

**Brunello Tirozzi**

**Fisica Pour Parler**

*Alla fisica mi sono dedicato  
con un buon risultato. Ora  
rifletto sulla mia produzione  
con rispetto e umiltà  
e con lo spirito di un diavoletto*

## Probabilità zero

L'universo è uno spreco  
anche un cieco lo vede.  
E' un'inutile abbondanza  
di materia. La creazione  
è aleatoria, anche il calcolatore  
può generare un errore.

Dio non controlla l'esperimento  
fino all'ultimo dettaglio. Il creato  
è strapieno dei suoi tentativi.  
L'esistenza della popolazione  
è un evento di probabilità zero.

Nel dicembre 2015 è stata finalmente rilevata per la prima volta un'onda gravitazionale. E' così confermata la Relatività Generale di Einstein.

L'onda è creata da collisioni cosmiche di grande entità. Inizia un nuovo modo di esplorare l'universo lontano. Per mezzo dell'interferenza si misura la potenza dei più fatidici eventi astrofisici. Si installano antenne in diversi continenti. Si è vista l'onda generata dalla la collisione di due buchi neri.

E' emozionante poter osservare i fenomeni del cosmo distante. Per studiare le stelle cesseranno le guerre. Con una sigaretta a testa si organizzerà una bella festa

.

A chi vuole vedere dove cascano  
le pere gli si dice: attento, possono  
finire in un nido di vipere.

Meglio andare in un osservatorio  
con buone antenne gravitazionali  
e osservare lo scontro fra due ammassi  
di galassie. Un evento che libera  
un'energia pari a quella del big-bang.

E' più eccitante e terrorizzante  
del posto dei serpenti. E poi, finita  
l'osservazione, a tutti la colazione.

Di Carroll lo stregatto vive  
in un universo difficile: quando finisce  
l'espansione inizia la contrazione.  
Il creatore per dispetto ha scelto  
una curvatura spaziale positiva  
al momento iniziale.

Alcuni famosi esperti di fisica delle particelle pensano: se le dimensioni dello spazio sono dieci, una particella può entrare in un mondo sconosciuto uscendo dal fascio di alta velocità creato negli acceleratori.

Allora ci si chiede: se più non la si vede non sarà andata a cercare compagnia?

Per la legge di Hubble noi vediamo una stella allontanarsi con una velocità proporzionale alla distanza fra noi e l'astro.

Per via dell'espansione dell'universo raggiungerà una velocità maggiore della luce. In quel momento più non vedremo le stelle.

Per colpa di Hubble non ne rimarrà uno scampolo.  
E tutti andremo sulla riva del mare a mangiare frittelle.

Un sistema solare in formazione  
può essere ostacolato dalle vicine stelle.  
Lo mostra una foto della NASA.

I gas, le rocce, i materiali sono distrutti  
dalle radiazioni dei corpi celesti circostanti.  
Il povero sistema non può crescere.

Dobbiamo essere ben lieti  
della nascita dei nostri pianeti.

Il bello della teoria è: partire dai principi generali  
per spiegare i fenomeni particolari.  
Per il teorema di Laplace  
date la condizione iniziale  
e la condizione al contorno  
esiste ed è unica la soluzione  
del problema parabolico.

Si poteva così determinare  
la traiettoria di tutto l'universo.  
Una bella fantasia presto spazzata via  
Il calcolo è troppo complesso  
nemmeno Dio è riuscito a risolverlo.

Eppure ugualmente è nato l'universo.  
Dio ha creato lo stato iniziale  
che determina tutto  
per il teorema di esistenza e unicità.

Nella prima esplosione si è creata un'intensa radiazione che scaldava la materia. Per formare i corpi celesti era necessario che la materia ordinaria si raffreddasse. Accanto si generò una componente di materia invisibile. Più velocemente si è condensata attraendo la materia incandescente.

Le galassie sono nate circondate da un alone di materia sconosciuta.

E' la materia oscura.

Tutti i sistemi della natura  
sono costituiti da componenti  
elementari facilmente descrivibili.  
Ma i piccoli elementi fra loro interagenti  
rendono l'energia del sistema  
una formula con numerose incognite.  
Anche se gli atomi sono ordinati  
è difficile calcolare le quantità osservabili.

L'infinita quantità dei componenti  
crea la complessità della materia.

