



P R O G E T T O
B A B E L E^{BETA}



In nova fert animus
(Ovidio, *Met.* I 1)

INDICE

UNA METAMORFOSI ASININA - Diana Tavernese	3
METAMORFOSI OVIDIANE - Chiara Principato	4
FRANZ KAFA: LA METAMORFOSI - Benedetta Punturiero	5
METAMORFOSI STORICHE: RIVOLUZIONI - Vincenzo Iemma	6
APOLLO E DAFNE IN LORENZO BERNINI - Immacolata Calderazzo	8
METAMORFOSI CINEMATOGRAFICHE - Marco Filippo Belloni e Nicoletta Parrinello	9
METAMORFOSI TECNOLOGICHE: INTERNET - Luigi Prestia	11
METAMORFOSI TECNOLOGICHE #2 - Vincenzo Gaudio e Domenico Mauro	13

SPECIALE MECCANICA QUANTISTICA

Claudia Catalano e Domenico Fiasché

La redazione del Progetto Babele a.s. 2020-2021 è formata da:

Antonia Caccamo, Katia Condello, Maria De Santis (3^A Liceo Sc.); Gloria Bruzzi (3^B Liceo Art.); Maria Sole Barillaro, Giorgia Pia Pardo, Sara Sciarrone (3^B Liceo Cl.); Domenico Loschiavo, Celeste Romeo, Giulia Arcangela Tornatora (3^B Liceo Sc.); Vincenzo Gaudio, Domenico Mauro, Marta Pisani (3^E Liceo Sc.); Luigi Prestia, Chiara Principato (3^I Liceo Sc.); Immacolata Calderazzo (5^B Liceo Art.); Vincenzo Iemma, Domenico Sofrà (5^B Liceo Sc.); Giorgia Arena, Marco Filippo Belloni, Claudia Catalano, Nicoletta Parrinello, Benedetta Punturiero, Diana Tavernese (5^C Liceo Sc.).

Tutti gli studenti collaborano alla preparazione dei numeri della rivista attraverso la condivisione delle loro idee e del loro entusiasmo.

LETTERATURA

Una metamorfosi asinina

Diana Tavernese,
5[^]C Liceo Scientifico

Si parla di cambiamento quando i capelli diventano bianchi e il viso è segnato dallo scorrere del tempo; quando i palazzi sono erosi dai fenomeni atmosferici; quando un'idea attraversa i secoli e muta insieme a loro; quando scoppia la rivoluzione e il pensiero umano si fa più nuovo. La trasformazione attraversa ogni piccola cosa appartenente a questo pianeta ed è proprio per questo che diventa oggetto di narrazione e, in particolare, uno spunto per storie fantastiche. La metamorfosi è un topos letterario: da Ovidio ad Apuleio fino a Kafka. Le Metamorfosi di Apuleio, conosciute anche come L'Asino d'oro, sono un'opera composta da undici libri e scritta nel II secolo d.C. Insieme al Satyricon petroniano costituisce uno dei pochi casi di romanzo in lingua latina a noi pervenuti. L'opera di Apuleio spicca tra



le tante in cui si parla di metamorfosi poiché ha uno schema a cornice. Il romanzo è formato da una fabula principale a cui si legano i viaggi e le storie di altri personaggi e racchiude la bella fabella di Amore e

Psiche. La storia principale, da cui si snodano le altre, è quella di Lucio: un giovane greco la cui caratteristica dominante è quella di essere un gran curioso e sarà proprio questo suo tratto a trascinarlo tra i fili intricati della trama. Lucio assiste agli esperimenti magici di Panfile, moglie del ricco uomo che lo ospita, e convince la serva di questa, Fotide, a provare uno degli incantesimi su di lui. Purtroppo quest'ultimo non va a buon fine, infatti la metamorfosi finisce per farlo diventare un asino, ma nonostante questo continua ad avere il cervello di un umano. Per tornare alla sua forma originaria, dovrà mangiare delle rose, ma questo non avviene subito poiché Lucio è coinvolto in una serie di avventure e peripezie che ritarderanno la

sua metamorfosi fino all'intervento salvifico della dea Iside. Apuleio fa rientrare tra le vicende di Lucio anche la favola di Amore e Psiche, che si trova in posizione centrale e intervalla il viaggio che l'asino intraprende, passando dalle mani di sacerdoti a quelle di un mugnaio, da quelle di un ortolano a quelle di un soldato romano. L'elemento distintivo di Lucio è però quello di avere il razionalità umano, perciò osserva tutti i personaggi stravaganti con cui si ritrova, registrando vizi e doti di ognuno, spinto dalla curiosità che da sempre mette gli uomini nei guai. L'opera è una mescolanza di generi diversi, sicuramente Apuleio prende spunto dalla fabula milesia, di natura erotica, fonte di ispirazione anche per Petronio, ma troviamo anche caratteri tipici dell'epica, della satira menippea e del racconto mitologico. Le Metamorfosi hanno fatto successo anche nel Medioevo, conosciute come *Asinus aureus*, sono fonte di ispirazione per le novelle di Boccaccio contenute nel Decameron. Le Metamorfosi sono un racconto singolare e straordinario le cui vicende sono alimentate dalla curiositas di Lucio, che diventa il motore dell'azione e il motivo per cui balza da uno scenario all'altro: «Nec ullum uspiam cruciabilis viate solarium aderat, nisi quod ingenita mihi curiositate recreabar» (Non avevo altro sollievo in quella vita di tormenti, se non quello di ricrearmi un po' con la mia solita curiosità). Sono un'opera dinamica, vertiginosa e frenetica che riesce a innescare nell'autore la stessa curiosità del protagonista, per fare in modo che ogni pagina sia un'avventura. È la storia di una trasformazione apparentemente solo fisica, un cambiamento che inizialmente riguarda l'apparenza e non la sostanza ma che, infine, conduce a una conversione religiosa. È questo che rende originali le Metamorfosi di Apuleio: le trasformazioni del protagonista colpiscono il suo corpo ma non il suo cuore, che resta umano.

Metamorfosi ovidiane

Chiara Principato 3[^]I Liceo Scientifico

Le Metamorfosi di Ovidio sono un poema in lingua latina che con i suoi 15 libri raccoglie i miti classici, a partire dalla creazione del mondo fino ad arrivare alla deificazione di Giulio Cesare.

Ovidio narra di un mondo in costante

come una punizione, la beffa degli dei nei confronti di Tereo, che diventa un'upupa, volatile tradizionalmente spregevole.

Che la metamorfosi sia una pena, una richiesta o una necessità tutti coloro i quali ne sono soggetti alle volte non sono interamente parte del regno dei vivi, ma nemmeno di quello dei morti; questo è il desiderio di Mirra.



cambiamento soggetto a trasformazioni continue che lo fanno evolvere.

