



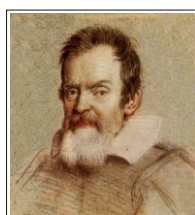
Sodalizio fondato nel 1965

# GRUPPO ASTROFILI DI PADOVA

BOLLETTINO n° 69 - Giugno 2018



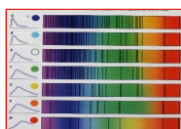
Costellazione di Orione - Nebulosa oscura "Testa di Cavallo"



*...Così infinitamente  
rendo grazie a Dio,  
che si sia compiaciuto  
di far me solo primo  
osservatore di cosa  
ammiranda et tenuta  
a tutti i secoli occulta.*  
Galileo Galilei

Venezia, 30 gennaio 1610

## SOMMARIO di questo numero



Pagg. 3, 4 e 5  
Articolo di *Alessandro Bisello*  
"RICERCA SUL REDSHIFT.  
Come si misura"



Pagg. 5 e 6  
Articolo di *Nicola Signore*  
"LA MORTE TERMICA  
DELL'UNIVERSO"



Pagg. 7 e 8  
Articolo di *Giorgio Schileo*  
"ASTRONOMIA E CULTURA  
INCA - Un viaggio tra Perù e  
Bolivia"

Ed inoltre:

Pag. 1 - LETTERA DEL PRESIDENTE di *F. Borella*  
- note varie a cura della redazione

Pag. 2 - Vantaggi per i soci Gap e varie comunicazioni  
- Programma delle attività giugno-agosto 2018

Si invitano i soci e gli appassionati di astronomia a visitare il nostro sito per conoscere i calendari delle Serate Pubbliche, delle Serate Osservative e dei Corsi di Astronomia.

Si avvisa che la biblioteca del GAP è aperta ai soci il sabato dalle ore 16:00 alle ore 18:00. E' possibile prendere in prestito, oltre ai libri e alle riviste, anche i DVD.

## LETTERA DEL PRESIDENTE

Carissimi soci e amici astrofili,  
finalmente la stagione estiva è alle porte e le serate si prestano all'osservazione del cielo fino a tarda ora.

La stagione "open air" è già iniziata per il GAP con la serata osservativa telescopica presso il meraviglioso parco di villa Sagredo, preceduta da una breve conferenza.

Il successo è stato straordinario: circa 300 persone. Colgo l'occasione per ringraziare di cuore la Pro Loco e il Comune di Vigonovo per la riuscita dell'evento e, in particolare modo, l'assessora Luisa Sattin e il proprietario della villa Sagredo, prof. Roberto Bano.

Si è concluso il corso di astronomia a Limena, che quest'anno ha avuto un incremento di iscritti rispetto all'anno scorso e che ha raggiunto la sua massima affluenza con la lezione tenuta dall'astronoma Elena Lazzaretto.

Ad aprile ho tenuto due lezioni di astronomia presso la scuola primaria Lino Zecchetto di Vicenza riscuotendo un vivo entusiasmo da parte degli alunni; per questo ringrazio la maestra Elisabetta Fiorentini alla quale va gran parte del merito per i successi ottenuti.

Si è concluso il ciclo delle serate GAP presso la sede con la presentazione tenuta dal bravo Alessandro Bisello il primo giugno; se qualche socio è interessato a farne una per la stagione 2018-2019 può contattarmi in modo da inserirla già in calendario.

Si sta avvicinando l'evento celeste "clou" dell'anno, cioè l'eclissi totale di Luna visibile in tutta Italia che avrà luogo venerdì 27 luglio a partire dalle ore 21:30. Il GAP sarà impegnato su due fronti: uno in Prato della Valle e l'altro al Planetario di Padova. Chi se la sente di darci una mano sarà sempre benvenuto; garantisco che partecipare tutti assieme a questi grandi eventi regala belle emozioni e soddisfazioni personali.

Concludo con la novità che mi ha dato più soddisfazione da quando sono stato eletto presidente del GAP, cioè la formazione di un nuovo e giovane gruppo di soci capitanato dal consigliere Nicola Grandis e dalla responsabile GAP su Facebook Patrizia. E' nostro preciso dovere cercare di farli crescere il più possibile facilitando e realizzando le loro richieste e pronti a ricevere nuove e fresche idee, limitandoci a correggere il tiro in caso di qualche "errore" dovuto a inesperienza.

Da buon "trekker" auguro a tutti voi lunga vita e prosperità.

*Fabio Borella*

Gruppo Astrofili di Padova

Osservatorio e Sede: via A. Cornaro, 1b - 35128 Padova - tel. 377 4532162 - 348 2511670 - 334 3968941

[www.astrofilipadova.it](http://www.astrofilipadova.it)

