

#### La scienza

George Alfred Leon Sarton (1884 - 1956), citato da Edwin Hubble in *The Realm of the Nebulae* (1936):

«I santi al giorno d'oggi non sono necessariamente più santi di quelli vissuti un migliaio di anni fa; i nostri artisti non sono necessariamente più grandi di quelli dell'antica Grecia; anzi, probabilmente sono inferiori; e certamente, i nostri uomini di scienza non sono necessariamente più intelligenti di quelli del passato; eppure una cosa è certa, la loro conoscenza è senza dubbio più estesa e accurata. L'acquisizione e la sistematizza-zione della conoscenza sono le sole attività umane che risultano realmente cumulative e progressive.»

## Cosa sono le galassie?

«No one knew before 1900. Few people knew in 1920. All astronomers knew after 1924» Sandage, Hubble Atlas of Galaxies (1961)



Allan R. Sandage

- Una frase di effetto che è vera solo in parte.
- Il problema delle nebulae era nell'aria dal Settecento, e molte erano state le soluzioni proposte.
- E non è vero che «tutti lo seppero dopo il 1924»; ci volle un po' di tempo per superare i residui dubbi.
- La storia è intrecciata a quella riguardante la natura e le dimensioni della Via Lattea, cominciata nell'antichità classica e oggi ancora non completamente risolta in tutti i suoi dettagli.

### Ingredienti della storia



- Occasionali osservazioni
- Preconcetti -> punto forte e insieme debole dell'astronomia
- Nuovi strumenti tecnologici (telescopio, fotografia ecc.)
- Nuovi strumenti interpretativi della fisica
- Esplorazioni sistematiche
- Caso e buona sorte
- L'appetito che vien mangiando .... più sai, più vuoi sapere

La pietra di paragone è la Via Lattea

#### Timeline

Astrofisica
Evoluzionismo
Nuova fisica
Fotometria precisa
Spettroscopia
Fotografia

Telescopio

Modelli cinematici

Fisica delle stelle

Distanze (parallassi e stelle variabili)

Survey stellari & modelli geometrici

Modelli cosmogonici

Esplorazione casuale

Finestra sul mondo siderale

Miti e modelli

Astrofisica
Evoluzionismo
Nuova fisica
Fotometria precisa
Spettroscopia
Fotografia

Telescopio

Classificazione

Distanze (parallassi e stelle variabili)

Spettri (gas & cinematica)

Galassia o galassie?

Survey di nebule

Stelle o fluidi luminiferi?

Casuali scoperte

Miti e modelli

Via Lattea

Nebulae

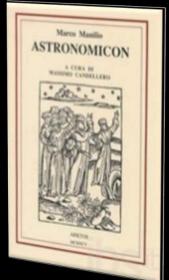


#### La Via Lattea nell'antichità classica: nome omen

- Anassagora e Arato parlavano di "brillante ruota che gli uomini chiamano latte", presumibilmente per via del colore biancastro.
- Eratostene di Cirene la chiamava "cerchio della Galassia".
- In Grecia la conoscevano anche come "Eridano", il fiume celeste.
- A Roma era la "ghirlanda celeste" (coeli cingulum); Plinio la chiamava "circolo latteo".

Nel primo secolo d.C. il poeta latino <u>Marco Manilio</u> così la descriveva nel *Astronomicon*, fonte di ispirazione alla una similitudine di Dante:

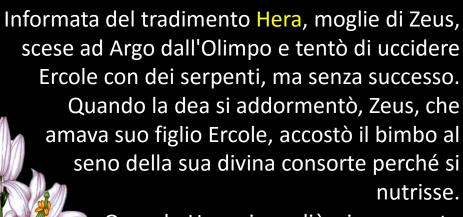
«Namque in caeruleo candens nitet orbita mundo/ ceu missura diem subito caelumque recludens. [...] / utque suos arcus per nubila circinat Iris, / sic superincumbit signato culmine limes / candidus et resupina facit mortalibus ora, / dum nova per caecam mirantur lumina noctem /inquiruntque sacras humano pectore causas .»
(Astronomicon I, 703-704 & 713-717)



Splende infatti il lattiginoso fulgore del suo cerchio nel firmamento ceruleo / quasi stesse per inviare il giorno dal cielo dischiuso [...] / E come il suo arco Iride incurva lungo le nuvole, /così sovrasta il costellato tetto questo percorso / di candido bagliore, spingendo i mortali a levare il viso / per ammirarne nella cieca notte la stupefacente luminescenza / e a interrogarsi nei loro cuori degli uomini sulla sua origine divina.

#### La Via Lattea e il mito *a luci rosse* di Ercole

Secondo una storia mitologica greca, che ha molte varianti, Ercole era figlio di Zeus e di Alcmena. La bella principessa era sposata con Anfitrione. Mentre questi era assente per vendicare l'assassinio del padre di Alcmena, Zeus prese le sue sembianze per potersi unire alla donna. Dal divino amplesso nacque Ercole, mezzo uomo e mezzo dio. Alcmena partorì anche un altro figlio, Ificle, l'umano gemello Ercole, concepito con il suo vero marito. Avendolo saputo, Anfitrione non la prese per niente bene!



Quando Hera si svegliò, si rese conto della situazione e spinse via Ercole con veemenza. A causa del brusco gesto dal suo seno spruzzarono due zampilli di latte, uno in cielo e l'altro in terra: il primo diede origine alla Via Lattea e il secondo fece nascere i gigli.

J. Tintoretto, Nascita della Via Lattea, 1578-80

#### La Via Lattea e il mito di Fetonte

Un'altra versione collega la Via Lattea il mito di Fetonte, figlio del Sole e della ninfa Climene. Fetonte ottenne il permesso dal Padre a guidare per una volta il carro del sole nel cielo, ma, a causa della sua inesperienza, non riuscì a trattenere la corsa di cavalli («il temo / che mal guido Fetonte» dice Dante nel Par. XXXI, 124-125) e, uscendo dalla consueta rotta, minacciava di dare fuoco a tutta la natura, tanto che la Madre Terra dovette implorare Zeus di intervenire. Il Padre degli dei non poté fare a meno di colpire l'incauto auriga :

«Quel del Sol che, svïando, fu combusto / per l'orazion de la Terra devota, / quando fu Giove arcanamente giusto» (Purg. XXIX, 118-120).



Ora, il carro del Sole, deviato dalla sua traiettoria diurna («La strada / che mal non seppe carreggiar Fetòn ...» in Purg. IV, 71-72), lasciò anche una bruciatura nel cielo, come riportato da Dante stesso: «Maggior paura non credo che fosse / quando Fetonte abbandono li freni, per che 'l ciel, venite pare ancor, si cosse» (Inf. XVII, 106-108).

Sala del Mappamondo (1)
Villa Farnese, Caprarola 1575

#### La Via Lattea e il mito di Giove e Amaltea

Esiodo racconta che Zeus, figlio di Crono e di Rea, nacque a Creta, e lì fu nascosto, in una grotta sul monte Ida, per sottrarlo al padre. Dopo che un oracolo gli aveva predetto che sarebbe stato detronizzato da uno di loro, Crono divorava sistematicamente tutti i suoi figli. Dante narra il mito con le parole di Virgilio:

«"In mezzo mar siede un paese guasto", / diss'elli allora, "che s'appella Creta, / sotto 'l cui rege fu già 'l mondo casto. / Una montagna v'è che già fu lieta / d'acqua e di fronde, che si chiamò Ida; / or è diserta come cosa vieta. / Rëa la scelse già per cuna fida / del suo figliuolo, e per celarlo meglio, / quando piangea, vi facea far le grida"». (Inf. XIV, 94-102)



Rea aveva ordinato ai Coribanti, un popolo dell'isola di Creta, di cantare a squarciagola e suonare a tutto volume ogni qual volta il piccolo Zeus cominciava a piangere, in modo da impedire al padre di sentirne le grida.

Zeus era nutrito dalla capra Amaltea, con la cui pelle avrebbe poi forgiato il suo scudo (egida = tempesta ma anche pelle di capra).

Un giorno, mentre veniva allattato, una goccia di latte gli sfuggì dalla bocca e finì in cielo. Da questa goccia sarebbe nata la Via Lattea.

G. Vasari, 1555-56

### l miti evolvono in modelli: φιλοσοφία

I filosofi greci avevano opinioni discordi sulla natura della Via Lattea

- Il presocratico <u>Anassagora</u>, filosofo pluralista, pensava che riflettesse la luce del sole.
- <u>Platone</u> parlava di una catastrofe cosmica, forse cercando di salvare con una spiegazione razionale il mito di Fetonte.
- Democrito credeva che la Via Lattea fosse una banda di stelle deboli.

 Aristotele, invece, pensava che fosse un fenomeno delle atmosfera terrestre: una teoria sopravvissuta in Europa fino al Rinascimento.

Gli <u>astronomi persiani</u> e in generale del <u>mondo islamico</u> respingevano il modello aristotelico: i pianeti transitano davanti della Via Lattea che quindi deve essere più lontana. Pensavano che la Via Lattea fosse costituita da stelle deboli ma, privi di qualsiasi strumento per aiutare l'occhio, non poterono dimostrare questa ipotesi.

Nel Medioevo Ruggero Bacone, allievo di Alberto Magno, sosteneva che la Via Lattea fosse una collezione di molte stelle.

## Pseudo-Plutarco: Placita Philosophorum

(La dottrina dei filosofi)

"Essa [la Via Lattea] è un cerchio diffuso, che appare continuamente in aria, e in ragione del candore dei suoi colori è chiamato la galassia, o la via lattea. Alcuni dei <u>pitagorici</u> dicono che, quando Fetonte mise a fuoco il mondo, una stella cadente dal proprio posto nel suo passaggio circolare attraverso la regione ha causato una infiammazione.

<u>Altri</u> dicono che in origine è stato il primo corso del sole; altri, che si tratta di un'immagine come in uno specchio, causata dal sole che riflette i suoi raggi verso il cielo, e questo appare tra le nuvole e l'arcobaleno.

<u>Metrodoro</u>, che è semplicemente il corso solare, o il moto del sole nel proprio cerchio.

<u>Parmenide</u>, che la miscela di una sostanza spessa e sottile conferisce un colore che assomiglia al latte.

Anassagora, che muovendosi il sole sotto la terra e non essendo in grado di illuminare ogni luogo, l'ombra della terra, gettato su una parte del cielo, forma la galassia.

<u>Democrito</u>, che è lo splendore che deriva dalla coalizione di molti corpi di piccole dimensioni, che, essendo saldamente uniti tra di loro, si illuminano l'un l'altro."

Democrito di Abdera

## M. Tulli Ciceronis: Somnium Scipionis

(De re publica; ultima parte del libro VI), 54 a.C.



«9. Poiché guardavo la terra con più attenzione, l'Africano mi disse: «Posso sapere fino a quando la tua mente rimarrà fissa a terra? Non ti rendi conto a quali spazi celesti sei giunto? Eccoti sotto gli occhi tutto l'universo compaginato in nove orbite, anzi, in nove sfere. Una sola di esse è celeste, la più esterna, che abbraccia tutte le altre: è il dio

sommo che racchiude e contiene in sé le restanti. In essa sono confitte le sempiterne orbite circolari delle stelle, cui sottostanno sette sfere che ruotano in direzione opposta, con moto contrario all'orbita del cielo. Di tali sfere una è occupata dal pianeta chiamato, sulla terra, Saturno. Quindi si trova quel fulgido astro - propizio e apportatore di salute per il genere umano - che è detto Giove. Poi, in quei bagliori rossastri che tanto fanno tremare la terra, c'è il pianeta che chiamate Marte. Sotto, quindi, il Sole occupa la regione all'incirca centrale: è guida, sovrano e regolatore degli altri astri, mente e misura dell'universo, di tale grandezza, che illumina e avvolge con la sua luce tutti gli altri corpi celesti. Lo seguono, come compagni di viaggio, ciascuno secondo il proprio corso, Venere e Mercurio, mentre nell'orbita più bassa ruota la Luna, infiammata dai raggi del Sole. Al di sotto, poi, non c'è ormai più nulla, se non mortale e caduco, eccetto le anime, assegnate per dono degli dèi al genere umano; al di sopra della Luna tutto è eterno. La sfera che è centrale e nona, ossia la Terra, non è infatti soggetta a movimento, rappresenta la zona più bassa e verso di essa sono attratti tutti i pesi, per una forza che è loro propria».



#### La Via Lattea e Dante: Convivio

«È da sapere che di quella Galassia li filosofi hanno avute diverse oppinioni. Chè li Pittagorici dissero che 'I Sole alcuna fiata errò ne la sua via e, passando per altre parti non convenienti al suo fervore, arse lo luogo per lo quale passò, e rimasevi quella apparenza de l'arsura: e credo che si mossero da la favola di Fetonte, la quale narra Ovidio nel principio del secondo di Metamorfoseos. Altri dissero, sì come fu Anassagora e

Democrito, che ciò era lume di sole ripercusso in quella parte, e queste oppinioni con ragioni dimostrative riprovaro. Quello che Aristotile si dicesse non si può bene sapere di ciò, però che la sua sentenza non si truova cotale ne l'una translazione come ne l'altra. E credo che fosse lo errore de li translatori; chè ne la Nuova pare dicere che ciò sia uno ragunamento di vapori sotto le stelle di quella parte, che sempre traggono quelli: e questo non pare avere ragione vera. Ne la Vecchia dice che la Galassia non è altro che moltitudine di stelle fisse in quella parte, tanto picciole che distinguere di qua giù non le potemo, ma di loro apparisce quello albore, lo quale noi chiamiamo Galassia: e puote essere, chè lo cielo in quella parte è più spesso e però ritiene e ripresenta quello lume. E questa oppinione pare avere, con Aristotile, Avicenna e Tolomeo. Onde, con ciò sia cosa che la Galassia sia uno effetto di quelle stelle le quali non potemo vedere, se non per lo effetto loro intendiamo quelle cose, e la Metafisica tratti de le prime sustanzie, le quali noi non potemo simigliantemente intendere se non per li loro effetti, manifesto è che 'l Cielo stellato ha grande similitudine con la Metafisica».

