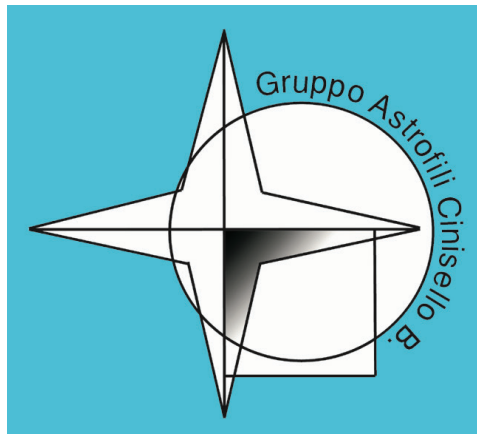




il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 64 - Gennaio 2019



AURORE BOREALI DALL'ISLANDA

IN QUESTO NUMERO

IN GIRO PER IL MONDO, ALLA CACCIA DI FENOMENI ASTRONOMICI <i>CRISTIANO FUMAGALLI</i>	3
L'AURORA BOREALE TRA GHIACCIAI E VULCANI ISLANDESI <i>NINO RAGUSI</i>	5
L'ASTRONOMIA DEI VICHINGHI <i>ADRIANO GASPANI</i>	12
COSMOLOGIA PER ASTROFILI PARTE II: LA COSMOLOGIA CON LE QUATTRO OPERAZIONI <i>STEFANO SPAGOCCI</i>	22
PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA - <i>FRANCO VRUNA</i>	27
ASTRO NEWS - <i>CRISTIANO FUMAGALLI</i>	29

EDITORIALE

IN GIRO PER IL MONDO, ALLA CACCIA DI FENOMENI ASTRONOMICI

Cristiano Fumagalli

E' ormai da un po' di anni che io e altri soci abbiamo iniziato a seguire i fenomeni astronomici in giro per il mondo. Tutto iniziò con l'eclissi totale di Sole del 1999 in Austria e, siccome "le eclissi sono come le ciliegie" (una tira l'altra) ne sono seguite altre con visite in paesi come Grecia, Libia (quando si poteva...), Cina, Corea del Sud, Giappone e USA. L'occasione è sempre stata quella di abbinare la visione dell'evento astronomico con quella turistica e culturale di visitare posti differenti dal nostro, ricchi di tradizioni e paesaggi affascinanti.

In seguito, l'attenzione si è spostata anche verso altri fenomeni quali il rarissimo transito di Venere sul Sole, in Lapponia e, di recente, l'Aurora Boreale, ancora in Lapponia e in Islanda. Soprattutto l'Aurora ha colpito me ed altri amici del GACB. Un fenomeno dal fascino "magnetico" (mi si conceda il gioco di parole scientifico) che cattura l'attenzione come pochi altri, per la sua durata e le sue caratteristiche. E' difficile descrivere le proprie sensazioni, ma di sicuro chi le prova sente la necessità di tornare ancora a vederlo e fotografarlo, cosa che a noi sta già succedendo!

L'altra fortuna è che l'Aurora avviene a latitudini che ci portano verso luoghi che definire "incantati e magici" non è per nulla esagerato. E' ancora nella mia mente il paesaggio lappone e l'esperienza alla guida di una slitta trainata dai cani, ma la visione di quello islandese supera ogni altra emozione. E' veramente un posto unico, dove la natura è veramente la grande protagonista, grazie anche alla scarsa presenza umana visto che la popolazione raggiunge a malapena i 350000 abitanti, per la maggior parte nella zona sud-ovest.

La forte natura vulcanica è presente in ogni luogo, con le rocce basaltiche, le bellissime sorgenti idrotermali dai colori unici e i maestosi geyser. Le ceneri vulcaniche formano spiagge dal fascino particolare, con la loro colorazione nera e le scogliere "prismatiche" la cui forma è data dal raffreddamento del magma a temperature che hanno creato le caratteristiche forma geometriche. Lì vicino, spettacolari faraglioni che la tradizione locale vuole siano troll pietrificati per essere rimasti in spiaggia fino al sorgere del sole.

Ghiacciai e vulcani, quale lo Eyjafjallayökull che fermò il traffico aereo nel 2010, durante la sua ultima eruzione, dominano il paesaggio, ma non dimentichiamo le numerose cascate, spettacolari e impetuose, tanto da formare arcobaleni intorno ad esse.

Non molti, però, sanno che l'Islanda è il luogo in cui si incontrano le placche euroasiatica e nord americana. In diversi punti si "guardano" l'una con l'altra a pochi metri e un ponte le attraversa. In uno di questi, si riunì, nel X secolo, il primo parlamento europeo!

Magica Islanda, hai stregato anche me, tornerò sicuramente a vistarti e osserverò ancora la magnifica Aurora Boreale.



L'AURORA BOREALE TRA GHIACCIAI E VULCANI ISLANDESI

VIAGGIO DEL GACB ALLA SCOPERTA DELLA SPETTACOLARE NATURA DELL'ISLANDA

Nino Ragusi

A cavallo tra la fine di ottobre e i primi di novembre una delegazione del GACB, insieme ad alcuni sostenitori del gruppo, è stata in Islanda alla caccia delle Luci del Nord. E' stata l'occasione per cercare di catturare l'aurora boreale e scoprire la spettacolare natura di quest'isola appena sotto il circolo polare artico. L'Islanda è una terra incredibile dove la natura domina incontrastata. Lo scopo primario della missione è stato quello di osservare le aurore boreali, già brevemente avvistate in un viaggio nella Lapponia finlandese.

La caccia alle aurore boreali non è semplice, per catturare le "Luci del Nord" non basta programmare nei minimi dettagli il viaggio ma bisogna anche affidarsi alla buona sorte! Trovarsi sotto un cielo stellato dove da un momento all'altro si apre il sipario e sopra la testa danzano luci incredibili che evocano esseri soprannaturali è solo un aspetto di questa terra tra ghiacci, dove i contrasti di colore e le sfumature di tonalità sono normalità e consuetudine.

Il viaggio in Islanda, oltre allo scopo principale per la osservazione delle aurore, è stato l'occasione per inseguire un'altra passione: quella dei vulcani. Trovarsi di fronte a un Geyser, immergersi nelle acque calde delle lagune, sentire l'odore di zolfo e trovarsi contemporaneamente a contatto con due piattaforme continentali è stata un'esperienza unica!

LE AURORE BOREALI, COSA SONO, DOVE SI VERIFICANO, QUANDO SI OSSERVANO

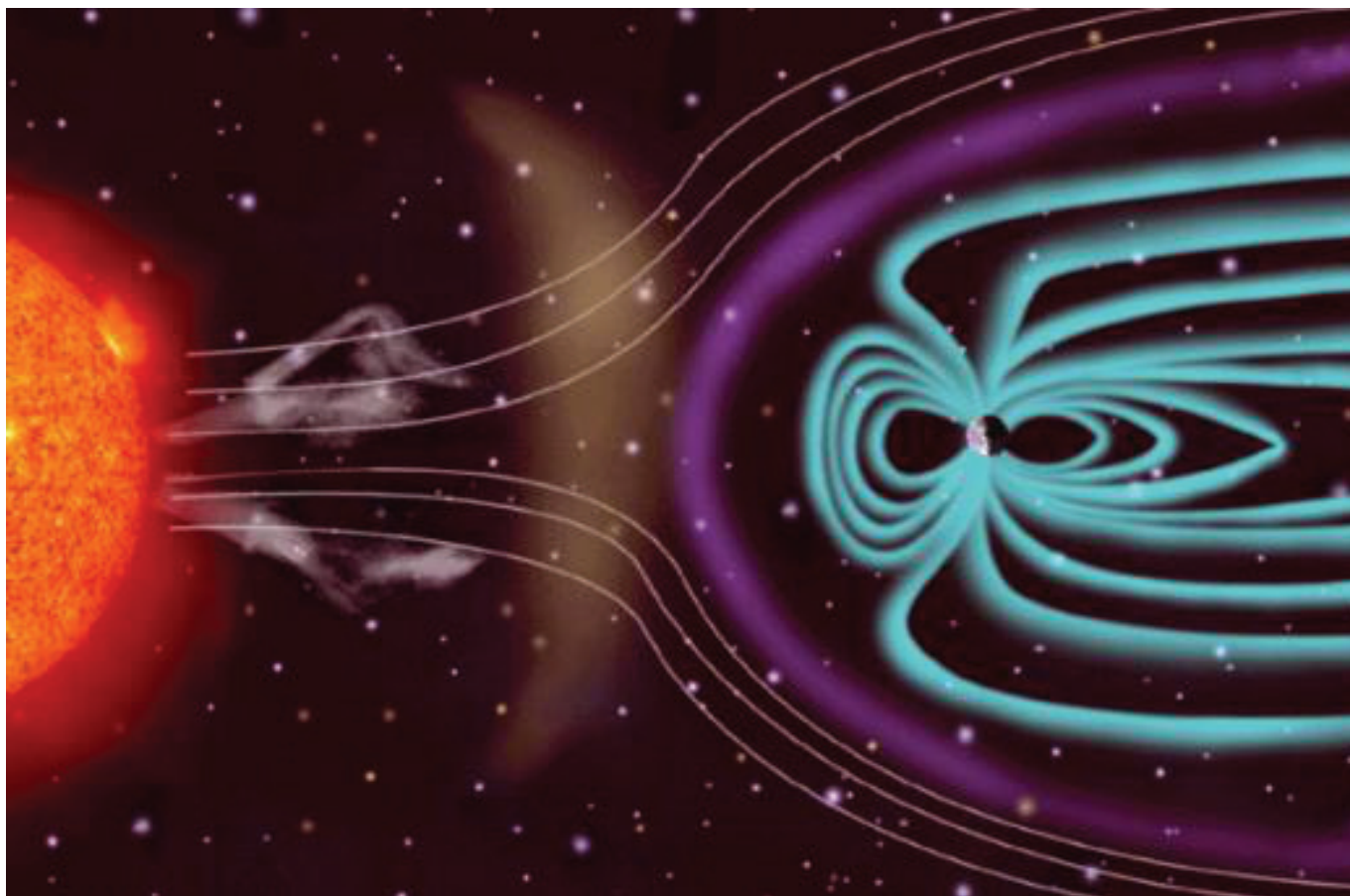
Le aurore sono prodotte da particelle elettriche (elettroni e protoni) che, arrivando dal Sole, colpiscono la ionosfera terrestre, ossia la parte di atmosfera compresa tra i 100 e i 500 km di altitudine. Quando il fenomeno elettrico si esaurisce, l'energia prodotta dagli elettroni si trasforma in luce visibile: l'aurora boreale nell'emisfero del Nord e aurora australe in quello del Sud.

