

Liceo Scientifico Statale “E. Majorana” – Rutigliano

Delvecchio Ivan

Classe V C

“IN VIAGGIO VERSO L’ INFINITO”



TRA SENSO E NONSENSO

“C’è un concetto che corrompe e altera tutti gli altri. Non parlo del Male, il cui limitato impero è l’Etica: parlo dell’Infinito”

J. L. Borges, Otras Inquisiciones

Indice

Filosofia

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Da Pitagora a Euclide | 4 |
| 2 | L'infinito nel meccanicismo di Galilei | 5 |
| | 2.1 Il Paradosso dei quadrati | |
| | 2.2 Il Paradosso della Ruota | |
| 3 | Il criticismo kantiano | 7 |
| | 3.1 L'infinito sul piano teoretico: la ricerca del vero | |
| 4 | Kant e Galilei | 8 |
| | 4.1 L'infinito sul piano etico: la ricerca del Sommo Bene | |
| | 4.2 L'infinito sul piano del sentimento: il Sublime | |
| 5 | Il Romanticismo | 11 |
| 6 | L'idealismo hegeliano | 12 |
| | 6.1 L'apriori | |
| | 6.2 La legge dialettica | |
| | 6.3 "La fenomenologia dello spirito" | |
| | 6.4 Il momento soggettivo: la Fenomenologia | |
| | 6.5 L'infelicità esistenziale | |
| | 6.6 La ragione | |
| | 6.7 La filosofia della storia | |
| | 6.8 Lo Stato etico | |
| | 6.9 I limiti del pensiero filosofico dal meccanicismo all'idealismo | |

Letteratura Italiana

| | | |
|---|--|----|
| 7 | Il paradiso nell'infinito leopardiano | 17 |
| 8 | L'Infinito del "fanciullino" nel Simbolismo pascoliano | 19 |

| | | |
|------------------------------|--|----|
| 9 | L'Infinito nell'Umorismo pirandelliano | 20 |
| 9.1 | Il coraggio della coscienza ne "Il fu Mattia Pascal" | |
| Letteratura Inglese | | |
| 10 | Samuel Beckett | 22 |
| 11 | The Theory of Absurdity | 22 |
| 11.1 | Beckett's absurd characters: "Waiting for Godot" | |
| 11.2 | The real main theme | |
| 11.3 | The new sight of the audience | |
| 12 | The Theatre of Absurd | 26 |
| 12.1 | The Theatre of Absurd and the Sophists | |
| 12.2 | The role of Beckett's absurd man | |
| Matematica | | |
| 13 | I livelli di Infinito | 28 |
| 13.1 | Ipotesi generalizzata del Continuo | |
| 13.2 | L'Assioma della Scelta | |
| 13.4 | I "Principia Matematica" | |
| Geografia Astronomica | | |
| 14 | La teoria del Big Bang | 32 |
| 15 | Le due Teorie dell'universo inflazionario | 33 |
| 15.1 | La Teoria Standard | |
| 15.2 | La Teoria dell'Universo a Bolle | |
| 16 | L'età dell'Universo | 36 |
| 16.1 | La formazione delle stelle | |
| 16.2 | La radiazione cosmica di fondo | |
| 16.3 | Ammassi globulari e sorgenti radio quasi stellari (QUASAR) | |
| 16.4 | I buchi neri | |
| 17 | Teorie sull'evoluzione e sul destino dell'Universo | 41 |

| | | |
|---------------|--|----|
| 18 | La materia oscura | 42 |
| Fisica | | |
| 19 | La Relatività Ristretta | 44 |
| | 19.1 Conseguenze | |
| 20 | La Relatività Generale | 45 |
| | 20.1 L'intuizione di Einstein | |
| | 20.2 Caratteristiche | |
| | 20.3 Conseguenze | |
| 21 | L'ipotesi risolutiva: l'Universo parallelo | 48 |
| Storia | | |
| 22 | La guerra di Einstein | 49 |
| | 22.1 La bomba atomica | |
| | 22.2 La "guerra fredda" | |
| | 22.3 Il "Manifesto Russel-Einstein" | |
| | Glossario | 59 |
| | Bibliografia | 62 |

FILOSOFIA

Il lungo cammino dell'uomo verso la scoperta e la conquista dell'infinito coincide con l'acquisizione della complementarità tra due concezioni di esso: l'infinito Potenziale, “negativo”, senza una fine e irrimediabilmente aperto e l'infinito Attuale, “positivo”, perfetto e chiuso, perché atto legittimo concepito dalla mente umana.

Il primo lo si può immaginare come qualcosa in libera crescita, sempre più grande dell'ultima pensata. Se questa fosse un numero, aggiungendo altri numeri, essa aumenterà sempre, ma non potrà mai raggiungere l'Infinito.

Il secondo, invece, lo si concepisce come già esistente nella sua infinità: ad esempio, immaginando un numero enormemente grande e in continua, libera crescita, esso sarà sempre al di sotto dell'Infinito pensabile. Quest'ultimo prenderà il nome di Infinito Attuale.

L'unione di queste due concezioni rappresenta, invece, l'infinito Assoluto (o “apeiron”, illimitato), che, negli albori della conoscenza è stato sempre evitato, in quanto generava problemi irrisolvibili: i cosiddetti “paradossi”.

1. Da Pitagora a Euclide

VI secolo a.C.: Pitagora scopre i numeri irrazionali, ovvero che hanno bisogno, per essere espressi, di una sequenza infinita di numeri dopo la virgola. Infatti:

$$\sqrt{2} = 1,41421356.....$$

V secolo a.C. : Zenone scopre qualcosa di incredibile sul più semplice di tutti i numeri interi: il numero “uno”. Sommando un mezzo, un quarto, un ottavo, un sedicesimo, un trentaduesimo, un sessantaquattresimo, e così via fino all'infinito, si ottiene “uno”. E' da questa formula che deriva il famoso paradosso: “Achille e la Tartaruga”, che segue sotto:

“Achille corre dieci volte più velocemente della tartaruga, ma le dà un margine di vantaggio di dieci metri: se dall'inizio della corsa Achille percorre dieci metri, la Tartaruga ne fa uno; se Achille percorre quel metro, la Tartaruga farà dieci centimetri; se Achille percorre dieci centimetri, la Tartaruga ne farà solo uno, e così via fino all'infinito”. Il paradosso consiste nell'impossibilità per Achille di raggiungere la Tartaruga: si deduce che uno spazio, seppure limitato, risulta infinitamente divisibile.

III secolo a.C.: Euclide riesce a dimostrare che non può esistere il più grande “numero primo” in maniera molto semplice. Supponiamo che esista un numero P che sia il più grande di tutti; ora costruiamo un numero N , ottenuto moltiplicando tutti i numeri primi ad esso inferiori e aggiungendo, alla fine, il numero “uno”:

$$N = (2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 17 \cdot 19 \cdot 23 \cdot 29 \cdot \dots \cdot P) + 1$$

Provando a dividere N per qualsiasi dei numeri primi sopra elencati, esso darà sempre come resto +1. Ma anche se fosse divisibile per qualche altro numero, questo dovrebbe essere più grande di P , altrimenti non riusciremmo mai a liberarci del resto +1. Pertanto, questo numero, per il quale potremo dividere N , senza averlo come resto +1, sarebbe comunque superiore a P . Quindi non può esistere un numero primo più grande di tutti gli altri numeri primi.

Esistono cinque numeri primi (1,2,3,5,7) tra uno e dieci, invece sono nove tra i cento numeri che stanno prima di dieci milioni, poi ancora solo tre quelli dopo i dieci milioni. La frequenza dei primi diminuisce al crescere del numero stesso.

Questa è la legge di rarefazione dei numeri primi: essi diventano, infatti, sempre più rari man mano che ci si sposta verso l’Infinito. Grazie a Euclide, però, sappiamo che la lista dei numeri primi non si ferma mai.

2. L’infinito nel meccanicismo di Galilei

Nel 1638 d.C. Galileo Galilei fu posto da un suo allievo, Bonaventura Cavalieri, di fronte ad un terribile problema, apparentemente impossibile. Nonostante Euclide avesse affermato una cosa piuttosto ovvia (per le cose finite), vale a dire che una parte è sempre inferiore al tutto, lo scienziato fiorentino, lavorando con i numeri interi, scoprì la proprietà fondamentale di tutti gli insiemi infiniti.

2.1 Il Paradosso dei quadrati:

i quadrati sono solo una parte dei numeri naturali. E’ però possibile stabilire una corrispondenza biunivoca tra N e l’insieme dei quadrati, vale a dire una corrispondenza nella quale ad ogni numero naturale corrisponda uno ed un solo quadrato.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | ... |
| | | | | | | | | |
| 1 | 4 | 9 | 16 | 25 | 36 | 49 | 64 | ... |

I quadrati sono perciò tanti quanti i numeri naturali e ciò significa che una parte può essere “uguale” al tutto.

2.2 Il Paradosso della Ruota:

due ruote concentriche, tali che la più grande rotoli sopra una retta, toccano con i loro punti due segmenti di uguale lunghezza.



Facendo fare un giro completo alla circonferenza più grande fino a D, la più piccola arriverà al punto B. Ma $CD = AB$.

“Or come dunque può senza salti scorrere il cerchio minore una linea tanto maggiore della sua circonferenza...”

Anche in questo caso ciò è dovuto alla possibilità di costruire una corrispondenza biunivoca tra la circonferenza più grande e quella più piccola (e quindi tra un segmento ed una sua parte propria): basterà, infatti, proiettare dal comune centro i punti della circonferenza più piccola su quelli della più grande. Il paradosso sta dunque nella possibilità di stabilire una corrispondenza biunivoca tra un segmento continuo e una sua parte propria.

“Queste son di quelle difficoltà che derivano dal discorrer che noi facciamo intorno a gl’infiniti, dandogli quegli attributi che noi diamo alle cose finite e terminate, il che penso che sia inconveniente...”

L'impossibilità di spiegarlo su basi sperimentali, tuttavia, non impedì allo scienziato di intuire e accettare l'Infinito Attuale.

“Concedo dunque a’ signori filosofi che il continuo contiene quante parti [cioè parti dotate di misura] piace a loro, e gli ammetto che le contenga in atto o in potenza, a loro gusto e beneplacito; ma gli soggiungo poi, che nel modo in cui in una linea di dieci canne si contengono dieci linee d’una canna l’una, e quaranta d’un braccio l’una, e ottanta di mezzo braccio, ecc., così contiene ella punti infiniti: chiamateli poi in atto o in potenza, come più vi piace, ché io, Sig. Simplicio, in questo particolare mi rimetto al vostro arbitrio e giudizio[...]”

3. Il criticismo kantiano

Immanuel Kant rappresenta ancora oggi una rampa di lancio verso il concetto di infinito: con il suo pensiero, che sintetizza le filosofie dell’empirismo e del razionalismo, oltre al pensiero scientifico che va a Galilei e Newton, viene raggiunta una visione critica e oggettiva, sia della realtà che dell’intelletto umano.

Il criticismo kantiano si basa sulla consapevolezza dei limiti conoscitivi dell’uomo, ma anche delle grandi possibilità della nostra mente: la ragione viene posta nel tribunale della ragione stessa, laddove questa risulta essere giudice e imputato allo stesso tempo.

3.1 L’infinito sul piano teoretico: la ricerca del vero

Nella “Critica alla ragion pura”, Kant analizza e struttura il pensiero umano, evidenziandone le facoltà: sensibilità, intelletto e ragione.

Essendo finalizzata la “ragion pura” alla conoscenza delle leggi naturali, Kant analizza il mondo meccanicistico e deterministico di Galilei, in cui ogni fenomeno si basa su rapporti di causa ed effetto. Pertanto la scienza è strettamente legata all’esperienza e ciò di cui non si può avere esperienza è privo di contenuto scientifico: la metafisica non viene, infatti, considerata una scienza.

Nonostante sia Galilei che Kant facciano ricorso a giudizi sintetici a priori, ottenendo entrambi conoscenze di carattere universale, certo e necessario, i metodi conoscitivi risultano differenti.

- Galilei, fondatore del metodo sperimentale, afferma la necessità delle sensate esperienze e delle necessarie dimostrazioni. Tuttavia l’esperienza non potrà mai falsificare l’ipotesi, poiché lo scienziato si affida al Dio-Fede, creatore del mondo tramite un linguaggio matematico e geometrico, pertanto garante della corrispondenza fra pensiero e realtà.

- Kant, invece, affermerebbe che non è scientifico affidarsi a Dio nella formulazione di leggi, poichè non si può neppure dimostrare su basi sperimentali la sua esistenza. Infatti l'apriori è, per Kant, radicato nell'uomo e coincide con schemi trascendentali di carattere universale: le *categorie*. Attraverso queste ultime l'uomo è capace di universalizzare i concetti empirici ricevuti dal mondo esterno, ottenendo conoscenze certe.

Tuttavia la stessa ragione umana, secondo Kant, contiene idee di cui non è possibile avere esperienza: *le idee trascendentali*. Esse appartengono non più ad un mondo fisico, ma ad un mondo metafisico, detto *no-umano*. Se il senso della ricerca delle cause dei fenomeni è dato dalle categorie, il nonsenso è così rappresentato dalle idee di anima, mondo e Dio.

Le possibilità della scienza, dunque, sono finite e terminano con l'intelletto umano: oltre questo vi è l'analisi di ciò che è infinito e in conoscibile, generato da una ragione speculativa e appartenente ad un mondo logico di cui la scienza non può spiegar nulla.

4. Kant e Galilei

Principale differenza tra Galilei e Kant di fronte al problema dell'infinito (nel campo scientifico) è l'esistenza di Dio. Se Galilei ne dimostra l'esistenza identificando in esso l'apriori e la validità delle conoscenze, Kant si definisce agnostico. Non si può, infatti, dimostrare né l'esistenza, né la non-esistenza di Dio, poiché il suo grado di perfezione supera il nostro e quello dell'intero mondo naturale, impedendoci di averne esperienza.

4.1 L'infinito sul piano etico: la ricerca del Sommo Bene

Nella "Critica alla ragione pratica" Kant si cimenta nel problema del Bene, che si ricerca tramite l'attuazione di una ben precisa morale, basata sulla legge del dovere. Essa definisce un comando oggettivo, detto del "*tu devi*", finalizzato alla realizzazione del bene individuale e del bene comune. La legge del dovere è un comando proveniente dalla ragione: legata all'apice, essa consente all'uomo di realizzare la propria libertà e la propria umanità.

Tuttavia l'uomo non potrà mai pretendere di poter applicare questa legge in maniera perfetta, poiché sarà sempre condizionato dal fenomeno: perseguire un dovere disinteressato, ovvero finalizzato a se stesso, non è cosa da poco. Per realizzare una morale antiutilitaristica, ripudiando il fanatismo e il fariseismo, sono necessarie numerose rinunce e diversi sacrifici.

Il sentimento è uno di questi. Esso viene letteralmente scartato dal mondo etico: nel comando universale della legge del dovere non c'è spazio per ciò che è volubile e soggettivo.

In questo caso la domanda che l'uomo spontaneamente si pone è: "Qual è lo scopo della vita? Che senso ha seguire la legge del dovere se non potrò mai decondizionarmi completamente dal peccato e dall'istinto?".



Ebbene Kant analizza profondamente l'antinomia tra la ricerca del Sommo Bene e la legge del dovere: egli ritiene assurdo vivere un'esistenza per il nulla, per il nonsenso. Pertanto risulta ragionevole postulare un mondo soprannaturale, di carattere metafisico, in cui l'uomo è capace di giustificare i suoi sforzi terreni, ma soprattutto di soddisfare il suo irrinunciabile desiderio di infinito e felicità.

Ed è così che la metafisica, "gettata dalla finestra" nella prima Critica, viene ora fatta "entrare dalla porta".

All'interno di questo mondo vi sono due postulati pratici di estrema importanza:

- *l'immortalità dell'anima*, che garantisce all'uomo di liberarsi totalmente dal peccato e dall'istinto, realizzando il proprio dovere in maniera perfetta.
- *l'esistenza di Dio*, poiché risulta necessario che esista un'entità che giudichi e che ricompensi le azioni dell'uomo.

4.2 L'infinito sul piano del sentimento: il Sublime

A differenza delle due precedenti opere, la "Critica del Giudizio" non vede la trattazione di alcuna legge: il comando della ragione lascia spazio al sentimento. In tal modo si rimargina la dicotomia tra il mondo teoretico ed etico: se nel primo si è compiuta una ricerca nel mondo meccanicistico, nell'altro questa termina con la creazione di un mondo metafisico della libertà e dello spirito.

Kant abbandona il problema delle cause che regolano i fenomeni e assieme anche il problema morale: il filosofo tedesco comincia ad interrogarsi sul *fine* delle cose.

Nella contemplazione della natura, l'equilibrio e la bellezza di ogni cosa generano nell'animo umano un profondo senso di armonia e di soddisfazione interiore. A livello psicologico si manifesta, così, un libero gioco tra intelletto e fantasia, giostrato e favorito proprio dal sentimento.

I giudizi che l'essere umano riesce ad esprimere tramite il sentimento sono detti "*riflettenti*": oltre all'appagamento interiore, l'uomo contempla la "forma", nonché la vera bellezza dell'oggetto.

