

La “scalata” dell’Universo

100 anni fa “il grande dibattito”

di Flavio Castellani





The Roaring Twenties

Pensando agli anni '20 del XX secolo, la mente corre subito al romanzo "icona" di quegli anni turbolenti: "Il grande Gatsby" di Francis Scott Fitzgerald, pubblicato proprio nel mezzo di quell'incredibile decennio.

L'atmosfera di quell'opera esprime bene la frenesia, la voglia di cambiamento, la speranza di quel periodo, nel quale la vita risorgeva dopo la guerra che era costata oltre 16 milioni di morti, in tutto il mondo, fra i quali 7 milioni di civili seguita dalla terribile pandemia dell'influenza spagnola che infettò probabilmente un quarto della popolazione mondiale tra il 1918 e il 1920 causando il decesso di più di 50 milioni di persone (un altro triste centenario). .

Non c'è il minimo dubbio che a dare l'avvio all'esplosione economica, politica e culturale di questo decennio furono gli Stati Uniti. L'Europa, uscita devastata dalla Grande Guerra, stava faticosamente risollemandosi, mentre *Wall Street* macinava gli utili di un'economia in piena espansione. Il vecchio continente comunque non tardò molto ad agganciarsi alla "locomotiva americana", mentre la moda, la letteratura, la pittura e la tecnologia si ispiravano tra le due sponde dell'oceano in un vivace dialogo. La musica si diffondeva attraverso il nuovo grande strumento del *mass media*: la radio. Il frenetico swing, il morbido ed evocativo jazz o il raggiante foxtrot, entravano nelle case e nei luoghi pubblici, assieme a notizie, informazioni e nuove idee. Il cinema divenne "adulto" con grandi lungometraggi come "*Il monello*" di Charlie Chaplin, "*I quattro cavalieri dell'apocalisse*" con Rodolfo Valentino e l'incredibile distopico "*Metropolis*" di Fritz Lang, ma anche produzioni più "modeste" come un breve cortometraggio del 1928 "*Steamboat Willie*" esordio sulla celluloide di "Topolino". Anche la percezione della donna era cambiata: abbandonati gli scomodi, ingombranti e arzigogolati abiti della *Belle Epoque*, che



Sopra. L'aviatrice e pioniera del volo Amelia Earhart, con affianco una fotografia del suo aereo, il Lockheed Model 10-E Electra, con il quale tentò il giro del globo terrestre.

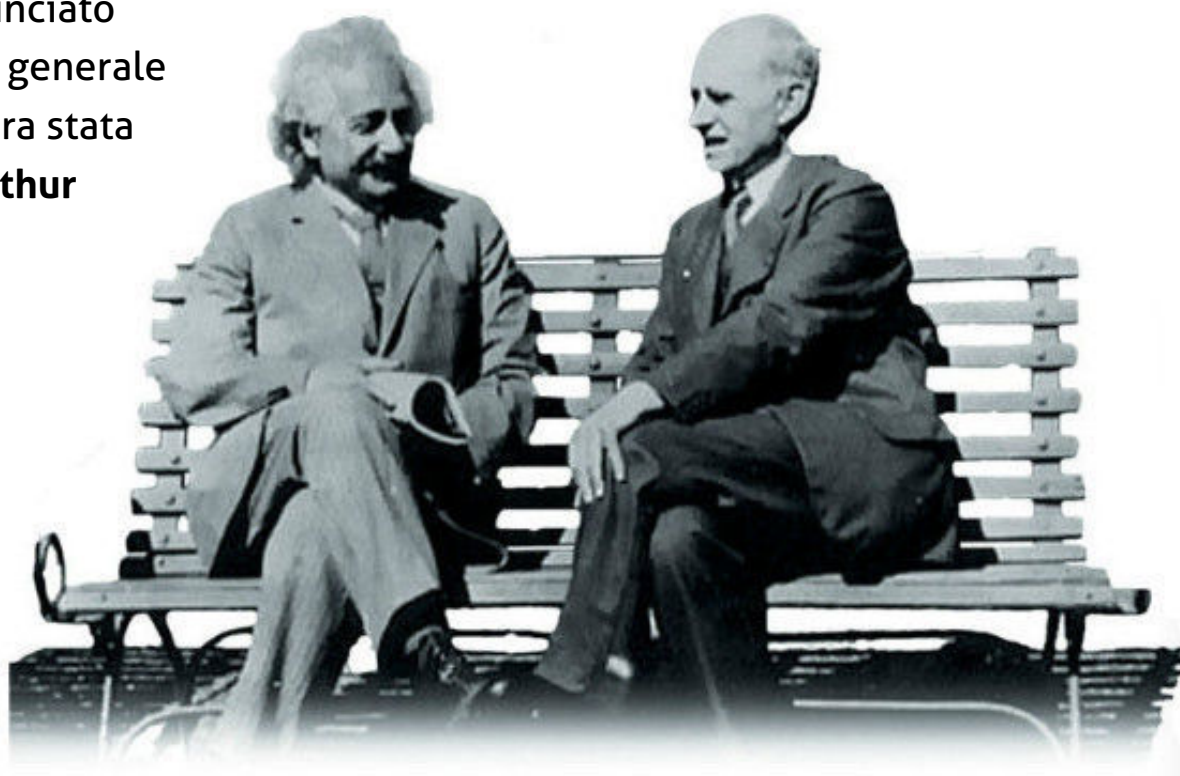
fossero "*Flapper Girl*", "*Suffragette*" o le nostrane "*Maschiette*", ormai reclamavano con forza il loro posto nella società: libere ed emancipate, come la stilista Coco Chanel o l'aviatrice Amelia Earhart, che trasvolò l'oceano Atlantico nel 1928, appena un anno dopo di Charles Lindbergh.

A destra. Una vista panoramica di New York negli anni '20.



Una poltrona per due

Anche nella scienza il decennio era cominciato con una grande rivoluzione. La relatività generale postulata da **Albert Einstein**, nel 1916, era stata provata dall'astronomo britannico **Sir Arthur Eddington**, misurando le posizioni di alcune stelle vicine al disco solare durante un'eclisse nel maggio del 1919 (leggi l'articolo su Coelum Astronomia 233). L'annuncio avvenne il 6 novembre 1919 e l'oscuro professore berlinese assurse in breve tempo all'olimpico della scienza. Tre anni dopo, nel 1922, Einstein ricevette anche il Nobel (era quello del 1921 non assegnato quell'anno), per l'effetto fotoelettrico, nominato proprio da Eddington.



Sopra. Albert Einstein e Arthur Eddington ripresi a Princeton, su una panchina dell'Istituto di Fisica.

Harlow Shapley e Heber D. Curtis

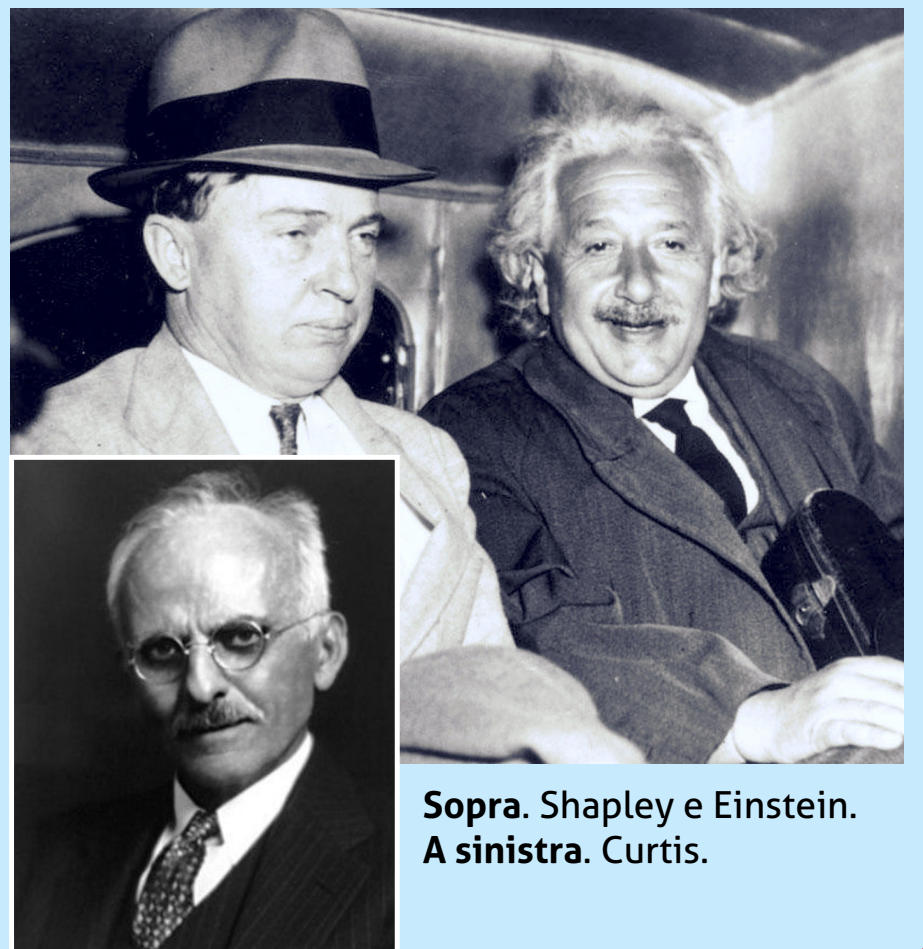


Harlow Shapley, nato nel 1885, proveniva dal profondo dell'America rurale, e i suoi primi anni a Nashville nel Missouri non devono essere stati certo ricchi di stimoli culturali tanto che, dopo le scuole primarie, era stato indirizzato al lavoro. A

quindici anni aveva iniziato a lavorare come reporter di cronaca, continuando a studiare nel tempo libero. Con i propri risparmi si era iscritto al liceo, completandolo in soli 18 mesi. A 22 anni era entrato all'Università del Missouri ma, non essendovi un corso di giornalismo, aveva deciso per l'ordine alfabetico, e scartata l'archeologia, aveva optato per l'astronomia, conseguendo il master nel 1911. Ottenuto un dottorato di ricerca all'Osservatorio di Princeton, aveva lavorato con **Henry Russel** su stelle binarie e sulle cefeidi. Nel 1914, si sposò con **Martha Betz**, una collega astronoma che lo seguirà più tardi nello stesso anno a Mount Wilson, dove Shapley era stato assunto come *junior astronomer*. Provvisto degli avanzati strumenti dell'Osservatorio, Shapley aveva iniziato a sfornare articoli uno dopo l'altro. Studiò gli ammassi globulari e, servendosi delle cefeidi, costruì una mappa della distanza di tali ammassi, convincendosi che il Sole si trovava alla periferia (17.000 parsec) della Via Lattea, che considerava l'unica vera Galassia, un "Universo Isola" della dimensione di 300.000 anni luce. L'articolo "Commenti sulla struttura dell'Universo" del 1918, dove queste teorie furono esplicitate, gli fruttò grande notorietà e certamente fu uno dei motivi che spinsero Hale a proporlo per il dibattito sulla scala dell'Universo del 1920.

Molto differente era il suo antagonista, **Heber Doust Curtis**. Era nato nel 1872, in una cittadina vicina a Detroit, nel Michigan, in una famiglia dove al gioco e ai divertimenti si preferivano i libri. Ottimo studente alle *High School* e grande

appassionato di sport, non sembrava nutrire molto interesse per le scienze ma piuttosto per le lingue classiche, e infatti, una volta uscito dall'Università del Michigan con il massimo dei voti, divenne insegnante di latino e greco nella cittadina di Napa in California (la famosa capitale dei vini californiani). Al Napa College trovò un piccolo rifrattore Clark da 6" inutilizzato e iniziò a studiare astronomia, passando dopo un anno alla cattedra di matematica e iniziando a lavorare, durante le vacanze, all'Osservatorio di Lick. Lo studio del cielo diventò la sua vera passione. Nel 1902 si laureò in astronomia all'università della Virginia. Nello stesso anno venne chiamato dal direttore del Lick come assistente ed iniziò un importante lavoro di studio sulle velocità radiali di stelle brillanti che proseguirà poi dal 1905 al 1910 in Cile, a capo di un osservatorio australe impiantato dal Lick. Successivamente prese in mano un lavoro di osservazione di oggetti nebulari. Studiando le nebulose a spirale egli si convinse che esse fossero galassie come la Via lattea e che le bande scure fossero nubi di materia che assorbono la luce (come quelle che si vedono nella Via Lattea). Metodico, prudente, squisito conferenziere e sempre disponibile con tutti fu la scelta naturale da contrapporre al brillante, ambizioso Shapley.



Sopra. Shapley e Einstein.
A sinistra. Curtis.

