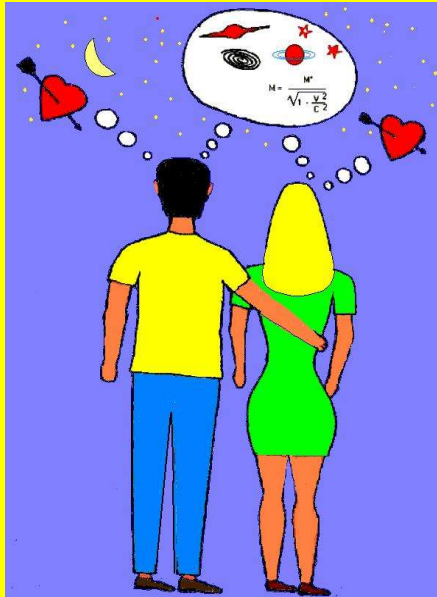


Antonino Cucinotta



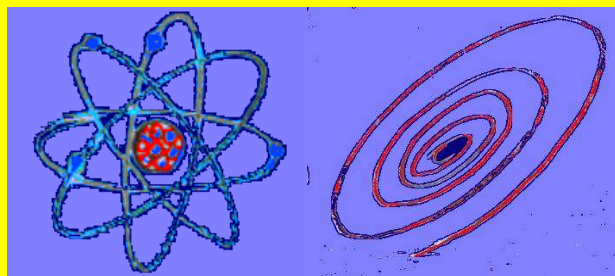
GIANNI E GIULIA

INNAMORATI SPECIALI

**AFFASCINATI DAI MISTERI DELL'UNIVERSO,
CI AIUTANO A CAPIRE COM'E' FATTO
E COME FUNZIONA IL MONDO FISICO**

più

***la versione testo del sito
di cultura scientifica
PEOPLEPHYSICS.COM***



RERUM NATURAM AMBULANDO DISCERE

MESSINA, LUGLIO 2003 - COPYRIGHT 2003-2008

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

INDICE

Pag.

8...PREFAZIONE

9...I L'UNIVERSO SI ESPANDE

CONTINUERA' AD ESPANDERSI O IMPLODERA'?

13...II NASCITA, EVOLUZIONE E MORTE DI UNA STELLA

LA GRAVITA', FORZA MOTRICE DELL' UNIVERSO, AGGREGA E COMPRIME LA MATERIA CREANDO LE CONDIZIONI FISICHE FAVOREVOLI PER LA NASCITA DI UNA STELLA

19...III STELLE, PIANETI ED ESSERI VIVENTI

LA MATERIA DI CUI SONO FATTI CONTIENE GLI STESSI COMPONENTI FONDAMENTALI: QUARK ED ELETTRONI

24...IV "SAPORI" E "COLORI" DEL MICROCOSMO

INVENTATI DAI FISICI PER SPIEGARE LE FORZE SUBNUCLEARI DEBOLI E FORTI

31...V IL MISTERO DEL DUPLICE COMPORTAMENTO DELLA MATERIA E DELLA

RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

ONDE O PARTICELLE?

36...VI BOSONI E FERMIONI

POSSIAMO ESISTERE PERCHE' SIAMO FATTI DI FERMIONI

38...VII LA CORRELAZIONE QUANTISTICA A DISTANZA TRA COPPIE DI PARTICELLE IDENTICHE

CONSENTE DI TELETRASPORTARE STATI QUANTICI ATOMICI E FOTONICI

43...VIII LE QUATTRO FORZE FONDAMENTALI DELLA NATURA

(GRAVITAZIONALI, ELETTROMAGNETICHE, SUBNUCLEARI FORTI E SUBNUCLEARI DEBOLI)