## PROGRAMMA ATTIVITÀ

conferenze e osservazioni guidate del cielo con i telescopi del gruppo Gap

meese	giorno e ora	dove	cosa
GIUGNO	venerdì 01 ore 21:00	Sede GAP	Conferenza “ <b>IL CIELO ESTIVO</b> ” a seguire osservazione telescopica Il consigliere e presidente storico <b>Alessandro Bisello</b> descriverà il cielo notturno dell'estate e i corpi celesti tipici visibili nel periodo estivo
	venerdì 15 ore 21:00	Wilma House	<b>Osservazione del cielo con i telescopi</b> - riservata ai soli soci GAP
	venerdì 29 ore 21:00	Selvazzano Dentro	Conferenza “ <b>LA LUNA E L'ECLISSI DEL 27/07</b> ” a seguire osservazione telescopica Quali sono realmente le influenze che la Luna esercita sul nostro pianeta e su tutti noi? Ce lo spiegherà il presidente del Gap <b>Fabio Borella</b>
LUGLIO	sabato 21 ore 21:00	Candiana	Conferenza “ <b>LA LUNA E L'ECLISSI DEL 27/07</b> ” a seguire osservazione telescopica Quali sono realmente le influenze che la Luna esercita sul nostro pianeta e su tutti noi? Ce lo spiegherà il presidente del Gap <b>Fabio Borella</b>
	venerdì 27 ore 20:30	Planetario di Padova	Spettacolo “ <b>LA NOTTE DELLA LUNA ROSSA</b> ”. Gli astronomi <b>Luca Nobili</b> e <b>Elena Lazzaretto</b> spiegheranno dal vivo, con le spettacolari proiezioni tridimensionali del Planetario, la grande eclissi di Luna del 27 luglio
	venerdì 27 ore 21:00	Prato della Valle	<b>Osservazione telescopica dell'eclissi totale di Luna</b> con i telescopi dei soci GAP
	sabato 28 ore 21:00	Agna (Le Saline)	<b>Osservazione del cielo con i telescopi dei soci Gap</b>
AGOSTO	sabato 04 ore 21:00	Roveredo di Guà	Conferenza “ <b>METEORE, PERSEIDI O STELLE CADENTI</b> ” ? Il presidente del Gap <b>Fabio Borella</b> ci spiegherà come e perché questi tre termini fanno riferimento allo stesso fenomeno fisico
	venerdì 10 ore 21:00	Montegrotto Terme	Conferenza “ <b>IL CIELO STELLATO VISIBILE OGGI</b> ” Il presidente del Gap <b>Fabio Borella</b> spiegherà i corpi celesti visibili a occhio nudo e col telescopio
	sabato 11 ore 21:00	Faedo	<b>Serata osservativa sotto le stelle cadenti</b> per gli ospiti di Villa Alessi

Consigliamo di tenersi sempre aggiornati su possibili variazioni visitando il nostro sito [www.astrofilipadova.it](http://www.astrofilipadova.it)



### MODALITÀ PER DIVENTARE SOCIO DEL GAP

E' sufficiente effettuare il pagamento della quota sociale di € 25,00 da versare al tesoriere entro il 31 marzo presso la Sede oppure con Bonifico sul libretto Cassa di Risparmio  
Codice IBAN: IT17 Q062 2512 1240 4120 0001 061 intestato a Gruppo Astrofili di Padova

### I VANTAGGI DEL SOCIO GAP

- Riceve il Bollettino GAP che contiene la sintesi delle nostre iniziative e articoli di carattere scientifico-divulgativo.
- Ha accesso libero e gratuito ai nostri Corsi di Astronomia e alle Serate Pubbliche.
- Può accedere gratuitamente all'Osservatorio previo accordo telefonico con il responsabile.
- Può entrare al nuovo Planetario al prezzo di € 6,00 (invece che € 8,00) mostrando la tessera del GAP valida.
- Può prendere a prestito gratuitamente riviste e libri della nostra biblioteca
- Può ottenere sconti presso il negozio Foto Ottica Deganello via Beato Pellegrino 51 - Padova.
- Tutti i soci che lo desiderano possono ricevere il Bollettino al proprio indirizzo @mail in formato **PDF a colori**.  
(Fare la richiesta alla segreteria del GAP comunicando l'indirizzo e-mail).

**SI RICORDA  
A TUTTI I SOCI**

**IL TERMINE PER EFFETTUARE  
IL PAGAMENTO DELLA  
QUOTA SOCIALE E' SCADUTO IL  
31/03/2018**

**CHI NON L'AVESSE FATTO  
PUÒ EFFETTUARE IL PAGAMENTO  
IL SABATO IN SEDE  
DALLE ORE 16 ALLE ORE 18**

Il formato **cartaceo in bianco e nero** sarà comunque sempre a disposizione dei soci presso la nostra Sede di via Cornaro e, per chi lo desidera, può riceverlo a mezzo posta all'indirizzo che ci verrà comunicato.



### GRUPPO ASTROFILI DI PADOVA

Osservatorio, Sede : via Alvise Cornaro, 1b - 35128 Padova  
tel. 377 4532162 - 348 2511670 - 334 3968941

[www.astrofilipadova.it](http://www.astrofilipadova.it)

Presidente: Fabio Borella

Consiglieri: Alessandro Bisello, Roberto Cariolato, Ivan Codato, Nicola Grandis,  
Giacomo Maltese, Rino Mazuccato.



*BOLLETTINO* Comitato di redazione: Consiglio di Gruppo GAP

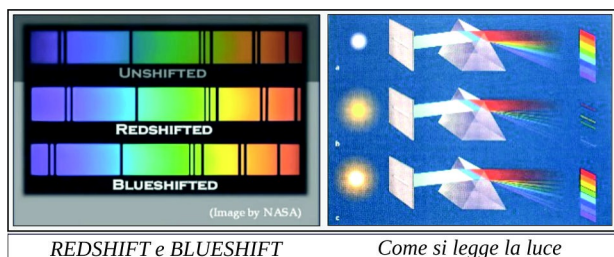
Il Bollettino del GAP è un periodico curato e realizzato interamente da volontari. Nessuna persona è retribuita per collaborare. Lo spirito è quindi quello che porta avanti le attività del GAP. E' per questo che ogni collaborazione è bene accetta. Tutto il materiale esposto è pubblicato sotto la totale ed esclusiva responsabilità degli autori.