L'ispirazione a Virgilio è indubbia ma se da una parte le vite degli eroi si intrecciano a quelle degli uomini del tempo, dall'altra gli attributi di questa fusione cambiano fino a far disperdere capo e coda di mito e storia, rappresentati come una cosa sola sin dagli albori.

Sebbene tutto cambi, una costante in questa opera è che nessuno viene cancellato dall'esistenza; né l'abile Aracne destinata a tessere con la bocca, né l'ambizioso Marsia, al quale è dedicato l'omonimo fiume fatto di tristi lacrime.

La metamorfosi ci viene quindi presentata in molteplici forme, come il passaggio da uomo ad animale, molto spesso contenente un'ironia sottile che trova spazio in mutamenti portatori di metafore. Ne è un esempio il mito dell'empio re della Tracia Tereo. Dopo aver abusato di Filomela, sorella della moglie Progne, la priva della lingua e la rinchiude, annunciandone la morte; questa riesce però a far ricevere alla sorella una tela che aveva tessuto per raccontarle l'orribile vicenda e farsi liberare. Quando le due si incontrano l'odio che le sopraffà le porta ad uccidere Iti, figlio di Progne e Tereo, per poi darlo in pasto a quest'ultimo. Scoperto l'inganno il re rincorre le Pandionide per ucciderle, ma ecco che le due mutano. Progne diventa una rondine e Filomela, privata della lingua da umana, si tramuta in un usignolo, famoso per il suo melodioso canto. Sopraggiunge infine, quasi

La giovane, innamorata del padre Cinira, riesce a giacere con lui grazie a dei sotterfugi, ma quando viene rivelata la sua identità la vergogna è tale da non permetterle di rimanere nel regno dei vivi nella sua forma, così mossa dal desiderio di non morire e dalla disperazione, prega che gli dei la tramutino in un albero che prenderà il suo nome. Questa mutazione è sempre legata al dolore, che sia quello fisico o quello dell'evento che l'ha causata. Ne è un esempio lampante la giovane Biblide, che immensamente addolorata per il rifiuto del gemello Cauno versa lacrime amare, fino a tramutarsi ella stessa in una fonte d'acqua. Sono molteplici le storie che si potrebbero raccontare, ma la conclusione sarebbe sempre la medesima: un cambiamento irreversibile che potrebbe rendere liberi o diventare una prigioniera. Ciò che è certo è il cambiamento, evenienza che l'uomo, per quanto tenti di sfuggire all'ignoto, non potrà mai evitare.

Franz Kafka: La Metamorfosi

Benedetta Puntoriero 5[^]C Liceo Scientifico

Era davvero una bestia, se la musica lo commuoveva tanto? Gli sembrava che gli si schiudesse una via, verso un nutrimento sconosciuto e sempre desiderato.

In Kafka il concetto di metamorfosi diventa parte della vita del singolo, in particolare di colui che, diverso da tutti gli altri, non sente d'essere parte della propria società né tanto meno ci riesce.

Nel racconto La Metamorfosi, ricorre il tema della spersonalizzazione del singolo nella società di m a s s a ,

percepita nei primi anni del Novecento, e il t e m a del “diverso”, che viene spesso emarginato ed escluso. Il protagonista, Gregor Samsa, è un modesto impiegato che un mattino si sveglia e si accorge di essere si trasformato in u n o scarafaggio. Pur



conservando la sua sensibile umanità, egli non è un essere umano per chi gli sta attorno, inclusi i suoi familiari. Per questa ragione viene allontanato e umiliato fino ad essere portato alla morte a causa della sua disperazione.

Tra le righe Kafka rimane molto personale, mettendo in luce la propria alienazione nei confronti della famiglia e della società: egli non sentiva di appartenere a nessuno dei gruppi presenti al suo interno e sognava spesso di essere un insetto che, nascosto sotto le coperte, poteva essere in grado di sottrarsi alla macchina implacabile del lavoro burocratico e alle aspre critiche del padre.

All'interno del racconto non vengono descritti i motivi della trasformazione, la quale viene accettata passivamente dai personaggi, apparendo come parte delle tante possibilità della vita. Non c'è mai un momento in cui l'essere un insetto è vissuto come un vero problema: Samsa

non si preoccupa della sua nuova condizione, anzi si preoccupa più della reazione che il suo datore di lavoro o la sua famiglia potrebbero avere di lui. Il problema, quindi, non è frutto della sua interiorità, ma deriva da fattori esterni a causa dell'incomunicabilità con i propri simili e l'impossibilità di rendersi utile nei confronti della gente che lo circonda. In tal modo, l'introduzione di un elemento 'magico' come quello della metamorfosi in un contesto quotidiano si fa allegoria della conciliazione impossibile tra le aspirazioni individuali e le costrizioni della vita, in particolare quella borghese.

Si parla di un uomo incapace di reagire, incastrato in meccanismi che lo privano della sua identità, la quale resta limitata all'impressione che gli altri hanno di lui. Se gli altri avessero capito che dentro quella corazza vi era il Gregor di sempre, il dramma non avrebbe assunto tali dimensioni; il che equivale a dire che l'apparenza non è fatto di poco conto nella quotidianità di ciascun individuo. La metamorfosi in insetto è per Gregor un'opportunità per attivare quel moto di fedeltà al suo sentire, che non può essere sfruttata a causa dell'influenza negativa che i giudizi altrui hanno avuto sulla propria visione delle cose.

Lo scrittore Vladimir Nabokov, nelle sue lezioni su Kafka, ribadiva ai suoi studenti come il protagonista fosse stato trasformato in uno scarafaggio che nascondeva delle ali sotto la corazza; ma quest'ultimo non lo sapeva e forse il dilemma sta proprio in questo.

L'inconsapevolezza è spesso una delle condizioni peggiori che ci possiamo trovare a vivere perché, come nel caso di Samsa, diventa una prigione dalla quale è contemporaneamente possibile e impossibile scappare: possibile grazie alla presenza delle ali che gli avrebbero permesso di prendere il volo, impossibile poiché si tratta di un'opzione della quale non è consapevole e che non può scegliere.

La Metamorfosi, tanto inquietante quanto capace di penetrare nella profondità dell'individuo, resta dunque un libro da leggere necessariamente al fine di capire, attraverso il pessimismo di Kafka, come accettare le diversità e le difficoltà dell'esistenza umana, squarciando il velo delle apparenze per spiccare il volo oltre le restrizioni che il destino ci pone di fronte.

STORIA & FILOSOFIA

Metamorfosi storiche: rivoluzioni

Vincenzo Iemma, VB Liceo Scientifico

Molto probabilmente nessuno di noi si è mai interrogato sulla derivazione etimologica della parola “rivoluzione”. Senza dilungarci troppo in analisi filologiche che non ci competono, la parola in questione proviene dal latino *revolutio*, letteralmente “ritorno”, che deriva a sua volta dal verbo *revolvo* (riavvolgo). E alla luce di questo magari converremo nel dire che, forse, nella storiografia il termine “rivoluzione” è stato usato in maniera non del tutto propria.