Se l'onda gravitazionale di poco  
fa oscillare la distanza spaziale  
solo un nanetto potrebbe  
sentirne l'effetto.

## **L'universo lontano è a portata di mano**

Il plasma interstellare è il costituente fondamentale dell'universo. Si cerca di descriverne le proprietà usando una teoria molto complessa.

Però è un duro cimento se in versi tratti l'argomento.

Se in Così fan tutte Da Ponte del Messmerismo o del magnete parla anche io posso provare.

Discorrere liberamente delle scoperte della mente è una bella avventura che non fa paura.

L'energia del sole è creata dal plasma  
solare mediante la fusione nucleare:  
una sorgente pulita che evita l'enfisema.

Per realizzarla sulla Terra  
ciascun fisico faccia un sacrificio  
e non si fissi sul suo ufficio.

Il tokamak, lo spheromak, Iter  
Ignitor e altre macchine simili  
sono state inventate per la fusione.

Ancora non si sa quale plasma  
creerà l'energia solare  
in modo permanente.

Vincerà la scelta che più utile sarà  
al popolo afflitto ora derelitto.

Ogni tanto dal sole e dalle lontane  
stelle escono piccole fiammelle.  
Sembrano baffetti ma sono  
getti di gas incandescente.

Dal sole esce così un flusso  
pericoloso di particelle veloci.  
Non c'è una spiegazione  
convincente. Ma il plasma di laboratorio  
emette filamenti con analoghi segmenti.

E' veramente esaltante riprodurre  
nel nostro ambiente in piccola scala

l' esplosione di una stella distante.  
L'universo lontano è a portata di mano.

Nel plasma ionizzato talvolta  
compaiono alcune zone chiuse.  
Il contorno è limitato dalle linee  
di campo. Sono le isole magnetiche.

Nel vento solare ne compare una  
come una nuvola in mezzo al mare.  
ha dimensioni impensabili pari  
a 300 volte il diametro terrestre.

Non minaccia l'atmosfera come  
la *nuvola nera* perché i poli  
magnetici deviano l'invasione  
del flusso di cariche di elettriche.

E' un'altra manifestazione  
della *felice combinazione*.

Il plasma è un gas di particelle  
cariche. Per portarlo alla fusione  
lo si irraggia con onde elettromagnetiche  
o si genera una scarica elettrica.  
Ma si creano prodotti inquinanti  
che possono interrompere la reazione.

E' come se l'eccitazione avviasse  
il processo, ma per la complessa interazione  
qualche volta lo abbandonasse.

In analogia con la nascita  
della poesia. Qualche volta  
l'ispirazione dà inizio a un poema  
e poi ti lascia per la via.

## La metrica dello spazio

Einstein e Mach conclusero  
che la Terra non è un sistema isolato.  
Non si possono studiare i moti  
che avvengono sul pianeta ignorando  
l'influsso delle masse stellari.

Al Polo Nord passa l'asse  
di rotazione della Terra dove  
non esiste la velocità angolare.  
Il piano del pendolo  
non dovrebbe ruotare.  
Invece segue il moto delle Galassie.  
Questo è il trascinamento inerziale.

Fu così formulato il principio  
fondamentale della Relatività Generale.  
Ogni sistema è influenzato  
dal moto dei corpi celesti.

La densità di energia dell'universo  
è quasi uguale a uno.  
Lo spazio diventa quasi piatto  
la metrica è quasi euclidea.

All'estremo dell'Universo  
appare un movimento inaspettato.  
Le galassie si allontanano  
con un moto accelerato.  
L'attrazione della massa centrale  
dovrebbe diminuirne la velocità.

Non si sa quale tipo di forza  
generi il fenomeno. E' l'energia oscura.  
Forse è l'energia del vuoto.

Ogni densità è stata stimata.  
La materia visibile al 5%  
la materia oscura al 25% .  
Ma da quale teoria fisica discende  
la percentuale del rimanente 70%?

La Fisica non si accontenta  
di una misura sperimentale  
ha bisogno di una teoria generale  
che spieghi il numero trovato.