Nel 1920, **George Ellery Hale** era direttore del più avanzato Osservatorio del mondo; il Mount Wilson in California. Grazie alle considerevoli risorse ereditate dal padre e a una grande capacità di trovare "sponsor" nella nuova aristocrazia del denaro statunitense, aveva finanziato un telescopio da 60 pollici (1,5 metri) installandolo nel 1908, seguito da due torri solari da 18 metri (1908) e da 46 metri (1912) e infine da un riflettore da 100 pollici (2,5 metri) nel 1917, che rimase il più grande del mondo fino al 1947.

Hale aveva messo a disposizione una dotazione di fondi per l'Accademia delle Scienze di Washington D.C. per un ciclo di conferenze nell'aprile del 1920. Via lettera Hale, propose a **Charles G. Abbot**, segretario dell'accademia, due argomenti cosmologici: "La relatività di Einstein"

Distanze

Una serie di importanti scoperte si erano accumulate nei due decenni precedenti, ad opera di alcuni scienziati che hanno segnato la storia dell'astronomia.

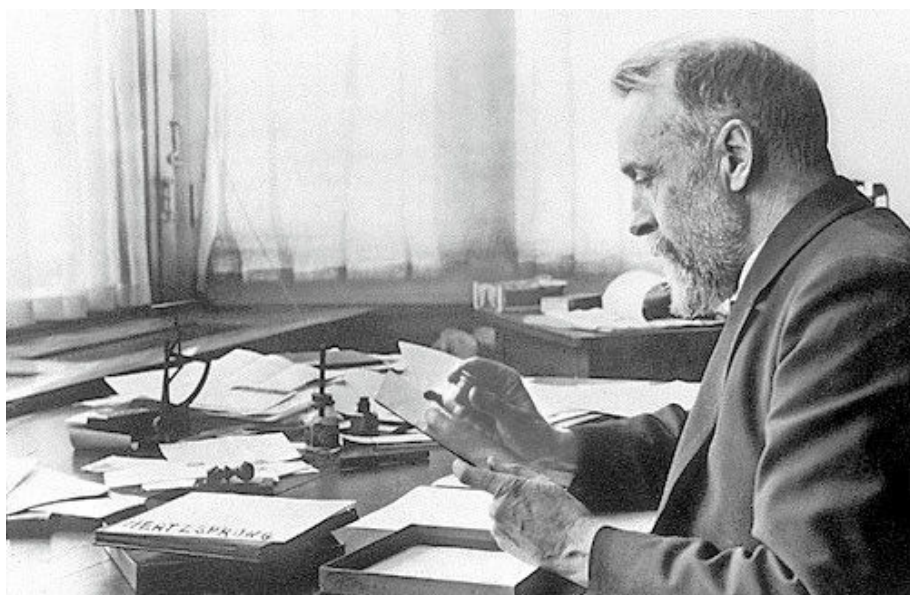
Tra il 1905 e il 1907 il danese **Ejnar Hertzsprung**, scoprì l'esistenza di una relazione tra il colore e la magnitudine assoluta di una stella. Qualche anno dopo, l'astronomo americano **Henry Norris Russell** giunse alle stesse conclusioni, studiando le classi spettrali di binarie per le quali era possibile ricavare magnitudine assoluta e distanza. Questo aprì le porte alle cosiddette "parallassi spettroscopiche" che permettevano un'indicazione grossolana della distanza di una stella, conoscendone la classe spettrale (in special modo per le stelle più calde O e B).

Sempre agli albori del XX secolo, l'olandese **Jacobus Cornelius Kapteyn**, aveva scoperto che i moti propri delle stelle non sono casuali ma raggruppati attorno a due distinte posizioni nello spazio, fornendo una prova fondamentale che il Sistema Solare stesso si muove all'interno della Via Lattea. Kapteyn, assieme **Pieter Johannes Van**

oppure "la Scala dell'Universo". Ad Abbot non piaceva nessuno dei due, riteneva l'argomento "Grande Galassia" contro "Universi Isola", noioso, mentre mostrava una malcelata avversione verso la Relatività di Einstein. Personalmente avrebbe preferito parlare delle ere glaciali o di botanica, ma i soldi erano di Hale e quindi, alla fine, la "Scala dell'Universo" prevalse. Due astronomi si sarebbero affrontati dibattendo sulla dimensione della nostra galassia, la posizione del Sole all'interno di essa e la natura delle "nebulose a spirale". Gli antagonisti scelti per rappresentare le opposte idee su questi argomenti erano **Harlow Shapley**, dell'osservatorio di Mount Wilson (Pupillo di George H. Hale) e **Heber D. Curtis**, 10 anni più anziano di Shapley, astronomo all'Osservatorio di Lick.

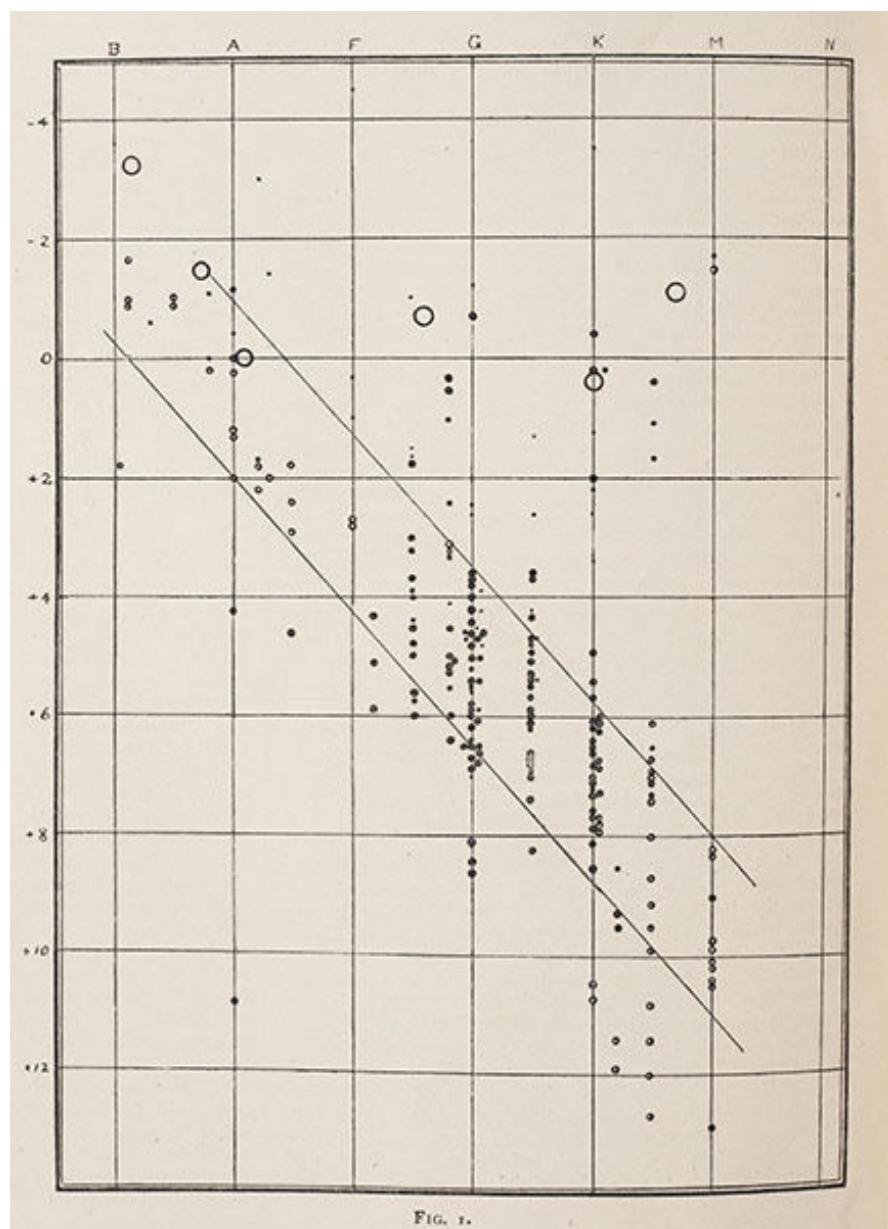
Rhijn, selezionò 206 aree nel cielo, all'interno delle quali determinò per tutte le stelle visibili, la magnitudine e il colore, mentre per quelle più vicine furono determinati i moti propri e le classi spettrali. Questi parametri gli permisero di calcolare la densità e la distribuzione delle stelle. Fu così che, nel gennaio 1920, i due astronomi pubblicarono un articolo indicando per la galassia uno spessore perpendicolare al piano galattico di 9.800 anni luce e un diametro di circa 60.000 (ma, a 10.000 anni luce dal Sole, la densità stellare, secondo Kapteyn, scendeva a un decimo), con il Sole che veniva a trovarsi praticamente al centro di questo complesso stellare. Una misura così sottostimata a causa dell'impossibilità, per gli autori, di calcolare l'estinzione di magnitudine interstellare che sul piano galattico è molto forte.

Nel 1906 una delle assistenti dell'Osservatorio di Harvard, **Henrietta Swan Leavitt**, pubblicò un articolo di fondamentale importanza su una classe di stelle variabili nella Piccola Nube di Magellano, che mostravano una relazione fra il periodo di variazione luminosa e la loro magnitudine assoluta. Miss Leavitt, come veniva chiamata,



Sopra. L'astronomo danese Ejnar Hertzsprung (1873-1967) nello studio dell'Osservatorio olandese di Leiden, che diresse dal 1935 al 1944. Confrontando il colore (o la classe spettrale) con la luminosità assoluta delle stelle, nel 1911 elaborò indipendentemente dall'americano Russell (1877-1957) quel formidabile strumento astrofisico che porta il nome di "Diagramma di Hertzsprung-Russell", che interpreta l'evoluzione chimico fisica delle stelle.

A destra. Il primo **diagramma Hertzsprung Russel** pubblicato su Nature nel 1914



aveva trovato un "pugno" di 16 stelle legate da questa relazione, tra una folla di 1777 variabili scoperte nella Piccola Nube. La relazione – ulteriormente affinata nel 1911, con la scoperta di altre variabili all'interno della Grande Nube di Magellano – apriva nuove possibilità per la misura delle distanze. Sarebbe bastato calcolare per prima la distanza di qualche stella di questa classe per "tarare" la relazione sulla magnitudine assoluta.

Fu lo stesso Hertzsprung a fare un primo tentativo di determinazione della distanza delle cefeidi (e a dare loro questo nome, dalla Delta Cephei, prototipo della classe). Dato che nessuna tra le 13 cefeidi più prossime al Sole era abbastanza vicina per determinare la distanza con l'utilizzo della parallasse trigonometrica, utilizzò il metodo delle parallassi statistiche (vedi box "Le parallassi" a pagina 66).

L'utilizzo di sistemi statistici sui moti propri di stelle singole è piuttosto azzardato e, infatti, il risultato che Hertzsprung raggiunse era notevolmente sottostimato, collocando la Piccola Nube appena a 30.000 anni luce. In ogni caso il risultato, ampliava come mai era stato fatto prima, l'orizzonte dell'universo misurabile.

