contém 28 000 espectros obtidos a partir de mais de 10 000 estrelas fotografadas com o telescópio de Bache.

⁶⁰ O projecto "Carte du Ciel" nunca foi terminado com sucesso apesar de se ter desenvolvido ao longo de mais de 60 anos.

No primeiro relatório anual do "Henry Draper Memorial", Pickering descreve os instrumentos e os métodos utilizados:

"Dr. Henry Draper, in 1872, was the first to photograph the lines of a stellar spectrum. His investigations, pursued for many years with great skill and ingenuity, was most unfortunately interrupted in 1882 by his death. The recent advances in dry-plate photography have vastly increased our powers of dealing with this subject. Early in 1886, accordingly, Mrs. Draper made a liberal provision for carrying on this investigation at the Harvard College Observatory, as a memorial to her husband. The results attained are described below, and show that an opportunity is open for a very important and extensive investigation in this branch of astronomical physics (...) The instruments employed are a 8-inch Vöigtlander photographic lens reground by Alvan Clark and Sons, and Dr. Draper 11-inch photographic lens, for which Mrs. Draper has provided a new mounting and observatory. The 15-inch refractor belonging to the Harvard College Observatory has also been employed in various experiments with a slit spectroscope, and is again being used. Mrs. Draper has decided to send to Cambridge a 28-inch reflector and its mounting, and a 15-inch mirror, which is one of the most perfect reflectors constructed by Dr. Draper, and with which his photograph of the Moon has been taken. The first two instruments mentioned above have been kept at work during the first part of every clear night for several months (...) The spectra have been produced by placing in front of the telescope a large prism thus returning to the method originally employed by Fraunhofer in the first study of stellar spectra. Four 15° prisms have been constructed, the three largest having clear apertures of nearly eleven inches, and a fourth being somewhat smaller. The entire weight of these prisms exceeds a hundred pounds, and they fill a brass cubical box a foot in each side. The spectrum of a star formed by this apparatus is extremely narrow when the telescope is driven by clockwork in the usual way. A motion is accordingly given to the telescope slightly differing from that of the earth by means of a secondary clock controlling it electrically. The spectrum is thus spread into a band, having a width proportional to the time of exposure and to the rate of the controlling clock (...)" (Figures 2 e 3).

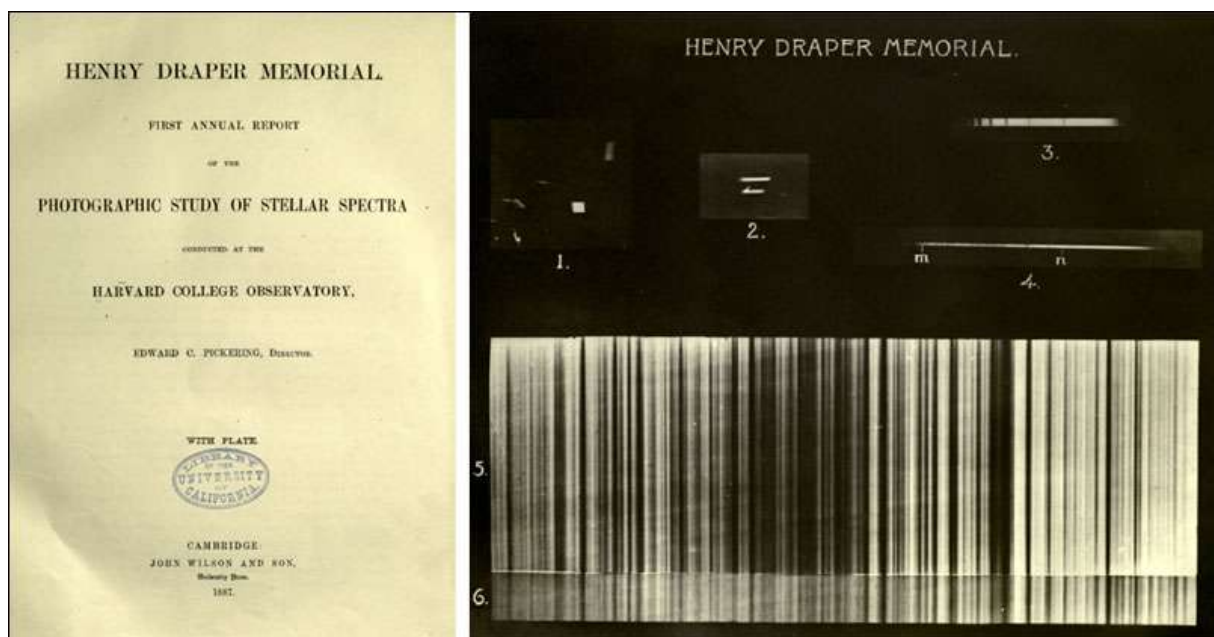


Figura 2- Henry Draper Memorial: Photographic Study of Stellar Spectra; Harvard College Observatory; First Annual Report (1887).

O catálogo completo ("Henry Draper Catalogue - HDC") é publicado mais tarde por Annie Jump Cannon (1863-1941) e Pickering entre os anos de 1918 e 1924. Neste catálogo são descritas as classificações espectrais de 225 300 estrelas. O HDC foi completado pelo "Henry Draper Extention" publicado entre 1925 e 1936 que incluía a classificação espectral de 48 850 estrelas e finalmente pelo "Henry Draper Extention Charts" publicado entre 1937 e 1949 com a classificação de mais 86933 estrelas.

O Henry Draper Catalogue introduz a classificação actual de espectros estelares, baseada no sistema inicialmente proposto por Secchi, subdividida num maior número de classes (agrupadas com as letras A a N): a classificação de Harvard. Annie Jump Cannon é a primeira a usar o sistema actual de classificação (O, B, A, F, G, K, M).



Figura 3- Henry Draper Memorial: Photographic Study of Stellar Spectra; Harvard College Observatory; Second Annual Report (1888).

O estabelecimento de uma estação do observatório de Harvard no hemisfério Sul em Arequipa (Peru) desempenhou um papel fundamental em muitos destes estudos. A realização de numerosas fotografias astronómicas nesta estação, estudadas por Henrietta Leavitt (1868-1921) (Figura 4) resultaram na descoberta e na determinação dos períodos de numerosas estrelas variáveis nas duas núvens de Magalhães. Em 1908, H. Leavitt publica uma lista de 1777 variáveis (Cefeidas) e em 1912 descobre a relação entre o período destas variáveis e a sua magnitude absoluta, tornando deste modo pela primeira vez acessível a determinação da distância de objectos celestes.

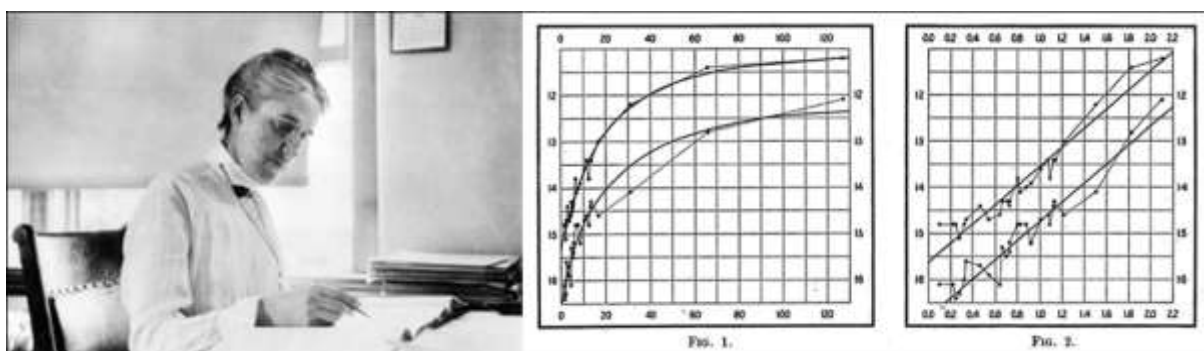


Figura 4- Henrietta Leavitt (1868-1921) (esquerda) e gráficos publicados em 1912 descrevendo a relação entre o período de 25 cefeidas e a sua magnitude absoluta.

Edward Charles Pickering foi um pioneiro da “nova astronomia” e um dos pioneiros da astrofotografia e da espectrografi. Numa publicação intitulada “The Future of Astronomy” (Popular Science Monthly, August 1909) Pickering sintetiza de um modo exemplar os novos desafios da astrofísica no início do século 20.

“It is claimed by astronomers that their science is not only the oldest, but that it is the most highly developed of the sciences. Indeed it should be so, since no other science has ever received such support from royalty, from the state and from the private individual. However this may be, there is no doubt that in recent years astronomers have had granted to them greater opportunities for carrying on large pieces of work than have been entrusted to men in any other department of pure science. One might expect that the practical results of a science like physics would appeal to the man who has made a vast fortune through some of its applications. The telephone, the electric transmission of power, wireless telegraphy and the submarine cable are instances of immense financial returns derived from the most abstruse principles of physics. Yet there are scarcely any physical laboratories devoted to research, or endowed with independent funds for this object, except those supported by the government. The endowment of astronomical observatories devoted to research, and not including that given for teaching, is estimated to amount to half a million dollars annually. Several of the larger observatories have an annual income of fifty thousand dollars (...) The practical value of astronomy in the past is easily established. Without it, international commerce on a large scale would have been impossible. Without the

aid of astronomy, accurate boundaries of large tracts of land could not have been defined and standard time would have been impossible. The work of the early astronomers was eminently practical, and appealed at once to everyone. This work has now been finished. We can compute the positions of the stars for years, almost for centuries, with all the accuracy needed for navigation, for determining time or for approximate boundaries of countries. The investigations now in progress at the greatest observatories have little, if any, value in dollars and cents. They appeal, however, to the far higher sense, the desire of the intellectual human being to determine the laws of nature, the construction of the material universe, and the properties of the heavenly bodies of which those known to exist far outnumber those that can be seen. Three great advances have been made in astronomy. First, the invention of the telescope, with which we commonly associate the name of Galileo, from the wonderful results he obtained with it. At that time there was practically no science in America, and for more than two centuries we failed to add materially to this invention. Half a century ago the genius of the members of one family, Alvan Clark and his two sons, placed America in the front rank not only in the construction, but in the possession, of the largest and most perfect telescopes ever made. It is not easy to secure the world's record in any subject. The Clarks constructed successively, the 18-inch lens for Chicago, the 26-inch for Washington, the 30-inch for Pulkowa, the 36-inch for Lick and the 40-inch for Yerkes. Each in turn was the largest yet made, and each time the Clarks were called upon to surpass the world's record, which they themselves had already established. Have we at length reached the limit in size? If we include reflectors, no, since we have mirrors of 60 inches aperture at Mt. Wilson and Cambridge, and a still larger one of 100 inches has been undertaken. It is more than doubtful, however, whether a further increase in size is a great advantage. Much more depends on other conditions, especially those of climate, the kind of work to be done and, more than all, the man behind the gun. The case is not unlike that of a battleship. Would a ship a thousand feet long always sink one of five hundred feet? It seems as if we had nearly reached the limit of size of telescopes, and as if we must hope for the next improvement in some other direction. The second great advance in astronomy originated in America, and was in an entirely different direction, the application of photography to the study of the stars. The first photographic image of a star was obtained in 1850, by George P. Bond, with the assistance of Mr. J.A. Whipple, at the Harvard College Observatory. A daguerreotype plate was placed at the focus of the 15-inch equatorial, at that time one of the two largest refracting telescopes in the world. An image of α Lyræ was thus obtained, and for this Mr. Bond received a gold medal at the first international exhibition, that at the Crystal Palace, in London, in 1851. In 1857, Mr. Bond, then Professor Bond, director of the Harvard Observatory, again took up the matter with collodion wet plates, and in three masterly papers showed the advantages of photography in many ways. The lack of sensitiveness of the wet plate was perhaps the only reason why its use progressed but slowly. Quarter of a century later, with the introduction of the dry plate and the gelatine film, a new start was made. These photographic plates were very sensitive, were easily handled, and indefinitely long exposures could be made with them. As a result, photography has superseded visual observations, in many departments of astronomy, and is now carrying them far beyond the limits that would have been deemed possible a few years ago. The third great advance in astronomy is in photographing the spectra of the stars. The first photograph showing the lines in a stellar spectrum was obtained by Dr. Henry Draper, of New York, in 1872. Sir William Huggins in 1863 had obtained an image of the spectrum of Sirius, on a photographic plate, but no lines were visible in it. In 1876 he again took up the subject, and, by an early publication, preceded Dr. Draper. When we consider the attention the photography of stellar spectra is receiving at the present time, in nearly all the great observatories in the world, it may well be regarded as the third great advance in astronomy".

Bibliografia

- Leavitt, H.S. (1908). 1777 variables in the Magellan Clouds. *Annals of Harvard College Observatory*, vol. 60: 87-108.
- Leavitt, H.S., E.C. Pickering (1912). Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellan Cloud. *Harvard College Observatory Circular*, vol. 173: 1-3
- Plotkin, H. (1990). Edward Charles Pickering. *Journal for the History of Astronomy*, 21 (1): 47-58.
- Tenn, J.S. (1990). Edward C. Pickering: The seventh Bruce medalist. *Mercury* (November/December): 26-30.

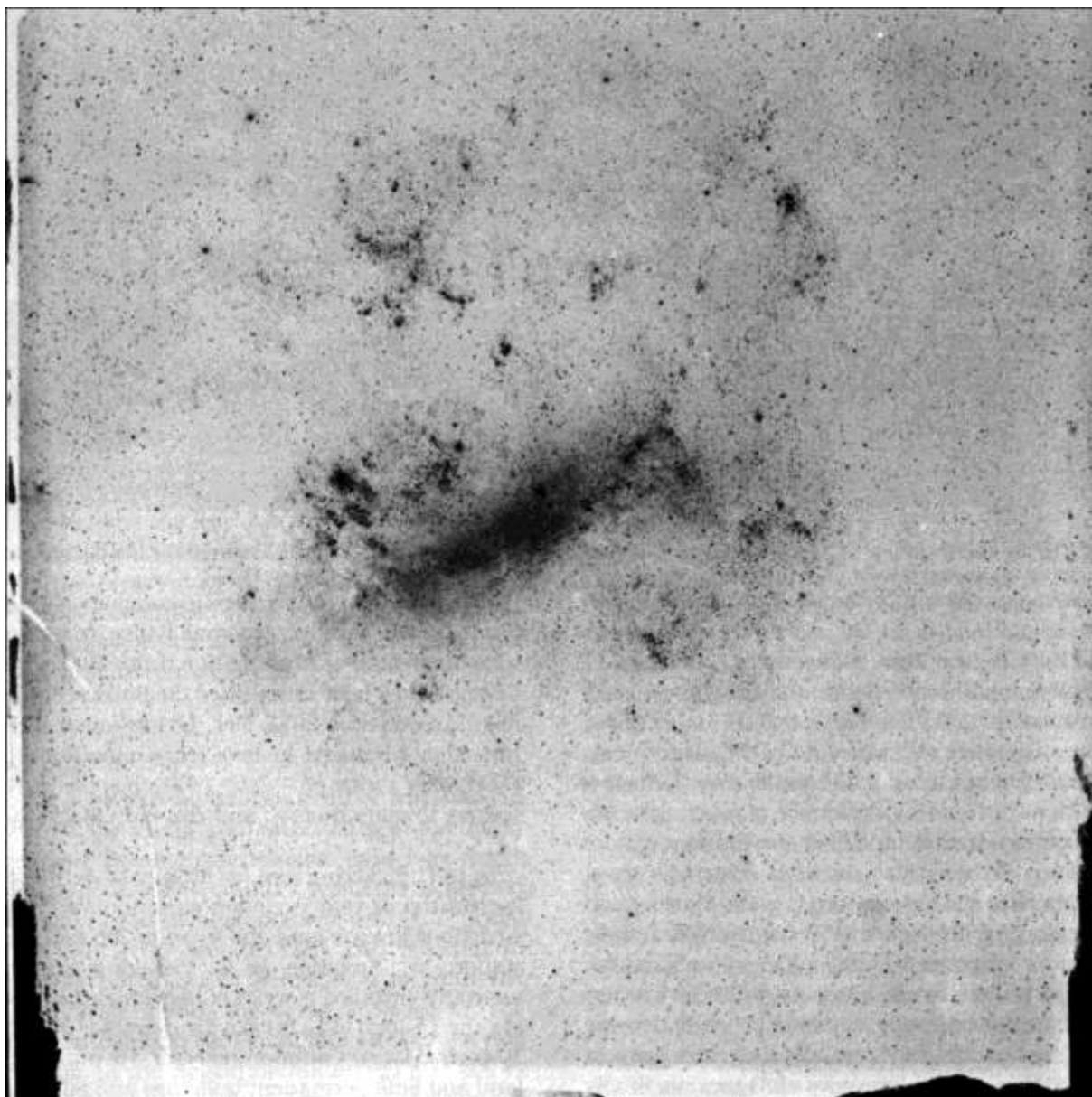


Figura 5- Fotografia da Grande Nuvem de Magalhães obtida em Novembro de 1897 com o auxílio do telescópio de Bache na estação de Arequipa do observatório de Harvard. Tempo de exposição: aproximadamente 7 horas.

JAMES E. KEELER (1857-1900), PIONEIRO DA ASTROFÍSICA E DA ASTROFOTOGRAFIA

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

James Edward Keeler nasceu há 150 anos (10 de Setembro de 1857) em La Salle (Illinois). A sua família mudou-se para a Florida (Mayport) em 1869 e Keeler foi educado num colégio privado até ser admitido na Universidade. O seu interesse pela astronomia revelou-se bem cedo.

Entre 1875 e 1877 fundou o observatório astronómico de Mayport que incluía entre outros instrumentos: (i) um quadrante com o qual determinou a altura da estrela polar; (ii) um telescópio refractor de 5 cm de abertura que utilizou para efectuar os primeiros desenhos de superfícies planetárias e nebulosas em 1875; (iii) um relógio de precisão; (iv) um círculo meridano que ele próprio construiu e montou em 1877. Estas primeiras observações realizadas no observatório de Mayport revelem por si só uma enorme apetência para o registo preciso de acontecimentos astronómicos bem como uma qualidade invulgar como desenhador de superfícies planetárias (qualidade pela qual viria a ser conhecido mais tarde).

Keeler ingressa na Universidade John Hopkins com 20 anos em 1877 onde completou cursos de Física e Alemão. Terminou os seus estudos em 1881. Durante este período universitário Keeler desenvolveu um interesse particular pelas ciências experimentais. Foi monitor de alguns trabalhos práticos e chegou mesmo a realizar sessões para estudantes mais jovens sobre temas de física e electricidade.

No final do primeiro ano passado na Universidade, Keeler participa numa expedição para observar o eclipse total do Sol de 29 de Julho de 1878 em Central City, Colorado. Nesta expedição integrou a equipa do observatório Naval americano liderada por Edward S. Holden. A sua função foi a de desenhar a coroa solar. O relatório que efectuou revela bem o cuidado colocado na preparação, métodos utilizados e registo preciso de acontecimentos astronómicos.

Em 1881, o Professor Samuel Pierpont Langley (1834-1906) solicitou à Universidade de John Hopkins que lhe fosse recomendado um candidato ao lugar de assistente de observação para o observatório de Allegheny (Figura 1). O nome de Keeler surgiu naturalmente e este começou a trabalhar no observatório algumas semanas antes de receber o seu diploma universitário.



Figura 1- Samuel Pierpont Langley (1834-1906), Observatório de Allegheny e refrator Fitz-Clark de 13" F/14 (1861).

Em 1881 Keeler acompanha Langley numa expedição que tinha por objectivo a determinação da constante solar. Os resultados obtidos durante esta expedição (Mount Whitney) ocuparam Keeler durante quase dois anos. Em 1883/1884 Keeler realiza uma viagem de estudo à Europa tendo frequentado diversos cursos especializados sobre temas de Física na Alemanha em Heidelberg e Berlin. Entre os anos de 1884 e 1886 Keeler foi de novo assistente no observatório de Allegheny tendo auxiliado Langley nas suas investigações sobre o espectro solar (região do infra-vermelho) e física lunar.