**46...IX IL MISTERO DELLA GRAVITA',
UNA FORZA SUI GENERIS**

CURVA LO SPAZIO E RALLENTA IL TEMPO

52...X IL MISTERO DELL'ANTIMATERIA

L'UNIVERSO FATTO DI MATERIA ESISTE PER UNA MISTERIOSA ASIMMETRIA INIZIALE TRA QUARK ED ANTIQUARK

56...XI LE ONDE

*MECCANICHE, ELETTROMAGNETICHE E GRAVITAZIONALI,
PERTURBANO I MEZZI IN CUI SI PROPAGANO TRASMETTENDO ENERGIA*

**59...XII NELL'UNIVERSO ENERGIA, QUANTITA' DI MOTO,
MOMENTO ANGOLARE E CARICA ELETTRICA SI
CONSERVANO**

RIVELANDOCI CHE LO SPAZIO-TEMPO E' OMOGENEO ED ISOTROPO

**66...XIII L'ENTROPIA DELL'UNIVERSO AUMENTA
SEMPRE**

RIVELANDOCI IL VERSO DELLA FRECCIA DEL TEMPO

**68...APPENDICE-GLI APPUNTI DI GIANNI I
LE FORMULE PIU' IMPORTANTI DELLA FISICA**

89...PEOPLEPHYSICS.COM

SITO WEB DI CULTURA SCIENTIFICA (VERSIONE TESTO)

90...INTRODUZIONE

92...LE DOMANDE PIU' FREQUENTI SUL MONDO FISICO

108...SCIENZA E FEDE

111...I PIONIERI DELLA FISICA DA ARCHIMEDE A CARLO RUBBIA

111...ARCHIMEDE

111...GALILEO GALILEI

112...ISACCO NEWTON

113...ALESSANDRO VOLTA

113...MICHAEL FARADAY

114...ANDRE'-MARIE AMPERE

114...GEORG SIMON OHM

115...GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF

115...JAMES CLERK MAXWELL

115...WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN)