# RICERCA SUL REDSHIFT

COME SI MISURA?

di Alessandro Bisello

Sul nostro ultimo bollettino è presente un bell'articolo di Nicola Signore che descrive con semplicità la storia e l'applicazione dell'effetto Doppler e la correlazione al *redshift* come scoperto e studiato dall'astronomo Edwin Hubble. L'interesse di questa ricerca è capire come e cosa la scienza moderna utilizza per misurare questo effetto cosmologico, e di quali variabili tiene in evidenza dato che, in termini semplici, è la lunghezza d'onda di un fotone o quanto di luce fluttuante libero nello spazio. Il termine *redshift*, nel suo significato più generale, è "qualsiasi effetto di spostamento verso frequenze minori di una generica onda, dal suono alla luce". Nel caso della luce, e più in generale della radiazione elettromagnetica che è quello che ci interessa, con il termine *redshift* (o *blueshift*) si identifica una generica osservazione di uno spostamento verso il rosso (o verso il blu) dello spettro emesso (e conosciuto con precisione) di una sorgente rispetto allo stesso spettro visto in una posizione di quiete (o in laboratorio).



Possiamo fin d'ora confermare che la tecnologia ha utilizzato nella pratica, almeno sulle brevi distanze, l'effetto *doppler*; come ad esempio gli strumenti per rilevare le velocità dei mezzi stradali (autovelox), ma sulle grandi distanze come quelle cosmologiche si presentano dati discordanti.

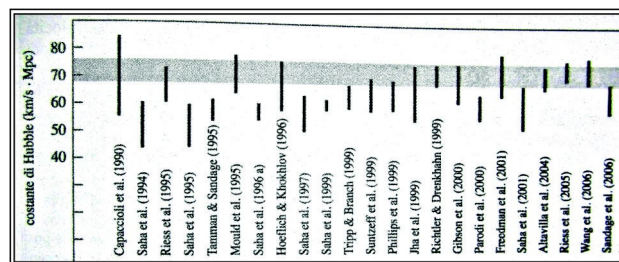
Molto si parla e molto ci è ancora oscuro in questa materia, moltissimo è il materiale messo a disposizione dalla divulgazione scientifica che mostra però tantissime discordanze sia di lettura che di interpretazioni.

Oggi la scienza utilizza i dati ricavati dalla lettura dello spettro elettromagnetico e confrontandoli con modelli di laboratorio ne ricava i fattori che permettono di determinare le distanze celesti. Per quanto i rilievi siano sempre più accurati e precisi, il metodo di calcolo lascia alcuni dubbi in virtù di alcune variabili.

Trascrivo la deduzione di Alessandro Boselli relativa alla costante di Hubble:

*"ancora ai nostri giorni, ricavare dai dati empirici il valore della costante di Hubble non è un compito semplice. Le cause sono le incertezze sulle distanze (bisogna trovare candele standard affidabili) e sulla velocità (bisogna escludere eventuali contaminazioni dovute a moti locali) "*.

Nella figura sotto riportata sono indicati i valori rilevati da diversi autori nei due ultimi decenni.



E' evidente che la sommatoria algebrica delle linee nere è ben diversa dai dati della fascia grigia, oggi assunta dalla maggior parte dei cosmologi

Le linee nere indicano i valori rilevati, mentre la fascia grigia segna l'intervallo entro cui si colloca il valore generalmente assunto nell'attuale modello standard. I valori sono stati ottenuti con misurazione del telescopio spaziale Hubble e della missione WMAP.

Dopo questa premessa viene spontaneo un dubbio: è questa la modalità giusta per affermare che la lettura di un grafico rilevato allo scintillografo sia sufficiente per affermare la distanza tra galassie? Che la variazione della lunghezza d'onda dell'idrogeno atomico rispetto alla stessa ricavata in laboratorio in fase di quiete corrisponda ad un valore moltiplicabile per una unità di misura (parsec) dà come risultato la distanza effettiva? E' questa la modalità giusta per affermare che le galassie si allontanano una dall'altra? Perché solo *redshift* sul rosso ?

Questa indagine si avvale della lettura e apporto dati riportati su due volumetti: "Alla scoperta delle galassie" scritto da Alessandro Boselli e "Capire l'Universo" di Corrado Lamberti. Essendo la ricerca esclusivamente rivolta a capire quale strumentazione viene usata per arrivare a determinare l'unità di calcolo come moltiplicatore sulla legge di E. Hubble e di quali variabili tiene in considerazione. E' risaputo che la misurazione di partenza per determinare la distanza di un oggetto è conosciuta come la parallasse.

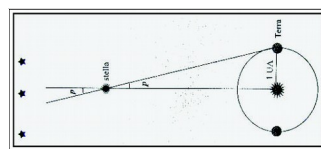


Grafico di come si effettua un rilievo

I valori che si ottengono con la misura della parallasse sono compresi entro i 100 anni luce. Il secondo passaggio è trovare delle "candele standard" che possano fare da riferimento per moltiplicare la scala di misura. La magnitudine delle stelle e delle galassie è il nuovo metro di misura.

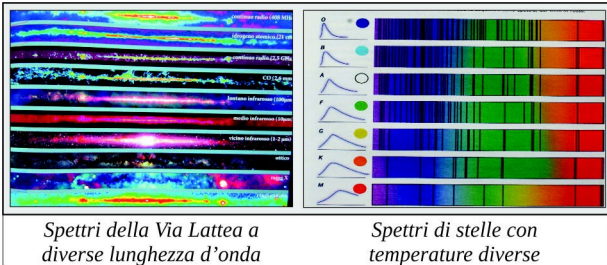
C'è una relazione molto utilizzata in cosmologia, tra la magnitudine apparente  $m$  di una stella, la sua magnitudine assoluta  $M$  e la distanza  $d$  (dove  $d$  è espresso in parsec, e  $\log$  è il logaritmo di base 10).

Esempio:

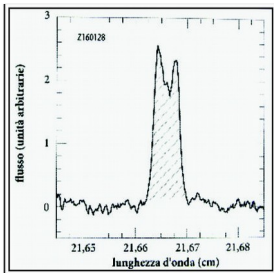
se una stella si trova alla distanza di 10 pc, poiché  $\log 10 = 1$ , il modulo di distanza è uguale a 0, che significa  $m=M$ .