Em 1886 Keeler integra a equipa do observatório de Lick (Mount Hamilton) e começa por se ocupar do serviço da hora. O sistema de telégrafo para transmissão do sinal horário foi por ele aperfeiçoado bem como os

instrumentos de trânsito e pêndulas usados com esta finalidade. Este importante trabalho foi efectuado por Keeler até Junho de 1891.

Quando o observatório de Lick foi finalmente terminado, E. Keeler foi nomeado astrónomo e encarregue de liderar os trabalhos de índole espectroscópica. O espectroscópio por ele concebido foi o mais sofisticado da época. Utilizou-o com enorme sucesso para determinar a ausência de absorpção telúrica no espectro de Saturno, na observação do espectro de Úrano bem como numa longa série de observações dos espectros de algumas estrelas brilhantes (e.g. γ Cassiopeia e β Lyrae). Determinou igualmente com elevado rigor a aberração cromática da objectiva do refractor de 36" do observatório de Lick⁶¹ e realizou inúmeras observações do espectro da nebulosa de Orion (M 42) e de 13 nebulosas planetárias que constituem um marco muito importante na espectroscopia visual realizada na época (Figura 2).

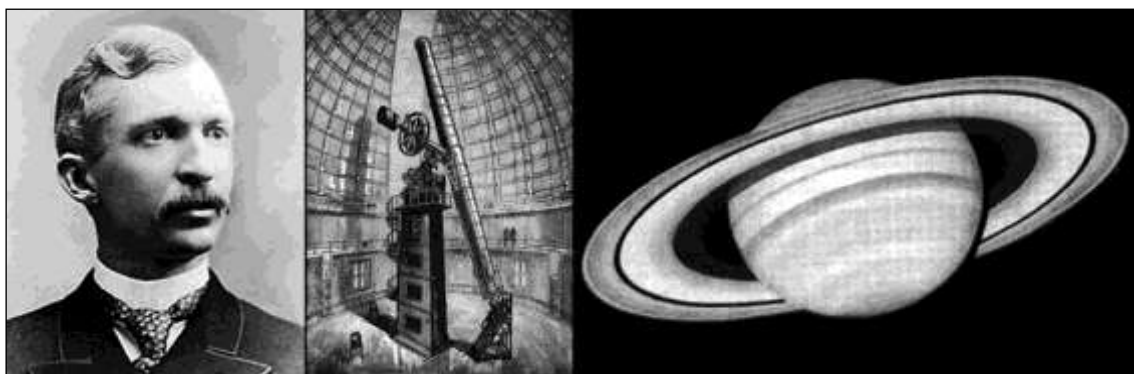


Figura 2- James Edward Keeler, refractor de 36" do observatório de Lick e desenho de Saturno efectuado por Keeler na primeira noite de observação com este instrumento (7 de Janeiro de 1888).

Estes resultados são publicados no terceiro volume das Publicações do observatório de Lick⁶². Keeler utilizou nestas observações uma rede de difracção com 14438 linhas por polegada e o refractor de 36" do observatório de Lick. Mediu com grande precisão a posição das riscas de emissão de algumas nebulosas planetárias a partir de observações visuais dos espectros de 3ª e 4ª ordem. Algumas discrepâncias encontradas foram atribuídas a diferenças da velocidade relativa das nebulosas relativamente ao sistema solar (Figura 3).

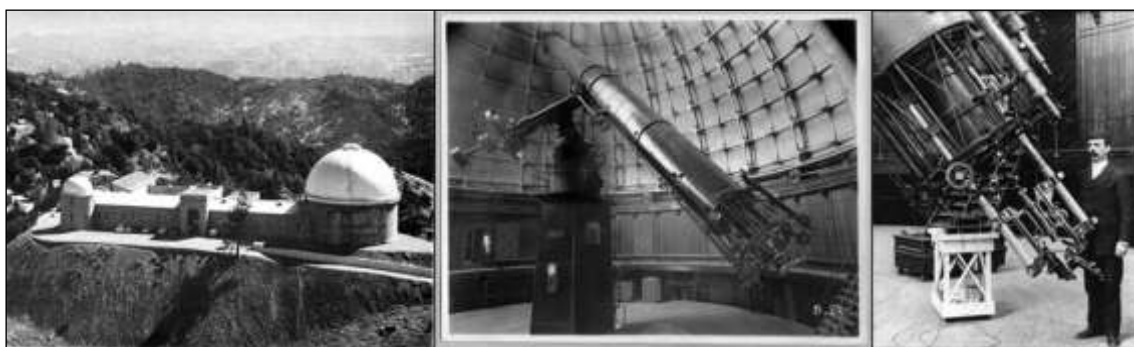


Figura 3- Observatório de Lick (Mount Hamilton), Refractor de 36" (1887) e espectroscópio.

Keeler efectuou numerosos desenhos de Júpiter e Saturno que constituem ainda hoje uma referência incontornável. Nestes desenhos é pela primeira vez assinalada a "Keeler gap"⁶³ com apenas 42 km, situada no anel A do planeta e localizada a apenas 250 km do exterior deste (Figura 2).

Em Junho de 1891 Keeler assume o cargo de director do observatório de Allegheny sucedendo a Samuel Langley. Neste período assume igualmente funções de Professor de Astrofísica na Universidade da Pennsylvania. Continua as suas observações espectroscópicas apesar dos instrumentos usados não serem comparáveis aos que utilizava

⁶¹ Keeler, J.E. (1890). On the Chromatic Aberration of the 36-inch Refractor of the Lick Observatory. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 2, No. 9: 160-165.

⁶² Keeler, J.E. (1894). Spectroscopic observations of Nebulae, made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch Telescope of the Lick Observatory. *Publications of the Lick Observatory*, 3: 161-231.

⁶³ Actualmente conhecida como a divisão de Encke.

no observatório de Lick. As observações foram confinadas às regiões amarela e verde do espectro electromagnético devido sobretudo à fraca transparência do local de observação e aos instrumentos usados. Construiu um espectroscópio que seria utilizado com o telescópio refractor do observatório (13") e que podia ser convertido facilmente recorrendo ao uso de um ou três prismas e em alternativa de uma rede de difracção. Com este instrumento realiza uma extensa investigação espectroscópica sobre a nebulosa de Orion e de algumas estrelas associadas à nebulosa. Cedo chegou à conclusão de que praticamente todas as linhas brilhantes observadas no espectro de uma nebulosa têm linhas de absorpção (escuras) correspondentes, revelando uma ligação estreita entre estas estrelas e as nebulosas associadas.

As observações de Keeler sobre o espectro de Saturno foram de extrema importância. Considerando os meios disponíveis na época, constituem um marco da espectroscopia e da astrofísica. As investigações clássicas de Clerk Maxwell sobre a composição dos anéis indiciavam que estes eram compostos por pequenos corpos que orbitavam o planeta. As observações espectroscópicas de Keeler confirmaram esta hipótese⁶⁴. Estas observações foram efectuadas com o refractor de 13" num local pouco indicado para a realização deste tipo de registos (Figura 4).

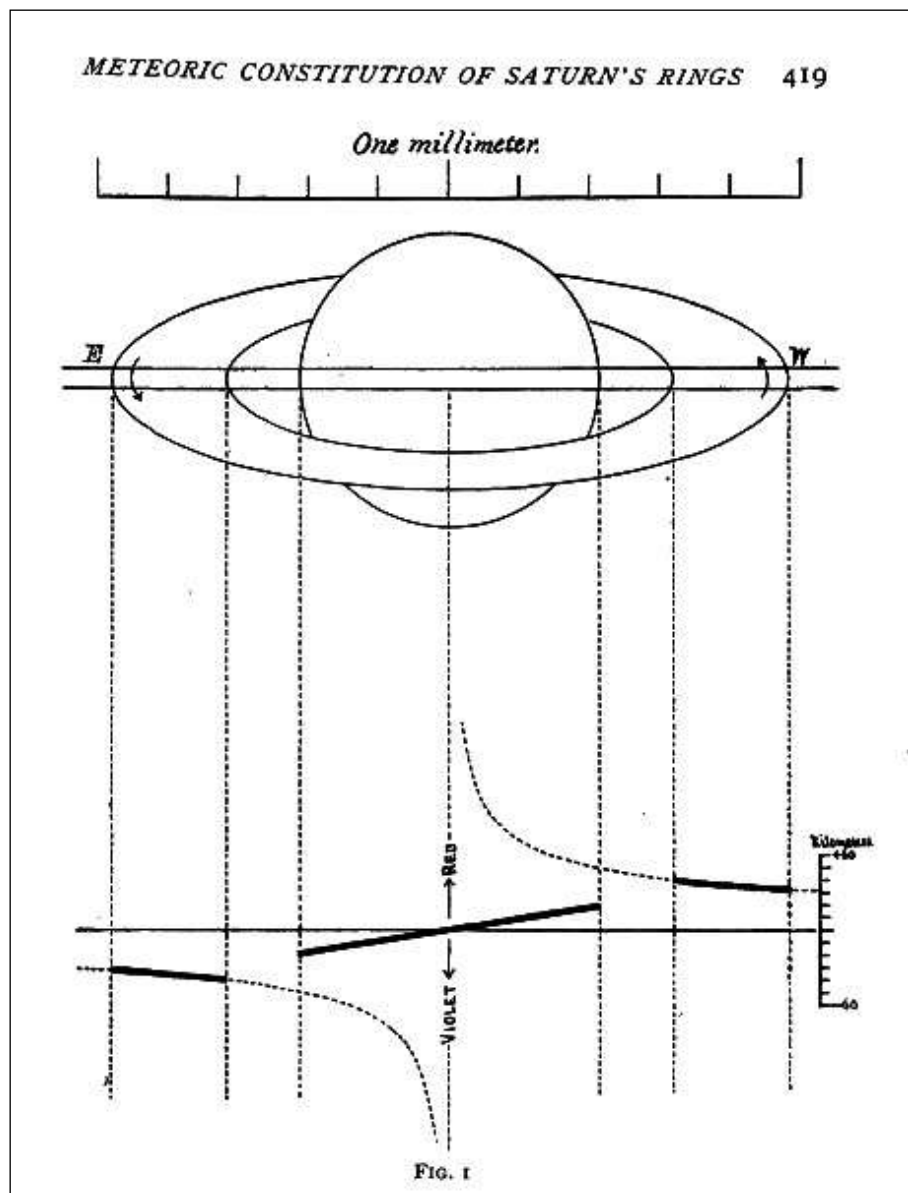


Figura 4- Observações originais sobre a constituição dos anéis de Saturno (Keeler, 1895).

⁶⁴ Keeler, E.J. (1895). A Spectroscopic Proof of the Meteoric Constitution of Saturn's Rings. *Astrophysical Journal*, vol. 1: 416-428.

Em 1898 Keeler é nomeado director do observatório de Lick iniciando as suas funções em 1 de Junho. Durante o curto período que medeia entre 1898 e o seu desaparecimento precoce em 1900, Keeler dedica-se fundamentalmente à realização de observações astrofotográficas com o reflector de Crossley. Este telescópio reflector de 36" (915 mm) f/5,7, foi construído pelo astrónomo amador inglês Andrew Ainslie Common (1841-1903)⁶⁵ em 1876. O espelho de vidro coberto por prata foi construído G. Calver⁶⁶.

A montagem equatorial deste telescópio reflector apresentava algumas características inovadoras. O tubo era aberto e suportado por um garfo robusto. O eixo polar encontrava-se mergulhado num banho de mercúrio com a intenção de reduzir a fricção, um método inovador que foi mais tarde aplicado nos telescópios de 60" e 100" do observatório de "Mount Wilson". Inicialmente o telescópio foi instalado num observatório com um tecto de correr contendo uma plataforma exterior que dava acesso ao foco newton. Em 1885 Common vendeu o reflector a outro astrónomo amador inglês, Edward Crossley (1841-1905) que o instalou em Yorkshire (Inglaterra). Crossley construiu uma cúpula em ferro galvanizado com cerca de 12 m de diâmetro para abrigar o reflector. A cúpula tinha um peso total de 15 toneladas e era accionada por um motor a vapor de água (uma revolução completa da cúpula era efectuada em cerca de 5 min) (Figura 5).

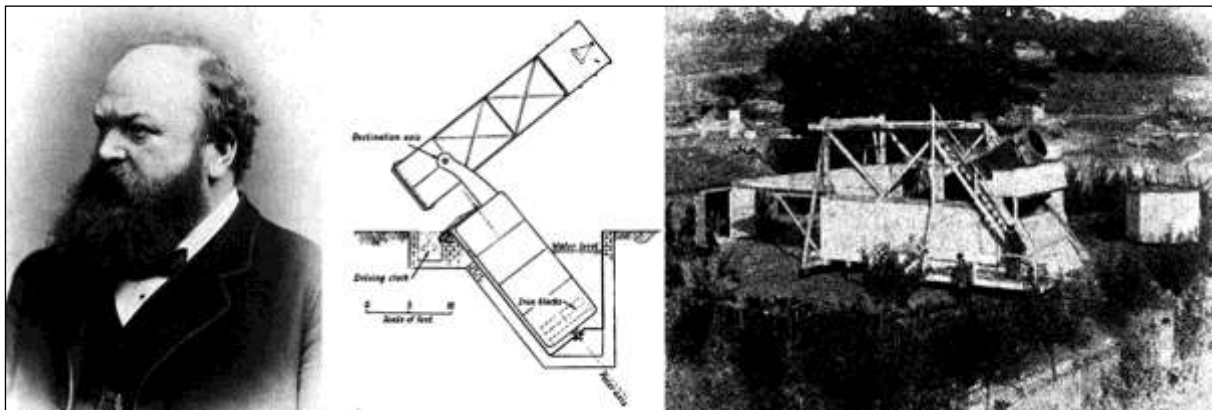


Figura 5- Andrew Ainslie Common (1841-1903), reflector Calver 36" f/5.7, observatório de tecto de correr, Ealing, Inglaterra.

Em 1893 Crossley decide vender o reflector e a cúpula devido sobretudo às más condições atmosféricas que impediam a realização regular de observações astronómicas. Em 1895 o telescópio é enviado para o observatório de Lick tendo sido instalado em 1896 (Figura 6).

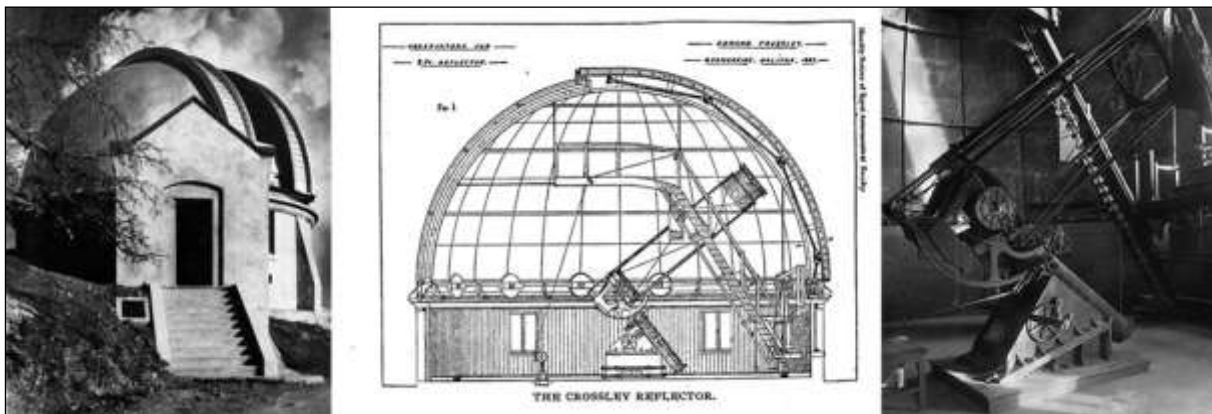


Figura 6- O reflector de Crossley, observatório de Lick (ca. 1900).

⁶⁵ A.A. Common recebeu a medalha de ouro da Royal Astronomical Society por ter realizado com sucesso as primeiras astrofotografias de longa pose da nebulosa M 42 em 1883 (37 min de tempo de exposição).

⁶⁶ Osterbrock, D. E. (1984). James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics. Cambridge, England: Cambridge University Press. Osterbrock, D.E. (1988). Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century. Berkeley, California: University of California Press.

Uma vez instalada a cúpula e o reflector, cedo se verificou que a montagem não era adequada à realização de astrofotografias de longa pose. Keeler efectuou numerosas modificações no telescópio durante um período de 5 meses até conseguir registar algumas imagens de grande qualidade. Foi deste modo possível obter um elevado número de astrofotografias de objectos do céu profundo num período de apenas 2 anos. Keeler inicia um extenso programa com o principal objectivo de registar fotograficamente os objectos mais brilhantes (nebulosas) do catálogo de Herschel. Mais de metade destes objectos foram registados satisfatoriamente. Foi deste modo possível verificar pela primeira vez que a maioria das nebulosas apresentava uma estrutura espiral e não irregular como se pensava na época⁶⁷.

Keeler descreve minuciosamente o reflector de Crossley bem como as alterações por ele efectuadas numa publicação que efectuou pouco antes da sua morte⁶⁸. É extremamente interessante e instrutivo ler esta publicação. O sistema de guiagem no foco newton era inovador. As correcções efectuadas em Declinação e Ascensão Recta eram efectuadas movimentando a chapa fotográfica e não o instrumento. As mudanças de foco durante as longas exposições eram também efectuadas durante a guiagem das astrofotografias de longa pose (Figura 7). Em 1908 foi publicada uma obra monumental que reúne as principais astrofotografias obtidas com o auxílio deste instrumento⁶⁹ (Figura 8 e 9).



Figura 7- Sistema de guiagem no foco newton do reflector de Crossley. Observatório de Lick (ca. 1900).



Figura 8- M 42. Reflector Crossley 36" f/5,7, 40 min de exposição, 16 de Novembro de 1898.

⁶⁷ Keeler, J.E. (1900). On the Predominance of Spiral Forms among the Nebulae. *Astronomische Nachrichten*, volume 1: 1-4.

⁶⁸ Keeler, J.E. (1900). The Crossley Reflector of the Lick Observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 11: 325-353.

⁶⁹ Keeler, J.E. (1908). Photographs of nebulae and clusters made with the Crossley reflector. *Publications of Lick Observatory*, Vol. 8.