Pertanto anche nella “Critica del Giudizio” Kant mette in luce l’importanza del Soggettivismo: il Bello è espresso solo ed esclusivamente in funzione del soggetto. Solo coloro che sono provvisti di idee e che fanno ricorso ai giudizi determinanti (sintetici a priori) per interpretare e conoscere la realtà, sono anche in grado di apprezzarne il fine. La realtà non è bella in sé e per sé, ma lo è solamente se e quando l’uomo la contempla e riflette su di essa.

Tuttavia l’osservazione del mondo reale conduce inevitabilmente ad affrontare un’entità infinita e in conoscibile: il Sublime.

L’atteggiamento critico con cui l’essere umano si pone di fronte ad esso, provoca a livello psicologico un profondo conflitto interiore. Precisamente sono due i tipi di Sublime che comportano la triste consapevolezza del limite e della piccolezza umana:

- *Sublime matematico*, che mette l’uomo innanzi al “*dispiacere*”, coincidente con l’atto del pensare all’idea di infinito. Nella consapevolezza dei propri limiti, tuttavia, l’uomo comprende anche la sua enorme grandezza, poiché egli rappresenta il solo essere capace di pensare all’infinito e questo procura il “*piacere*”.
- *Sublime dinamico*, che mostra all’uomo, nonostante le ricerche e il metodo conoscitivo nell’ambito meccanicistico, che la natura gli è inevitabilmente superiore. La stessa conoscenza della totalità dei fenomeni è per l’uomo un obiettivo impossibile da raggiungere. Tuttavia, se in questo si ritrova “*l’impotenza*” umana, nella capacità di concepire almeno leggi universali (come le categorie o la legge del dovere) si ritrova la “*potenza*” della nostra specie.

Di conseguenza l’essere umano, per quanto possa essere condizionato dal fenomeno o limitato dalla sua stessa natura contingente, può ritenersi possessore di verità universali e mai potrà cancellare ciò che è infinitamente grande.

| | | |
|--|--|-------------------------|
| GALILEI | KANT | |
| Sintetici a priori | Sintetici a priori | GIUDIZI |
| Dio | Uomo (categorie – “io penso”) | APRIORI |
| Divenire indipendente della volontà umana | Divenire dipendente dall’intelletto umano | RAPPORTO UOMO - REALTA’ |
| Conoscibile | Dubbio (agnosticismo) | DIO |

5. *Il Romanticismo*

Già dal periodo romantico cominciano a diffondersi nuove tematiche filosofiche, ben diverse da quelle illuministiche del ‘700, incentrate unicamente sulla ragione. Nel Romanticismo l’uomo riscopre ciò che va oltre le sue capacità: l’infinito. Grandi pensatori hanno tentato di confrontarsi con esso, cercando di trovare un significato alla realtà che prescindesse dall’inferiorità dell’uomo, ma le contraddizioni insite nell’esistenza sono, purtroppo, irrisolvibili.



*“Il viaggiatore sopra il mare di nebbia”,
Friedrich*



“L’abbazia nel querceto”, Friedrich

6. *L’idealismo Hegeliano*

Se Kant, a differenza dei filosofi precedenti, ridusse l’uomo a ragione, almeno nell’ambito etico e teoretico, rendendolo capace di pensare a verità universali, allora Georg Wilhelm Friedrich Hegel concepisce l’uomo come una vera e propria macchina per conoscere. Esasperando il soggettivismo,

egli individua nella realtà un disegno di carattere razionale che l'individuo può conoscere senza dover incorrere in un mondo no-umenico. Al contrario di Kant, che evidenziava in ogni ambito i limiti dell'intelletto umano, quindi, Hegel afferma che l'ordine universale e necessario presente nell'oggetto è sufficiente per conoscerlo nella sua totalità: la conoscenza umana, insomma, di limiti non ne ha.

6.1 L'apriori

Nonostante l'uomo sia in grado di determinare le leggi a fondamento della realtà, ciò non dipende da una legge (ad esempio, in Kant coincide con le categorie) propria del suo intelletto, bensì rimandante ad uno *Spirito Assoluto*, un'entità ideale ma razionale. Infatti secondo l'aforisma:

“Tutto ciò che è reale è razionale, e tutto ciò che è razionale è reale”

ogni cosa appartenente alla realtà è razionale, quindi conoscibile. Viceversa, questa affermazione è vincolata dal fatto che anche qualsiasi entità razionale debba manifestarsi nel mondo reale. Insomma, l'“essere” delle cose è necessariamente razionale; ma questo coincide anche con il “dover essere”: anche, cioè, dopo un certo divenire, le cose continueranno a mantenere la loro natura razionale, quindi conoscibile.

Lo Spirito Assoluto non fa eccezioni: anche questa entità, pur essendo un'idea, deve necessariamente manifestarsi nel mondo reale. Questo avviene tramite una legge, detta “*dialettica*”. Proprio grazie a questa Ragione, che coordina il certo e necessario legame tra l'essere e il non-essere, l'uomo risulta capace di determinare l'infinito nel finito, l'ideale nel reale, l'unicità delle cose nella loro molteplicità. Il tutto si concilia, quindi, in un'equilibrata sintesi degli opposti. Essendo lo Spirito Assoluto, dunque, il diretto responsabile del divenire e della grandezza conoscitiva dell'essere umano, si può stabilire che certamente a questa entità corrisponde l'apriori.

6.2 La legge dialettica

Lo Spirito Assoluto si manifesta nel mondo reale attraverso tre momenti: la tesi, l'antitesi e la sintesi.

- La tesi rappresenta il momento ideale, astratto, puro e teoretico in cui l'idea è in sé e per sé; (*Logica*).
- L'antitesi corrisponde al momento relazionale: l'idea si manifesta nel reale, ponendosi a confronto con le altre; (*Fenomenologia della natura*).
- La sintesi rappresenta l'uguaglianza tra tesi e antitesi, ovvero l'unità degli opposti (*Fenomenologia dello spirito*).

6.3 “ La fenomenologia dello spirito”

La struttura dell'opera vede ancora una divisione in tre parti:

- *momento soggettivo*, in cui l'uomo comprende di essere manifestazione dello Spirito
- *momento oggettivo*, in cui si realizza lo Stato etico
- *momento assoluto*, in cui termina la legge dialettica

6.4 Il momento soggettivo: la Fenomenologia

Come sempre, l'uomo è ossessionato dal desiderio di dare un senso alla sua esistenza: analogamente a quanto già è stato detto, egli trae dallo Spirito Assoluto la possibilità di soddisfare la sua sete di conoscenza.

Tuttavia, come in Kant il dovere talvolta reprimeva il bisogno di felicità, in Hegel l'individuo trascorre la propria esistenza lontano da Dio, da un senso e dalla felicità. Nei tre momenti di coscienza, autocoscienza e ragione, l'uomo conduce una continua lotta contro il destino, che comporta, inoltre, un costante e necessario superamento:

- nella *coscienza* l'essere umano comprende di essere differente dagli elementi naturali e dagli animali, poiché unità psico-fisica;
- nell'*autocoscienza* egli prende coscienza del fatto che Dio sia fuori dell'animo umano e che continui ad allontanarsi sempre più.

6.5 L' infelicità esistenziale

Proprio perché è Dio ad essere garante di ogni conoscenza umana, l'individuo lo ricerca costantemente, ma senza trovare appagamento: il rapporto tra l'uomo e Dio è purtroppo, secondo la concezione protestante, come quello tra un servo e il suo padrone. Nella ricerca dell'infinito e di un senso, l'essere umano si imbatte nel nonsenso: l'esistenza stessa diviene l'espiazione di una colpa che grava sull'uomo come un pesantissimo fardello.

Poiché, dunque, nel momento relazionale la coscienza è infelice, l'uomo ricerca Dio nella sua stessa ragione.

6.6 La ragione

Dal Dio Protestante della Fede viene così compiuto un “salto”: grazie alla ragione, rappresentata nella sua massima espressione dalla filosofia, Dio assume un carattere razionale. Tuttavia, il senso che l’individuo tenta di riscontrare nella ricerca del piacere, si scontra col “dispiacere” e col limite della finitudine umana: la necessità della morte e del destino.

Neppure il tentativo di cambiare il mondo col sentimento o con le virtù trova successo: riscontrando che anche le leggi non sono universali, bensì variano nel tempo, l’essere umano si richiude nella sua stessa ragione, deliberando che l’universale trascende l’uomo.

L’individuo diviene, così, tranquillamente superabile: la sua esistenza perde effettivamente un senso, divenendo semplicemente un unico *momento* della manifestazione dello spirito. L’unicità e l’irripetibilità che conservava nella concezione religiosa, ora viene irrimediabilmente persa.

L’uomo deve far fronte al suo limite: la sua esistenza perde un senso a causa della necessità della morte. Nonostante egli sia in grado, durante il “momento” in cui vive, di conoscere e determinare l’infinito dello spazio, dovrà sempre riconoscere il limite dell’infinito temporale.

6.7 La filosofia della storia

Dopo aver preso consapevolezza della limitatezza della propria esistenza, l’uomo si trova innanzi ad un disegno razionale, giostrato dallo Spirito Assoluto, di cui egli non fa parte: la sua volontà non influisce minimamente sul destino.

L’universalità dello Spirito, rappresentata dal suo infinito divenire spazio-temporale, prescinde dall’uomo; anzi trae vantaggio dalle sue aspirazioni e dal suo desiderio di autoaffermazione per manifestarsi nella civiltà e nella storia. L’individuo diviene, così, schiavo di una “*Ragione astuta*”.

La concezione dell’infinito hegeliano, dunque, si differenzia da quella di Kant: mentre quest’ultimo collegava l’infinito con la consapevolezza dei limiti dell’uomo, Hegel non sviluppa un atteggiamento critico, bensì consolida una visione che radicalizza il soggettivismo e lo storicismo.

Infatti l’infinito ha per Hegel un’eccezione storicistica: lo Spirito assoluto manifesta la sua potenza creatrice proprio nella storia, incarnandosi nelle espressioni massime dell’universalità umana, come lo Stato etico.

6.8 Lo Stato etico

“Nel mondo nulla di grande è stato fatto senza passione”

Così afferma Hegel, parlando di coloro che diffondono nella storia idee nuove e rivoluzionarie: sono chiamati “eroi”. Queste idee prendono poi forma attraverso lo Stato etico (o di diritto): esso incarna la razionalità, la tradizione, la cultura (arte, religione e filosofia), ovvero l’”ethos” di un popolo. Le leggi, inoltre, sono il risultato della processualità storica di ogni singolo popolo; pertanto ne rispecchiano e rispettano l’evoluzione nel contesto storico e culturale.

Nonostante in questo Stato si dovrebbe realizzare perfettamente la sintesi tra bene individuale e bene comune, in realtà questa non si attua per tutti, ma solamente per coloro che si trovano all’interno dello Stato etico. Il resto degli individui, la cui singolarità non è neppure presa in considerazione, non hanno la possibilità di far valere i propri diritti e le proprie libertà.

Così, nella filosofia, la ricerca stessa dell’infinità degli eventi conduce al problema della libertà e del senso: per Kant l’uomo è per natura libero, perché dotato di ragione, mentre per Hegel l’uomo “eroe” che ricerca tanto un senso e la conoscenza, alla fine perisce e perde il proprio senso proprio a causa dello Stato che lui stesso ha provveduto a creare.

Tuttavia la speranza permane, poiché almeno nella sua singolarità, l’essere umano riesce a sfidare lo Spirito Assoluto nel breve “momento” della sua esistenza: egli risulta capace, infatti, per quanto limitato e contingente, di intuire l’infinito e di pensare ad esso, grazie proprio alla filosofia, espressione più elevata della sua mente razionale.

| KANT | HEGEL | |
|---|---|----------|
| Ragione libera e consapevole | Eroe, ma solo momento della manifestazione dello Spirito Assoluto | UOMO |
| - no umeno - mondo soprannaturale della libertà e dello spirito - sublime | Divenire dello Spirito Assoluto | INFINITO |
| Uomo | Spirito Assoluto | APRIORI |

6.9 I limiti del pensiero filosofico dal meccanicismo all'idealismo

| GALILEI | KANT | HEGEL |
|---|-----------------|--|
| Pretende di conoscere Dio tramite un linguaggio proprio dell'uomo | Rigorismo etico | Esistenza fondata sul pensiero, su un disegno razionale puramente ideale |

LETTERATURA ITALIANA

L'analisi del rapporto oggetto-soggetto ha affascinato anche letterati romantici, e non solo. Questi, attraverso la loro poesia, cercarono di esporre le sensazioni più profonde e indescrivibili che generalmente tutti proviamo quando, di fronte all'infinità delle cose, ci domandiamo quale senso abbia la nostra "misera" esistenza.

7. Il pessimismo nell'Infinito leopardiano

"L'infinito è un parto della nostra immaginazione, della nostra piccolezza ad un tempo e della nostra superbia [...] l'infinito è un'idea, un sogno, non una realtà: almeno niuna prova abbiamo noi dell'esistenza di esso, neppur per analogia"

Per Leopardi l'infinito coincide con lo slancio vitale, con lo spasimo, la tensione che l'uomo ha connaturata in sé verso la felicità: l'infinito diventa il principio stesso del piacere, il fine stesso a cui tende questo slancio dell'uomo. È il desiderio assoluto di felicità che porta l'uomo a ricercare il piacere in un numero sempre crescente di sensazioni, nella speranza vana della sua completezza; è una tensione che non ha limiti, né per durata nel tempo, né per estensione, per questo si scontra irrevocabilmente con la vita umana, lo spazio, il tempo, la morte. Infatti:

"l'anima umana desidera sempre essenzialmente e mira unicamente, benché sotto molti aspetti, al piacere, ossia alla felicità [...]. Questo desiderio non ha limiti, perché è ingenito e congenito con l'esistenza, e perciò non può avere fine in questo o in quel piacere che non può essere infinito, ma termina semplicemente con la vita"

Per Leopardi, questa tensione può spegnersi solo nel momento della morte perché è uno slancio connaturato alla vita stessa:

"l'anima, amando sostanzialmente il piacere, abbraccia tutta l'estensione immaginabile di questo sentimento, senza poterla neppure concepire, perché non si può formare idea chiara di una cosa che ella desidera illimitatamente"

Per superare i limiti fisici della natura umana interviene l'immaginazione, che ha come "attività" principale la raffigurazione del piacere:

"Il piacere infinito non si può trovare nella realtà, si trova così nell'immaginazione, dalla quale derivano la speranza, le illusioni, ecc..."

Ma l'immaginazione ha bisogno di stimoli e dunque:

“L'anima si immagina quello che non vede, che quell'albero, quella siepe, quella torre gli nasconde, e va errando in uno spazio immaginario, e si figura cose che non potrebbe se la sua vita si estendesse dappertutto, perché il reale escluderebbe l'immaginario”.

L'infinito di cui parla è temporale e spaziale e viene evocato tramite il limite fisico (la siepe, il fruscio del vento) che porta il poeta da una dimensione fisica e sensoriale ad una "metafisica". I sensi, in questo caso la vista e l'udito, conducono all'intuizione di qualcosa che è al di là.

L'osservazione del paesaggio si svolge in meditazione: il paesaggio, la natura, la fisicità vengono interiorizzati ed entrano a far parte dello “spirito” del poeta, o meglio: il poeta riesce a calarsi nell'infinito. Parte da una visione familiare, la vista del colle, il Monte Tabor, ermo, ma caro, ovvero solitario ma già appartenente alla esperienza personale del poeta, spettatore ma anche partecipante della sua vita, così come familiare è la siepe. Una siepe che diventa un limite, che evoca il desiderio, l'immaginazione di ciò che “il guardo esclude”, coincide con ciò che non si può raggiungere con il solo ausilio dei sensi. La siepe diventa, quindi, decisamente diversa da quella fisica.

“L'infinito”

Sempre caro mi fu quest'ermo colle,
e questa siepe, che da tanta parte
dell'ultimo orizzonte il guardo esclude.
Ma sedendo e mirando, interminati
spazi di là da quella, e sovrumani
silenzi, e profondissima quiete
io nel pensier mi fingo; ove per poco
il cor non si spaura. E come il vento
odo stormir tra queste piante, io quello
infinito silenzio a questa voce
vo comparando: e mi sovvien l'eterno,
e le morte stagioni, e la presente
e viva, e il suon di lei. Così tra questa
immensità s'annega il pensier mio:
e il naufragar m'è dolce in questo mare.

Leopardi ha intuito e colto l'infinito spaziale, che viene visto nella negazione della realtà fisica a cui è sempre abituato. Infatti gli spazi sono interminati, i silenzi sono sovrumani, la quiete è profondissima. Portando all'interno del suo animo questi pensieri, il poeta rivela il confine tra la limitatezza della vita umana e l'immensità della Natura, di cui, pur facendo parte, non può cogliere pienamente il significato.

Questa intuizione provoca un senso di paura e smarrimento in una dimensione mai conosciuta prima, mai immaginata con tale chiarezza. Il cuore quasi non riesce a sostenere lo sgomento del poeta: egli prende consapevolezza di aver superato i propri limiti, di aver trasceso la sua quotidianità e di aver partecipato di un evento ai confini della religiosità. Tuttavia, come l'immaginazione è un'arma potente e profonda, così è anche fragile: basta un semplice soffio di vento per riportarlo all'esistenza terrena e non più cosmica.