Il fenomeno dell'aurora boreale è davvero affascinante: al crepuscolo, o di notte (di giorno è difficile vederle), lampi di luce verde danzano nel cielo scuro e cambiano in continuazione, assumendo forme fantastiche. Possiamo quindi dire che l'aurora boreale è un "magico" incontro tra il vento solare e il campo magnetico terrestre. L'intensità delle due entità determina la maggiore o minore luminosità dell'evento.

Per poter allora osservare questo fenomeno il Sole deve essere particolarmente "attivo" e anche la attività magnetica terrestre deve essere importante. La osservazione ovviamente non può prescindere dalle condizioni meteorologiche, ma questo vale per tutte le osservazioni dei fenomeni celesti.

Ma perché le aurore boreali si osservano solo nelle regioni molto settentrionali (o molto meridionali, nel caso di Paesi posti a sud della linea dell'Equatore)? La scienza dice che tutto dipende dalla minore protezione magnetica di quelle regioni che permette al vento solare (che trascina con sé una parte del campo magnetico della nostra stella) di interferire con il campo magnetico terrestre. Le aurore boreali quindi sono più facilmente osservabili intorno ai circoli polari.

Più semplice è osservarle in quello artico, perché in questa regione sono presenti diverse terre emerse facilmente raggiungibili: Islanda (appunto), Norvegia, Svezia, Finlandia, Groenlandia, Canada, Alaska, Siberia. Complicato è osservare le aurore australi in Antartide (difficile andarci se non per scopi scientifici) ma, quando particolarmente intense, qualcuno le ha viste in Tasmania, isola a Sud dell'Australia. Nell'emisfero del Nord le osservazioni migliori si fanno intorno all'inverno boreale, quindi tra ottobre e marzo, con particolare preferenza proprio per i primi e ultimi mesi del periodo.



Rappresentazione della fisica delle aurore boreali.

LA NOSTRA CACCIA ALL'AURORA BOREALE

La programmazione del nostro viaggio prevedeva tre possibilità di osservazione, legate al numero di notti del nostro soggiorno. La prima notte, muovendoci nella zona più serena e buia del Sud-Ovest dell'isola, la scarsa attività solare ha impedito al cielo di accendersi, ma la seconda notte è stata quella fortunata, l'aurora è venuta a trovarci fuori di casa! Nella prima parte della

serata, per un paio di ore abbiamo potuto vedere il cielo dipinto di verde! Un'aurora piuttosto stabile, senza veloci spostamenti che sembrava essere bloccata sotto il controllo del Grande Carro che imponente la dominava da sopra.



L'aurora boreale fotografata il 30 Ottobre 2018. In alto le costellazioni del Grande Carro e del Boote.

Il cielo coperto della terza notte, nonostante fosse segnalata una discreta attività solare, ha impedito l'osservazione del fenomeno. A tutti gli effetti è stata una esperienza assolutamente riuscita ma il proposito è quello di tornare in queste terre per vedere per più a lungo la “coda della volpe argentata”, così a queste latitudini è anche chiamata l'aurora boreale.

LA SPETTACOLARE NATURA DELL'ISLANDA

La breve permanenza in terra islandese non ci ha impedito, di giorno, di scoprire le particolarità naturalistiche del Sud-Ovest dell'isola. Mentre in Italia imperversava un forte maltempo con fenomeni atmosferici devastanti, noi in Islanda abbiamo goduto di giornate miti per queste latitudini, con temperature appena al di sopra dello zero.

In una giornata abbiamo effettuato il più classico dei tour islandesi: il circolo d'oro. Il sito storico di Þingvellir è stata la nostra prima tappa. Þingvellir, uno dei due soli siti islandesi nella lista Unesco dei patrimoni dell'umanità, si trova in mezzo alla faglia che separa la zolla nord-americana da quella euroasiatica. Qui a nostro modo abbiamo contribuito alla deriva dei continenti!



Þingvellir, in mezzo alla faglia. A destra la placca euroasiatica, a sinistra quella nord-americana.

Il geyser di Geysir, seconda tappa, è stato il nostro primo contatto con la natura vulcanica di questi luoghi, una colonna di acqua calda che con una regolarità quasi cronometrica, ogni quattro minuti, si innalza da un laghetto caldo per oltre trenta metri.



Il geyser di Geysir.

A seguire, la sosta presso la cascata Gullfoss è stata l'occasione per assistere allo spettacolo di imponenti cascate tra i ghiacci.



Le cascate di Gullfoss tra i ghiacci.

Poi nell'ultima sosta, il rilassante bagno nelle acque calde della Secret Lagoon. Nella laguna naturale è possibile scegliere la temperatura più gradita tra 25 e 60 gradi. Tornati a casa la sera, l'osservazione dell'aurora boreale ha chiuso una giornata indimenticabile!

Nella seconda giornata abbiamo visitato Islanda sud-occidentale. La regione offre altre tappe interessanti: la sosta al ponte sui due continenti, le cascate Seljalandsfoss e Skógafoss, la cittadina di pescatori di Vik e la spiaggia nera di Reynisfjara. Il giro si è concluso con la visita alla capitale Reykjavik.



Il ponte tra i due continenti.



La cascata di Skógafoss.



La spiaggia nera di Reynisfjara e i colonnati basaltici esagonali



La Cattedrale di Reykjavik, Hallgrímskirkja.

Un viaggio, quello nella terra degli Elfi e dei Trolls, breve, intenso e assolutamente interessante, dove tra ghiacciai e vulcani è possibile assistere ad uno dei fenomeni astronomici più suggestivi, quello delle Northern Lights.

L'ASTRONOMIA DEI VICHINGHI

Adriano Gaspani

I.N.A.F. - Osservatorio Astronomico di Brera - Milano
adriano.gaspani@brera.inaf.it

“Ecco, sono 350 anni che noi e i nostri antenati abitiamo in questa che è la più bella delle terre, e mai prima d’ora la Britannia è stata percorsa da un’ondata di terrore simile a quella che siamo stati costretti a subire da una razza pagana, nè si riteneva possibile che tanta disgrazia potesse arrivare dal mare.” Con queste parole, il monaco Alcuino da Lindisfarne descrisse nel 793 la furia devastatrice delle incursioni vichinghe lungo le coste della Britannia, dopo che lo stesso monastero di Lindisfarne venne completamente distrutto e gran parte dei monaci uccisi.

Ma chi erano i Vichinghi? Questo insieme di tribù di ceppo germanico settentrionale che abitava le coste della Scandinavia compare sulla scena europea nel periodo compreso tra l’800 e il 1100 d.C., spingendosi fino al Mar Nero, a Costantinopoli, attraverso la Russia. Circondata l’Europa occidentale, si infiltrarono nel Mediterraneo, invasero e occuparono ampie zone della Francia, dell’Inghilterra, dell’Irlanda e della Scozia, fondarono colonie in Islanda e Groenlandia ed ampliarono i confini del mondo conosciuto, stabilendo per breve tempo un insediamento sulle rive del continente nordamericano.

In quel periodo sembrò che i mari del nord pullulassero di navi predatrici dalla linea sottile e dagli scafi bassi, dalle polene raffiguranti teste di drago. Gli equipaggi erano dotati di spietato coraggio e invincibile ferocia. Il loro cammino era segnato da saccheggi, incendi e stragi. La Chiesa, in particolare, divenne l’obiettivo della loro inusitata violenza e i tesori ecclesiastici trafugati in grande quantità durante il saccheggio di chiese e monasteri fluirono verso le terre scandinave.

Il terrore e la protesta degli ecclesiastici contribuirono a creare la fama dei Vichinghi come selvaggi assetati di sangue. Il clero e gli ordini religiosi non solo crearono una fama terrificante per i Vichinghi ma inventarono anche la loro natura satanica: il “pericolo vichingo” fu ritenuto un castigo divino e per questo era necessario il pentimento, accompagnato da cospicue offerte.

Attualmente questa valutazione storica sta mutando. La storiografia moderna è giunta ad un’interpretazione più obiettiva del “fenomeno” vichingo. Oggi si tende a sottolineare maggiormente la loro importanza in termini di politica europea, di commercio, di pensiero, di esplorazione, colonizzazione e arte. Ovviamente i Vichinghi non furono dei santi ma è chiaro che non furono nemmeno quei demoni contro i quali la Chiesa medievale tuonava.