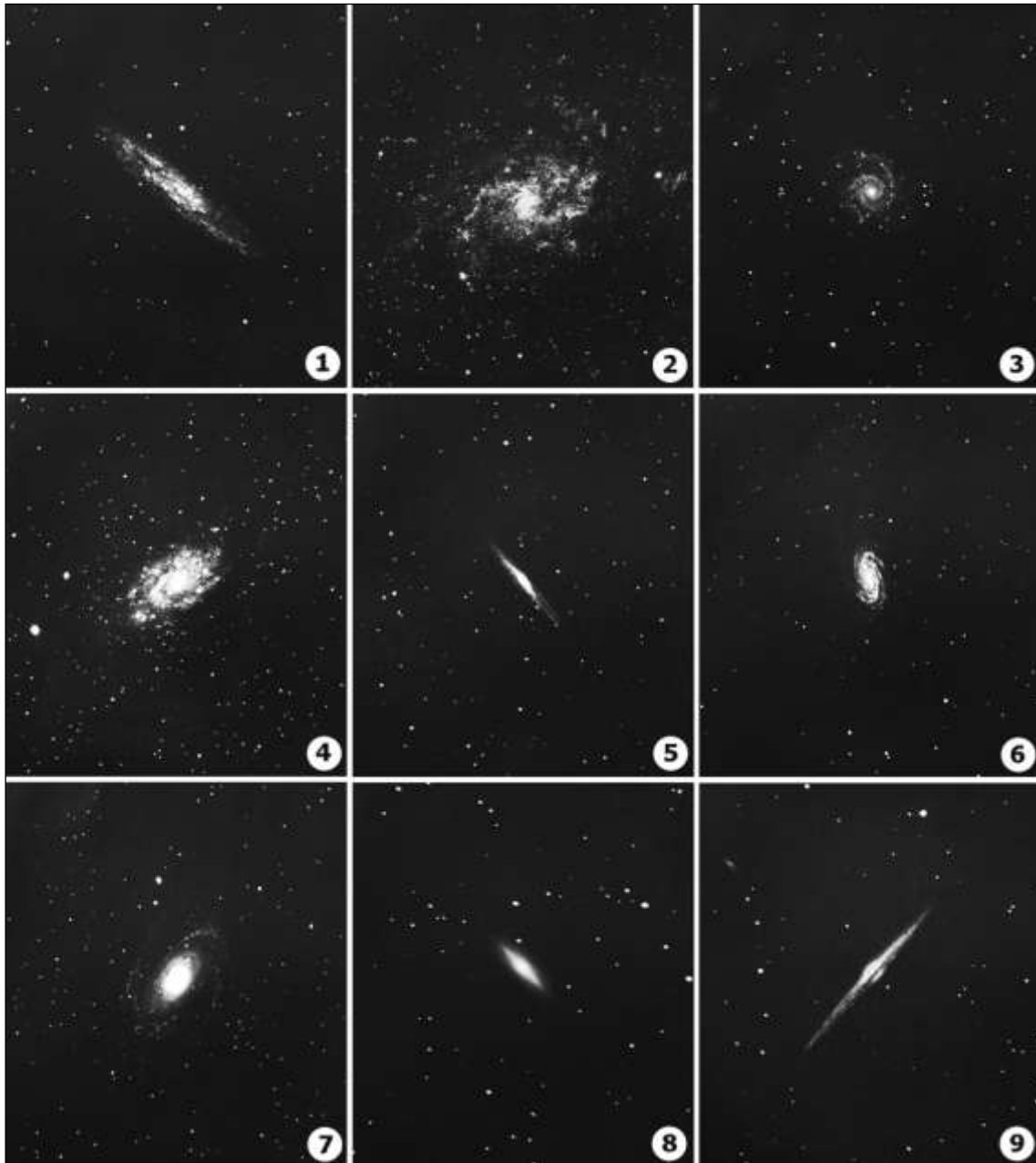


Figura 9- Astrofotografias obtidas por J.E. Keeler e colaboradores com o reflector Crossley 36" f/5,7: 1- NGC 253, 3h, 18-20 de Novembro de 1902; 2- M 33, 3h30min, 12 de Setembro de 1899; 3- M 74, 4h, 31 de Outubro de 1899; 4- NGC 2403, 3h, 27 de Fevereiro de 1900; 5- NGC 2683, 3h30min, 23 de Fevereiro de 1900; 6- NGC 2903, 3h30min, 24 de Fevereiro de 1900; 7- M 81, 3h55 min, 21 de Março de 1900; 8- NGC 3115, 2h30 min, 9 de Abril de 1901; 9- NGC 4565, 3h, 21 de Abril de 1901.

James E. Keeler faleceu em 12 de Agosto de 1900 com apenas 43 anos de idade⁷⁰. O seu desaparecimento prematuro foi sem dúvida um choque para os seus colegas mais próximos, para o Observatório de Lick, do qual era director, e para a astrofísica em geral. Apesar de curta, a sua carreira foi extremamente rica. É de realçar uma longa lista de publicações bem como algumas descobertas essenciais para o avanço da astronomia e da astrofísica⁷¹. Keeler recebeu um doutoramento "honoris causa" pela Universidade da Califórnia (1893). Foi-lhe igualmente atribuída a medalha de Rumford em 1898 pela "National Academy of Arts and Sciences" e a medalha Henry Draper em 1899 pela "National Academy of Sciences". Foi editor associado da revista "Astronomy and Astro-Physics" durante 1893 e 1984 e editor (juntamente com George E. Hale) da conceituada revista "Astrophysical Journal" desde 1895 até ao seu desaparecimento.

⁷⁰ Keeler sofria de uma grave insuficiência cardíaca.

⁷¹ Campbell, W.W. (1900). James Edward Keeler. *The Astrophysical Journal*, Volume 12 (4): 239-253.

GEORGE WILLIS RITCHEY (1864-1945), ASTROFOTÓGRAFO E CONSTRUTOR DOS GRANDES TELESCÓPIOS DO FUTURO

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

George Willis Ritchey foi um pioneiro da astrofotografia e da construção dos primeiros telescópios reflectores de grande abertura. As suas ideias visionárias nem sempre foram bem aceites pela comunidade científica da época. A sua vida e obra está intimamente ligada à do astrónomo George Ellery Hale (1868-1938) que esteve na base da criação dos observatórios de Lick, Monte Wilson e Monte Palomar. As relações entre ambos nem sempre foram pacíficas, tendo culminado com o despedimento de G.W. Ritchey do observatório de Monte Wilson em 1919. G.W. Ritchey é hoje sobretudo conhecido por ter idealizado e construído os primeiros telescópios reflectores Ritchey-Chrétien.

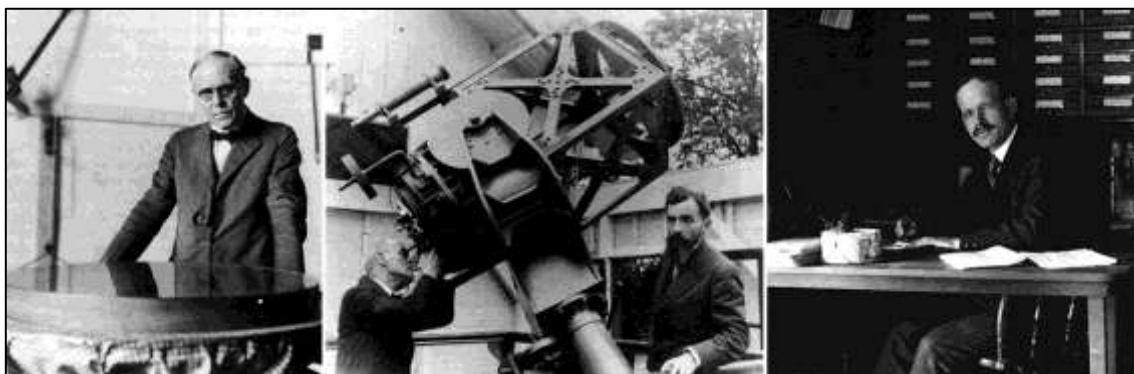


Figura 1- George Willis Ritchey (ca. 1927, esquerda, ca. 1930, centro com Henri Chrétien) e George Ellery Hale (ca. 1905, direita).

Ritchey nasceu no estado de Ohio durante o último ano da Guerra Civil Americana (1864) e morreu nos arredores da cidade de Los Angeles no final da 2ª guerra mundial (1945). Quando Ritchey nasceu o maior telescópio existente era o refractor Clark de 18,5" (47 cm) da Universidade do Mississippi mais tarde instalado no observatório de Dearborn (Northwestern University). No ano da sua morte o maior telescópio existente era o reflector de 5 m do observatório do Monte Palomar. Ritchey não construiu nenhum destes instrumentos mas participou na construção de diversos telescópios reflectores percursores do reflector do observatório do Monte Palomar.

A família de G.W. Ritchey emigrou para os Estados Unidos em 1841. O avô e o pai de Ritchey (originários da Irlanda do Norte) estabeleceram-se em Pomeroy (Ohio) e fundaram uma empresa de fabrico de mobiliário. Ritchey cresceu e estudou em Pomeroy, Evansville, Indiana e em Cincinnati. Trabalhou com o seu pai como carpinteiro durante alguns anos. Frequentou a Universidade de Cincinnati durante apenas dois anos e trabalhou no observatório desta Universidade como assistente de observação. Durante este período, teve acesso aos trabalhos de Henry Draper (1837-1882) e Andrew Ainslie Common (1841-1903) sobre a construção de telescópios reflectores e criou a sua própria oficina de óptica. Construiu os primeiros instrumentos de observação isoladamente como autodidata. Mudou-se para Chicago em 1888. Pouco tempo depois ocupa o cargo de professor numa escola Técnica local.

Ritchey contacta pela primeira vez G.E. Hale em 1890. Hale, quatro anos mais novo do que Ritchey, interessou-se desde cedo pela "nova astronomia". Fundou um observatório privado com fundos próprios (observatório de Kenwood) nos suburbios de Chicago (Figura 2). Realizou numerosas observações solares utilizando um refractor de 30 cm e um espectrógrafo de alta resolução (mais sofisticado do que o existente no observatório de Lick na época). A tese de final de curso de Hale, relacionada com astrofísica solar, foi efectuada sob a supervisão de Edward C. Pickering (1846-1919). G. Ritchey realizou diversos trabalhos de óptica encomendados por Hale e ofereceu-se para desempenhar funções de observador voluntário no observatório de Kenwood.

Em 1892, G. Hale é nomeado Professor associado da Universidade de Chicago com apenas 24 anos de idade. Desenvolve trabalho com estudantes graduados no observatório de Kenwood e faz os contactos necessários para iniciar a construção de um observatório que incluiria o maior telescópio refractor do mundo. O financiamento para a construção deste telescópio foi disponibilizado por Charles T. Yerkes. O telescópio que viria a equipar o observatório de Yerkes foi construído por Alvan G. Clark (objectiva de 40") e pela firma Warner & Swasey (montagem equatorial). Hale e Ritchey já estavam nesta altura (1897) convictos que os telescópios reflectores e não os refractores seriam os instrumentos do futuro.

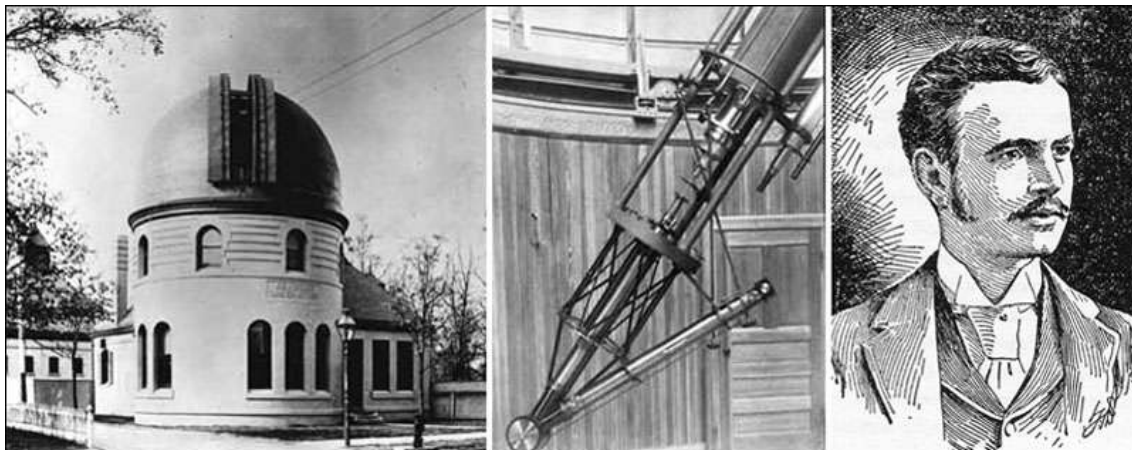


Figura 2- Observatório de Kenwood, espectógrafo associado ao telescópio refractor de 30 cm de abertura e G.E. Hale com 20 anos de idade (1888).

Durante o período em que o telescópio de 40" estava a ser construído, Hale adquire com fundos próprios, uma bolacha de vidro com 60" (1,52 m) de diâmetro com o intuito de vir mais tarde a construir o maior reflector existente. As negociações para a compra do espelho foram efectuadas por Ritchey junto da firma francesa (St. Gobain Glass Company).

Em 1896, Ritchey encontra-se a trabalhar exclusivamente para G. Hale (com o salário pago pelo pai de Hale, William E. Hale). Quando o telescópio de 40" foi inaugurado em 1897 (Figura 3), Ritchey estava já a trabalhar na construção do espelho de 60".



Figura 3- Observatório de Yerkes e telescópio refractor de 40".

Ritchey a partir de 1900 realizou numerosas fotografias da Lua, enxames estelares e nebulosas com o refractor de 40". Reconheceu desde cedo a importância de uma boa guiagem e foi pioneiro na utilização de filtros amarelos e de chapas ortocromáticas para obviar os efeitos da elevada aberração cromática exibida por este tipo de instrumentos (telescópios refractores acromáticos). As astrofotografias obtidas com este tipo de técnicas revelaram-se muito superiores às obtidas recorrendo a chapas mais sensíveis na região azul do espectro electromagnético e ao uso de uma terceira lente correctora colocada antes da objectiva principal. Os refractores

deste período estavam sujeitos a problemas de flexão do tubo que dificultavam sobremaneira a realização de astrofotografias de longa pose. Ritchey desenvolve um porta-chapas especial que podia ser movimentado segundo dois eixos, minimizando deste modo os erros da guiagem. Desenvolve igualmente um sistema que lhe permitia interromper as exposições nos períodos de maior turbulência atmosférica (recorrendo a um obturador colocado antes da objectiva principal que era operado por um assistente).

Estas técnicas foram descritas de um modo pormenorizado numa publicação em 1900⁷²:

(...) "The guiding device or sliding plate-carrier for long exposures is somewhat similar to that described by Dr. Common in *Monthly Notices*, 49, 207; it was constructed in a very perfect manner by Mr. Johannesen, the observatory instrument maker. The plate-holder is carried on two slides, at right angles to each other, and is movable by two fine screws, the milled heads of which are held in the observer's fingers. A guiding eyepiece giving a power of 1000 diameters with the 40-inch telescope is mounted on the frame to which the plate-holder is rigidly attached; the eyepiece can be moved in two directions on this frame, so that a suitable guiding star near the edge of the plate can be found. Fine "cross-wires" of silk fiber are illuminated by red light from a small incandescent lamp mounted at the side of the eyepiece, the light being controlled by a rheostat. A light flap is arranged so that it can be turned down instantly over the plate if anything goes wrong. By this simple arrangement the full power of the 40-inch telescope is used in guiding (...). Even under the best conditions incessant small movements of the image, due chiefly to the atmosphere, but partly to the instrument, render necessary continual guiding by means of the two screws which move the plate holder (...). The plate-holder is so light, and the slides and screws are so well made, that guiding in this way can be accomplished with great delicacy and quickness, as compared with what could be done if the usual method of moving the entire telescope by means of the slow motions were employed; this will be readily appreciated when I state that on average no less than sixty movements of the screws per minute are necessary, even under the best atmospheric conditions (...). Experience has shown that to obtain the sharpest results and the roundest possible star-images the observer must not take his eye from the guiding eyepiece nor his fingers from the screw for an instant without first turning down the flap of the plate; this is done even when the observer moves his chair and when the assistant is changing the height of the elevating floor. The flap is very useful also when sudden disturbances of any kind occur, such as those due to the slight shifting of the objective in its cell, the slight jar caused by the longitudinal slipping of the declination axis in its sleeve, and sudden blurring of the image due to atmospheric causes (...). In spite of several objections, the use of the sliding plate-holder in guiding seems indispensable with the very large photographic telescopes, if the sharpest possible results are to be secured. With the 40-inch it would certainly be impossible to guide properly if the entire mass of the telescope had to be moved by means of the slow motions, however perfect. Furthermore, the problem of mounting side by side, for example, two 40-inch objectives – a photographic and a visual for guiding – with stability in their cells that there would be no relative shift of the two sufficiently large to produce a sensible change in the relative position of the photographic and guiding images at the eye-end, 63 feet away, would present very seriously if not insurmountable difficulties".

Ritchey obteve astrofotografias de longa pose (várias horas) por vezes ao longo de duas noites de observação (deixando a chapa fotográfica no interior do porta-chapas). Estas fotografias de enxames globulares e nebulosas constituem os melhores resultados obtidos no início do século 20 (Figura 4).

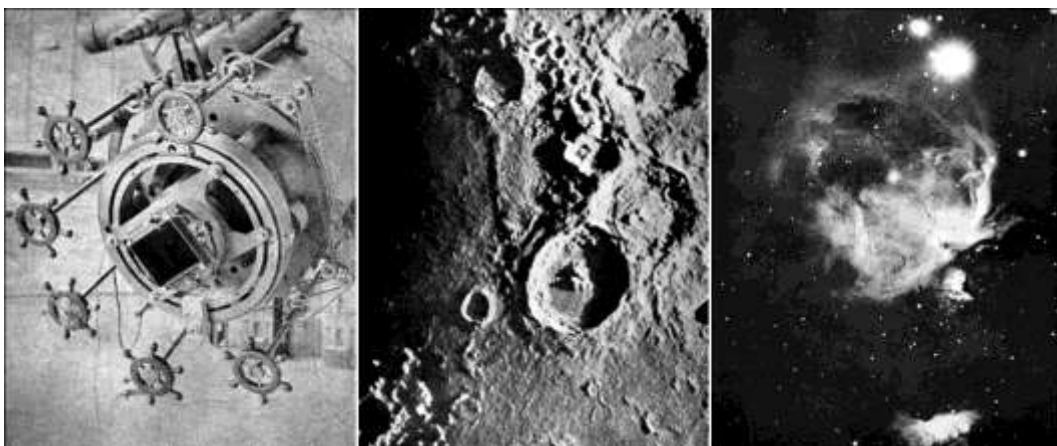


Figura 4- Porta-chapas do telescópio refractor de 40" do observatório de Yerkes. Imagens da Lua e da nebulosa M 42 obtidas por G.W. Ritchey com o auxílio deste instrumento.

⁷² Ritchey, G.W. (1900). *Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.

Em 1901, Ritchey constrói no observatório de Yerkes, o primeiro telescópio reflector profissional com 24" (61 cm, f/4) de abertura. O espelho tinha sido construído em Chicago quando Ritchey ainda se encontrava a trabalhar para G.E. Hale. A montagem equatorial alemã não foi idealizada por Ritchey e deste modo não inclui quaisquer elementos inovadores (Figura 5). Com o auxílio deste instrumento, Ritchey obtém astrofotografias de longa pose de nebulosas muito superiores às obtidas como auxílio do reflector de Crossley do observatório de Lick (36" f/5.7)⁷³.

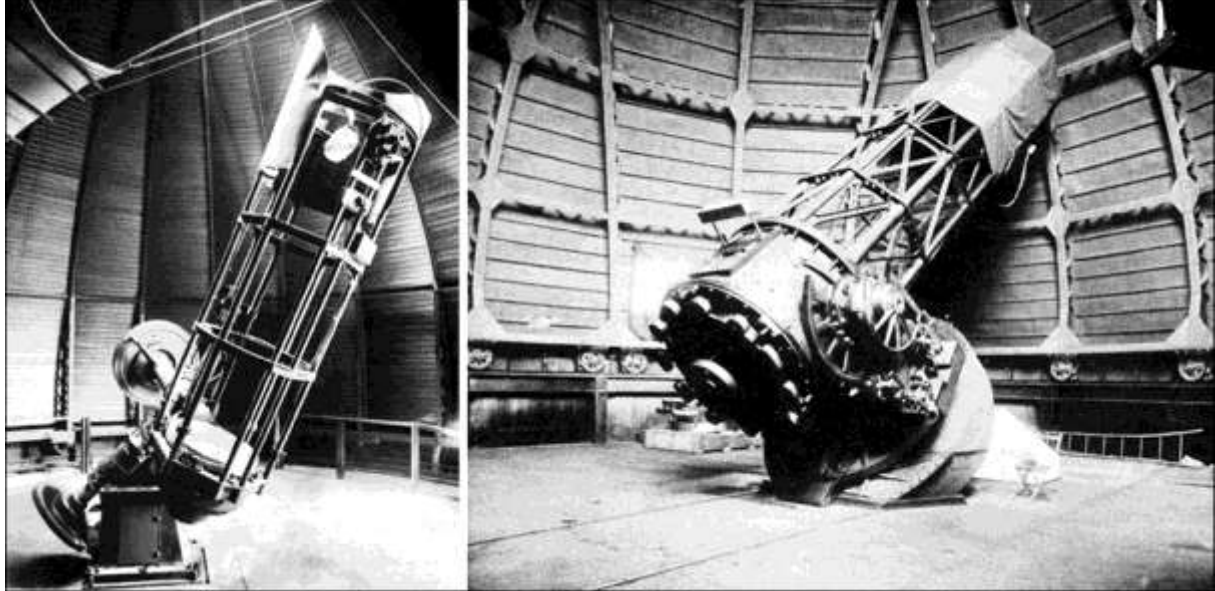


Figura 5- Telescópio de 24" f/4 (ca. 1900, esquerda) e de 60" f/5, f/15 (ca. 1908, direita) do observatório de Yerkes e do Monte Wilson respectivamente.