Il senso della vita terrena si rianima nel vento, e con esso il limite temporale dell'uomo, la morte. Ma il pensiero riprende il suo corso e fluisce nell'eterno, nella distensione temporale della vita dal passato al presente, che è vivo, mentre il passato è morto.

Il pensiero e l'uomo vengono sommersi da questa immensità, da questa incommensurabilità e il mare, simbolo della vastità, fa annegare il suo pensiero, la sua mente, la sua razionalità, conducendolo all'oblio in una dimensione universale in comunione con l'infinito, tanto più dolce perché insperata, inaspettata.

8. L'Infinito del "fanciullino" nel Simbolismo pascoliano

All'interno di una società nella quale l'essere umano si conforma ai canoni della capitalizzazione, basati sul lavoro e sulla mercificazione della cultura, la sensibilità per il semplice e quotidiano va sempre più perdendosi. Il simbolo perde valore così come l'uomo perde la coscienza delle più piccole, ma magiche, meraviglie di questo mondo.

Ebbene, in ogni uomo esiste una parte, anche piccola, appartenente ancora al *fanciullino* che si è stati nel passato: quel tipico stupore e l'innata curiosità, tipici dell'età infantile, si manifestano nel poeta, che valorizza il particolare e quanto di più armonioso esiste in natura.

Pascoli non intende, perciò, dimostrare di essere né superiore, né colto, bensì tramite un linguaggio quanto mai semplice e comprensibile egli dà la prova di quanto inutile sia la forma delle cose, quando si analizza la natura nella sua essenza infinita. Nonostante il poeta ricerchi continuamente un *nido* in cui trovare protezione, risulta inevitabile l'impatto col destino e con l'infinito.

- Nella splendida lirica "*X Agosto*", Giovanni Pascoli rimpiange con amarezza e disperazione la morte precoce del padre, cui era comprensibilmente molto legato. L'infinito si confonde con il volere del fato, che decide prescindendo dalla nostra volontà: anche le tragedie più insensate assumono un significato di fronte al disegno provvidenziale del Cielo. L'entità cui il poeta si rivolge rappresenta quanto di più misterioso e

riconoscibile possa esistere: l'infinito coincide, dunque, con un volere innanzi al quale l'uomo manifesta la più completa impotenza. Indifferente e incorruttibile, il destino non guarda in faccia a niente e nessuno, compiendo sempre il proprio dovere: persino quello di rendere la Terra un "atomo opaco del Male".

- La poesia "*Alexandros*" associa alla contemplazione dell'infinito la consapevolezza dei limiti umani: nel caso del grande re macedone Alessandro Magno, questi si identificano in un ben preciso fine, il "Niente". Niente è, infatti, ciò che resta ad un uomo che, seppure abbia compiuto imprese memorabili nell'arco della sua vita, si trova anch'egli a far fronte all'inevitabilità della sua contingenza. Emergono nel pianto il suo dolore, il suo rimorso, tutti i suoi pentimenti: sarebbe forse stato meno rischioso sognare e vagare con l'immaginazione, poiché questa non presenta alcun limite. L'unica consolazione rimane il passato, in cui Alessandro cavalcava il suo destriero Bucefalo conquistando terre sempre nuove e inseguendo il Sole tra le foreste. Tuttavia il ricordo non basta a rimettere assieme i pezzi di un animo infranto, spezzato dalla potenza demistificatrice dell'infinito, che pone tutti sullo stesso piano di inferiorità: il personaggio raggiunge l'annichilimento di se stesso e del senso della sua esistenza.

9. *L'Infinito nell'Umorismo pirandelliano*

La grandezza di questo scrittore è dovuta al rifiuto delle correnti romantiche e positiviste, che inevitabilmente non lasciavano alcun buco o dubbio nella concezione dell'esistenza: l'una proclamava il monopolio esistenziale della scienza (positivistica), mentre l'altra rivalutava l'apollineo del confronto uomo-infinito (romantica).

Ebbene, come già perfettamente comprensibile in Pascoli, il problema dell'infinito non è certo superabile o concepibile tramite la scienza, né tramite la ragione: paradossalmente sarebbe più probabile arrivare a determinarlo attraverso il sentimento. Tuttavia, la nostra contingenza ci impone per natura un limite netto e invalicabile: la morte. Di fronte ad essa l'uomo prova timore e disorientamento, non facendo altro che porsi una domanda: "Se dobbiamo tutti soccombere, che senso ha allora la vita?". Innanzitutto se ognuno di noi conoscesse il senso della propria vita non si abbandonerebbe all'istinto o alla rassegnazione, ma certamente tenterebbe di realizzare i suoi sogni, facendo della sua volontà un potere. Inoltre, purtroppo per coloro che credono nell'esistenza di una volontà universale, certa e necessaria, Pirandello ne afferma la demistificazione. Non esiste un'unica coscienza, né una verità oggettiva: è presente solo un "cozzo" di opinioni discordanti, che altro non possono che mettere in luce la *relatività d'ogni cosa*.

9.1 Il coraggio della coscienza ne “Il fu Mattia Pascal”

Di fronte ad una così pessimistica affermazione, la nostra ragione appare effettivamente inutile, poiché ci procura solamente sofferenze. Nonostante, però, l'essere umano possa evitare di soffrire riducendo il suo scopo esistenziale alla felicità materiale e all'istinto, egli perderebbe la sua identità, sacrificandola a favore di un qualcosa che lo rende solo schiavo dei propri sensi. E' necessario, dunque, assumersi le proprie responsabilità e cercare di tornare indietro nel caso in cui si comprenda di aver commesso un errore.

Così decide di fare il coraggioso Mattia Pascal: una volta presa coscienza che l'abbandono della vita nella sua assurdità provoca solo un senso di vergogna e vigliaccheria, egli delibera di tornare al suo paese, Miragno, per affrontare la sfida contro l'esistenza. Pur essendo costretto a vivere prigioniero di un mondo che è allegoria del nonsenso, egli rifiuta l'amore di Adriana e la ricchezza della vincita alla roulette, per tornare impavidamente ad affrontare una sfida che gli è d'obbligo: quella della vita, ed è la sua coscienza che glielo impone. L'infinito sarà sempre vincitore, ma l'uomo vero non rinuncia mai alla propria dignità, così come un partigiano che difende la sua patria non esita ad andare in guerra, pur certo della sua morte.

Al mondo felice (se di felicità è possibile parlare) si contrappone, dunque, la scelta di Mattia Pascal: la partenza da Roma per Miragno segna il rifiuto di Adriano Meis e di una via di fuga dall'assurdità della vita. Tuttavia, come afferma Gèrome Morrow (Ethan Hawke) in un celebre film:

“Forse non sto partendo...forse sto tornando a casa”

tratto da *“Gattaca: la porta dell'Universo”*

LETTERATURA INGLESE

Anche la letteratura inglese ha visto diversi pensatori cimentarsi nel problema del senso e del nonsenso: con il subentramento della relatività d'ogni cosa e del dubbio, ancora ai giorni nostri si prosegue nell'analisi di questo irrisolvibile dilemma. Uno dei più recenti e significativi autori è stato il celebre *Samuel Beckett*, padre del *Teatro dell'Assurdo*.

10. Samuel Beckett

Beckett became popular and well-known more because of *Waiting for Godot* than any of his other works. His plays placed him in the centre of the *Theatre of the Absurd*, one of the major movements in modern drama since the end of World War II.

This thesis is an attempt to look into Beckett's absurdity, considering it as a kind of art which affects mostly the emotions perception rather than the reason.

11. The Theory of Absurdity

Absurdity is a key word in Beckett's dramatic writings as well as of the whole Theatre of the Absurd. Three important problems could be underlined through the analysis of his works:

1. *what Absurdity is,*
2. *in what fate life moments it appears,*
3. *what consequences for a human view of life it holds with itself.*

1. One of the most basic philosophical questions asks whether there is any meaning in our existence at all. The human necessity of unifying explanation of world has always been satisfied by religion and creators of the philosophical systems who made the human life meaningful. The natural desire to get to know and understand the world in its most hidden spheres was fulfilled by religious dogmas about the existence of God, which guaranteed the meaningful contingency of human life.
2. World War I and World War II caused deep destruction and loss of human ultimate certainties and definitely brought about a world missing any unifying principle, a world

senseless and disconnected with human life. If one realises the absence of sense, and this is the expression of the spirit of epoch, in which the Theatre of the Absurd is rooted, the world becomes irrational and the conflict between the world and the human being who begins to be estranged from it arises here. Absurdity does not reside in the world itself, or in a human being, but in a tension which is produced by their mutual indifference. Human existence is in its essence completely different from the existence of things outside the human subject. The world of things is impenetrable and because of its impenetrability it is also alien to man.

“If I were a tree among trees, a cat among animals, this life would have a meaning, or rather this problem would not arise, for I should belong to this world. I should be this world to which I am now opposed by my whole consciousness. This ridiculous reason is what sets me in opposition to all creation”.

The world becomes alien and the human being becomes estranged from it, he feels isolated and limited.

3. Absurdity appears in the moments when man realises his situation, in the moments of awareness of his position in the world.

Absurdity does not have any sense, does not have any reasons, any aims, that is why it does not reflect neither the past, and the future. The absurd man misses any hopes, plans, and troubles about his future. He is offered only an instant moment and that is what his freedom consists of.

The only way how to paralyse absurdity is to *not ask for reasons*.

11.1 Beckett's Absurd Characters: “Waiting for Godot”

Beckett did not view and express the problem of Absurdity in any form of philosophical theory: his expression is exclusively the artistic language of theatre. He uses dramatic symbols, to express the barriers and the walls between the worlds “in” and “out” as to demonstrate their incompatibility. His characters are physically isolated from what is happening “outside” and the space they are imprisoned in, is their inner subjective world.

“A Beckett hero is always in conflict with objects around him... he is divided from the rest of the world. The dichotomy into his own mind represents the dichotomy between people and objects: tension is created between mind and body, on one hand, and people and objects, on the other”.

Vladimir and Estragon are in the same situation. They are in an open empty road surrounded by the natural world, but unable to move on.

Estragon: It's not worth while now. (Silence.)

Vladimir: No, it's not worth while now. (Silence.)

Estragon: Well, shall we go?

Vladimir: Yes, let's go. (They do not move.)

Although they are not limited by any barriers waiting in an open space, surrounded by nature (tree), they are indifferent to this world as it is indifferent to them. Their time passes in a very different way from the world around them.

Pozzo: What time is it?

Estragon: That depends what time of year it is.

Pozzo: It is evening? (Silence. Vladimir and Estragon scrutinise the sunset.)

The world surrounding Estragon and Vladimir, is alienated through its indifference. They are physically free in the open country, but still infinitely remote. They could return, go away, but never make a move tied up by the false hopes and belief in the coming of Godot, who will solve this deadlock. Thus, Godot, infinitely remote, fuses with an infinitely alien world.

Estragon: ...Let's go.

Vladimir: We can't.

Estragon: Why not?

Vladimir: We're waiting for Godot.

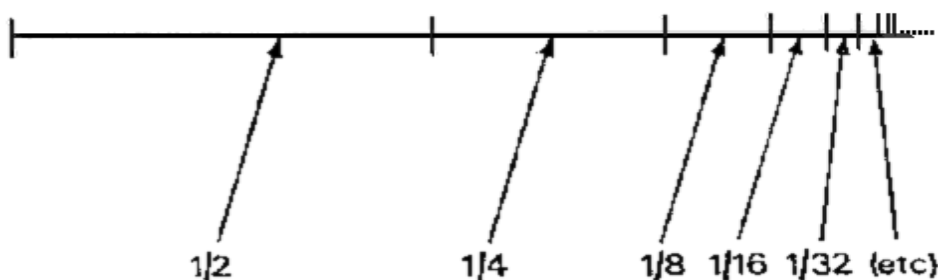
The Theory of Arthur Schopenhauer, whose philosophy later became one of the important foundations of Beckett's plays and novels was based on a new form of knowledge, that is made up by time, space, and causality. It seems that Beckett's characters are aware of nothing but the will they have inside, which impels them to live. Consciousness is only a surface of our being, because the real essence lies in the depths of human personality.

Vladimir and Estragon are flirting with the idea of death too, but they *are*, and this is the only thing they really have to remember. They cannot die, although they can realize that this is the only way how to escape from suffering.

They are human beings existing as the will itself. The ceaseless will to be realises itself through Estragon's and Vladimir's expectation, their need to meet Godot, who should be a solution.

Godot is not any person, any event: it is an embodiment of human wishes, desires, expectations and attempts for at least something "better". Their waiting is blind, because Godot, representing non-existing happiness: it does not exist.

Thus, Beckett's characters are persisting between life and death. Their existence is absurd, through the conflict of body and mind; body, which, as a part of mechanical nature, refuses to obey, and mind, which undeterminably keeps on working. Their suffering consists in a permanent waiting, in which they are waiting for death, occupying themselves with memories of a previous life, when they had "a chance of happiness".



11.2 The real main theme

Waiting for Godot is a play in which the experience of time is expressed in its purest form. Vladimir and Estragon, are waiting for Godot in a waste land, having nothing to do but to be and to expect. The main subject of the play is not "Godot", as it might be deduced from the title, representing a person, thing, event, death or God...etc., but the waiting itself, which is the most evident experience of time. The main theme of the play is the *passive expecting* of somebody or something that should bring some evident change into the characters passive position. Godot is somebody or something that evokes the characters' expectations as well as the reader's or the on-

looker's expectations that something will happen at the end of the play, that Godot as a presupposed subject must appear.

11.3 The new sight of the audience

Thus, Godot is expected by Vladimir and Estragon in the same way as it is expected by the audience; the characters are waiting along with the audience. At the end of the play the audience's expectations are finished: the curtain falls, even though Godot did not come. The audience expected him/it, he/it not to come, the play is over. That is the solution for the on-lookers, that is the end of their expectations: the *curtain*. There is no reference in the play, no trace, that Vladimir's and Estragon's waiting will ever finish, there is no promise that Godot will fulfil to his promises. On the contrary, the solution will never appear, as their waiting does not tend more toward any conclusion.

12. The Theatre of Absurd

The reality of the situation in which the absurd character appears, is a psychological reality expressed in images that are the outward projection of states of his mind. That is why the *Theatre of the Absurd* can be considered an image of the human being's inner world. It presents a truer picture of reality itself, reality as apprehended by an individual.

While the epic character remains in the centre of the active, forming world, the world exists according to man.

“It means that the existence of man is not determined by anything external, lying outside of him, surroundings, history, God's order, etc.; but he is only himself, he is exclusively his own work, the result of his own decisions and behaviour”.

12.1 The Theatre of Absurd and the Sophists

In this sense, it is possible to understand the Theatre of the Absurd as a return to what was, for the first time in Greek philosophy established by the Sophists.

While the philosophers deal with the absurdity of human existence rationally, using philosophical language; the absurd dramatists express it in concrete dramatic pictures.

12.2 The role of Beckett's absurd man

Beckett's characters' tragedy consists in their empty waiting which becomes a long period of suffering; it consists in the power of life which still keeps them breathing and going on, although they are very close to their aim, the end.

I think that the role of Beckett's absurd man consists into the intractability with which he continually fills up his precarious fate, and although his suffering always increases, he does not live without hope and joy in life.

MATEMATICA

Il tema dell'infinito, tuttavia, non si lega solo all'analisi sotto il profilo umanistico, bensì abbraccia anche la matematica e la scienza: ciò dimostra che, seppur in maniera diversa, la filosofia, la scienza e la letteratura sono strettamente connesse fra loro, a tal punto che l'una tende a completare l'altra.

Si affronta ora uno dei tanti “recenti” dibattiti tra matematici sul problema dell'infinito: quello relativo all'esistenza di una *pluralità di livelli di Infinito*.

13. I livelli di Infinito

1873 d.C.: *George Cantor* scoprì che non basta l'Infinità dei numeri interi per enumerare tutti i punti di un segmento. Questi punti in verità possono essere messi a confronto con i numeri reali: Cantor pone, per la prima volta nella storia della Matematica, l'intelletto dell'uomo dinanzi a due livelli di Infinito. Il primo rappresentato da tutti i numeri interi e misurato dalla potenza “aleph-zero”. Il secondo rappresentato da tutti i numeri reali, e misurato dalla potenza “aleph-uno”. Questo livello di Infinito è anche detto livello del *Continuo*. Infatti la sequenza dei numeri interi non è continua, ma quantizzata. Per passare da uno a due è necessario fare un salto “quantico”, di un'intera unità. E così per passare da tre a quattro, da novecentocinque a novecentosei, o da un numero intero qualsiasi al successivo. Siamo dinanzi a “salti”. Nel caso della sequenza dei numeri reali, il salto è tanto piccolo quanto si vuole; anzi, esso è continuo. L'Infinito dei numeri interi è meno potente dell'Infinito dei numeri reali.

Nessuno s'era prima sognato di pensare che potessero esistere diversi livelli di Infinito.