Niccolo' Fontana, detto Tartaglia perché balbuziente, matematico ( Brescia forse 1499, Venezia 1557), trovò la formula risolutiva dell'equazione cubica dimostrata successivamente da Girolamo Cardano.(Pavia 1501, Roma 1576).  
Tartaglia scrisse in rime la sua formula:

Quando chel cubo con le cosa appresso  
-se eguaglia a qualche numero discreto-  
trovan due altri differenti in esso.  
Dappoi terrai questo per consueto  
-che il lor prodotto sempre sia uguale-  
al terzo cubo delle cose neto.  
El residuo poi suo generale  
-delli lor cubi ben sottratti-  
varrà la tua cosa principale.

L'equazione dell'energia oscura

L'incognita cercata è la radice quadrata della densità dell'energia oscura.

Partendo dalle ipotesi dei versi precedenti, usiamo la metrica dello spazio formulata da Friedmann-Lemaitre e il corrispondente modello cosmologico.

L'equazione postulata è l'iperbolica tangente dei 3 "mezzi" dell'incognita uguale a se stessa. La soluzione coincide con la misura dell'energia oscura.

Una teoria elegante che spiega un importante risultato sperimentale.

.

## **Equilibrio indifferente**

Se andando di fretta in bicicletta  
togli le mani dal manubrio  
si mantiene l'equilibrio  
perché si conserva  
la direzione dell'asse di rotazione.

Sono caduto in una buca  
di potenziale al minimo  
dell'energia vitale. Ho calcolato  
la velocità necessaria per uscire  
da questa condizione deprimente.  
Una volta fuori son tornati gli odori  
e i colori. Ero di nuovo contento.

Numerose sono le onde del mare  
ma sono difficili da capire.  
Meglio nella tempesta non finire.  
Un fenomeno non lineare  
che non si risolve esattamente  
ma l'approssimazione non è scoraggiante.

Senza l'attrito non si muove un dito.  
Ma se con poca forza ci muoviamo  
dopo un po', ahimè, ci fermiamo.

Una forza lineare genera un'oscillazione periodica: il moto armonico, le onde acustiche e le onde elettromagnetiche. Ma se la spinta non è lineare allora si ha una complessa struttura di orbite regolari che si alternano con moti caotici ovunque densi.

Dicono: Dirac ha inventato  
una bella equazione e avevano  
ragione. Ma non è un acquerello.

Con una formula ha descritto  
l'elettrone. Con pochi simboli  
si capiscono mondi invisibili.

Si attiva la fantasia  
come quando in un bel verso  
si vede tutto l'universo.

Un pianeta di un sistema solare  
compie le sue orbite descritte  
da tre semplici formule. Anche  
le umane passioni obbediscono  
a tre pulsioni elementari.  
Amare, odiare, dominare.

## Meccanismi Elementari

Sono un drago con i neuroni  
per gli studenti un mago.

Ho risolto i modelli della  
memoria con la meccanica statistica.

Ampiamente ho diffuso questa  
scienza fra la gente.

Le reti neuronali creano  
emozioni, pensieri, piaceri  
attenzione e depressione.

I meccanismi elementari  
sono abbastanza noti.  
Un vero mistero rimane  
la genesi del pensiero.

Le conoscenze attuali non sono sufficienti  
a capire le trasformazioni degli impulsi  
elettrici nelle umane attività.

I milioni non si guadagnano  
con le reti di neuroni. Ma se  
se si trascura la ricerca non  
sveleremo il funzionamento  
della memoria e le disfunzioni  
cerebrali si aggraveranno.

Invece di star bene  
resteremo nelle pene.

Aiutare chi sta male è un dogma morale

Se un neurone è danneggiato, i vicini da bravi soldati, aiutano il compagno avariato a trasmettere l'impulso bloccato.

Bisogna proprio dire che la nostra rete cerebrale non è niente male.

Un tempo serviva a rilassare  
I buontemponi. E la giornata passare.

Ora che la Cannabis cura i malanni  
è diventata una proteina da studiare.

Quando non si sapeva niente  
era molto più divertente.

Con la macchina di Turing  
si sconfisse il Grande Nemico  
ma al tiranno dell'industria  
se non c'è un rapido valsente  
niente gli importa. Solo  
gli piace il suono dei din-din.

Si è scoperto studiando i tracciati dei neuroni attivati che, ascoltando Mozart più spikes sparano di quando si sente la ben nota Per Elisa.

Ma se un milione di volte viene eseguita quale sinapsi può esserne eccitata?