Ma qual è, allora, il nesso fra la metamorfosi e la rivoluzione? Anche qui apriremo una brevissima parentesi analitica sul termine metamorfosi, che deriva dal greco e significa “cambiare forma”.

Questa essenziale premessa ci permette di collegare i due termini. La metamorfosi è, quindi, un cambiamento di forma, che però, se facciamo fede alla lettera, non intacca la sostanza della cosa che si trasforma; analogamente la rivoluzione è un ritorno a un qualcosa di antecedente, un ulteriore cambiamento di forma che però non pregiudica la sostanza, se analizzato dal punto di vista storico. E addentriamoci quindi in millenni di storia per scoprire il perché di quanto detto in questa premessa.

Iniziamo a parlare di rivoluzioni dalla Roma antica. Al 509 a.C. è fissata la nascita della repubblica romana, a seguito di una rivoluzione, capeggiata da Lucio Giunio Bruto, ai danni del settimo ed ultimo Re di Roma Tarquinio il Superbo, il cui figlio fu reo di aver raggirato e abusato di Lucrezia, figlia del nobile Lucrezio Tricipitino.

Alla leggendaria rivoluzione che portò alla fine della monarchia e all’inizio della *Res Publica* furono attribuiti, dai romani, grandi valori morali ed un nuovo trionfo dei *mores maiorum*.

Ma la gioia per la nuova repubblica durò poco, perché i cittadini romani del ceto più basso, la plebe, ben presto capirono che non molto era cambiato per la loro posizione: se prima rispondevano al Re, adesso erano completamente assoggettati al potere dei patrizi, i ricchi nobili romani che dopo la cacciata dei Tarquini avevano occupato le istituzioni romane e fortemente limitato il potere dei ceti inferiori.

I plebei, pur prendendo parte alle decisioni della Repubblica grazie ai *comitia* (delle assemblee dove il popolo esercitava il suo diritto di voto), erano spesso quasi completamente assoggettati al volere dei patrizi, per via di tradizioni e istituti come il *nexum* (ovvero un particolare caso in cui il plebeo che chiedeva, generalmente, un prestito al patrizio, diveniva quasi interamente proprietà dello stesso patrizio fin quando egli non sarebbe riuscito a ripagare il debito) o come la clientela (una condizione in cui i cittadini romani che non avevano adeguate capacità economiche erano obbligati ad eseguire una serie di azioni nei confronti del *patronus*, ad esempio il dovere di votare in suo favore nelle pubbliche elezioni o il dovere di assisterlo in guerra), oltre ad essere, sempre per volere dei patrizi, esclusi dalla quasi totalità delle cariche pubbliche all’infuori di quella di tribuno della plebe (anch’essa però ottenuta dopo anni di proteste).

Di lì a poco sarebbe iniziato il conflitto degli ordini, che nell’arco di pochi anni porterà alla prima secessione della plebe: i plebei abbandonavano, per protesta, Roma, lasciandola indifesa da eventuali attacchi esterni e chiudendo tutte le botteghe e i negozi di artigiani e mercanti, in una sorta di forma antica di “sciopero sindacale”.

In sostanza, la rivoluzione in favore della Repubblica fu un mero cambiamento di forma, che solo momentaneamente diede parvenza di rinnovamento, ma che si configurò in realtà in un ritorno allo status quo ante.

Analogamente, dopo circa 23 secoli dalla prima rivoluzione di cui abbiamo parlato, l’Europa veniva sconvolta dalla Rivoluzione Francese.

Anche in Francia la situazione degenerò da un eccesso di dispotismo, oltre che per altre concause quali il debito e le conseguenti ingenti tasse, i privilegi di nobiltà e clero e la forte tensione sociale fra gli ordini. Tutti questi erano i problemi che interessavano l’Ancien Régime, che portarono il Re Luigi XVI alla convocazione, sofferta, degli Stati Generali.

Nell’arco di un mese il Terzo Stato, vedendosi respinte le sue richieste, abbandonò gli Stati Generali per dare vita ad un’Assemblea Nazionale, alla quale solo successivamente il clero e la nobiltà si unirono per formare l’Assemblea Costituente.

Con i numerosi eventi che interessarono la famiglia reale e l'Assemblea Nazionale, arriviamo ai giacobini e a Robespierre, a capo del Comitato di Salute Pubblica (l'organo esecutivo che sostituiva il governo francese).

Nel nome della più radicale delle rivoluzioni, i giacobini (non senza il concorso degli altri movimenti in seno alla Convenzione) sovvertirono l'intero ordine sociale ed economico della Francia: i beni della Chiesa vennero confiscati, i grandi proprietari terrieri persero gran parte delle proprie terre, i nobili vennero spogliati dei loro averi, si abolì il calendario giuliano in favore di un nuovo calendario repubblicano, il culto della Ragione - peraltro in aperto contrasto logico con gli ideali dell'Illuminismo - venne dichiarato religione di

Da una sanguinosissima rivoluzione al grido di "Liberté, Égalité, Fraternité", la popolazione francese tornò ad essere oppressa dal potere assoluto di un monarca, che fino a un decennio prima aveva ferocemente combattuto. L'abolizione della monarchia e dei privilegi della nobiltà, che erano lesivi, di fatto, della libertà dei comuni cittadini, trovò il suo contrappasso nel nuovo radicale controllo (con la censura o con la polizia) che il governo napoleonico attuò per contrastare ogni possibile forma di dissenso. E tutto ciò accadde sotto gli occhi della stessa popolazione che si era battuta per la libertà e l'uguaglianza.

Anche qui, come nella Roma Antica, la rivoluzione altro non fu che un cambio di forma



Stato e durante il periodo del "Terrore" migliaia di francesi nobili, contadini, vescovi e borghesi vennero giustiziati perché considerati "anti-rivoluzionari".

Il clima di incontrollata violenza si concluse, parzialmente, con l'esecuzione di Robespierre e la formazione del Direttorio, il nuovo organo repubblicano che avrebbe detenuto il potere esecutivo.

Ma l'incertezza continuò all'insegna dei conflitti fra le fazioni politiche francesi, fin quando il 18 Brumaio (9 Novembre 1799) un nuovo colpo di stato rovesciò il Direttorio per instaurare il Consolato, guidato da Napoleone Bonaparte, fattosi nominare Primo Console (ovvero unico in diritto di prendere autonomamente decisioni per il governo della nazione).

Nel 1802 Napoleone assunse il titolo di Console a vita, fino ad arrivare, nel 1804, ad essere proclamato solennemente Imperatore dei Francesi.

che lasciò, però, intatta la sostanza (la quale tornò comunque al suo stato originario di assolutismo), una metamorfosi che durò in ogni caso poco, con l'effettivo ritorno alle medesime condizioni antecedenti all'evento storico.