LA NAVIGAZIONE

Queste popolazioni furono note per la loro abilità nella navigazione, anche attraverso mari infidi e pericolosi quali quelli artici. La navigazione non era limitata ai tragitti rasente la costa ma i

drakkar, cioè le loro navi, si spingevano anche in mare aperto, dove l'unico mezzo per orientarsi erano il Sole, la Luna e le stelle. Per questo potremmo aspettarci che i Vichinghi fossero depositari di una rilevante competenza nel campo dell'Astronomia. L'analisi dei reperti archeologici e dei testi scritti, per lo più di redazione islandese, ha confermato pienamente questa ipotesi.

Da questo punto di vista esistono alcuni reperti archeologici molto singolari. Il primo è una ruota in legno con infisso un ago perpendicolare al piano del disco e alla base di quest'ultimo era incernierato un ago libero di ruotare sul piano della ruota. L'archeologo danese Bertil Almgren, che studiò alcuni di questi reperti rinvenuti negli anni '60, è stato in grado di ricostruirne l'uso. In pratica si trattava di un dispositivo che mediante la misura della lunghezza dell'ombra proiettata dall'ago verticale, uno gnomone, permetteva di stabilire l'altezza del Sole a mezzogiorno rispetto alla linea dell'orizzonte marino. L'ago orizzontale serviva per indicare la rotta che la nave doveva seguire, determinata sulla base della posizione del Sole in cielo.

Un altro interessante dispositivo erano le pietre da Sole le quali, oltre ad esser state rinvenute negli scavi archeologici, sono molto citate nella letteratura antica. Le pietre da Sole erano grossi cristalli di cordierite giallo-grigia i quali, posti contro luce, assumono riflessi azzurri a causa della rifrazione della luce. Il cristallo assume tinte azzurre quando la luce vi incide con un certo angolo e il colore è più vivace se la luce che lo colpisce è intensa e diretta. Quando il cielo era coperto, il cristallo permetteva di stimare la posizione del Sole nel cielo in quanto, anche con la presenza di nuvole, quando il cristallo era orientato in quella posizione il suo riflesso blu diveniva maggiormente intenso. L'archeologo danese Torkild Ramskov ne ha rinvenuti svariati esemplari durante le campagne di scavo.

È documentato che i comandanti delle navi erano tenuti a conoscere a memoria questi metodi di navigazione astronomica per poter condurre le imbarcazioni. Considerando quale fu l'efficienza marinara dei Vichinghi, appare chiaro che erano metodi che se ben applicati funzionavano molto bene.

IL SISTEMA COSMOLOGICO

Inizieremo subito con l'analisi dei testi scritti, occupandoci quindi del sistema cosmologico vichingo. "All'inizio del tempo non c'era nulla: nè sabbia, nè mare, nè freschi marosi; non c'era terra, nè alto cielo, nè fili d'erba: solo il grande vuoto." Così leggiamo nel Voluspà, uno dei testi antichi che ci permettono, assieme all'Edda di Snorri, di conoscere le credenze dei Vichinghi intorno all'astronomia, la cosmologia e in generale la loro visione del mondo.

All'inizio non esisteva nulla, soltanto il Ginnungagap, cioè il Grande Vuoto, il caos. Il termine vichingo ci rivela che quel vuoto era un'illusione, un'apparenza, un qualcosa che era impregnato di forza magica superiore. I Vichinghi ovviamente non intendevano la creazione dell'universo nei termini moderni, come qualcosa di evolutivo analogo al Big Bang o di stabile ed eterno, somigliante alla Teoria dello Stato Stazionario. Per loro si trattava di un processo di evoluzione predestinata: la vita era derivata in tempi antichissimi dalla interazione cataclismica delle forze del fuoco e del gelo, della luce e del buio, del bene e del male.

Purtroppo della cosmologia vichinga molto è andato perduto prima ancora di esser trascritto, in quanto la capacità di scrivere arrivò in Scandinavia in epoca tarda, con l'avvento del Cristianesimo. Per due secoli dopo la conversione, gli islandesi ebbero molta cura nel conservare le tradizioni religiose dei loro antenati pagani e tramandarono oralmente i racconti degli dèi e degli eroi mitologici finchè, nel XIII secolo, questi non vennero messi per iscritto. Tutte le prove linguistiche e letterarie, però, indicano che alcuni segmenti di poesia erano già allora molto antichi ed erano stati composti secoli addietro, prima ancora della colonizzazione dell'Islanda, avvenuta durante il X secolo.

Il più potente di tutti i poemi mitologici è il *Voluspà* (la Profezia della Sibilla), composta in Islanda durante la fase terminale del periodo pagano, forse addirittura dopo la conversione al Cristianesimo; in questo poema, una sibilla narra a Odino il destino degli dèi e quindi la formazione e la distruzione dell'universo secondo la concezione vichinga.

L'unico tentativo di fornire un racconto collegato e sistematico della cosmologia vichinga venne effettuato in Islanda nel XIII secolo, nella cosiddetta Edda in prosa, testo redatto verso l'anno 1220 dal grande storiografo islandese Snorri Sturluson (1178-1241). Il materiale mitologico è contenuto in una lunga narrativa didattica in prosa, piena di vecchia poesia, chiamata *Gylfaginning* (L'Inganno di Gylfi); in essa Snorri usa la tecnica letteraria impiegata in alcuni degli originari racconti mitologici, creando la figura di un leggendario re svedese di nome Gylfi e facendolo viaggiare in incognito verso una mitica cittadella abitata dagli dèi. Qui egli interroga il Grande Padre Odino (sotto forma di una trinità: l'Altissimo, l'Eguale e il Terzo) sull'inizio del mondo e sul destino degli dèi e degli uomini.

Ma torniamo alla struttura concettuale della cosmologia vichinga. Il *Ginnungagap* (il Grande Vuoto), consisteva in due regioni nettamente distinte: una regione di scure e gelide nebbie al nord (*Niflheim*), noto in seguito come il regno della morte, e una regione di fuoco e fiamme al sud (*Muspellsheim*), che divenne la patria dei futuri distruttori del mondo, governata dal gigante di fuoco *Surtr*. Appare evidente che la cosmologia vichinga è basata sui due grandiosi fenomeni naturali comuni nei territori scandinavi: i ghiacci e i vulcani.

Gli undici fiumi di *Niflheim* congelarono; strati di nebbia congelata si alzarono e si diffusero fino coprire l'intero *Ginnungagap*. Quando l'infernale calore del sud incontrò le distese ghiacciate del nord, il ghiaccio salato di *Niflheim* si sciolse, e le gocce si fusero dando forma alla prima creatura vivente, un terribile gigante chiamato *Ymir*, antenato di tutte le razze cattive di giganti che a sua volta diede origine all'umanità.

Il cielo era tenuto ai quattro angoli da quattro nani, chiamati Nord, Sud, Est e Ovest, ostili sia agli dèi sia ai mortali. Questi nani erano larve formatesi all'interno del cadavere di *Ymir* dopo la sua morte, erano artigiani superbi e le loro opere erano molto ricercate dagli dèi. Le brillanti scintille e gli ardenti tizzoni che fuoriuscivano da *Muspellsheim* diedero origine alle stelle, ai pianeti e alla Luna, i cui movimenti venivano regolati dagli dèi.

In un altro mito, il Sole e la Luna sono due bambini che corrono per tutto il cielo perchè ognuno di loro è inseguito da un lupo, il malevolo lupo *Fenrir* che viveva in una caverna degli inferi

e alla fine (periodicamente) venivano catturati e ingoiati. Questa era la spiegazione vichinga per le eclissi, che tra l'altro è molto simile all'idea che era diffusa nel mondo celtico, come testimonia la moneta degli Unelli, sulla quale è posta l'immagine di un lupo che morde il Sole rendendolo a forma di falce e che si riferisce all'eclissi del marzo del 78 a.C.

“Da dove sono venuti gli uomini che popolano il mondo?” Questa fondamentale domanda fu posta, secondo Snorri, da Gylfi agli dèi. La risposta di Odino fu che passeggiando un giorno in riva al mare, essi inciamparono in due tronchi di legname venuti alla deriva, li raccolsero e li modellarono fino a creare la forma umana. Odino diede loro la vita e lo spirito, Vili diede loro la facoltà di comprendere e di provare sentimenti e il terzo (Ve) diede loro un aspetto, la parola, l'udito e la vista. All'uomo venne dato il nome di Askr (frassino) e alla donna il nome di Embla (nome di una pianta rampicante che però non è possibile identificare).

Il mondo era raffigurato come un disco piatto, circondato da un vasto oceano (somigliante all'Okeanos della mitologia greca). Sulle rive più lontane di questo oceano, gli dèi sistemarono un pezzo di terra perchè i giganti vi abitassero e lo chiamarono Jotunheim. Al centro del mondo stabilirono una roccaforte per gli uomini, Midgard (la Zona di Mezzo), fortificata contro i giganti da una palizzata. Alla fine, gli dèi si costruirono il loro rifugio, Asgard (la Dimora degli Dèi), una cittadella alla sommità di un dirupo al centro di Midgard, fortificata da un'alta muraglia e collegata alla Terra dall'arcobaleno che fungeva da ponte.