116...HEINRICH RUDOLPH HERTZ

116...WILHELM CONRAD ROENTGEN

116...ANTOINE HENRI BECQUEREL

117...PIERRE CURIE

117...MARIE SKLODOWSKA CURIE

117...MAX PLANCK

118...ALBERT EINSTEIN

119...LORD ERNEST RUTHERFORD

120...NIELS BOHR

121...LOUIS-VICTOR PIERRE RAYMOND DE BROGLIE

121...WERNER HEISENBERG

121...ERWIN SCHROEDINGER

122...PAUL ANDRIEN MAURICE DIRAC

122...ENRICO FERMI

123...WOLFGANG PAULI

123...EUGENE PAUL WIGNER

124...SIN-ITIRO TOMONAGA

124...JULIEN SCHWINGER

124...RICHARD FEYNMAN

- 125...MURRAY GELL-MANN**
- 125...SHELDON LEE GLASHOW**
- 125...ALVIN WEINBERG**
- 125...ABDUS SALAM**
- 126...CARLO RUBBIA**
- 126...SIMON VAN DER MEER**
- 127...L'ESPLORAZIONE DEL MICROCOSMO NEL XX SECOLO**
- DALLE RICERCHE SUI RAGGI CATODICI AL MODELLO STANDARD**
- 127...GLI ESPERIMENTI SUI RAGGI CATODICI**
- 127...LA SCOPERTA DEI RAGGI X (1895)**
- 128...LA SCOPERTA DELLA RADIOATTIVITA' NATURALE (1896)**
- 128...LA SCOPERTA DELL' ELETTRONE (1897)**
- 129...L'IPOTESI DI MAX PLANCK SULLA QUANTIZZAZIONE DELL'ENERGIA RADIANTE DEL CORPO NERO (1900)**
- 129...LA TEORIA DELLA RELATIVITA' SPECIALE (O RISTRETTA) DI A. EINSTEIN**
- 130...L'IPOTESI EINSTEINIANA DEI FOTONI CONSENTE DI SPIEGARE L'EFFETTO FOTOELETTRICO (1905)**
- 131...LA SCOPERTA DEL NUCLEO ATOMICO (1911)**
- 132...GLI ESPERIMENTI DI DIFFRAZIONE CON I RAGGI X E LO STUDIO DEI RETICOLI CRISTALLINI (1912-13)**
- 132...IL MODELLO ATOMICO DI BOHR-RUTHERFORD (1913)**
- 133...L'IPOTESI ONDULATORIA DI DE BROGLIE (1924)**
- 133...LA MECCANICA QUANTISTICA NON RELATIVISTICA DI SCHROEDINGER (1925)**
- 133...IL PRINCIPIO DI INDETERMINAZIONE DI HEISENBERG (1927)**
- 134...LA SCOPERTA DELLO SPIN DELL'ELETTRONE (1927)**
- 134...GLI ESPERIMENTI DI DIFFRAZIONE CON ELETTRONI (1927)**
- 135...LA MECCANICA QUANTISTICA RELATIVISTICA DI DIRAC E L'IPOTESI DELL'ANTIMATERIA (1928)**
- 136...L'IPOTESI DEL NEUTRINO DI WOLFGANG PAULI (1930)**
- 136...LA SCOPERTA DEL NEUTRONE (1932)**
- 137...GLI STUDI DI ENRICO FERMI SUI NEUTRONI(1934-1938)**
- 137...LA SCOPERTA DELLA FISSIONE DELL'URANIO (1939)**
- 138...DALLE RICERCHE SUI RAGGI COSMICI ALLA FISICA DELLE ALTE ENERGIE**
- 139...LE PARTICELLE FONDAMENTALI DELLA MATERIA : QUARK E LEPTONI**
- 140...LE TRE GENERAZIONI DI QUARK E LEPTONI DEL MODELLO STANDARD**
- 142...LE FORZE FONDAMENTALI DELLA NATURA ED I VETTORI DI FORZA DEL MODELLO STANDARD**
- 145...INTERAZIONI DI QUARK E LEPTONI**

145...DAL MODELLO STANDARD ALLE TEORIE DELLA GRANDE UNIFICAZIONE

147...IL MODELLO STANDARD

148...LEPTONI

154...QUARK

160...I VETTORI DEI CAMPI QUANTISTICI

160...GLUONI:I BOSONI VETTORIALI DELL'INTERAZIONE SUBNUCLEARE FORTE TRA QUARK

161...LE LEGGI DELLA SINTESI CROMATICA PER IL CAMPO GLUONICO

163...PIONI:I VETTORI DELLA FORZA SUBNUCLEARE FORTE (INTERAZIONE RESIDUA) TRA NUCLEONI (PROTONE E NEUTRONE)

165...FOTONE:IL VETTORE DELLA FORZA ELETTROMAGNETICA TRA PARTICELLE DOTATE DI CARICA ELETTRICA

168...I BOSONI VETTORI PESANTI: MEDIATORI DEL CAMPO QUANTISTICO ELETTRODEBOLE

171...LE PRINCIPALI COMBINAZIONI ADRONICHE DEL MODELLO STANDARD

172...I PRINCIPALI MESONI

178...I PRINCIPALI BARIONI

182...MEMORANDUM

186...LE LEGGI DEL MONDO FISICO

186...LA PRIMA LEGGE DELLA DINAMICA (PRINCIPIO D'INERZIA DI GALILEI-NEWTON)

187...L'IMPULSO DI UNA FORZA E LA QUANTITA' DI MOTO DI UN CORPO

187...LA SECONDA LEGGE DELLA DINAMICA (LEGGE DI GALILEI-NEWTON)

190...LA TERZA LEGGE DELLA DINAMICA (PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE DI NEWTON)

191...LA LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE

192...LA LEGGE DI GALILEI SULLA CADUTA DEI GRAVI

193...IL PRINCIPIO DI RELATIVITA' DI GALILEO

194...IL PRINCIPIO DI EQUIVALENZA DI EINSTEIN TRA MOTI ACCELERATI E CAMPI GRAVITAZIONALI)

194...IL TEOREMA DELLE FORZE VIVE (TEOREMA LAVORO-ENERGIA)