As astrofotografias de Ritchey foram exibidas por G.E. Hale numa reunião da "Astronomical and Astrophysical Society" que teve lugar em Washington no final de 1901. Ritchey a convite de Samuel Pierpont Langley (1834-1906), secretário da "Smithsonian Institution", publica em 1904 um extenso trabalho (51 páginas) intitulado "On the Modern Reflecting Telescope and the Making and Testing of Optical Mirrors"⁷⁴. Este trabalho torna-se rapidamente numa referência essencial para todos os construtores de superfícies ópticas. No mesmo ano publica uma selecção das suas melhores fotografias obtidas no observatório de Yerkes⁷⁵.

G.E. Hale após ter finalizado a construção do observatório de Yerkes começa a planear (após o falecimento do seu pai em 1898) a instalação de um observatório solar na Califórnia. Originalmente Hale tencionava utilizar o espelho de 60", que estava a ser finalizado por Ritchey, neste novo observatório no intuito de comparar o espectro solar com os espectros de diversas estrelas. Nasce assim o observatório do Monte Wilson e em 1905, Hale instala o telescópio solar horizontal ("Snow") com 24" de abertura f/30 da autoria de Ritchey. O celóstato utilizado neste observatório solar foi igualmente construído por Ritchey (Figura 6).

Os primeiros planos para a construção do telescópio reflector de 60" foram publicados por Ritchey em 1901⁷⁶ quando se encontrava ainda no observatório de Yerkes. Estes planos incorporavam já alguns elementos inovadores, como o sistema de flutuação do espelho descrito em 1897⁷⁷. Este telescópio foi instalado no observatório do Monte Wilson em 1908 (Figura 5). Tratava-se de um novo conceito de telescópio muito avançado para a época. Podia ser utilizado no foco Newton (f/5) ou no foco Cassegrain (f/15), ou ainda no foco Coudé (Figura 7). A cúpula foi concebida para maximizar a circulação de ar e deste modo minimizar os fenómenos de turbulência. Ritchey chegou a prever a utilização de um sistema de refrigeração para poder manter os espelhos a

⁷³ Este telescópio reflector de 36" (915 mm) f/5,7, foi construído pelo astrónomo amador inglês Andrew Ainslie Common (1841-1903) em 1876 e foi utilizado por J.E. Keeler (1857-1900) para obter um elevado número de astrofotografias de objectos do céu profundo num período de apenas 2 anos.

⁷⁴ Ritchey, G.W. (1904). *Smithsonian Contributions to Knowledge*, Vol. 34: 1-51.

⁷⁵ Ritchey, G.W. (1904). *Astronomical Photography with the Forty-inch Refractor and the Two-Foot Reflector of the Yerkes observatory. Publications Yerkes Observatory*, 2: 387-398.

⁷⁶ Ritchey, G.W. (1901). The two-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.

⁷⁷ Ritchey, G.W. (1897). A Support System for Large Specula. *Ap. J.*, 5: 143-147.

uma temperatura idêntica à temperatura ambiente durante o período de observação, sistema que não chegou a ser instalado. Este instrumento foi um enorme sucesso⁷⁸. Ritchey obteve inúmeras fotografias da Lua e enxames de estrelas (foco Cassegrain) e de nebulosas (foco Newton) com um pormenor nunca antes registado. Estas fotografias foram pela primeira vez exibidas na reunião da "International Union for Cooperation on Solar Research" organizada por Hale em 1910. Os astrónomos que participaram nesta reunião puderam utilizar o telescópio visualmente durante 3 noites.

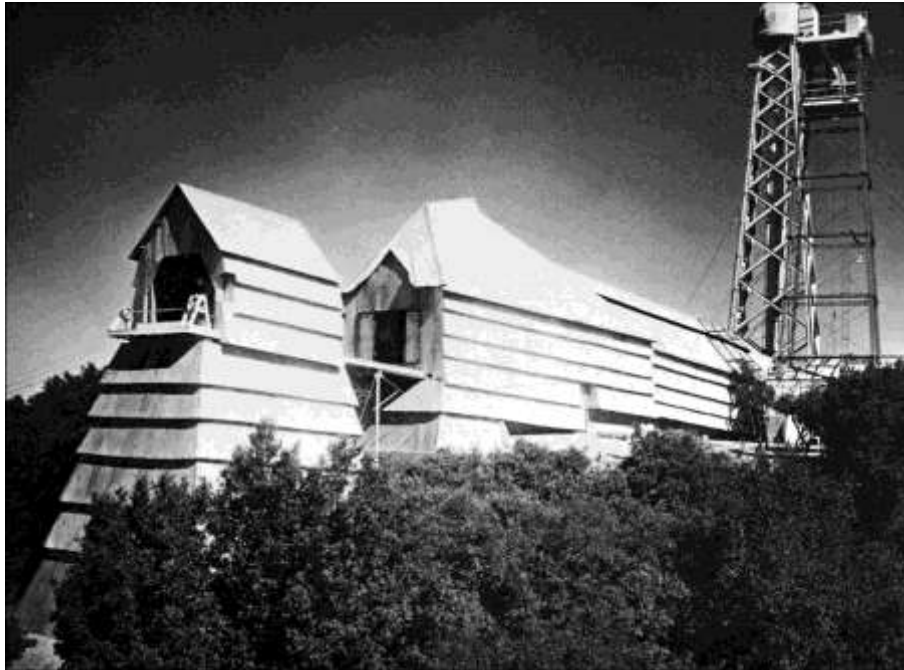


Figura 6- Telescópio solar "Snow", observatório de Monte Wilson (ca. 1905).

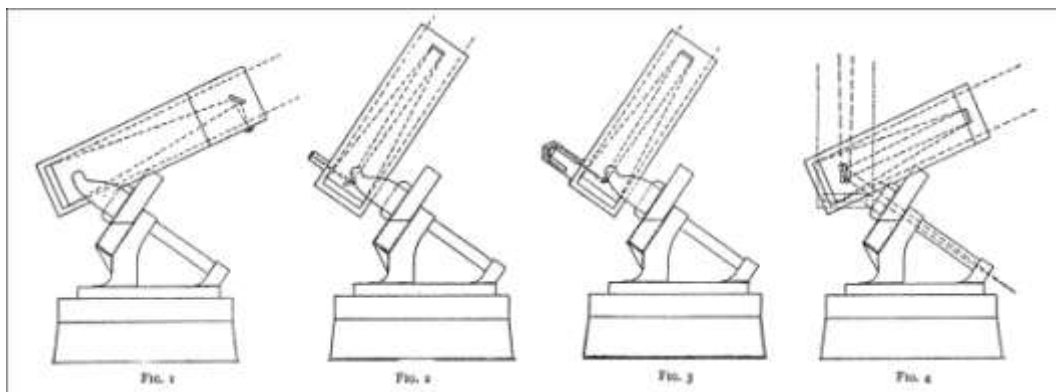


Figura 7- Telescópio refletor 60" f/5, f/15, Observatório de Monte Wilson: 1- Foco Newton 7,6m; 2- Foco Cassegrain 30,5m; 3- Foco Cassegrain, espectroscopia 24,4m; 4- Foco Cassegrain-Coudé 45,4m.

Ritchey concebe um novo porta-chapas para o telescópio de 60" descrito pormenorizadamente numa publicação em 1909⁷⁹.

"The new plate-carrier (...) takes plates 3 ½ inches (89 mm) square. This small size is chosen because it allows the guiding eyepiece to be near the center of the field. It includes a clear field about 36 minutes of arc square, and fully covers all of the central region which is free from objectionable distortion. A second guiding eyepiece is

⁷⁸ Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 36: 71-82.

⁷⁹ Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.

also used, the two being on opposite sides of the center. Each gives a magnification of about 750 diameters. This allows any slight rotation of the field to be detected immediately; such rotation is corrected by rotating the bronze plate which carries the guiding eyepieces and plate-holder; two fine screws with graduated heads are provided for effecting this rotation. The small metal plate-holder, which is shown in place on the apparatus, is so designed that it can be quickly removed and replaced as frequently as desired during long exposures, thus allowing access to the focal plane for the purpose of refocusing by means of the knife-edge. The position of the plate-holder is defined by small hardened steel surfaces so that when replaced it returns accurately to its original position with reference to the guiding eyepieces. With the small apparent change of focus which takes place since the canopy has been in use, it is found that refocusing every 25 or 30 minutes in the early part of the night, and every 40 or 45 minutes after 11:00 P.M., is usually sufficient. With the new plate-carrier, all of the uncertainties which usually occur in making long exposures with very large telescopes are eliminated. A plate can be exposed night after night, if desired, with the assurance that no error in focus greater than one or two thousandths of an inch can occur, and that no rotation of field can take place without immediately being detected and corrected. Both of these conditions are absolutely necessary for the finest results with an instrument so powerful and sensitive as the 60-inch. With these conditions no injury or elongation of the star-images or nebular details can occur and the full effect of the prolonged exposure is secured. All of the negatives which have been secured with the new plate-carrier show perfectly round star-images. On the best negatives, with exposures of eleven hours, the smallest star-images are 1.03" in diameter".

Obteve com este instrumento astrofotografias de elevada qualidade ao longo de várias noites de observação recorrendo à utilização de chapas fotográficas com um grão fino, menos sensíveis mas com uma melhor resolução (Seed 23)⁸⁰ (Figuras 8, 9, 10, 11).

Em 1910, G.E. Hale planeia a construção de um telescópio reflector de 100" (2,52m) com fundos disponibilizados por John D. Hooker que viria a dar o nome ao telescópio. O espelho foi comprado à mesma firma francesa que fabricou o espelho de 60" (St. Gobain Glass Company). Os primeiros espelhos fabricados por esta firma continham inúmeras bolhas de ar e foram rejeitados. Após vários anos de espera, Ritchey resolve trabalhar no primeiro espelho enviado para a oficina de óptica do observatório do Monte Wilson.

Os telescópio reflectores de 60" e de 24" apresentavam uma aberração comática considerável. Ritchey verificou que esta aberração era muito mais pronunciada no foco Newton do reflector de 60" do que no foco Cassegrain. Pensava que o espelho secundário hiperbólico era responsável por esta redução da aberração. Pediu a Henri Chrétien, astrónomo francês que se encontrava a efectuar um estágio no observatório, para calcular um espelho secundário que minimizasse o efeito de coma. Chrétien, matemático e especialista em óptica teórica, cedo compreendeu que os espelhos primário e secundário tinham que ser refigurados. Nasce assim o telescópio reflector Ritchey-Chrétien que consiste numa modificação do telescópio Cassegrain em que os espelhos primário e secundário são hiperbólicos de revolução. Ritchey pretendia construir o telescópio de 100" com esta configuração. Esta pretensão não foi aceite por Hale e por Walter Sydney Adams (1876-1956) que viria a suceder a Hale na direcção do observatório. Estes astrónomos estavam mais interessados em utilizar o telescópio Hooker em estudos de espectroscopia e por este motivo não permitiram que Ritchey construísse o primeiro Ritchey-Chrétien. A insistência de Ritchey junto do J.D. Hooker fez com que Hale perdesse a confiança no seu trabalho. É acusado de comportamento desleal sendo despedido por Hale em 31 de Outubro 1919. Antes de ser afastado do observatório de Monte Wilson, Ritchey finaliza a óptica do telescópio de 100" em 1918⁸¹.

Ritchey nunca chegou a utilizar o telescópio de 100". Após o seu despedimento retira-se para o seu rancho em Azusa dedicando-se á cultura de laranjas e limões durante 4 anos e meio. Em 1923 um engenheiro francês e a sua mulher (Assan e Mary Dina) contratam-no para construir o maior telescópio existente com um espelho de 104" (2,65m). Ritchey viaja até França em 1924, começa a trabalhar na oficina de óptica do observatório de Paris e faz planos para a construção de espelhos de 5 e 6m. Com o falecimento de Dina em 1928 o projecto inicial não passa do papel. Ritchey passa sete anos em Paris com o intuito de planear a construção dos maiores telescópios do mundo. Idealiza os espelhos celulares que viriam mais tarde a ser instalados no telescópio de 5m do Monte Palomar. Em 1927 descreve os planos para a construção de um telescópio de 10m de abertura numa ilha do Pacífico. Descreve inúmeros telescópios verticais com espelhos intermutáveis de abertura elevada. Um destes planos previa a utilização de 3 espelhos de 4m de diâmetro que podiam ser utilizados segundo três configurações (Cassegrain, Ritchey-Chrétien e Schwarzschild). Os espelhos do celóstato tinham um diâmetro de 5m. Num estudo subsquente (1928) idealiza a construção de um telescópio vertical fixo com quatro espelhos de 5m (dois Schwarzschild e dois Ritchey-Chrétien) (Figura 12). Projecta igualmente um telescópio Ritchey-Chrétien numa montagem equatorial de garfo (Figura 13).

⁸⁰ Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.

⁸¹ A correcção dos espelhos só foi suplantada pelo telescópio reflector do observatório de Kitt Peak nos anos 60 do século 20.



Figura 8- M3. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 9 de Abril de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 3,5h de exposição.



Figura 9- M13. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 6, 7 e 8 de Junho de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 11h de exposição.



Figura 10- M51. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 7 e 8 de Abril de 1910 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 10h 45m de exposição.



Figura 11- M81. Imagem obtida por G.W. Ritchey em 1917 com o telescópio reflector de 1,52m do observatório do Monte Wilson, 3h de exposição.

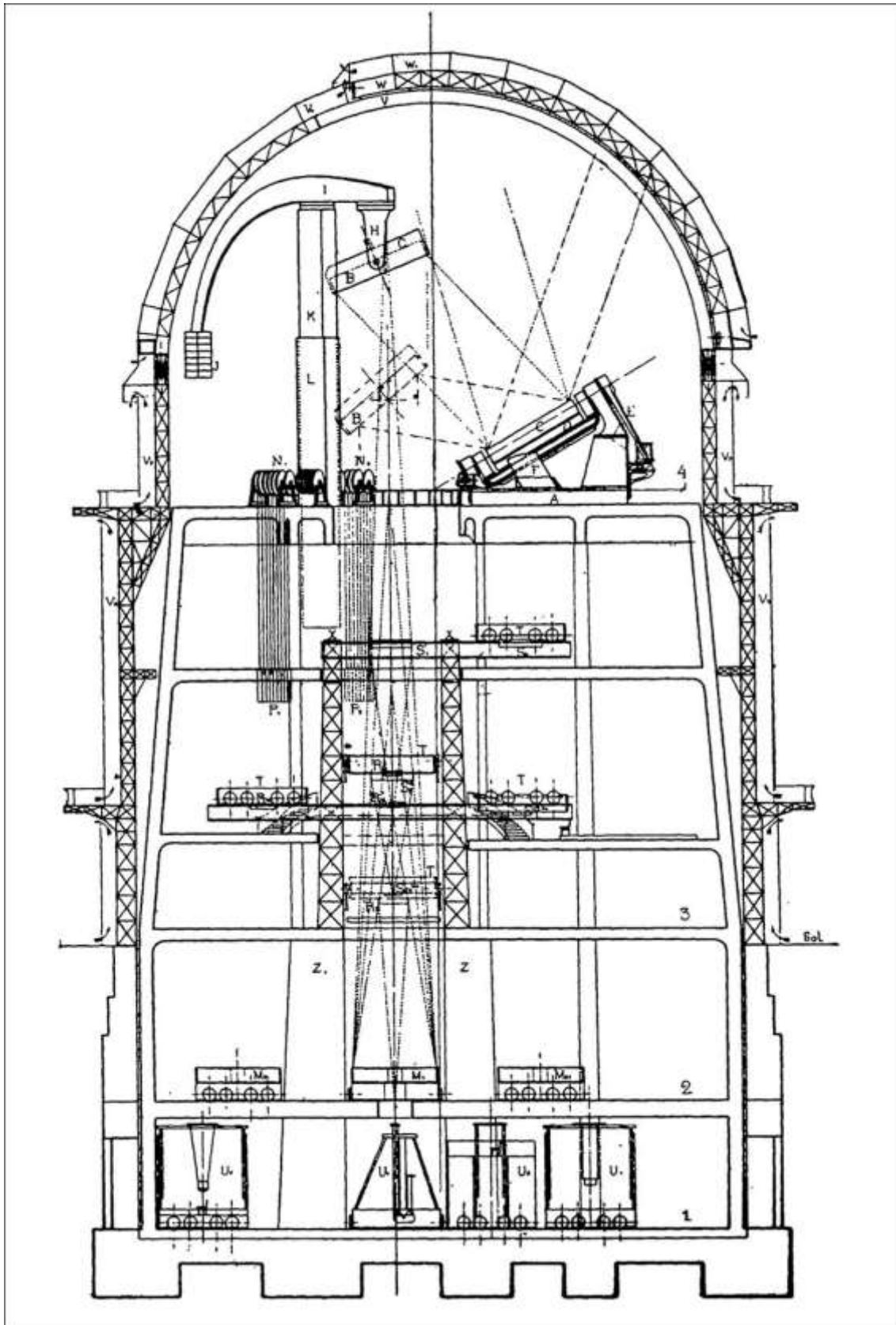


Figura 12- Telescópio vertical fixo idealizado por G.W. Ritchey munido de espelhos primários de 5m e espelhos de 6m que equipavam o celóstato.

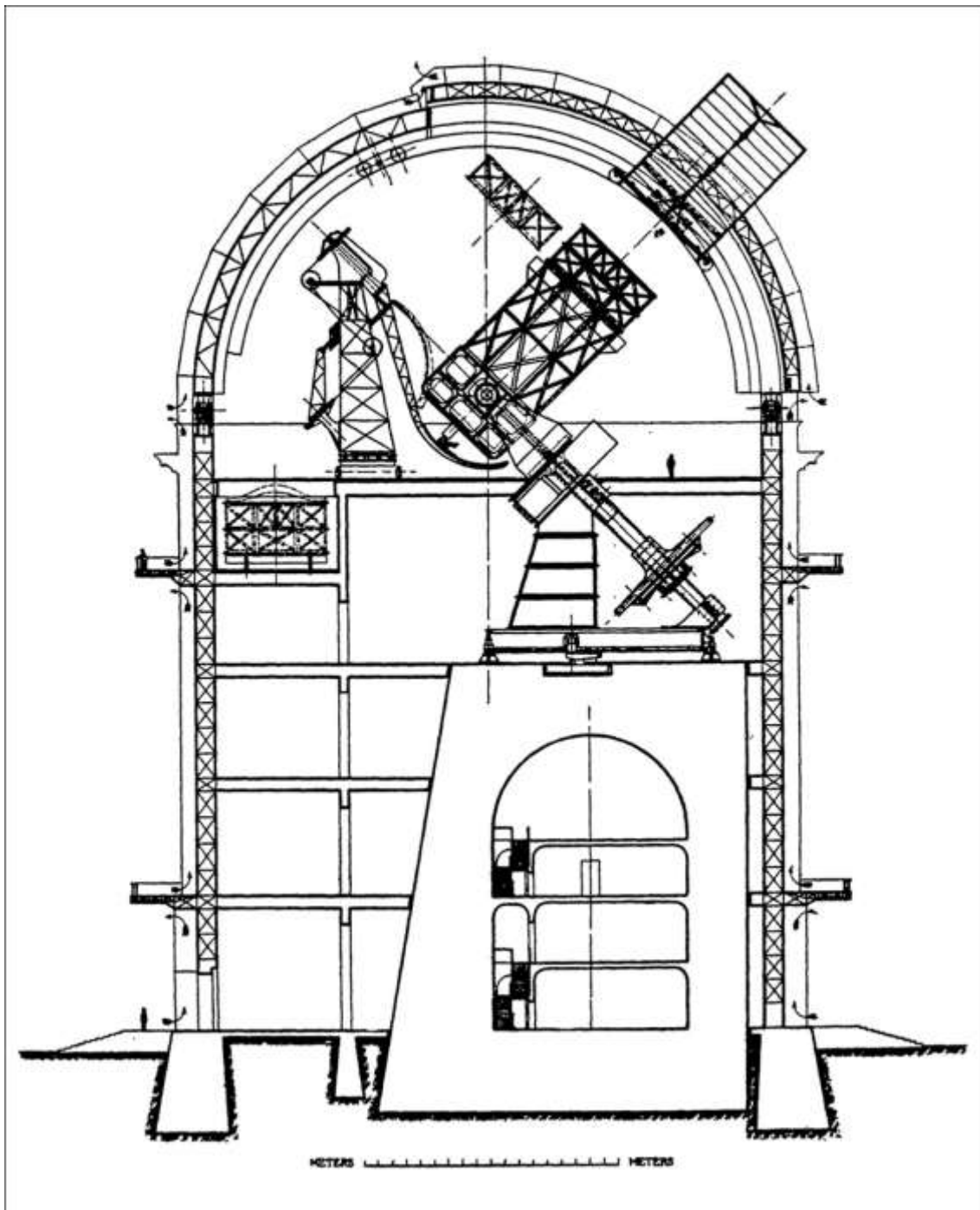


Figura 13- Telescópio reflector Ritchey-Chrétien de 6m de abertura, montagem equatorial de garfo.