Alcuni ingegneri hanno isolato  
I segnali elettrici del cervello  
che comandano il moto degli arti.

Una protesi artificiale riceve il segnale  
e sostituisce il movimento naturale  
che l'infermo sfortunato non può più fare.

E' un degno avanzamento della scienza.

Trovare un programma facile da usare  
è come cercare un ago in un pagliaio.  
E' un anatema modificare un file di sistema.

Si sono formati gruppi internazionali  
dedicati a risolvere gli intricati capricci  
di MiKTeX, Ubuntu, Linux, Windows.  
Chi ci ha provato consiglia: evitare.

Aggiornare un sistema operativo crea non poca apprensione.

Nei manuali trovi strani simboli da te lontani. Se il programma da internet hai scaricato un ospite indesiderato entra nel computer: un formidabile antivirus potente come un sommergibile che non blocca niente.

Alla fine il calcolatore si è riempito di un software che non avevi cercato subito te ne devi liberare se non vuoi un contratto di un inutile programma.

Ti devi ben organizzare per installare nuovi files.

A Gianni Caruso.

*Non recidere, forbice, quel volto,  
solo nella memoria che si sfolla*  
E. Montale

Che la forbice non tagli  
l'immagine delle persone  
care. Ma la nostra memoria  
non è così micidiale.

E' simile al palinsesto dei monaci antichi.  
Poche erano le tavole su cui scrivere.  
Le nuove frasi venivano impresse sulle vecchie  
dissolvendole. Le sinapsi dei neuroni  
sono le tavole della nostra memoria.  
Il palinsesto ci difende dal crash delle troppe nozioni.

L'amore per i nostri cari  
metterà sempre  
in cima la loro immagine  
quando arrivano  
le nuove informazioni.

A Giulia Napoleone.

La memoria è l'insieme di miliardi di bit zero o uno. Giulia li ha dipinti uno per uno. Il quadro è un raffinato reticolato con sfumature di colore.

Il colore più intenso è +1  
Il colore meno intenso è 0.  
La macchia scura è uno stato della memoria. Nella ricerca dell'informazione il cervello cambia i valori dei bit memorizzati.

La figura si sposta finchè non si arresta sull'informazione cercata. L'attività cerebrale consuma energia vitale.

# Elogio della Memoria

Le unità elementari  
del sistema nervoso  
sono fra loro legate  
in modo tortuoso.

Da un nodo eccitato  
parte una corrente  
elettrica che scorre  
come un torrente.

I nodi della rete moltiplicano e ritrasmettono  
il segnale coinvolgendo il vicinato.  
Comincia l'eccezionale avventura  
del sistema nervoso centrale.

La grande connessione fra le unità del cervello  
è una struttura imponente.  
Ignorata dalla gente realizza le nostre facoltà.

Come potrebbero i singoli elementi  
creare l'immaginazione, il pensiero  
i sentimenti e i ragionamenti?  
E' l'azione coordinata di 10 miliardi di neuroni.

Il cervello è un insieme di unità agenti in parallelo.  
Per effetto del multitasking  
si ha uno scambio di segnali  
fra le sue parti elementari  
intenso come quello di una città.

Si crede che la memoria sia concentrata nell'ippocampo.

Ma per una parola perduta  
e poi ritrovata si accendono  
unità di diverse altre zone.

Se si ricorda una melodia anche parti  
della corteccia uditiva. E meglio va  
con le parole che più eccitano i chip neuronali.

La conoscenza è basata sulla regola di Hebb.  
Si rinforzano le sinapsi che collegano i neuroni  
coinvolti per la stessa informazione.

Crescono la capacità  
intellettiva e la memoria.  
Si comincia sin dalla nascita.

Il nostro sistema cerebrale  
agisce in modo quasi uguale  
alla memoria e alla CPU di un calcolatore.

La CPU , Central Processor Unit, è analoga al cervello  
ma ha un numero inferiore di collegamenti.  
Le nostre funzioni sono superiori. Nella mente  
i dati e la CPU non sono separati.

Il calcolatore dà una risposta estraendola dai bits  
- quanti di informazione- dell'unità di memoria.

Nella mente la rete delle unità  
cambia accendendo e spegnendo  
le sue zone fino ad arrivare ad uno stato  
che corrisponde all'informazione.  
Al concetto da noi desiderato.