E' proprio quanto ci si aspettava; per convenzione, la magnitudine apparente di una stella distante 10 pc è infatti pari alla sua magnitudine assoluta. Pertanto una stella 100 volte più debole è 10 volte più lontana.

Oggi la scienza usa la spettroscopia come metodo di rilevamento dei dati, con l'utilizzo dei telescopi spaziali e dei satelliti particolarmente attrezzati per rilevare gli spettri di onde galattiche e cosmologiche. (Cobe, Spitzer, Plank).



L'immagine dello spettro viene confrontata in laboratorio con lo spettro campione ricavato in momento di quiete.



Rilievo della lunghezza d'onda dell'idrogeno atomico. Verrà confrontato in laboratorio per determinare lo spostamento del redshift.

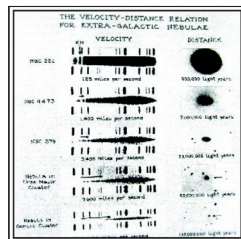
Noi prendiamo ad esempio la riga dell'idrogeno atomico che presenta un valore di redshift uguale a 21.

Quindi lo spostamento misurato dello spettro è direttamente proporzionale alla componente della velocità lungo la linea di vista, detta anche velocità radiale. Per velocità più basse, minori del 30% di quella della luce, la formula che lega  $z$  alla velocità radiale è allora la seguente

$$z = \Delta\lambda/\lambda = (\lambda_{\text{oss}} - \lambda_0)/\lambda_0 = v_r/c$$

Conoscendo quindi  $z$  in tutte le situazioni astronomiche in cui gli spostamenti dello spettro sono interpretabili come effetto *doppler*, si risale alla velocità radiale dell'oggetto a prescindere dalla distanza alla quale si trova. Però questa relazione è valida solo per basse velocità. Quando le velocità sono vicine a quelle della luce bisogna utilizzare la *teoria della relatività ristretta* di Einstein, che afferma che la velocità della luce è un valore limite che non può essere superato, né raggiunto da un corpo dotato di massa. Senza addentrarmi nella terminologia dei ricercatori in materia di "effetto doppler", né tanto meno al valore ricavato dalla lettura allo scintillografo della frequenza dell'onda in esame per determinare se c'è un effetto "redshift" (il *blueshift* non compare mai), vorrei prendere in esame le molteplici osservazioni che ancora oggi sono punto di critica.

È ben evidente che sia da Terra che dallo spazio la ripresa delle

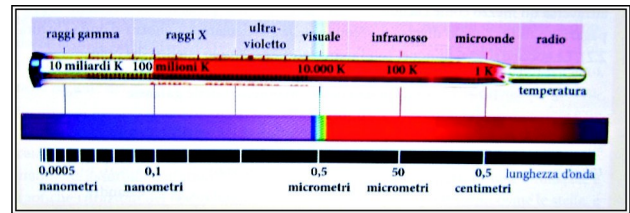


Spettri di galassie e relativa distanza secondo la legge di Hubble

varie onde fotoniche raccolgono tutte le variabili che le onde stesse subiscono nel loro cammino verso il punto di osservazione.

Le distanze cosmologiche lasciano presupporre che la temperatura nello spazio sia vicinissima alla temperatura della radiazione di fondo: circa 2,735 K.

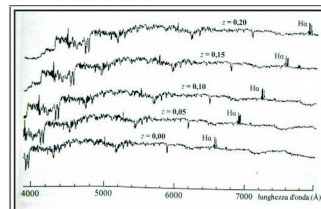
Qualsiasi raggio fotonico emesso da qualsiasi stella ha una temperatura che può variare da 3.000 °C a 35.000 °C, ma subito in uscita trova nella corona la zona di ionizzazione e raggiunge 1.5 – 2.5 milioni di °C. La corsa della luce con il suo carico di energia e calore, nel suo lungo viaggio verso un soggetto ricevente la variazione termica in diminuzione è certa. Più varia la temperatura in diminuzione, maggiore sarà la sua lunghezza d'onda, quindi il *redshift*. Quanta temperatura ceda il fotone nello spazio non lo sappiamo, ma sicuramente è l'energia oscura che si sta cercando e non si riesce a materializzare, perché non c'è il corpo ricevente. Altre variabili sono da alcuni anni oggetto di studio da parte di ricercatori e scienziati.



Rappresentazione grafica dello spettro elettromagnetico

A tale fine al Fermi National Accelerator Laboratory, vi sono oltre 300 fisici che studiano da alcuni anni le incongruenze di questi sistemi di calcolo, dando il via al progetto *DES (Dark Energy Survey)* con il preciso intento di allargare le indagini che possano portare a misurare con certezza "l'espansione accelerata dell'Universo".

Il progetto opera su due punti. Il primo indica che la gravità potrebbe comportarsi diversamente diventando forza repulsiva nelle immense distese dello spazio intergalattico. Il secondo punto presuppone che l'Universo



Spettro ottico di galassia caratterizzata da righe di emissione più larghe dovute ad elementi diversi presi a campione

sia pervaso da qualcosa di invisibile, chiamata *Energia Oscura*, che si oppone alla forza di gravità e fa sì che gli oggetti si respingano anziché attrarsi.

Ora i fisici del Fermi Laboratory hanno aperto quattro indagini con l'aiuto della *DES* e da due anni hanno incominciato a

ricavare dati che potrebbero finalmente portare luce e risposte esaurienti.

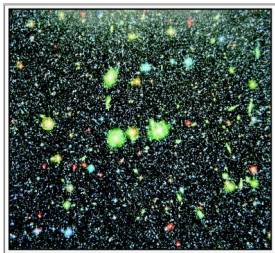
Prima indagine: "Le supernove".