197...ILPRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI MOTO

199...LA SECONDA LEGGE DELLA DINAMICA DEI SISTEMI MATERIALI IN MOTO ROTATORIO

203...IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DEL MOMENTO ANGOLARE

207...L'ATTRITO

208...LA RESISTENZA IDRODINAMICA

208...LA RESISTENZA AERODINAMICA

210...IL PRINCIPIO DI PASCAL

- 212...IL PRINCIPI DI ARCHIMEDE E DI STEVINO**
- 213...IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELLA MASSA**
- 214...LA PROPAGAZIONE DEL CALORE**
- 216...IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA ED I PRINCIPI DELLA TERMODINAMICA**
- 221...TRASFORMAZIONI DI CALORE IN LAVORO MECCANICO**
- 223...I CAMPI ELETTRICI**
- 226...IL LAVORO DELLE FORZE ELETTRICHE**
- 229...LE LEGGI DI OHM E DI JOULE**
- 230...I CAMPI MAGNETICI**
- 234...LA LEGGE DI AMPERE (TEOREMA DELLA CIRCUITAZIONE MAGNETICA)**
- 235...LA LEGGE DI FARADAY-NEUMANN (LEGGE DI INDUZIONE ELETTROMAGNETICA)**
- 237...FORZE ELETTROMAGNETICHE (DI LORENTZ) AGENTI SU CARICHE ELETTRICHE IN MOTO IN CAMPI MAGNETICI**
- 239...FORZE ELETTROMAGNETICHE AGENTI SU CIRCUITI ELETTRICI SOGGETTI A CAMPI MAGNETICI**
- 241...FORZE ELETTROMAGNETICHE (ELETTRODINAMICHE) AGENTI TRA CIRCUITI ELETTRICI**
- 242...L'ELETTROMAGNETISMO DI MAXWELL**
- 244...I CAMPI ELETTROMAGNETICI E LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE**
- 246...LE LEGGI DI RIFLESSIONE E RIFRAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE**
- 248...LA POLARIZZAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE**
- 249...L'INTERFERENZA DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE**
- 251...LA DIFFRAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE**
- 252...L'EFFETTO DOPPLER**

PREFAZIONE

Ho scritto questo libro, ispirandomi alla massima virgiliana "omnia vincit amor", con l'intento di sperimentare un nuovo approccio, forse gradevole, lo spero, alla conoscenza delle leggi che governano la realtà fisica, dal microcosmo popolato di quark, fotoni, gluoni ed elettroni, al macrocosmo delle stelle, dei buchi neri e delle galassie.

Le leggi fisiche, di norma espresse attraverso rigidi e nel contempo eleganti formalismi matematici, che ci fanno intravedere, nonostante siano trascorsi poco più di quattro secoli da quando Galileo fondò la scienza moderna, soltanto evanescenti barlumi di verità sulla logica impressa da Dio nello spazio-tempo universale, possono spesso ingenerare chiusura mentale, o addirittura immediata rinuncia in chi si accosti per la prima volta allo studio dei fenomeni della natura.

E' questo uno dei principali motivi di frattura, non insanabile a mio modesto avviso, tra le cosiddette "due culture", quella umanistica e quella scientifica, che altro non sono che facce della stessa medaglia, la cultura senza aggettivi, quella che ci riporta alla Grecia classica, *alma mater* del sapere universale.

Perchè allora non ricorrere alla forza universale dell'amore per superare la barriera di incomunicabilità tra il mondo della scienza e quello del vivere quotidiano in questi primi anni del terzo millennio, anni pur così pregni di tecnologie avanzate, che non sono scienza, ma sono figlie delle sue innumerevoli applicazioni, buone o cattive che siano?

La ricerca scientifica fondamentale, quella che deve essere costantemente e comunque sviluppata, a prescindere da quelle che possano essere le sue applicazioni tecnologiche, è, a differenza della tecnologia, un insopprimibile anelito dell'uomo, la forza vitale dell'Ulisse che si dovrebbe risvegliare in tutti, soprattutto nei giovani, pena il regresso culturale, tecnologico, economico e sociale.