Cantor denota con “aleph-zero” l'Infinito Numerabile. E con “aleph-uno” l'Infinito Continuo. A questo punto nasce il quesito: “esistono livelli intermedi di Infinito tra “aleph-zero” e “aleph-uno”?”. Cantor intuisce di *no*. E' questa la tanto famosa *Ipotesi del Continuo*.

13.1 Ipotesi generalizzata del Continuo

L'ipotesi di Cantor (o *Ipotesi del Continuo*, o *Assioma del Continuo*) afferma:

“ *tra un livello di Infinito Attuale e il successivo non esistono altri livelli d'Infinito*”.

Che in (A) non ci sia nulla, corrisponde all'Ipotesi del Continuo. Che non ci sia nulla in (B), (C), ecc., è invece la cosiddetta Ipotesi Generalizzata del Continuo.

L'infinito Potenziale non raggiungerà mai il livello minimo di Infinito Attuale (Aleph-Zero)

L'Infinito Attuale, nonostante i suoi livelli sempre più potenti, non toccherà mai l'Infinito Assoluto.

1900 e 1908 d.C.: David Hilbert elabora, in occasione di una solenne riunione di matematici, la lista dei grandi problemi fondamentali, su cui impegnarsi, tra cui primeggia l'ipotesi del continuo. Nel 1908, Zermelo fonda la Teoria Assiomatica degli Insiemi: si ripete quello che era occorso alle verità geometriche intuite da Talete, ma assiomatizzate da Euclide, 300 anni dopo. Qui, invece, da Cantor a Zermelo, sono passati appena 35 anni. Euclide fu, ovviamente, uno della lunga lista di studiosi greci che fondarono la "*Geometria Euclidea*". Zermelo è stato invece il primo di una lunga lista comprendente una mezza dozzina di matematici che hanno dato vita alla *Teoria Assiomatica degli Insiemi Infiniti*. L'obiettivo è quello di studiare gli insiemi infiniti. Un Insieme, altro non è se non un oggetto matematico che soddisfa un certo numero di *assiomi*. Gli assiomi sono pertanto scelti, non in modo arbitrario, bensì in accordo con la nostra nozione intuitiva di Insieme.

Euclide aveva elencato la lista di proprietà che devono necessariamente possedere i punti e le rette, considerando come dimostrati, quindi veri e validi, soltanto quei Teoremi di Geometria che potevano essere dedotti da questi assiomi e non a partire da argomenti intuitivi.

Nella Teoria Assiomatica degli Insiemi vengono considerati validi soltanto quei teoremi che derivano dai *nove* assiomi prefissati.

I matematici, partendo da questi Assiomi, costruiscono una Teoria detta "*Ristretta*" se l'*Assioma della Scelta* non viene assunto.

La Teoria è detta "*Standard*" se viene invece incluso l'*Assioma della Scelta*.

13.2 L'Assioma della Scelta

L'Assioma della Scelta afferma che, data una Classe di Insiemi Infiniti, è sempre possibile costruire un altro Insieme scegliendo, in ciascuno di quelli esistenti, un elemento, e mettendoli insieme.

Si fornisce un esempio:

Si supponga di considerare una Classe di tre Insiemi Infiniti; il *primo* costituito da un sacco senza fondo, pieno di bicchieri; il *secondo* da un sacco senza fondo, pieno di bottiglie; il *terzo* da un sacco senza fondo, pieno di tappi, l'Assioma della Scelta asserisce che è possibile costruire un nuovo Insieme fatto scegliendo dal primo sacco un bicchiere, dal secondo sacco una bottiglia e dal terzo un tappo. Il nuovo Insieme è fatto con un bicchiere, una bottiglia e un tappo. Tuttavia è molto importante considerare che l'Assioma della Scelta *vale per una Classe che contiene un numero Infinito di Insiemi Infiniti*.

L'Assioma della Scelta è intuitivamente vero nel caso in cui ci si limiti a pochi Insiemi. Quando lo si estende a un numero Infinito di Insiemi Infiniti, all'intuito deve far posto un atto di fede nella possibilità di saper continuare a scegliere fino all'Infinito.

Ciò può essere accostato a quanto accade nel *Quinto Assioma di Euclide* nel momento in cui si dice che due rette parallele non si incontreranno mai. Anche qui è necessario un atto di fede, sul comportamento di quegli oggetti geometrici detti "rette", quando vengono estese all'Infinito. Però, se si accetta il Quinto Assioma di Euclide, assieme agli altri quattro, si avrà la *Geometria Euclidea*. Se lo si nega, avremo altre *geometrie "non-Euclidee"*. Il Quinto Assioma di Euclide afferma che per un punto al di fuori di una retta passa una e una sola retta parallela a quella data.

Con gli Insiemi Infiniti, scegliere una Matematica in cui valgono l'Assioma della Scelta e l'Ipotesi del Continuo vuol dire lavorare con la Matematica *Cantoriana*. Negare questi due Assiomi vuol dire scegliere la Matematica *non-Cantoriana*.

Entrambe queste Matematiche sono, però, comunque valide, esattamente come le Geometrie Euclidee e non-Euclidee.

13.4 I "Principia Matematica"

1910-1913 d.C.: Bertrand Russel e Alfred North Whitehead elaborano un'opera monumentale in tre volumi: i "Principia Matematica". Essa appare come il sommo della Potenza Logico-Matematica, essendo perfettamente in grado di dedurre l'Aritmetica dalla Logica Assiomatica. Quest'opera doveva, per deliberata volontà degli autori nel costruirla passo per passo, essere *Coerente* e *Completa*. *Coerente* corrisponde a dire che non deve mai portare a un Teorema e alla negazione dello stesso Teorema. *Completa* corrisponde a dire che deve essere in grado di dimostrare qualsiasi Teorema dell'Aritmetica.

L'opera monumentale di Russell e Whitehead si rivelò in seguito soltanto una Grande Illusione.

1931 d.C.: Il giovane matematico Kurt Gödel scopre che è impossibile dimostrare se l'Aritmetica è o no Contraddittoria. Questa grande scoperta matematica fa crollare il sogno di Hilbert. Il grande matematico tedesco pensava che, una volta espressa tutta la Matematica in linguaggio formale, avrebbe dovuto essere possibile, per qualsiasi Teorema, essere dimostrato vero o falso. Gödel invece scopre che, dato un sistema di Assiomi, è sempre possibile trovare un Teorema che, pur essendo parte integrante di quella struttura assiomatica, non è dimostrabile né nella sua validità, né nella sua negazione. Insomma, Gödel scopre che, nella logica rigorosa espressa dall'Aritmetica, c'è insita l'impossibilità di decidere. Per millenni l'uomo aveva pensato che per un'affermazione (un

Teorema è un'affermazione) possono esistere solo due possibilità: o è *vera*, o è *falsa*. Non può esserci una terza possibilità: è questo il famoso *Principio del Terzo Escluso*.

Gödel scoprì invece che, nel cuore della Logica Assiomatica, c'è una terza possibilità, vale a dire che esisterà sempre un Teorema per il quale non sarà possibile decidere se sia vero o falso. Il principio del Terzo Escluso crolla nel 1931, dopo millenni di assoluta certezza sulla sua validità: la scoperta di Gödel rende l'opera di Russel e Whitehead un monumento alla più grande illusione matematica di tutti i tempi. Infatti il Teorema di Gödel dimostra che un qualsiasi Sistema Assiomatico rappresentabile con l'Aritmetica, si presenta o coerente ma incompleto, oppure completo, ma non coerente.

1940 d.C.: Kurt Gödel scopre che per gli Insiemi Infiniti "*costruibili*" è possibile dimostrare che il livello dell'Infinito Continuo (aleph-uno) è separabile dal livello dell'Infinito Numerabile (aleph-zero). Vale quindi la cosiddetta "Ipotesi del Continuo". Quello che Cantor aveva intuito, è finalmente dimostrato in modo rigoroso, se ci si limita agli Insiemi "*costruibili*".

Il lavoro di Gödel consiste nel costruire un Modello per la "Teoria Ristretta degli Insiemi Infiniti". Nell'ambito di questo Modello, dimostrare che l'Assioma della Scelta e l'Ipotesi del Continuo sono dei Teoremi. A questo punto il gioco è fatto. Per gli Insiemi Infiniti "*costruibili*", l'Assioma della Scelta diventa Teorema della Scelta. E l'Ipotesi (o Assioma) del Continuo diventa Teorema del Continuo. Per gli Insiemi "*non costruibili*", questi due Teoremi non valgono.

1963 d.C.: Paul Cohen scopre che per gli Insiemi Infiniti "*non costruibili*" la cosiddetta "Ipotesi del Continuo" non vale. Ciò significa che tra i livelli "aleph-zero" e "aleph-uno" ci sono tanti altri livelli di Infinito.

Di conseguenza ciò che Cantor aveva intuito non vale per gli Insiemi Infiniti "*non costruibili*".

GEOGRAFIA ASTRONOMICA

Così come in Matematica, anche in Fisica e in Astronomia molti studiosi hanno indagato sull'infinito, ma stavolta a livello pratico, cimentandosi nell'osservazione diretta della Natura e nella possibile interpretazione dei suoi fenomeni. E' bene ricordare che da tempo immemorabile i misteri che circondano l'origine e la possibile fine dell'universo hanno suscitato stupore e timore. Nonostante ciò lo sviluppo degli studi riguardanti la Fisica delle particelle e telescopio con base a terra e nello spazio consentono di indagare molto più a fondo di quanto non fosse stato possibile prima, l'origine, l'evoluzione e il destino dell'universo. Allo stesso tempo forniscono la chiave per comprendere fenomeni come il Big Bang e oggetti enigmatici come quasar e buchi neri. Da alcuni anni l'idea che l'universo possa essere stato originato dal Big Bang è divenuta parte della teoria astronomica standard.

14. La teoria del Big Bang



Secondo questa teoria al tempo zero (t_0) tutta la materia era concentrata in uno spazio infinitamente piccolo con densità elevatissima. Da allora l'universo si è espanso come se la materia si fosse trovata sulla superficie di un gigantesco pallone.

Da alcuni dati è stato rilevato che l'esplosione iniziale generò un'espansione talmente forte che al tempo di 10^{-32} s le dimensioni dell'universo aumentarono di 10^{50} volte. In questa frazione di secondo potrebbe inoltre risiedere la spiegazione degli ammassi galattici, la cui esistenza non è chiarita dalla teoria astronomica standard. Al tempo di 0,01 s, l'universo era già divenuto mille volte più grande del sistema solare; mentre dopo 3 minuti il suo diametro aveva già raggiunto i 10 anni-luce.

15. Le due Teorie dell'universo inflazionario

15.1 La Teoria Standard

Possiamo tentare di comprendere l'evoluzione dell'universo primordiale tramite la fisica delle particelle. In Istituti di ricerca come il CERN, fasci di particelle vengono accelerati quasi alla velocità della luce e fatti collidere fra loro per descrivere, in termini delle particelle così prodotte, tutte le fasi fondamentali della natura, dall'interazione debole, responsabile della radioattività, alla gravitazione, all'interazione forte, che tiene uniti i protoni e i neutroni nel nucleo atomico, fino all'elettromagnetismo.

La forza di gravità dipendente dalla massa dell'universo ha avuto un ruolo particolarmente importante nel periodo del suo sviluppo, poiché andava a contrastare l'energia dell'esplosione iniziale. Tuttavia la forza dell'esplosione doveva essere leggermente superiore a quella di gravità, cosicché l'universo si espanse rapidamente. Allo stesso tempo esso si raffreddò e si formarono le prime particelle.

In base alle attuali teorie, l'universo si espanse secondo lo scenario seguente:

$$1. \quad t = t_0 + 10^{-12} \text{ s} \quad E = 10^{12} \text{ ev} \quad T = 10^{16} \text{ K}$$

Si formarono le particelle mediatrici dell'interazione forte, i muoni, con quark e antiquark, leptoni (costituiti da elettroni, antiparticelle e neutrini).

Dall'inizio c'è sempre stata leggermente più materia che antimateria, quindi più quark che antiquark e più elettroni che positroni. Questa minuscola eccedenza ha determinato lo sviluppo dell'universo fino alla situazione attuale.

$$2. \quad t = t_0 + 10^{-11} \text{ s} \quad E = 3 \cdot 10^{11} \text{ ev} \quad T = 3 \cdot 10^{15} \text{ K}$$

In questa fase era presente una quantità sempre crescente di fotoni, assieme ai loro partner dotati di massa, i bosoni W e la particella Z 0. Quark e leptoni collisero con le loro rispettive antimaterie, generando fotoni che riempirono l'universo primordiale di radiazione elettromagnetica.

$$3. \quad t = t_0 + 10^{-5} \text{ s} \quad E = 3 \cdot 10^8 \text{ ev} \quad T = 3 \cdot 10^{12} \text{ K}$$

L'universo si era rafforzato a sufficienza da consentire i legami fra quark mediati dai muoni, dando origine alle prime particelle stabili, protoni e neutroni. Così furono generate le unità di base degli atomi.

$$4. \quad t = t_0 + 0,1 \text{ s} \quad E = 3 \cdot 10^6 \text{ ev} \quad T = 3 \cdot 10^{10} \text{ K}$$

Le condizioni divennero tali, che i neutroni, ormai instabili, si scomposero in protoni ed elettroni. Già la prevalenza dei protoni sui neutroni era netta.

$$5. \quad t = t_0 + 10 \text{ s} \quad E = 10^6 \text{ ev} \quad T = 10^{10} \text{ K}$$

L'universo era ancora mille volte più caldo del centro del sole: dopo un ulteriore raffreddamento si ebbe una riduzione della velocità a cui avvenivano le collisioni tra coppie di elettrone-positrone. Questa velocità scese al di sotto del valore per cui le particelle generalmente si annichilano: gli elettroni rimanenti erano relativamente pochi. Nello stesso tempo i protoni si unirono ai neutroni, formando così i primi nuclei atomici di deuterio (H pesante).

$$6. \quad t = t_0 + 2 \text{ min} \quad E = 5 \cdot 10^4 \text{ ev} \quad T = 5 \cdot 10^8 \text{ K}$$

Mentre l'universo si raffreddava fino a mezzo miliardo di °K, i nuclei di deuterio divennero stabili: essi a soli due minuti dal Big Bang formarono nuclei di elio (He), contenenti un protone ciascuno.

$$7. \quad t = t_0 + 30 \text{ min} \quad E = 3 \cdot 10^4 \text{ ev} \quad T = 3 \cdot 10^8 \text{ K}$$

L'universo ormai conteneva tutti i componenti della materia necessari per la nascita di stelle e galassie: protoni, nuclei di elio, elettroni e neutrini. Solo poche ore dopo il Big Bang, quando elettroni e nuclei non avevano energia sufficiente per resistere all'attrazione elettromagnetica cominciarono a legarsi insieme in atomi, generando strutture sempre più complesse.

15.2 La Teoria dell'Universo a Bolle

Forse fra poco potremmo dire addio all'idea che l'universo sia nato dal Big Bang come singola palla di fuoco. Alcuni studiosi stanno esplorando una nuova teoria basata sull'ipotesi, enunciata ormai 15 anni fa, che l'universo abbia attraversato uno stadio di inflazione. Durante questo stadio, afferma la teoria, il cosmo si ampliò esponenzialmente in un'infinitesima frazione di secondo; dopo di che, l'universo continuò la propria evoluzione secondo il modello del Big Bang. Man mano che gli studiosi hanno perfezionato lo scenario dell'inflazione, sono venute in luce alcune conseguenze sorprendenti, una delle quali rappresenta un cambiamento fondamentale nella visione del cosmo. Secondo le versioni più recenti della teoria inflazionaria, l'universo, anziché essere una palla di fuoco in espansione, sarebbe un immenso *frattale* che cresce continuamente: esso sarebbe costituito da molte sfere che si rigonfiano, le quali producono nuove sfere, che a loro volta ne generano altre, all'infinito.

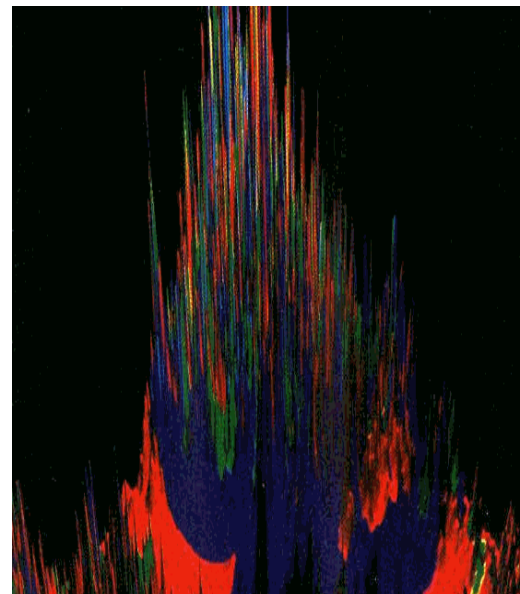
Questa concezione piuttosto bizzarra dell'universo non è nata arbitrariamente. Parecchi ricercatori, prima in Russia e poi negli Stati Uniti, proposero l'ipotesi inflazionaria che ne costituisce il

fondamento allo scopo di risolvere alcune complicazioni create dalla vecchia teoria del Big Bang. Come già detto prima, questa afferma che l'universo nacque circa 15 miliardi di anni fa da una singolarità cosmologica, ossia uno stato di temperatura e densità infinite. Come è ovvio queste grandezze non possono essere realmente descritte in termini fisici come infinite: di solito si postula che le attuali leggi fisiche non possano essere applicate nel momento zero. Esse cominciarono, infatti, a valere solo dopo che la densità dell'universo fu scesa al di sotto della densità di Planck, che è pari a 10^{94} g/cc.