Le supernove del tipo "Ia" sono l'oggetto della ricerca in quanto queste supernove hanno la caratteristica speciale che tutte raggiungono una luminosità di picco che è quasi la stessa. Le differenze sono dovute alla distanza, e pertanto sono ritenute "candele standard".

E' risaputo che una supernova di tipo Ia, 100 volte più debole di un'altra è 10 volte più lontana. Il *redshift* delle supernove lontane fornisce direttamente la dimensione relativa dell'universo di allora rispetto all'attuale.

Seconda indagine: "L'effetto lente gravitazionale".

Questo metodo sfrutta una proprietà della luce prevista dalla teoria della relatività generale di Einstein. La traiettoria della luce che si propaga verso la Terra provenendo da galassie lontane viene curvata dal campo gravitazionale della materia che incontra. Misurando la forma di molte galassie in una piccola regione, possiamo stabilire l'entità della distorsione dell'immagine, e quindi il grado di aggregazione della materia. L'evoluzione di questo parametro nel tempo riflette la competizione tra gravità e energia oscura.



Ogni galassia e ogni stella emettono radiazioni in tutte le direzioni, con temperature e energie diverse. Noi riceviamo il fotone solo al suo arrivo soggetto a variazioni non documentabili.

Terza indagine:

"Le firme delle onde sonore primordiali".

DES sfrutterà un reperto risalente ai primordi dell'Universo. Alcune centinaia di migliaia di anni dopo il big bang, quando la materia ordinaria si era raffreddata a sufficienza, la distanza percorsa dalle onde sonore (che oggi corrisponde a una scala di circa 480 milioni di anni luce) rimase impressa nella distribuzione spaziale

delle galassie. Questa scala, denominata oscillazione acustica barionica, fornisce un riferimento standard per la misurazione delle distanze cosmiche e della storia dell'espansione. DES effettuerà misurazioni dell'oscillazione di 200 milioni di galassie permettendo di calcolare il rapporto tra distanza e *redshift* come si fa per le supernove.

Quarta indagine: "Gli ammassi di galassie"

DES darà la caccia alle galassie. Avendo una massa fino a  $10^{15}$  volte la massa del Sole, gli ammassi di galassie sono

gli oggetti gravitazionalmente legati più grandi dell'universo e si sono formati contrastando l'azione dell'energia oscura o della gravità modificata. L'obiettivo del DES è individuare migliaia di ammassi a distanza di miliardi di anni luce per poi confrontare con quello che prevede la teoria attuale.

A oggi non sappiamo ancora se DES potrà fornire risposte definitive. Energia oscura o gravità modificata? Energia del vuoto o quintessenza? Sicuramente sarà un grande passo avanti nella ricerca dell'energia oscura e della causa che determina la misteriosa espansione dell'universo.

**Magnitudini e distanze**

C'è una relazione molto utilizzata in cosmologia, tra la magnitudine apparente  $m$  di una stella, la sua magnitudine assoluta  $M$  e la distanza  $d$  alla quale essa si trova. Non la stiamo a ricavare. Qui ci limitiamo ad esprimerla e mostro come utilizzarla con qualche esempio pratico:

$$m - M = 5 \log d - 5 \quad (2.1)$$

dove  $d$  è espresso in parsec (pc) e  $\log$  è il logaritmo in base 10. La differenza  $(m - M)$  è detta *modulo di distanza*.

Facciamo qualche esempio. Se una stella si trova alla distanza di 10 pc, poiché  $\log 10 = 1$ , il modulo di distanza è uguale a 0, che significa  $m = M$ . E proprio quanto ci aspettavamo: per convenzione, la magnitudine apparente di una stella distante 10 pc è infatti pari alla sua magnitudine assoluta.

La magnitudine assoluta del Sole è  $M = 4.8$ . Supponiamo che per una stella A sia  $M_A = 1.6$ . La sua luminosità sarà  $2.5^{(4.8 - 1.6)} = 2.5^{3.2} = 19$  volte quella del Sole. Supponiamo di osservare al telescopio questa stella e di trovarci a  $m = 7.5$ . Quant'è distante da noi? Utilizziamo la (2.1): il modulo di distanza vale  $(7.5 - 1.6) = 5.9$ . Allora sarà:

$$\log d = (5.9 + 5) / 5 = 2.18$$

Formula base per magnitudine stellare

Mentre sto concludendo

questa mia ricerca personale, ricevo notizia che il nuovo progetto della Nasa, il *WFIRST (Wide-Field InfraRed Survey Telescope)* è stato approvato. Questo progetto che prevede il lancio entro il 2025 ha come obiettivo la caccia alla materia oscura.

Il *WFIRST* è dotato di tre camere di ricerca:

- *HLSS (High Latitude Spectroscopic Survey)* che misurerà le distanze,
- *TISS (Type Ia Supernovae Survey)* che utilizzerà le supernove per candele standard
- *HLIS (High Latitude Imaging Survey)* misurerà la forma e la distanza di molte galassie e ammassi di galassie.

La grande ricerca si è messa in moto. I mezzi disponibili oggi sono molto più potenti e precisi, ma anche la posizione di molti ricercatori si apre a nuove indagini e la teoria del *Big Bang* potrebbe essere scalfita da nuove rilevazioni. L'unicità di ogni stella, galassia, ammasso, sistema planetario, l'unicità di ogni essere vivente sulla Terra, confondono la teoria di una singolarità e della grande esplosione. La grande precisione dell'universo mal si incastra con la teoria del grande scoppio.

## LA MORTE TERMICA DELL'UNIVERSO

di Nicola Signore

### L'entropia

La morte termica dell'universo è una teoria scientifica in cui assume un ruolo fondamentale il *Secondo principio della termodinamica*.

Questo è un principio che enuncia l'irreversibilità di molti eventi termodinamici, quali ad esempio il passaggio del calore da un corpo più caldo ad uno più freddo.