Mi auguro che i percorsi d'amore, di scienza e di fede di Gianni e Giulia, due innamorati speciali, affascinati dai misteri dell'universo, che passeggiando traggono spunto dall'osservazione della natura per parlare in modo semplice delle leggi e dei misteri del Creato e ricondurre tutto all'infinito amore di Dio per l'umanità, possano comunicare al lettore tante piccole ma significative spinte per l'ampliamento del suo orizzonte di conoscenze scientifiche.

I

L'UNIVERSO SI ESPANDE *CONTINUERA' AD ESPANDERSI O IMPLODERA'?*

Gianni e Giulia si conoscevano da pochi mesi. Si erano incontrati alla mensa universitaria ed era quasi subito nato un feeling particolare che dava loro la sensazione di stare bene insieme. Frequentavano, rispettivamente, i corsi del quarto anno di fisica e del secondo anno di scienze naturali e s'incontravano spesso durante gli intervalli tra le lezioni. Avevano scoperto di avere entrambi una non comune curiosità per i fenomeni naturali.



Una sera di giugno, sotto un meraviglioso cielo stellato, seduti sulla spiaggia si lasciavano cullare dal ritmo della risacca, mentre i lunghi capelli biondi di Giulia, scompigliati da una complice brezza carica di odori amari, sfioravano il viso di Gianni, come per predisporlo a sensazioni più intense ed avvincenti.

I loro sguardi spesso si rivolgevano alle stelle, che rendevano ancora più magico l'incontro dei due ragazzi, isolandoli dal resto del mondo.

"Gianni, vedi quel punto luminoso che solca rapidamente il cielo?"

"Sì, Giulia, è una stella cadente."

Giulia, quasi in estasi pensando all'immensità dell'universo, cominciò a manifestare alcune curiosità:

"Gianni, che sensazioni suscita in te la visione di questo meraviglioso cielo stellato?"

"Penso all'immensità ed alla complessità del cosmo."

"Non ti suggerisce nient'altro?", soggiunse Giulia, "non pensi al Creatore di questo meraviglioso, eterno spettacolo naturale che ci fa sentire così piccini e sperduti nell'universo?"

"Giulia, eterno non direi, l'universo ha soltanto quindici miliardi di anni, dal momento del grande scoppio, il cosiddetto big bang da cui ebbe origine il Creato."

"E prima che Dio creasse l'universo, che cosa c'era?"

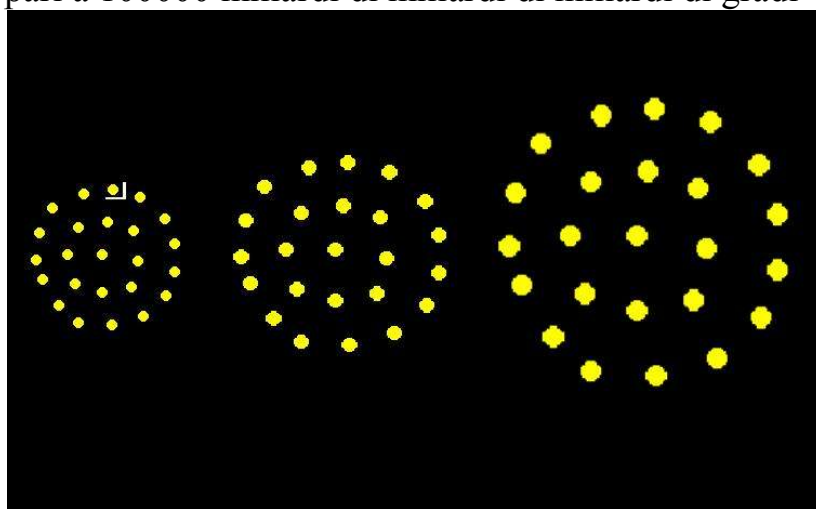
"Einstein ti avrebbe detto che prima del big bang non esistevano né lo spazio né il

tempo, non esisteva cioè il cosiddetto spazio-tempo, il *continuum* spazio-temporale che fa da substrato alle centinaia e centinaia di miliardi di galassie che oggi gli astronomi vedono allontanarsi da noi e dalla Via Lattea, la nostra galassia, a velocità straordinarie."