Si ha la perdita della memoria quando qualche gruppo di neuroni va in avaria creando un blocco delle comunicazioni. È il segno della malattia cerebrale. Per curarla si deve agire su zone diverse.

Combattere un nemico che sta dietro ogni angolo.

L'aumento dell'attività degli altri neuroni può compensare il danno. Se un impulso elettrico non passa per certe fibre quelle vicine aiutano la trasmissione della corrente.

Il sistema neuronale in qualche misura riesce da solo ad aggiustarsi.

Le informazioni sono trasformate in codice binario una successione di 0 e 1 –bits- per essere messe nel data base dei ricordi .I bits non sono indipendenti sono tutti interagenti perché collegati da un intricato reticolato di piccolissimi fili. In un millimetro quadrato di corteccia cerebrale ci sono 8 km di connessioni. Quando un neurone va in uno stato eccitato viene indicato con uno, se è quiescente con zero. Nel primo caso emette una corrente che fluisce nel reticolato stimolando gli altri neuroni mediante un complicato processo chimico-fisico.

Così si sposta la  
macchia scura  
dei neuroni attivi  
nella ricerca dei ricordi.  
Nel reticolato ci sono gli stati di memoria.

Quando un pattern è riconosciuto  
l'energia totale del circuito cerebrale  
raggiunge il minimo  
dell'energia vitale del sistema.  
Si è raggiunto un punto di equilibrio.

In continuazione dobbiamo  
contrastare la confusione.

Se si cerca un nome  
ne troviamo un altro  
un volto ci sembra noto  
non ci ricordiamo  
a chi è associato

.  
Il disturbo è generato  
dalle troppe informazioni  
che abbiamo depositato.

Un buon modello del cervello  
mostra che le nozioni (patterns)  
sommandosi formano  
un rumore aleatorio  
ostacolo all'emergere dei ricordi.  
Un rimedio è azzerare  
le memorie inutili.

Se il numero dei patterns  
supera una certa percentuale  
del numero totale dei neuroni  
non si riconosce nulla.  
Non è perfetta  
la memoria associativa

Bisogna pensarci  
a inserire i dati  
nel sistema cerebrale.

Il riconoscimento  
dei virus da parte dei cloni  
del sistema immunitario  
può avere un decadimento.

Il sistema di difesa  
dai nemici esterni  
ha una memoria  
simile alla mente.  
I linfociti riconoscono  
Il piccolo organismo  
pericoloso confrontandolo  
con quelli conosciuti.

Il processo è disturbato  
dal sapere accumulato.  
La mente sbaglia un nome  
ma l'errore della nostra difesa  
genera pericolose malattie.

Il piccolo corpo intruso  
è assalito dall'esercito dei linfociti  
le cellule aiutanti riconoscono il pericolo  
attivano i loro agenti  
i B neutralizzano la cellula nemica  
i killer T la distruggono.  
Ogni agente o clone viene  
replicato per aumentare l'armata  
che si oppone all' invasore.  
Gli aiutanti distruggono i cloni quando è finita la battaglia.  
La produzione dei cloni non è deterministica  
se ne rimangono troppi  
questi possono attaccare  
le altre cellule del sistema immunitario.  
Sono le malattie autoimmuni  
gli amici diventano nemici.  
Il sistema immunitario perde la memoria.

Per gli yogin il cervello è una scimmia  
il pensiero lasciato a se stesso  
raccolge immagini e ricordi  
come il mare agitato lascia  
sulla spiaggia gli oggetti più disparati.

Nei sogni vediamo persone e luoghi  
Ignoti, come lo spieghiamo?  
La ricerca dei ricordi è dominata  
dall'evoluzione del circuito cerebrale.  
La componente casuale crea informazioni  
spurie che non provengono dall'esterno.

L'insieme dei punti fissi della memoria  
forma una componente aleatoria.  
L'inconscio è il gruppo delle informazioni  
create dal rumore delle memorie coscienti.

Come in un giardino ornato da belle piante  
disposte in modo ordinato i semi  
portati dal vento, generano  
alberi sparsi disordinatamente.

Distribuito nella rete come  
la memoria cosciente l'inconscio  
non è concentrato in nessuna  
parte del sistema nervoso centrale.