(Convivio II, XIV, 5-8)

## La stagione delle stelle erranti

Gli astronomi disponevano solo dei loro occhi, dei goniometri e di un po' di matematica



Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna



## 1610: nasce l'astronomia moderna

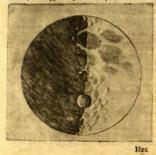
PLEIADVM CONSTELLATIO.

quod tertio loco à nobis fuit obseruatum, estipsiusguest terro meo a noma con concressional y competential met LACTET Circuli effentia, feu materies, quam Peralli beneficio adcò ad fenfum licer intueri, ve & alter-

# SIDEREUS NUNCIUS

#### OBSERVAT. SIDERE AE cam daturam. Depressiores insuper in Luna cernuntur magnæ maculæ, quam clariores plagæ; in illa enim tam crescente, quam decrescente semper in lucis tene-brarumque confinio, prominente hincindè circa ipsas

aquabiliores, nec rugis, aut asperitatibus interrupti. fecunda circa maculam quandam , superiorem , borealem nempè Lune plagam occupantem valdè attollantur tam fupra illam, quam infra ingentes quada eminentiæ, veluti appositæ præseferunt delineationes.



Hæc eadem macula ante secundam quadraturam nigrioribus quibuídam terminis circumuallata conípi-citus; qui tanquam altifima montium iuga ex parte Soli auerfa obscuriores apparent, quà vero Solem refpiciunt lucidiores extant; cuius oppolitum in cauitatibus accidit, quarum pars Soli auerfa splendens aptibus accions, quartim pars son auera ipiendens ap-paret, obleura verò, ac vinbrofa, qua co parte Solis lita eft. Imminuta deinde luminola superficie, cum primum tota ferme dicta-macula tenebris estobducta, clariora mótium dorsa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figura com-

Sidereus Nuncius, Venezia, 1610

#### Il metodo scientifico

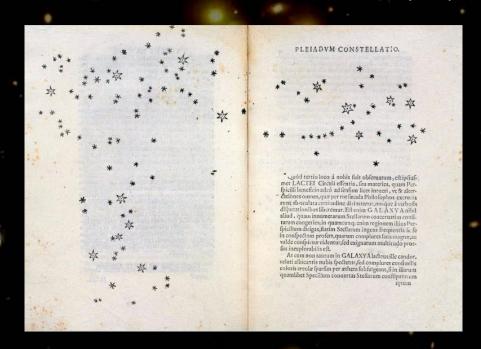
Galilei - Il saggiatore (1623):

« La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto».

La Bibbia ci dice «come si vadia in lo Cielo», mentre la scienza moderna, fondata dallo stesso Galilei, ci insegna «come vadia lo Cielo».

## Il mondo sidereo nel *Sidereus Nu*ncius (1610)

«Quello che osservammo è l'essenza o materia della Via Lattea, la quale attraverso il cannocchiale si può vedere in modo così palmare che tutte le discussioni, per tanti secoli cruccio dei filosofi, si dissipano con la certezza della sensata esperienza, e noi siamo liberati da sterili dispute. La Galassia infatti non è altro che un ammasso di innumerabili stelle disseminate a mucchi; ché in qualunque parte di essa si diriga il cannocchiale, subito si offre alla vista un grandissimo numero di stelle, parecchie delle quali si vedono abbastanza grandi e molto distinte, mentre la moltitudine delle più piccole è affatto inesplorabile».





## Una pietra miliare



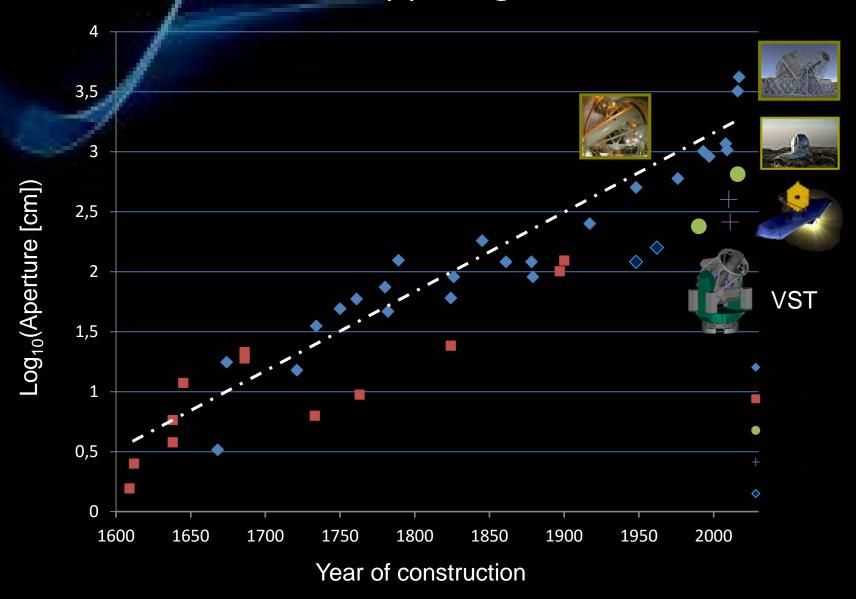
אנבי יהוה לא יהיה לא תשאאת וכוד את יום כבר את אבין

Il telescopio dimostra che la Via Lattea è un sistema di miriadi di stelle, simili e diverse dal Sole.

Il telescopio offre anche lo strumento per snidare nuovi fenomeni celesti, tra cui le nebulae

La posizione dell'Uomo in questo universo sidereo diventa materia di discussione (e di rogo)

# Legge di Moore: la dimensione del collettore di luce raddoppia ogni 45 anni







Antonio Pigafetta (c.1492 – c.1531)

LMC



SMC

Ferdinando Magellano (1480 - 1521) Cometa McNaught, la Grande Cometa del 2007

### Antonio Pigafetta «magnagatti»

## PRIMO VIAGGIO

INTORNO AL GLOBO TERRACQUEO

OSSIA

RAGGUAGLIO DELLA NAVIGAZIONE

ALLE INDIE ORIENTALI PER LA VIA D'OCCIDENTE FATTA DAL CAVALIERE

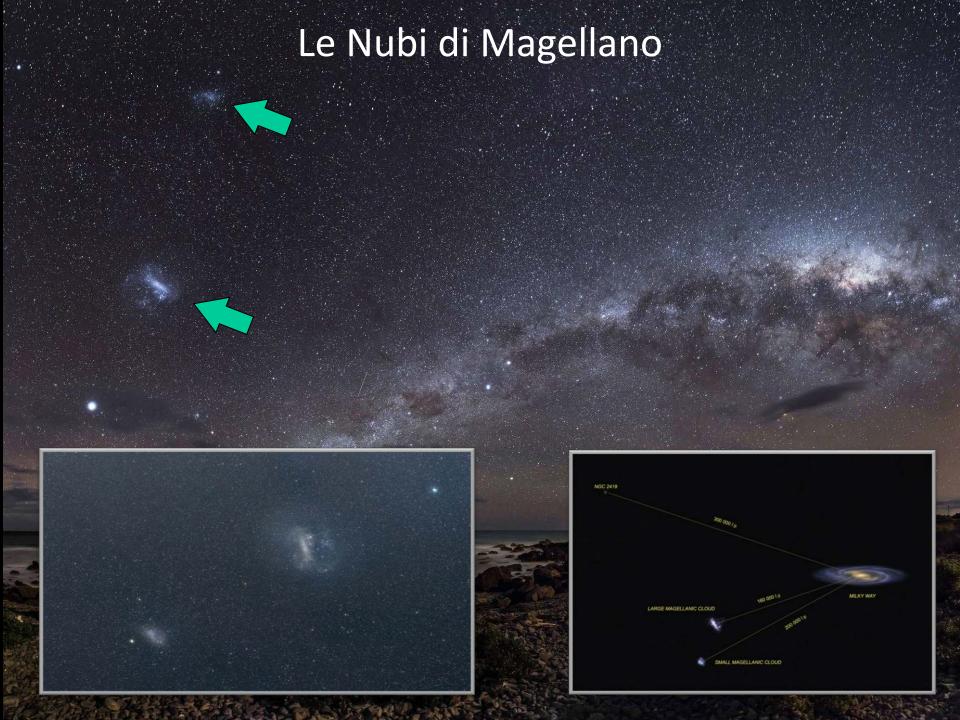
#### ANTONIO PIGAFETTA

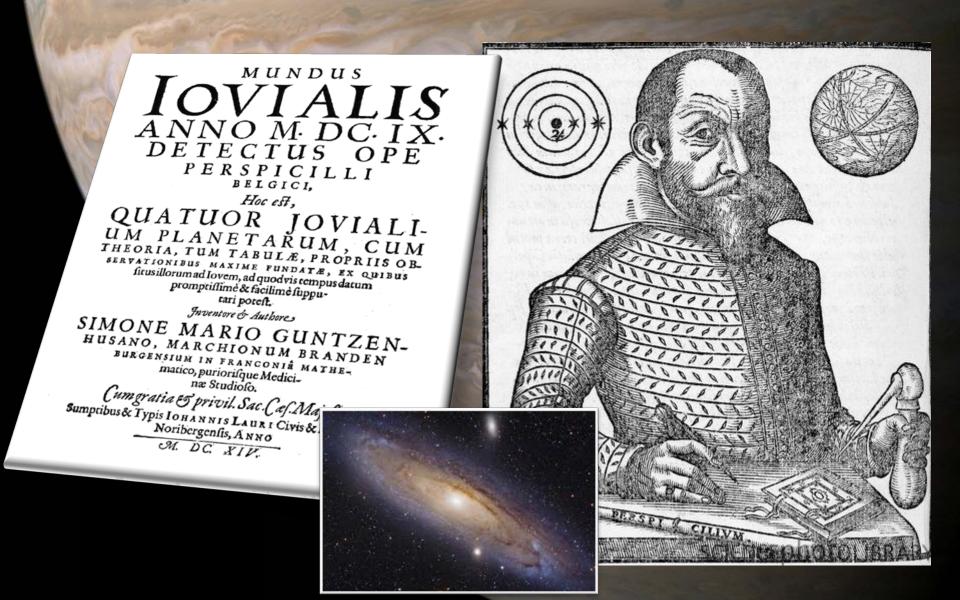
PATRIZIO VICENTINO

Sulla Squadra del Capit. Magaglianes negli anni 1519-1522.



Il polo antartico non è stellato nello stesso modo che lo è il polo artico: vi si vedono due gruppi di piccole stelle a foggia di due nebbiette alquanto sosche, e poco fra loro distanti. In mezzo a queste nebbiette vi sono due stelle molto grandi e rilucenti, che hanno poco moto. Queste due stelle sono il Polo Antartico





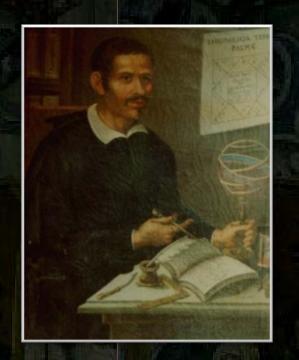
1612:

il bavarese Simon Marius riscoprì M31 col telescopio

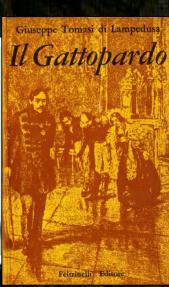
#### Giovan Battista Hodierna

Hodierna, il cui vero cognome era Diana, nacque a Ragusa nel 1597 e morì a Palma di Montechiaro nel 1660. Pioniere della scienza emergente nel profondo sud della Sicilia del XVII secolo, era un enciclopedico più che uno specialista.

Mostrò un precoce interesse per l'astronomia. Sacerdote dal 1622, nel 1637 venne chiamato a Palma di Montechiaro dai fratelli Tomasi che gli assicurarono un buon stipendio. Nel 1645 venne nominato arciprete di Palma.







G.B. Hodierna

#### Giovan Battista Hodierna

Nonostante i viaggi e i contatti prestigiosi, Hodierna soffriva il pesante isolamento a Palma:

... Socium non habeo, vel amicum, aut propinquum, quo paululum sublevari possim.

Mens mea praeceptor meus, et difficultates meas nulli communico ...