"Chi scoprì questo fenomeno?"

"L'espansione dell'universo, scoperta dall'astronomo americano Hubble nel 1929, diede lo spunto per la formulazione della teoria del big bang, la cui prima conferma sperimentale si ebbe nel 1965, quando Penzias e Wilson, due ricercatori della Bell Telephone Company, rivelarono l'esistenza della radiazione termica fossile, cioè di una radiazione cosmica residua del tipo di quella emessa da un corpo nero (assorbitore e radiatore ideale) alla temperatura di circa $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Questa radiazione è presente nell'universo attuale per effetto del continuo raffreddamento verificatosi a partire dal big bang, quando la temperatura, stimata dai cosmologi, era pari a 100000 miliardi di miliardi di miliardi di gradi".



**LA VELOCITA'DI ESPANSIONE DELL'UNIVERSO E'
DIRETTAMENTE PROPORZIONALE ALLA DISTANZA
TRA LE GALASSIE ($V = H D$ - LEGGE DI HUBBLE)**

"Quindi, Gianni, l'universo continuerà ad espandersi e raffreddarsi sempre più?"

"Proprio così, fino a quando le galassie, allontanandosi l'una dall'altra con velocità direttamente proporzionali alle distanze, lo faranno diventare sempre meno luminoso e sempre meno denso".

Quella magica quiete fu interrotta dal sopraggiungere di alcuni ragazzi schiamazzanti, che si accingevano ad accendere un falò.

Gianni, prendendo teneramente Giulia per mano, le propose di fare una passeggiata sulla spiaggia, ansioso di ricreare quella magica atmosfera che li aveva indotti a parlare di galassie e di big bang.

"Gianni, quando finirà di espandersi l'universo?"

"Pensa al lancio verticale di un corpo: per effetto della forza di gravità, la sua velocità diminuirà, fino ad annullarsi. Subito dopo il moto si invertirà, e la velocità aumenterà continuamente, finché il corpo non avrà raggiunto il suolo.

Se invece il corpo venisse lanciato con una velocità pari a quella di fuga dal campo di gravità terrestre ($40000\text{ km/h} \sim 11,11\text{ km/s}$), la sua velocità non si annullerebbe

mai ed esso sfuggirebbe per sempre all'attrazione terrestre.

Allo stesso modo, dopo il big bang, la bolla di massa-energia costituente l'universo iniziò ad espandersi, mentre l'attrazione gravitazionale, tendente ad aggregare la materia, rallentava maggiormente l'espansione degli strati più interni, soggetti ad un'attrazione maggiore per la minore distanza dal centro della bolla, rispetto a quella degli strati più esterni, facendo in modo che la loro velocità di fuga fosse direttamente proporzionale alla distanza dal punto in cui avvenne il big bang.

Secondo le attuali stime, lo stato finale dell'universo dipenderebbe unicamente dalla quantità totale di materia presente in esso: se ci fosse materia sufficiente per annullare la velocità di espansione, si dovrebbe verificare una fase di contrazione, tale da determinare il collasso dell'universo fino al cosiddetto big crunch (grande implosione), evento cui seguirebbe un successivo big bang, e poi un altro big crunch (universo ciclico). Se invece la quantità di materia non fosse sufficiente, se cioè la massa totale dell'universo fosse inferiore al valore critico necessario per fare implodere l'universo, questo si espanderebbe continuamente, diventando infinitamente grande e sempre più freddo. Purtroppo le misure della densità di materia universale non sono così precise da consentire l'elaborazione di previsioni molto attendibili, e pertanto non si può ancora dire, sulla base delle attuali conoscenze cosmologiche, quale tipo di evoluzione si potrà verificare, espansione continua o alternanze tra big bang e big crunch, cioè tra esplosione ed implosione".