Ancora oggi, spesso, sentiamo dire che "solo una rivoluzione può cambiare le cose". Ma la storia ci insegna che (quasi) ogni rivoluzione, specie se violenta, non sempre può essere controllata e, di conseguenza, può essere strumentalizzata da chi può trarne il maggior vantaggio.

Nessuna rivoluzione è auspicabile incominci con le armi e con il sangue, specie nel XXI secolo. È la formazione l'unico valido mezzo, arma al di sopra delle armi, per superare la barriera della metamorfosi e arrivare al cuore della sostanza.

Apollo e Dafne in Lorenzo Bernini

Immacolata Calderazzo VB Liceo Artistico

Nelle Metamorfosi Ovidio narra che dopo l'uccisione del serpente Pitone, Apollo fece sfoggio con arroganza della sua ardua impresa con Eros-Cupido, Dio dell'Amore, affermando di essergli superiore nell'uso dell'arco e delle frecce. Cupido, allora, colpì Apollo con una delle sue frecce capaci di fare innamorare uomini e dei. Apollo, posato allora lo sguardo sulla ninfa Dafne, figlia di Peneo, se ne innamorò perdutamente. Non altrettanto fece la ninfa; la quale, colpita da una freccia dall'effetto opposto, rifiutò l'amore del dio. Ovidio descrive minuziosamente l'inseguimento - la caccia - di Apollo e la fuga di Dafne che - ormai esausta e in procinto di cadere tra le braccia del dio - implora il padre Peneo di salvarla. La ninfa, allora, viene trasformata in un bellissimo albero: l'alloro. Il mito spiega quindi la ragione per la quale l'alloro - in greco dàphne - sia la pianta sacra al dio delfico. Nel corso dei secoli, il mondo dell'arte si

è avvicinato molte volte all'opera di Ovidio, ma il primo a volerla rappresentare con la scultura è stato Bernini nella sua gioventù. Con la realizzazione di Apollo e Dafne, l'artista è riuscito a scolpire il gruppo marmoreo in un'opera a tutto tondo che permette di assistere

al momento esatto della metamorfosi da ninfa ad albero da qualsiasi angolazione, cogliendo le emozioni di entrambi i protagonisti della scena come prima d'ora nessuno aveva fatto. Il movimento è dovuto ai corpi seminudi coperti da manti, si percepisce Apollo ormai affaticato dall'inseguimento con i capelli spettinati mentre accinge al fianco sinistro della ninfa proprio nell'attimo esatto in cui il corpo della stessa si sta trasformando in

corteccia, i suoi piedi in radici e i suoi setosi capelli in foglie. Lo scultore riuscì a fissare in un solo istante, il momento cruciale. Le sue figure, infatti, non rappresentano più un fatto ma l'accadere dello stesso. Dal viso di Dafne si percepisce il momento culminante della metamorfosi ma al tempo stesso la libertà dall'amore non corrisposto e desiderato. Bernini, nel corso della sua vita, esaltò quest'opera definendola il suo capolavoro, realizzato nei primi anni di scultura che forse non è mai riuscito ad eguagliare in settant'anni della sua arte.



Metamorfosi cinematografiche: *Ladyhawke* e gli *X-men*

Marco Belloni e Nicoletta Parrinello
VC Liceo Scientifico

Non solo nella letteratura, ma anche nel cinema, il tema delle metamorfosi si è fatto strada a suon di capolavori. Questo tema è stato trattato più e più volte nel corso della storia cinematografica e in generi anche molto diversi tra loro: il fantasy, genere di punta di questa tematica, la fantascienza e l'horror si sono cimentati nel raccontare la trasformazione dei propri



personaggi. Anche i film d'animazione presentano diverse metamorfosi dei loro protagonisti e di personaggi comprimari, pur tenendo sempre conto della giovane età del pubblico e restando perciò sempre molto leggeri nel descrivere il cambiamento. Anche nel cinema classico la metamorfosi ha trovato lo spazio per insinuarsi. Lo possiamo vedere in "*Ladyhawke*", film del 1985 che vede protagonisti Isabella d'Angiò e Etienne Navarre. Ci troviamo nel lontano medioevo francese, alle porte di un bizzurro vescovo, molto lontano dai principi della sua fede. L'alto prelato ha infatti un animo malvagio e corrotto e si invaghisce della giovane Isabella. La giovane è però segretamente immersa in una storia d'amore con Etienne, capo delle guardie della corte. I giovani, traditi dal monaco Imperius, vengono poi colpiti da una maledizione lanciata dal vescovo. Lo stesso vescovo aveva infatti stipulato un patto con Satana in persona, il quale avrebbe condannato Isabella a vivere nelle sembianze di un falco durante il giorno ed Etienne in quelle di un lupo durante la notte. La storia si infittisce fino all'arrivo di Philippe, l'unico che sia mai riuscito a scappare dalla prigione di Aguillon. Etienne, con l'aiuto di Philippe e Imperius, riuscirà ad introdursi nel borgo per poi uccidere il Vescovo e spezzare la maledizione anche grazie a un

eclissi solare: «Una notte senza il giorno e un giorno senza la notte».

Questo film è la rappresentazione dell'amore che va oltre le forme dell'aspetto fisico e mostra quanto non sia importante come appariamo, quanto piuttosto chi siamo e, inoltre, dimostra al pubblico come un forte legame possa superare qualsiasi barriera gli venga posta davanti.

Anche il cinema moderno porta su schermo il tema delle metamorfosi, basti pensare ai supereroi che regnano sovrani in quest'ambito. Gli X-men sono una celebre saga ispirata alla serie di fumetti appartenenti al mondo della Marvel Comics, iniziata nel 2000, con

attualmente 13 produzioni cinematografiche. La saga abbraccia molteplici generi, dalla fantascienza all'azione-avventura fino al dramma, affrontando tematiche quali diversità, supremazia della razza, ribellione e libertà di espressione. Narra la storia di mutanti dotati di particolari superpoteri che nel tentativo di vivere pacificamente con gli umani, fronteggiano gli stessi incuriositi e intimoriti dalle loro capacità e lottano contro altri mutanti volenterosi di affermarsi a dispetto della civiltà comune.

La riproduzione è il processo che consente la perpetuazione delle specie. Essa però non genera l'esatta copia rispetto all'originale, esistono infatti degli errori nel processo di produzione che possono dare origine a differenze o mutazioni. Tali caratteristiche riescono a svilupparsi (sempre in tempi molto lunghi) se avvengono in momenti e luoghi favorevoli. Anche nel caso degli X-men, queste mutazioni sarebbero impossibili da svilupparsi in breve tempo e non potrebbero essere tutte plausibili.

«La mutazione è la chiave della nostra evoluzione, ci ha consentito di evolverci da organismi monocellulari a specie dominante sul pianeta. Questo processo è lento e normalmente richiede migliaia e migliaia di anni, ma ogni centinaio di millenni l'evoluzione fa un balzo in avanti...»