Mentre l'universo si espandeva, cominciò gradualmente a raffreddarsi. Un residuo dell'esplosione primordiale esiste ancora oggi: è la *radiazione cosmica di fondo* a microonde, la quale indica che la temperatura dell'universo è scesa a $2,7^\circ$ K. La scoperta di questa radiazione si è rivelata la prova cruciale che ha dato alla teoria del Big Bang il suo attuale ruolo preminente in cosmologia. Questa teoria aveva anche il pregio di spiegare le abbondanze dell'idrogeno e degli altri elementi dell'universo.

Molti dilemmi hanno costretto i fisici a riflettere in maniera approfondita sugli assunti di base della teoria cosmologica standard, parecchi dei quali si sono rivelati, in un più attento esame, decisamente precari.

Un universo che si autoriproduce in una simulazione al computer è costituito da domini esponenzialmente ingranditi, ognuno dei quali (rappresentato da un diverso colore) ha leggi fisiche differenti. I picchi sono nuovi "Big Bang"; le loro altezze corrispondono alle densità di energia locale. Verso l'estremità dei picchi i colori fluttuano, indicando che le leggi fisiche non sono qui ancora definite. Esse risultano fissate solo nelle valli, una delle quali corrisponde al tipo di universo nel quale viviamo. Dopo varie realistiche versioni ed interpretazioni arriviamo alla parte più interessante, ossia alla teoria di un universo inflazionario eternamente esistente e in grado di autoriprodursi.



E' una teoria assai generale, ma appare particolarmente promettente e conduce alle conseguenze più profonde nel contesto dello scenario dell'inflazione caotica.

Si possono visualizzare come onde le fluttuazioni quantistiche del campo scalare in un universo inflazionario. Inizialmente queste onde si muovevano in tutte le direzioni possibili, per poi bloccarsi l'una sopra l'altra; ciascuna onda bloccata incrementava leggermente il campo scalare in alcune parti dell'universo e lo diminuiva in altre. Ora consideriamo quelle regioni dell'universo dove le onde che si bloccavano hanno costantemente aumentato il campo scalare. I rari domini dell'universo dove il campo riesce ad acquisire un valore abbastanza alto cominciano a espandersi esponenzialmente a velocità sempre crescente; più alto è il valore del campo scalare, più veloce è l'espansione. Ben presto questi rari domini raggiungono un volume molto superiore a quello di tutti gli altri. L'evoluzione di un campo scalare genera molti domini inflazionari. In quasi tutte le regioni dell'universo il campo scalare diminuisce (ed è rappresentato da depressioni e valli); altrove le fluttuazioni provocano la crescita del campo. In queste regioni, rappresentate nell'elaborazione come picchi, l'universo si espande rapidamente.

Noi ci troviamo in una delle valli, in cui lo spazio non è più inflazionario. Da questa teoria segue che, se l'universo contiene almeno un dominio inflazionario di dimensioni sufficienti, allora esso comincerà a produrre incessantemente nuovi domini inflazionari. L'inflazione in ciascun dato punto può terminare rapidamente, ma a volte altre regioni continueranno ad espandersi; il volume totale di tutti questi domini crescerà senza fine. Essenzialmente, da un universo inflazionario scaturiscono *bolle inflazionarie*, che a loro volta ne producono di nuove, e così via. Questo processo, chiamato *inflazione eterna*, continua come una reazione a catena, producendo una configurazione di universi simile ad un *frattale*. In questo scenario l'universo nel suo complesso è immortale; ciascuna specifica parte di esso può derivare da una singolarità manifestatasi nel passato e potrà terminare in una singolarità nel futuro, ma non vi è alcuna fine per l'evoluzione dell'intero universo.

Che cosa sia avvenuto all'origine è incerto. Vi è la possibilità che tutte le parti dell'universo siano state generate simultaneamente in una *singolarità iniziale*, un Big Bang. Sebbene questo scenario renda l'esistenza del Big Bang quasi irrilevante agli effetti pratici, si può considerare il momento della formazione di ciascuna bolla inflazionaria come un nuovo "Big Bang". Da questa prospettiva l'inflazione non è una parte della teoria del Big Bang, come si pensava 15 anni fa; al contrario, è questo ad essere compreso all'interno del modello inflazionario.

16. L'età dell'Universo

Per trarre conclusioni riguardanti l'età minima dell'universo esistono diversi fattori che possono essere d'aiuto.

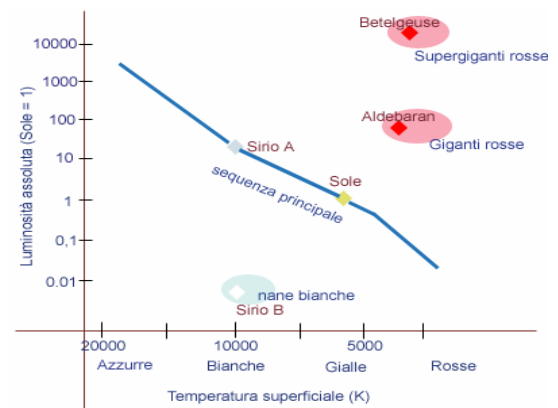
16.1 La formazione delle stelle

La conoscenza dei processi interni ci permette di trarre conclusioni riguardanti la loro età, e quindi l'età minima dell'universo.

1. Fra $5 \cdot 10^9$ anni l'emissione di radiazione aumenterà in maniera così drastica che il Sole comincerà ad espandersi fino a raggiungere un diametro pari a 100 volte quello attuale.
2. L'espansione dell'atmosfera stellare raffredderà, poi, la fotosfera: l'astro diventerà più rosso e due volte più luminoso. Questa è la fase di *gigante rossa*. Il sole è un corpo così massiccio che ha perduto meno di un millesimo della massa iniziale.
3. Mentre l'elio prodotto dalla combustione nucleare si accumula, il nucleo si contrae e la temperatura sale. L'astro scaraventa nello spazio i suoi strati più esterni in un'eruzione gigantesca, diventando una *nana bianca*.

Il diagramma *Hertzsprung-Russell* consente di determinare l'evoluzione delle stelle attraverso l'analisi di quattro differenti parametri:

- la luminosità
- la temperatura superficiale
- la magnitudine assoluta
- la classe spettrale



16.2 La radiazione cosmica di fondo

Altre stelle hanno percorso in passato un cammino evolutivo simile. Infatti una stella è andata distrutta in un'esplosione, generando una supernova. Gli studi fatti attraverso l'analisi delle radiazioni emesse portano gli scienziati a stimare che l'età dell'universo sia compresa tra i 12 e i 15 miliardi di anni.

Dal caos del Big Bang emersero strutture organizzate come stelle, galassie e ammassi galattici. Ancora oggi esiste ed è percepito un residuo dell'esplosione iniziale: la *radiazione cosmica di fondo* a microonde, uniformemente presente in tutto lo spazio con $T = 2,7 \text{ }^\circ\text{K}$.

Le ricerche sull'espansione dell'universo convinsero gli scienziati che prima nel passato dovrebbe essersi verificato un fenomeno simile al Big Bang.

Infatti basandosi sullo spostamento verso il rosso compresero che tutte le galassie si stanno ancora oggi allontanando l'una dall'altra. Lo spostamento verso il rosso è lo stesso fenomeno che ci

permette di percepire più acuto il suono di un veicolo quando questo si avvicina, per poi diventare più grave quando questo si allontana. Determinarono che tutte le galassie si stanno allontanando l'una dall'altra: lo spostamento prende il nome di Effetto Doppler. Non riguarda solo le onde sonore, ma anche quelle luminose.

Queste viaggiano, inoltre, a velocità costante, pari a $3 \cdot 10^8$ m/s. Definita questa velocità con c si può affermare che:

$$c = \lambda \cdot f$$

dove λ è uguale alla lunghezza d'onda e f è uguale alla frequenza.

Poiché la frequenza di oscillazione di una sorgente di luce è inversamente proporzionale alla sua lunghezza d'onda, essa ci sembra più elevata e la sua lunghezza d'onda più piccola se la sorgente si avvicina, cosicché appaia spostata verso l'estremità blu (*blue shift*) dello spettro. Al contrario un oggetto che si allontana appare spostato verso l'estremità rossa (*red shift*).

Fu l'astronomo statunitense Edwin Hubble (1929) ad interpretare lo spostamento verso il rosso come l'effetto Doppler, legandolo a sua volta con l'espansione dell'universo attraverso la seguente formula:

$$v = H \cdot d$$

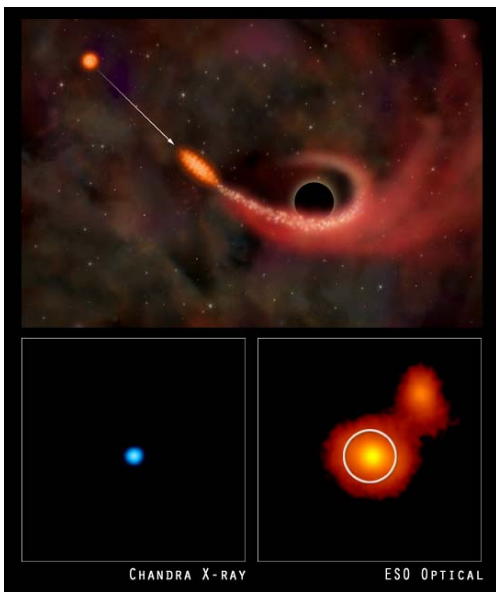
dove H è la costante di Hubble, v la velocità dell'onda, mentre con d si indica lo spazio percorso dalla stessa radiazione elettromagnetica.

Tale uguaglianza permette di fare ipotesi sull'età dell'universo. Quanto più H è piccola, tanto più tempo deve essere trascorso dal Big Bang: le stime attuali danno un'età compresa fra 10 e 30 miliardi di anni.

16.3 Ammassi globulari e sorgenti radio quasi stellari (QUASAR)

Alcuni degli oggetti più luminosi del cielo, detti *quasar*, sono così lontani, che secondo la Teoria Standard li vediamo oggi come apparivano in un'epoca pari al 5% di quella dell'attuale universo: mostrano, infatti, i più grandi spostamenti verso il rosso che si conoscano: ciò significa che lo spazio tra il quasar e la via lattea si sta dilatando così rapidamente, che la distanza tra i due oggetti aumenta del 95% della velocità della luce.

I quasar mostrano forti emissioni di raggi X: possono, quindi, essere individuati da satelliti per raggi X come *Rosat*. Questi corpi celesti distano dalla Terra parecchi miliardi di anni luce.



Considerando il quasar *PKS 2349* (foto Telescopio Spaziale Hubble), sebbene questo emetta una radiazione luminosa pari a quella di miliardi di stelle, in scala cosmica il suo nucleo brillante è molto piccolo, con un diametro di pochi anni luce. Apparentemente esso trae energia dalla galassia circostante, che terminerà di consumarsi fra circa 10 milioni di anni. E', in generale, possibile che la sorgente di energia dei quasar sia costituita da *buchi neri* posti nel centro delle galassie.

16.4 I buchi neri

Un *buco nero* non è realmente un foro nello spazio, ma una concentrazione di materia così enorme da divenire invisibile perché neppure la luce può sfuggire alla sua forza di attrazione. I gas circostanti sono attratti dal suo immenso campo gravitazionale e inghiottiti dal buco nero, che continua così ad aumentare la propria massa. Poiché il gas nei pressi del buco nero si muove più velocemente che all'esterno, questo produce attrito, che a sua volta produce temperature molto elevate. Per questa ragione la materia circostante il buco nero può essere estremamente luminosa: è questa radiazione che ci appare come un *quasar*. Mentre cade a spirale verso il buco nero, il gas forma un disco in rotazione uniforme e sviluppa un campo magnetico. Questo campo magnetico concentra la materia in getti, che fuoriescono lungo l'asse di rotazione.

- Campo gravitazionale così intenso da curvare talmente lo spazio-tempo che al di là di un limite, detto *orizzonte degli eventi*, la luce, o qualsiasi altra radiazione, non è più in grado di sfuggire.
- Il raggio è direttamente proporzionale alla sua massa, secondo la formula.

$$R = \frac{2mG}{C^2}$$

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
| G | = | costante di gravitazione universale |
| C | = | velocità della luce |
| m | = | massa |

In base a ciò, un buco nero con una massa pari a quella del Sole avrebbe un raggio di 3 Km, mentre se la Terra fosse un buco nero il suo raggio sarebbe di 1 cm.

Utilizziamo un anello di colore chiaro come quello in figura, per esempio, per simboleggiare il disco di accrescimento formatosi attorno al buco nero. Questo anello irradia luce in tutte le direzioni, non solo in quella dell'osservatore. Esaminando la luce che viene emessa in direzione opposta all'osservatore si può notare che la traiettoria della luce che passa nelle vicinanze del buco nero viene piegata fortemente. Una parte è attratta verso l'orizzonte degli eventi, da cui non può sfuggire, un'altra, tuttavia, rimane all'esterno. Questa luce può girare attorno al buco nero, allontanarsi da esso e finalmente raggiungere l'osservatore.



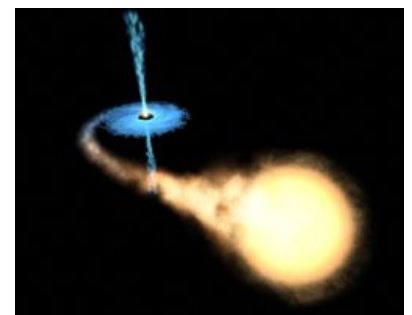
Esaminando questo fenomeno in un'animazione, l'osservatore vedrebbe che, accanto all'anello esterno, ve ne è uno più interno, il quale, tuttavia, non è altro che una copia del primo, generato dalla gravità estremamente intensa del buco nero.

Finora si sono potute raccogliere solo prove indirette dell'esistenza dei buchi neri: per esempio la materia che viene inghiottita dal buco nero emette radiazione di alta energia: è possibile che in questo modo i buchi neri acquisiscano quantità sempre più grandi di materia.

Se questo sia il destino dell'universo, tuttavia, dipende dalla sua struttura spaziale. *Olbers* provò a riflettere sul fatto che lo spazio non fosse infinitamente grande: infatti se la sua estensione fosse illimitata, oltre a possedere una struttura euclidea e omogenea, il cielo notturno dovrebbe essere luminoso quanto quello diurno. In questo caso ci sarebbe una quantità infinita di stelle, quindi anche di luce; dato che le cose non stanno così, può darsi che il cosmo sia, invece, *curvo*.

Stabilire se e quanto esso sia curvo è decisivo per determinare il destino dell'universo.

Per descrivere lo spazio nel nostro universo possiamo usare una *quarta dimensione*: è possibile accedere a questo mondo seguendo il ragionamento del teologo *Edwin Hebbot*, che aveva immaginato un essere bidimensionale.



In tre dimensioni esso non ha problemi a muoversi, sia nel piano, sia nello spazio. Tuttavia, se gli sottraiamo la terza dimensione e riduciamo il suo mondo ad un piano, la sua capacità di movimento diminuisce drasticamente. In questo modo la creatura di Hebbot è in

grado di spostarsi dalla traiettoria di un altro essere solo nel piano, ma ciò rende più semplice esplorare la quarta dimensione ed esaminare il nostro spazio dalla prospettiva degli abitanti di *Flatlandia*.



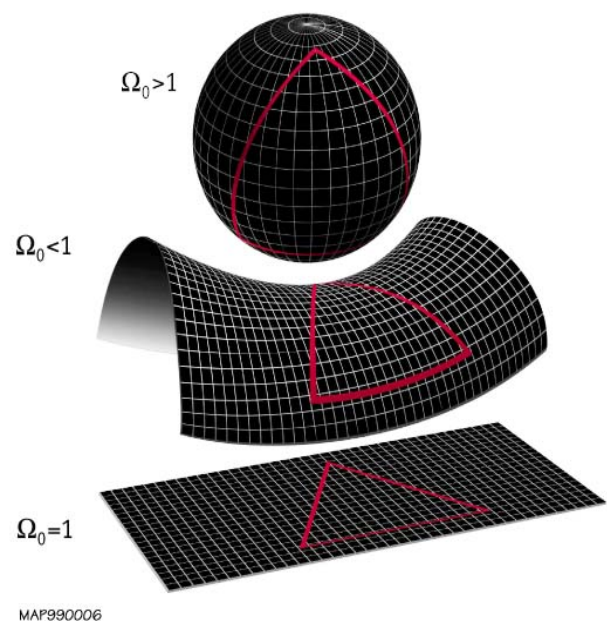
Da questo punto di vista semplificato, l'universo apparirebbe come la superficie di una sfera. La materia sarebbe uniformemente distribuita sulla superficie della sfera: gli abitanti di Flatlandia non sarebbero in grado di percepire lo spazio né all'interno, né all'esterno della superficie della sfera: su questa superficie limitata non esisterebbe neppure il Big Bang.