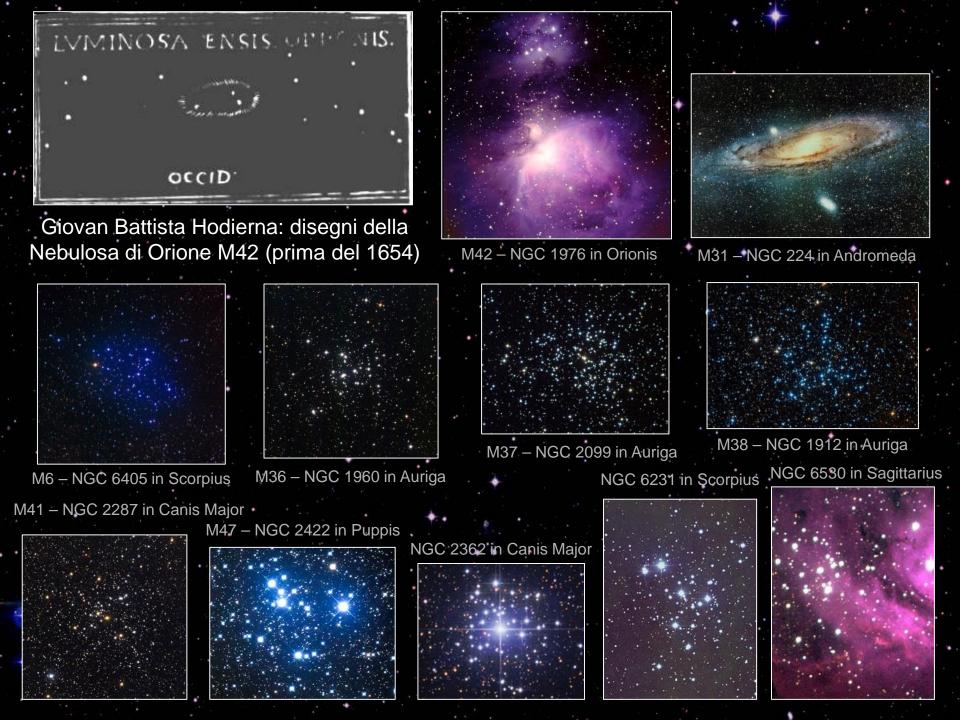
(dal De Admirandis Phasibus in Sole et Luna visis, 1656)

Una curiosità insaziabile e un talento per la ricerca lo portarono a studiare botanica, meteorologia, anatomia, entomologia, "filosofia corpuscolare" (era un atomista convinto) e ottica.

L'arciprete di Palma godette di notevole fama in vita per i suoi studi sui satelliti di Giove scoperti da Galileo.

Molto importante è la catalogazione, nel *De Systemate Orbis cosmetici; Deque Admirandis Coeli characterics ....,* di oggetti celesti di aspetto nebulare e relative mappe disegnate dallo stesso Hodierna.

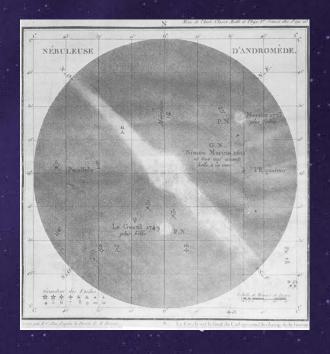




### 1771: primo catalogo di Nebulose



Charles Messier (1730 – 1817)



"Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles".

Una prima versione apparve nelle Memoirs
dell'Accademia delle Scienze francese nel 1771.
Un'opera senza fine: l'ultimo elemento è stato
aggiunto nel 1966 da Kenneth Glyn Jones sulla
base di osservazioni di Messier.

## Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles



#### Il dilemma delle nebulose

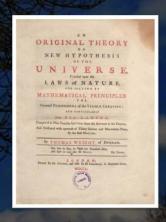
L'enigma fondamentale riguardo la natura delle nebulose si riassume così:

- l'aspetto lattiginoso delle nebulose irrisolte è un'indicazione che, almeno in alcuni casi, l'ingrediente in gioco è un fluido luminoso?
- oppure il loro aspetto diffuso è solo l'immagine sfocata di densi ammassi di stelle posti a distanze inavvicinabilmente grandi?

Distanze grandi .... ma quanto?

## Thomas Wright of Durham (1711 – 1786)

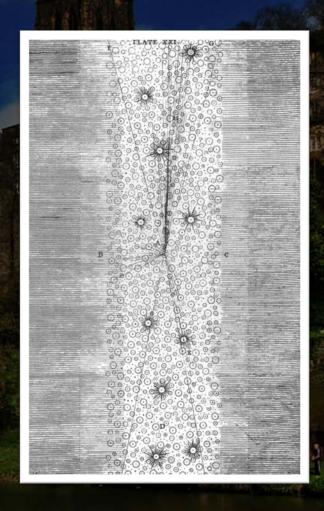
An original theory or new hypothesis of the universe (1750)





Immaginò un modello di universo sidereo che ebbe grande influenza sul pensiero di Kant e Herschel.

Concepì la Via Lattea come una forma rettangolare/schiacciata, una "infinità finita" di stelle, "un vasto infinito Golfo, o Mezzo, ogni senso esteso come un Piano, e limitato tra due superfici".



## Thomas Wright e la fede

Le opere di Wright hanno rivelato alcuni punti di vista bizzarri: ad esempio ne *L'uso dei* mappamondi (1740) afferma che:

"stars are so many suns, that each of these stars or suns is attended, (as ours is), by a proper number of planets and comets; and that each hath a gravitating power independent of each other... (so that) these several systems cannot interfere with one another".

Egli rappresentò ciascun Sistema stellare con la propria deità al centro, indicata dal "occhio della provvidenza".



http://reed.dur.ac.uk/xtf/view?docld=ead/sci/wrightt.xml

## Thomas Wright e le nebulae

L'idea di Thomas Wright è che molte nebulose deboli siano in realtà galassie incredibilmente lontane.

#### Wright scriveva:

"...the many cloudy spots, just perceivable by us, as far without our Starry regions, in which tho' visibly luminous spaces, no one star or particular constituent body can possibly be distinguished; those in all likelihood may be external creation, bordering upon the known one, too remote for even our telescopes to reach".

Wright sottolineava che la Terra e la razza umana sono parti insignificanti e transitori di un vasto universo:

"In this great Celestial Creation, the Catastrophy of a World, such as ours, or even the total Dissolution of a System of Worlds, may possibly be no more to the great Author of Nature, than the most common Accident in Life with us, and in all Probability such final and general DoomsDays may be as frequent there, as even Birth-Days or Mortality with us upon this Earth".



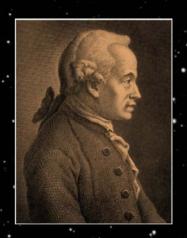
### Jean Paul, Il gioioso maestro Wuz in Auenthal Leben des vergnügten Schulmeinterlein Maria Wuz in Auenthal

"Dolce e placida come il mare calmo fu la vostra vita e la vostra morte, oh Wuz maestro di scuola gioioso!".

Così inizia questa Vita di Maria Wuz, il gioioso maestro di scuola di Auenthal, scritta nel tardo secolo XVIII da Jean Paul. Dietro lo pseudonimo si nasconde quel Johann Paul Richter, il figlio di un modesto insegnante di scuola, pastore di un piccolo villaggio in Franconia, vissuto tra il 1763 e il 1825.

Definizione tranchant di Nietzsche: «il destino in un veste di camera»





Kant lesse solo un sunto dell'opera di Wright, pubblicato in un giornale di Amburgo senza troppi dettagli.

#### 1755: Storia universale della natura e teoria dei cieli

http://web.calstatela.edu/faculty/kaniol/a360/Kant.Island.Universe.Theory.htm

#### **PREFAZIONE**

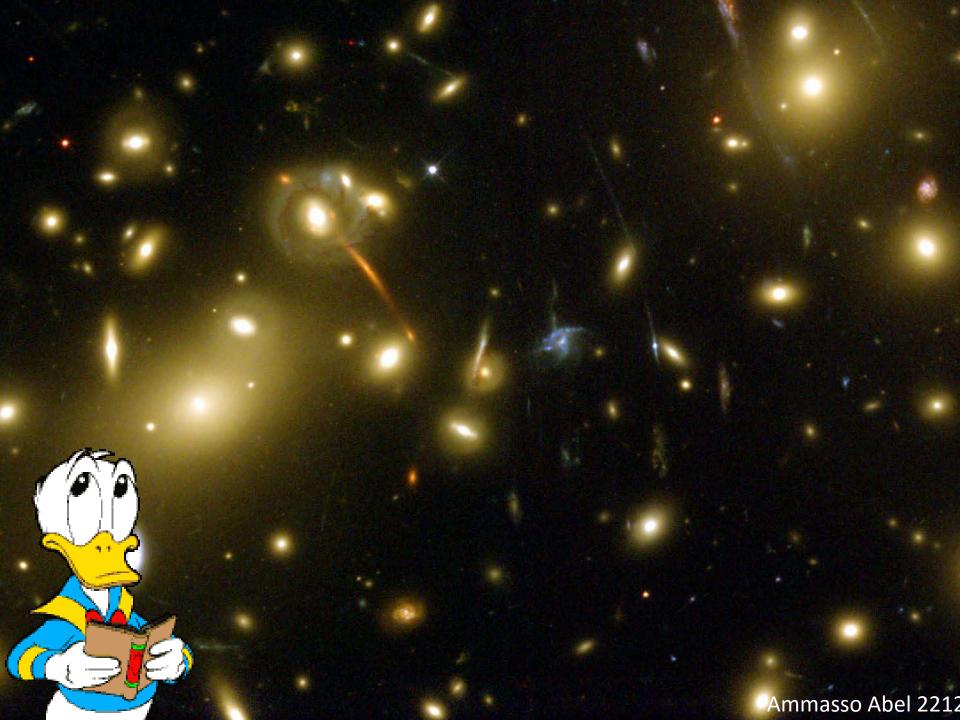
Ho scelto un argomento che, sia in considerazione della sua difficoltà intrinseca e anche per quanto riguarda la religione, può proprio all'inizio suscitare un giudizio sfavorevole da una grande parte di lettori. Per scoprire la disposizione sistematica che collega gran parte della creazione in tutta la sua estensione infinita e per mettere in evidenza mediante principi meccanici lo sviluppo dei corpi cosmici stessi e la causa dei loro movimenti dal primo stato di natura, tali intuizioni sembrano andare molto oltre i poteri della ragione umana.

[...]

Non mi sono imbarcato in questa avventura fino a quando non mi sono sentito sicuro dal punto di vista dei doveri religiosi. Il mio entusiasmo è raddoppiato ma mano che ho assistito ad ogni passo alla dispersione delle nuvole che dietro la loro oscurità sembravano nascondere dei mostri e che, dopo essere state disperse, hanno rivelato la maestà dell'Essere più alto con lo splendore più vitale.

[...]

Riconosco tutto il valore di quelle prove che le persone derivano dalla bellezza e dalla perfetta organizzazione della struttura cosmica per confermare il più eminentemente saggio Autore. Se non ci ostina a negare ogni convinzione, allora dobbiamo concordare con tali ragioni incontrovertibili. Ma io sostengo che le persone che difendono la religione in questo modo, utilizzando queste ragioni male, perpetuano il conflitto con i naturalisti, perché presentano un caso inutilmente debole.





## Stelle doppie e l'universalità della gravità



## La Via Lattea degli Herschel

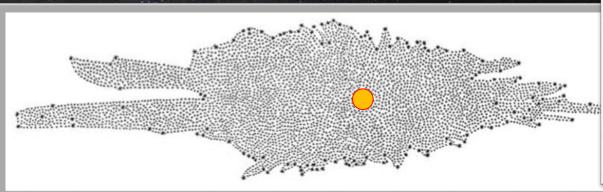
William & Carolina Herschel (1785) contarono tutte le stelle in 683 aree del cielo accuratamente selezionate usando il telescopio di 19 pollici, con focale di 20 piedi.

#### Due ipotesi:

- distribuzione uniforme delle stelle sino e non oltre i confini della Via Lattea;
- 2. capacità di vedere tutte le stelle entro I limiti della Via Lattea.

#### Risultato:

- sistema appiattito ("macina")
- il Sole molto vicino al centro .





Da Construction of the Heavens di William Herschel, pubblicato nelle Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 75 (1785)



#### Herschel: la trappola di Orione

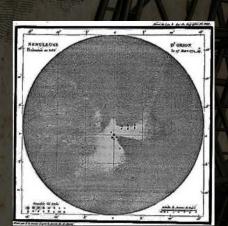
Nel 1774, avviando il suo *observing book*, William Herschel scelse la nebulosa di Orione, M42.

Due anni prima C. Messier aveva scritto: "Ho esaminato un gran numero di volte nebulosa nella spada di Orione, che Huygens ha scoperto nel 1656, e di cui ha prodotto un disegno nel lavoro, che ha pubblicato nel 1659, sotto il titolo Systema Saturnium".

Ciò che Herschel vide al telescopio gli parve diverso dal disegno fatto da Huygens, che lui aveva visto pubblicato in un libro di James Ferguson, Astronomia spiegata con i principi di Sir Isaac Newton. Si convinse così che la nebulosa stesse cambiando con il tempo.



Orion: Huygens



Orion: Messier

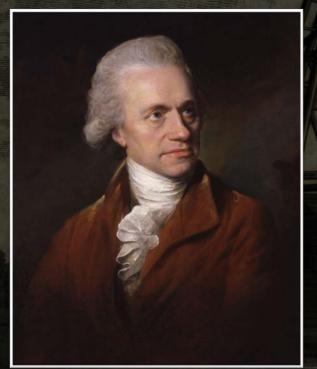


E. Halley

Si noti che Edmund Halley aveva sostenuto che le stelle nebulose conosciute sin dall'antichità erano in realtà costituite da un misterioso fluido luminifero.

## Herschel – passo 1: alcune nebulose come galassie

Memore della lezione di Orione, Herschel pensava che l'enigma avrebbe potuto essere sciolto osservando le modificazioni subite dal nebulose nel tempo. Con l'aiuto di Carolina, in 20 anni ampliò il numero di nebulose note dal centinaio circa di Messier a oltre 2500. Alcune sembravano punteggiate, altre erano di aspetto lattiginoso. Si era convinto che queste ultime fossero costituite dal fluido luminescente immaginato da Halley. Le prime dovevano essere invece sistemi di stelle offuscati in apparenza dalla loro grande distanza, ma che avrebbero rivelato la vera natura se visti con i più potenti telescopi.