È proprio con questa introduzione posta prima dei titoli iniziali che si apre il film "X-men", capostipite della saga. Il problema principale che la saga ci presenta è l'impatto che i mutanti avranno sull'umanità, se saranno per questa un pericolo o se possono essere una risorsa, se le loro mutazioni sono una "malattia" e di conseguenza vanno curate o se sono le mutazioni stesse a rappresentare il futuro a cui aspirare.

Nella saga incontriamo mutazioni tra le più svariate, alcune impercettibili come quella del Professor X che lo rende telepatico, quella di

personali o perché spinti da un sentimento di redenzione, ma vediamo accrescere tendenze malvagie anche nei buoni. I mutanti vengono spesso discriminati dalla società, tale situazione può essere messa a confronto con la prima scena di X-men-L'inizio dove viene rappresentata la deportazione in un campo di concentramento nella Polonia del 1944: qui un bambino di nome Erik Magnus Lehnsherr, che poi diventerà Magneto, strappato violentemente dalla madre, riuscirà a piegare con il pensiero un cancello di metallo che lo separa da quest'ultima. Su di lui verranno poi fatti svariati esperimenti per la sua



Tempesta che le consente di controllare gli elementi atmosferici o ancora quella di Magneto che gli permette di controllare metalli e campi elettromagnetici, altre mutazioni sono invece più evidenti come quella di Mystica, donna sensuale dalla pelle blu in grado di assumere le sembianze di chiunque lei voglia (mutaforma), o ancora quella di Bestia, nel film possiede capacità simili a quelle di una scimmia (velocità) e anche i suoi piedi ricordano l'animale, successivamente per nascondere la sua mutazione si inietterà una cura che però lo renderà fisicamente simile ad un gorilla dal pelo blu. Altre mutazioni come quella di Wolverine sono invece indotte dall'uomo stesso. Non tutte le mutazioni sono però positive, è il caso di Rogue che riesce ad assorbire le menti ed i poteri di coloro che tocca a mani nude e il cui contatto prolungato con un essere vivente può uccidere quest'ultimo.

I personaggi, umani e mutanti indistintamente, stringono rapporti di fratellanza e discordia nel corso dei vari film. Molti rapporti rimangono statici, ma molti altri continuano a variare: vediamo cattivi allearsi con i buoni per soli scopi

diversità, situazioni riproposte anche in altri film. Metamorfosi, mutazioni e cambiamenti sono tematiche che possono essere trattate tramite differenti generi e aspetti e che riescono ad affacciarsi su molteplici mondi. "Ladyhawke" e "X-men", rappresentanti rispettivamente del cinema classico e moderno, dimostrano come tali tematiche siano trattate negli anni non perdendo la loro incisività.

Metamorfosi tecnologiche:

INTERNET

Luigi Prestia

3[^] I Liceo Scientifico

Login. Una parola onnipresente nell'informatica, che rappresenta la procedura per accedere all'interno di un sistema tramite delle credenziali, tipicamente un nome utente e una password. Questa parola fu la prescelta per essere trasmessa tra due computer nel 1969, uno all'Università della California e uno allo Stanford Research Institute, rispettivamente collocati a Los Angeles e a San Francisco, due metropoli separate da 621



chilometri, ma che si sono avvicinate, seppur per qualche frazione di secondo, grazie a due lettere: "l" e "o". Solo le prime due lettere della parola "login" furono trasmesse, per colpa di un'interruzione del sistema. Potrebbe sembrare un esperimento fallito, ma fu proprio la reazione a catena generata da questa interruzione a dare forma al web che tutti noi oggi conosciamo: il web dei big data, dell'informazione universale, dell'html e delle infinite possibilità. Ma come in ogni grande storia di successo, servono un inizio, uno svolgimento e una fine. O no? Il web ha una storia molto particolare, poiché ha un inizio che non conoscono in molti, un futuro totalmente incerto e uno svolgimento che viene scritto giorno per giorno. Ma se ora stiamo vivendo lo svolgimento di questa storia, possiamo raccontare il suo inizio. Il dottor Joseph Carl Robnett Licklider fu un informatico visionario, il primo a concepire una connessione svolta in maniera indipendente dalla posizione sul globo tra calcolatori capaci di computazione grafica. Potrebbe sembrare una definizione molto fantasiosa della rete, ma questo scienziato riuscì a idealizzare questo concetto nel 1968 e ancora prima, nel 1963, ipotizzò, quasi scherzando, una connessione internet interplanetaria. Sfortunatamente la sua visione interplanetaria

non è ancora stata realizzata, ma la sua primordiale idea di una vasta rete tra computer non sembra troppo distante dal nostro concetto odierno di internet. Licklider e gli altri sviluppatori furono reclutati dall'ARPA, un ente istituzionale americano fondato nel 1958 dopo il lancio dello Sputnik e impegnato nella ricerca tecnologica per scopi militari, grazie ai brillanti articoli del dottore riguardanti la comunicazione tra uomo e computer e gli altri riguardanti la rete tra calcolatori. Quest'ultima idea circolava già nelle menti al governo da qualche tempo poiché, in piena guerra fredda, avevano bisogno di un sistema in grado di far comunicare i computer dell'esercito nel caso di una guerra nucleare e, quindi, di un olocausto atomico che avrebbe potenzialmente compromesso ogni tipo di comunicazione. L'idea era creare una rete strutturata in maniera tale da essere funzionante in maniera continua, e per riuscirci devono sbarazzarsi di ogni nodo centrale che potrebbe compromettere il funzionamento dell'intera rete. ARPANET vide la luce nel 1969 con la creazione di quattro nodi tra le università di Los Angeles, Santa Barbara, San Francisco e dello Utah. Qualche anno dopo venne introdotto il protocollo FTP, responsabile del trasferimento di dati, nel 1971 verrà creato il sistema di posta elettronica grazie a Ray Tomlinson e, intorno allo stesso periodo, nel 1972, venne creato un sistema di scambio di notizie e messaggi, rendendo possibili le prime conversazioni quasi in tempo reale via computer. Il 1973 getterà le basi per una realtà sempre più vicina a noi, grazie alla prima connessione internazionale, avvenuta con l'Università di Londra, e all'ideazione dell'Ethernet. Altro tassello importante fu aggiunto nel 1976 con la prima e-mail spedita dalla Regina Elisabetta II via ARPANET, rendendola la prima cittadina inglese a spedire una lettera via posta elettronica. Bisognerà attendere ancora qualche anno per realizzare la visione di Jobs e Wozniak, fondatori di Apple Computer, di vedere un computer in ogni casa di ogni cittadino, ma gli anni Settanta rendono internet sempre più appetibile per un pubblico più vasto e universale, anche grazie all'ideazione delle emoticon nel 1979 grazie a Kevin MacKenzie. Un anno dopo, nel 1980, ARPANET collassò a causa di un virus. Questo problema rese evidente la necessità di creare un sistema di controllo per l'intera rete, e vennero introdotti i protocolli TCP e IP, ancora oggi utilizzati nell'internet di tutti i giorni. Ogni giorno queste reti vengono usate sempre di più grazie alla loro diffusione veloce in Europa, e nel