Il quadro del mondo che emerge è quello di un disco strutturato a fasce concentriche. Sebbene l'universo simbolico vichingo fosse concepito come piatto, aveva anche tre livelli: Asgard in cima, Midgard in mezzo e, al disotto, Niflheim, il regno dei morti. Tutti questi regni erano tenuti insieme dall'Albero del Mondo, Yggdrasil, “il più grande e il migliore di tutti gli alberi”, un gigantesco frassino, il più sacro tra gli alberi, attorno al quale gli dèi stavano seduti in consiglio. Era questo il centro dell'universo vichingo.

I suoi rami raggiungevano il cielo e si stendevano sulla terra, le sue radici si allungavano nel sottosuolo di tutti i regni. Alla base si trovava la Sorgente o Pozzo del Destino, la fonte di tutta la saggezza, accudita da tre divinità che decidevano il destino di tutte le creature viventi. Un'aquila con un falco tra gli occhi stava appollaiata sui rami più alti del grande frassino, le cui radici venivano costantemente roscchiate dal serpente Nidhoggr, con il quale l'aquila era perennemente in lotta. È singolare che la scena prevedesse uno scoiattolo, Ratatoskr, che correndo su e giù lungo l'albero seminava discordia tra l'aquila e il serpente. Oltre a questo, quattro cervi brucavano il fogliame dell'albero e ne staccavano pezzetti di corteccia.

Yggdrasil era la rappresentazione simbolica della pericolosa condizione di un mondo contenente sin dall'inizio il seme della distruzione, secondo il fatalismo tipico del modo di pensare vichingo. L'universo vichingo era un luogo precario e vulnerabile, sconvolto da terribili forze distruttive che dovevano costantemente essere tenute lontane. Lo stesso mare che i Vichinghi percorsero in lungo e in largo era un luogo pericoloso, in quanto abitato da una mitica e spaventosa creatura, detta Midgardsorm (il Serpente del Mondo) che giaceva, sempre pronto all'attacco, nelle profondità dell'Oceano.

Il Voluspà è la sola fonte che ha risentito del Cristianesimo (probabilmente dell'Apocalisse

di Giovanni); infatti la Profezia della Sibilla è l'unico testo che prevede una nuova rinascita dopo la distruzione dell'universo e degli dèi. In altre fonti coeve questo non si rileva. L'annientamento rappresenta generalmente il "ferro del mestiere" della profezia religiosa; la cosmografia vichinga, però, fu la sola nel mondo antico e medievale a destinare alla distruzione anche gli dèi, i quali periranno di morte violenta nelle epiche battaglie combattute poco prima della completa distruzione dell'universo.

Il mondo vichingo, nonostante la fiducia in se stesso e il prorompente vigore, mancava di radici solide, in quanto il concetto dell'eternità sembra essergli stato estraneo. L'atteggiamento dei Vichinghi nei confronti della morte era informato ad un fatalismo che si estendeva oltre la tomba, non verso un'altra vita, di eterna felicità o di dannazione, ma verso una lotta ancora più aspra che si sapeva perduta in partenza, una battaglia finale alla quale nessuno sarebbe fuggito o sopravvissuto, compresi gli dèi. Il fatto che i Vichinghi dovessero fare i conti con tale fatalismo, che non ammetteva compromessi e non lasciava adito ad alcuna speranza, può essere forse visto come la misura del loro carattere bellicoso.

IL CALENDARIO

Veniamo ora al calendario in uso tra le popolazioni vichinghe. Le notizie più affidabili relativamente al calendario comunemente utilizzato da loro ci giungono nuovamente dall'Islanda. L'Islanda fu colonizzata dai Vichinghi intorno all'anno 870 d.C. mentre il Cristianesimo vi giunse solamente verso il 1000, portato dai monaci giunti dall'Irlanda.

I Vichinghi portarono in Islanda il loro calendario lunare sviluppato su base empirica. La settimana era formata da sette giorni ed era basata, come al solito, sull'intervallo che intercorre tra una fase lunare principale e la successiva. I nomi dei giorni della settimana erano: Sunnudagur, Manudagur, Týrsdagur, Odinsdagur, Þorsdagur, Frjádagur, Laugardagur. L'etimologia dei nomi si collega al Sole (Sunnudagur), alla Luna (Manudagur) ma anche alle divinità principali Odino e Thor (Odinsdagur e Þorsdagur).

L'anno, formato da 12 mesi lunari, era diviso in due stagioni, dette "misseri": l'estate e l'inverno. In mezzo alle stagioni erano poste le due più grandi feste per i Vichinghi, quella del solstizio d'estate e quella del solstizio d'inverno, soprattutto quest'ultima dava adito a 12 giorni di festeggiamenti.

Questo era il calendario utilizzato dalle tribù stanziate alle latitudini più basse rispetto al Circolo Polare Artico. In tutti i luoghi posti oltre il Circolo Polare Artico, un calendario lunare presenta parecchi problemi di utilizzo, in quanto la Luna può non essere visibile per vari giorni, dato che la sua culminazione superiore avviene periodicamente al di sotto dell'orizzonte astronomico locale. Altre volte, invece, il nostro satellite non tramonta per alcuni giorni, giungendo solamente a lambire la linea dell'orizzonte astronomico locale e risalendo poi in cielo.

Anche il Sole durante la notte polare non sale mai sopra dell'orizzonte astronomico locale mentre durante il giorno artico esso non tramonta per circa sei mesi. Durante questo lungo periodo di luce la Luna era difficile da vedere in cielo, quindi l'uso del calendario lunare

empirico diveniva piuttosto difficoltoso. Gli islandesi modificarono quindi il calendario originale, abbandonando l'osservazione della Luna durante l'estate e contando in maniera sequenziale le settimane trascorse dall'ultima fase lunare osservata prima del termine della notte polare.

Le esigenze amministrative richiedevano, in seno all'Althing, il famoso parlamento all'aperto islandese, la pianificazione in anticipo di taluni eventi di carattere politico e sociale, secondo date prefissate lungo l'anno. Si ebbe quindi una riforma del calendario secondo una struttura formata da 52 settimane organizzate in 12 mesi da 30 giorni ciascuno, più 4 aukenoetr, cioè giorni epagomeni che portarono il conteggio annuale complessivo a 364 giorni. Il misseri estivo era composto da 26 settimane, comprendenti 2 aukenoetr ed era obbligo iniziasse di martedì, il resto dell'anno faceva parte del misseri invernale.

In Islanda, la peculiare pratica di contare le settimane in estate e i mesi in inverno rimase in uso praticamente fino alla metà del XX secolo. Nonostante la semplicità ed una certa eleganza numerica, la struttura da 52 settimane da 7 giorni ciascuna portava ad un anno più corto di circa 1.2422 giorni, rispetto alla vera lunghezza dell'anno solare tropico. Questo fatto creò una discordanza progressiva rispetto alle stagioni e quindi uno slittamento dei mesi rispetto alle condizioni climatiche. Al fine di porre rimedio a questa situazione, nel 955 d.C. Thorstein Surt riformò nuovamente il calendario, introducendo il sumarauki, cioè una settimana supplementare intercalata periodicamente a metà dell'estate, ogni 7 anni.

In questo modo l'anno medio del calendario era diventato di 365 giorni esatti. Ovviamente l'errore progressivo dovuto alla differenza di circa un quarto di giorno ogni anno tra l'anno di calendario e l'anno tropico portò presto ad un nuovo sfasamento rispetto alle stagioni, con il risultato che, dopo un secolo, un proprietario terriero locale, tale Oddi Helgason, noto in letteratura con il soprannome di Star Oddi, dotato di ottime capacità astronomiche e matematiche, riuscì a misurare accuratamente la lunghezza dell'anno tropico e di conseguenza sviluppò una nuova riforma del calendario.

L'idea di Star Oddi fu di aggiustare la regola di intercalazione dei sumarauki, in modo che le 52 settimane annuali risultanti rimanessero in fase con il calendario giuliano utilizzato dai monaci irlandesi che, giunti nel 1000 dalla Verde Isola, si erano stabiliti in Islanda, costruendo numerosi monasteri. Purtroppo il metodo esplicito con cui Star Oddi operò la riforma del calendario è descritto in maniera molto oscura nei suoi scritti.



La fortezza di Trelleborg.

I TRELLEBORGAR

Dal punto di vista degli insediamenti abitativi di tipo civile, è facile rilevare che la loro orientazione fu studiata per favorire al massimo l'insolazione, piuttosto scarsa nei profondi fiordi scandinavi. Quello che stupisce è la metodologia di costruzione delle fortezze e degli insediamenti di tipo militare, i cosiddetti "trelleborgar", dal nome del più famoso di essi, scavato dagli archeologi nei pressi di Trelleborg in Danimarca.

I trelleborgar vichinghi erano delle fortezze costituite da un terrapieno rigorosamente circolare alto 6 metri, largo 17 metri alla base, con un diametro variabile dai 50 ai 200 metri. Lo spazio interno era quadripartito da due vie che si incrociavano ad angolo retto esattamente nel centro del cerchio e le cui direzioni erano rigorosamente corrispondenti alla direzione meridiana e a quella equinoziale, a cui corrispondevano quattro porte ricavate nel terrapieno. All'interno di ciascuno dei quattro settori erano poste 4 caserme, disposte secondo i lati di un quadrato orientato parallelamente alle direzioni cardinali astronomiche.

