

COSMOLOGIA

DI PATRIZIA CARAVEO

TUTTO È COMINCIATO CON
**MISS
LEAVITT**

IL LAVORO DI UNA "CALCOLATRICE"
DI HARVARD HA PRODOTTO
UNA RIVOLUZIONE ASTRONOMICA
NON ANCORA TERMINATA

Esiste qualcosa al di fuori della Via Lattea? Nei primi decenni nel '900 molti astronomi erano convinti

di no. L'idea era così radicata che il giovane Edwin Hubble fece fatica a fare accettare i suoi risultati che ponevano molte "nebulose" al di fuori della Via Lattea.

Questo rivoluzionario risultato poggiava sull'utilizzo della relazione periodo-luminosità delle variabili Cefeidi, scoperta da Henrietta Swan Leavitt, una signorina che aveva lavorato per anni nello Harvard College Observatory con un gruppo di donne "calcolatrici", passato alla storia con il nome scherzoso di "Harem di Pickering", dal nome del leggendario direttore dell'osservatorio.

LA COSMOLOGIA A DORSO DI MULO

A Miss Leavitt, una donna istruita e capace di straordinaria concentrazione, ma limitata dalla sua salute cagionevole, era stato affidato l'incarico di cercare stelle variabili nelle Nubi di Magellano. Le osservazioni venivano condotte nell'osservatorio che lo Harvard College aveva costruito ad Arequipa, in Perù, da dove le lastre partivano a dorso di mulo per raggiungere l'oceano ed essere imbarcate per raggiungere Boston e infine la scrivania di Miss Leavitt a Harvard. Confrontando lastre prese in tempi diversi, Henrietta scoprì 1777 stelle variabili, la cui luminosità apparente cambiava in modo regolare e ripetitivo. Pubblicò i risultati nel 1908, notando che le stelle più brillanti avevano un periodo di variazione più lungo. Stava

» Lo stesso campo stellare della galassia di Andromeda (M31) in cui Edwin Hubble individuò la prima variabile Cefeide extragalattica, ripreso nel 2011 dal telescopio spaziale che porta il suo nome.

elaborando la relazione periodo-luminosità che avrebbe finalizzato in un lavoro del 1912 basato sullo studio di 25 variabili Cefeidi nella Piccola Nube di Magellano. È una relazione di importanza capitale per lo sviluppo della ricerca astronomica, perché permette di calcolare la luminosità di un particolare tipo di stelle variabili utilizzando il periodo della loro variazione. Ogni stella variabile di quella famiglia diventa così un oggetto di luminosità nota, una “candela standard” che permette di calcolarne la distanza, una delle quantità più difficili da misurare in astronomia.

La scala della distanza, sulla quale si basano le nostre conoscenze in cosmologia, poggia sulle spalle di una donna che non ebbe alcun riconoscimento. Qualcuno si ricordò del suo contributo fondamentale all’astronomia e la propose nel 1925 come candidato al Premio Nobel: peccato che fosse morta quattro anni prima, il 12 dicembre 1921. Il centenario della scomparsa della tranquilla Henrietta ci offre la possibilità di riflettere sull’importanza del suo lavoro che regalò a Edwin Hubble e a tutti gli astronomi che l’hanno seguita un metodo per determinare la distanza delle galassie.