1983 è stato necessario suddividere ARPANET in due macroreti che prenderanno il nome di Milnet (dedicata agli scopi militari) e Internet; quest'ultima sarà utilizzata principalmente da università ma anche da vari centri di ricerca. Gli anni Ottanta videro anche l'ingresso dell'Italia all'interno della rete con un "Ping" mandato il 30

delle cose, che permette un'interazione con e tra gli oggetti in maniera sempre diversa. Nonostante la sua rapidissima evoluzione e i suoi radicali cambiamenti, non abbiamo fatto altro che cambiare la quantità di dati contenuta all'interno della "I" e della "o".



aprile del 1986 dalla Pennsylvania al CNR di Pisa e, dopo un cordialissimo ok, venne stabilita la connessione con il terzo paese europeo facente parte dell'ARPANET. Nel 1990, al CERN di Ginevra, il professor Tim Berners-Lee cominciò a progettare il protocollo HTTP. Si trattava di un protocollo capace di leggere dei file ipertestuali, ovvero non costretti ad essere lineari, e anche idoneo al rimandare l'utente tra vari siti utilizzando degli hyperlink, che verranno più tardi conosciuti semplicemente come link. Non è difficile rendersi conto dell'impatto che ebbe questa idea, dato che ancora oggi usiamo questo tipo di protocollo in maniera molto simile. Nel 1991 venne pubblicato il primo sito web della storia (ancora oggi visitabile a questo link) sul primo server capace di leggere il protocollo HTTP, e da allora il Web cominciò a prendere forma per come lo conosciamo oggi. La diffusione del computer nelle case della gente comune diviene sempre più veloce, e anno dopo anno diventa sempre più semplice accedere alla rete, grazie ai vari sistemi operativi che cominciano ad includere browser per la navigazione su internet, primo fra tutti Internet Explorer, diretto concorrente di NetScape. Il web ai suoi albori era comunque molto disorientante per via della difficoltà nel trovare collegamenti da sito a sito, ma nel 1998 con la creazione del primo motore di ricerca, chiamato Google dai suoi ideatori Larry Page e Sergey Brin, tutto cominciò a diventare più semplice. Arrivando ai giorni nostri, Internet si evolve sempre di più arrivando ad entrare nelle nostre vite oltre il monitor, grazie all'IoT, l'Internet

Metamorfosi tecnologiche #2

Domenico Mauro 3^E Liceo Scientifico

Per tecnologia s'intendono le tecniche di evoluzione dell'uomo, che progrediscono con esso. Lo sviluppo tecnologico continua a migliorare la crescita delle civiltà e ne favorisce il progresso.

Le continue innovazioni tecnologiche influenzano la cultura della società che le produce.

Usare il termine tecnologia in un solo campo è limitante, perché essa è formata da molteplici rami che vanno dai comfort della vita quotidiana, allo sviluppo in campo scientifico che a sua volta è diviso in altri settori.

Si può dire che l'uomo abbia avuto sette ere tecnologiche diverse (fonte: [Wikiwand](#)):

- L'era dei cacciatori-raccoglitori nomadi che utilizzavano attrezzi fatti artigianalmente di legno o pietra;
- L'Età del Metallo;
- La prima Età della Macchina con i primi orologi e della stampa
- L'inizio della produzione in quantità;
- Il pieno fiorire dell'Età del Vapore con i primi treni, fabbriche e centrali;
- Il motore a combustione interna con la comparsa delle prime automobili;
- L'età moderna, ovvero l'Età Elettrica ed Elettronica che tutt'oggi è in continua evoluzione.

L'Età tecnologica è in continuo sviluppo. La ritroviamo sin dall'inizio del paleolitico con l'invenzione delle prime armi rudimentali e nel neolitico con la rivoluzione agricola. I primi gruppi di ominidi quando divennero sedentari ebbero l'esigenza di creare un luogo confortevole dove risiedere, da qui le prime abitazioni: dalle capanne di paglia a quelle di legno per poi passare a quelle in mattoni.

Con l'avvento dell'Età del ferro vengono costruite le prime armi in metallo e man mano che i secoli avanzano il ferro viene legato e

trasformato in altri oggetti che renderanno più facile la vita dell'uomo.

Basta pensare a questi piccoli ma grandi cambiamenti nella storia dell'uomo e a quelli che ci furono in seguito, per farci capire come la tecnologia sia cambiata nel corso di migliaia di anni e al livello in cui sia arrivata oggi con razzi, computer, telefonini, tv, enormi costruzioni e

molto altro.

La tecnologia oggi è una scienza che studia i processi produttivi ed evolutivi di tutti i mezzi che abbiamo, delle loro origini, del loro sviluppo e il loro utilizzo nella vita quotidiana. Per studiare un oggetto tecnologico bisogna

osservarne:

- L'aspetto, il modo in cui si presenta;
- La funzione, qual è il suo compito;
- Principio di funzionamento, i meccanismi che lo fanno funzionare;
- Materiale;
- Rapporto con l'uomo, cioè il contributo che dà per svolgere un determinato lavoro;
- Il processo di assemblaggio.



Algoritmi

Vincenzo Gaudioso 3^E Liceo Scientifico

La tecnologia oggi crea programmi che funzionano attraverso gli algoritmi.

Ma cos'è un algoritmo?

Un algoritmo è un insieme ordinato di istruzioni attraverso le quali possiamo ottenere un risultato in un lasso di tempo finito.

L'algoritmo deve essere:

Finito: le istruzioni al suo interno sono limitate e ci danno il risultato;

non ambiguo: tutti i comandi e le variabili all'interno dell'algoritmo sono oggettive e di conseguenza uguali per ogni individuo.

L'algoritmo è la base della calcolabilità informatica, può essere più efficiente quando è in grado di risolvere un problema nel minor tempo possibile, o efficace quando è in grado di risolvere il problema dando la migliore soluzione possibile.

Gli algoritmi non riguardano solo l'ambito informatico; essi si applicano alla nostra vita quotidiana ad ogni problema o azione schematica che per portare a un buon risultato richiede di seguire alla lettera le istruzioni che vengono date.

La ricetta per una torta, per esempio, contiene una serie di direttive oggettive da seguire passo passo: non ci verrà mai data una misura

migliore alla nostra ricerca. C'è inoltre l'algoritmo del navigatore satellitare è anch'esso efficace perché ci permette di raggiungere la nostra destinazione mostrandoci il tragitto più breve;

Tra due algoritmi quello che permette di ottenere in minor tempo il miglior risultato sprecando meno risorse possibili è un algoritmo efficiente.

Oggi permettono il funzionamento di molteplici programmi e sono il perno della capacità organizzativa dell'uomo.

Una delle applicazioni più importanti è quella che riguarda le intelligenze artificiali, che oggi sono in grado di svolgere solo compiti semplici come rispondere alle domande, eseguire istruzioni prestabilite.