Sir Frederick William Herschel (1738 - 1822)



Carolina Herschel

#### Herschel – passo 2: tutte le nebulose come galassie



M27 Omega



M17 Dumbell

Nel 1784 Herschel si imbatté in M17 e M27, due nebulose chiamate anche Omega e Dumbell a causa della loro morfologia caratteristica, e vide che alcune stelle galleggiavano nell'alone di luce. Pensò che la foschia residua fosse il risultato di una scarsa risoluzione e rigettò in toto il modello fluido luminoso.

"I have looked further into space – avrebbe poi scritto - than any human being did before me. I have seen stars whose light it will be proved has taken two million years to reach us".

### Herschel – passo 3: la Via Lattea è la sola galassia

Nel 1790, esplorando la costellazione del Toro con il suo telescopio, Herschel si imbatté in NGC 1514, "un fenomeno molto strano". Non era la prima volta che vedeva questo tipo di singole stelle circondate "da un ambiente debolmente luminoso". Memore del suo Urano, le aveva battezzate nebulose planetarie.



Ma la stella centrale di NGC 1514 era particolarmente brillante, e quindi la luminescenza circostante non poteva essere attribuita ad uno sciame di stelle non risolte. Completamente indifferente all'idea di dover tornare sui suoi passi, Herschel si convinse che si trattasse del fluido di Halley. La conseguenza fu il declassamento di Orione e di tutta la categoria delle nebulose irrisolte a bozzoli fluidi di dimensioni limitate, e la conseguente promozione della Via Lattea a sistema stellare dominante,"the most brilliant, and beyond all comparison the most extensive side-real system".



# William Parsons Disegno di Messier 51

La prima nebulosa a mostrare una struttura a spirale; fatto nel 1845







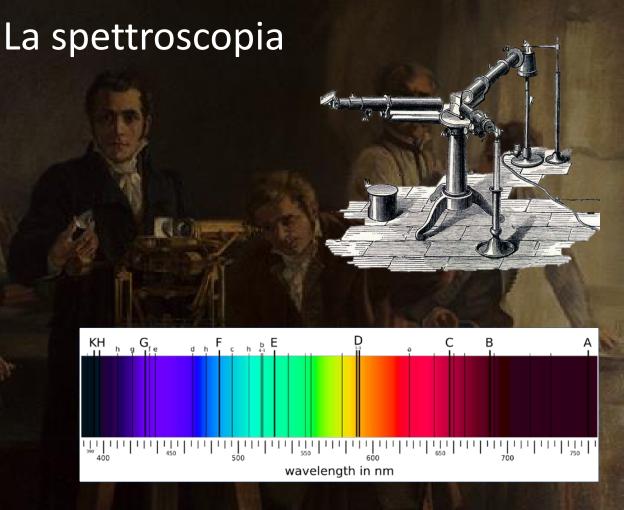






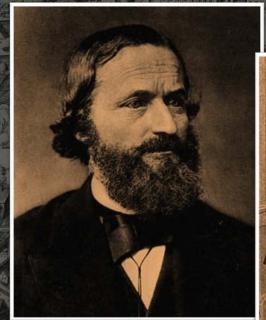


Joseph von Fraunhofer (1787 –1826)



Spettro del Sole Splendidi strumenti tra cui quello con cui Friedrich Wilhelm Bessel misurò la prima parallasse

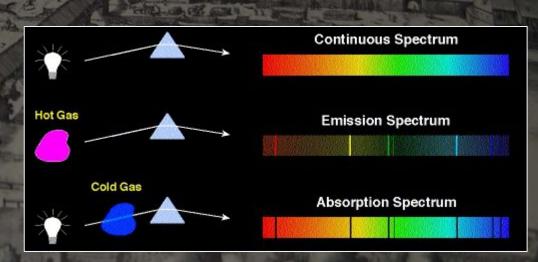
# Gustav Kirchhoff e la chimica degli astri



Gustav Robert Georg Kirchhoff (1824 - 1887)



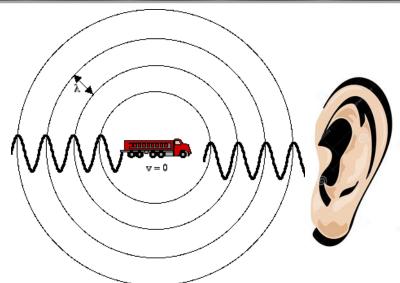
Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (1811 - 1899)



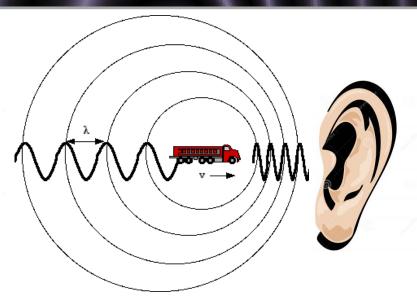
### Effetto Doppler acustico



Christian Andreas Doppler (1803 - 1853)



Camion dei pompieri fermo: Suono della sirena uguale da per tutto

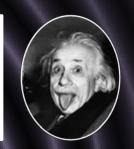


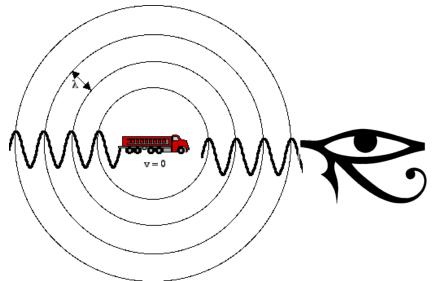
Camion dei pompieri in moto a velocità **v**: Suono della sirena più acuto/grave a seconda della direzione relativamente a **v** 

### Effetto Doppler ottico

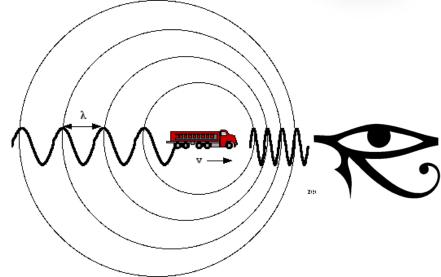


$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \lambda_s = \gamma (1 + \beta) \lambda_s$$





Camion dei pompieri fermo: Colore del mezzo uguale da per tutto



Camion dei pompieri in moto a velocità **v**: Colore più rosso/blu a seconda della direzione relativamente a **v** 

# L'astrofisica aggiunge altri dubbi: Cosa sono le nebulose bianche?



William Huggins (1824 – 1910)

"I was fortunate in the early autumn of ... 1864, to begin some observations in a region [i.e. nebulae] hitherto unexplored"; William Huggins, 1897, The New Astronomy.

Era già un gentleman scientist piuttosto noto, esperto della nuova tecnica spettroscopica.

#### Huggins: gli spettri delle nebulose

"I was fortunate in the early autumn of ... 1864, to begin some observations in a region [i.e. nebulae] hitherto unexplored"; W. Huggins, 1897, The New Astronomy.

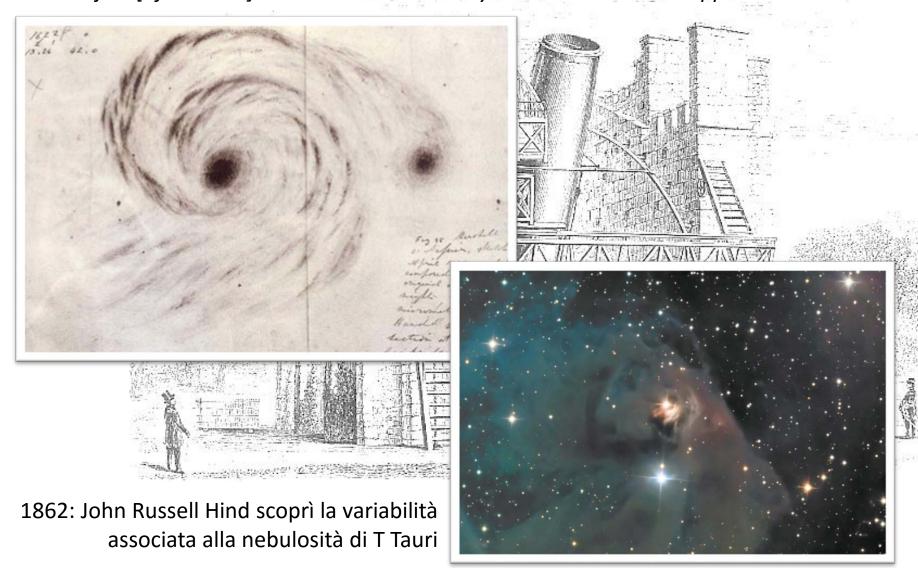
La sera del 29 agosto 1864, lo scienziato gentiluomo William Huggins puntò il telescopio su una nebulosa planetaria nel Draco, conosciuta oggi come degli Occhio del gatto. Perché? Nel tentativo di risolvere il problema posto da questi oggetti.

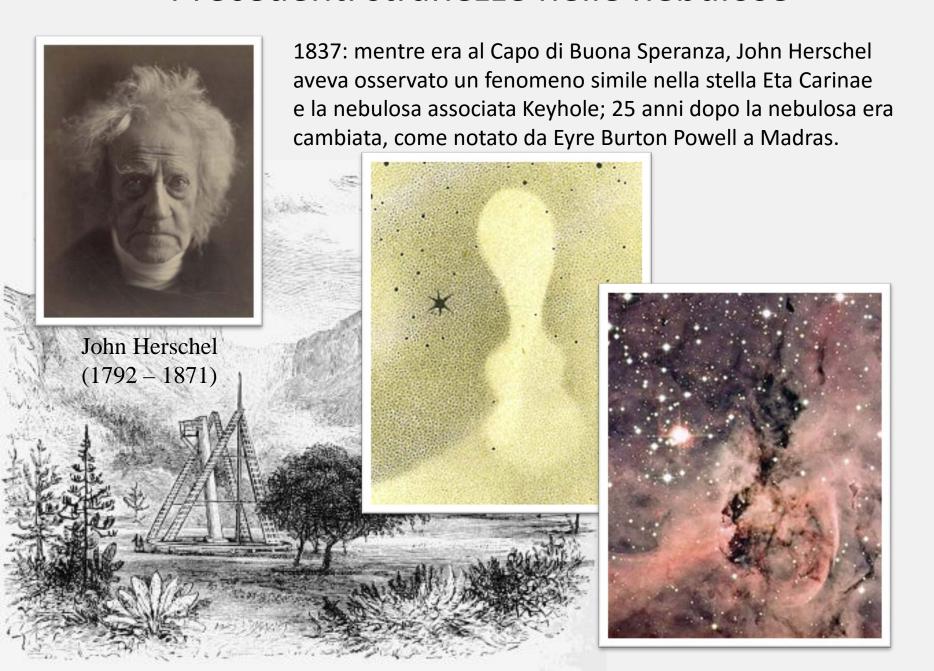


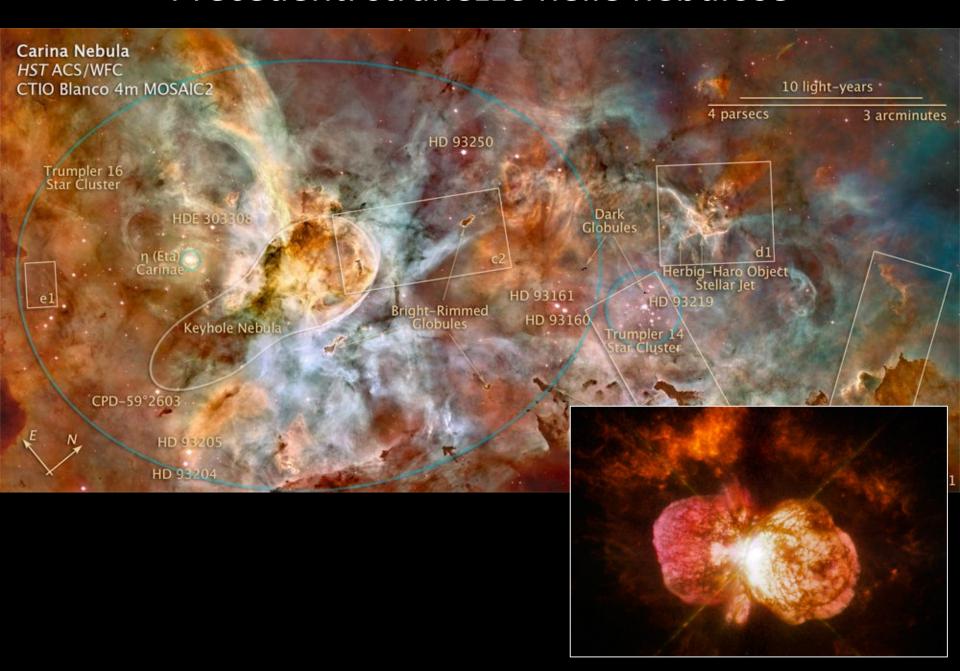


Cat's Eye in Draco: HST

1850: con il suo 6 piedi Lord Rosse scoprì la struttura a spirale di M51: "the subject [of nebulae] has become ... more mysterious and more inapproachable".







Il Rev. Thomas William Webb riferì di possibili cambiamenti di luminosità della nebulosa intorno alla stella Merope, nel Pleiadi.

Incapace di misurare la distanza di questi corpi, Webb si lamentava: "we find ourselves without a guide in the interminable wilderness of nebulae".



## La "bufala" su Orione



Nel 1861, il direttore dell'Harvard Observatory, George Phillips Bond, fornita l'indicazione controversa che la nebulosa di Orione avesse una struttura a spirale, come quella della Whirlpool Nebula osservata da Lord Rosse. Mandò prove di incisioni a Greenwich che mappavano l'intera regione in grande dettaglio. Ma gli astronomi di Greenwich non trovarono riscontro né con le proprie osservazioni telescopiche dirette né coi disegni che John Herschel ne aveva fatto nel 1847.