Il più famoso trelleborgar è quello scavato nei pressi di Trelleborg ma se ne conoscono altri a Firkat, a Nonnebakken presso Odense in Danimarca e in altri luoghi. Il più grande di tutti è quello di Aggesborg, il quale con il suo diametro di 200 metri contiene ben 48 caserme, poste nei 4 settori delimitati dalle strade principali. Ciascun settore fu diviso in altri 4 sottosectori da altre vie incrociate e parallele alle direzioni cardinali, in modo che la geometria delle caserme potesse essere ancora quella a quadrato astronomicamente orientato.

Quasi tutti i trelleborgar noti risalgono circa all'anno 980, periodo del regno di Harold Dente Azzurro. Fa eccezione il grande complesso di Aggesborg che è stato invece datato alla prima metà dell'XI secolo. Quello che stupisce è l'esattezza dell'orientazione (l'errore è in tutti i casi inferiore ad 1 grado) e la regolarità geometrica, le quali presuppongono capacità matematiche e astronomiche notevolmente sviluppate.

I RITI FUNERARI

Dal punto di vista dei complessi funerari, rileviamo che i Vichinghi ebbero vari riti per onorare i defunti. Tra questi abbiamo la cremazione e il relativo seppellimento delle ceneri sotto tumuli di terra, l'inumazione in camere tombali in legno a forma di nave, la deposizione del defunto (accompagnato dal cadavere di una o più persone a lui molto vicine che sceglievano liberamente di essere uccise e accompagnarlo così nel Walhalla) su una nave vera e propria che poteva essere data alle fiamme oppure seppellita sotto un grande tumulo di terra e pietre.

Era fondamentale che la nave funeraria fosse stata in grado di tenere il mare. Gli archeologi hanno portato alla luce tre magnifici esempi di navi utilizzate a scopo funerario, dopo aver effettivamente navigato in mare. Le tre navi provengono da tre tumuli funerari posti nella Norvegia meridionale, ad Oseberg, a Gokstad e a Tune, tre località del fiordo di Oslo. Tutte e tre sono esposte al Museo delle Navi Vichinghe di Oslo.

La nave di Oseberg, superbamente decorata, era atta alla navigazione nelle acque costiere. Essa risale alla prima metà dell'IX secolo e di fatto può essere definita un'elegante chiatta di Stato, usata per la sepoltura della regina Asa che si pensa fosse la terribile nonna di Harold I Bellachioma, che unificò l'intera Norvegia sotto un'unica corona verso la fine dell'IX secolo.

La salma della regina venne accompagnata alla sepoltura da una giovane schiava; nella tomba furono collocati tutti i mobili e gli oggetti che avevano circondato la regina in vita, affinché continuasse anche dopo la morte quel tipo di esistenza regale alla quale era abituata da viva. Tra il corredo è stata rilevata la presenza di un carro in legno, alcune slitte, dei letti, molti arazzi, alcuni telai per tessere, vari barili, una serie completa di utensili da cucina, dei finimenti per cavallo, varie paia di scarpe, svariati oggetti personali e perfino un bue. Prima che la nave venisse riportata alla luce nel 1904, il tumulo era stato razziato da profanatori di tombe, probabilmente pochi anni dopo la sepoltura.



Il complesso megalitico di Ale Stenar.

Un'altra usanza, riservata ai contadini che però avevano navigato e combattuto per mare, era quella del seppellimento del defunto entro navi simboliche, costituite da strutture megalitiche formate da grosse pietre fitte, disposte secondo una forma ovale in modo da simulare la forma di una nave. Il defunto era sepolto presso una pietra posta all'interno della struttura.

Un esempio molto interessante è costituito da Ale Stenar, la Nave di Ale, un complesso megalitico posto presso la località di Ale, nel sud della Svezia, nella regione della Scania. Il profilo ovale fu ottenuto disponendo accuratamente 60 grosse pietre, 59 delle quali costituiscono il profilo della nave mentre una è posta all'interno di esso, esattamente sul segmento nordoccidentale dell'asse mediano, diretto con rilevante accuratezza lungo la direzione che va dal punto di levata del Sole al solstizio d'inverno all'orizzonte astronomico locale a quello del suo tramonto al solstizio d'estate all'orizzonte naturale locale.

La "nave" è orientata in accordo con la levata del Sole alle due più importanti feste celebrate dai Vichinghi. Lungo l'asse minore della struttura ovale esiste in lontananza una piccola sella formata da due montagne, attraverso la quale era possibile osservare il sorgere del Sole al solstizio d'estate.

Secondo gli studiosi Vincent H. Malmstrom, James T. Carter e Curt Roslund che negli anni '70 interpretarono il complesso, sia il numero che la posizione che la spaziatura delle pietre sono ben lontani dall'essere casuali. Secondo questi studiosi, la posizione dei monoliti fu determinata intersecando una serie di 15 linee parallele all'asse congiungente il punto di levata del Sole solstiziale invernale e quello del tramonto solstiziale estivo con la direzione lungo cui il Sole nascente al solstizio estivo poteva essere visto sorgere entro la sella da 4 giorni prima della data di effettivo solstizio a 4 giorni dopo di essa. In effetti la serie di punti che viene a crearsi sul terreno in questo modo segue un andamento vicino a quello di una parabola e avrebbe quindi permesso di costruire la forma di metà della nave simbolica.

La prua, la poppa e i punti concordano molto bene con la posizione relativa dei monoliti sul terreno. Esiste però il problema che nel 1916 il complesso megalitico venne restaurato e non si sa se l'accuratezza del posizionamento originale dei monoliti sia stata mantenuta. Al di là dell'ipotesi di Malmstrom, Carter e Roslund, le due serie di monoliti concordano bene con il numero di giorni compresi entro due lunazioni complete (30+29) approssimato all'intero più prossimo e questo fatto è caratterizzato da una ridotta probabilità di essere casuale.

Forse Ale Stenar avrebbe potuto avere qualche funzione calendariale oltre che una pura e semplice rappresentazione del simbolismo navale funerario vichingo. Altre strutture litiche dello stesso tipo possono essere reperite in varie parti della Scandinavia e anch'esse mostrano rilevanti correlazioni astronomiche. Per ora solo quella di Ale è stata accuratamente studiata.



La nave rituale di Gannarve.

CONCLUSIONI

La conclusione che possiamo trarre da quanto qui rilevato è che i Vichinghi possedevano buone conoscenze astronomiche, basate soprattutto sull'osservazione empirica del Sole e della Luna. Tali conoscenze sembrano essere state per lo più finalizzate alla navigazione, all'utile orientazione dei villaggi e al calendario, mentre Ale Stenar ci potrebbe forse suggerire un utilizzo simbolico a livello funerario decisamente più sofisticato e archeoastronomicamente interessante.

Delle stelle e dei pianeti non sappiamo per ora nulla, salvo quello che i testi antichi ci tramandano sulla mitologia legata alla loro formazione e delle questioni connesse alla navigazione. La struttura e l'orientazione dei trelleborgar ci permette però di affermare che queste popolazioni nordiche avevano notevoli conoscenze geometriche e astronomiche ed erano in grado di applicarle praticamente con notevole perizia.

COSMOLOGIA PER ASTROFILI

PARTE II: COSMOLOGIA CON LE QUATTRO OPERAZIONI

Stefano Spagocci

In questo numero prosegue la pubblicazione di un Corso di Cosmologia per Astrofili in tre parti. Scopo del corso è quello di fornire al lettore una conoscenza di base della cosmologia. La prima parte del corso riguardava la cosmologia classica (1915-1980). La seconda parte del corso, che vi accingete a leggere, trae origine da una fortunata conferenza dell'autore: "Cosmologia con le Quattro Operazioni". Nell'articolo mostreremo come molte delle previsioni della cosmologia classica possano essere calcolate (approssimativamente) con poco più delle quattro operazioni! Nella terza parte del corso tratteremo invece della cosmologia moderna (1980-2018). Buona continuazione di lettura!

Fin dai primordi, l'umanità si è posta il problema dell'origine e del destino dell'universo. Nonostante le intuizioni dei filosofi/scienziati della Grecia antica e nonostante il fatto che la ☐rivoluzione scientifica☐ dati alla fine del XVI secolo, fino ai primi decenni del secolo scorso le risposte erano di carattere religioso o filosofico. Da quasi un secolo, però, la cosmologia ha acquisito lo status di scienza, dapprima semi-qualitativa, successivamente quantitativa e capace di giustificare i risultati sperimentali con un elevato livello di precisione.

Paradossalmente, però, i calcoli in cosmologia sono abbastanza semplici ed anzi, qualora ci si accontenti di previsioni semi-quantitative, molti importanti calcoli possono essere affrontati con le quattro operazioni aritmetiche! In questo lavoro esporremo tali calcoli che riteniamo essere alla portata di chiunque abbia completato le scuole dell'obbligo. Il lettore poco avvezzo alla matematica non si scoraggi: con un minimo di pazienza sarà in grado di riprodurre (approssimativamente) alcuni dei più importanti risultati della cosmologia!

IL NOSTRO APPROCCIO

I calcoli in cosmologia, dicevamo, sono relativamente semplici, qualora non si pretenda di scendere nei dettagli. I calcoli cosmologici riguardano sia il moto dell'universo inteso come un tutt'uno (l'evoluzione, quindi, della geometria dell'universo), sia l'evoluzione del gas primordiale (dunque la creazione, decadimento e aggregazione delle particelle elementari che lo componevano). In linea di principio, i calcoli sulla dinamica dell'universo richiedono l'applicazione della relatività generale. In realtà, per una inspiegata coincidenza, l'applicazione della ben più semplice meccanica newtoniana dà i medesimi risultati. La meccanica newtoniana non è però affrontabile con le sole operazioni aritmetiche e ci soffermeremo quindi sul secondo aspetto.