Le immagini scompaiono e ricompaiono in continuazione.

Il rapporto fra queste due realtà determina  
lo sviluppo mentale dell'umanità.

Se dobbiamo trovare un' informazione  
o risolvere un'equazione si mettono in moto  
la CPU e l'unità di memoria. Diversamente  
dal computer tutti gli elementi sono mischiati.  
Partono i segnali di attivazione.

L'evoluzione si arresta se si arriva alla soluzione  
o all'informazione cercata. Secondo la matematica  
dei sistemi complessi possono verificarsi tre casi.

Si arriva alla soluzione  
con una certa soddisfazione.

Il sistema gira intorno alla soluzione  
senza mai arrivarci.  
Noia e angoscia.  
Si continua a provarci.

La mente erra per altre idee senza mai arrestarsi.  
Nello spazio dei concetti compie una traiettoria  
che passa vicino a tutti i punti.  
È il moto dell'attrattore strano.

# La grande famiglia

Saltano gli uccelli sui rami  
vicini e allegri come bambini.

E' difficile capire il segnale  
che li fa partire e volando  
nello spazio generare le figure  
strane che cambiano in ogni istante  
rimanendo connesse.

E' una transizione di fase da un moto  
disordinato a uno fortemente ordinato.  
Come nella Meccanica Statistica.

Sono affascinato dal misterioso  
richiamo dell'usignolo.  
Per un incomprensibile fenomeno  
del suo sistema nervoso centrale  
canta la sua melodia di notte  
in primavera. Vorrei cercarlo  
ma sta nel folto dei rami al buio.  
Non c'è speranza di trovarlo.

Cosa lo ispira a cantare  
in mezzo a una folta macchia  
nella totale oscurità?

Si nasconde perché la natura  
sa che gli invidiosi del bello  
potrebbero ucciderlo.

Nel suo canto non ci sono  
due frasi uguali  
sono tutte originali.

Non solo il buco nero è un mistero  
per la scienza. Non ancora  
si capisce la migrazione degli uccelli .

Stanno in molti a cinguettare  
poi in un istante partono tutti quanti insieme.  
Se nessuno comanda e non possono parlare  
quale è il segnale della partenza?

Muovendosi velocemente, stando vicini  
si urtano continuamente. Quando gli urti  
superano la soglia si leva  
in volo la grande famiglia.

Chi ordina agli uccelli di raccogliersi  
su un solo albero? Come sanno  
che la soglia è superata se non contano  
il numero degli urti? La soglia è uguale per tutti?  
Perché in volo rimangono sempre uniti?

Si dice: è l'istinto. Invece  
è un preciso meccanismo neuronale.

Come mai gli uccelli in volo  
vanno in formazione seguendo  
la stessa direzione? Non sono  
certo lo stuolo di una potente  
compagnia né dispongono di chip  
che conservano i numerosi dati  
necessari allo spostamento.

Se è un meccanismo automatico  
è più complesso di un qualsiasi ragionamento.  
E' l'effetto del learning neuronale?  
Però il calcolo potrebbe errare  
e per loro finirebbe male.  
Forse i loro piccoli neuroni  
sono guidati dal vento  
come gli aquiloni.

Mentre velocemente mi spostavo  
in una pianura attraente  
ho incrociato una nuvola di uccelli  
pronti per la migrazione.

L'insieme continuamente si allungava  
e si accorciava come sotto l'azione  
di una trasformazione omotetica della geometria.

Quando gli uccelli hanno realizzato  
che mi ero troppo avvicinato e potevo  
interrompere la loro compattezza  
un gruppo è partito con la velocità  
di un aereo militare. Al momento giusto  
mi fermo per rimanere vivo nel creato.