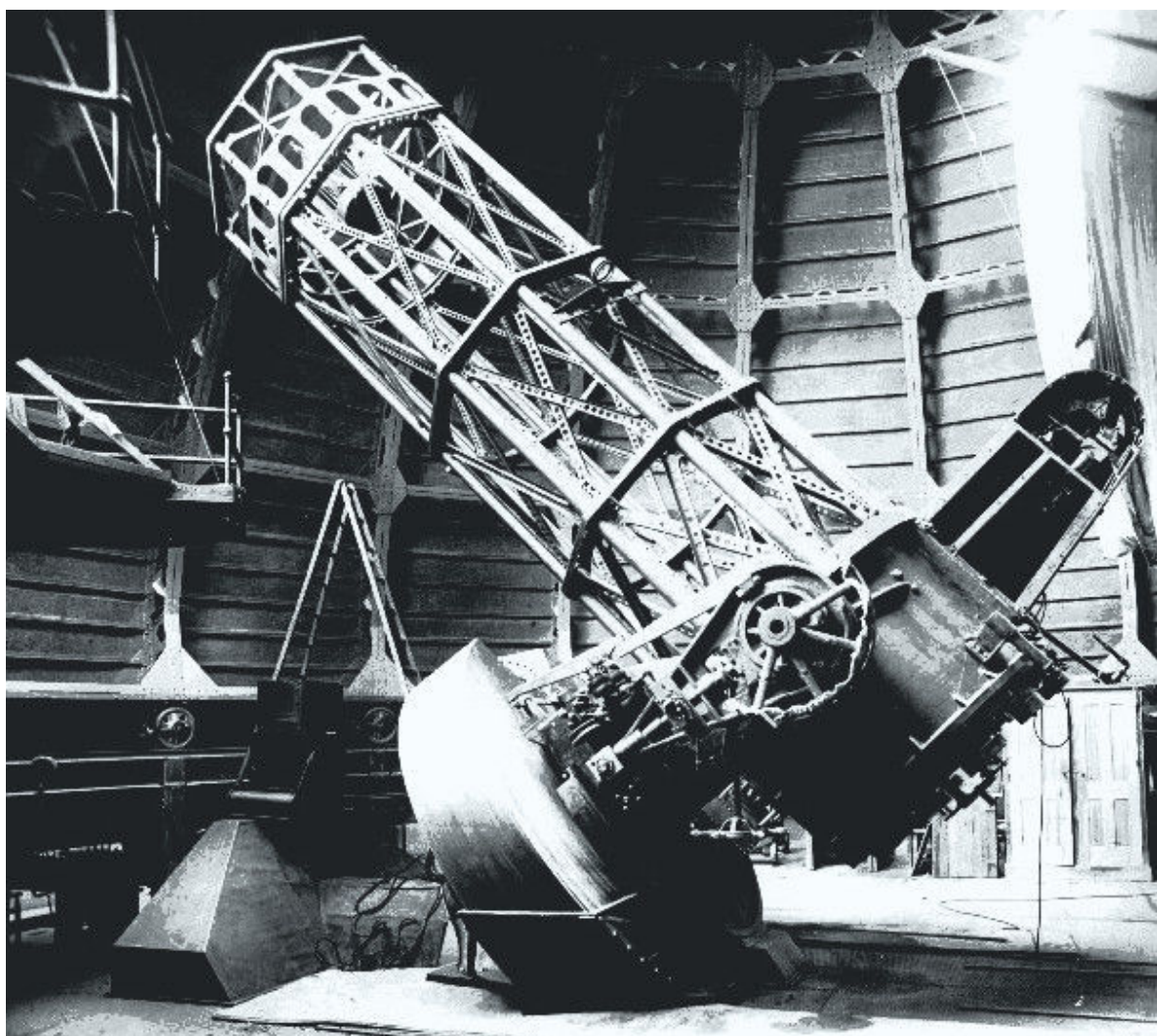
Poco dopo, Russell seguì un procedimento simile, ottenendo un risultato di 85.000 anni luce, sempre inferiore ma certamente più vicino ai 200.000 anni luce che misuriamo oggi.

Henrietta Swan Leavitt (1868 - 1921)





Un giovane **Harlow Shapley** e il riflettore da 60" di Mount Wilson.

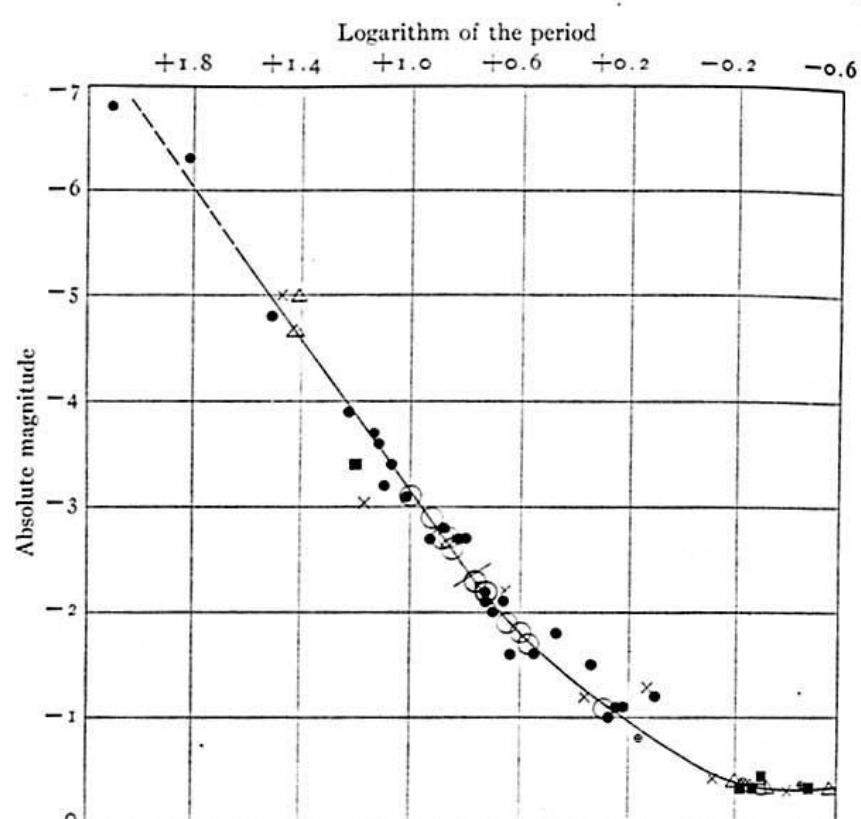


La scalata alla Galassia

Uno degli allievi di Russell era proprio il giovane Shapley che, seguendo le orme del maestro, iniziò a studiare la "relazione periodo-luminosità" (relazione P-L) delle cefeidi e cercò di determinare la loro magnitudine assoluta. L'idea di Shapley era di utilizzare gli ammassi globulari per stabilire la dimensione della Via Lattea. Era già noto da tempo che questi ammassi, pur presenti su tutto il cielo, tendevano ad essere più numerosi nella direzione tra l'Ofiuco e il Sagittario, e aveva intuito che potessero tracciare le dimensioni e la forma della Galassia. Per poter fare ciò aveva bisogno di un "metro" che gli permettesse di andare ben oltre il limite delle parallassi. Le cefeidi erano proprio lo strumento adatto.

Shapley utilizzò come base il lavoro sulle distanze delle cefeidi di Hertzsprung e, dalle 13 cefeidi usate dall'astronomo danese, ne tolse due (k PAV e l CAR, che mostravano un andamento atipico). Le rimanenti sono (dette in chiave moderna) tutte cefeidi di I popolazione. Con questi dati ottenne una magnitudine assoluta di $-2,35 \pm 0,19$ con un periodo di 5,96 giorni con un errore, rispetto alla stima odierna, di 1,4 magnitudini (questo punto è

importante, perché dimostra che questa discrepanza non è dovuta all'inserimento di cefeidi di II popolazione nella relazione P-L, ma è da attribuire in parte alla mancata conoscenza dell'assorbimento interstellare, in parte alla cattiva conoscenza dei moti interstellari e agli errori sistematici nel calcolo dei moti propri).



Sopra. Il diagramma periodo/luminosità costruito da Shapley. Il segmento di intercetta, a log 0,77 e mag. -2,35, rappresenta la media delle misure.

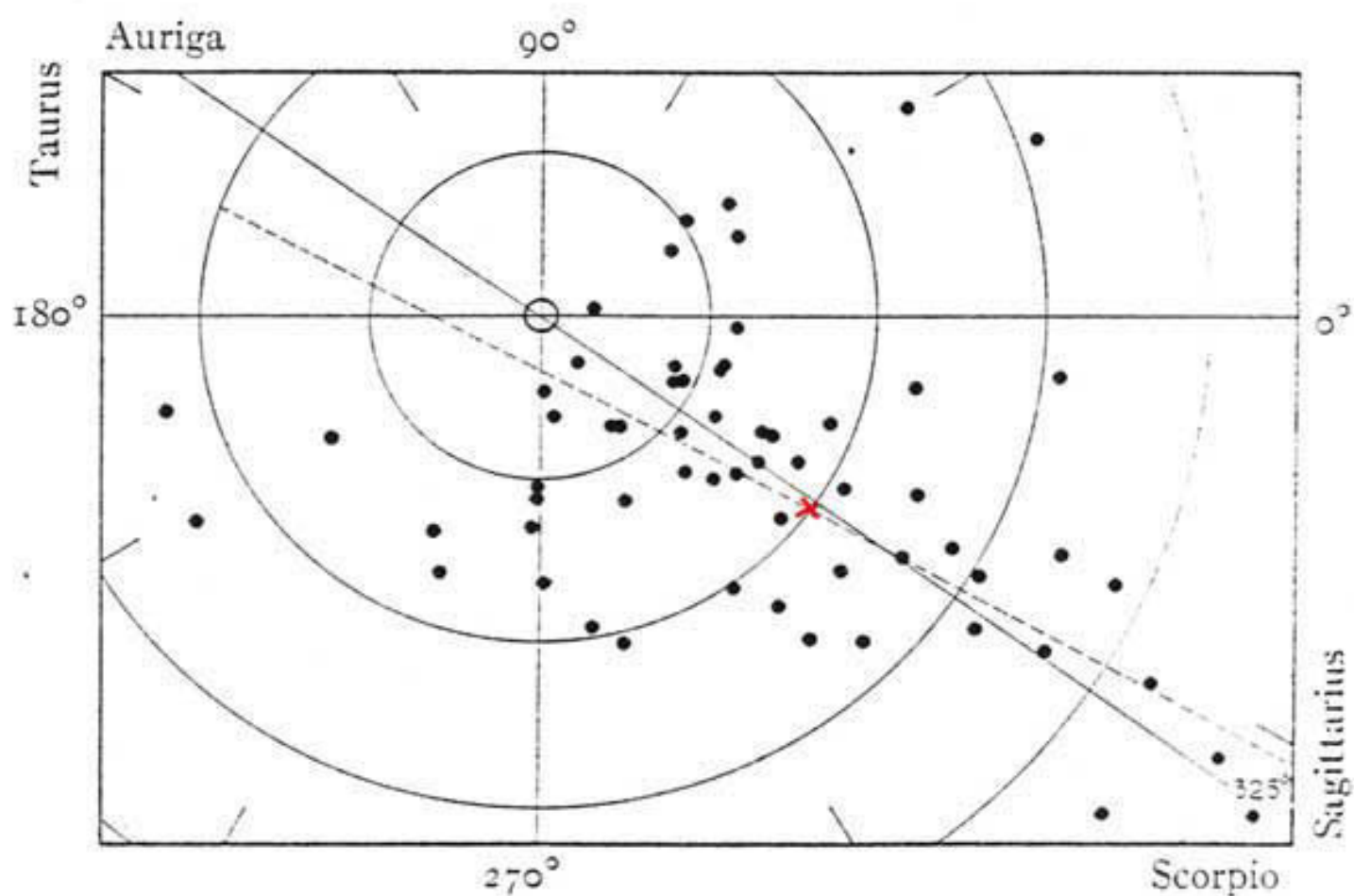


Sopra. Un dettaglio dell'ammasso M 5, osservato dal Telescopio Spaziale Hubble. Crediti: HST/NASA/ESA

Nei suoi studi sugli ammassi globulari, Shapley aveva notato che all'interno di M 3, M 5 e Omega Centauri erano presenti, oltre che le usuali variabili a breve periodo (oggi le chiamiamo RR Lyr), anche dei pulsatori più lenti del tutto simili alle cefeidi. Utilizzando questo "ponte" estese la relazione P-L alle RR Lyr. La cosa funzionò, poiché quelle cefeidi erano W Vir, cioè cefeidi di II popolazione, con una magnitudine inferiore di 1,5 rispetto alle cefeidi di I popolazione, e ciò si sposava con l'errata valutazione di magnitudine delle cefeidi galattiche e con le stesse RR Lyr, che sembrano un proseguimento dei periodi delle W Vir.