17. Teorie sull'evoluzione e sul destino dell'Universo

E' concepibile che l'universo abbia avuto una superficie aperta, simile a quella di una sella, la quale, contrariamente alla superficie della sfera, si estenderebbe all'infinito.

Per esaminare il futuro dell'universo, si può collocare il Big Bang sulla superficie dei modelli.

1. La prima variante mostra il cosmo come un'*ipersfera*. A partire dal Big Bang la materia comincia ad espandersi dal confine, finendo poi per contrarsi di nuovo. Durante il raffreddamento, essa forma stelle e galassie, che a causa dell'espansione dello spazio, si allontanano gradualmente le une dalle altre. In questo modello, ad un certo punto, viene raggiunta la distanza massima tra le galassie: esse incominciano ad avvicinarsi di nuovo e lo spostamento verso il rosso diventa spostamento verso il blu.



Finalmente, ad un certo punto, tutta la materia si riaggrega: si ha, così, il *Big Crunch*.

L'universo, in questo modello, è chiuso: esso segue, quindi, un ciclo continuo di morte e rinascita.

2. Nell'altra versione l'universo sarebbe aperto: lo consideriamo a forma di *sella*. Con un'ulteriore astrazione, collochiamo il Big Bang sulla superficie: anche in tal caso la materia si espande e di nuovo forma gradualmente stelle e galassie. In questo modello l'osservatore percepisce all'inizio uno spostamento verso il rosso, perché le galassie si allontanano l'una dall'altra, tuttavia non ci sarà mai uno spostamento verso il blu, perché non si avrà un'inversione del moto di espansione. Con una struttura simile l'universo continuerà ad espandersi in eterno.
3. Nell'ultimo caso la forma dell'universo è, invece, *piatta*. Posizionando al centro il Big Bang, l'espansione che il cosmo subirebbe nel tempo zero non tenderebbe né ad una continua crescita, né ad un Big Crunch. L'universo, insomma, ad un certo punto smetterà di espandersi, rimanendo fermo e intatto in eterno.

La questione relativa al destino del nostro universo è strettamente legata alla massa che esiste nel cosmo: il parametro che la definisce prende il nome di *parametro di densità* (Ω). Se il suo valore è superiore a 1, la contrazione è possibile, ma se è minore, il nostro universo si espanderà all'infinito, come accade per il mondo a ipersella. Infine, se Ω risulta esattamente uguale a 1, l'universo, come già accennato, rimarrebbe fermo e piatto. Dai dati disponibili sino ad oggi, il valore di Ω risulta inferiore a 1: ciò significa che il cosmo dovrebbe continuare all'infinito la sua espansione. Tuttavia molti studiosi suppongono che il valore oggi noto di Ω non sia veritiero: infatti alcuni fenomeni indicano che nell'universo devono esistere fonti di massa nascosta, forse sotto forma di materia che non emette radiazione luminosa. Per questa ragione viene chiamata *materia oscura*.

18. La materia oscura

La velocità di rotazione delle galassie a spirale fornisce indizi riguardanti la sua esistenza. Normalmente gli astronomi presumono che le stesse leggi fisiche valide sulla terra e nel sistema solare si applichino anche alle galassie lontane. Quasi tutta la massa del sistema solare è concentrata nel Sole: le velocità orbitali dei pianeti diminuiscono all'aumentare della distanza dal centro. Infatti il pianeta più vicino al Sole, Mercurio, è dieci volte più veloce di Plutone, che si trova ad una distanza cento volte maggiore. Se la velocità orbitale e la distanza dei pianeti sono note, si può determinare la massa della stella centrale, in questo caso il Sole.

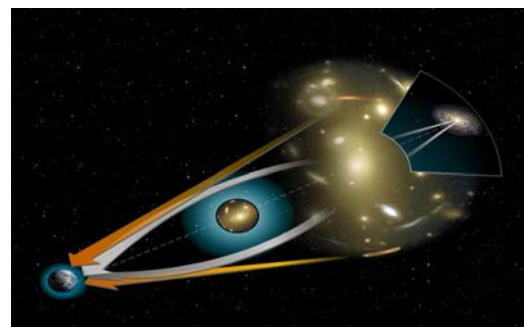
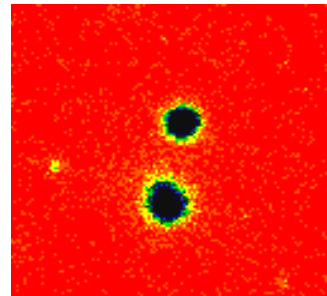
Se si applica questo ragionamento alle galassie, la quantità di materia in ciascuna orbita stellare può essere determinata con l'aiuto della velocità e della distanza delle stelle che ruotano intorno al centro della galassia.

Nei pressi del centro vi è un netto picco della distribuzione di luminosità: per questa ragione gli astronomi hanno ritenuto a lungo che la distribuzione di luminosità riflettesse la distribuzione di massa.

Analogamente a quanto accade nel sistema solare, si aspettavano che le velocità orbitali delle stelle attraverso il bordo debolmente luminoso della galassia, fossero molto piccole. Invece, hanno poi scoperto che il moto delle stelle è rapido anche presso il confine visibile della galassia, dove si possono osservare relativamente poche stelle. Questo è possibile solo se la massa non è concentrata nel centro della galassia, ma distribuita uniformemente. Pertanto la massa non luminosa, o materia oscura, che potrebbe causare questo fenomeno, deve essere localizzata presso il bordo galattico.

Le osservazioni nei raggi X della galassia M87, situata nell'ammasso della Vergine, indica che ad una distanza di 300.000 anni luce dal nucleo, l'entità della massa è 100 volte superiore rispetto a quanto ci si aspetterebbe in base alla luminosità. Finora non è stato possibile comprendere di cosa realmente sia composta questa massa.

Un altro fenomeno che fa pensare all'esistenza di materia oscura nelle galassie, e quindi alla possibilità che l'universo sia chiuso, è l'effetto della *lente gravitazionale*, fenomeno spesso associato a quasar lontani. A causa di questo fenomeno, l'immagine di un quasar appare generalmente sdoppiata o moltiplicata: quando, nel 1979, venne scoperta la coppia di quasar QSO0957 e QSO0561, si pensava dapprima che si trattasse di due oggetti distinti, ma le apparenze ingannavano.



Se tra la terra e il quasar è interposta una galassia, la luce del quasar, come afferma la *teoria generale della relatività* di Einstein, viene deviata dal campo gravitazionale della galassia stessa. Ciò permette di vedere il quasar nonostante la presenza della galassia che lo copre. In questo modo la galassia ha lo stesso effetto di focalizzazione di una lente convessa, e generalmente produce due immagini dell'oggetto di partenza.

Ma il problema posto da questo fenomeno è che di solito la galassia interposta tra la terra e il quasar sembra avere una massa troppo piccola per generare la deflessione osservata: probabilmente anche in questo caso la materia oscura ha un ruolo determinante e significativo.

FISICA

19. La Relatività Ristretta

Secondo Einstein, analizzando sistemi inerziali, in cui, quindi, i corpi si muovono con velocità costante, lo spazio e il tempo non vanno più considerate come categorie assolute e separate: al contrario, esse spazio e tempo fanno parte di una unica realtà, lo *spazio-tempo 4-dimensionale*.

19.1 Conseguenze:

1. La contrazione degli intervalli e la dilatazione dei tempi
2. la velocità della luce non può essere superata, essa rappresenta la velocità limite della natura.
3. le velocità non si sommano semplicemente, ma lo si fa con una formula tale per cui combinando c con V si ottiene semplicemente c come deve essere secondo il principio di costanza della velocità della luce.
4. Un'altra conseguenza fondamentale della RR riguarda il concetto stesso di *massa* ed *energia*. Secondo la meccanica classica un corpo in movimento possiede una energia cinetica (di movimento) che si può, per esempio, manifestare quando quel corpo ne urta un altro. Se un corpo è in quiete, invece, la sua energia cinetica è nulla.

Secondo la Relatività Ristretta, invece, un corpo ha energia anche quando è in quiete e questa energia è data dalla notissima formula:

$$E=mc^2$$

La formula esprime un concetto “filosofico” completamente nuovo e ricco di conseguenze inaspettate (rispetto alla meccanica classica): esso afferma la totale equivalenza di massa ed energia (a meno della costante moltiplicativa c^2). Afferma cioè che massa ed energia sono due aspetti apparentemente diversi di una medesima realtà. La massa può di conseguenza trasformarsi in energia e viceversa e la quantità di energia che si produce trasformando la massa è enorme perchè m viene moltiplicato per il numero grandissimo 90.000.000.000.000.000. Simili energie si ottengono solo nelle reazioni atomiche di fissione e di fusione.

Dalla appena esposte descrizione del mondo restano fuori i sistemi di riferimento accelerati, quelli cioè che si muovono di moto non rettilineo uniforme rispetto ad un sistema inerziale.

Einstein intuì che le leggi della fisica dovessero essere le stesse in ogni sistema di riferimento, non solo in quelli inerziali.

Questa estensione della Relatività Ristretta va sotto il nome di *principio di relatività generale*.

20. La Relatività Generale

Il problema della definizione della Relatività Generale era però complicato dal fatto che già nella Relatività Ristretta si fa menzione del solo campo elettromagnetico (principio di costanza della velocità della luce) mentre rimaneva del tutto escluso l'altro campo di forze noto a quei tempi, il campo gravitazionale.

Come inserire nella teoria anche il campo gravitazionale? Del campo gravitazionale era nota la formula di Newton che esprime la forza con cui due masse qualunque si attirano. La forza gravitazionale è una forza universale che agisce fra tutti i corpi, piccoli o grandi che siano. E' una forza molto debole che diventa apprezzabile solo fra corpi molto grandi.

20.1 L'intuizione di Einstein

Einstein risolse il problema della definizione della Relatività Generale partendo da una intuizione geniale su un fatto semplicissimo: tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione indipendentemente dalla loro massa (non considerando l'attrito dell'aria ed il fatto che la terra ruota su se stessa). Questo fenomeno era stato studiato già da Galileo e da Newton ma nessuno dei due aveva pensato che questo fatto fosse di fondamentale importanza e non una pura casualità.

Questo fenomeno va sotto il nome di *principio di equivalenza* ed esprime il fatto che la massa inerziale è uguale alla massa gravitazionale, ovvero che due corpi si attirano gravitazionalmente con la stessa massa con la quale reagiscono a qualunque forza, di qualunque tipo. Vi è un solo tipo di massa.

Einstein collegò il fenomeno della caduta (con la stessa accelerazione) dei corpi in un campo gravitazionale col fatto che rispetto ad un sistema di riferimento uniformemente accelerato (con accelerazione costante) tutti i corpi vengono visti accelerare con la stessa accelerazione (opposta a quella del sistema) non dipendente dalla massa dei corpi.

Einstein notò che un campo gravitazionale è indistinguibile da un sistema di riferimento accelerato (almeno per tempi sufficientemente corti).

Si fornisce un esempio:

Supponiamo che degli astronauti stiano navigando nello spazio in una navicella spaziale particolare: essi hanno solo la possibilità di fare esperimenti di fisica sugli oggetti al suo interno e non hanno alcuna percezione di ciò che avviene all'esterno.

Supponiamo che ad un certo momento essi notino che tutti i corpi all'interno della navicella subiscano una medesima accelerazione costante in valore e direzione, diciamo verso il pavimento dell'astronave.

Orbene, essi non potranno mai affermare con nessun esperimento fatto all'interno della navicella che le accelerazioni che misurano siano causate dai razzi della navicella che la stanno facendo accelerare oppure da un campo gravitazionale esterno. Essi non potranno mai affermare, quindi, di essere in un sistema di riferimento accelerato oppure di essere immersi in un campo gravitazionale uniforme (come sulla superficie terrestre).

Il fatto che un campo gravitazionale è matematicamente identico ad un sistema di riferimento accelerato è un altro modo di esprimere il principio di equivalenza ed è la base su cui si fonda la Relatività Generale. Un campo gravitazionale è allora equivalente ad un sistema di riferimento (non inerziale) in cui lo spazio-tempo risulta modificato, influenzato, incurvato dalle masse che lo generano.

Ecco così che i sistemi di riferimento non inerziali vengono conglobati nella teoria come generalizzazione di quelli inerziali in presenza del campo gravitazionale.

20.2 Caratteristiche

1. Lo spazio-tempo 4-dimensionale viene così perturbato dalle masse che generano il campo gravitazionale che lo incurvano.
2. lo spazio-tempo della realtà fisica non è piatto, cioè euclideo. In esso non valgono più le regole della geometria euclidea.

Questo dato può sembrare stupefacente perché, in effetti, la geometria euclidea è ben soddisfatta nell'esperienza comune: nel sistema nostro solare, per esempio, lo spazio-tempo può considerarsi pressochè piatto. La curvatura dello spazio-tempo comincia a farsi sentire per distanze molto grandi, per l'universo nel suo insieme o per oggetti particolari quali i buchi neri.

20.3 Conseguenze

Il fatto che il campo gravitazionale creato dalle masse incurvi lo spazio-tempo produce conseguenze assolutamente nuove rispetto alla meccanica classica. Se ne elencano alcune particolarmente importanti :

1. *spostamento verso il rosso (red shift) gravitazionale*: a causa dell'incurvamento dello spazio-tempo un orologio immerso in un campo gravitazionale viene visto marciare più lentamente da un osservatore posizionato al di fuori del campo (ovvero dove il campo è più debole). Supponiamo allora di osservare un orologio posto sulla superficie del sole dove il campo gravitazionale è sicuramente molto intenso. Secondo quanto precedentemente affermato lo dovremmo vedere segnare il tempo più lentamente di un analogo orologio posizionato qui sulla terra. Il problema è che è possibile posizionare un orologio sul sole per via della enorme temperatura. Possiamo però utilizzare gli "orologi naturali" che già vi sono posizionati. Gli atomi eccitati emettono radiazioni di frequenza ben determinata. Noi possiamo considerare queste frequenze tipiche di ogni atomo come degli orologi perfetti. Osservando le frequenze di emissione degli atomi sul sole osserviamo che esse ci appaiono minori, più rosse, di quello che dovrebbero essere e ciò conformemente all'incurvamento dello spazio-tempo prodotto dal campo gravitazionale solare..
2. *lo spostamento del perielio di Mercurio* : Mercurio è il pianeta più vicino al sole e la sua orbita deve risentire più di ogni altro pianeta dell'incurvamento spaziale generato dal campo gravitazionale solare. Già da metà '800 era nota una piccola variazione (43" per secolo) del perielio di mercurio secondo la quale il pianeta non percorre una ellisse chiusa, bensì compie un'orbita a "rosetta". Questa anomalia non trovava una spiegazione nell'ambito della teoria newtoniana. All'interno della Relatività Generale questo fenomeno trova una spiegazione nell'incurvamento spaziale che in prossimità del sole è apprezzabile.
3. *deviazione della posizione apparente delle stelle nelle vicinanze della superficie solare* : se lo spazio è incurvato dal campo gravitazionale del sole, un raggio di luce che passa nelle sue vicinanze (dove l'incurvamento è maggiore ed il fenomeno più rilevabile) non può compiere un cammino rettilineo (come se lo spazio fosse euclideo). Le stelle posizionate (apparentemente) nei pressi della superficie del sole devono allora avere la loro luce deviata dal campo gravitazionale solare. Il sole funge allora da "lente gravitazionale" e le stelle appaiono spostate rispetto alla posizione che hanno quando sono posizionate lontane (apparentemente) dal sole. Questo fenomeno è verificabile solo durante le eclissi solari totali.
4. *Il paradosso dei gemelli*: la dilatazione relativistica del tempo ci porta ad alcune osservazioni molto interessanti. Consideriamo un semplice esperimento ideale. Ci sono due gemelli, che chiameremo K e K'. Un giorno K' intraprende un viaggio spaziale a velocità prossima a quella della luce. Supponiamo che per K' il viaggio duri un anno. Per K, invece, a causa

della dilatazione dei tempi, il viaggio di K' viene visto durare, ad esempio, dieci anni. Quando K' ritorna da K, lo vedrà invecchiato di nove anni rispetto a se stesso.

21. L'ipotesi risolutiva: l'Universo parallelo

Tuttavia permane ancora la fatidica domanda: “Di che cosa potrebbe essere composta la materia oscura nelle galassie?” Secondo alcuni modelli di fisica delle particelle, meno del 5% dell'universo consisterebbe di materia “normale”: di conseguenza la massima parte della materia esistente è costituita da particelle sconosciute di massa molto piccola, che non possono essere rilevate dagli strumenti di cui disponiamo. Ulteriori candidati al ruolo di materia oscura sono i buchi neri, le stelle di neutroni, le nane brune e le nane rosse.

Un diverso approccio al problema della massa mancante è stata messa a punto da alcuni astronomi del centro nazionale delle ricerche francese. Basandosi su simulazioni al computer, essi sostengono che potrebbero esistere universi paralleli che interferiscono con il nostro. Per comprendere meglio la loro ipotesi, è utile tornare a considerare gli abitanti di *Flatlandia*: supponiamo che abbiano bisogno di scavalcare un ostacolo. Essi non possono superarlo, poiché si trovano su un piano, ma se noi fossimo in grado di entrare nel loro mondo potremmo sospingerli verso l'ostacolo. Gli abitanti di Flatlandia non ci vedrebbero: avvertirebbero solo la forza esercitata da noi.