Si stima che in futuro, attraverso gli algoritmi, sarà possibile creare IA in grado di eseguire anche i compiti più complessi che oggi sono eseguiti dall'uomo.



indefinita, come un pizzico di zucchero, né saremo invitati a lasciare la torta in frigo prima che sia pronta. Un altro esempio sono le formule e il procedimento da seguire per arrivare al risultato di un problema matematico in quanto processi schematici. Celebre, poi, è l'algoritmo di Google che è efficace perché analizza la parola che abbiamo cercato con i risultati in rete e mette in evidenza il risultato che ritiene essere il

IIS Nicola Pizi (Palmi, RC)
Progetto Babele

MECCANICA QUANTISTICA



- Voi avete mai studiato fisica quantistica?
- Solo per fare conversazione.

(Avengers: Endgame)

Uno speciale a cura di
Claudia Catalano V C Liceo Scientifico
Domenico Sofrà V B Liceo Scientifico

Che cos'è la meccanica quantistica?

Una domanda apparentemente semplice, ma che cela, come il vaso di Pandora, segreti capaci di turbare anche le menti più razionali! Per farla breve, si tratta dell'ennesimo tentativo dei fisici di comprendere la realtà, con lo scopo di descrivere il mondo microscopico delle particelle e le loro interazioni. La sua formulazione ha mutato radicalmente il modus operandi che si era soliti adoperare per indagare la natura: non è più possibile osservare l'universo attraverso una lastra di vetro, rimanendo isolati dal processo, ma si è costretti a prendere delle scelte, a compiere misure dagli effetti imprevedibili.

Nel 1900 nemmeno l'illustre fisico William Thompson, più conosciuto come Lord Kelvin, che osò predire la fine imminente della fisica perché ormai in grado di spiegare in modo soddisfacente tutti i fenomeni, poté immaginare che "due piccole nubi scure" avrebbero, di lì a poco, apportato tali stravolgimenti alla disciplina. Alla fine del XIX secolo uno dei campi scientifici più in voga era lo studio della radiazione termica, ossia quella emessa da un corpo come conseguenza della propria temperatura, che si manifesta mediante onde elettromagnetiche.

All'aumentare della temperatura, corrisponde l'emissione di radiazioni con lunghezze d'onda più corte, ovvero colori tendenti al viola (verde, giallo, blu ecc.).

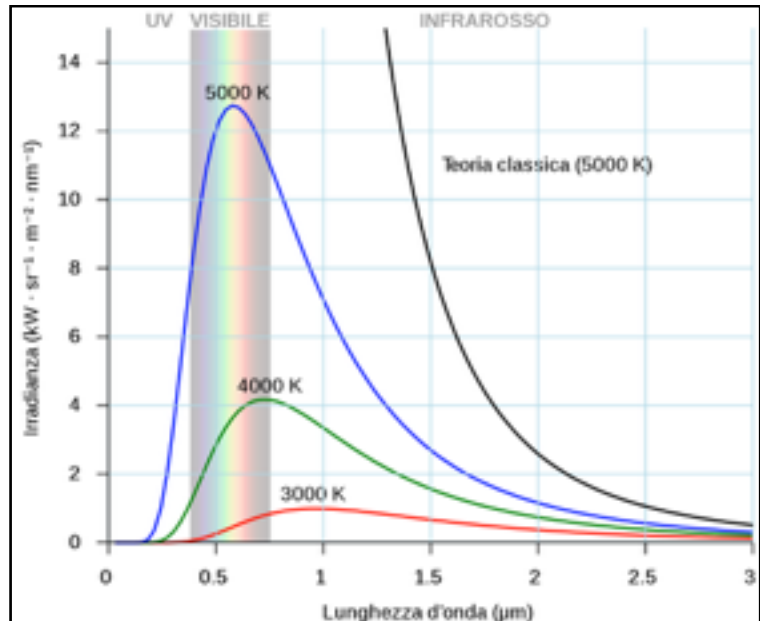
Esiste un sottoinsieme di corpi, i corpi neri, che assorbono radiazioni di tutte le lunghezze d'onda e ne emettono indipendentemente dal tipo e dalla forma del corpo stesso. L'emissione ha un andamento parabolico, dimostrato sperimentalmente: aumenta fino ad un valore massimo, per poi diminuire rapidamente.

La legge di Rayleigh Jeans, una prima descrizione nata dalla fisica classica, molto simile alla curva sperimentale per basse frequenze, si rivelò un buco nell'acqua poiché prevedeva che la radiazione emessa dovesse essere infinita; conseguenza della continuità (assumeva qualsiasi valore compreso tra due fissati).

Tale fallimento sorprese talmente tanto la comunità scientifica che l'evento divenne noto come la "catastrofe ultravioletta".

La soluzione a questo problema fu individuata da Max Planck, con una semplice intuizione, non supportata da alcuna teoria.

Secondo Planck la quantità di energia ceduta non varia in modo continuo, ma in modo discreto, cioè per pacchetti minimi di energia detti "quanti".



Dunque, l'energia emessa dai corpi sotto forma di onde elettromagnetiche deve essere un multiplo del pacchetto minimo, come descritto dalla formula $E=h\nu$ dove h è la costante di Planck di valore $6,626 \times 10^{-34}$ J/s e ν è la frequenza della radiazione. Anche se geniale, quella di Planck non era altro che un'intuizione che necessitava di una giustificazione teorica per non cadere nell'oblio.

Nel 1905, il suo *annus mirabilis*, Albert Einstein utilizzò lo stesso "trucco" per spiegare un fenomeno completamente diverso: l'effetto fotoelettrico.

Alcuni metalli, se colpiti da radiazione elettromagnetica, tendono a perdere elettroni, generando una debole corrente elettrica.

All'interno di materiali conduttori, infatti, vi sono degli "elettroni di conduzione", debolmente legati all'atomo di origine, dunque capaci di muoversi facilmente.

Per lasciare la superficie del metallo, questi necessitano di una quantità di energia detta "potenziale di estrazione".

Secondo la fisica classica, ogni tipo di radiazione elettromagnetica poteva innescare il fenomeno, ma il tempo di innesco sarebbe variato a seconda della sua frequenza.

Gli esiti sperimentali, tuttavia, mostravano che superata una certa "frequenza di taglio", il fenomeno non si verificava.

Einstein, invece, ipotizzò che le radiazioni elettromagnetiche fossero getti di particelle dette

“fotoni” che, agendo come dei proiettili, trasferivano l'energia agli elettroni.

Pertanto, solo i fotoni con una frequenza tale da conferire un'energia pari al potenziale di estrazione, permettevano agli elettroni di abbandonare la superficie; la scoperta gli valse il premio Nobel nel 1921.

Nel corso dei secoli il concetto di atomo ha subito numerose trasformazioni: dalla particella elementare e indivisibile di Democrito, alla rappresentazione iconica del modello planetario di Rutherford.