L'Universo espandendosi si raffreddò, per la stessa ragione per cui un gas in un pistone si

raffredda dopo un'espansione dello stesso. Ad ogni temperatura corrisponde un'energia media delle particelle in movimento e, secondo la relatività einsteiniana, l'energia può trasformarsi in massa e viceversa. Quando due particelle si scontrano, possono trasformare la loro energia nella massa di altre particelle ma ciò è possibile solo se l'energia totale delle particelle che si scontrano è almeno pari all'energia corrispondente alla massa delle particelle create. La temperatura, quindi, deve essere sufficientemente alta. Su questa base è possibile ricostruire la storia termica dell'universo, come il lettore avrà modo di sperimentare.

Nelle (poche) formule che useremo sarà impiegata la cosiddetta □notazione esponenziale□. Secondo tale notazione, ad esempio, 10^4 indica un uno seguito da quattro zeri, cioè 10000. Dovendo ad esempio moltiplicare 100 per 10000, scriveremo che $10^2 \cdot 10^4 = 10^6$. Dovendo dividere 10000 per 100, scriveremo che $10^4 \cdot 10^{-2} = 10^2$. E' anche utile ricordare che, per convenzione, si pone $10^0 = 1$. Usando la notazione esponenziale, operazioni quali la moltiplicazione e la divisione si convertono, rispettivamente, in addizione e sottrazione. In questo lavoro faremo quindi uso delle sole addizione e moltiplicazione, le più elementari operazioni aritmetiche!

GLI INGREDIENTI

Cominciamo quindi con le formule alla base dell'analisi qui presentata. Non daremo una dimostrazione di tali formule, peraltro molto semplici; il lettore può riferirsi alla bibliografia per eventuali approfondimenti.

Definiamo innanzitutto l'unità di misura dell'energia di una particella elementare, detta elettronvolt (eV). L'elettronvolt è definito come l'energia acquisita da un elettrone accelerato da una batteria di pile da un Volt complessivo. Ad esempio, una particella che abbia la stessa carica dell'elettrone, accelerata da una differenza di potenziale pari a 100 Volt, avrà un'energia di 100 eV. Se invece la sua carica fosse pari a due cariche elettroniche, la sua energia sarebbe pari a 200 eV. L'energia (in eV) di una particella è legata alla sua temperatura (espressa in gradi Kelvin, K) dalla seguente formula (che qui diamo in una versione approssimata):

$$E [eV] = 10^{-4} \cdot T [K]$$

da cui si ricava immediatamente:

$$T [K] = 10^4 \cdot E [eV]$$

La temperatura (espressa in gradi Kelvin) dopo un tempo t (espresso in secondi) dal big bang è data dalla semplice formula approssimata:

$$T [K] = \frac{10^{10}}{\sqrt{t [s]}}$$

da cui si ricava immediatamente:

$$t[s] = \frac{10^{20}}{T[K]^2}$$

Tenendo poi presenti le definizioni (riguardanti i Giga, Mega e Kilo-eV):

$$1\text{ GeV} = 10^9\text{ eV}$$

$$1\text{ MeV} = 10^6\text{ eV}$$

$$1\text{ KeV} = 10^3\text{ eV}$$

è possibile seguire la storia termica dell'universo, utilizzando le quattro operazioni aritmetiche (in realtà le sole addizioni e moltiplicazioni applicate agli esponenti).

LA TEORIA DEL TUTTO

Partiamo dunque dall'istante zero del big bang, incontrando l'ipotetico regime in cui i fisici pensano vigesse la teoria del tutto. La teoria del tutto, nelle speranze dei fisici, dovrebbe unificare gravità, forze nucleari ed elettromagnetismo. Di tale teoria non conosciamo gli esatti contorni, sebbene molti pensino che la teoria delle stringhe potrà assumere un tale ruolo in futuro.

Se calcoliamo la massa per cui la forza gravitazionale tra due particelle domina su quella elettromagnetica, troviamo che deve essere pari a $10^{18}\text{-}10^{19}$ GeV (è questa la famosa massa/energia di Planck). Le particelle nel gas primordiale avevano un'energia media pari a $10^{18}\text{-}10^{19}$ GeV (ovvero $10^{27}\text{-}10^{28}$ eV) alla temperatura $T = 10^{(4+27)}\text{-}10^{(4+28)} = 10^{31}\text{-}10^{32}$ K. Quindi le particelle avevano energia superiore a quella planckiana prima di $t = 10^{20}/(10^{31})^2\text{-}10^{20}/(10^{32})^2 = 10^{(20-62)}\text{-}10^{(20-64)} = 10^{-42}\text{-}10^{-44}$ s, tempo che arrotondiamo a 10^{-43} secondi.

Abbiamo dunque ottenuto una stima del famoso tempo di Planck, l'istante prima del quale la gravità era una forza $\square$ forte $\square$ quanto le altre! In condizioni ordinarie la gravità è invece di gran lunga la più debole e per capirlo basta riflettere sul fatto che un piccolo magnete può vincere la gravità terrestre ed attrarre a sé una graffetta metallica.

LA GRANDE UNIFICAZIONE

Proseguendo nel nostro viaggio, giungiamo all'energia di grande unificazione. Alla grande unificazione (la cui teoria non è stata ancora compiutamente elaborata, nel senso che esistono teorie rivali, alcune delle quali compiutamente elaborate, tutte compatibili con lo stato attuale della fisica sperimentale), le interazioni nucleari forti sarebbero unificate con quella elettrodebole.

Le misure agli acceleratori ci dicono che la grande unificazione avverrebbe ad un'energia di 10^{15} GeV (ovvero 10^{24} eV). Una tale energia per particella non è raggiungibile con gli acceleratori odierni e nemmeno lo sarà con quelli costruibili nel prevedibile futuro ma fu raggiunta e superata

nei primi istanti dopo il big bang.

Le particelle del gas primordiale avevano un'energia media pari a 10^{24} eV alla temperatura $T = 10^{(4+24)} = 10^{28}$ K, corrispondente al tempo $t = 10^{20}/(10^{28})^2 = 10^{(20-56)} = 10^{-36}$ s. In mancanza di dati sperimentali più precisi, non vi è accordo tra i cosmologi riguardo al tempo in cui le interazioni forti smisero di essere unificate con quelle elettrodeboli. Una probabile epoca, tuttavia, è data proprio dai 10^{-36} secondi che abbiamo appena calcolato!

L'UNIFICAZIONE ELETTRODEBOLE

La teoria elettrodebole (opera di Steven Weinberg, Sheldon Lee Glashow e Abdus Salam) unifica l'interazione elettromagnetica con l'interazione nucleare debole. Una previsione di tale teoria (verificata sperimentalmente al CERN dal gruppo di Carlo Rubbia, nei primi anni '80) è stata quella dell'esistenza delle particelle W^+ , W^- , Z^0 (con carica rispettivamente positiva, negativa e nulla), vettori dell'interazione elettrodebole come il fotone lo è per quella elettromagnetica.

I bosoni W e Z hanno una massa dell'ordine dei 100 GeV (il valore preciso qui non importa, dato il carattere approssimato dei nostri calcoli). Le particelle del gas primordiale avevano energia media di 10^2 GeV = 10^{11} eV alla temperatura $T = 10^{(4+11)} = 10^{15}$ K, quindi la loro energia media era superiore alla massa dei bosoni W e Z (e vi era energia sufficiente per produrre tali particelle in una collisione) prima dell'epoca $t = 10^{20}/(10^{15})^2 = 10^{(20-30)} = 10^{-10}$ s. Ancora una volta, con le sole quattro operazioni abbiamo ottenuto un risultato (10^{-10} secondi) in perfetto accordo con i calcoli dei fisici delle particelle e dei cosmologi!

L'ESISTENZA DEI NUCLEI

I nuclei atomici (composti, come noto, da protoni e neutroni, aventi carica rispettivamente positiva e nulla) sono tenuti uniti dalla forza nucleare forte. Le energie di legame dei nuclei sono dell'ordine di 1 MeV ma finché l'energia media delle particelle componenti il gas primordiale fu superiore a circa $1/10$ MeV = 100 KeV, vi fu ancora energia sufficiente per disintegrare una frazione apprezzabile dei nuclei prodotti in conseguenza degli scontri.

Le particelle del gas primordiale avevano energia cinetica media di 100 KeV = 10^5 eV alla temperatura di $T = 10^{(4+5)} = 10^9$ K, quindi esse cessarono di avere energia media superiore a quella necessaria per dissociare i nuclei al tempo $t = 10^{20}/(10^9)^2 = 10^{(20-18)} = 100$ s.

Abbiamo dunque calcolato in 100 secondi il tempo dopo cui fu possibile ai nuclei atomici di esistere. Cento secondi rappresentano circa due minuti (più precisamente, un minuto e 40 secondi): il nostro metodo approssimato non ci consente di essere più precisi ma non siamo molto lontani dai "primi tre minuti", titolo di un famoso (e fortunato) libro di divulgazione cosmologica di Steven Weinberg che si riferisce proprio all'epoca di cui abbiamo trattato!