L’ESPANSIONE DELL’UNIVERSO

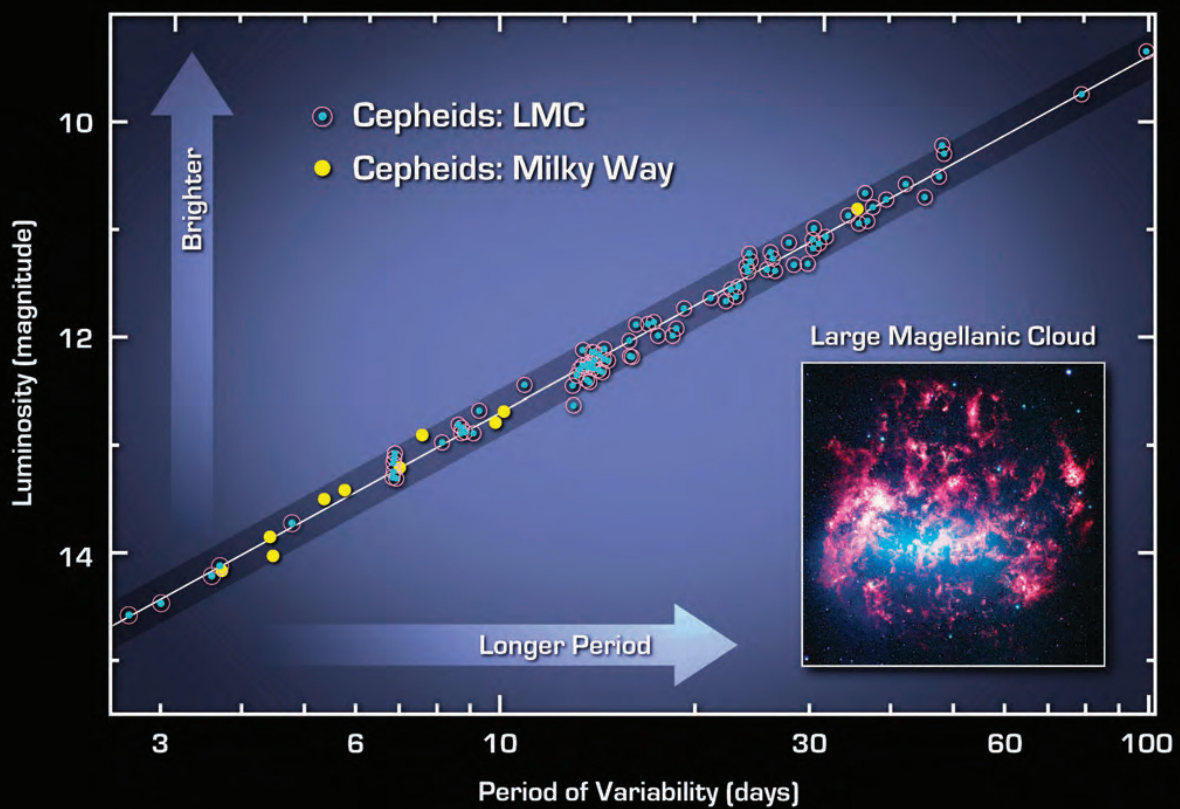
Grazie a questi calcoli, nel 1924 Hubble si rese conto che la distanza della nebulosa di Andromeda era di gran lunga maggiore delle dimensioni della Via Lattea, e che allora doveva essere una galassia esterna. Hubble presentò i suoi risultati a una conferenza dell’American



» L’astronoma statunitense Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) al suo tavolo da lavoro a Harvard.

Astronomical Society nel gennaio 1925, ma riuscì a pubblicarli solo nel 1929. Nel frattempo, mentre lottava per convincere gli scettici su questa scoperta, era andato alla ricerca di Cefeidi anche in altre nebulose, arrivando a metterne insieme 24. Mentre Hubble riprendeva immagini delle nebulose, altri astronomi ne studiavano gli spettri e si erano resi conto che le righe di assorbimento presenti non erano alle frequenze di laboratorio, ma apparivano leggermente spostate, per lo più verso il rosso, a riprova che le nebulose si stavano allontanando. Hubble, con un colpo di genio, ebbe l’idea di combinare i suoi dati sulle

distanze delle nebulose con quelli ottenuti da Vesto Slipher e da Milton Humason sulle loro velocità. E vide che c’era una proporzionalità tra la distanza delle nebulose e la loro velocità di allontanamento. In effetti, nel grafico originale i punti erano pochi e alquanto sparpagliati. Per farci passare una retta, ci voleva un po’ di fantasia; tuttavia, l’intuizione di Hubble era giusta e la pendenza della retta sarebbe entrata nei libri di testo come la “costante di Hubble”. Ancora una volta, però, Hubble si trovava a sostenere una tesi controversa, dato che all’epoca, nessuno (o quasi) riusciva a immaginare un Universo in espansione.