Con questo approccio, il problema della materia oscura nelle galassie o nel fenomeno delle lenti gravitazionali potrebbe essere affrontato in maniera analoga. La forza di gravità necessaria non sarebbe fornita dalla materia oscura, ma da un universo parallelo che entra con la sua gravità nel nostro spazio. La luce, tuttavia, sarebbe legata al suo universo di origine: infatti non è possibile vedere l'universo parallelo. Modelli come questo sono ben difficili da comprendere e da dimostrare: in effetti oggi l'astrofisica e la fisica delle particelle hanno raggiunto i limiti di ciò che è tecnicamente possibile.

Nel futuro saranno certamente sempre più necessarie immaginazione e creatività per la valutazione dei dati disponibili. Forse un'unificazione della meccanica quantistica e della teoria generale della relatività, ovvero tramite una grande teoria unificata, l'uomo potrebbe riuscire a risolvere il problema della struttura dell'universo. Attualmente, però, l'uomo può solo limitarsi a contemplare con un occhio lontano i fenomeni nello spazio più profondo.

STORIA

22. La guerra di Einstein

Uno dei massimi studiosi che hanno contribuito al progresso scientifico e tecnologico è stato proprio il “padre della relatività”: Albert Einstein. Oltre ad elaborare le due famose teorie già trattate prima, egli è stato sempre presente nella storia e nell’opinione pubblica della sua epoca.

Infatti, leggendo anche solo alcuni dei suoi scritti morali, emerge chiaramente la necessità di un profondo legame che, secondo il padre della relatività, doveva sussistere tra il progresso scientifico e il progresso morale e sociale dell’umanità. Una relazione stretta, profonda, irrinunciabile, ma troppo spesso messa in discussione e a rischio dal ricorso alla violenza e alla sopraffazione e dall’incombere della guerra. Sotto questo profilo risulta perfettamente comprensibile la ragione per cui, secondo Einstein, il problema della guerra fosse una priorità per l’intero genere umano.

La via individuata dal fisico è estremamente chiara: la soluzione alla conflittualità tra le nazioni consisterebbe (il condizionale è d’obbligo) nella creazione di un organismo transnazionale in grado di sciogliere attraverso interventi collegiali le eventuali situazioni di tensione e di crisi.

Risulta, tuttavia, doveroso operare una distinzione tra gli ideali pacifisti caratterizzanti il periodo precedente al secondo conflitto mondiale e le istanze pacifiste postbelliche successive alla scoperta degli orrori di Auschwitz e, soprattutto, all’utilizzo delle bombe atomiche su Hiroshima e Nagasaki.

Nel primo caso, infatti, ci troviamo di fronte a ragioni legate più alla priorità dell’interesse nazionale che alla difesa di principi universalmente condivisi. In altre parole il rifiuto della guerra, ma più correttamente il non coinvolgimento in operazioni belliche, era dettato più da ragioni di opportunità politica che da principi morali, o, in qualche caso, da una visione semplicistica e banalizzante della realtà storica.

Nel secondo caso, su cui avremo modo di ritornare nel paragrafo successivo, viceversa la messa al bando della guerra, quale unica soluzione plausibile ai conflitti tra Stati, si rivolge alle coscienze dei singoli individui e si collega alla necessità di promuovere azioni e istituzioni politiche universalizzabili anche alla luce dei rischi e degli effetti, per l’intero genere umano, che le nuove frontiere della tecnologia militare avevano così brutalmente mostrato.

È all'interno di questa cornice che è possibile valutare la natura del pacifismo di Einstein. In uno scritto del 1934 inserito nella raccolta, significativamente intitolata *“Pensieri degli anni difficili”*, in cui Einstein si sofferma sul ruolo e sulla funzione del servizio militare, il fisico presenta una disamina molto chiara e intensa:

“In quei Paesi l’obiezione di coscienza ha il valore di una testimonianza che si paga col martirio, con la condanna a morte, mentre da noi, ove il cittadino può ancora fruire delle libertà politiche, da noi quel rifiuto mina obiettivamente la tenuta della parte sana della comunità delle nazioni. Coi tempi che corrono, sarebbe davvero un comportamento irresponsabile quello di chi incoraggiasse un disarmo unilaterale, perlomeno nel Vecchio Continente, su cui incombono gravi pericoli. Nella presente situazione una resistenza passiva, anche la più eroica, non costituirebbe un metodo efficace, a mio avviso: altri i tempi, altri i mezzi, pur se il fine resta immutato. Chi vuole davvero la pace, oggi, dovrà adottare una strategia diversa da quella che sarebbe potuta essere valida in passato”.

Da un lato Einstein rivendicava l’urgenza di un intervento collegiale e unitario da parte di un organismo internazionale che, superando i limiti operativi della Società delle Nazioni⁶, potesse fattivamente difendere e garantire la promozione e la tutela delle libertà fondamentali. Libertà che in quegli anni erano seriamente pregiudicate dall’ascesa dei regimi totalitari – e lo sguardo di Einstein è chiaramente rivolto alla sua Germania. Dall’altro lato, Einstein sottolineava come il rifiuto all’uso delle armi non rappresentasse più una soluzione universalmente giustificabile. La difesa della pace richiedeva responsabilmente il ricorso alla forza.

“Il pacifismo è perduto e si trasforma in inetta ipocrisia se non tiene presente che la guerra è una geniale e formidabile tecnica di vita e per la vita”.

Quello di Einstein si configurava, dunque, come un richiamo veemente ad una responsabilità collettiva: un obbligo morale che derivava dal rispetto della libertà e della dignità umana. Il duplice giudizio espresso in merito all’efficacia dell’obiezione di coscienza – un giudizio positivo, se tale pratica è messa in atto dal popolo tedesco come estrema forma di rivolta (di martirio) in opposizione a un governo tirannico; ma assolutamente negativo e ingiustificabile se praticato da popoli democratici quale alibi alla salvaguardia e alla protezione dei propri interessi di parte, andava dunque nella direzione di un monito a non sottovalutare la pervasività di un pericolo incombente e tuttavia considerato, da alcune nazioni, irrilevante.

Un intervento non era più prorogabile: bisognava operare in modo da dissuadere la Germania di Hitler a proseguire nel suo cammino di espansione e la risposta doveva essere sicura, decisa e soprattutto unitaria. In uno scritto del 1933, *“Scienza e Civiltà”*, Einstein ribadisce l’entità del rischio e l’intrinseco valore morale di scelte politiche non ponderate:

“È in tempi di crisi economica come quelli in cui oggi viviamo, che si vede molto chiaramente l’intensità delle energie morali che sono vive in un popolo. Speriamo che lo storico futuro, che emetterà un giudizio quando l’Europa sarà politicamente ed economicamente unita, possa dire che nei giorni nostri la libertà e l’onore di questo continente furono salvati dalle sue nazioni occidentali, che resistettero in tempi duri alle tentazioni dell’odio e dell’oppressione, e che l’Europa occidentale difese con successo quella libertà dell’individuo che ci ha portato ogni avanzamento del sapere e della scienza, quella libertà senza la quale la vita, per un uomo che abbia rispetto per se stesso, non è degna di essere vissuta”.

Va interpretata in tal senso la lettera che il 2 agosto 1939 Einstein indirizzò al presidente degli Stati Uniti F. D. Roosevelt, incitando la costruzione della bomba atomica e invitando a promuovere azioni politiche utili al reperimento delle materie prime necessarie alla costruzione della bomba e all’adeguato finanziamento delle ricerche condotte dai suoi colleghi.

Si riporta, dunque, la lettera in lingua inglese, con la corrispondente traduzione in italiano:

“Signore,

i risultati di alcuni recenti lavori di E. Fermi e di L. Szilard, a me pervenuti in forma di manoscritto, mi portano a ritenere che l'elemento uranio possa essere trasformato, nell'immediato futuro, in un'importante fonte di energia. Alcuni aspetti della situazione che si è creata mi inducono alla vigilanza e potrebbe essere necessario un pronto intervento da parte dell'amministrazione. Credo che sia mio dovere portare alla sua attenzione i seguenti fatti e farle delle raccomandazioni.

Durante gli ultimi quattro mesi, grazie al lavoro di Soilot in Francia e Fermi e Szilard in America, sembra sia stato possibile creare una reazione nucleare a catena in una grande massa di uranio, in cui si genererebbero un'enorme forza e grosse quantità di elementi simili al radio. Pare dunque che questo risultato sarà conseguito nell'immediato futuro.

Questo fenomeno potrebbe anche portare alla costruzione di bombe, ed è immaginabile – anche se non certo – che siano bombe estremamente potenti di un genere mai costruito. Un singolo ordigno di questo tipo, trasportato via mare e fatto esplodere in un porto sarebbe in grado di distruggere l'intero porto e parte del territorio circostante. Tuttavia queste bombe sarebbero troppo pesanti per il trasporto aereo. Gli Stati Uniti possiedono minerali di uranio in modeste quantità [...].

In questa situazione lei potrebbe ritenere utile mantenere contatti stabili tra l'amministrazione e il gruppo di fisici che in America lavorano alla reazione a catena. Potrebbe a questo punto incaricare a questo fine una persona di sua fiducia in veste non ufficiale i cui compiti sarebbero:

- essere vicino ai dipartimenti governativi e tenerli informati di nuovi sviluppi, fornire suggerimenti per l'azione governativa, prestando particolare attenzione al problema di assicurare una fornitura di uranio agli Stati Uniti;
- dare impulso al lavoro sperimentale, ora portato avanti nei limiti del budget dei laboratori universitari, fornendo, nel caso, finanziamenti offerti da privati di sua conoscenza interessati a contribuire a questa causa, e cercando anche la collaborazione di laboratori industriali che abbiano le apparecchiature necessarie.

Sono a conoscenza che la Germania ha fermato la vendita di uranio nelle miniere cecoslovacche, di cui ha oggi il controllo, e che forse la ragione di questa tempestiva decisione è la presenza del figlio del sottosegretario di Stato, Von Weizsacker, al Kaiser – Wilhelm – Institut di Berlino, in cui vengono replicati alcuni esperimenti americani sull'uranio.

A. Einstein"

“Sir,

some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, lead me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable – through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America – that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable – though much less certain – that the extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air. The United States has only very poor ones of uranium in moderate quantities [...].

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reaction in America. One possible way of achieving this may be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task may comprise the following:

- to approach Government Department, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of security a supply of uranium for United States.
- To speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over.

That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsacker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
Albert Einstein”

Quella di Einstein è una posizione non esente da contraddizioni o da ripensamenti, come lo stesso fisico negli anni seguenti avrà modo, dando prova di grande onestà intellettuale.

22.1 La bomba atomica

Dopo le sconfitte tedesche su vari fronti e la conferenza di Yalta, i Governi degli Stati Uniti, della Gran Bretagna e della Cina diramano un comunicato congiunto, offrendo la resa all'Impero Giapponese, ma senza fare alcun cenno all'arma totale. L'ultimatum sarebbe scaduto il 2 agosto. La radio giapponese informa quasi subito che la dichiarazione di Potsdam non è stata neppure presa in considerazione.

Il 3 agosto Harry S. Truman decide: sì alla bomba, il più presto possibile, su un centro abitato, ma non viene precisato quale. Sarà il pilota a decidere. La bomba ha già un nome, “*Little Boy*” (“Piccolo Ragazzo”). Esteticamente non è molto dissimile da una bomba qualunque ed ha anch'essa gli alettoni equilibratori. È un cilindro di ottanta centimetri di diametro, lungo tre metri e ventotto e pesa complessivamente quattromilaquattrocento chilogrammi. La carica nucleare è di appena 62,3 kg. di Uranio 235, scomposta in quattro parti uguali che sono tenute scrupolosamente separate.



Solo all'ultimo momento quattro detonatori avrebbero provveduto a scagliarle l'una contro l'altra alla velocità di 1500 metri al secondo, affinché formino la massa critica.

L'*Enola Gay*, questo il nome dell'aereo che trasporta la bomba, comincia ad avviarsi la notte del 6 agosto verso Hiroshima. Al sorgere del Sole l'equipaggio osserva in lontananza la città di Hiroshima. Dopo aver accertato tramite vari strumenti meteorologici che le condizioni atmosferiche siano adeguate, cominciano ad avvicinarsi alla città.

La quota precisa è di 9632 metri sul livello del mare, la velocità di 528 chilometri orari. Sono le 8,14: Little Boy precipita.

Alle 8.15 la bomba esplode a poco meno di seicento metri d'altezza, polverizzando all'istante ogni cosa su un'area di tre chilometri quadrati e soffiando un alito rovente (dai trecento ai

novemila gradi) su una superficie assai più vasta. Qui gli abitanti di Hiroshima, dissolti, lasciano la loro ombra sulle pietre vetrificate. L'onda d'urto preme con la forza inconcepibile di settemila tonnellate per centimetro quadrato. Dura un attimo, ma tutto spazza e incendia. E' sceso l'inferno sulla terra. Tutto è finito, arso, smaterializzato.

La sera, il Presidente Truman annuncia la verità al mondo. Gli Stati Uniti posseggono al momento un'altra bomba atomica - al plutonio, ma si spera che quella di Hiroshima possa bastare. E' una breve illusione: Truman autorizza la *United States of America Air Force* a colpire con la bomba al plutonio una seconda città giapponese. La bomba al plutonio esplode sulla verticale di Nagasaki alle 11,02 del 9 agosto. L'inferno si ripete. Come a Hiroshima. Le macerie sembrano ruderi di un'età preistorica: tutto appare fossilizzato.

Truman è felice: *“Con questa bomba noi abbiamo ora raggiunto una gigantesca forza di distruzione, che servirà ad aumentare la crescente potenza delle forze armate. Stiamo ora producendo bombe di questo tipo, e produrremo in seguito bombe anche più potenti”*.

(Comunicato Ansa, 6 agosto 1945, ore 20,45)

Ha scritto Michael Walzer in *“Guerre giuste e ingiuste”*:

“Ad Hiroshima nacque un nuovo genere di guerra, e stavamo dando la prima dimostrazione della sua capacità di morte. Sebbene siano rimaste uccise meno persone che nei bombardamenti a tappeto incendiari di Tokyo, nondimeno vennero uccise con una mostruosa facilità. Un aereo, una bomba: con una simile arma i 350 aerei che avevano attaccato Tokyo avrebbero potuto virtualmente spazzar via ogni forma di vita umana dalle isole giapponesi. La bomba atomica incarnava davvero la morte, indiscriminata e totale, e dopo Hiroshima il primo compito dei leader politici di ogni parte del mondo divenne prevenire il ripetersi dell'evento”.

L'agosto del 1945 segnò un passaggio epocale, drammaticamente decisivo, nella storia dell'umanità. La disperata ricerca di motivazioni forti che giustificassero la legittimità del bombardamento contrastavano con la logica delle cose, con la cronologia stessa degli eventi.

Il 12 agosto del 1945 Truman presentò al popolo americano questa spiegazione:

“Abbiamo usato (la bomba) contro coloro che ci hanno attaccato senza preavviso a Pearl Harbor, contro coloro che hanno ridotto alla fame e torturato e ucciso prigionieri di guerra americani,

*contro coloro che hanno abdicato ad ogni pretesa di rispettare il diritto di guerra internazionale.
L'abbiamo usata per accorciare l'agonia della guerra...".*

Tuttavia, il riferimento all'attacco di Pearl Harbor appare piuttosto inadeguato.

Il bombardamento subito dagli americani fu condotto quasi esclusivamente contro obiettivi militari: infatti, andarono distrutte alcune abitazioni civili nella vicina Honolulu. Al contrario, l'intervento americano fu spinto dall'idea di applicare un freddo calcolo delle proporzioni alla scelta di utilizzare un'arma così potente su bersagli civili.

La posizione di Einstein a questo punto della storia condivide molto della drammaticità del momento. La prima sensazione è probabilmente quella dell'inganno. Certamente, quelle righe scritte a Roosevelt, solo sei anni prima, nel 1939, acquisivano ora, di fronte a due città completamente rase al suolo un significato non più condivisibile. Infatti egli dichiarò più tardi:

"Se avessi saputo che i tedeschi non sarebbero riusciti a costruire la bomba atomica non avrei mai mosso un dito".

22.2 La "guerra fredda"

Qualcosa dunque era cambiato nella società americana. Quella società che lo aveva accolto e che considerava come la culla della libertà e della democrazia, ma che nel corso degli anni aveva visto profondamente cambiare nella sua mentalità e nei suoi scopi. Probabilmente anche la società americana aveva mutato il suo atteggiamento nei confronti di questo scienziato così presente, eccessivamente presente, sulla scena pubblica.

L'atteggiamento di Einstein nei riguardi della società statunitense è ambivalente. Da un lato, infatti, sembra prevalere una laconica rassegnazione; dall'altro emerge una superiore saggezza, la consapevolezza di trovarsi dalla parte giusta, di aver tenuto fede alla propria coscienza morale di uomo libero. Il compito di uno spirito indipendente è proprio quello di far sentire la propria voce e tentare, se possibile, di trovare un attento uditorio.