Utilizzando questa scala, Shapley misurò la distanza di alcuni ammassi globulari. Su altri ammassi non trovò variabili e utilizzò quindi le

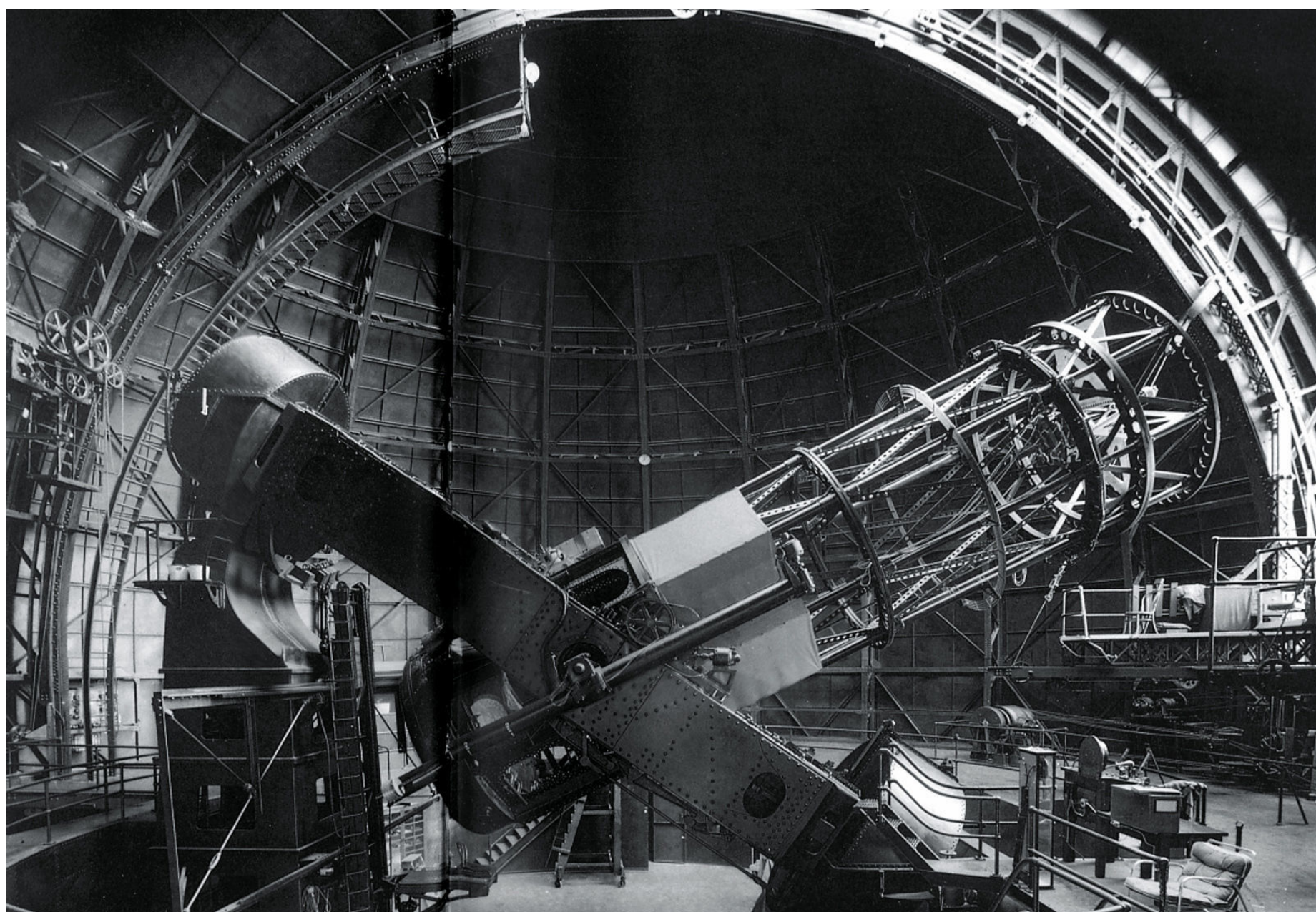
stelle più brillanti, partendo dal presupposto che queste fossero di uguale luminosità in tutti gli ammassi. Quando si trovò a dover misurare ammassi così lontani da non poter distinguere le stelle più brillanti, utilizzò le dimensioni angolari, partendo dal presupposto che queste siano simili per tutti gli ammassi. Con questa catena di supposizioni, riuscì a costruire una mappa di tutti gli ammassi visibili che componevano un enorme alone attorno alla Galassia, che doveva a questo punto assumere un diametro di circa 300.000 anni luce, con il nucleo a circa 55.000 anni luce in direzione del Sagittario. Una dimensione così enorme della Galassia (circa 10 volte maggiore di quanto sino ad allora accettato) lo portò a pensare che le nebulose a spirale non potevano essere altre galassie (che altrimenti avrebbero dovuto essere troppo lontane).



A sinistra. La distribuzione degli ammassi globulari proiettata sul piano galattico. Il Sole è l'origine del sistema di coordinate. I cerchi hanno raggi incrementali di 10.000 parsec (31.600 anni luce). Il centro galattico è indicato a 327°.

Sotto. Pochi anni dopo il "Grande dibattito", finito senza vinti né vincitori per la mancanza di dati osservativi capaci di risolvere la questione delle distanze, Edwin Hubble (1889-1953) risolve in stelle i bracci della nebulosa di Andromeda e, trovate delle variabili Cefeidi, applica la relazione periodo- luminosità per calcolarne la distanza in 800 000 anni luce.

Era la prova definitiva a favore di quanto asseriva Curtis: le "nebulose a spirale" sono sistemi esterni alla nostra Galassia. Tutto questo fu possibile soltanto grazie al nuovo grande strumento da 2,5 metri di Mount Wilson (il famoso 100 pollici, battezzato con il nome del mecenate John Hooker), inaugurato nel 1918.

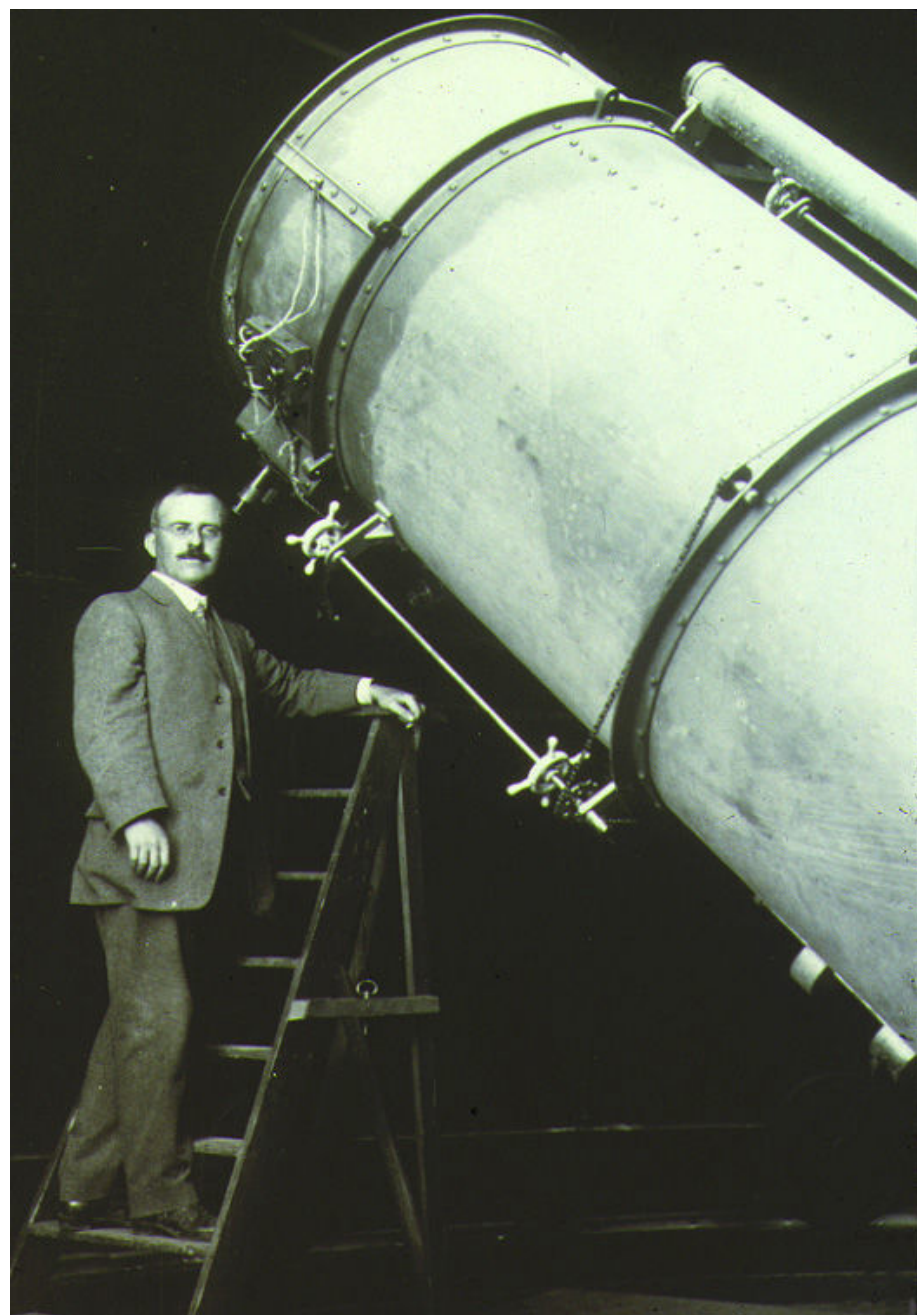


Il dibattito

La sera del 26 aprile 1920, gli stanchi spettatori, che uscirono dallo Smithsonian Museum of National History, difficilmente avranno avuto la sensazione di aver assistito a un dibattito "epocale" e che le parole pronunciate in quella sala sarebbero state ricordate 100 anni dopo.

Non solo l'uomo della strada, ma anche persone di una certa cultura avrebbero trovato difficile scorgere una svolta storica in ciò che era stato detto. Solo una prospettiva postuma permette di distinguere in quell'evento un momento importante, nel divenire degli eventi storici che in brevissimo tempo avrebbero cambiato la nostra visione dell'universo.

Non esistono purtroppo trascrizioni degli interventi di Shapley e Curtis. I due articoli pubblicati sul bollettino del Consiglio Nazionale per la Ricerca, più di un anno dopo, pur trattando le stesse argomentazioni sono notevolmente più



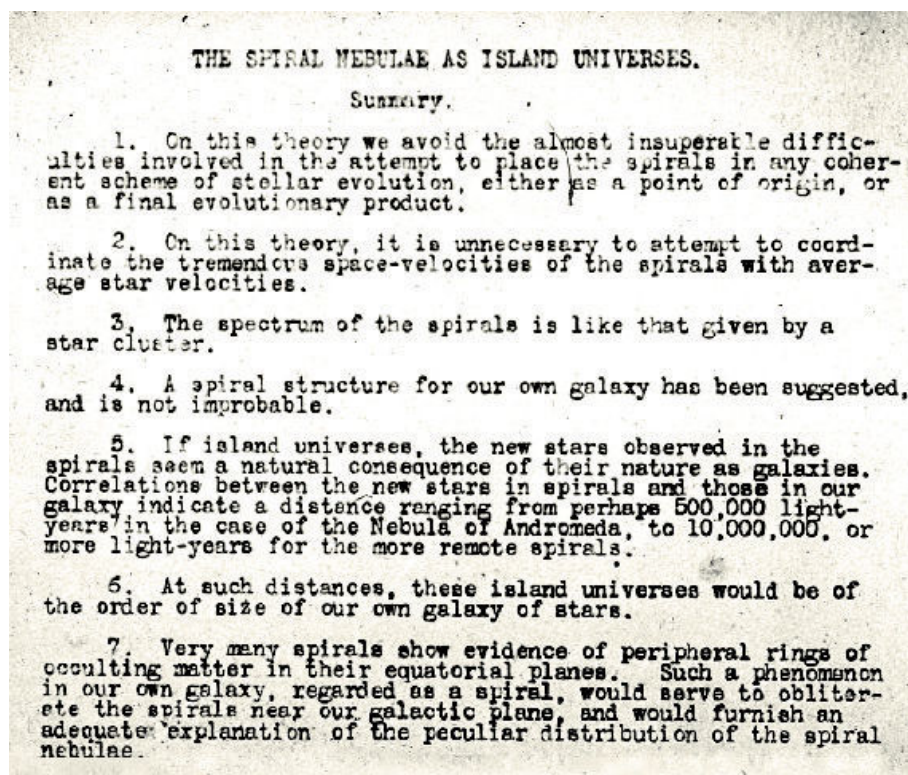
Sopra. Lo Smithsonian Museum of National History a Washington.

estesi nella trattazione, dato che il tempo concesso durante il dibattito a ognuno dei due relatori fu solo di una quarantina di minuti.

Sappiamo che Shapley parlò per primo. Ricordò come la storia della scienza ci aveva insegnato che la Terra non occupava alcun posto preferenziale nell'Universo e che l'umanità era pronta a un nuovo balzo che avrebbe ampliato le dimensioni di quest'ultimo. Dopo aver definito l'anno luce, invece di utilizzare le cefeidi per il calcolo delle distanze degli ammassi, descrisse un

Sotto. Una delle rarissime pagine di appunti ancora conservate tra quelle utilizzate da H. Curtis nel corso del dibattito.

A sinistra. Heber Curtis vicino al riflettore Crossley del Lick Observatory.