"Che possibilità hanno i cosmologi di fare misure più precise della quantità totale di materia presente nell'universo?"

"Negli ultimi anni qualche importante risultato è stato ottenuto. Sistematiche osservazioni della velocità di rotazione dei bracci più esterni delle galassie a spirale, hanno indotto i cosmologi a ritenere che soltanto il 5% della materia dell'universo sia visibile o comunque rilevabile attraverso l'emissione di onde radio, raggi X o raggi gamma. La materia visibile, che è l'ordinaria materia barionica, costituita da protoni, neutroni ed elettroni, forma stelle, pianeti, satelliti, nubi di gas e di polvere cosmica. La massa mancante sarebbe costituita per il 25% da materia oscura (non barionica) e per il 70% da energia oscura. La materia oscura non emette alcun tipo di radiazione elettromagnetica, essendo priva di cariche elettriche.

L'ipotesi prevalente è che essa sia formata da neutrini o da particelle molto pesanti, ancora ignote, esotiche (WIMP: weak interacting massive particles), come le definiscono i fisici.

La presenza dell'energia oscura è stata dedotta da recenti misure (1998) della velocità di allontanamento (recessione) delle galassie. E' stata rilevata infatti una velocità di espansione dell'universo lievemente maggiore di quella calcolata tenendo conto dell'effetto rallentante della massa cosmica totale (sia visibile che oscura), come se agisse una misteriosa forza cosmica repulsiva tendente ad accelerare molto debolmente l'espansione."

"Quali potrebbero essere le conseguenze di questa debolissima accelerazione dell'espansione dell'universo?"

"E' semplice. L'universo si evolverebbe, sia pure molto lentamente, verso uno stato

finale molto meno denso e luminoso di quello corrispondente ad una velocità di espansione costante."

"Quindi, Gianni, la temperatura dell'universo diminuirà più rapidamente per effetto dell'accelerazione dell'espansione?"

"Proprio così, Giulia, finché, fra parecchi miliardi di anni, il cosmo diventerà completamente buio e la radiazione termica fossile non sarà più rilevabile, in quanto la temperatura media in tutti i punti dello spazio-tempo avrà assunto valori prossimi allo zero assoluto, che corrisponde alla minima energia possibile (energia del punto zero)".

"Mi sembra molto strana la presenza dell'energia oscura. Come è possibile giustificarla fisicamente?"

"Hai ragione, Giulia. In effetti il problema dell'energia oscura può essere ricondotto alla costante cosmologica che Einstein aggiunse alle sue equazioni del campo gravitazionale, prima che Hubble nel 1929 scoprisse l'espansione dell'universo.

L'artificiosa introduzione della costante cosmologica, che equivale in effetti ad una forza repulsiva tendente a contrastare l'azione attrattiva della gravità, fu effettuata da Einstein per spiegare la stabilità dell'universo, che altrimenti si sarebbe evoluto verso il collasso gravitazionale.

Dopo la scoperta di Hubble, che implicava l'esistenza di una velocità di espansione derivante dal big bang, Einstein si pentì tanto amaramente dell'introduzione della costante cosmologica, che la giudicò il più grande errore della sua vita. Oggi, dopo tanti anni, il termine cosmologico repulsivo, espulso dalla porta, è rientrato dalla finestra attraverso l'energia oscura, che viene interpretata fisicamente come un'energia associata a tutte le coppie virtuali di particelle ed antiparticelle che incessantemente si generano e si distruggono nel vuoto dello spazio-tempo, rispettando il principio d'indeterminazione di Heisenberg.

Si tratterebbe in sostanza di un'ulteriore, lentissima espansione dello spazio-tempo, che si aggiunge a quella dovuta al big bang, ed è causata dalle fluttuazioni quantistiche del vuoto; essa tende a bilanciare, con una lievissima prevalenza della repulsione, la contrazione dello spazio-tempo dovuta alla gravità.