A differenza di altre leggi fisiche (come la *Legge della gravitazione universale* e le *Equazioni di Maxwell*) il *Secondo principio della termodinamica* è fondamentalmente legato alla freccia del tempo.

L'entropia è un parametro fisico che deriva direttamente dal *Secondo principio della termodinamica*, e descrive le condizioni di disordine di un *sistema fisico isolato*<sup>1</sup>, disordine che aumenta continuamente col trascorrere del tempo finché non sarà stato raggiunto un equilibrio termico. Il meccanismo dell'aumento dell'entropia ha una direzione ben definita, in quanto si sviluppa da uno stato iniziale di ordine, verso uno stato di disordine, sempre crescente. In sostanza, l'entropia aumenta verso il futuro, e diminuisce verso il passato.

Il processo dell'entropia è irreversibile, nel senso che in natura il passaggio da uno stato di disordine ad uno più ordinato, in un sistema isolato, non può mai avvenire perché è in contrasto col *Secondo principio della termodinamica*.

Nella nostra vita quotidiana si possono osservare diversi fenomeni di entropia.

Ecco alcuni esempi.

- Se si fa cadere una tazza da un tavolo, questa si romperà in tanti pezzi, passando da uno stato di ordine (la tazza integra) ad uno stato di disordine (i vari pezzi della tazza), e in questo caso l'entropia sarà aumentata. Noi non vedremo mai, in natura e senza che intervenga una forza esterna, che i pezzi della tazza si riuniscano spontaneamente per riportarla allo stato originario di tazza integra, come si potrebbe osservare se proiettassimo al contrario il filmato della tazza che cade.

- Se immergiamo un cubetto di ghiaccio in un bicchiere d'acqua, si verificherà che l'acqua diventerà più fredda. E non accadrà mai che il ghiaccio possa cedere spontaneamente ulteriore calore all'acqua, in modo da avere il ghiaccio più freddo e l'acqua più calda.

Per concludere il tema dell'entropia è opportuno evidenziare che questo parametro, avendo un rapporto diretto col trascorrere del tempo, potrebbe essere utilizzato anche come un indicatore dell'età dell'universo, in quanto lo stato di massima entropia rappresenta lo stato di massimo invecchiamento dell'universo.

### ***La morte termica dell'universo***

Questa terribile ipotesi fu enunciata, per la prima volta, nel 1856, dal fisico tedesco Hermann von Helmholtz (1821-1894), quando affermò che *"il mondo sta morendo"*.

Vediamo il perché di questa terribile affermazione.



Hermann von Helmholtz

Innanzitutto è importante partire dalla considerazione che l'universo è strutturato come un sistema isolato, in quanto in base alle attuali conoscenze cosmologiche, non riceve e non cede alcuna energia o massa verso l'esterno, e questo per la semplice considerazione che l'esterno dell'universo non esiste.

Di conseguenza anche il nostro universo è soggetto al fenomeno dell'aumento

dell'entropia. Infatti, fin dall'inizio della sua formazione, l'universo nel corso della sua evoluzione è stato fortemente condizionato dalla sua entropia.

All'inizio era perfettamente ordinato e la sua entropia aveva il valore zero, in quanto il cosiddetto *uovo cosmico*, da cui

si è formato l'universo, era infinitamente caldo e infinitamente denso, come si evince dalla *singolarità* della teoria del big-bang.

Dopo la grande esplosione del Big Bang l'universo ha avviato quel processo di espansione e di raffreddamento che si manifesta ancora oggi.

A seguito di questi fenomeni e nel rispetto del *Secondo principio della termodinamica*, il calore dell'*uovo cosmico* si è trasferito spontaneamente verso lo spazio dell'universo, che è molto freddo.

Ma quale sarà il futuro dell'universo?

E' inevitabile che l'entropia dell'universo è destinata ad aumentare continuamente e, in un futuro molto lontano, quando sarà stato raggiunto una situazione di equilibrio termico, l'universo si estinguerà in quanto l'uniformità delle temperature non consentirà più alcun tipo di trasformazione di calore in energia.

Per esempio, quando il nostro Sole avrà la stessa temperatura dell'intero universo, cesseranno tutti i processi di trasformazione naturale, come quelli fisici, chimici e biologici. Quindi, in questa situazione, cesseranno tutte le forme di vita, sia quella vegetale che quella animale, compreso la specie umana.

In definitiva l'universo subirà quello che è stato definito come una *morte termica*.

Negli anni Sessanta del secolo scorso l'astrofisico americano Thomas Gold (1920-2004), con il libro *The arrow of time*, formulò una sua teoria del tempo.

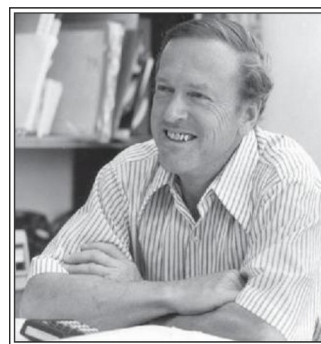
Egli sosteneva che la freccia del tempo dell'universo era quella rappresentata dalla trasmissione del calore dalle stelle calde al freddo spazio interstellare. Innanzitutto egli cercò di capire come mai esistesse un flusso unidirezionale di calore che andava dalle stelle allo spazio interstellare.

La risposta, la più immediata, fu quella fornita dal *Secondo principio della termodinamica* in base al quale, come già affermato in precedenza, il calore si trasmette dai corpi con temperatura maggiore a quelli con temperatura minore.

Inoltre egli cercò di capire come mai il vuoto dell'universo era sempre buio e freddo, nonostante la grande quantità di calore che riceveva dalle stelle.

Egli stesso dedusse che questo fenomeno si verificava perché l'universo era in continua espansione e per questo motivo diventava sempre più freddo, in modo proporzionale alla sua espansione.