Em França, Ritchey constrói finalmente o primeiro telescópio Ritchey-Chrétien. Este reflector com apenas 50 cm de abertura é exibido em 1927 na Academia de Ciências em Paris. Ritchey tencionava utilizar este instrumento para obter fotografias de longa pose e deste modo convencer a comunidade científica das vantagens desta configuração. O telescópio foi montado num local pouco adequado e a idade avançada de Ritchey (62) não lhe permitiu obter quaisquer resultados relevantes. Em 1928, escreve uma série de artigos que foram publicados em revistas francesas (*L'Astronomie*⁸²) e canadianas (*Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*⁸³). Estes artigos foram publicados unicamente devido aos esforços de alguns astrónomos como E.M. Antoniadi (1870-1944). Após o despedimento do observatório de Monte Wilson, Hale e Adams opuseram-se de um modo

⁸² Ritchey (1928), *L'Astronomie*, n 42.

⁸³ Ritchey (1928/1929), *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, n 22, n 23.

determinado à publicação das ideias de Ritchey em revistas americanas. Algumas destas ideias foram publicadas em livro em 1929⁸⁴.

Ritchey regressou aos Estados Unidos em Dezembro de 1930. Consegue finalmente construir um telescópio Ritchey-Chrétien com 40" (1m) de diâmetro que é instalado em 1934 no observatório Naval americano. Foi o primeiro instrumento deste tipo a ser utilizado regularmente. Inicialmente instalado em Washington foi mais tarde transportado para a estação do observatório naval no Arizona (Flagstaff) em 1955. O espelho primário original de pyrex foi substituído em 1969 por um novo espelho de quartzo fundido (Figura 14).

As ideias visionárias de Ritchey são hoje amplamente reconhecidas. A grande maioria dos grandes telescópios actuais são telescópios Ritchey-Chrétien.



Figura 14- Telescópio Ritchey-Chrétien (1m), US Naval Observatory, Flagstaff Station.

Bibliografia

- Ritchey, G.W. (1900). Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.
- Ritchey, G.W. (1901). The tow-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.
- Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Astrophysical Journal*, 36: 71-82.
- Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part II-The Ritchey-Chrétien Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (6): 207-230.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part III-The Ritchey-Chrétien Aplanatic Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (8): 303-324.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part IV- Astronomical photography with very high powers. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (9): 359-382.
- Ritchey, G.W. (1929). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part V-The new astronomical photography. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23: 15-36.
- Osterbrock, D.E. (1993). Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes. The Universe of Arizona Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). The Canada-France-Hawaii Telescope and George Willis Ritchey's Great Telescopes of the Future. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 87 (1): 51-63.

⁸⁴ Ritchey, G.W. (1929). L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir. Société astronomique de France.

BERNHARD SCHMIDT (1879-1935) ÓPTICO E CONSTRUTOR DE TELESCÓPIOS

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Bernhard Schmidt é famoso por ter inventado e construído um novo tipo de telescópio (telescópio de Schmidt) que tem a particularidade de apresentar uma elevada correcção no que diz respeito a diversos tipos de aberrações (esférica, coma e astigmatismo) (Figura 1).

Bernhard Schmidt nasceu na Estónia em 30 de Março de 1879. Foi o primogénito de 6 irmãos. A sua família era originária da ilha de Naissaar (costa de Tallinn – mar Báltico). O seu pai, Karl Konstantin Schmidt, além de escritor, era igualmente agricultor e pescador. A língua oficial em Naissar era o sueco mas os Schmidt falavam alemão em casa.

Aos 15 anos de idade, B. Schmidt perdeu o antebraço e a mão direita num acidente com pólvora. Em 1895 Bernhard muda-se para Tallinn onde trabalha como operador de telégrafo. Entre os anos de 1895 e 1901 trabalha igualmente como fotógrafo. Em 1900 constrói a sua primeira objectiva com 5" de diâmetro e realiza diversas observações de uma estrela Nova que surgiu na constelação do Perseu em 1901. Nesse mesmo ano parte para Gotenburgo com a intenção de frequentar a Universidade de Chalmers e mais tarde muda-se para Mittweida na Alemanha onde termina os seus estudos.

Durante este período o seu interesse pela astronomia e pela construção de telescópios aumenta consideravelmente. Em Mittweida tenta trabalhar com Karl Strehl (1864-1940) sem sucesso. Entre os anos de 1901 e 1903 constrói numerosos espelhos que foram sobretudo vendidos a astrónomos amadores e em 1903 termina um espelho para o observatório de Alterburg.

Em 1904 Schmidt abre uma oficina de óptica e inicia a construção sistemática de espelhos para telescópios reflectores. A partir desta data recebe numerosos contratos para construir diversos instrumentos profissionais. A sua oficina de óptica conhece um período de enorme sucesso (1904/1914). Diversos astrónomos profissionais alemães (H.C. Vogel, K. Schwarzschild) reconhecem a excelência do trabalho realizado por Schmidt. Além de construir espelhos, Schmidt foi também encarregue em 1913 de corrigir as superfícies ópticas do refractor visual de 50 cm do observatório astrofísico de Postdam (construído por Steinheil & Sons, Munique). Com o auxílio deste instrumento, E. Hertzsprung realiza numerosas observações de estrelas duplas. O refractor de Postdam foi usado até 1967 (Figura 2).



Figura 1- Bernhard Schmidt (1879-1935). Aspecto da sua oficina de óptica (ca. 1928) no observatório de Hamburg-Bergedorf (direita).



Figura 2- Observatório de Postdam: cúpula (esquerda) e refractor (direita) munido de duas objectivas (80cm f/15,25 - fotográfica e 50 cm f/25 - visual).

À medida que o negócio aumentava, Schmidt contratou diversos assistentes e construiu 2 espelhos para o observatório de Praga (60 cm e 30 cm). Realizou inúmeras fotografias do Sol, Lua e de planetas utilizando um telescópio horizontal munido de um celóstato construído nas suas oficinas (Figura 3). Grande parte do trabalho na oficina de era realizado por Schmidt com o auxílio de um só braço. No período mais próspero da oficina de óptica B. Schmidt comprou um automóvel e contratou um "chauffeur" o que era considerado na época um verdadeiro luxo.

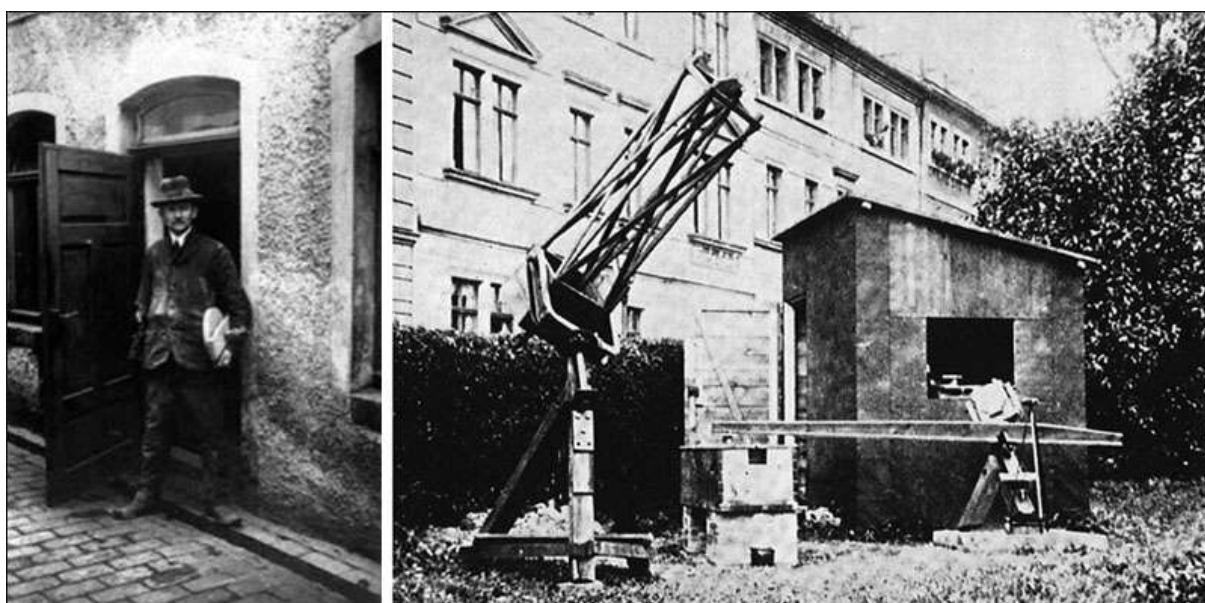


Figura 3- Bernhard Schmidt à saída da sua oficina de óptica em Mittweida (esquerda). Observatório (ca. 1920) (direita). Na imagem é visível um reflector Cassegrain e um telescópio horizontal.

Com o início da segunda guerra mundial, Schmidt foi preso e acusado de espionagem tendo mesmo sido enviado para um campo de concentração. Após a sua libertação, permaneceu sob vigilância policial e o seu equipamento astronómico foi confiscado. Neste período tentou manter a oficina de óptica em funcionamento sem sucesso. Por volta de 1926 Schmidt vende a oficina e muda-se para Hamburgo. Começa a trabalhar no observatorio de Bergedorf. O director do observatório, Richard Schorr, encarrega Schmidt da construção de diversos instrumentos, nomeadamente um telescópio horizontal munido de um celóstato. Em 1927 e 1929 participa em duas expedições para observar eclipses do Sol, organizadas pelo observatório de Hamburgo (norte da Suécia e Filipinas respectivamente). Durante a segunda expedição Schmidt revela a Walter Baade os planos para a construção de um novo tipo de telescópio dedicado à realização de observações fotográficas de grande campo. Surge assim a câmara de Schmidt (Figura 4).

A primeira câmara de Schmidt foi construída em 1930[1]. Este instrumento possuía um espelho de 44 cm e uma lâmina correctora de 36 cm ($f/1,75$, $7,5^\circ$ de campo) (Figura 4). Publica uma pequena descrição do telescópio (em alemão) e tenta divulgar este novo tipo de instrumento. Apesar dos seus esforços, a comunidade científica não reage e Schmidt não recebe qualquer encomenda por parte de observatórios profissionais. Em 1934 constrói um segunda câmara de Schmidt e no mesmo ano corrige as superfícies ópticas do refractor fotográfico de 60 cm do observatório de Bergedorf.



Figura 4- Primeira câmara de Schmidt construída em 1930 e câmara de Schmidt Samuel Oschin (48") do observatório do Monte Palomar (1948).

Em Novembro de 1935, após ter regressado de uma viagem a Leiden (Holanda) Schmidt adoece com uma pneumonia e morre em 1 de Dezembro do mesmo ano com apenas 56 anos de idade.

Após o seu desaparecimento, Walter Baader, que integrou a equipa do observatório do Monte Wilson em 1931, divulga de um modo generalizado o novo tipo de telescópio. Duas câmaras de Schmidt são construídas e instaladas no observatório do Monte Palomar em 1938 (18") e em 1948 (48") (Figura 5).

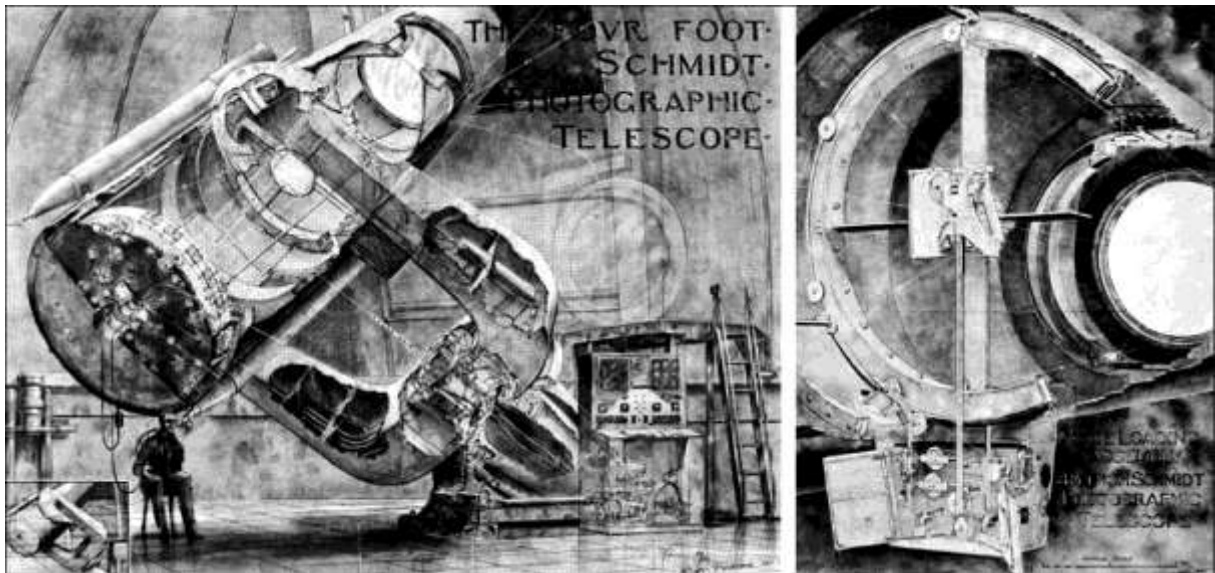


Figura 5- Câmara Schmidt do observatório do Monte Palomar. Desenho de R. W. Porter (1941).

A astrofotografia de grande campo sofreu um enorme impulso após a introdução da câmara de Schmidt. Schmidt construiu a primeira câmara 4 anos antes de falecer, não tendo portanto a percepção da importância do seu invento. O corrector óptico idealizado por Schmidt tem uma abertura inferior à do espelho primário, para receber feixes luminosos inclinados em relação ao eixo principal e garantir uma boa iluminação nos bordos do campo: Por isso, este tipo de instrumentos é referenciado recorrendo a três parâmetros (abertura da lente correctora, abertura do espelho primário e distância focal). A câmara Schmidt do observatório do Monte Palomar pode ser definida do seguinte modo 1250/1830/3070 (dimensões em mm).

A câmara de Schmidt Samuel Oschins iniciou em 1949 a realização de um atlas completo do céu utilizando chapas fotográficas sensíveis a dois comprimentos de onda distintos. O atlas foi completado em 1954 e a magnitude limite atingida foi 21,1. Todas as imagens foram obtidas recorrendo à utilização de emulsões espectroscópicas da Kodak. As exposições efectuadas variaram entre 10 a 15 min (azul) e 40 a 60 min (vermelho). Em 1958 o Atlas foi completado até à Dec. de -33° . Das 3240 imagens obtidas foram aproveitadas 1870 chapas fotográficas. As imagens originais têm uma dimensão de 350 x 350 mm contendo cerca de 550 milhões de estrelas e 100 milhões de galáxias. O POSS (Palomar Observatory Sky Survey) foi o primeiro atlas fotográfico do céu a ser tornado acessível a toda a comunidade científica. Cerca de 200 cópias das chapas originais foram distribuídas por inúmeras instituições astronómicas e o Atlas completo pode ser consultado através da internet. Em 1996 toda a informação contida no POSS foi publicada em 10 CD-Rom (com uma compressão de 100 para 1).

A região do céu não coberta pelo POSS foi complementada pela câmara Schmidt da ESO (European Southern Observatory). Em 1974 este instrumento tinha fotografado cerca de 600 campos distintos utilizando chapas Kodak IIa-O. Os resultados foram publicados em 1980.

Mais recentemente a câmara Schmidt do Monte Palomar iniciou em 1990 o POSS II utilizando chapas Kodak IIIaj e exposições de 60 a 90 min (emulsões hipersensibilizadas). Para esta nova tarefa a câmara foi completamente remodelada, tanto no que diz respeito à óptica (nova placa correctora) como à electrónica (guiagem automatizada).

A câmara de Schmidt é munida de uma lente especial de curvatura complexa (lente correctora de Schmidt) que tem por finalidade corrigir a aberração de esfericidade de um espelho esférico. A lente correctora é extremamente difícil de fabricar. É convergente na região central e divergente nas regiões periféricas. Ao atravessar esta lente correctora (montada no centro de curvatura), a luz, antes de ser reflectida pelo espelho primário, sofre uma aberração de esfericidade simétrica da do espelho o que resulta numa boa correcção. Trata-se de um instrumento fotográfico. A película fotográfica é moldada a uma superfície esférica colocado no plano focal do espelho primário (Figura 6).

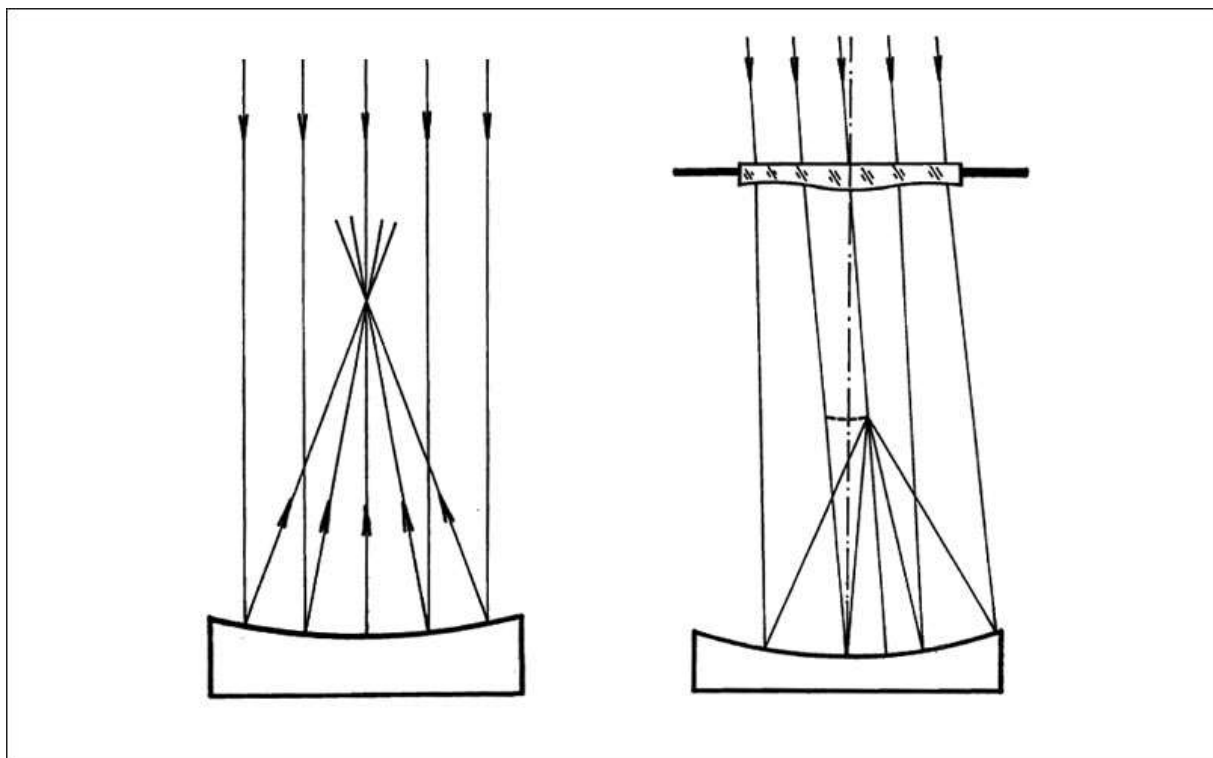


Figura 6- Telescópio reflector- espelho parabólico desprovido de aberração de esfericidade (esquerda) e câmara de Schmidt - espelho esférico munido de uma lâmina correctora no centro de curvatura (direita).