#### Usa la fotografia!!!

- La Lettera di Toledo (1184)
- I canali di Marte
- I neutrini più veloci della luce
- BICEP2 e la rilevazione delle onde gravitazionali cosmiche



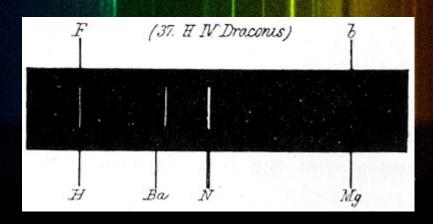
#### Huggins: gli spettri delle nebulose

"The reader may now be able to picture to himself to some extent the feeling of excited suspense, mingled with a degree of awe, with which, after a few moments of hesitation, I put my eye to the spectroscope. Was I not about to look into a secret place of creation?

[...]

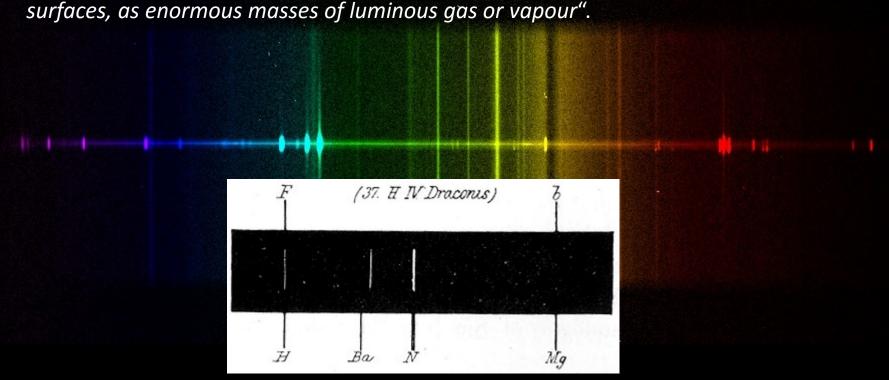
I looked into the spectroscope. No spectrum such as I expected! A single bright line only! At first I suspected some displacement of the prism, and that I was looking at a reflection of the illuminated slit from one of its faces. This thought was scarcely more than momentary; then the true interpretation flashed upon me. The light of the nebula was monochromatic.... "





#### Huggins: gli spettri delle nebulose

Qualunque cosa fossero, non erano "a special modification ... of our own type of suns". Invece, egli sosteneva, noi "find ourselves in the presence of objects possessing a distinct and peculiar plan of structure". Poiché solo "matter in the gaseous state" emette "light consisting of certain definite refrangibilities only", egli cautamente concludeva che "we must probably regard these objects, or at least their photosurfaces, as enormous masses of luminous gas or vapour".



### 1850: nasce la fotografia

Louis Daguerre (1787 -1851)



George Eastman (1854 -1932)

dagherrotipi

- callotipi
- collodio umido
- gelatine



John W. Draper: fotografia della Luna, 1839

#### I tempi nuovi

- Grande unificazione tra ciel e terra → astrofisica
- Fa capolino la consapevolezza che πάντα ῥεῖ

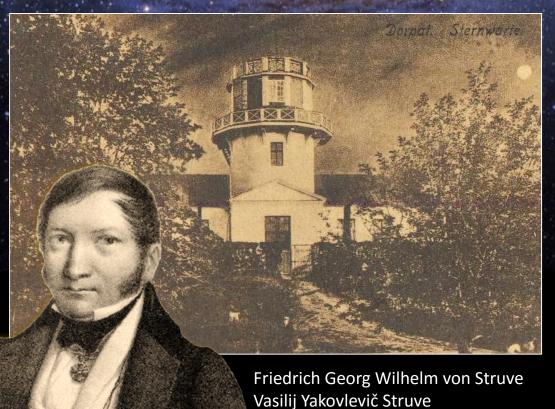




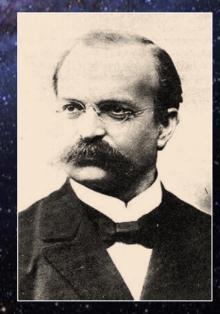


#### S And - SN 1885

M31



(Altona 1793 - San Pietroburgo 1864)



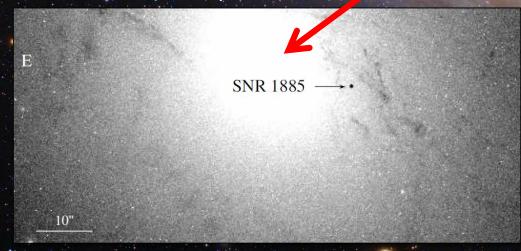
Carl Ernst Albrecht Hartwig (Francoforte 1851 – Bamberg 1923)

Osservatorio di Dorpat (Tartu) in Estonia

# Il resto della Supernova

nucleus

R.A. Fesen at al., ApJ 804, 2015



# Il resto della Supernova

R.A. Fesen at al., ApJ 804, 2015

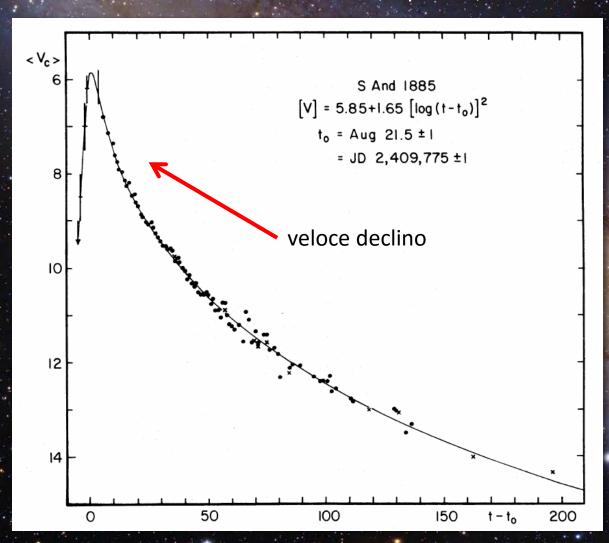
WFC3 F225W Fe II 2382, 2599 A

**SNR 1885** 

$$\frac{0.52"}{1 \text{ pc}}$$
 (D = 785 kpc)

#### La curva di luce ricostruita

G. de Vaucouleurs, H.G. Corwin Jr., ApJ 297, 1985



 $V_{tot}$  (M31) = 4.4 mag

Tipo la anomalo

#### 1888 - Isaac Roberts: fotografia di M31



Notebook della moglie di Huggins, Margaret

We ... work[ed] ... on the beautiful and interesting neb. in Andromeda, (31M).

We had decided on this neb. for several reasons. It is in such good position for one.

For another, Mr. Roberts of Liverpool has just sent us a photograph of it which shows clearly & unmistakeably a solar system in progress of making. Mr. Roberts' photograph of this object is certainly the most interesting photograph of a celestial object as an object, ever taken. How Laplace would rejoice over it!

Huggins a George Gabriel Stokes, Segretario della RAS

Mr. Roberts' photograph reveals for the first time to the eye of man its true nature. A solar system in the course of evolution from a nebulous mass! It might be a diagram to illustrate the Nebular hypothesis! I never expected to see such a thing.

There are some 6 or 7 rings of nebulous matter already thrown off, & in some of them we see the beginning of planetary condensation & one exterior planet fully condensed.

The central mass is still larger, to compare it with the solar system, say as large as the orbit of Mercury. The rings are all in one plane & the position is such that we see it obliquely.

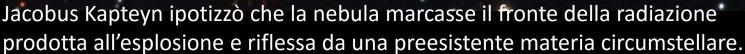
#### Calibrazione di S And con la Nova Persei 1901

Una stella nova venne scoperta il 21 febbraio 1901 dall'astrofilo scozzese Thomas Anderson vicino ad Algol.

La Nova Persei 1901 divento brillantissima poi scomparve, lasciando un bozzolo luminoso che via via cresceva.

La sua distanza venne determinata dalla parallasse di espansione, e da qui la sua magnitudine al massimo.





Poté così stimare la distanza dell'astro paragonando la dimensione angolare della nebula con il cammino che la luce aveva potuto coprire nel lasso di tempo intercorso dal momento dell'esplosione. Fatti i conti, risultò che la nova Persei si situava a 660 anni luce dalla Terra. Poiché al massimo della curva di luce la nova Persei appariva 250 volte più brillante di S And, la distanza di quest'ultime doveva essere 500×250 = 8.000 anni luce, sempre che le ipotesi su cui il traballante castello si reggeva fossero giustificate.

L'errore c'era e grave: S And non è una nova ma una supernova.

Le novae hanno mag(max) = -7.5, -8.8, le supernovae -17, -19.

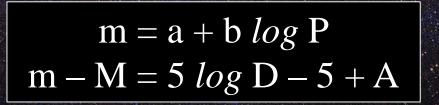
#### Henrietta Leavitt e la relazione PL per le Cefeidi

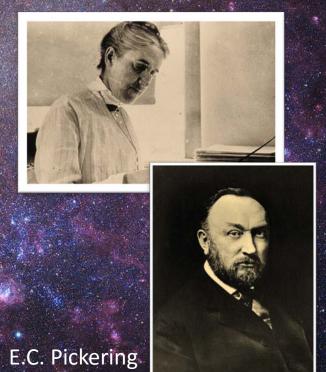
http://cwp.library.ucla.edu/articles/leavitt/leavitt.note.html

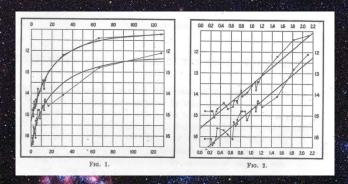
#### Periods Of 25 Variable Stars In The Small Magellanic Cloud

The following statement regarding the periods of 25 variable stars in the Small Magellanic Cloud has been <u>prepared</u> by Miss Leavitt. – Year 1912

A remarkable relation between the brightness of these variables and the length of their periods will be noticed. In H.A. 60, No. 4, attention was called to the fact that the brighter variables have the longer periods, but at that time it was felt that the number was too small to warrant the drawing of general conclusions. The periods of 8 additional variables which have been determined since that time, however, conform to the same law.







## L'harem di Pickering



Pickering e le calcolatrici di Harvard, all'Harvard College Observatory, 13 maggio 1913



L'Harem di Pickering, come veniva chiamato il gruppo di donne calcolatrici organizzati presso l'Osservatorio del College di Harvard da Edward Charles Pickering. Le donne ebbero un ruolo significativo nella analisi dei dati da Arequipa. Tra loro c'erano Henrietta Swan Leavitt e Annie Jump Cannon. Quest'ultima classificò le stelle in base alle loro caratteristiche spettrali e fu determinante nella creazione dell'Henry Draper Catalogue di stelle visibili in tutto il cielo.

## L'harem di Pickering



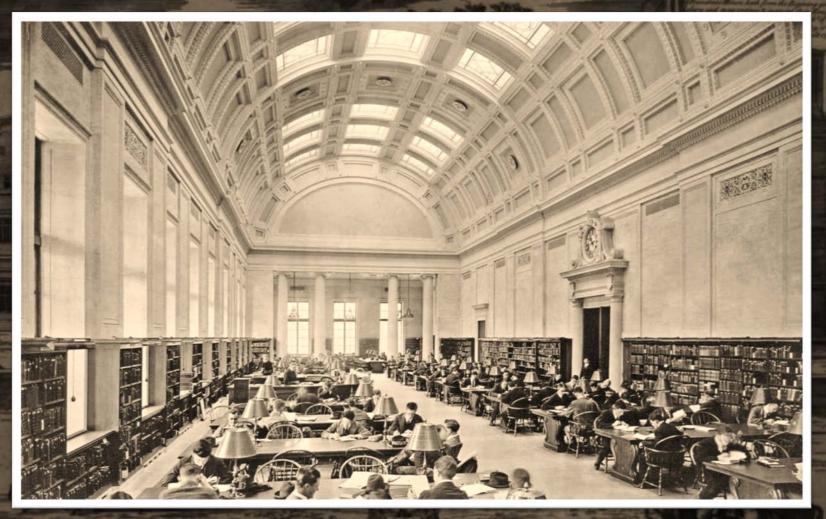
Le "ragazze" dell'Osservatorio con la sig. Draper, 1891

## L'harem di Pickering



Harvard Pinafore, 31 dicembre 1929. Da sinistra: "Prof. Rogers" (Percy M. Milliman); "Josephine" (Cecilia H. Payne): le "Lady computer" (Henrietta Swope, Mildred Shapley, Helen B. Sawyer, Sylvia Mussels, Adelaide Ames); "Prof. Searle" (Leon Campbell, Sr.).

## Lo stato dello studio e della ricerca negli USA



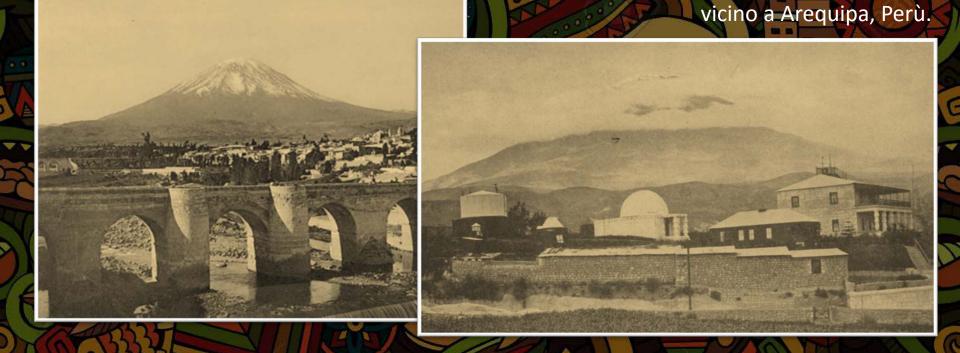
La Biblioteca Pubblica ad Harvard

## L'Osservatorio di Arequipa

Arequipa si trova sull'altopiano andino a 2.325 m sul livello del mare.