Per rendere più chiara questa affermazione si ricorre spesso alla similitudine del riempimento di un barile di acqua: il barile non si riempie mai, non perché potrebbe avere una falla, ma perché il barile diventa ogni giorno sempre più grande.



Thomas Gold

<sup>1</sup> Per *sistema isolato* si intende un sistema fisico che non può ricevere e né cedere all'esterno alcun tipo di energia o di materia.

# ASTRONOMIA E CULTURA INCA

## un viaggio tra Perù e Bolivia

di Giorgio Schileo

Nei mesi di febbraio e marzo ho viaggiato tra Perù e Bolivia, e ho potuto immergermi nella cultura di questi paesi, soprattutto del Perù, che – nonostante cinquecento anni di dominio politico-culturale spagnolo (e cattolico) – ha conservato alcune tradizioni precolombiane.

Ciò che sappiamo sugli Inca in realtà non è (a mio modesto parere) del tutto affidabile, in quanto i *conquistadores* spagnoli obliero quasi del tutto questa civiltà, smantellando templi, palazzi e osservatori per costruire chiese, bruciando libri e sterminando il 90% della popolazione in cinquant'anni, imponendo con la violenza e il terrore la religione cattolica nei sopravvissuti e sopprimendo qualsiasi tradizione "pagana".



Fig. 1 - Fondamenta del Tempio del Sole (Qorikancha) con protuberanze forse usate come calendario solare (foto dell'autore)

Considerando che dei Maya, che furono anche essi sterminati dagli spagnoli, ci sono arrivati solo cinque codici, è possibile che degli Inca non si sia salvato nemmeno un manoscritto, in quanto pare inverosimile che una civiltà tanto avanzata da costruire terrazzamenti e templi di pietra a oltre 3000 metri di altezza non avesse sviluppato un sistema di scrittura. Pertanto alcune delle informazioni che ho riportato potrebbero essere frutto di rielaborazioni e distorsioni successive.

Gli spagnoli, un manipolo di 180 soldati guidati da Francisco Pizarro e dai suoi fratelli, giunsero a Cusco, la capitale dell'impero Inca (Tahuantinsuyo), nel 1532. Approfitando delle divisioni interne, frutto della guerra civile fra gli eredi al trono, e del malcontento delle altre popolazioni soggiate, annientarono la tardiva resistenza e catturarono l'ultimo imperatore, Atahualpa, chiedendo in riscatto una quantità inimmaginabile d'oro: tredici tonnellate. Il riscatto venne pagato spogliando il più importante tempio dell'impero, il Qorikancha, che si diceva avesse le pareti coperte da pannelli in oro, e statue d'oro e d'argento nei cortili interni, ma Atahualpa fu comunque sommariamente giustiziato. Il Tempio del Sole, il Qorikancha, fu spianato e sulle sue fondamenta venne costruito il convento di Santo Domingo, che dovette essere ricostruito due volte a causa di altrettanti terremoti (mentre le fondamenta Inca hanno retto fino ad oggi).

Oggi del Qorikancha rimangono appunto solo le possenti fondamenta: sulle pareti interne, formate da enormi blocchi di granito, perfettamente levigati e incastrati l'uno

sull'altro, sono visibili delle protuberanze che servivano probabilmente per marcare la posizione del Sole o di alcune stelle, in modo da coordinare la semina e il raccolto delle coltivazioni (vedi Fig. 1).

Dall'emisfero Australe si può ammirare la parte più spettacolare della Via Lattea (che gli Incas chiamavano Mayu), nonché le Nubi di Magellano e svariate costellazioni invisibili dall'Italia. Alcune costellazioni sono note: anche gli Inca per esempio identificavano Orione, lo Scorpione, i Gemelli e le Pleiadi; ma essi – probabilmente unica popolazione al mondo – identificavano anche costellazioni "oscure", cioè formate dalle zone buie della Via Lattea (dovute a grandi ammassi di polveri e gas che bloccano la luce delle stelle retrostanti, situate nel Braccio del Sagittario).

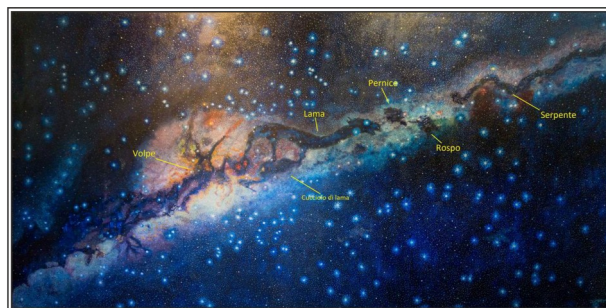


Fig. 2 - Rappresentazione pittorica delle costellazioni oscure degli Inca, Museo del Qorikancha; autore: Miguel Araoz Cartagena, Cusco (Perù). Foto di Kenneth Lu (Flickr.com, public domain)

Queste costellazioni (vedi Fig. 2) erano: il Lama (Yacana, formata da madre e cucciolo di lama), il Serpente (Machahuay), la Volpe (Atoq), il Tinamou (Yutu, un uccello simile alla pernice) e il Rospo (Hamp'atu). Gli occhi del Lama sono le stelle Alfa e Beta Centauri.

In Fig. 3 si può vedere come queste costellazioni appaiono distribuite rispetto all'orizzonte in una notte di luglio o agosto (inverno nell'emisfero Australe).

In Fig. 4 è rappresentato il culto praticato nel Qorikancha, che riassume a grandi linee la cosmogonia andina: al centro Viracocha, il creatore dell'Universo; ai lati i suoi figli, il Sole (Inti) e la Luna (Mama Killa) anch'essi divinità; Venere ("Lucero de la mañana",

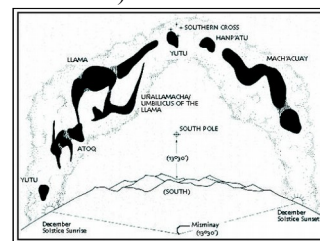


Fig. 3 - Disposizione della Via Lattea e delle costellazioni oscure nei mesi di luglio e agosto (invernali) sopra Cusco.