Ronald R. Willey Jr. demonstra em 1962 que era possível construir um telescópio visual e fotográfico colocando uma lente correctora mais próximo do espelho primário e instalando no centro da lente um espelho convexo

hiperbólico idêntico ao usado nos telescópios de Cassegrain. Surge assim o telescópio Schmidt-Cassegrain que é produzido em massa a partir de 1970 (Celestron) (Figura 7).

Em 1936, Dimitri Maksutov (1896-1964) demonstra que é possível corrigir as aberrações de esfericidade e de coma de um espelho esférico utilizando uma lente com faces de curvatura esféricas (menisco ou lente correctora de Maksutov). Maksutov constrói o primeiro telescópio baseado nestas ideias em 1941 com apenas 10 cm de abertura $f/8,5$. A correcção das aberrações é excelente e consideravelmente melhor do que a registada nos sistemas Schmidt-Cassegrain (Figura 8).

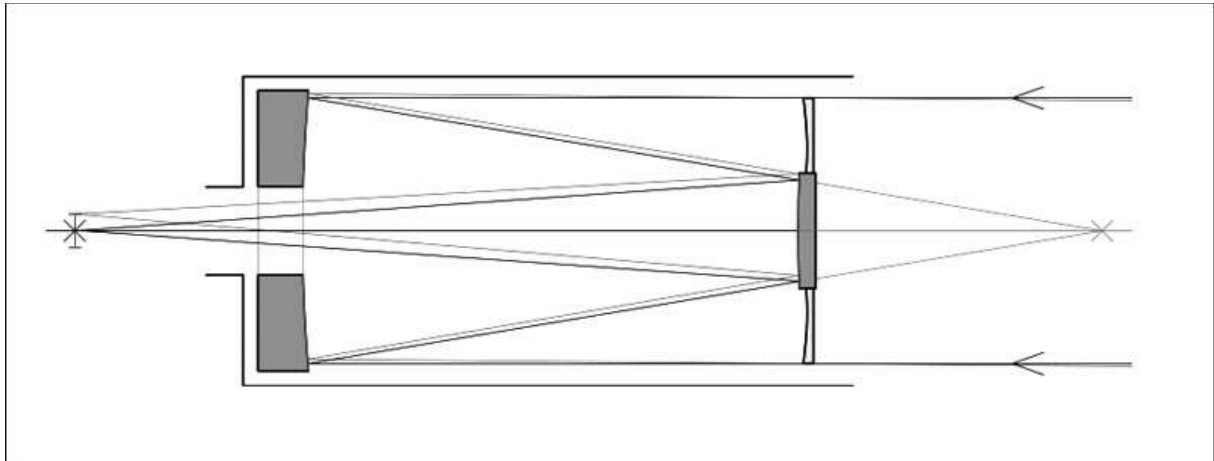


Figura 7- Representação esquemática de um telescópio Schmidt-Cassegrain.

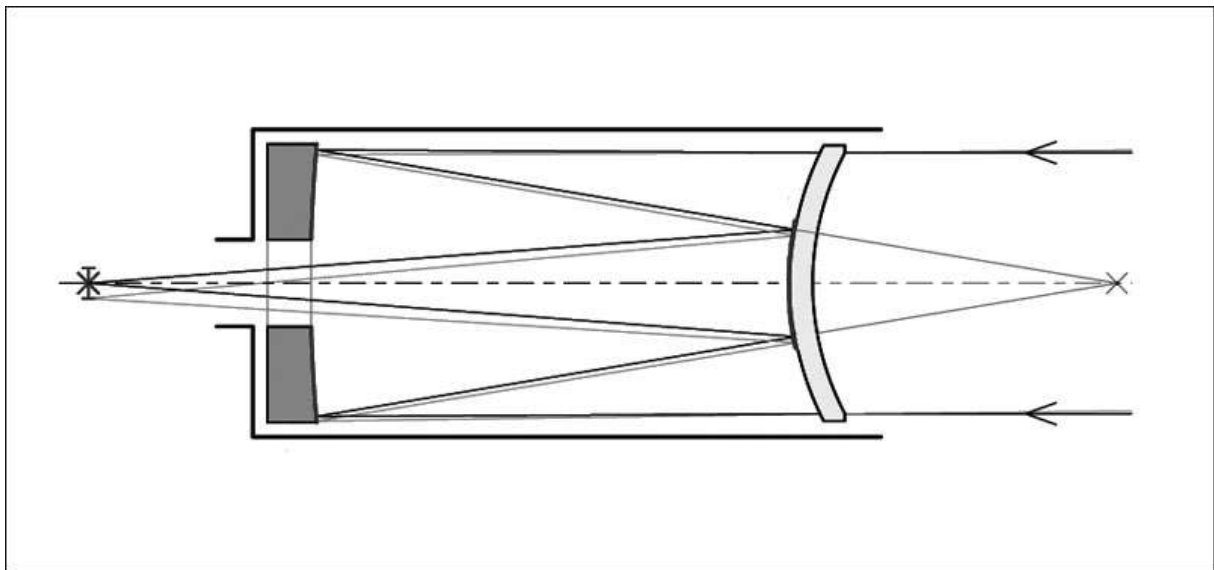


Figura 8- Representação esquemática de um telescópio Makutov-Cassegrain.

Bibliografia

- Mayall, N.U. (1946). Bernhard Schmidt and his coma-free reflector. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 58 (244): 282-290.
- Mürsepp, P-V. (1968) Bernhard Schmidt, remarkable optician of the XXe siècle. L'Astronomie, Vol. 82: 275-283.
- Opik, E.J. (1955). Bernhard Schmidt (1893-1935). Irish Astronomical Journal, Vol. 3 (8): 237-240.

FRANK ELMORE ROSS (1874-1960) E O *ATLAS OF THE NORTHERN MILKY WAY*

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Frank Elmore Ross nasceu em São Francisco em 2 de Abril de 1874. Estudou na Universidade da Califórnia onde obteve o grau de *Bachelor of Science* em 1896. Após terminar os seus estudos ensinou matemática e física durante o período de um ano na Academia Militar de *Mount Tamalpais* tendo regressado à Universidade da Califórnia como estudante graduado (no primeiro ano com uma bolsa de estudos em Berkeley e durante o segundo com uma ligação ao observatório de Lick). Antes de terminar a sua tese de doutoramento na mesma Universidade (1901), foi Professor de matemática na Universidade do Nevada. Após os estudos graduados, Ross realizou um extenso trabalho sobre as perturbações orbitais de alguns asteróides, trabalhou como colaborador do *Nautical Almanac* e durante dois anos foi investigador da *Carnegie Institution* (Washington). Trabalhou igualmente sob a orientação de Simon Newcomb (1835-1909) em problemas relacionados com órbitas lunares e planetárias. Efectuou o cálculo preciso da órbita do Phoebe, nono satélite de Saturno. Estes resultados foram publicados nos Anais do observatório de Harvard em 1905 e constituem a primeira publicação de Ross como primeiro autor.

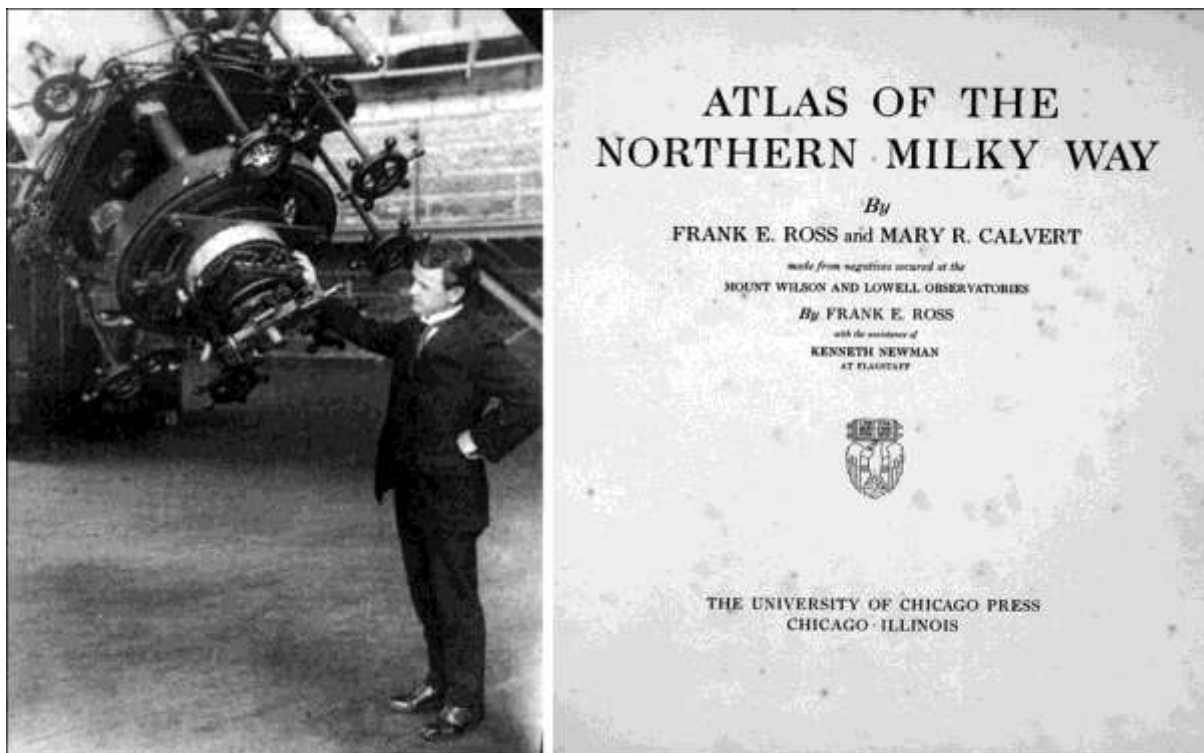


Figura 1- Frank E. Ross (1925) junto ao telescópio refractor de 40" do observatório de Yerkes (esquerda). *Atlas of the Northern Milky Way (Part I)*, exemplar existente na biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa (direita).

Em 1905 assume a direcção do *International Latitude Observatory*, cargo que ocupa durante um período de dez anos. Completa o cálculo das órbitas de dois satélites de Júpiter e publica os resultados em duas revistas da especialidade (*Lick observatory* e *Astronomische Nachrichten*). Realiza igualmente estudos muito precisos de determinação da latitude recorrendo ao uso de telescópios zenitais recorrendo a técnicas fotográficas e estuda os movimentos do pólo terrestre.

Em 1915, muda-se para Rochester, onde durante um período de nove anos trabalha para a *Eastman Kodak Company*. Publica numerosos artigos sobre as características das emulsões fotográficas, sobretudo relacionados com as distorções das imagens com consequências importantes nas reduções astrométricas. Durante a Primeira Guerra Mundial, Ross desenvolve uma objectiva com quatro elementos que foi utilizada inicialmente em fotografia aérea e mais tarde em fotografia astronómica. A descrição desta objectiva, conhecida mais tarde como lente de Ross, foi após o final da Guerra, publicada com a permissão da *Kodak*. Em 1925, a *Eastman Kodak Company*

publica uma monografia que sintetiza o trabalho de Ross: *The Physics of the Developed Photographic Image*, que foi uma referência essencial durante algumas décadas.

Ross desenhou igualmente algumas objectivas (dobletes acromáticos) com relações focais de $f/7$ e um campo plano com um diâmetro de cerca de 20° . Estes instrumentos fotográficos foram usados em diversos observatórios com excelentes resultados.

Em 1924, Ross integra a equipa do observatório de Yerkes, ocupando o lugar deixado vago por Edward Emerson Barnard (1857-1923). Durante um período de vários anos realiza numerosas fotografias de grande campo, auxiliado pela sobrinha de Barnard, Mary Ross Calvert (1874-1974) que estava familiarizada com a enorme colecção de fotografias de grande campo realizadas por Barnard. Estas imagens foram publicadas em 1927 (5 anos após o desaparecimento de Barnard) no monumental *Atlas of Selected Regions of the Milky Way*. As imagens que constituem este Atlas foram realizadas com o telescópio astrofotográfico de Bruce composto por duas câmaras distintas: (i) *Brashear* 250 mm $f/5$; (ii) *Vöigtlander* 16 mm $f/5$ e uma luneta guia de 125 mm de abertura. O astrógrafo principal utilizava chapas fotográficas de 30 x 30 cm com uma escala de $13,5 \times 13,5^\circ$.

Ross decide repetir as astrofotografias de grande campo realizadas por Barnard após um período de vinte anos, com a intenção de estudar as alterações de posição e magnitude de estrelas. Recorrendo à utilização de um *Blink Comparator*, descobre inúmeras estrelas variáveis bem como estrelas com um elevado movimento próprio. Estas descobertas foram publicadas regularmente na revista *Astronomical Journal*. Em 1931 a lista ascendia a 379 estrelas variáveis e 869 estrelas com movimento próprio considerável.

Durante a oposição de Marte ocorrida em 1926, realiza numerosas fotografias com o telescópio de 60" do observatório do Monte Wilson bem como com o refractor de 36" do observatório de Lick. Em 1927 visita de novo o observatório do Monte Wilson para fotografar o planeta Vénus. As suas fotografias de Vénus na região do ultravioleta registaram pela primeira vez diversas marcas bem definidas na atmosfera deste planeta.

Em 1927 desenvolve uma câmara astrofotográfica com uma objectiva de 3" e mais tarde em 1930 descreve uma câmara de 5" com as mesmas características. Com o auxílio destas objectivas foi possível registar imagens de grande campo num chapa fotográfica de $14 \times 14"$ (40×40 cm). Com o intuito de corrigir uma ligeira curvatura do campo, Ross pressionou as chapas, nas suas extremidades, com o auxílio de quatro parafusos. Ross usou estas objectivas no observatório de Monte Wilson e no observatório de Lowell. Pode deste modo realizar uma extensa cobertura de grande campo da região Norte da Via Láctea. Surge assim o *Atlas of the Northern Milky Way* publicado em dois volumes em co-autoria com Maria R. Calvert (1934 e 1936) e com a assistência de Kenneth Newman. Este Atlas constituiu durante algum tempo um documento essencial para o estudo da estrutura da nossa Galáxia (Figura 1 a 5).

TABLE I DATA ON PLATES								TABLE II CO-ORDINATES OF CORNERS OF PLATES (1835)										
No.	Coordinates of Center 1880		Relative Coordinates 1880		Exp- sure Center	Observatory	Date	Exp. Time	Plate	No.	Lower Right		Lower Left		Upper Right		Upper Left	
	α	δ	α	β							α	δ	α	δ	α	δ	α	δ
1	16 ^h 50 ^m	-54 ^o 12'	318 ^o	+ 3"		Flagstaff	1931 May 20	35"	Imp. Ecl.	1	16 ^h 50 ^m	-54 ^o 10'	17 ^h 03 ^m	-44 ^o 13'	10 ^h 11 ^m	-22 ^o 16'	17 ^h 43 ^m	-23 ^o 10'
2	16 10	-28 3	316	+14		"	" May 18	3	"	2	15 17	-37 9	17 3	-38 2	15 06	-17 6	16 34	-37 7
3	17 4	-27 9	324	+5		"	" May 24	2 5	"	3	16 10	-27 7	17 07	-37 8	16 10	-16 7	17 48	-16 8
4	17 50	-28 8	320	-5		"	" May 25	3	"	4	17 4	-28 7	18 51	-28 7	17 14	-17 4	18 48	-17 7
5	16 24	-21 0	304	+17		Mt. Wilson	1933 June 23-24	5	E. 30	5	15 34	-30 8	17 15	-31 3	15 42	-9 7	17 9	-30 1
6	17 54	-15 5	309	+7		"	" June 21	4	"	6	16 47	-25 6	18 20	-25 8	16 52	-4 2	18 18	-4 8
7	18 12	-15 3	344	-1	134	"	1931 July 15	4	Imp. Ecl.	7	17 00	-25 3	18 07	-25 8	17 38	-4 2	18 53	-4 8
8	18 47	-15 5	362	-0		"	1933 July 31	4	E. 30	8	18 1	-25 8	19 38	-25 9	18 6	-4 5	19 30	-5 0
9	17 54	-0 3	352	+14	100	"	1931 June 10	4	Imp. Ecl.	9	16 31	-10 8	18 30	-11 2	16 53	+10 5	18 17	+10 2
10	18 20	+0 4	330	+2	130	"	" July 13	4	"	10	17 40	-10 1	19 14	-10 5	17 48	+11 1	19 14	+10 8
11	19 31	-0 8	6	-11	111	"	" July 10	4	"	11	18 50	-10 5	20 10	-11 0	18 52	+10 6	20 18	+10 2
12	18 15	+13 7	0	+13	80	"	" June 10	4	"	12	17 08	+3 0	18 34	+4 7	17 25	+24 5	18 59	+25 8
13	18 9	+13 0	17	+1	87	"	" July 17	4	"	13	18 07	+4 3	19 51	+4 0	18 23	+25 5	19 56	+25 0
14	20 5	+15 0	23	-10	88	"	" Aug. 9	4	"	14	19 24	+4 8	20 40	+4 6	19 41	+25 2	20 51	+24 0
15	19 0	+28 0	28	+0	63	"	" June 15	3 2	"	15	18 13	+17 9	19 44	+17 5	18 7	+29 0	19 55	+28 3
16	18 38	+29 0	55	-2	64	"	" July 15	3 0	"	16	19 12	+10 0	20 42	+18 5	19 5	+40 3	20 55	+39 5
17	20 17	+29 3	45	+1		Flagstaff	1929 Oct. 13	3	"	17	19 20	+28 4	21 5	+28 8	19 16	+40 3	21 21	+48 8
18	23 36	+36 3	63	-2		"	" Oct. 14	3	"	18	20 41	+30 5	22 50	+30 0	20 14	+59 2	22 32	+59 0
19	22 12	+55 0	71	0		"	" Oct. 18	3	"	19	21 18	+45 0	23 8	+44 8	20 59	+64 7	23 51	+64 3
20	22 33	+38 2	84	-3		"	" Oct. 17	3	"	20	22 20	+40 7	0 55	+40 8	22 7	+60 8	1 43	+66 4

Figura 2- Tabelas I e II (*Atlas of the Northern Milky Way – Part I*).

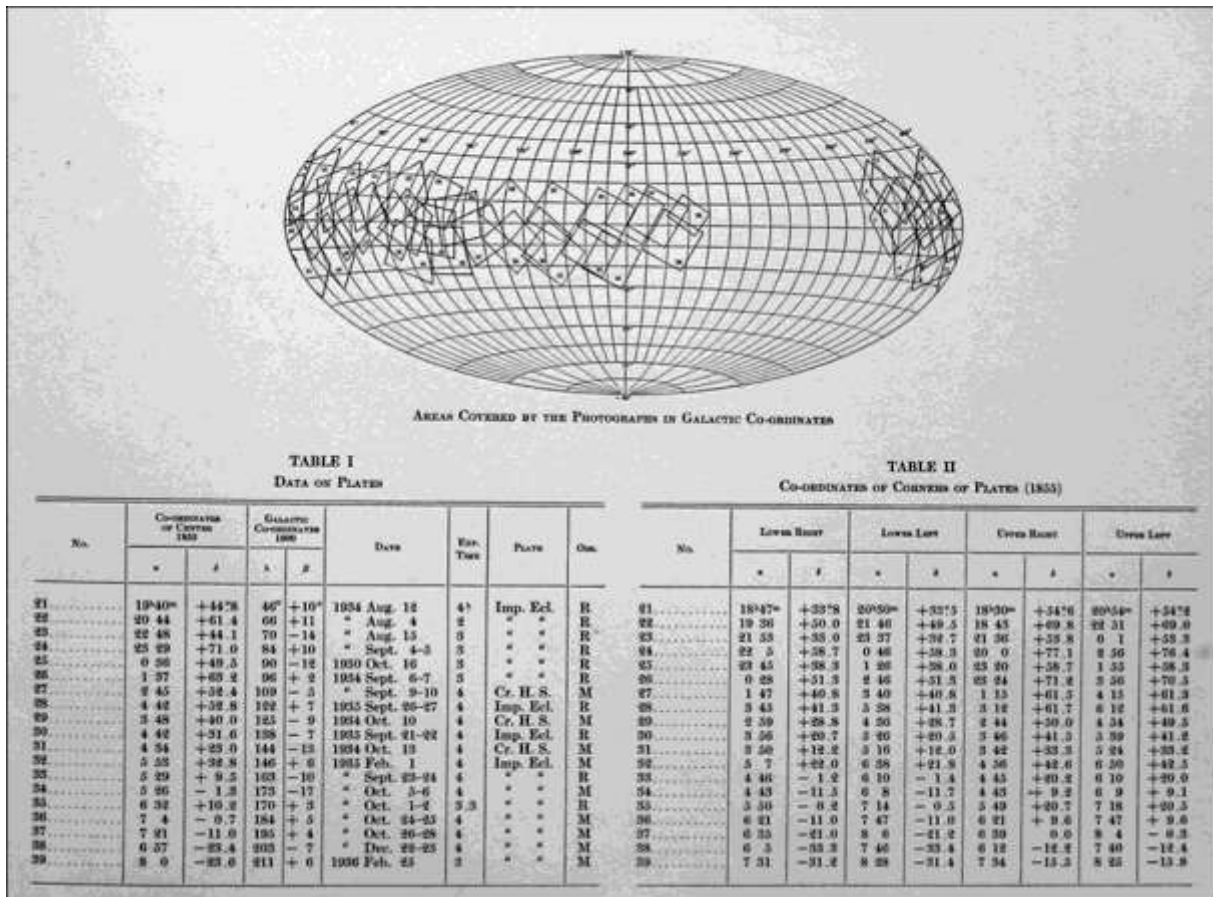


Figura 3- Áreas cobertas (*Atlas of the Northern Milky Way*) e Tabelas I e II (*Atlas of the Northern Milky Way – Part II*).