» Il grafico della relazione tra la luminosità e il periodo di variazione per le stelle variabili Cefeidi della Galassia (*Milky Way*) e della Grande Nube di Magellano (*Large Magellanic Cloud*). Inquadra il QR per una animazione delle variazioni di una Cefeide (*Esa/Hubble*).

LA SVOLTA A FINE SECOLO

Misurare con la maggiore accuratezza possibile la costante di espansione dell'Universo ha tenuto impegnati gli astronomi per decenni. Con telescopi

via via più sensibili, è stato possibile espandere il volume dello spazio cosmico nel quale calcolare la velocità e la distanza delle galassie, ricavando nuovi valori della costante. È stato un

processo lungo e accidentato. Ci sono state guerre tra diverse scuole di pensiero fino a convergere su un valore confermato grazie ai dati del telescopio spaziale *Hubble*.

Ma la situazione cambia alla fine del XX secolo. Nel compilare la lista dei risultati più importanti conseguiti in tutte le scienze nel 1998, la rivista *Science* assegna il primato alla scoperta dell'espansione accelerata dell'Universo. Mette in copertina una caricatura di Einstein che fuma la pipa con un'aria decisamente sbalordita. Lui, che aveva faticato ad accettare che l'Universo fosse in espansione, adesso doveva venire a patti con questa ulteriore novità. Risultata da anni di lavori di due gruppi concorrenti che avevano usato le supernovae di tipo Ia,

quelle prodotte dall'esplosione di una nana bianca, per verificare il comportamento della costante di Hubble per le maggiori distanze sondabili attraverso le "candele standard" più brillanti a disposizione degli astronomi.

Si aspettavano di trovare una lieve decelerazione, dato che l'attrazione gravitazionale potrebbe frenare l'espansione iniziata con il Big Bang. Invece rimasero stupefatti, scoprendo che il tasso di espansione ottenuto dalle supernovae più distanti era inferiore a quello che si ricavava da quelle più vicine. L'Universo accelera:

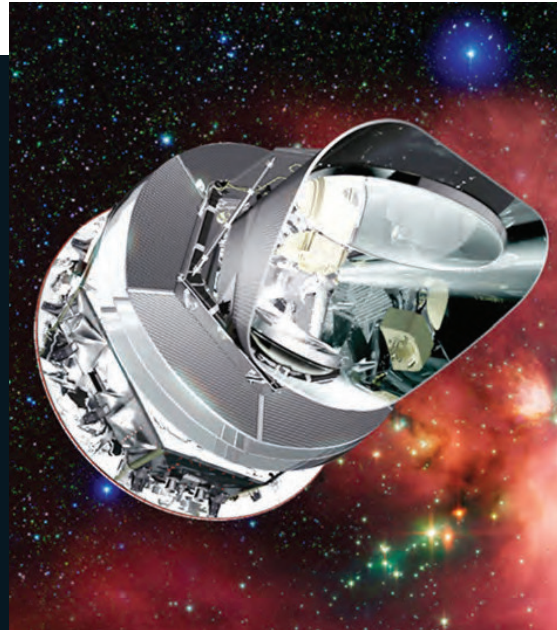
un risultato del tutto inaspettato ma confermato indipendentemente sia dal *Supernova Cosmology Project*, sia dallo *High-z Supernova Search Team*, gruppi concorrenti che finiscono per supportarsi a vicenda.

Un risultato gravido di conseguenze. Un'accelerazione richiede una forza, generata da un'energia. Gli scopritori iniziano a parlare di quella entità che prenderà il nome di "energia oscura". Scoprendo così che tutti noi siamo azionisti di minoranza in un Universo dove la materia normale, della quale siamo fatti, è meno del 5% del totale.