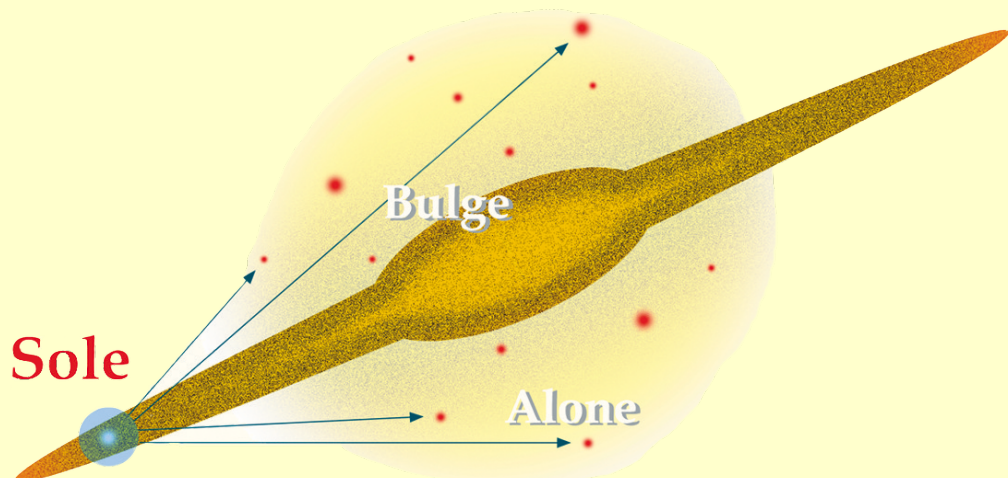


Le posizioni di Shapley

1. La distanza degli ammassi globulari determinata con il metodo delle Cefeidi mostra che la Via Lattea è molto grande, e la loro distribuzione indica che il Sole è situato in una posizione molto decentrata.
2. Le accurate osservazioni di Adriaan Van Maanen, del Mount Wilson Observatory, mostrano per le "nebulose a spirale", come M 101, delle rotazioni misurabili in un periodo di alcuni anni. La velocità che se ne deduce è così grande che in qualche caso dovrebbe superare quella della luce, e rendere la nebulosa completamente instabile. L'unica spiegazione plausibile è allora che esse siano molto piccole,

a composizione gassosa e non stellare, e all'interno della nostra Galassia.

3. Le nebulose a spirale non possono essere galassie, anche perché le stelle che ogni tanto si osservavano all'interno di questi oggetti avrebbero luminosità impossibili e del tutto incompatibili con le novae galattiche.



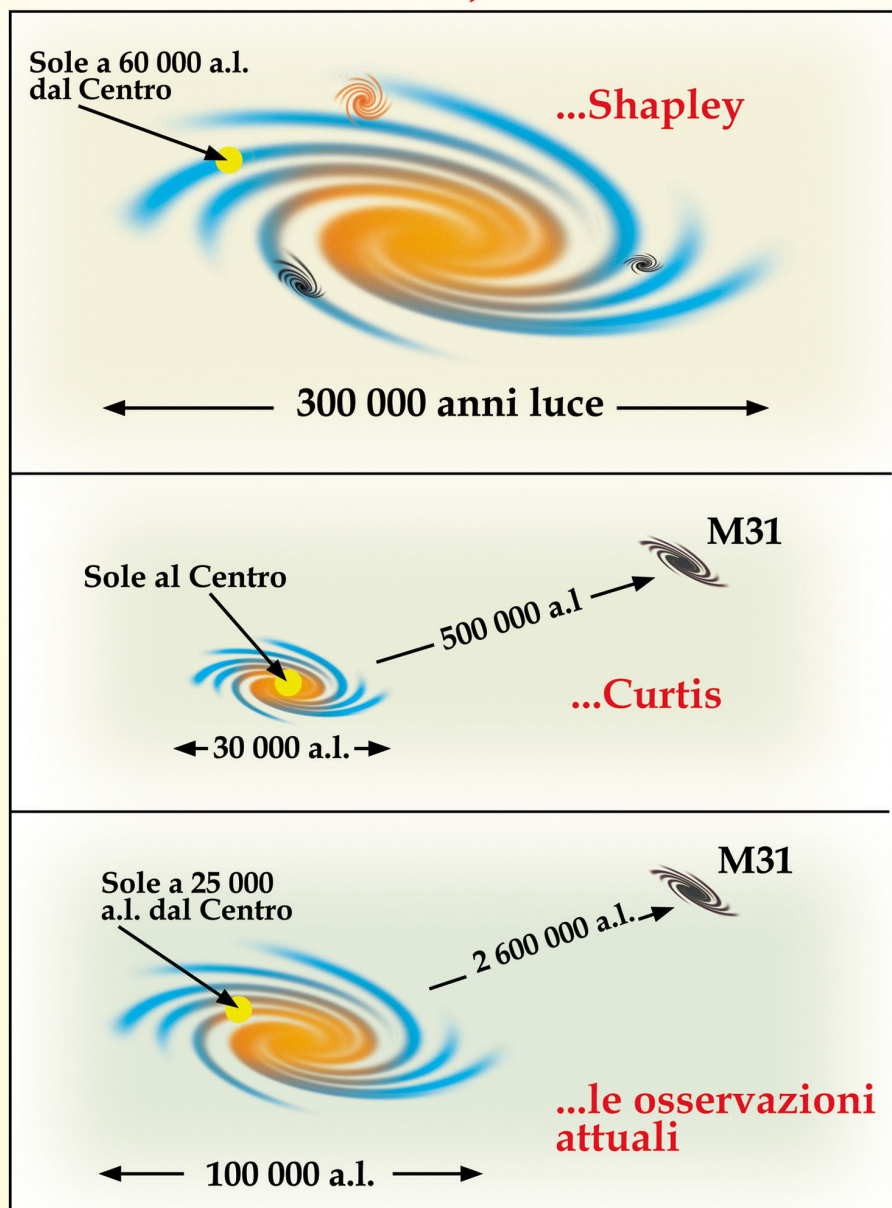
... e quelle di Curtis

1. Le rilevazioni di Van Maanen hanno un'approssimazione dello stesso ordine degli errori strumentali.
2. L'analisi statistica condotta su posizioni, spettri e magnitudine intrinseca delle stelle indica che

la nostra Galassia è di dimensioni contenute, e il Sole ne occupa una posizione piuttosto centrale. Ancora incerta è l'attendibilità delle distanze dedotte con il metodo delle Cefeidi.

3. Lo spettro delle nebulose a spirale mostra righe di assorbimento di tipo stellare, ciò indica che le nebulose stesse devono essere composte da stelle non risolte e che quindi sono da considerarsi degli "Universi Isola" come la Via Lattea. In esse compaiono spesso delle stelle novae, del tutto simili a quelle che si accendono nella nostra galassia.
4. La grande velocità di recessione delle nebulose a spirale scoperta da Vesto Slipher (astronomo americano del Flagstaff Observatory che poi fornì ad Edwin Hubble i primi dati su cui formulare la sua congettura sulla velocità di recessione delle galassie, legata alla loro distanza) indica che esse non sono associate con la Via Lattea.
5. L'esistenza di una regione di cielo nella quale non si vedono nebulose a spirale (la cosiddetta "zone of avoidance") potrebbe essere interpretata con la presenza di uno strato di polvere interstellare posizionata sul piano della Via Lattea, tale da impedire l'osservazione di oggetti posti al di fuori della Galassia. Ciò indica che esse non fanno parte della Via Lattea.

La Galassia, secondo...





A sinistra. L'ambiente accademico americano era in quegli anni condizionato dall'influenza scientifica di personaggi come R. Millikan e G. Hale, ritratti al centro e a sinistra (insieme al chimico A. Noyes) in un dipinto che troneggia in un'aula del Caltech.

metodo basato sulle giganti blu (tipo spettrale B) presenti negli ammassi. Il presupposto era che il diagramma di Hertzsprung-Russel mostrava che le stelle blu più brillanti hanno luminosità simili e che quindi potevano essere utilizzate come "candele standard" all'interno degli ammassi. Quello che Shapley non sapeva è che le stelle blu degli ammassi globulari non sono stelle di sequenza principale, ma più deboli stelle dello stesso colore ma di piccola massa che hanno iniziato a bruciare Elio e si sono spostate in quello che gli astrofisici chiamano "Ramo Orizzontale". L'errore sovrastimava quindi la luminosità di queste stelle, confermando le misure (anch'esse sovrastimate) fatte con le cefeidi.

Stabilita una tale enorme dimensione per la Via Lattea non restava molto spazio per altri "Universi Isola". Le nebulose a spirale non potevano essere galassie, anche perché le stelle che ogni tanto si osservavano all'interno di questi oggetti avrebbero avuto luminosità impossibili e del tutto incompatibili con le novae galattiche (nessuno a quell'epoca conosceva ancora la differenza fra novae e supernovae). Secondo Shapley, le dimensioni della Via Lattea dovevano essere

quindi di 300.000 anni luce, con una forma simile a quella di un orologio da taschino. Nessuna evidenza dava riscontro che potesse avere la forma di una spirale.

Un'altra argomentazione portata da Shapley contro la natura galattica delle nebulose a spirale era l'osservazione da parte di **Adriaan van Maanen** (suo amico e collega a Mt. Wilson) della presenza di rotazione su alcune spirali, come M 33 e M 51. Se fossero state di dimensioni galattiche avrebbero dovuto ruotare a velocità ben maggiori di quelle della luce. Si è scritto molto sul madornale errore di van Maanen e su come avesse potuto vedere ciò che non era presente. La spiegazione più credibile è che, come 50 anni prima Percival Lowell aveva "visto" gli inesistenti canali marziani di Schiaparelli, quando si lavora al limite degli strumenti il rischio di "vedere" ciò che si considera plausibile è alto.

L'intervento di Curtis, da quanto si può dedurre dall'articolo pubblicato l'anno successivo, fu incentrato sulla confutazione delle metodologie utilizzate da Shapley per calcolare le distanze. In molte argomentazioni l'astronomo del Lick aveva



Sopra. Una ripresa amatoriale della galassia M 33 nel Triangolo. Immagine di Tommaso Stella (PhotoCoelum).

ragione. Erano davvero spericolate le supposizioni di Shapley sulla omogeneità delle magnitudini delle giganti blu all'interno degli ammassi, come l'estensione della relazione Periodo-Luminosità alle variabili di ammasso e infine l'omogeneità delle dimensioni degli ammassi stessi. Esaminando le parallassi secolari delle cefeidi, si cadeva dalla padella alla brace, con movimenti così impercettibili da risultare della stessa scala dell'errore di misura.

Non meno erronee furono però molte delle argomentazioni di Curtis, che invece partì dal definire la magnitudine media delle stelle della Via lattea e, muovendosi sulle tracce dei lavori di Kapteyn e di Hertzsprung, mostrò come la Via lattea non potesse avere un diametro così grande come ipotizzato da Shapley. Come sappiamo, cercare di misurare la densità delle stelle lungo il piano galattico è impossibile a causa dell'estinzione da polveri. La "galassia" tracciata da Kapteyn era in sostanza l'area di galassia osservabile nell'ottico.

Peggio ancora andò negli argomenti a confutazione delle distanze degli ammassi globulari. Se Shapley aveva confuso "lucciole per lanterne" sovrastimando le stelle blu, Curtis,

invocando l'omogeneità del cosmo, paragonò le magnitudini medie delle stelle rosse a quelle delle stelle d'ammasso (appartenenti invece al Ramo delle Giganti), sottostimando la loro luminosità. Dove Curtis, aveva ragione era invece nel considerare le nebulose a spirale come altre galassie. Le spirali si trovano tutte ad alte latitudini galattiche, ragionava. Sembrano evitare il piano galattico. Non era forse questa la prova migliore che trattava di oggetti "extragalattici"? Che sul piano della galassia vengono nascosti dall'alta densità stellare o dalla presenza di nubi oscure sulla parte periferica, come quelle che si osservano in molti spirali lungo il disco?

E come spiegare lo spettro delle spirali? Molto simile a quello delle stelle G-F della Via Lattea e completamente diverso dagli spettri delle nebulose, che sono spettri gassosi o di riflessione.

Infine le velocità radiali rilevate sugli spettri erano molto maggiori della media delle stelle – nell'ordine di 1.200 KM/s, decine di volte maggiore delle velocità rilevate per le stelle della galassia.

L'universo descritto da Curtis vedeva le più vicine galassie, come Andromeda a 500.000 anni luce,

con estensioni paragonabili a quelle della Via Lattea. Le più lontane tra le galassie sarebbero state almeno a 10 milioni di anni luce. Queste dimensioni inoltre avrebbero soddisfatto le magnitudini delle novae rilevate in Andromeda e

in altre galassie, anche tenuto conto della sicura esistenza di novae molto brillanti come quella di Tycho Brahe, che avrebbe potuto essere paragonata alla S Andromedae (vedi box qui sotto).