Le sezioni di questo libro corrispondono a diversi rami della fisica. Nella prima si trattano i temi dell'astrofisica, del big bang, della materia oscura, delle onde gravitazionali, dell'espansione dell'universo, della complessità dei sistemi macroscopici. La seconda sezione è dedicata al plasma, un gas di particelle cariche elettricamente. Questo argomento riguarda l'energia derivante dalla fusione controllata ma si interseca di nuovo con l'astrofisica perché l'universo è composto in gran parte dal plasma. La terza sezione riguarda i fenomeni meccanici e ondosi più alla portata della nostra esperienza quotidiana ma non per questo meno importanti. La quarta sezione tratta i problemi dei neuroni del genere umano e delle loro funzioni. La quinta sezione è la spiegazione neuronale della memoria e del suo funzionamento basandosi sulle Proprietà dei neuroni. La sesta è l'osservazione dei comportamenti degli uccelli e di come si può cercare di capire le loro misteriose funzioni usando un linguaggio neuronale, con la conclusione che anche con questo linguaggio si pone il problema in termini più precisi ma che ci sono molte cose oscure. L'ultima poesia è dedicata al profondo cambiamento nella fisica moderna creato dalla rilevazione diretta di un'onda gravitazionale. L'esperimento è stato premiato molto rapidamente con il premio Nobel della fisica.

p.5

La misura delle onde gravitazionali avviene usando antenne situate a grande distanza fra loro, anche su continenti diversi.

p. 7

L'universo si può espandere e poi contrarsi, oppure solo espandersi. Dipende dalla curvatura iniziale dello spazio. Carrol è l'autore di Alice nel paese delle meraviglie.

p. 8

Secondo la teoria delle stringhe lo spazio fisico può essere di 26 dimensioni o 10. Non è stato provato nulla del genere, ma qui ci si riferisce ad una di queste dimensioni anomale.

p. 9

Secondo la legge di Hubble noi vediamo una stella allontanarsi con una velocità proporzionale alla distanza da noi e la stella. Dato che l'universo è in espansione ad un certo momento i corpi celesti si allontaneranno da noi con una velocità superiore a quella della luce e non potremmo più vederli.

p.10

La formazione di dischi di materia da cui nascono i sistemi planetari avviene molto comunemente. La foto della NASA si riferisce alla costellazione di Orione (<http://apod.nasa.gov/apod/ap010504.html>, APOD 2001, 4 maggio, APOD: astronomical picture of the day). In questi dischi si accumulano gli elementi necessari per la formazione dei pianeti. Ma la radiazione ultravioletta fortissima proveniente dalle vicine stelle della costellazione distrugge questi dischi impedendo la nascita dei pianeti.

p.12

E' stato pubblicato recentemente un articolo che mostra delle misure dirette della materia oscura in un cristallo. L'articolo si può scaricare dall'indirizzo arXiv:1509.01515v2 [astro-ph]CO] 12 Feb 2016

Pag. 18

Lo spheromak e il tokamak, Iter, Ignitor tipi diversi di macchine per la fusione nucleare.

Pag. 19

Si parla dei flares, giganteschi getti di gas ionizzati incandescenti emessi dalle stelle durante la loro attività

p. 20

le isole magnetiche sono delle zone chiuse che compaiono nel plasma come effetto del campo magnetico.  
La Nuvola Nera è un romanzo di fantascienza dell'astronomo e cosmologo britannico Fred Hoyle nel 1957.

p.25

Il risultato è stato mostrato nel lavoro di O. Gron, T. Jemterud, An interesting consequence of the general principle of relativity, Eur. Phys. J. Plus (2016), 131:91

p. 26

Ci si riferisce alla legge di conservazione del momento della quantità di moto

p. 30

L'oscillazione periodica è quella dell'oscillatore armonico

p. 32

Le tre equazioni sono l'equazione della dinamica proiettata sui tre assi cartesiani.

p. 37

Turing costruì un calcolatore durante la seconda guerra mondiale che era in grado di decifrare i messaggi segreti delle armate naziste.

p. 38

Alcuni studi statistici dimostrerebbero che l'ascolto di Mozart sviluppa alcune funzioni cognitive. Alcune immagini del cervello mostrano che molti più neuroni sono eccitati quando si ascolta Mozart rispetto a quelli eccitati quando si ascolta per Elisa. I neuroni si scambiano segnali elettrici in continuazione. I segnali si propagano lungo delle fibre che partono da ogni neurone ed arrivano agli altri. Il punto di arrivo di queste fibre è la sinapsi. Quando arriva il segnale elettrico la sinapsi si apre e permette il passaggio del segnale.

p.39

Esistono delle protesi che possono interpretare ed eseguire i segnali neuronali. Lo studio dei segnali è stato fatto mettendo degli elettrodi nella corteccia cerebrale di alcune scimmie. Il gruppo è costituito da ingegneri, fisici, medici.