Su questo punto l'azione di Einstein aveva preso avvio con vigore e determinazione subito dopo la fine dell'età delle guerre combattute, ed all'inizio dell'era della guerra minacciata.

In uno scritto del 1947 opportunamente intitolato, mentalità militarista e intrusione militare nella scienza, Einstein così descrive la realtà americana di quegli anni:

“Debbo confessare francamente che la politica estera degli Stati Uniti dopo la fine delle ostilità mi ha ricordato, a volte irresistibilmente, l’atteggiamento della Germania sotto il Kaiser Guglielmo II, e so che, indipendentemente da quello che penso io, questa analogia è dolorosamente condivisa anche da altri. È caratteristico della mentalità militarista il considerare come essenziali i fattori non umani (le bombe atomiche, le basi strategiche, le armi di ogni sorta, il possesso delle materie prime, e così via), mentre l’essere umano, i suoi desideri e i suoi pensieri, in parole povere i fattori psicologici, vengono considerati non importanti e secondari. [...]. I fini normali delle umane aspirazioni svaniscono: al loro posto, la mentalità militarista eleva a finalità autonoma il «nudo potere» (una delle più strane illusioni di cui l’uomo possa cadere vittima)”.

Il giudizio di Einstein è netto e lascia poco spazio a fraintendimenti o errate interpretazioni. Esso inoltre è acutamente sottile. Einstein, infatti, attribuisce alla società americana i caratteri deteriori dei nemici del passato e del presente: autoritarismo e massificazione. D'altronde questi erano gli ingredienti necessari per l'attuazione della nuova politica internazionale. La legittimazione politica era strettamente connessa alla credibilità della minaccia.

Occorre ricordare ancora una volta l'epoca nella quale sono state scritte queste parole: è il 1947, ma la lucidità dei concetti è purtroppo drammaticamente attuale, e la confusione legittima. Di fronte a questo atteggiamento il diritto internazionale restava e resta tuttora impotente. Einstein cercò di promuovere ancora una volta, l'idea di un organismo internazionale, di un Governo delle Nazioni, scevro da ambiguità e realmente funzionante. L'idea era quella di bilanciare la conoscenza della tecnologia atomica in possesso degli Stati Uniti e della Gran Bretagna con la facoltà attribuita alla Russia di definire le regole di fondo, il primo abbozzo di costituzione per la realizzazione di un Governo mondiale.

È evidente che simili proposte precorressero i tempi, risultando impossibili da applicare da parte di una comunità internazionale impegnata a sfidarsi, a mostrare i denti evitando l'ignominia della codardia.

L'11 aprile del 1955, Einstein aderisce all'appello promosso da Bertrand Russell per la messa al bando delle armi nucleari in tutto il mondo: è il suo ultimo atto pubblico in favore della pace.

22.3 Il “Manifesto Russel-Einstein”

Quello che è conosciuto come il “Manifesto Russel-Einstein”, ideato dal primo (eminente filosofo e matematico) e firmato anche dal secondo, maggiormente famoso, è la più importante denuncia mai scritta sulla minaccia rappresentata dalle armi nucleari.

Concepito “*per far comprendere alla gente ed ai governi le catastrofi che potevano essere causate*” dai nuovi armamenti, il manifesto è assai chiaro. In effetti, dopo mezzo secolo non ha perso una sola briciola della sua capacità di coinvolgimento e, purtroppo, non una sola virgola della sua attualità.

Nella metà degli anni Cinquanta, in un mondo che andava assistendo allo scatenarsi della “*guerra fredda*” e ad una poderosa corsa al riarmo, gli intellettuali pacifisti affermavano, infatti:

“Nella tragica situazione che si pone all’umanità, pensiamo che gli scienziati dovrebbero riunirsi per valutare i pericoli che sono sorti come risultato dello sviluppo delle armi di distruzione di massa, e discutere una deliberazione nello spirito del documento allegato”.

“In quest’occasione – aggiungevano - noi non parliamo come membri di questa o quella nazione, continente o fede, ma come esseri umani, membri della specie Uomo, della quale è in dubbio la continuità dell’esistenza [...]. Dobbiamo imparare a pensare in un modo nuovo. Dobbiamo imparare a chiederci non quali passi possono essere fatti per dare la vittoria militare al gruppo che preferiamo, perché tali passi non esistono più; la domanda che dobbiamo porci è: quali passi debbono essere fatti per evitare una contesa militare la cui conclusione sarebbe disastrosa per tutte le parti? [...].

Non c’è dubbio che in una guerra con bombe-H diverse grandi città sarebbero rase al suolo. Ma questo sarebbe uno dei disastri minori da fronteggiare. [...].

Oggi noi sappiamo, specialmente dopo il test di Bikini, che le bombe nucleari possono distribuire gradualmente distruzione sopra un’area molto più grande di quanto si fosse supposto. [...].

Oggi si può costruire una bomba che sarà 2500 volte più potente di quella che distrusse Hiroshima. Questa bomba, se esplodesse vicino al suolo o sott’acqua, invierebbe particelle radioattive nell’atmosfera. [...]. Nessuno sa per quale grande estensione queste particelle radioattive mortali potrebbero diffondersi, ma le autorità più qualificate sono unanimi nell’affermare che una guerra con le bombe-H potrebbe molto probabilmente segnare la fine della razza umana [...].

Il termine “genere umano” suona vago e astratto. La gente si rende poco conto, nell’immaginazione, che il pericolo è loro, dei loro figli, dei loro nipoti, e non solo per l’umanità vagamente concepita[...].”

Il 18 aprile 1955 Einstein muore.

Si sceglie di chiudere il lavoro di tesina con una memorabile citazione di Albert Einstein risalente ad un discorso rivolto a degli studenti:

“Una pace duratura non può essere preparata con le minacce, ma solo con un onesto tentativo di creare una fiducia reciproca. Vien da pensare che l’aspirazione a una forma di vita decente su questo pianeta, nonché il desiderio di veder ridotto il pericolo di una devastazione inenarrabile debbano bastare per indurre i signori della guerra a più miti consigli. Non contateci, miei giovani amici! Vi auguro di riuscire a sensibilizzare su questi problemi la nuova generazione, cosicché essa abbia la volontà di lottare per una politica di pace su vasta scala. Sarà la miglior difesa della vostra sicurezza e il servizio più grande che possiate rendere al vostro Paese e ai vostri discendenti”.

Glossario

Anno – luce: la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un anno ($9,4605 \times 10^{12}$ Km).

Antimateria/antiparticella: particella elementare avente massa uguale, ma altre caratteristiche intrinseche opposta a quella di particelle più comuni. La meccanica quantistica aveva teoricamente previsto, per ogni particella elementare, l'esistenza di un'antiparticella; sperimentalmente, nel 1932 è stato scoperto l'antielettrone (o elettrone positivo o positrone) e soltanto nel 1936 l'antiprotone (cioè il protone con carica negativa).

Nel nostro mondo fisico, le particelle sono di gran lunga più numerose delle antiparticelle, e ciò comporta che la vita media di queste ultime sia brevissima; infatti, quando particelle e antiparticelle si incontrano, avviene il fenomeno della annichilazione, cioè entrambe “scompaiono” e l'energia corrispondente ($E = mc^2$, secondo la relazione di Einstein) si manifesta sotto altra forma (ad esempio con la formazione di due fotoni nel caso dell'annichilazione elettrone – positrone). È tuttavia ipotizzabile un mondo di antimateria, costituito cioè tutto di antiparticelle, retto dalle stesse leggi del nostro; in essa sarebbero le nostre particelle (protone, elettrone) ad avere vita più breve.

Assioma: proposizione o un principio la cui verità è ritenuta talmente evidente nell'esperienza comune da non necessitare né di dimostrazione né di discussione.

Atomo: la più piccola particella di un elemento capace di conservarne le caratteristiche chimiche. Esso è costituito da un nucleo centrale, attorno al quale ruotano particelle chiamate elettroni. Il nucleo dell'atomo contiene un certo numero di neutroni e protoni.

Bosoni: Il bosone W è una particella elementare, dotata di carica elettrica pari a ± 1 , una massa di 80,411 GeV, circa 80 volte quella del protone, e un debole isospin dello stesso.

Campo gravitazionale: perturbazione dello spazio, dovuta alla presenza di una massa relativamente grande. La forza di attrazione è definita quantitativamente dalla *legge di gravitazione universale* di Newton: $F = G \cdot (m_1 \cdot m_2) / r^2$, dove G è detta “*costante di gravitazione universale*”, ed è pari a $6,67 \cdot 10^{-11}$.

Classe spettrale: insieme di classificazione delle stelle, in cui ad ogni colore corrisponde un certo intervallo di temperatura superficiale. Le classi sono sette: O, B, A, F, G, K, M, in ordine decrescente di T.

Corrispondenza biunivoca: una corrispondenza biunivoca tra due insiemi A e B è una relazione binaria tra A e B, tale che ad ogni elemento di A corrisponda uno ed un solo elemento di B, e ad ogni elemento di B corrisponda uno ed un solo elemento di A.

Disco di accrescimento: struttura formata da materiale che cade in una sorgente di campo gravitazionale. I dischi di accrescimento più spettacolari che si trovano in natura sono quelle dei nuclei galattici attivi: mentre la materia spiraleggia verso un buco nero supermassiccio centrale, il forte gradiente gravitazionale porta allo sviluppo di un forte calore. Il disco di accrescimento di un

buco nero è abbastanza caldo da emettere raggi X, quindi temperature di milioni di gradi, poco prima di attraversare l'orizzonte degli eventi.

Elettrone: particella di carica elettrica negativa che orbita attorno al nucleo di un atomo.

Empirismo: corrente filosofica incentrata sulla demistificazione delle certezze attraverso l'esperienza.

Fotone: ("quanto di luce" o quanto di radiazione") particelle elementare portatrice di una quantità finita e indivisibile di energia elettromagnetica.

Frattale: Un frattale è un oggetto geometrico che può essere diviso in parti, ognuna delle quali è simile all'oggetto originale. I frattali sono considerati come aventi dettaglio infinito, e sono in genere auto-simili ed indipendenti dalla scala.

"Si ritiene che in qualche modo i frattali abbiano delle corrispondenze con la struttura della mente umana, è per questo che la gente li trova così familiari. Questa familiarità è ancora un mistero e più si approfondisce l'argomento più il mistero aumenta".

(Benoit Mandelbrot)

Frequenza: per un'onda è il numero completo di cicli al secondo.

Geometria euclidea: geometria che si basa su cinque postulati:

1. Tra due segni (punti) qualsiasi è possibile tracciare una ed una sola retta.
2. Si può prolungare una retta oltre i due segni indefinitamente.
3. Dato un segno e una lunghezza, è possibile descrivere un cerchio.
4. Tutti gli angoli retti sono uguali.
5. Se una retta che taglia due rette determina dallo stesso lato angoli interni minori di due angoli retti, prolungando le due rette, esse si incontreranno dalla parte dove i due angoli sono minori di due retti.

Gigante rossa: stella di classificazione K o M e di colore rosso o arancione, caratterizzata da grandi dimensioni. Esempi visibili nel cielo notturno sono *Aldebaran* e *Arturo*. Secondo la classificazione mostrata dal diagramma Hertzsprung-Russell, le giganti rosse sono ormai uscite dalla sequenza principale e si trovano nel ramo orizzontale oppure nel ramo asintotico delle giganti.

Grande teoria unificata (GUT): teoria che unifica le forze elettromagnetiche, forte e debole.

Hubble, costante di: costante determinata da Edwin Hubble il cui valore, oggi comunemente accettato, è di circa 70 km/s per Megaparsec.

Interazione forte: la più forte delle quattro forze, o interazioni, che è anche quella che ha il raggio d'azione minimo. Essa tiene assieme i quark all'interno dei protoni e dei neutroni a formare atomi.

Lente gravitazionale: fenomeno fisico previsto dalla teoria della relatività generale: poiché la forza gravitazionale è in grado di deflettere i raggi di luce, è possibile che quando un corpo di grande massa viene a trovarsi fra una sorgente di luce e l'osservatore, i raggi di luce provenienti dalla

sorgente vengano deviati in modo tale da provocare un'amplificazione del segnale luminoso simile a quella causata da una lente.

Leptone: particella subatomica che si ritiene sia puntiforme, quindi fondamentale. Tutti i leptoni conosciuti hanno carica negativa o neutra.

Luminosità: quantità di energia irradiata da un metro quadrato di superficie di un corpo nero (che assorbe energia in tutte le lunghezze d'onda), nel tempo di un secondo.

Lunghezza d'onda: la distanza fra due creste o due vetri consecutivi di un'onda.

Magnitudine assoluta: misura di confronto della luminosità fra due o più stelle. Essa viene misurata considerando le stelle ad una distanza di 10 ps (parsec, dove 1ps = 3.26 anni-luce) dalla Terra.

Meccanica quantistica: teoria sviluppata a partire dal principio quantistico di Plank e del principio di indeterminazione di Heisenberg.

Muone: rappresenta l'unione di due particelle fondamentali semistabili, una con carica positiva e una con carica negativa. I muoni hanno una massa 207 volte superiore a quella dell'elettrone (105.6 MeV) ed uno spin di 1/2. Sia gli elettroni che i muoni appartengono alla famiglia dei fermioni detta leptoni. Per questo motivo, un muone con carica negativa può essere pensato come un elettrone estremamente pesante.

Nana Bianca: stella di piccola dimensione, con una bassissima luminosità e un colore tendente al bianco. Nonostante le piccole dimensioni, la massa delle nane bianche è simile a quella del Sole. Sono quindi molto compatte, e hanno un'elevatissima densità e gravità superficiale.

Nana bruna: tipo particolare di stelle di piccola massa (meno di 0,08 volte la massa del Sole, corrispondente a 70 volte la massa del pianeta Giove), che non brillano grazie alla fusione dell'idrogeno in elio nel loro nucleo, ma si limitano a contrarsi lentamente. Per questo motivo a volte sono considerate solo dei grossi pianeti.

Nana rossa: stella piccola e relativamente fredda, posta sulla sequenza principale del diagramma H-R, e di tipo spettrale K o M. Le nane rosse sono la grande maggioranza delle stelle: costituiscono infatti il 67,5% delle stelle presenti nella Via Lattea. Esse hanno diametro e massa inferiore ad un terzo del nostro Sole, fino alle più piccole di 0,08 masse solari, il limite inferiore perché una stella possa chiamarsi tale grazie al fatto di brillare grazie all'energia generata dalla fusione nucleare.

Neutrino: una particella materiale elementare avente carica elettronica nulla e massa a riposo molto piccola forse nulla.

Neutrone: particella priva di carica, molto simile al protone; nella maggior parte degli atomi i neutroni formano una metà circa delle particelle presenti nel nucleo (l'altra metà sono protoni).

Numero primo: numero naturale divisibile unicamente per sé stesso e per 1.

Positone o Positrone: l'antiparticella (di carica positiva) dell'elettrone.

Protone: particella dotata di carica elettrica, di massa simile a quella del neutrone; nella maggior parte degli atomi i protoni formano grosso modo metà delle particelle presenti nel nucleo (l'altra metà sono neutroni).

Quark: particella elementare (carica) soggetta alla forza forte. Essa è una particella elementare (carica) soggetta alla forza forte. Tanto il protone quanto il neutrone sono composti ciascuno da tre quark.

Radiazione cosmica di fondo: la radiazione residua dello splendore del caldissimo universo primordiale; oggi è spostata a tal punto verso il rosso da non apparirci più sotto forma di luce bensì di microonde (onde radio, con una lunghezza d'onda di alcuni centimetri).

Radiazione elettromagnetica: combinazione di campi elettrici e magnetici, che si propagano nello spazio con le modalità tipiche della propagazione ondosa.

Radioattività: il decadimento spontaneo di un tipo di nucleo atomico in un altro.

Razionalismo: corrente filosofica basata sull'assolutizzazione della ragione, in cui la validità delle conoscenze proviene dalla ragione stessa.

Singolarità iniziale: un punto nello spazio in cui la curvatura dello spazio – tempo diventa infinita e del quale non è possibile conoscere l'interno.

Stella di neutroni: stella compatta in cui il peso è sopportato dalla pressione di neutroni liberi. A causa dell'altissima densità e delle piccole dimensioni, una stella di neutroni possiede un campo gravitazionale superficiale cento miliardi (10^{11}) di volte più forte di quello della Terra. Una delle misure di un campo gravitazionale è la sua velocità di fuga, cioè la velocità che un oggetto deve avere per potergli sfuggire. Sulla superficie terrestre essa vale circa 11 km/s, mentre per una stella di neutroni si aggira intorno ai 100.000 km/s, vale a dire un terzo della velocità della luce.

Bibliografia

“La scienza come professione, la politica come professione” – Max Weber

“L'infinito” – Antonino Zichichi

“Galilei. Dall'ipse dixit al processo di oggi” – Antonino Zichichi

“Il vero e il falso” – Antonino Zichichi

“Perché credo in Colui che ha fatto il mondo” – Antonino Zichichi

“Storia della matematica” – Carl B. Boyer

“L'universo di Stephen Hawking” – David Filkin