S Andromedae, una nova "atipica"

Nel 1920, diverse novae erano state scoperte in nebulose a spirale. Con 16 novae, Andromeda primeggiava. Tutti gli oggetti osservati in questa "nebulosa a spirale", a parte uno, erano debolissimi, con magnitudini tra la 16 e la 17, che paragonate alle novae galattiche, mediamente 12 magnitudini più brillanti, dava forte credibilità alla natura extragalattica di questi oggetti. L'eccezione era rappresentata dalla nova osservata, nel 1885, denominata S AND, di magnitudine +7,1. Con le sue 10 magnitudini superiore a tutte le altre nove osservate, appariva come un oggetto "impossibile". Alcune altre novae molto brillanti erano apparse in spirali,

come quella del 1895 in NGC 5253 di magnitudine +8,26 (Z CEN) e una proprio nel 1920 in NGC 2608 di magnitudine +10,50. Curtis affrontò il problema argomentando che potevano esistere due classi distinte di nove: una più brillante, come la S AND, e una più debole. Ricordò come, anche nella Via Lattea, Tycho Brahe aveva osservato (nel 1572) una nova che doveva essere intrinsecamente molto brillante (a meno che non fosse molto vicina). È interessante notare che l'astronomo del Lick aveva azzeccato nella sua ipotesi, anche se ci sarebbero voluti ancora diversi anni prima che Baade e Zwicky coniassero il termine di "supernova".



Sopra. Una ripresa amatoriale della Galassia di Andromeda M 31, ad opera di Corrado Gamberoni (PhotoCoelum)

Una nova "pulsante"

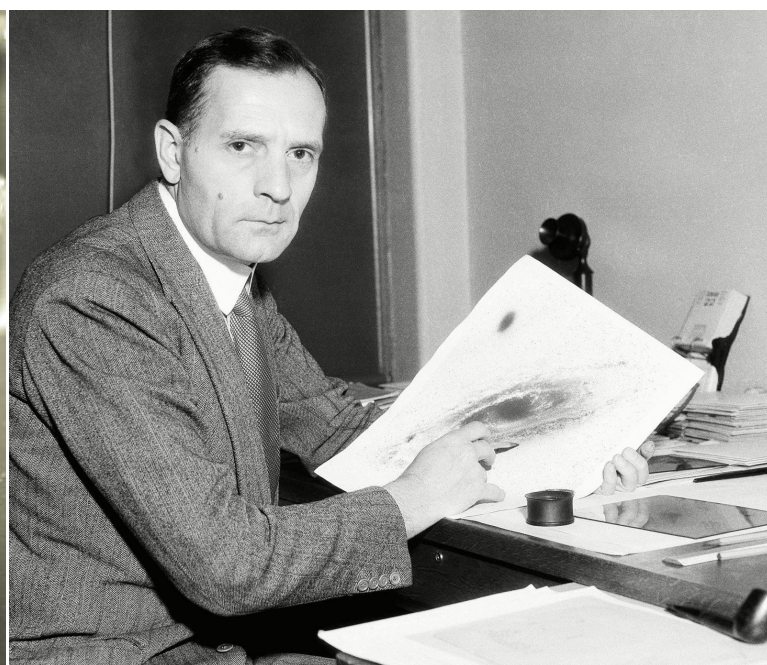
Se nel 1920, le prove a favore delle nebulose a spirale non erano ancora definitive, la situazione sarebbe cambiata prestissimo.

Nel 1921, **Knut Lundmark** del Lick pubblicò un articolo su M 33, indicando come nelle migliori immagini si notassero molte stelle sui bracci a spirale e che le strutture oscure rilevate sembravano uguali a quelle delle Via Lattea, solo 100 volte più piccole. Supponendo che le stelle osservate avessero una luminosità pari alle più brillanti stelle della Via Lattea, ne derivava una distanza (indicata come parallasse) di oltre 1 milione di anni luce.

Nel 1923, un altro giovane astronomo lavorava a Mount Wilson, **Edwin Hubble**. Hubble, era un osservatore assiduo, sicuramente molto più a suo agio all'oculare del telescopio di guida che in compagnia dei suoi colleghi astronomi, verso i quali non sembrava nutrire molta simpatia.

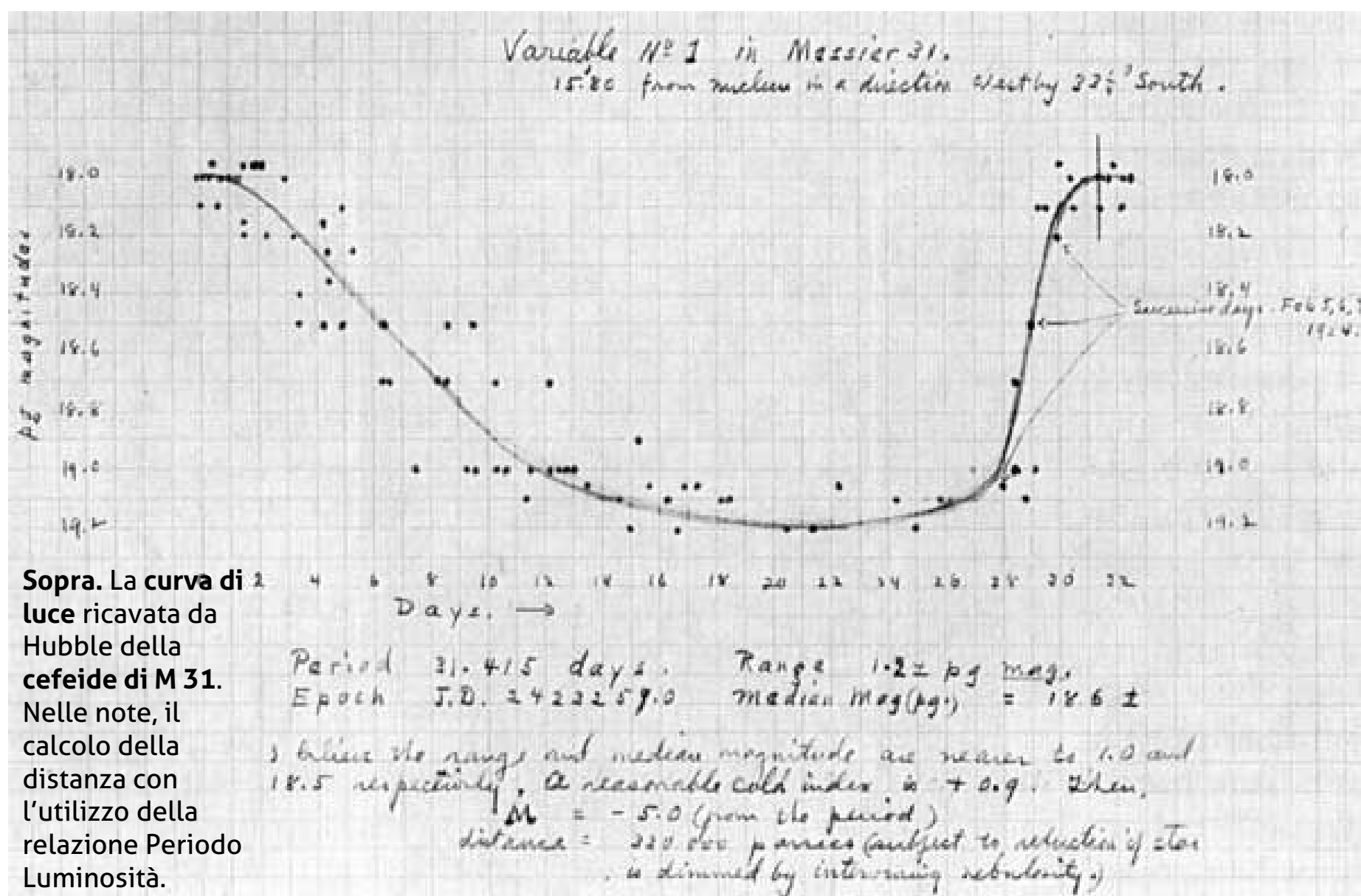
Utilizzando il 2,5 metri, stava studiando le novae in Andromeda, quando si accorse che una di queste, scoperta agli inizi di ottobre, appariva anche in immagini precedenti. Tracciandone la curva di luce, Hubble si rese conto che doveva trattarsi di una cefeide con un periodo di un mese e, utilizzando la relazione Periodo Luminosità, ne stimò la distanza in un milione di anni luce! Successivamente Hubble scoprì altre cefeidi in quella che oggi chiamiamo Galassia di Barnard nel Sagittario, nella Galassia di Andromeda e in M 33. L'articolo del 1925 "*Cefeids in spiral Nebulae*" rappresentò la vittoria definitiva degli Universi Isola.

Ben presto, i lavori spettroscopici di Hubble e del suo assistente **Milton Lasell Humason**, avrebbero ampliato a dismisura i confini dello spazio intergalattico e i lavori, sulle stelle ad alta velocità radiale, di **Lindblad** e **Oort** avrebbero cambiato il modo di vedere la Via Lattea e le sue popolazioni stellari.



Sopra. Edwin Hubble in una fotografia del 1931.

A sinistra. Un documento storico: la lastra impressionata da E. Hubble al fuoco del grande riflettore di Mount Wilson, con le annotazioni originali sulle posizioni delle due novae e della cefeide V1 (vicina al bordo superiore indicata da due trattini). Si noti la N di "nova" cancellata e la VAR di Variabile con il punto esclamativo. In basso a destra, l'ingrandimento della regione dove l'astronomo individuò la variabile.



Cosa è rimasto del “Grande Dibattito”

Oggi il satellite Gaia misura parallassi di milionesimi di arcosecondo, estendendo a tutta la Via Lattea la parallasse trigonometrica e permettendo uno studio della dinamica delle stelle e dell'evoluzione del complesso galattico semplicemente impensabile sino a qualche decennio fa. I Grandi Telescopi terrestri e spaziali, sondano il cosmo sino ai limiti dell'universo osservabile, mentre i giganteschi rivelatori di neutrini e di onde gravitazionali aprono nuove finestre su eventi di incredibile potenza. Eppure, ancor oggi ci troviamo a dibattere su argomenti come “materia oscura”, “energia oscura” o “universo in accelerazione” barcollando su incerti sentieri. Coloro che esplorano ai limiti della nostra conoscenza dovrebbero tener ben presente la lezione del “Grande Dibattito”.

A differenza della lotta fra eliocentrismo e geocentrismo di tre secoli prima, in questo caso

non si trattò di uno scontro fra contrapposti principi filosofici o religiosi. Sia Shapley che Curtis erano convinti fautori del metodo scientifico ed entrambi metodici sperimentatori. Eppure non riuscirono a sottrarsi del tutto ai preconcetti e finirono, pur inconsciamente, a piegare i fatti alle loro convinzioni o, più correttamente, a decidere quali dei fatti dovessero essere più importanti e quali meno. I tempi erano maturi per quel nuovo “balzo della conoscenza” invocato da Shapley, che ci avrebbe catapultato verso una nuova consapevolezza del nostro posto nell'Universo, eppure perse l'occasione di firmare egli stesso questo grande balzo, perché in definitiva sacrificò le altre galassie per la sua grande Via Lattea.

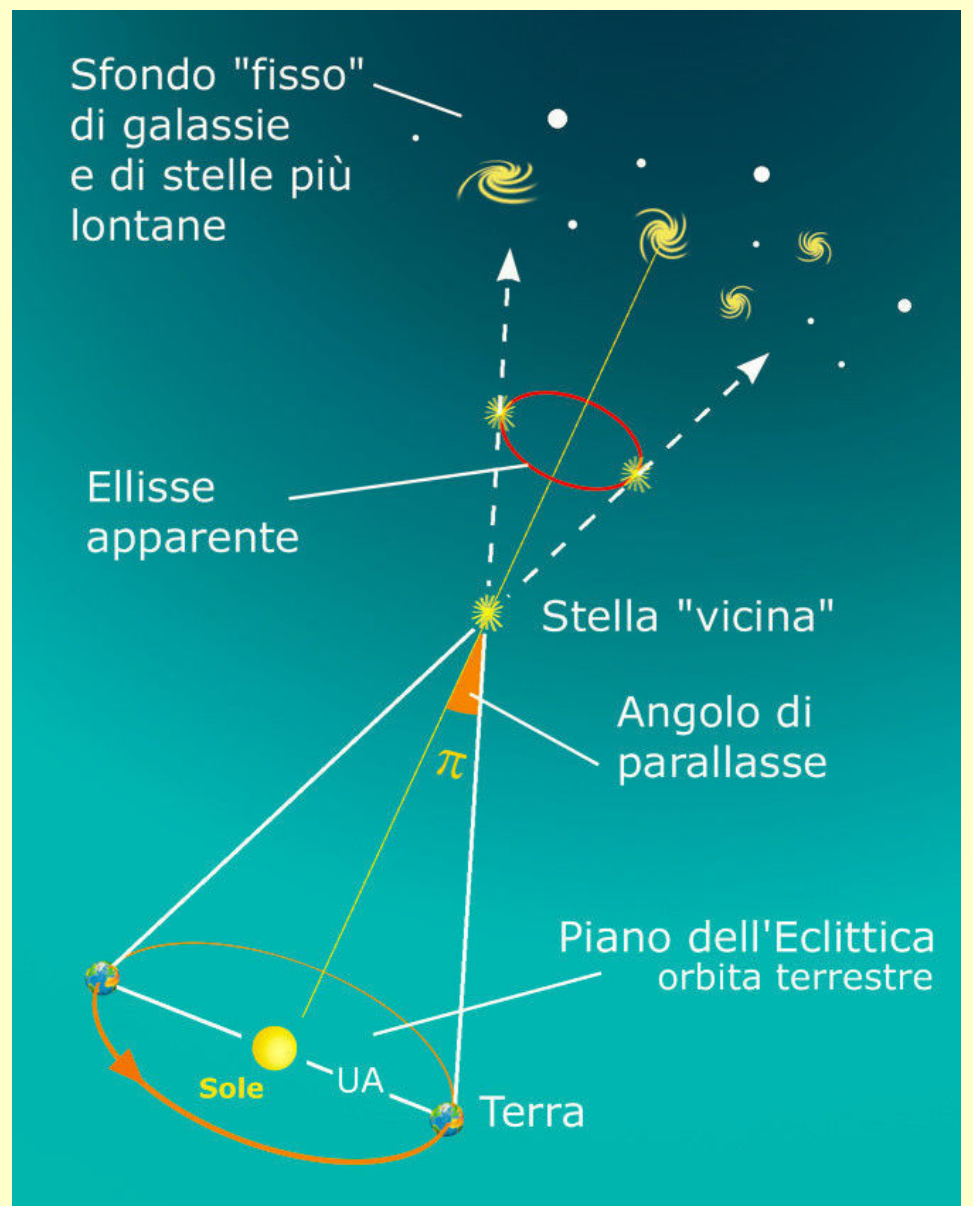
Per molti versi, oggi siamo probabilmente vicini a un nuovo balzo e, se vorremo compierlo senza rischi di “sbagliare strada”, dovremo fare un grande sforzo per allontanare ogni preconcetto.