No primeiro volume do Atlas, é descrito o equipamento e as técnicas utilizadas:

The negatives from which these prints have been made were secured with a lens of 5 inches aperture and 35 inches focal length, designed by F.E. Ross, constructed by J.W. Fecker, and now property of the Mount Wilson Observatory. At Flagstaff the camera was attached to the mounting of the 13-inch reflector, at Mount Wilson to the 10-inch Cooke mounting. (...) Numerous check plates were taken by Mr. Newman at Flagstaff with a 2.5-inch Zenar lens of 14 inches focus, which have been helpful in verifying doubtful objects. The prints were made by contact printing from a second negatives. Both first positives and second negatives were similarly made by contact printing on Eastman Process plates, a method which eliminates distortion of projection copying. It is planned to publish the Atlas in two parts. The first covers, in twenty plates, the Milky Way and its environs, from Sagittarius to Cepheus. The second part, containing an equal number of plate, which is hoped will be published soon, will extend from Cygnus to Argo, and will be arranged for inclusion in the present folder. (...) In nearly all cases the limiting magnitude, in the region near the center of the field, is, on the original negative, 17.0. The loss in the paper prints is 0.5 magnitude. There is considerable loss at the corners of the field, due to the vignetting action of the lens.



Figura 4- Plate 2, *Atlas of the Northern Milky Way - Part I.*

Em 1939, Ross reforma-se mas continua a trabalhar para o observatório de Monte Wilson como consultor de óptica. Neste período e até ao seu desaparecimento, desenvolve numerosas objectivas fotográficas e correctores de campo que foram utilizados em câmaras de Schmidt, em particular no telescópio de Schmidt de 40" do observatório de Monte Palomar. Desenha ainda alguns componentes ópticos que viriam a equipar o telescópio de 5 m do mesmo observatório (Figura 6).



Figura 5- Plate 17, *Atlas of the Northern Milky Way- Part I.*

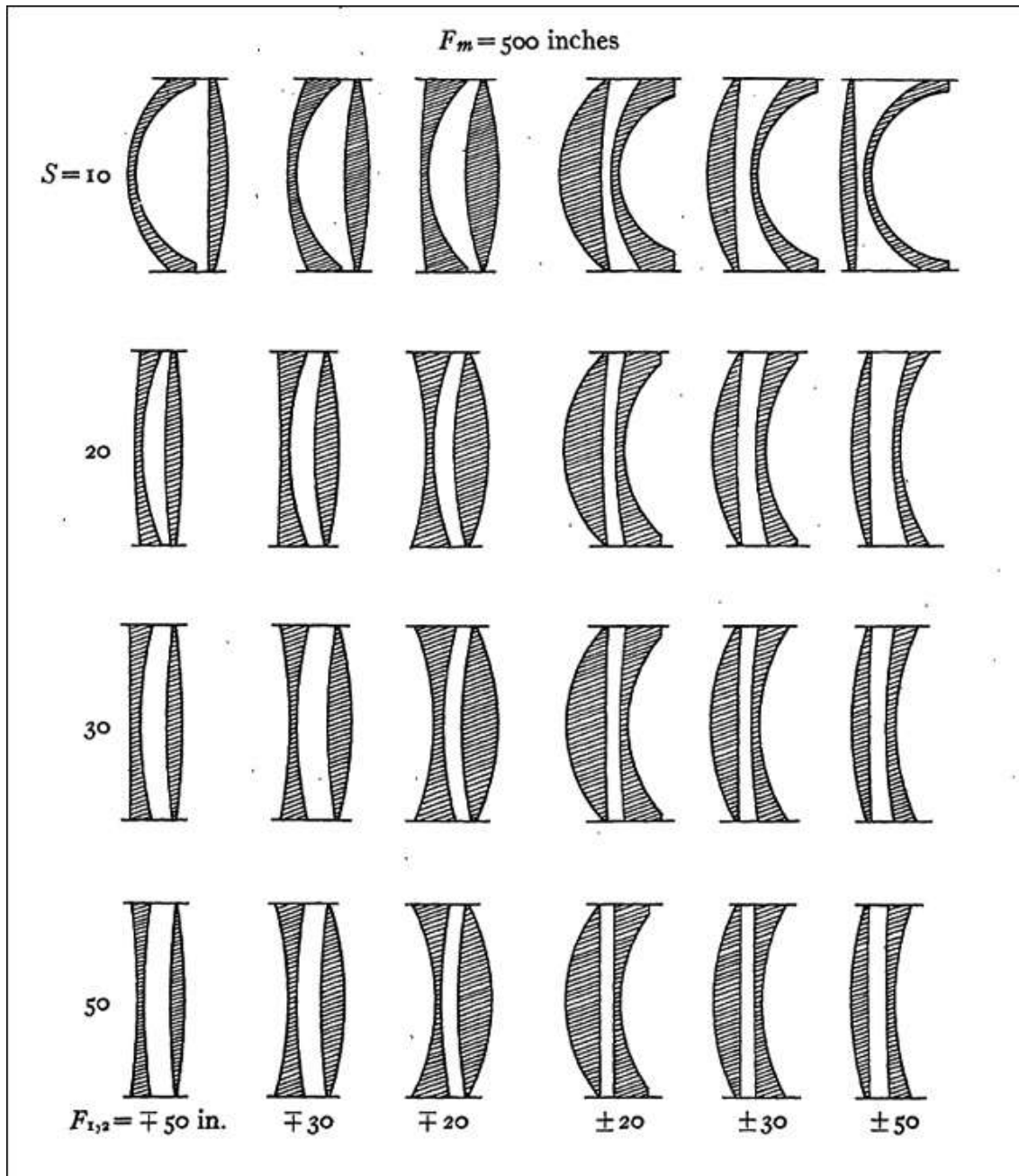


Figura 6 - Correctores de coma desenhados por F.E. Ross (1935).

Bibliografia

- Ross, F.E., M.R. Calvert, K. Newman (1934-1936). *Atlas of the northern Milky Way (Part I and Part II)*. The University of Chicago Press.
- Ross, F.E. (1935). Correcting Lenses for Refractors. *Astrophysical Journal*, vol. 76: 184-201.
- Ostrerbrock, D.E. (1997). *Yerkes Observatory 1892-1950. The birth, near death, and resurrection of a scientific research Institution*. The University of Chicago Press.

EUGÉNIO CONCEIÇÃO SILVA (1903-1969), PAI DA ASTRONOMIA DE AMADORES EM PORTUGAL

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>

Eugénio Conceição Silva (1903-1969) completou o curso de oficial da marinha de guerra portuguesa com 23 anos de idade. Após ter efectuado diversas comissões nos mares da China, foi professor da Escola Naval, onde ensinou matemática, electricidade, hidrografia, instrumentação e balística (a sua principal especialidade). Em 1948 é nomeado director do Laboratório de Explosivos e cria a oficina de óptica da Armada. Esta última permitiu à marinha portuguesa realizar diversos trabalhos na área da instrumentação óptica inovadores à época em Portugal. No final da década de 40 realiza alguns trabalhos de investigação nos campos da artilharia, balística e explosivos.

A par desta actividade profissional Eugénio Conceição Silva é talvez mais conhecido por ter sido um astrónomo amador e um astrofotografo reconhecido internacionalmente (Figura 1). Nas décadas de 40 e de 50 realizou numerosas observações (sobretudo de estrelas variáveis e de estrelas duplas) bem como centenas de astrofotografias que foram publicadas em diversas obras especializadas. Em 1954 foi-lhe atribuído o prémio anual da Sociedade Astronómica de França (ex-aequo com o astrónomo francês Jean Texereaux) e cinco anos mais tarde foi-lhe atribuído outro prémio conferido pela "Agrupacion Astronómica de Aster" (Barcelona). Escreveu diversos artigos na revista portuguesa de divulgação "Átomo"⁸⁵, publicou um livro sobre o sistema solar⁸⁶ e orientou a publicação da tradução portuguesa da obra "Astronomia" de Karl Strumpff, tendo igualmente realizado o prefácio da referida obra. Participou em diversas reuniões internacionais em Paris, Roma e Moscovo.



Figura 1- Eugénio Correia da Conceição Silva (1903-1969). Gravura do telescópio reflector Newton/Cassegrain com 500 mm de abertura que construiu e instalou num observatório situado no Alfeite.

⁸⁵ A rotação da Terra. *Átomo*, 19500228; Vamos construir um telescópio? I. *Átomo*, 19500430; Vamos construir um telescópio? II. *Átomo*, 19500530; Vamos construir um telescópio? III. *Átomo*, 19500730; O observatório astronómico do Alfeite. Obra admirável de um amador que construiu o maior telescópio existente em Portugal. *Átomo*, 19500930; Vamos construir um telescópio? IV. *Átomo*, 19501130; Vamos construir um telescópio? VI. *Átomo*, 19510130; A visita ao observatório astronómico do Alfeite. *Átomo*, 19510430; A segunda visita promovida por "Átomo" ao observatório do Alfeite. 19510530; Construção de oculares. I. *Átomo*, 19520229; Visitas de "Átomo" ao observatório do Alfeite. *Átomo*, 19521130; Viagens interplanetárias. I- Fantasias e realidades. *Átomo*, 19530228; Viagens interplanetárias. II- Métodos clássicos, foguetões e fontes de energia. *Átomo*, 19530330; Viagens interplanetárias. III- Considerações finais ou uma hipótese que se mantém sem resposta imediata. *Átomo*, 19530430; Mercúrio passou em frente ao Sol. *Átomo*, 19531130.

⁸⁶ Silva, E.C. (1944). *O Sistema Solar*. Biblioteca Cosmos, 74/75: 194pp.

Em 2000 foi concluída, com a colaboração da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, a reconstrução de um observatório astronómico situado em Belém no recinto do Planetário Calouste Gulbenkian e do Museu de Marinha. A este observatório, cuja inauguração foi incluída nas comemorações do 35º aniversário do Planetário Calouste Gulbenkian, foi dado o nome do Comandante Eugénio Conceição Silva (Figura 2). E.C. Silva colaborou activamente nos estudos preparatórios que conduziram à abertura em 1965 do Planetário Calouste Gulbenkian, de que foi o primeiro director, até ao seu falecimento em 1969 (Figura 3). São de sua autoria os textos das primeiras sessões públicas que se realizaram naquela Instituição. Criou igualmente uma oficina de óptica no Planetário onde foram construídos inúmeros telescópios reflectores (óptica e mecânica) com a colaboração de um dos primeiros conferencistas (Joaquim Garcia, 1934-1998).



Figura 2- Observatório Comandante Conceição Silva, inaugurado em 25 de Outubro de 2000.



Figura 3- Planetário Calouste Gulbenkian (imagem obtida em 2002).

Foi igualmente Presidente do Conselho do Centro de de Estudos Aeronáuticos, representante em Portugal da Federação Internacional de Astronáutica, o que evidencia o interesse que nutria por estas matérias.

Ao longo de mais de 25 anos, E.C. Silva acumulou milhares de observações astronómicas bem como centenas de astrofotografias de excelente qualidade. Algumas destas imagens e observações foram publicadas em livros de astronomia (e.g. Sagot, R., J. Texerau, 1963, *Revue des constellations* e Paul, E.H. 1970, *Outer Space Photography*) bem como em algumas revistas da especialidade (*L'Astronomie- Bulletin de la Société Astronomique de France* e *Journal des observateurs- Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Marseille*).

As primeiras observações astronómicas foram realizadas com uma luneta astronómica por ele construída. Mais tarde foi construindo diversos telescópios reflectores que utilizou regularmente (aberturas de 100 mm e 500 mm). O telescópio que construiu com 500 mm de abertura era na época o maior da Península Ibérica. Sobre este instrumento foram publicados diversos artigos nomeadamente na revista francesa *L'Astronomie* (Janeiro de 1951) e *Scientific American* (Setembro de 1952)⁸⁷ (Figura 4).

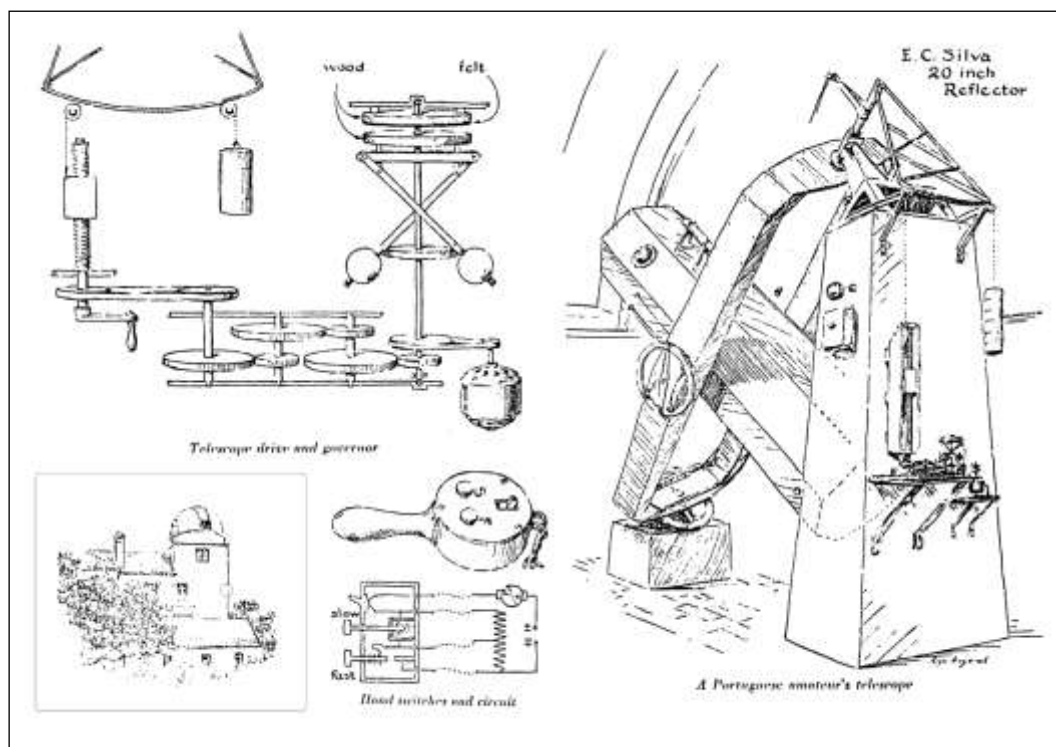


Figura 4- Telescópio reflector Newton Cassegrain F/6, F/18 construído pelo Comandante E.C. Silva. Imagens extraídas do artigo publicado na revista *Scientific American* em 1952.

O telescópio de 500 mm foi instalado numa cúpula com 5,5 m de diâmetro edificada num anexo da sua residência na base do Alfeite. A cúpula rodava manualmente apoiada sobre 13 rolamentos. As primeiras observações com este instrumento datam de 1950. O espelho principal e secundário bem como a montagem equatorial foram construídas pelo Comandante Comceição Silva ao longo de 4 anos (1946/1950). A montagem em berço inglês não permitia a realização de observações próximo do pólo celeste Norte, apenas era possível atingir uma declinação de 75 graus N. O berço e o tubo com uma secção octogonal foram construídos em contraplacado de 1" reforçado. O telescópio podia ser usado no foco principal (f/6) ou no foco Cassegrain (f/18) atingindo-se ampliações superiores a 800x nesta configuração.

A construção do espelho principal foi efectuada com uma ferramenta de 300 mm de diâmetro de acordo com as instruções descritas na obra *Amateur Telescope Making-Advanced*⁸⁸. A parabolização do espelho principal foi efectuada recorrendo ao teste de Focault⁸⁹. E.C. Silva refere que os primeiros testes efectuados com o telescópio foram coroados de sucesso tendo atingido facilmente uma magnitude limite de 15,5 (visual). O movimento sideral da montagem equatorial de berço foi assegurado por um sector que por sua vez era accionado por um centrifugador. Durante uma sessão de observação visual ou fotográfica era possível efectuar pequenos ajustes do movimento sideral acelerando ou reduzindo ligeiramente a velocidade de rotação do centrifugador.

⁸⁷ About the fine telescope of a Portuguese navy officer

⁸⁸ Ingalls, A.G. (1946). *Amateur Telescope Making – Advanced*: 650pp.

⁸⁹ No artigo publicado na revista *Scientific American* é referido que o espelho sofria de um defeito ligeiro de sub-correcção.

O instrumento era munido de um porta chapas fotográficas que permitia efectuar correcções manuais nos eixos de Ascensão Recta e Declinação durante uma exposição de longa pose. O sua concepção foi inspirada no modelo descrito na obra Lunetes et Telescopes⁹⁰. Este instrumento encontra-se actualmente em exposição nas galerias do Planetário Calouste Gulbenkian (Figura 5).



Figura 5- Telescópio de 500mm construído e utilizado pelo Comandante Conceição Silva, actualmente em exposição permanente nas galerias do Planetário Calouste Gulbenkian.

Entre os anos de 1950 e 1956 E.C. Silva realiza numerosas fotografias astronómicas de longa pose no foco principal (f/6) do telescópio de 500 mm. As primeiras imagens realizadas em 1950/1951 foram obtidas recorrendo a chapas Superfulgur. O tempo de total de exposição neste período variou entre 60 e 240 min. Em 1952/1953 são realizadas algumas astrofotografias com Chapas Kodak Super XX e a partir de 1953 quase todas as astrofotografias são obtidas recorrendo ao uso das emulsões espectroscópicas da Kodak (103 aO e 103 aE). Neste período as condições de observação no observatório do Alfeite não eram ainda muito afectadas pela poluição luminosa proveniente da cidade de Almada e de Lisboa. Por este motivo as imagens de objectos do céu profundo eram realizadas sem recorrer ao uso de quaisquer filtros. A partir de 1956 foi necessário usar filtros (Kodak W24) uma vez que a poluição luminosa era mais intensa. As ultimas imagens obtidas com o telescópio de 500 mm datam de 1957 e são realizadas com chapas Kodak OaO e OaE com tempos de exposição de 60 a 300 min. O maior tempo de exposição registado diz respeito a uma imagem da nebulosa NGC7000 (475 min), tendo as imagens sido realizadas em 4 noites distintas⁹¹.

A grande maioria das astrofotografias obtidas pelo Comandante Conceição Silva foram estão hoje reproduzidas num Cd-Rom editado pela Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores e compilado pelo autor⁹² (Figura 6). Estas imagens destacam-se ainda hoje pela sua elevada beleza e riqueza de pormenor. O Comandante Conceição Silva foi um dos pioneiros da astrofotografia em Portugal tendo servido de inspiração a diversas gerações de astrónomos amadores e de astrofotógrafos. Pode por este motivo afirmar-se sem qualquer margem para dúvidas que o Comandante E.C. Silva foi o pai da astronomia de amadores em Portugal.