E 'circondata da tre vulcani: El Misti (5.822 metri) dalla forma conica, il Chachani (6.075 m), sulla cui vetta c'è sempre la neve, e Picchu Picchu (5.425 metri).

L'Osservatorio di Harvard incaricò Solon Bailey di trovare un sito per un nuovo Osservatorio nel Sud del mondo. L'obiettivo era di raccogliere fotografie del cielo non visibile da latitudini più a nord. Nel 1890, Bailey realizzò la Stazione Boyden





## L'osservatorio dell'ESO a Cerro Paranal







Control room

## Bruxelles 1927: quinto congresso Salvay

Elettroni e fotoni, Presidente H.A. Lorentz



A. PICC

E. HENRIOT P. FHRENEST Ed HERZE

ONDER E.S

ERSCHAFFEET W. FAGET W.

N. BOHR

LIANGMUIR

M. PLANCK

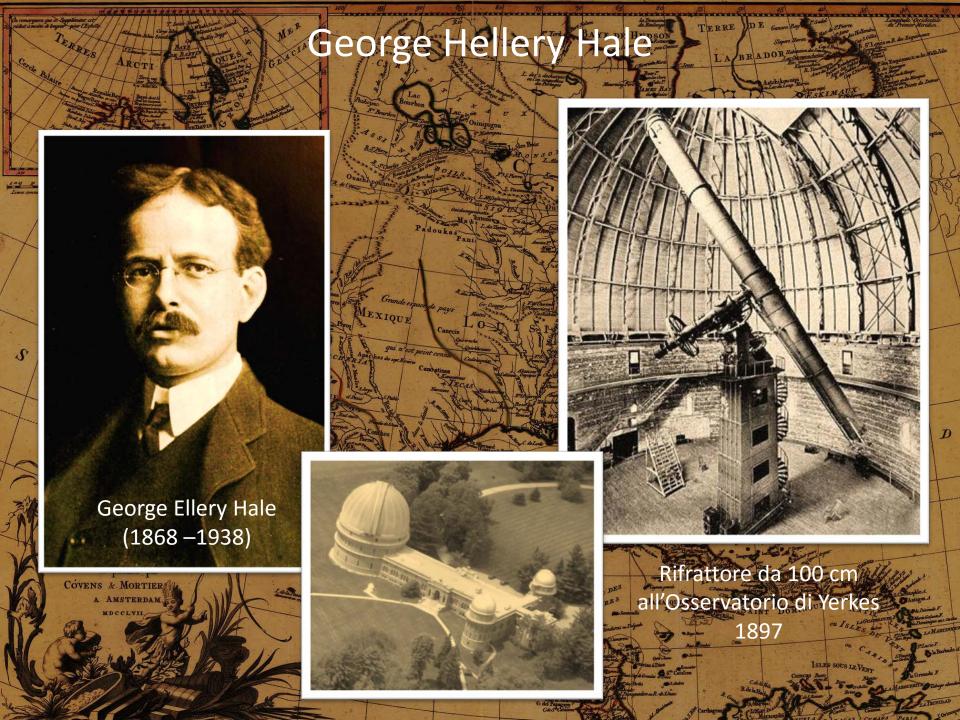
NITZ A EINICTE

Absents : Sir W.H. BRAGG, H. DESLANDRES et E. VAN AUBEL

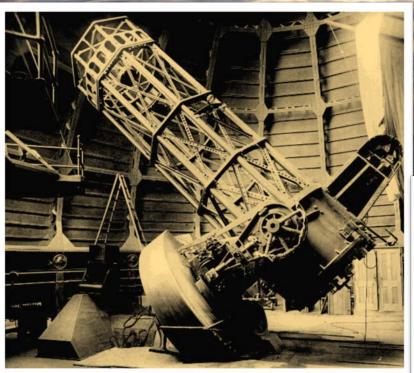
P. LANGEVIN

Ch.E. GUYE

C.T.R. WILSON OW. RICHARDSON

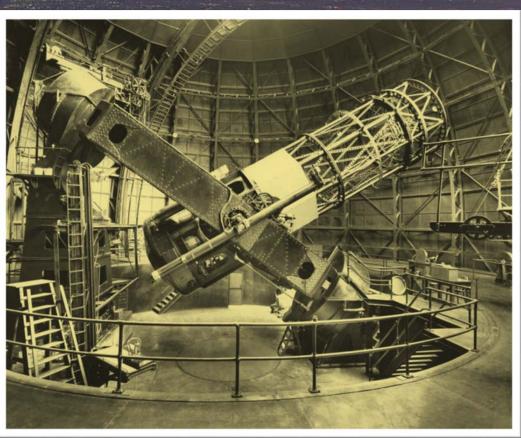


#### Il telescopio da 60 e 100 pollici a Mount Wilson

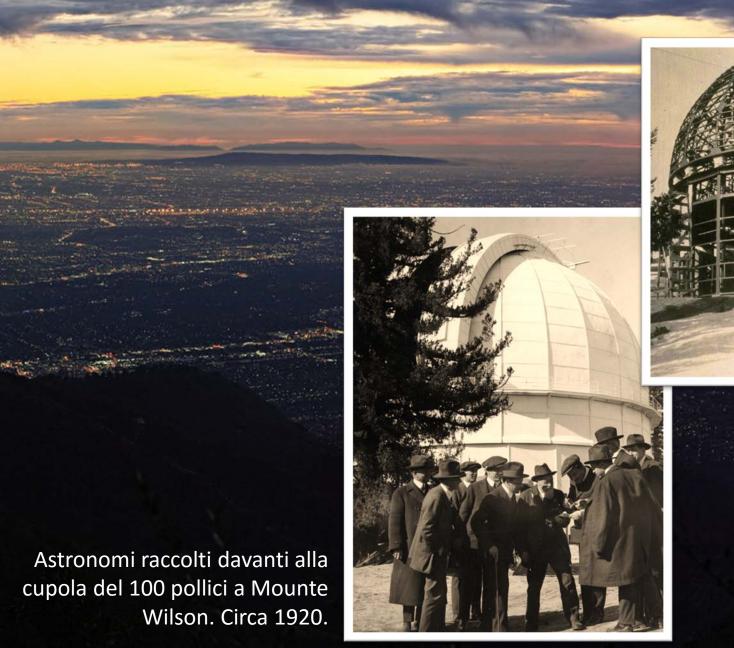


Il telescopio riflettore da 60 pollici Hale. Completato nel 1908

> Il telescopio riflettore da 100 pollici Hooker. Completato nel 1917



## Mount Wilson Observatory: cupola del 100 pollici



Fotografia dell'Osservatorio in costruzione sul Monte Wilson. Circa 1904.

## Mount Wilson Observatory: meccanizzazione



Un operatore lavora ai comandi di uno dei telescopi di Monte Wilson nel 1950 circa.

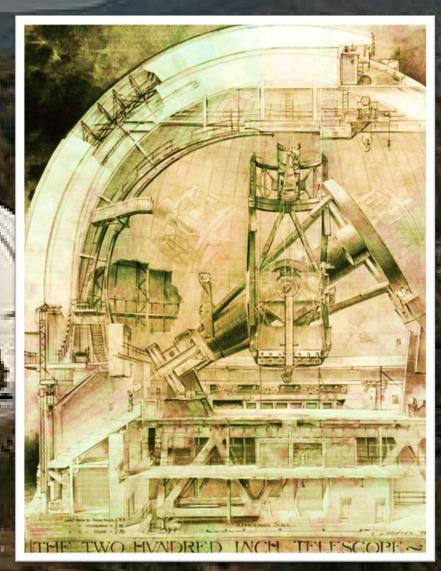


## Il telescopio da 200 pollici a Mount Palomar



Tecnici del Caltech lavorano lo specchio da 200 pollici per l'Osservatorio di Monte Palomar nel 1938.

Disegno del telescopio da 200 pollici di Monte Palomar fatto nel 1938 da R. W. Porter, quando lo strumento era ancora in costruzione.



## 1914: le galassie ruotano

#### LOWELL OBSERVATORY

BULLETIN No. 62

VOL. II

No. 12

#### THE DETECTION OF NEBULAR ROTATION

A spectrogram of the Virgo Nebula, N.G.C. 4594, made a year ago showed the nebular lines to be inclined. A second plate was immediately undertaken but failed, through exasperating circumstances, of a sufficient exposure—although it verified as far as it went, the inclination; and I resolved to withhold any announcement until a second satisfactory plate might be obtained. This observation is now available and fully confirms those of a year ago. The inclination of the lines which is analogous to that produced by the diurnal rotation of a planet, is unmistakable and leads one directly to the conclusion that the nebula is rotating about an axis. Although from the time of Laplace it has been thought that nebulæ rotate, this actual observation of the rotation is almost as unexpected as was the discovery that they possessed enormously high radial velocities. The fact that this nebula has a radial velocity of fully a thousand kilometers per second, as established here a year ago, makes it not so surprising that it should also be rotating rapidly.

The slit of the spectrograph was placed over the long axis of the nebula which is of the "spindle" type and hence the observation shows clearly that such nebulæ are—as previous evidence tended to show—spirals seen edge-wise.

The details of these observations will be given later in a general discussion of the spectrographic observations of nebulæ begun here in 1912.

The discovery of the rotation of this nebula has

opened a new field for investigation and that further observations will disclose other nebulæ to be in rapid rotation may be confidently expected. The numerous spectrograms of nebulæ that have been secured here contain a few with indications of inclined lines, among them those of the great Andromeda Nebula. The brightness and favorable location of this nebula place it within the reach of a considerably more dispersive spectrograph than the one I have been using. Moreover, for the observation of the rotation of such large objects the power of the spectrograph can be much increased by decreasing the aperture of the telescope. However the present instrument is more generally applicable and it has shown exceptional efficiency. Its power for the detection of rotation may be better understood when it is pointed out that it gives half as much inclination to the spectral lines as would the powerful threeprism spectrographs as used in velocity work with the great Lick and Yerkes refractors and vet requires less than one-seventy-fifth as much exposure as they would need for such nebulæ. In the light of present developments there is promise that the application of these further instrumental possibilities, which will be made as soon as this object comes into observing position, will give a definite answer to the important question of the rotation of this the greatest of the spiral nebulæ.

V. M. SLIPHER.

Flagstaff, Arizona, May, 1914.



Vesto Melvin Slipher 1875-1969



PASP, vol. 3. Edited by Philip Fox and Joel Stebbins. Published by the AAS, 1918, p.213

## THE ROTATION AND RADIAL VELOCITY OF THE SPIRAL NEBULA N. G. C. 4594.

By Francis G, Pease.

A direct photograph of the spindle nebula N. G. C. 4594 shows it to be a spiral seen almost edge op. The nebula is crossed by a dark streak which seems to lie at the periphery, being doubtless an outer ring of cooler material or the illuminated edge of the thin disk.

A spectrum exposure of 80 hours was made during March, April, and May, the slit being placed along the major axis of the spindle across the nucleus. The slit was traversed longitudinally at intervals of 1mm by comparison spectra. Measures were obtained by Mr. Adams and Miss Burwell from the resulting spectrum for approximately the entire half of the nebula ( $2\frac{1}{4}$  minutes of arc either side of nucleus). The velocity is represented by the curve  $y = -2.78 \, x + 1180$ ; y being velocities in km/sec and x distances in seconds of arc from the nucleus.

From this equation we find:

- 1. The radial velocity of the nebula is +1180 km, a value in good agreement with that of +1100 found by Slipher.
- 2. The linear velocity of rotation at a point 2 minutes of arc from the nucleus is over 300 km.
- 3. Within the limits of accuracy of the measures, the change of rotational velocity is linear although there may be some variation in individual parts of the nucleus.



#### Nebulae con gas .... e stelle



George Willis Ritchey (1864-1945) con l'ottico Henri Chretien

Nel 1917, George Ritchey (1864-1945) fotografò una nova in un'altra nebulosa a spirale vista di faccia, NGC 6946.

Una nova segnala la presenza di almeno una stella. Chiaramente NGC 6946 doveva essere molto più di una nuvola incandescente di gas e polveri.

L'osservazione di Ritchey dava solido supporto all'idea che le spirali fossero oggetti piuttosto grandi e distanti,

## La Via Lattea di Kapteyn & van Rhijn

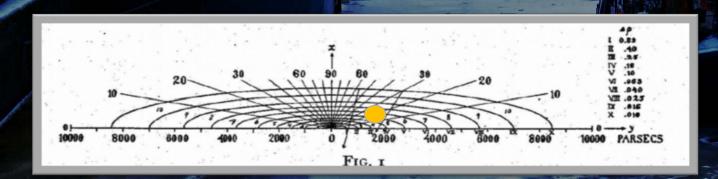
Dal 1901 al 1922, per mappare la Via Lattea Jacobus Kapteyn mise in piedi un progetto ancora più impressionante di quello degli Herschel.

Con l'aiuto di astronomi di tutto il mondo, raccolse immagini fotografiche di regioni del cielo chiamate "selected areas", per contarvi le stelle, misurarne la luminosità e il moto proprio e dove possibile la velocità radiale.

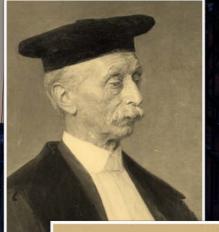
Risultato (assieme all'allievo Pietr van Rhijn):

- un sistema schiacciato (15 x 3 kpc) con superfici di equidensità modellabili come sferoidi oblati;
- il Sole molto vicino al centro.