Parallassi

Parallasse astronomica

La Terra descrive un'ellisse attorno al Sole con un raggio medio di poco meno di 150 milioni di km (che definisce la lunghezza di 1 unità astronomica). Osservando una stella vicina al telescopio, questa durante l'anno descriverà un'ellisse più o meno schiacciata, che non è altro che la proiezione nello spazio dell'orbita terrestre. Al polo dell'eclittica l'ellisse avrà la stessa forma dell'orbita terrestre (quasi un cerchio) mentre sul piano dell'eclittica si muoverà lungo un segmento. La parallasse astronomica non è altro che il semiasse maggiore di questa ellisse, espressa in secondi d'arco. Il **parsec** (1 pc = 3,26 anni luce approssimato) equivale alla distanza di una stella che ha una parallasse di 1 secondo d'arco.

Solo in questi ultimi due decenni, con l'avvento delle sonde Hipparcos e Gaia, è stato possibile estendere le misure di parallasse a una frazione significativa della dimensione della Via Lattea, nei primi anni '20 non era possibile misurare parallassi trigonometriche a



distanze superiori al centinaio di anni luce, ora invece siamo arrivati a misurare con parallasse astronomica a oltre 30.000 anni luce con la precisione del 10%.

Parallasse statistica

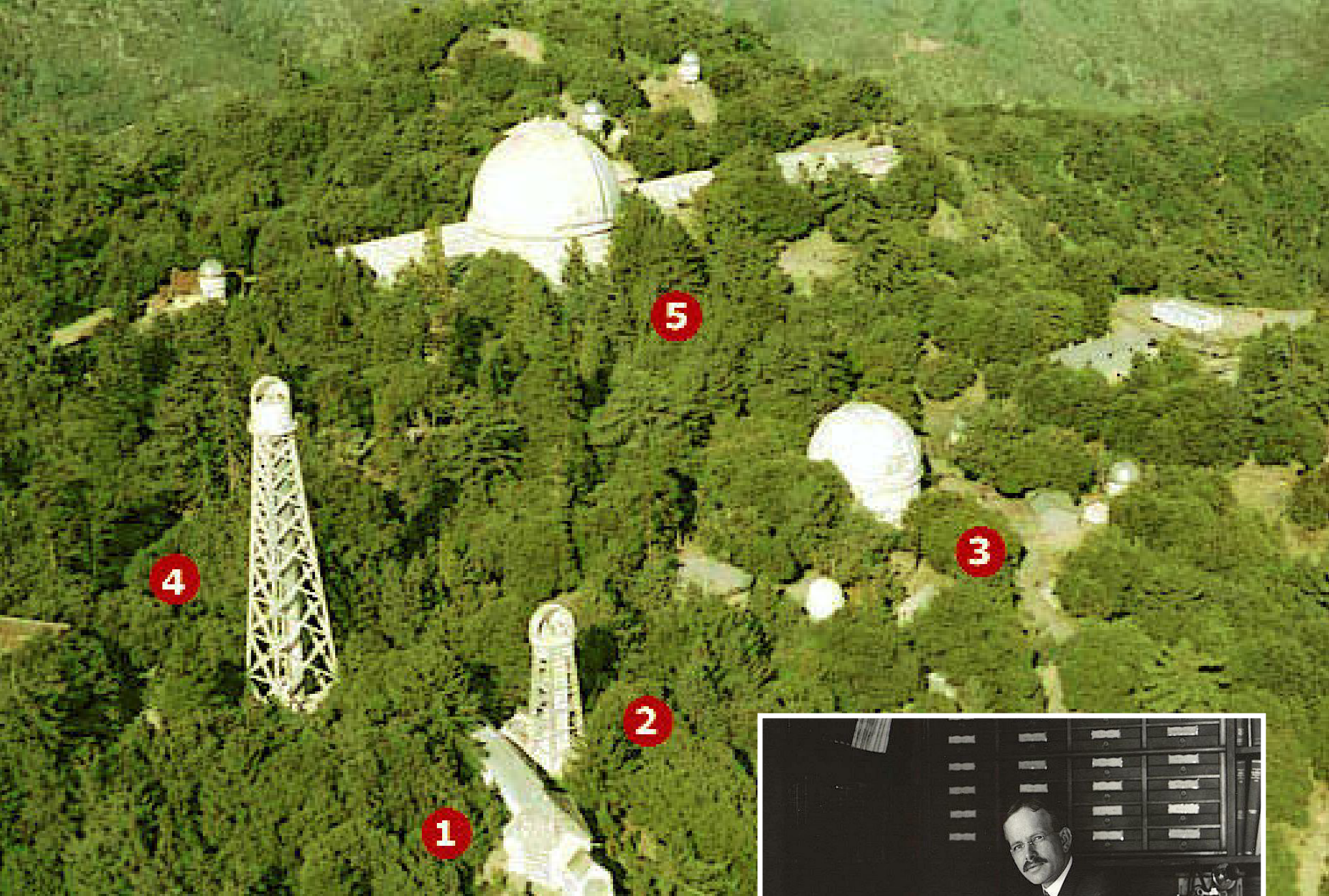
Nel suo moto attorno alla Via Lattea il Sole percorre oltre 600 milioni di km l'anno (quattro volte il raggio terrestre). Nella parallasse delle stelle questo effetto si mostra come un moto elicoidale, più o meno accentuato dal moto proprio che anche le stesse stelle hanno. L'effetto dovuto al solo moto del Sole, detto **parallasse secolare**, è molto più potente della parallasse

trigonometrica, ma proprio perché esiste anche una componente dovuta al moto proprio della stella, il metodo non può essere utilizzato per singole stelle, ma solo per gruppi, ecco perché parallasse "statistica". Questo metodo ha permesso le prime misure di distanza di ammassi stellari come le Iadi e le Pleiadi.

Parallasse spettroscopica

Conoscendo lo spettro di una stella è possibile ricavare la sua posizione all'interno del diagramma Hertzsprung-Russell (HR), calibrato per la magnitudine assoluta e quindi stabilire la distanza della stella. Da notare che in questo

metodo non vi è nessun calcolo di parallasse, il termine è impropriamente usato per analogia con le parallassi astronomiche. Ovviamente il metodo è piuttosto impreciso anche se si dispone di diagrammi HR correttamente calibrati.



George Ellery Hale e la California

di Antonella Gasperini, Massimo Mazzoni e Alberto Righini

Un ruolo fondamentale nelle indagini e nella ricerca scientifica che ha portato alla nascita del "Grande Dibattito" (leggi l'articolo di Flavio Castellani a pag. 50) lo ha avuto il grande Osservatorio di Mount Wilson, che è stato anche la location in cui si è svolta parte dei fatti narrati. Proprio come accade anche oggi, la tecnologia e la potenza degli strumenti a disposizione hanno giocato un ruolo fondamentale nella capacità di osservare, percepire e comprendere l'Universo che ci circonda e hanno costituito il terreno fertile da dove sono germogliate nuove ipotesi e teorie. La California degli anni '20 del XX secolo era però un luogo ben diverso dal mondo dei giorni nostri, con dinamiche economiche e personali del tutto caratteristiche dell'epoca. Andiamo a conoscere più da vicino una delle figure che ha reso possibile la realizzazione dei grandi telescopi di Mt Wilson, George Ellery Hale.



Sopra. George Ellery Hale

In alto. La fisica solare trova in America, nella persona di George Hale, il suo più entusiasta sostenitore e appassionato protagonista. Dapprima egli perfeziona nel 1892 lo spettroeliografo, strumento che gli permette di indagare la struttura del Sole a specifiche lunghezze d'onda. Nel 1904, grazie ai fondi destinati dalla Carnegie Institution, egli inizia a erigere l'Osservatorio di Monte Wilson in California, dotandolo dapprima di un telescopio orizzontale, lo Snow (1), poi di due torri solari alte 60 (2) e 150 piedi (4), del riflettore da 60 pollici nel 1908 (3) e infine, nel 1917, del mitico "Hooker" da 100 pollici (5).

Brano tratto da "Dal colle di Arcetri alla California: la nascita della collaborazione tra Arcetri e gli Stati Uniti"

George Ellery Hale nasce a Chicago nel 1868, figlio di un grande industriale produttore di ascensori, godendo quindi di una notevole agiatezza. I suoi interessi per l'astronomia si sviluppano fin dalla giovane età e lo conducono a organizzare con l'aiuto economico del padre un Osservatorio nella casa di campagna della famiglia. I suoi studi sono brevi e irregolari, ma l'America della fine del XIX secolo era una terra di grandi occasioni per chi avesse avuto grandi idee. La fisica e l'ottica del tempo non raggiungevano la complessità di oggi, per cui erano alla portata anche di un geniale autodidatta quale possiamo ragionevolmente considerare Hale.

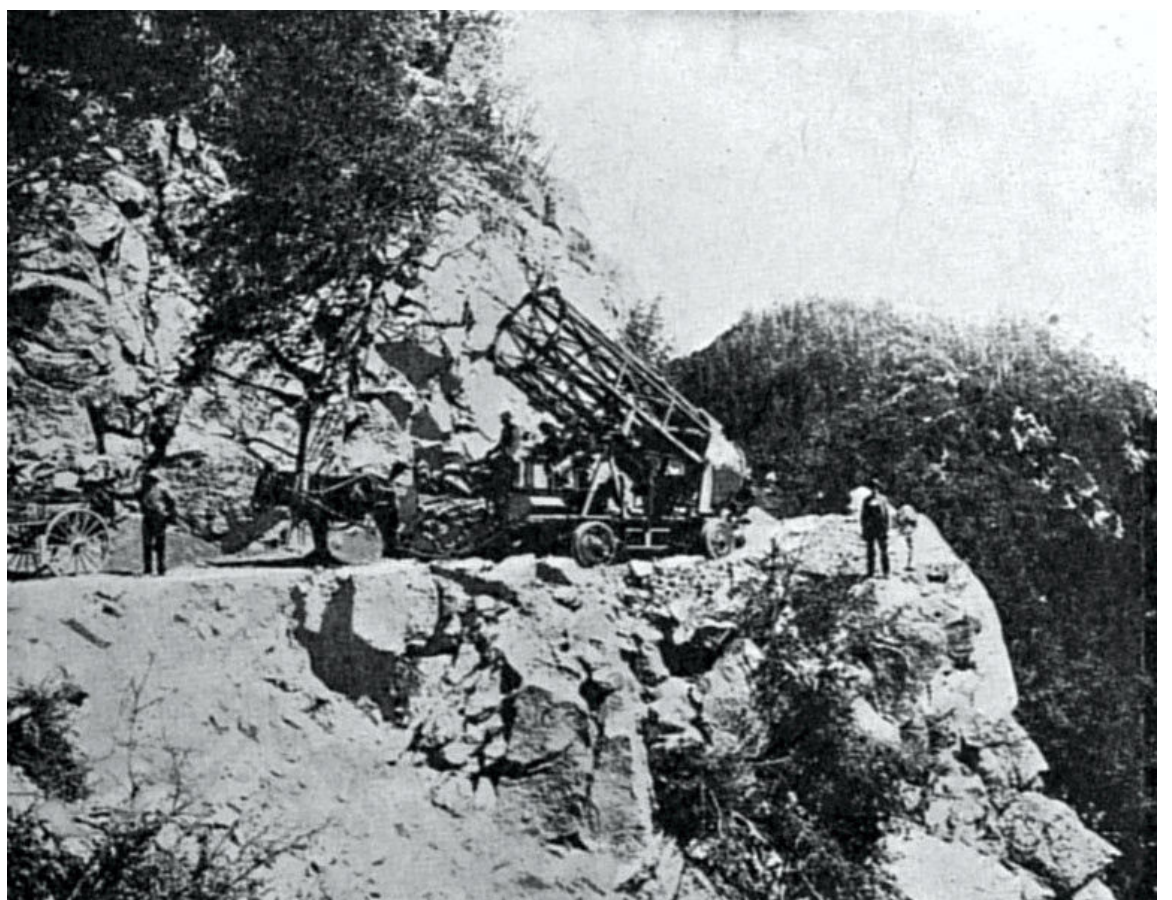
Per il suo Osservatorio di Chicago inventa lo spettroeliografo, uno strumento appositamente studiato per fotografare quella parte dell'atmosfera solare altrimenti osservabile solo visualmente con uno spettroscopio. I grandi risultati ottenuti con questo nuovo strumento incoraggiano Hale a acquisire fondi per la costruzione di un nuovo Osservatorio. I finanziamenti arrivano da Charles Tyson Yerkes, proprietario delle tramvie di Chicago, e nasce così lo Yerkes Observatory sulle rive del lago di Geneva, non lontano da Chicago, dotato di quello che allora era il telescopio più grande del mondo [il famoso rifrattore da 40"]. I risultati ottenuti in questo nuovo Osservatorio non soddisfano però Hale, soprattutto a causa della scadente qualità ottica dell'atmosfera. È la California con il suo clima mite ad attirare Hale, e soprattutto il