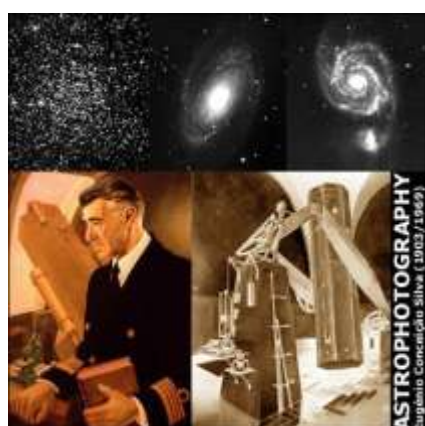


Figura 6- Astrophotography by Eugénio Conceição Silva (1903/1969) (CD-Rom editado pela Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores e compilado por Pedro Ré).

⁹⁰ Danjon, A., A. Couder (1935), Lunetes et Telescopes. Editions de la Revue d'Optique Theorique et Instrumental, Paris.

⁹¹ Cf. <http://astrosurf.com/re/silva.html>

⁹² Astrophotography by Eugénio Conceição Silva (1903/1969) (CD-Rom)

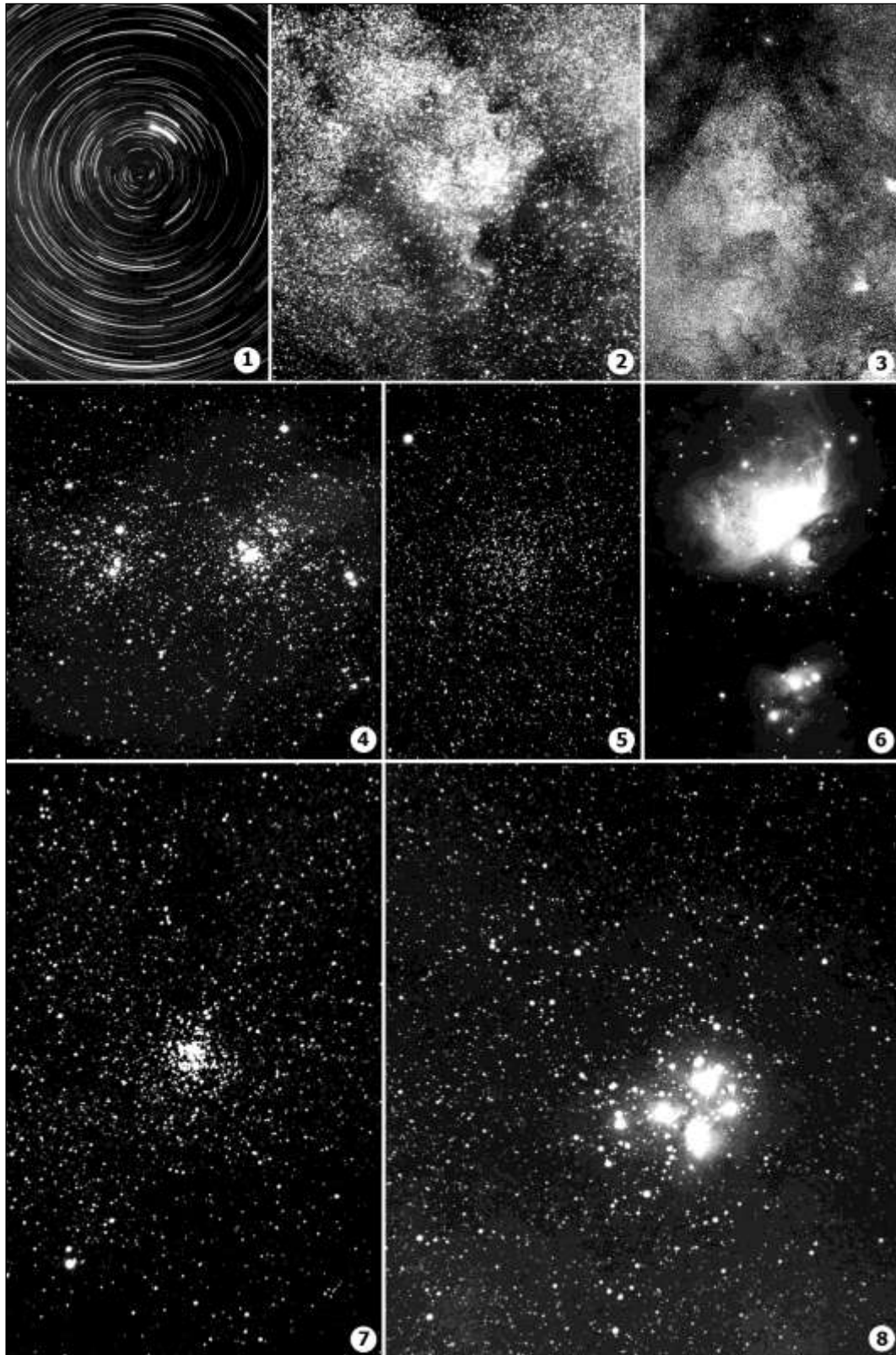


Figura 7- Astrofotografias obtidas por E.C. Silva (1940/1946): 1- Região circumpolar, Objectiva Hermagis 500 mm f/4.5, Agfa Isochrom, 145 min, 19430202; 2- NGC 7000, Objectiva Hermagis 500 mm f/4.5, Ilford, 450 min, 19400226/27/28/29; 3- Via Láctea em Scutum, Objectiva Hermagis 500 mm f/4.5, Agfa Isochrom, 180 min, 19420611; 4- Enxame duplo em Perseus, telescópio reflector 300 mm f/5.8, 60 min, 19451101; 5- M 46, telescópio reflector 300 mm f/5.8, 105 min, 19460222; 6- M 41, telescópio reflector 300 mm f/5.8, 144 min, 19460105/06; 7- M 11, telescópio reflector 300 mm f/5.8, 80 min, 19460619; 8- M 45, Objectiva Hermagis 500 mm f/4.5, Ilford Super Press Double XX, 270 min, 19401124/25.

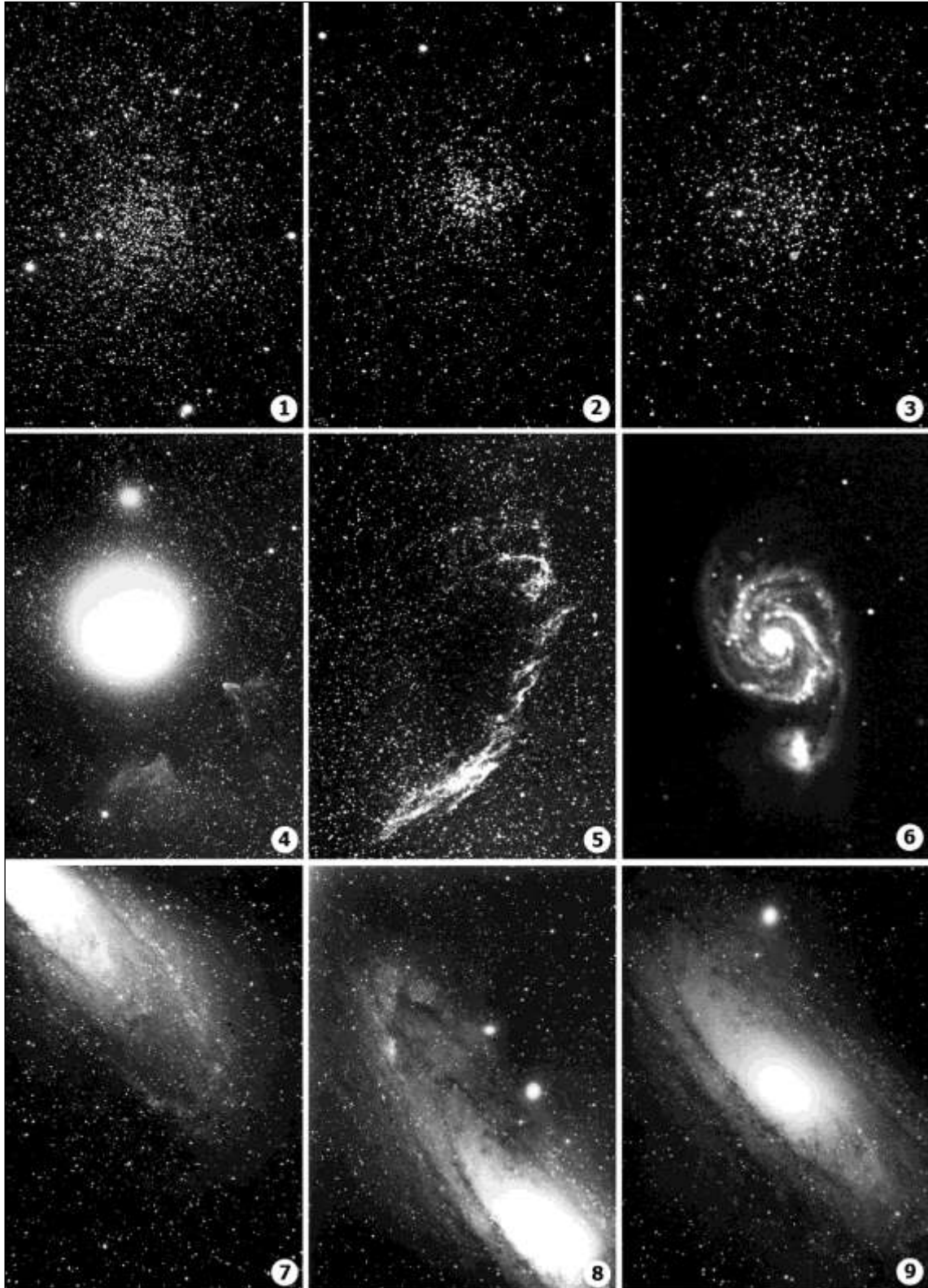


Figura 8- Astrofotografias obtidas por E.C. Silva (1950/1953): 1- NGC 7789, telescópio refletor 500 mm f/6, Superfulgur, 120 min, 19501115; 2- M 37, telescópio refletor 500 mm f/6, Superfulgur, 90 min, 19501115; 3- M 46, telescópio refletor 500 mm f/6, Superfulgur, 120 min, 19510101; 4- IC 59/63, telescópio refletor 500 mm f/6, Superfulgur, 180 min, 19531109; 5- NGC 6992, telescópio refletor 500 mm f/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19530802; 6- M 51, telescópio refletor 500 mm f/6, Kodak 103 aO, 150 min, 19530514; 7- M 31, telescópio refletor 500 mm f/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19531228; 8- M 31, telescópio refletor 500 mm f/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19531226; 9- M 31, telescópio refletor 500 mm f/6, Kodak Superfulgur, 300 min, 19531110/11.

MAIN REFERENCES

- Bajac, Q., A. de G. Saint-Cyr (2000). Dans le champ des étoiles. Les photographes et le ciel (1850-2000). Éditions de la Réunion des musées nationaux.
- Barnard, E.E. (1905). The Bruce photographic telescope of the Yerkes Observatory. *Astrophysical Journal*, 21: 35-48
- Barnard, E.E. (1913). Photographs of the Milky Way and of Comets. *Publications of Lick Observatory*, vol. 11.
- Barnard, E.E. et al. (1927). A Photographic Atlas of Selected Regions of the Milky Way. Carnegie Institution of Washington.
- Batten, A.H. (1988). Resolute and undertaking characters: The lives of Wilhelm and Otto Struve. D. Reidel Publishing Company.
- Baume Pluvial, A. de la (1908). Jules César Janssen. *The Astrophysical Journal*, an international review of spectroscopy and astronomical physics. Vol 28 (2): 89-99.
- Becker, B. J. (1993). Eclecticism, Opportunism, and the Evolution of a New Research Agenda: William and Margaret Huggins and the Origins of Astrophysics. PhD dissertation, The Johns Hopkins University.
- Brothers, A. (1866). Celestial photographie. *Astronomical Register*, 4 (25): 34-38, 62-66.
- Campbell, W.W. (1900). James Edward Keeler. *The Astrophysical Journal*, Volume 12 (4): 239-253.
- Gingerich, O. (ed) (1984). The general History of Astronomy. *Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950*. Cambridge University Press.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part I). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 415: 8pp.
- Hardie, R. (1964). The early life of E.E. Barnard (Part II). *Astronomical Society of the Pacific*, Leaflet No. 416: 8pp.
- Hoffleit, D. (1950). Some firsts in astronomical photography. *Harvard College Observatory*, Cambridge Massachusetts: 39pp.
- Hoffleit, D. (1950). The first stellar photograph. *Sky and Telescope*, July issue: 207-210.
- Huggins, W. (1856). "Description of an Observatory erected at Upper Tulse Hill," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 16 : 175-176.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863) - Note on the Lines in the Spectra of some of the fixed stars. *Proceedings of the Royal Society*, 12: 444-445.
- Huggins, W., W.A. Miller (1863) - On the Spectra of some Fixed Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 13: 242-244.
- Huggins, W., A. Miller (1864). On the Spectra of some fixed stars. *Philosophical Transactions*, 154: 413-435
- Huggins, W. (1876). Note on the Photographic Spectra of Stars. *Proceedings of the Royal Society*, 25: 445-446.
- Huggins, W. (1897) - The New Astronomy: a Personal Retrospect. *The Nineteenth Century* 41: 907-29.
- Huggins, W., M. Huggins (1889) – On the Spectrum of the Great Nebula in Orion. *Proceedings of the Royal Society*, 46: 50.
- Huggins, W., M. Huggins (1889). An Atlas of Representative Stellar Spectra from λ 4870 to λ 3300. William Wesley and Son: London.
- Huggins, W. (1909). *The Scientific Papers of Sir William Huggins [with Margaret Huggins]* William Wesley and Son: London.
- James, S.H.G. (1993). Dr Isaac Roberts (1829-1904) and his observatories. *Journal of the British Astronomical Association*, vol.103, no.3, p.120-122.
- Keeler, J.E. (1890). On the Chromatic Aberration of the 36-inch Refractor of the Lick Observatory. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 2, No. 9: 160-165.
- Keeler, J.E. (1894). Spectroscopic observations of Nebulae, made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch Telescope of the Lick Observatory. *Publications of the Lick Observatory*, 3: 161-231.
- Keeler, E.J. (1895). A Spectroscopic Proof of the Meteoric Constitution of Saturn's Rings. *Astrophysical Journal*, vol. 1: 416-428.
- Keeler, J.E. (1900). On the Predominance of Spiral Forms among the Nebulae. *Astronomische Nachrichten*, volume 1: 1-4.
- Keeler, J.E. (1900). The Crossley Reflector of the Lick Observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 11: 325-353.
- Keeler, J.E. (1908). Photographs of nebulae and clusters made with the Crossley reflector. *Publications of Lick Observatory*, Vol. 8.
- King, H.C. (1955). *The history of the telescope*. Diver Publications Inc.
- Lankford, J. (1984). The impact of photography on astronomy. In *The general history of astronomy*, Vol. 4- *Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A*.

- Launay, F. (2000). Jules Janssen et la photographie. In *Dans le champ des étoiles. Les photographes et le Ciel 1850-2000*. Paris, Éditions de la Réunion des Musées nationaux.
- Mayall, N.U. (1946). Bernhard Schmidt and his coma-free reflector. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 58 (244): 282-290.
- Mürsepp, P-V. (1968) Bernhard Schmidt, remarquable opticien du XXe siècle. *L'Astronomie*, Vol.82: 275-283.
- Mouchez, A. E. (1887). *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la carte du ciel*. Paris, Gauthier-Villars.
- Opik, E.J. (1955). Bernhard Schmidt (1879-1935). *Irish Astronomical Journal*, Vol. 3 (8): 237-240.
- Osterbrock, D. E. (1984). James E. Keeler: Pioneer American Astrophysicist and the Early Development of American Astrophysics. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Osterbrock, D.E. (1984). The rise and fall of Edward S. Holden: Part 1 and 2. *Journal of the History of Astronomy*, XV: 81-176.
- Osterbrock, D.E. (1988). *Eye on the Sky: Lick Observatory's First Century*. Berkeley, California: University of California Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). Pauper & Prince. Ritchey, Hale & big American telescopes. The Universe of Arizona Press.
- Osterbrock, D.E. (1993). The Canada-France-Hawaii Telescope and George Willis Ritchey's Great Telescopes of the Future. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 87 (1): 51-63.
- Osterbrock, D.E. (1997). Yerkes observatory (1892-1950). The Birth, Near Death, and Resurrection of a Scientific Research Institution. The University of Chicago Press.
- Sheehan, W. (1995). *The Immortal Fire Within: The Life and Work of Edward Emerson Barnard*. Cambridge University Press, ISBN 0 521 44489 6.
- Rayet, M.G. (1887). *Notes sur l'histoire de la photographie astronomique*. Gauthier-Villars, Paris.
- Ré, P. (2007). Isaacs Roberts (1829-1904), pioneiro da astrofotografia. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 32 (Setembro/Dezembro 2007)
- Ré, P. (2007). Eugénio Conceição Silva (1903-1969), pai da astronomia de amadores em Portugal. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 32 (Setembro/Dezembro 2007).
- Ré, P. (2008). William Edward Wilson (1851-1908) e o observatório de Daramona. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).
- Ré, P. (2008). O primeiro daguerreótipo de uma estrela. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 33 (Janeiro/Abril 2008).
- Ré, P. (2008). James Edward Keeler (1857-1900), Pioneiro da Astrofísica e da Astrofotografia. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 34 (Maio/Agosto 2008).
- Ré, P. (2008). Edward Emerson Barnard (1857-1923), um dos maiores observadores de todos os tempos. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 34 (Maio/Agosto 2008).
- Ré, P. (2008). Jules Janssen (1824-1907) e a fotografia solar. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 35 (Setembro/Dezembro 2008)
- Ré, P. (2008). O primeiro atlas fotográfico da Lua. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, nº 35 (Setembro/Dezembro 2008).
- Ré, P. (2008). Amédée Mouchez (1821-1892) e o Projecto "CARTE DU CIEL". *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Ré, P. (2008). George Willis Ritchey (1864-1945) astrofotógrafo e construtor dos grandes telescópios do futuro. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Ré, P. (2008). Bernhard Schmidt (1879-1935) óptico e construtor de telescópios. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Ré, P. (2008). William Huggins (1824-1910) e o dealbar da astrofísica. *Astronomia de Amadores*, revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores.
- Roberts, I. (1899). *Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae*. Volume II. "Knowledge office, High Holborn, W.C.": 178pp.
- Ritchey, G.W. (1900). Celestial photography with the 40-inch visual telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, vol. 12: 352-361.
- Ritchey, G.W. (1901). The tow-foot reflector telescope of the Yerkes observatory. *Astrophysical Journal*, 14 (4): 217-233.
- Ritchey, G.W. (1909). The 60-inch reflector of the Mount Wilson Solar Observatory. *Astrophysical Journal*, 36: 71-82.
- Ritchey, G.W. (1910). On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflecting telescope of the Mount Wilson Solar Observatory. *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory*, No 47: 283-292.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part I- The fixed universal telescope. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (5): 159-177.

- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part II-The Ritchey-Chrétien Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (6): 207-230.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part III-The Ritchey-Chrétien Aplanatic Reflector. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (8): 303-324.
- Ritchey, G.W. (1928). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part IV- Astronomical photography with very high powers. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 12 (9): 359-382.
- Ritchey, G.W. (1929). The modern photographic telescope and the new astronomical photography. Part V-The new astronomical photography. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23: 15-36.
- Ritchey, G.W. (1929). L'Évolution de l'Astrophotographie et les Grands Télescopes de L'Avenir. *Société astronomique de France*.
- Tenn, J.S. (1992). Edward Emerson Barnard: The Fourteenth Bruce Medalist. *Mercury*, September/October: 164-166.
- Turner, H.H. (1912). *The great Star Map*. London, John Murray.
- Vaucoulers, G. de (1958). *La photographie astronomique: du daguerréotype au télescope électronique*. Éditions Albin Michel, Paris.
- Warner, B. (1977). W.E. Wilson and the Daramona Observatory. *Sky and Telescope* (February issue): 108-110.

Pedro Ré

<http://www.astrosurf.com/re>