L'ESISTENZA DEGLI ATOMI

Gli elettroni (come ben noto carichi negativamente) sono legati ai nuclei atomici dalla forza

elettromagnetica e le loro energie di legame sono dell'ordine dei 10 eV. Per l'atomo di idrogeno, precisamente, l'energia di legame è data dai famosi 13.6 eV ma qui ci interessano solo gli ordini di grandezza.

Finchè l'energia media delle particelle del gas primordiale fu superiore a circa 1 eV, vi era energia sufficiente per disintegrare una frazione apprezzabile degli atomi prodotti in conseguenza degli scontri elettrone/nucleo. Le particelle del gas primordiale avevano energia media di 1 eV alla temperatura $T = 10^4$ K, quindi esse avevano energie superiori a quella necessaria per dissociare gli atomi prima del tempo $t = 10^{20}/(10^4)^2 = 10^{(20-8)} = 10^{12}$ s. Tenendo conto del fatto che un anno contiene circa 10^7 secondi, si ottiene un tempo di 100000 anni. Non siamo dunque lontani dai 380000 anni che risultano da calcoli più precisi!

LA RADIAZIONE COSMICA DI FONDO

Dopo che gli elettroni si legarono ai nuclei, tali particelle non poterono più generare fotoni e la radiazione si disaccoppiò dalla materia. I fotoni parte del gas primordiale, quindi, continuarono il loro viaggio in linea retta e persero progressivamente energia per via dell'espansione dell'universo. Tali fotoni (ora prevalentemente nella banda delle microonde) costituiscono la famosa radiazione cosmica di fondo, prevista teoricamente da vari scienziati sovietici e statunitensi (ricordiamo a tal proposito lo statunitense Robert Dicke) e scoperta (per caso) dagli ingegneri delle comunicazioni IBM (e radioastronomi a tempo perso) Arno Penzias e Robert Wilson.

Tale radiazione permea l'universo (tra l'altro è ben noto che il 5-10% del segnale ricevuto fuori sintonia dalle vecchie radio e TV analogiche fosse dovuto alla radiazione cosmica di fondo) e la si definisce "a 3 Kelvin" perchè un corpo nero (essenzialmente un corpo incandescente) avente una temperatura di 3 Kelvin (-270 Celsius) emetterebbe una radiazione similmente distribuita lungo lo spettro elettromagnetico. Il nostro semplice metodo, quindi, ci ha permesso di calcolare, e con buona precisione, l'epoca in cui si generò la radiazione cosmica di fondo!

PER SAPERNE DI PIU'

Il miglior testo divulgativo sulla cosmologia, a nostro parere è ancora: S.Weinberg, *I Primi Tre Minuti*, Mondadori, Milano, 1986 (I edizione 1973). Purtroppo il libro non è più in catalogo ma consigliamo il lettore di reperirne una copia sul mercato antiquario. Per chi legge l'inglese (oltre all'edizione originale del Weinberg, ancora in stampa), consigliamo: A.Liddle, *An Introduction to Modern Cosmology*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2015. Si tratta di un testo di livello universitario (la nostra laurea breve) ma leggibilissimo, nella miglior tradizione anglosassone, in quanto adotta tutti gli accorgimenti per semplificare la materia, senza banalizzarla.

PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

Franco Vruna

QUASAR

Gli astronomi concordano sul fatto che i quasar siano oggetti di aspetto stellare che si trovano al di fuori della nostra galassia. Essi sono caratterizzati da variazione nell'emissione di luce, di onde radio o di entrambe le radiazioni. Inizialmente gli oggetti che mostravano variazioni di luce nel visibile erano chiamati QSO (oggetti quasi stellari). Quelli che mostravano variazioni nelle onde radio erano invece definiti QSS (sorgenti quasi stellari). Successivamente è stato deciso di dare ad entrambi l'appellativo di quasar.

Il primo quasar fu scoperto nel 1960 dall'americano A.Sandage, come controparte ottica della radiosorgente 3C48, localizzata con il radiointerferometro di Owens Valley in California e riportata in seguito nel catalogo di Cambridge. Il successivo quasar scoperto fu 3C273. In seguito furono scoperti anche 3C147, 3C196 e 3C212. Tutti questi oggetti si rivelarono come sorgenti enigmatiche, avendo aspetto stellare ma essendo dotati di spettri misteriosi ed incomprensibili secondo le conoscenze dell'epoca.

Gli astrofisici si accorsero quindi che i quasar che emettevano onde radio erano meno del 10% di tutti i quasar che si scoprivano e che quelli di luce variabile non potevano essere assimilati ad alcun tipo di stelle note. Studiando 3C48, Sandage scoprì nel suo spettro una successione di righe in emissione e assorbimento le cui posizioni non corrispondevano a quelle di alcun elemento chimico conosciuto.

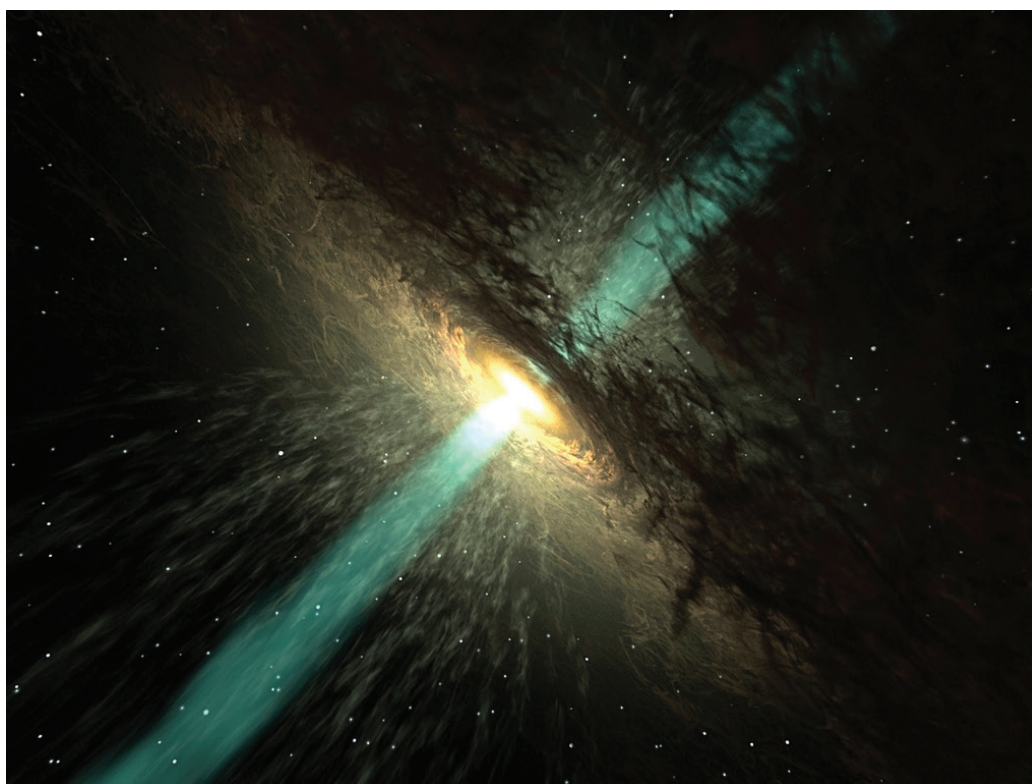
Il 5 febbraio 1963 l'olandese M.Schmidt riuscì a decifrare la natura di 3C273, scoprendo che le righe in emissione appartenevano alla serie dell'idrogeno ma si mostravano spostate verso il rosso (red shift) per un valore di $z=0.158$, cosicché le righe dell'ultravioletto venivano a vedersi nel visibile. L'immediata interpretazione fu quella di attribuire tale red shift all'effetto Doppler, connesso ad un veloce moto di recessione dei quasar. In analogia allo stesso comportamento delle galassie, scoperto da E.Hubble, questa caratteristica fu attribuita all'espansione dell'universo e fu classificata come red shift cosmologico.

Fu a questo punto che le eccezionali proprietà dei quasar vennero in primo piano. Prendendo per la costante di Hubble il valore ritenuto più attendibile all'epoca, le distanze che se ne potevano dedurre erano comprese tra 2 miliardi di anni luce per 3C273 e 18 miliardi di anni luce per OQ172. Quindi si era in presenza di sorgenti ben più lontane delle più distanti galassie allora conosciute e addirittura verso il limite dell'età conosciuta dell'universo!

Per giustificare l'intensità dei flussi di energia che arrivano a noi dai quasar in tutte le forme, bisognava ammettere che tali sorgenti fossero gli oggetti celesti più luminosi, capaci di dissipare energie diecimila volte maggiori di quelle di una galassia attiva e un milione di volte maggiori di quelle emesse da una galassia come la nostra Via Lattea!

Alcuni scienziati, quali il famoso H.Arpf, ipotizzarono meccanismi alternativi per giustificare i mostruosi red shift osservati, quali un'ipotetica "stanchezza" sofferta dalla luce per effetto di collisioni ripetute da parte dei fotoni con il mezzo intergalattico o un arrossamento relativistico per effetto Einstein (red shift relativistico) sulle onde elettromagnetiche.

Sappiamo oggi che le cose non stanno così. I quasar sono interpretati come nuclei galattici attivi estremamente luminosi. Per nucleo galattico attivo si intende il nucleo di una galassia nel quale una frazione significativa dell'energia è emessa da oggetti che non siano stelle, polveri o gas interstellare in condizioni ordinarie. Nel centro di un quasar, a quanto ne sappiamo, risiede un buco nero supermassiccio (con massa pari a miliardi di masse solari). Gas e polveri, spiraleggiando verso il buco nero, formano un disco di accrescimento e, per attrito, emettono le poderose quantità di energia elettromagnetica che caratterizzano i quasar.