Grave errore: aveva deliberatamente ignorato l'assorbimento interstellare



Jacobus Kapteyn (1851 - 1922)





Pietr van Rhijn (1886 – 1960)

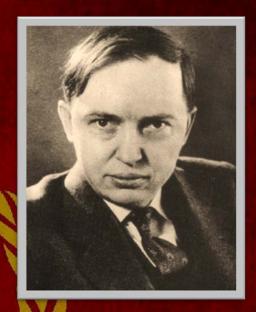
#### La Via Lattea di Shapley

Riguardo gli Ammassi Globulari Harlow Shapley aveva notato due fatti:

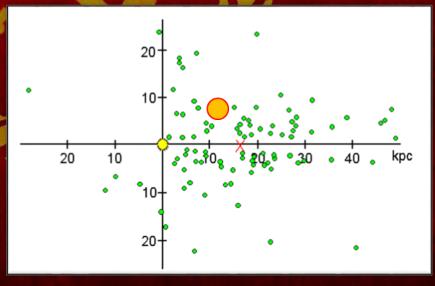
- 1. i GC erano situati uniformemente sopra e sotto la Via Lattea;
- 2. erano concentrati nella direzione del Sagittario.

Dal 1915, usando il telescopio da 60 pollici di Mount Wilson, determinò le distanze di 93 GC usando le Cefeidi per 4 ammassi e poi le giganti rosse per ricostruirne la distribuzione nello spazio.

Il risultato, metodologicamente corretto, dava una Via Lattea troppo grande (2x) perché anche Shapley aveva volutamente ignorato l'assorbimento per calibrare le Cefeidi classiche ma aveva applicato la calibrazione a W Virginis.





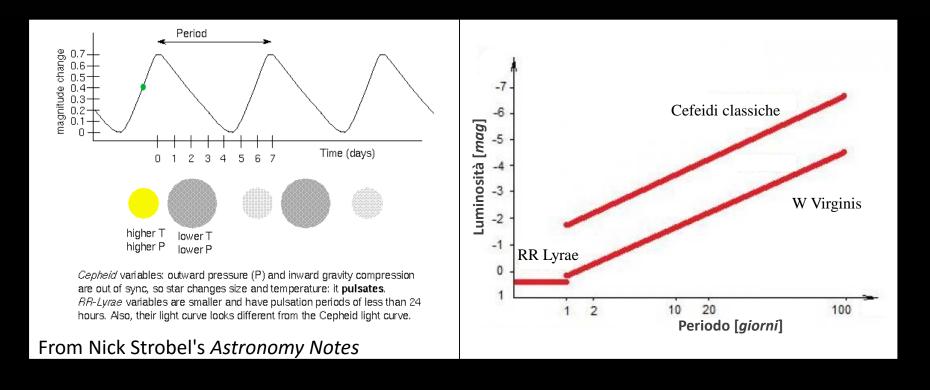


GC Omega Cen fotografato da VST

#### Le variabili Cefeidi

Le candele standard usate da Shapley sono le Cefeidi: stelle nelle ultime fasi della loro vita che pulsano cambiando dimensione. Il fenomeno è dovuto al tentativo di ristabilire l'equilibrio idrostatico, ma la pressione termica non è sincronizzato con la compressione gravitazionale. La stella in espansione sorpassa il punto di equilibrio. Poi la gravità prende il sopravvento e contrae la stella, andando però al di là del punto di equilibrio. La pressione termica aumenta troppo e il ciclo continua (elio = valvola di Eddington).

Esistono due tipi di Cefeidi, quelle classiche, più brillanti e di Pop. I, e le W Virginis, di Pop. II e circa 4 volte più deboli.



## Gli Ammassi Globulari oggi

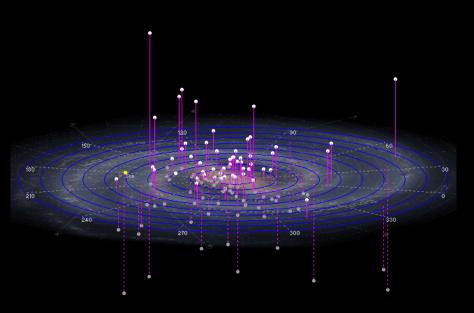


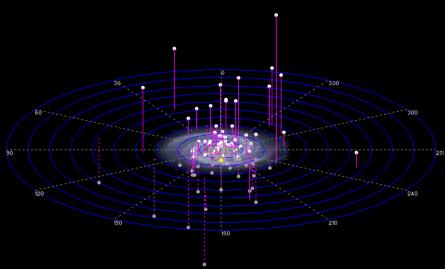


3D Diagram by Larry McNish

The 151 globular clusters within 200,000 LY of the galactic centre Galactic centric (galactic longitude and latitude)







## La celebre scrivania ottagonale di Shapley



#### van Maanen e la rotazione rapida delle nebulae

Nel 1916, Adriaan van Maanen (1884-1946) annunciava di aver ottenuto la prova fotografica incontrovertibile della rotazione delle nebulose a spirale viste di faccia. L'affermazione di van Maanen incoraggiava coloro che credevano che le spirali fossero piccoli sistemi planetari vicini.

Tra questi <u>Harlow Shapley</u>, che scrisse a van Maanen:

Complimenti per i risultati nebulosi!
Noi due insieme abbiamo messo una
pietra sopra agli universi isola, a
quanto pare, - tu con le spirali e io
tirando fuori la Galassia. Siamo
davvero bravi, non ti pare?



Adriaan van Maanen (a sinistra) e Bertil Lindblad (al centro) sulla piattaforma del fuoco Newton del riflettore 1 metro dall'Osservatorio di Stoccolma.

#### van Maanen e la rotazione rapida delle nebulae

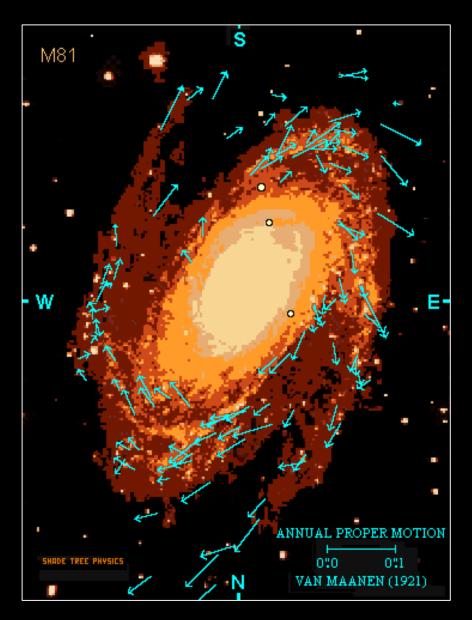




Illustrazione IV nel lavoro di Adriaan van Maanen del 1921 che mostra moti interni a M81misurati astrometricamente. Le frecce indicano la direzione e l'intensità dei moti annuali medi. La loro scala (0,1 secondi d'arco) è indicato sulla figura.

#### INVESTIGATIONS ON PROPER MOTION

## FIFTH PAPER: THE INTERNAL MOTION IN THE SPIRAL NEBULA MESSIER 81<sup>1</sup>

#### By ADRIAAN VAN MAANEN

#### ABSTRACT

Spiral nebula Messier 81.—Two plates taken at Mount Wilson, one by Ritchey in 1910 and the other by Duncan in 1921, were measured with the new stereocomparator, and from the shifts of 104 points in the nebula with reference to 14 comparison stars, the proper motion of the nebula as a whole was found to be:  $\mu_{\alpha} = 0.014$  and  $\mu_{\delta} = -0.005$ . In addition, when the displacements of the points with reference to the nebula as a whole were corrected for the fact that the inclination of the plane of the nebula to the celestial sphere is about 49°, the internal motion was found to be, in general, a spiral motion out along the arms, of 0.039 per year NWSE, combined with a slight outward transverse motion of about 0.007 per year. The rotational component of the motion is 0.038 and corresponds to a period of rotation of 58,000 years.

Formation of spiral nebulae.—The four nebulae whose internal motions have been studied, M 33, 51, 81, and 101, all have internal spiral motions such as Jeans described in his Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics. This fact suggests that the nebulous masses were rotating and had reached a lenticular shape when the arms began to be formed by matter being thrown off at antipodal points.

#### Il Great Debate

Novantasei anni fa, il 26 aprile 1920, Heber Curtis dell'Osservatorio Lick, e Harlow Shapley di Harvard, si incontrarono presso l'Accademia delle Scienze di Washington per discutere la natura delle nebulose.

Shapley sosteneva che la Via Lattea è stato un vasto continente circondato da piccole nebulose isola.

Curtis invece riteneva che le nebulose a spirale fossero sistemi stellari molto distanti con dimensioni paragonabili alla Galassia; universi isola, come li aveva chiamati Alexander von Humboldt sulla scia di Immanuel Kant.

La controversia venne finalmente risolta quattro anni più tardi, quando Edwin P. Hubble scoprì variabili Cefeidi in M31 e M33 nebulose.

#### Domande e Risposte

1. Quali sono le distanze delle spirali?

#### Argomenti per una distanza piccola:

- (a) le misure di rotazione coi moti propri in M101 fatte da van Maanen danno una velocità > c se si utilizzat una grande distanza per M101.
- (b) la luminosità di S Andromeda in M31 misurata rispetto a Nova Persei.

#### per una grande distanza:

- (a) le misure moto proprio possono essere in errore.
- (b) la luminosità delle esplosioni di nova in M31 non confrontabili con quelle della Via Lattea.
- 2. Sono spirali composte da stelle o gas?

#### **Argomenti contro l'interpretazione stellare:**

- (a) In vicinanza del Sole la Via Lattea ha rapporto M/L ratio molto maggiore (cioè una luminosità superficiale molto più piccola) che le parti centrali della maggior parte delle spirali.
- (b) le regioni esterne del le spirali sono più blu delle loro porzioni centrali.

#### Domande e Risposte

3. Perché le spirali evitano il piano della Via Lattea?

#### Argomenti contro l'ipotesi degli universi-isola:

- (a) L'avoidance suggerisce che ci sia una influenza, così come fanno le grandi velocità di recessione.
- (b) Entrambi si potrebbero spiegare postulando una nuova forza di repulsione.

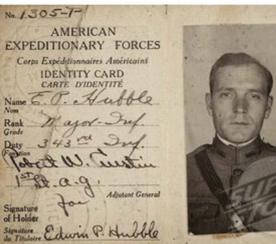
#### Argomenti a favore dell'ipotesi degli universi-isola:

- (a) Molti spirali di taglio mostrano fasce centrali di materiale oscurante.
- (b) Se anche la Via Lattea possiede una tale cintura, e se il Sole è immerso nel mezzo di tale banda oscura, e se spirali sono esterne al sistema della Via Lattea, la zona di avoidance troverebbe una spiegazione.
- (c) Nessuna spiegazione immediata per le grandi velocità recessive eccetto che "velocità così elevate sembra possibile per le singole galassie".