A destra. Il pericoloso sentiero su cui vennero trasportati, grazie a dei muli, i materiali per la costruzione del telescopio di Mt. Wilson

Mount Wilson sulla Sierra Madre proprio sopra Pasadena, un sobborgo della città di Los Angeles. Grazie al contributo finanziario della vedova Snow, Hale riesce a costruire a Mount Wilson, con grande fatica, un telescopio solare orizzontale per utilizzare il suo spettroeliografo.

In mancanza di strade i materiali vengono trasportati a dorso di mulo; la costruzione del telescopio coinvolge a tal punto i partecipanti che gli astronomi si improvvisano conduttori di muli mentre alcuni tra i conduttori, come Humason, diventeranno aiutanti di Hale nelle osservazioni astronomiche. I risultati delle osservazioni sono ancora molto scadenti per la forte turbolenza che durante il giorno si instaura negli strati più bassi dell'atmosfera a causa del riscaldamento del suolo. La soluzione era da cercarsi in telescopi solari verticali che raccogliessero i raggi solari in alto, lontano dal suolo: nasce così la prima Torre Solare, alta 60 piedi, alla quale, nel 1908, grazie al contributo di Andrew Carnegie, grande magnate dell'acciaio, ne viene affiancata una seconda alta 150 piedi.

Oltre alle ricerche di fisica solare, progredivano a Mount Wilson anche gli studi sulla costituzione e distribuzione delle stelle. Dapprima con un



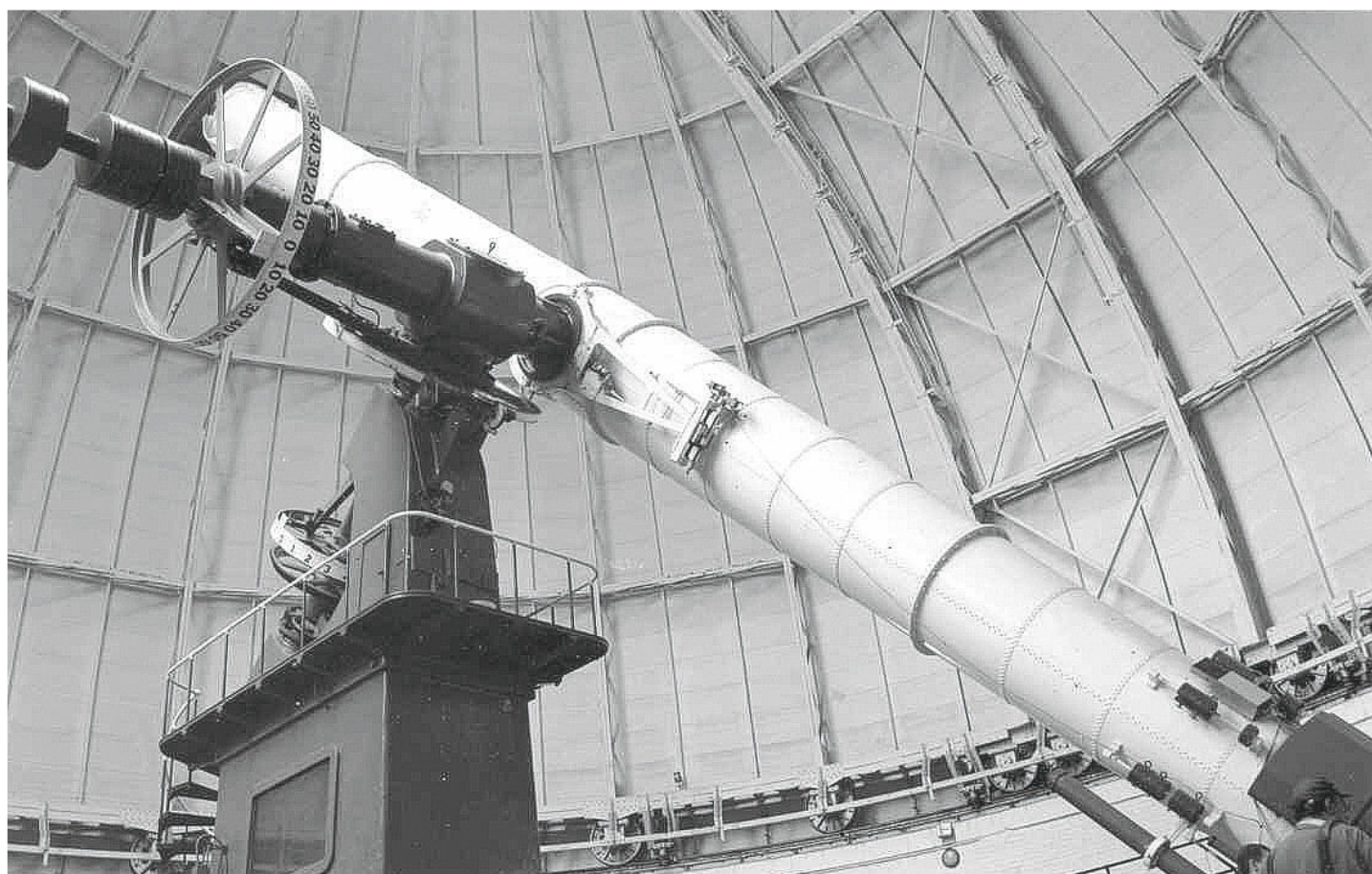
riflettore, con lo specchio di 60 pollici (1,5 metri) di diametro, poi con il riflettore Hooker di 100 pollici (2,5 metri), ideato e costruito durante la grande guerra ed entrato in funzione alla fine di questa.

Nel 1923 Hale lascia la direzione dell'Osservatorio di Mount Wilson, ma fino alla sua morte, nonostante le cattive condizioni di salute, continuerà a occuparsi di fisica solare con un ruolo molto attivo nell'ambiente universitario di Los Angeles, dove contribuirà alla fondazione, insieme ad altri scienziati, del famoso CalTech ovvero il California Institute of Technology.

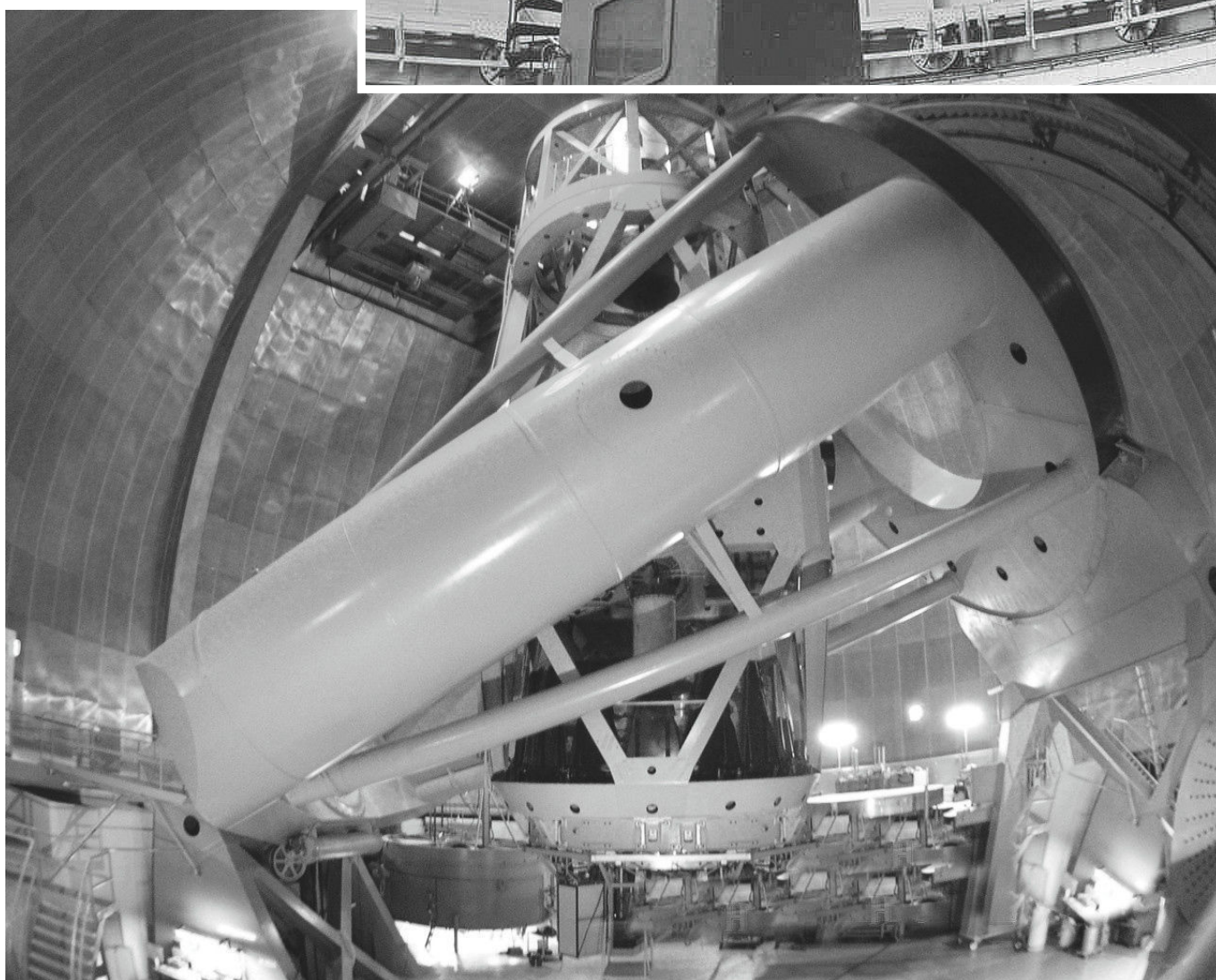
Nell'ultimo periodo della sua vita, in una serie di articoli scientifici e di divulgazione, Hale avanza l'idea di un telescopio di dimensioni doppie rispetto a quello costruito a Mount Wilson e, nel 1928, la fondazione

Rockefeller lo incarica, insieme ad astronomi di Mount Wilson e fisici del Caltech, dello studio del progetto e specialmente di quello più difficile della costruzione dello specchio.

Purtroppo Hale non riuscirà a vedere ultimata la costruzione di tale imponente telescopio, dotato di uno specchio del diametro di 200 pollici (5 metri), sulla cima del Monte Palomar nella California del Sud, che gli verrà dedicato ufficialmente nel giugno del 1948.



Sopra. Il grande rifrattore da 40" di diametro (102 cm) installato fin dal 1897 presso lo Yerkes Observatory. Lungo 18 metri e pesante 20 tonnellate, fu la prima opera di Hale ed è stato meccanicamente "rivisitato" nel 1969.



A sinistra, il 200" di Mount Palomar. Dal 1948 al 1976 fu il più grande del mondo, poi superato dal telescopio altazimutale russo da 6 metri. Hale contribuì alla prima fase della progettazione, ma non lo vide mai realizzato.