Impressione artistica di un quasar, al centro del quale si trova un buco nero supermassiccio, con il suo disco di accrescimento da cui si dipartono due getti di materia.

ASTRO NEWS

Cristiano Fumagalli

HUBBLE DI NUOVO IN PIENA EFFICIENZA!

La Wide Field Camera 3 è stata riportata al pieno stato operativo ed ha completato di recente le sue prime osservazioni scientifiche. Il telescopio spaziale Hubble è di nuovo in piena salute!

Maggiori info al link:

www.nasa.gov/feature/goddard/2019/wide-field-camera-3-anomaly-on-hubble-space-telescope



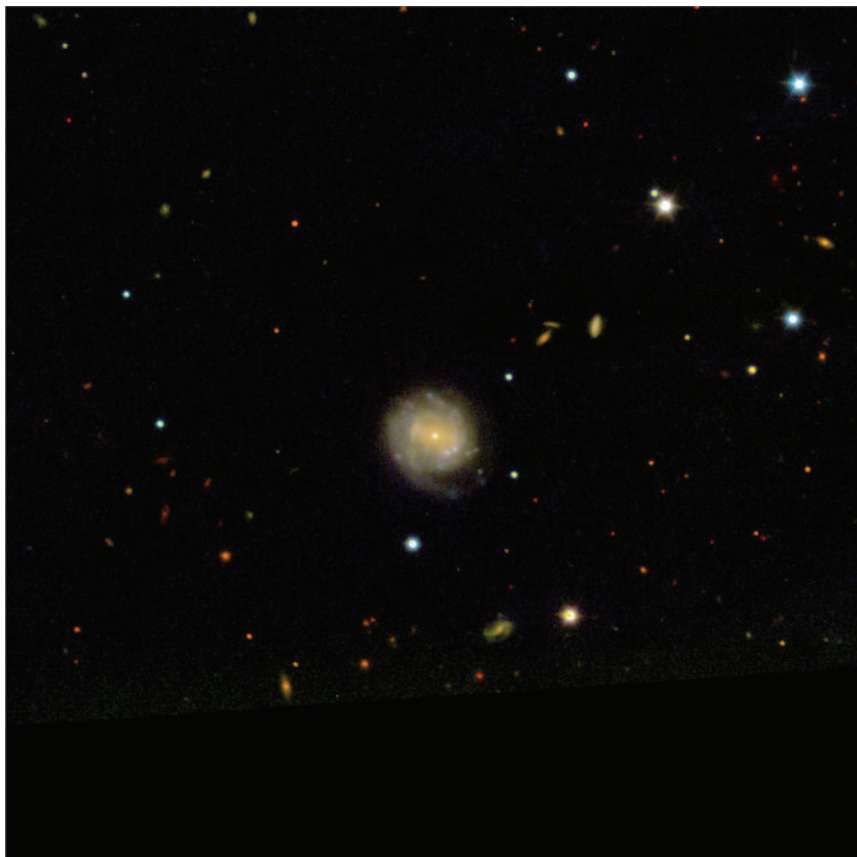
UN'ESPLOSIONE DI INAUDITA POTENZA

Ecco un'immagine dell'esplosione della supernova "AT2018cow" e della sua galassia ospite, CGCG 137-068 che si trova a circa 200 milioni di anni luce da noi. La supernova è stata avvistata per la prima volta il 16 giugno 2018 con il telescopio ATLAS, alle Hawaii. Ulteriori osservazioni eseguite con un grande numero di telescopi - inclusi i telescopi spaziali ad alta

energia dell'ESA Integral e XMM-Newton - hanno rivelato una potente fonte di raggi X al centro di questa esplosione stellare di una luminosità senza precedenti e in rapida evoluzione. Questo suggerisce che possa essere un buco nero nascente o una stella di neutroni con un fortissimo campo magnetico che sta aspirando il materiale circostante.

Maggiori info al link:

www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Team_of_telescopes_finds_X-ray_engine_inside_mysterious_supernova

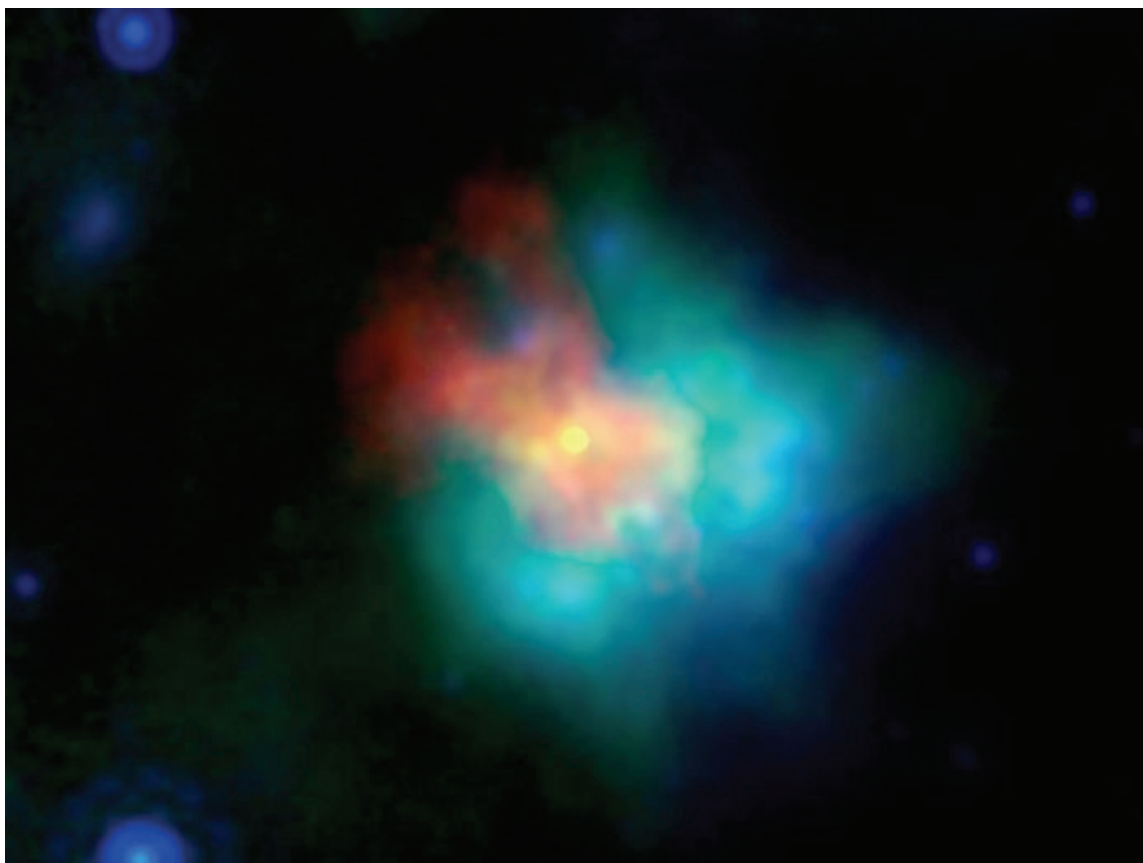


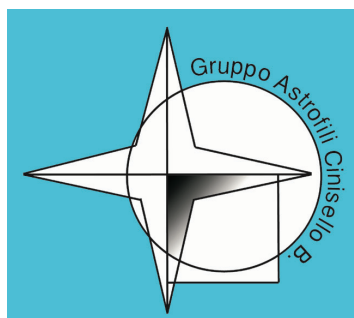
FUOCHI D'ARTIFICIO STELLARI!

Capodanno è ormai alle spalle ma non per questo sono terminati i fuochi d'artificio. Questa immagine dell'osservatorio spaziale Herschel dell'ESA mostra i resti di un'esplosione, non del tipo acceso durante le celebrazioni ma di quello di una supernova!

Maggiori info al link:

www.esa.int/spaceinimages/Images/2019/01/Multi-wavelength_view_of_a_supernova_remnant





G.A.C.B.

Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

Sede riunioni Ex scuola Manzoni Via Beato Carino 4 20092 Cinisello Balsamo (MI)

c/o dott. Fumagalli Cristiano via Trieste 20 20092 Cinisello Balsamo (MI)

e-mail: fumagallic@tiscali.it - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

Sito: <http://gacb.astrofili.org>

Yahoo: /group/GACB_Informa

FaceBook: Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

FaceBook: Osservatorio Astronomico Presolana

Osservatorio: Castione della Presolana - Località Lantana

Planetario: Via De Amicis 3/A - Muggiò (MB)

Delegazione UAI per la provincia di Milano

GACB e membro di CieloBuio - Coordinamento per la protezione del Cielo Notturmo

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente - *Cristiano Fumagalli*

Vicepresidente - *Stefano Spagocci*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Nino Ragusi

Sergio Brighel

SEZIONI

Astrofotografia

Cristiano Fumagalli - Matteo Morelli

Planetario

Nino Ragusi

Stelle variabili

Stefano Spagocci - Cristiano Fumagalli

Tecnica autocostruzione

Leonardo "Gianni" Vismara

Responsabile Bollettino - *Stefano Spagocci*

Impaginazione - *Nino Ragusi*