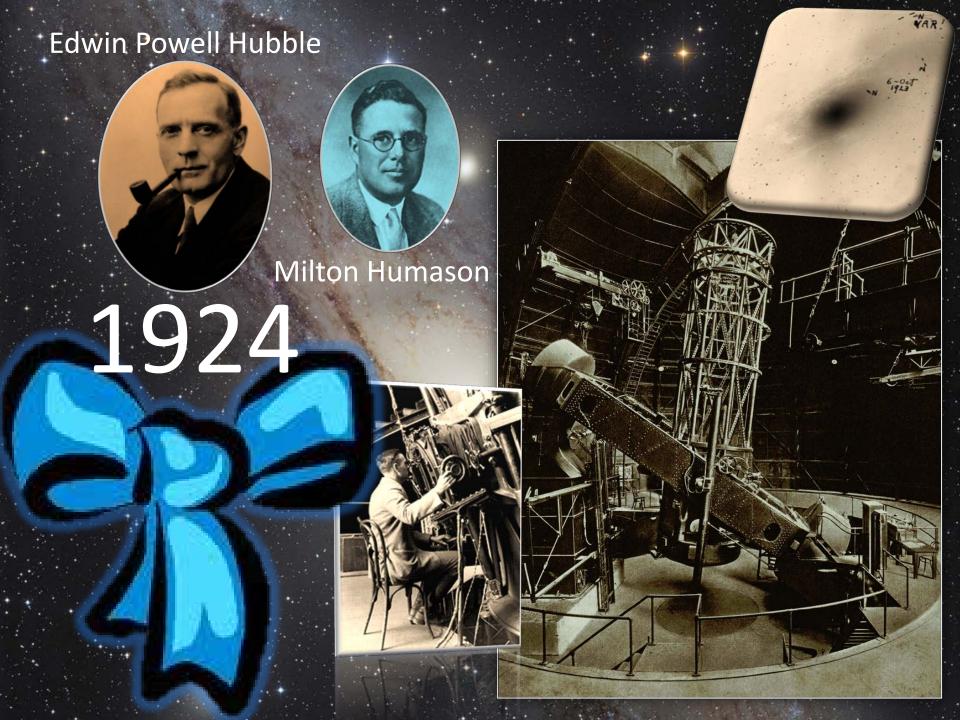


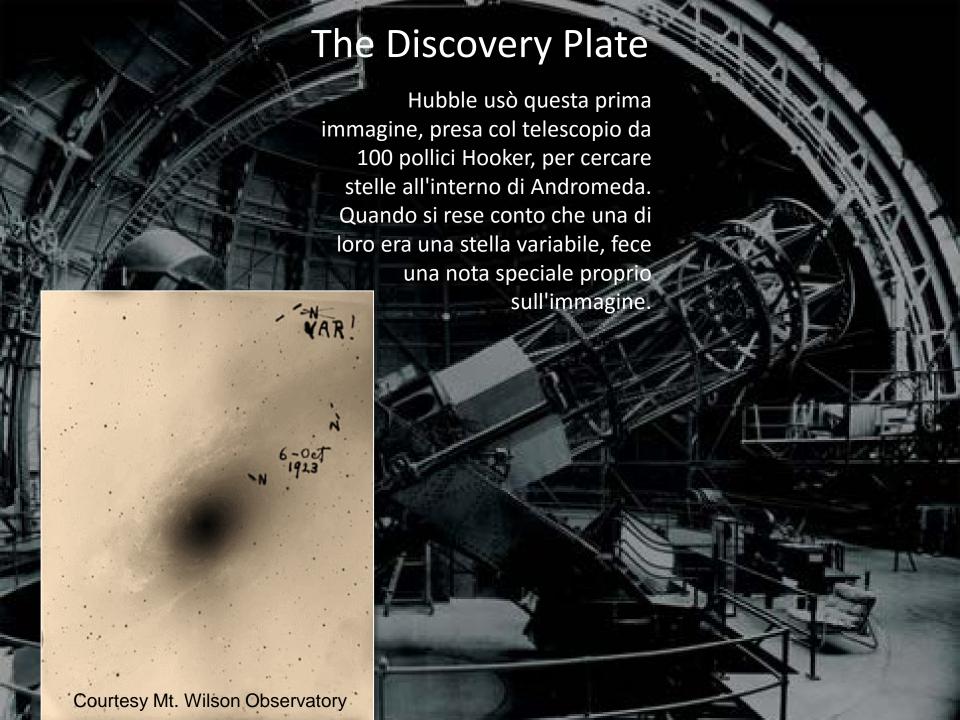














#### L'annuncio e il Premio di 1000 \$ della AAS

Henrry Norris Russell
President of AAS







Joel Stebbins, Secretary

Allan Sandage, The Hubble Atlas of Galaxies, 1961

The announcement of Hubble's discovery was dramatic. It occurred at the thirty-third meeting of the American Astronomical Society, held in Washington, D.C., from December 30, 1924, to January 1, 1925. Hubble was not present but sent his paper to be read. Joel Stebbins, many years later, reminisced on this meeting and recalled that, when Hubble's paper had been read, the entire Society knew that the debate had come to an end, that the island-universe concept of the distribution of matter in space had been proved, and that an era of enlightenment in cosmology had begun. Both Shapley and Curtis were present at the meeting. Perhaps they exchanged comments over a drink and a cigar.9

#### Excusatio non petita

Carnegie Institution of Washington Mount Wilson Solar Observatory Pasadena, California

Feb 19, 1925

Dear Mr. Russell,

The award came as a joyous surprise. I had supposed that only finished work could be considered.

We realize that the business was about 99% Russel and 1% Hubble. It is impossible to express my thanks in any adequate manner, but rest assured that I am tremendously appreciative of your suggestion (very pointed) to send in a paper, and of your very good offices in urging its consideration on the various committees.

We realize that the business was about 99% Russel and 1% Hubble. It is impossible to express my thanks in any adequate manner, but rest assured that I am tremendously appreciative of your suggestion (very pointed) to send in a paper, and of your very good offices in urging its consideration on the various committees.

The real reason for my reluctance in hurrying to press was, as you may have guessed, the flat contradiction to van Maanen's rotations. The problem of reconciling the two sets of data has a certain fascination, but in spite of this I believe that the measured rotations must be abandoned. I have been



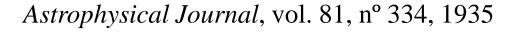
examining the measures for the first time and the indications point steadily to a magnitude error as a plausible explanation. Rotation appears to be a forced interpretation, especially in the cases where the measured total displacements are large - M81, M33, and M51, and really the only strong arguarms. I am anxious to show you the evidence when you arrive.

Meanwhile, a mass of undigested data is accumulating from the observations—star counts and color plate for M33, novae in M31 (6 on one plate), variable in other spirals, evidence of resolution in irregular non-galactic nebulae, etc. The really big advance, as I see it, is the possibilities of applying the usual methods of stellar investigations to the spirals.

Sincerely, Edwin Hubble

Mrs. Hubble is waiting to thank you properly for your splendid efforts in our behalf.

## 1935: la risposta di Hubble a van Maanen



#### ANGULAR ROTATIONS OF SPIRAL NEBULAE\*

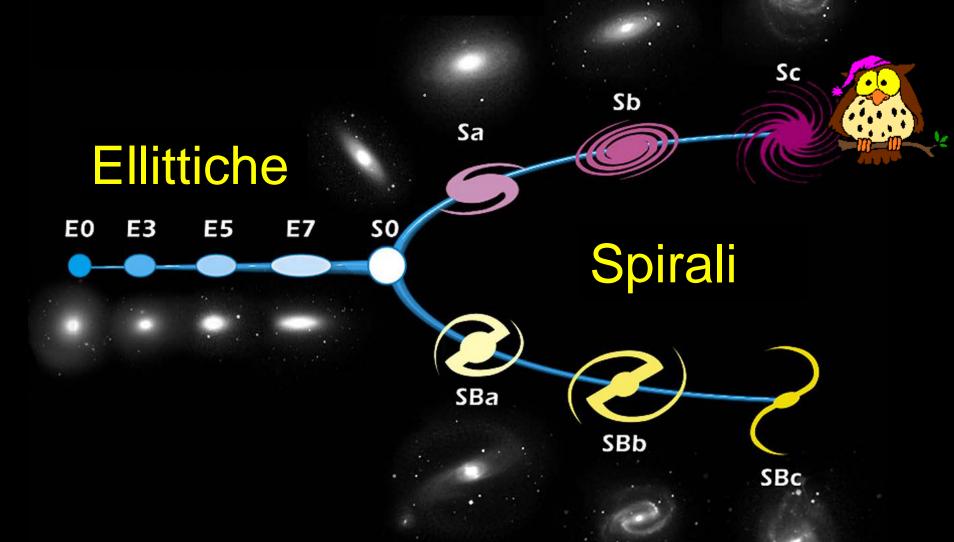
#### By EDWIN HUBBLE

The outstanding discrepancy in the current conception of nebulae as extra-galactic systems lies in the large angular rotations announced more than a decade ago by Dr. van Maanen.<sup>1</sup> The extraordinary significance of the phenomena, if they are real, has led the writer to remeasure four of the principal nebulae, M 81, M 51, M 33, and M 101.

[.....]

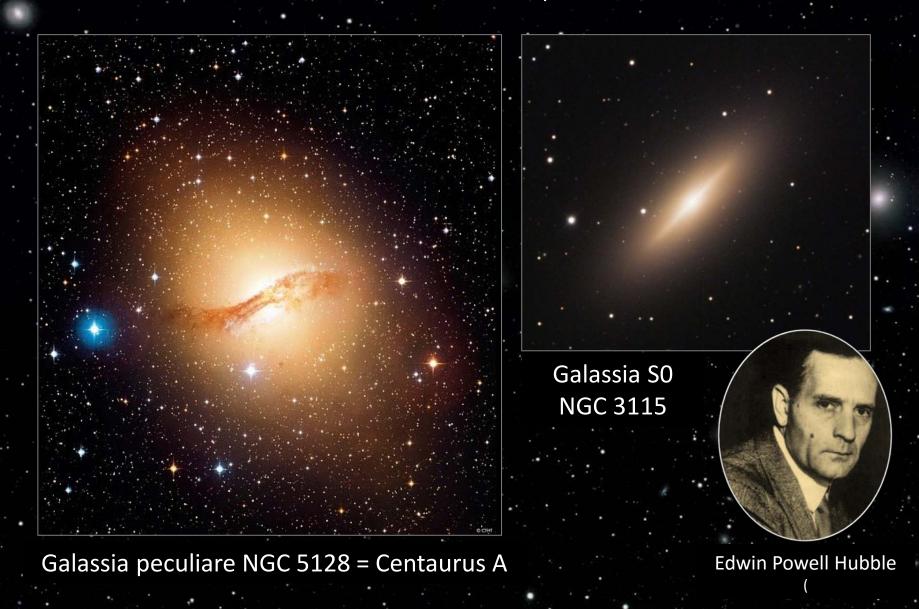
Two sets of measures are thus presented, each internally consistent, differing by the large systematic terms which van Maanen has interpreted as rotations. Since several of the same plates were used, systematic errors of measuring are obviously present in one of the two sets. A careful study of the longest intervals with the blink comparator gives no indication of systematic displacements although the values of the extrapolated rotations should be above the threshold of perception. These results establish the existence of some systematic errors in the rotations although they indicate only lower limits to the actual amounts of the errors.

## 1926: la classificazione di Hubble



#### Galassie ellittiche

10 milioni fino a 10,000 miliardi di stelle, polveri, e Dark Matter



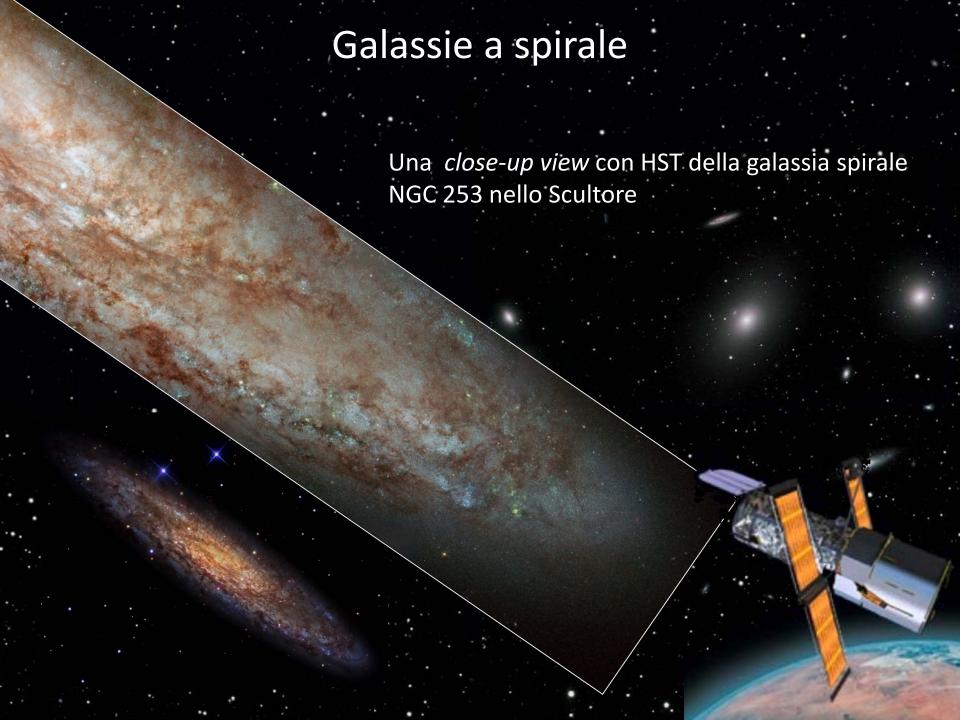
# Gérard de Vaucouleurs (1918 –1995)

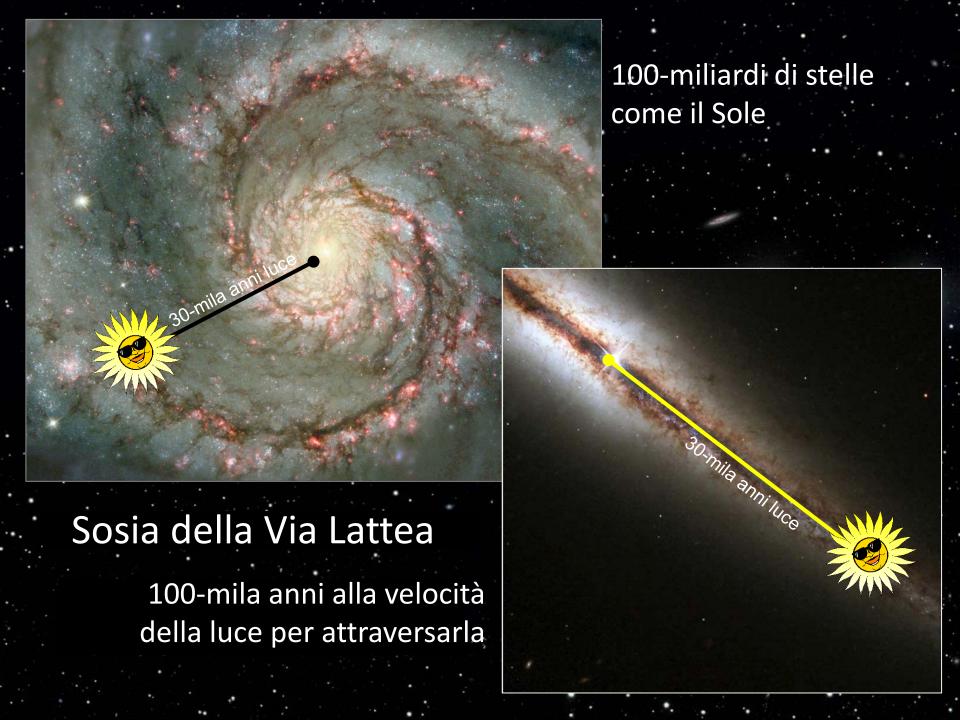
#### Galassie a spirale

da 1 a 100 miliardi di stelle, gas, polveri e Dark Matter

Spirale M81 in Ursa Major

Spirale barrata NGC 1300 in Eridanus







# Grazie dell'attenzione