L'esiguo valore rilevato per l'accelerazione dell'espansione dell'universo conforta questa interpretazione."

Giulia, assorta nell'ascoltare Gianni che parlava accarezzandole teneramente i capelli, sentì le note della suoneria del suo cellulare.

Erano papà e mamma che stavano in ansia e la sollecitavano perché tornasse presto a casa.

Avevano ragione di essere ansiosi; erano le tre del mattino ed erano rimasti svegli tutta la notte aspettando lei. Giulia cercò di rassicurarli dicendo che sarebbe presto rincasata. I due ragazzi si diedero appuntamento per il tardo pomeriggio dell'indomani presso la biblioteca dell'Università, e salutandosi, si baciaron appassionatamente.

II

NASCITA, EVOLUZIONE E MORTE DI UNA STELLA

LA GRAVITA', FORZA MOTRICE DELL'UNIVERSO, AGGREGA E COMPRIME LA MATERIA CREANDO LE CONDIZIONI FISICHE FAVOREVOLI PER LA NASCITA DI UNA STELLA

Gianni e Giulia si incontrarono in biblioteca alle 17. Mancava un'ora alla chiusura ed entrambi dovevano consultare il database delle riviste scientifiche.

Mentre Giulia trovò subito i riferimenti che le servivano, per Gianni la ricerca fu più laboriosa, poiché doveva leggere parecchi *abstract* e selezionare gli articoli più recenti da cui trarre riferimenti bibliografici per lo sviluppo della tesi, un lavoro molto impegnativo riguardante le teorie più avanzate sulla formazione, l'evoluzione e la morte delle stelle.

Era già tardi. Gianni decise di riprendere la ricerca il giorno dopo e propose a Giulia di andare a trovare alcuni amici astrofili, Roberto, Antonio e Daniela, che si riunivano spesso in una villetta isolata, in una zona collinare molto tranquilla e lontana dalle intense luci della città, per osservare comodamente gli astri.

Antonio e Daniela, entrambi grafici pubblicitari ventiseienni, si sarebbero dovuti sposare tra qualche mese, mentre Roberto, il proprietario della villetta, un brillante architetto trentenne, single, era più incline ad organizzare divertenti serate con gli amici, che a stabilire legami duraturi ed impegnativi con le donne; le sue storie sentimentali, non duravano infatti, in media, più di 5 mesi.

Gli amici astrofili, contattati in tempo utile da Gianni e Giulia, riuscirono comunque ad improvvisare una piacevole cenetta.

Dopo un breve scambio di battute su argomenti di vita quotidiana - lavoro, tasse, problemi di traffico ed amenità varie -, si trasferirono tutti in terrazza dove era stato sistemato un bel telescopio riflettore con focale di 1 metro, computerizzato.

Roberto e Daniela invitarono Gianni e Giulia ad avvicinarsi all'oculare per osservare i pianeti maggiori e qualche costellazione.

Giulia, leggermente miope, incontrava qualche difficoltà nel mettere a fuoco gli anelli di Saturno, ma con l'aiuto di Gianni riuscì a distinguerli e poté anche riconoscere facilmente alcune costellazioni; senonché, tornando a sedersi sentì cadere a terra la collana e la medaglietta che le erano state regalate da una zia materna in occasione della Cresima.

"Ecco, Giulia, ho recuperato i tuoi frammenti di stelle", disse Gianni, alzandosi dal pavimento su cui si era chinato.

"Grazie Gianni ... ma, scusami, non ho capito il senso della tua frase !"

"E' semplice, Giulia, se pensi che l'oro, l'argento ed il rame di cui sono fatti i tuoi gioielli si formarono all'interno di stelle che conclusero la loro evoluzione collassando in supernovae, molto tempo prima che si formassero il Sole, la Terra ed i pianeti."

"Gianni, questa storia è davvero interessante", disse Roberto, "ci vuoi spiegare come

sia potuto accadere ciò?"

"Se prestate un po' d'attenzione, cercherò di spiegarvi in sintesi come nasce, si evolve e muore una stella. ...