C'ERA ARRIVATO PER PRIMO LEMAÎTRE

➤ Uno dei pochi a sostenere un Universo in espansione era George Lemaître (foto), un abate belga che aveva trovato una soluzione delle equazioni di Einstein che prevedeva un Universo in espansione. Einstein, che aveva introdotto nelle sue equazioni la "costante cosmologica" per mantenere l'Universo stazionario, non aveva apprezzato il lavoro di Lemaître, "i calcoli sono giusti, ma la fisica è abominevole" aveva detto al giovane e brillante studioso belga, dottorando al Mit, dopo essere stato allievo di Eddington a Cambridge. A Lemaître, invece, l'espansione piaceva, perché si conciliava con l'idea della creazione divina. Decise quindi di confrontare la teoria con i dati disponibili, studiando la distribuzione di velocità di 42 galassie e nel 1927 pubblicò negli *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* il lavoro dal titolo "*Un Universo omogeneo di massa costante e dimensioni crescenti per spiegare le velocità radiali delle galassie*". Anche nell'articolo di Lemaître c'era un grafico distanza-velocità che mostrava una relazione (quasi) lineare, con una costante di proporzionalità simile a quella calcolata indipendentemente da Hubble. Valori circa dieci volte maggiori di quelli misurati oggi, tra l'altro proprio con il telescopio spaziale *Hubble*. Edwin Hubble conosceva il lavoro teorico di Lemaître, ma non citò il suo articolo, pubblicato due anni prima. Non sappiamo se Hubble avesse visto l'articolo di Lemaître che aveva il torto di essere apparso su un giornale poco noto, anche se le biblioteche dei grandi centri di ricerca americani erano fornitissime di tutti i giornali europei dell'epoca. Eddington decise di dare visibilità al lavoro del suo ex-studente, facendone pubblicare nel 1931 una traduzione inglese nel più noto giornale della Royal Astronomical Society. L'intenzione era ottima, ma la traduzione alterava il testo originale, tagliandone alcuni brani cruciali. Chi aveva operato i tagli e perché? Furono forse i sostenitori di Hubble (o Hubble stesso) per non dover dividere la gloria con nessuno? Tuttavia, il tempo è galantuomo e l'Unione Astronomica Internazionale nel 2018 ha deciso che la costante di espansione dell'Universo debba essere chiamata di Hubble-Lemaître. **Inquadra il QR** per un video Esa che illustra l'opera di Georges Lemaître.





» A sinistra: la lastra della storica immagine di M31 (qui riprodotta in positivo) ottenuta da Edwin Hubble nella notte tra il 5 e 6 ottobre 1923, con la stella variabile evidenziata. In alto: indagando la radiazione di fondo primordiale, il satellite *Planck* dell'Esa ha ottenuto un valore della costante di Hubble-Lemaître minore di quello misurato dagli astronomi.

Il resto è materia oscura, che possiamo pesare ma non vedere, ed energia oscura, di cui sappiamo ancora meno. I leader dei due gruppi, Saul Perlmutter per il *Supernova Cosmology Project* e il duo Brian Schmidt e Adam Riess per lo *High-z Supernova Search Team*, divideranno il premio Nobel del 2011.

E NON FINISCE QUI

La misura accurata della costante di Hubble-Lemaître rimane uno degli argomenti più caldi dell'astrofisica

moderna, perché si è creato un conflitto tra i valori misurati dagli astronomi, che utilizzano le candele standard, e quelli ricavati dall'analisi delle immagini più recenti, e di migliore qualità, del "rumore cosmico" di fondo. Utilizzando i dati del satellite *Planck* dell'Agenzia spaziale europea, è stato calcolato un valore della costante di espansione dell'Universo inferiore di quello misurato dagli astronomi. Entrambe le procedure sono accurate e le incertezze statistiche non sembrano

in grado di spiegare lo scarto. Forse c'è un errore ben nascosto in uno dei due valori, oppure c'è qualche sottigliezza di fisica che ci sfugge, come, del resto, ci sfugge ancora moltissimo sulla composizione del nostro Universo. C'è molto lavoro per le prossime generazioni di astrofisici e cosmologi. Anche grazie ai risultati che sicuramente arriveranno dal nuovo telescopio spaziale *James Webb*. Nel solco tracciato da Miss Henrietta Leavitt. ∞