Lucifero, e "Estrella de la tarde", Venere), la Cruz del Sur (Croce del Sud) e le Pleiadi. Un'altra divinità molto importante (ma qui non rappresentata) è Pachamama (Madre Terra), a cui venivano - e vengono tutt'ora - offerti sacrifici, ad esempio bruciando o sotterrando parte del raccolto o del cibo, come ringraziamento.

Da Cusco partono i tour del Valle Sagrado, la valle sacra del fiume Urubamba, così chiamata perché considerata l'immagine terrestre della Via Lattea. I siti di Pisaq e Ollantaytambo, a ovest di Cusco, conservano ancora rovine spettacolari.

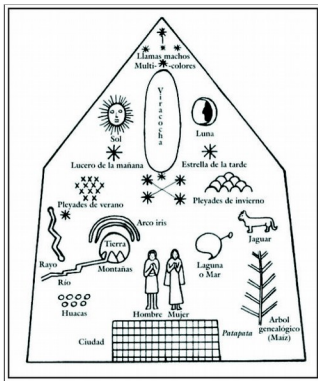


Fig. 4 - Schema della cosmogonia andina basata su "Relation of the Antiquities of This Kingdom of Piru" di Joan de Santa Cruz Pachacuti Yamqui Salcamaygua (1613). Da notare che tale schema fu realizzato quasi un secolo dopo la distruzione del tempio e la proibizione del suo culto, e che pertanto deve essere basato su informazioni tramandate oralmente.

Proseguendo verso ovest si trova il famoso sito di Machu Picchu, la cui importanza risiede nel fatto che non venne mai trovato dagli spagnoli e rimase coperto dalla vegetazione per quattrocento anni, fino ad essere "riscoperto" da Hiram Bingham nel 1911. In realtà i contadini locali già sapevano dell'esistenza del sito Inca e alcuni addirittura vi abitavano.

Inoltre, sebbene le strutture fossero ben conservate, non furono ritrovati manufatti né oggetti in oro, il che fa pensare che il sito fosse stato trovato e razziato in precedenza. A Machu Picchu si possono osservare esempi di terrazzamenti ma anche di templi/osservatori (la funzione dei due si mescolava), e in particolare si notano vasche che alcuni ipotizzano venissero usate come specchi per osservare la posizione di alcune stelle importanti per il ciclo delle stagioni, come le Pleiadi, che segnavano l'inizio della stagione delle piogge.

Ma era soprattutto il Sole (Inti) ad essere adorato e osservato dagli Incas: alla sommità di Machu Picchu si trova l'Intihuatana, o "attracco del Sole" (vedi Fig. 5), una pietra scolpita in modo da marcare (probabilmente in congiunzione con un altro punto di riferimento fisso) la posizione del Sole a mezzogiorno e identificare così il solstizio d'inverno (Inti Raymi).

A sud di Cusco, a circa 2 ore di auto da La Paz, in Bolivia, si trova invece il sito di Tiwanako (o Tiahuanaco).

La civiltà che lo costruì, di cui ignoriamo quasi tutto, scomparve misteriosamente molti anni prima che gli Inca arrivassero a conquistare quelle zone, forse a causa di un prolungato periodo di siccità dovuto al fenomeno de "el Niño".

Purtroppo anche questo sito fu demolito brutalmente dagli spagnoli e usato come fonte di materiale edile qua-

si fino al XX secolo, quando fu parzialmente ricostruito. Si tratta di una piramide a gradoni (originariamente sette, oggi solo tre) e di un tempio di cui sopravvivono solo i monoliti perimetrali.

Un secondo tempio, molto più piccolo, si salvò dallo scempio perché posto ad un livello più basso e quindi rimase interrato fino a pochi decenni fa. Si tratta di uno scavo quadrato di circa 8 metri di lato e circa 3 di profondità sulle cui mura sono scolpite più di cento volti umani. Non si conosce l'identità di questi volti né lo scopo della struttura.

Nel 1945 Arthur Posnansky stimò che il sito dovesse essere stato costruito nel 15000 a.C., basandosi su allineamenti equinoziali. Tuttavia il suo metodo fu considerato non valido in quanto la posizione delle varie strutture non era sicuramente più quella originale. Basti pensare che la Porta del Sole (vedi Fig. 6) fu ritrovata rotta in due parti e in posizione orizzontale. La sua posizione attuale è totalmente arbitraria.



Fig. 5 - L'Intihuatana, o "attracco del Sole", a Machu Picchu.



Fig. 6 - La Porta del Sole a Tiwanako, Bolivia. La divinità al centro potrebbe essere una rappresentazione di Viracocha, mentre le figure che coprono interamente il fregio sono degli "uomini-puma", rappresentazione della forza del guerriero e del legame fra il mondo dei vivi e quello degli dei.

In conclusione, per tutti gli appassionati di Astronomia il Perù e la Bolivia offrono molti spunti di riflessione, nonché luoghi ancora incontaminati da cui osservare uno stupefacente cielo notturno, lo stesso che gli Inca osservavano e a cui si sentivano legati.

Oggi, dopo aver visto di persona le condizioni di povertà in cui versa gran parte del continente sudamericano, lo sfruttamento dell'ecosistema, la distruzione selvaggia delle opere materiali e il genocidio indiscriminato di intere popolazioni (Maya, Aztechi e Incas), non si può non concordare sul fatto che l'arrivo della "civiltà" cattolica fu quanto di più deleterio potesse accadere a quelle terre e soprattutto a quelle genti.