Quest'ultimo presenta un sistema con un nucleo di protoni e neutroni al centro (come il sole del sistema solare) e degli elettroni che vi ruotano intorno, come se fossero tanti minuscoli pianeti, seguendo orbite circolari.

Un'idea piuttosto verosimile, dato che la forza attrattiva di Coulomb tra particelle di cariche opposte (protoni ed elettroni) ha caratteristiche simili alla forza gravitazionale.

Questo modello, tuttavia, è in contrasto con le equazioni di Maxwell, secondo cui una particella carica che subisce un'accelerazione disperde una parte di energia sotto forma di radiazione elettromagnetica.

Dal momento che, in questo modello, gli elettroni si muovono di moto circolare uniforme, la loro velocità cambia continuamente direzione e, dunque, sono sottoposti a un'accelerazione continua.

Questo significa che dovrebbero perdere sempre più energia, fino a schiantarsi sul nucleo.

I dati raccolti, al contrario, suggeriscono che le orbite degli elettroni sono stabili e possono variare solamente tramite l'emissione o l'assorbimento di fotoni con lunghezze d'onda molto specifiche.

Fu il danese Niels Bohr a risolvere l'enigma delle orbite elettroniche, adottando, come Rutherford, orbite circolari e quantizzando un'altra grandezza: il momento angolare.

Stabilendo che questa grandezza debba necessariamente essere un multiplo intero della costante di Planck ridotta \hbar (costante di Planck divisa per 2π), gli elettroni che si trovano nelle orbite consentite non perdono energia ed assorbono solo quei fotoni che permettono loro di passare da un'orbita all'altra.

Da quanto detto finora, si evince che la teoria, agli albori, non era altro che un'accozzaglia di

plausibili spiegazioni prive di uno scheletro teorico e matematico; fu il fisico austriaco Erwin Schrodinger a fornire un'immagine dettagliata del mondo quantistico.

Per comprendere pienamente la portata del suo lavoro è necessario un breve ripasso di alcune nozioni basilari di fisica, a cominciare dalla differenza che intercorre tra il concetto di particella e quello di onda.

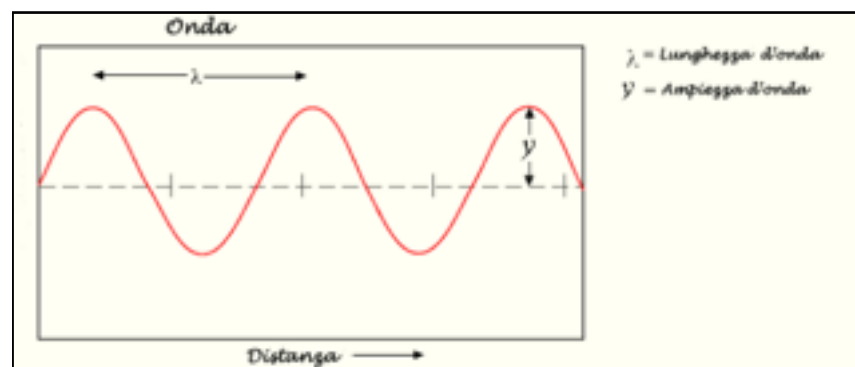
Una particella o “punto materiale”, in fisica, non è altro che un corpo le cui dimensioni possono essere ignorate ai fini dello studio delle forze che agiscono su di esso e della traiettoria seguita nel proprio moto.

Molti scenari in fisica possono essere analizzati attentamente, ignorando le dimensioni dei corpi in questione ad esempio: un'autovettura che si muove lungo un tratto di strada, un proiettile sparato da un'arma o un astro sotto l'effetto della gravità.

In tutti questi casi, per studiare il loro moto, possiamo considerarli come dei corpi puntiformi che occupano una posizione specifica nello spazio e per i quali sono validi i principi della meccanica classica.

Con onda, in fisica, si indica una perturbazione che nasce da una sorgente e si propaga nel tempo e nello spazio, trasportando energia o quantità di moto senza spostamento di materia, ad esempio: le onde che si formano sulla superficie dell'acqua o le vibrazioni delle corde di una chitarra.

Tutte le onde sono descritte da una serie di tratti caratteristici, ma per comprendere intuitivamente



la meccanica quantistica ne basta una: l'ampiezza, ovvero l'altezza dell'onda. Più onde possono interagire tra loro o meglio “interferire”, formandone una sola la cui ampiezza, in ogni suo punto, è data dalla somma delle ampiezze delle onde che interagiscono.

Nei punti in cui l'ampiezza risultante è maggiore di quella delle singole onde si verifica

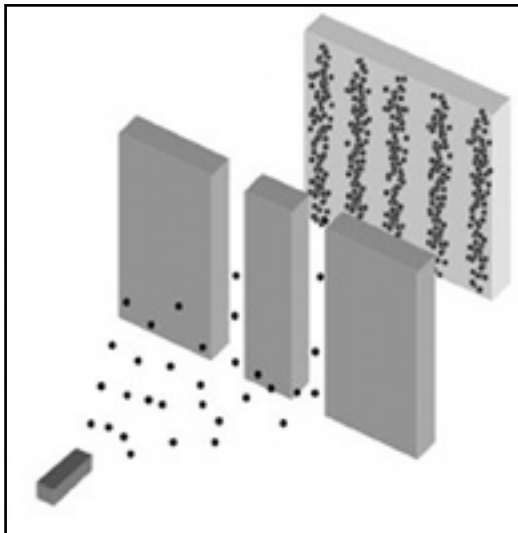
“interferenza costruttiva”, in caso contrario si tratta di “interferenza distruttiva”.

Se le onde che interagiscono hanno tutte la stessa ampiezza, allora, tramite interferenza, si possono formare delle zone in cui queste si annullano a vicenda.

Un esperimento che permette di evidenziare il carattere corpuscolare o ondulatorio di un determinato fenomeno è quello della doppia fenditura, in cui una coppia di schermi, posti l'uno dietro l'altro, fungono:

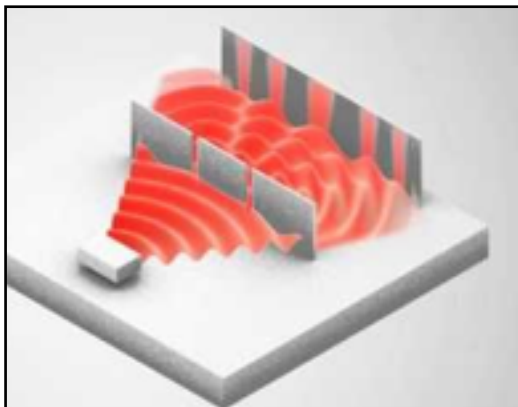
- Il primo, da barriera, nella quale viene praticata una coppia di fessure
- Il secondo, da rivelatore

Se il fenomeno è di tipo corpuscolare, allora le particelle, dopo avere attraversato le fenditure, colpiscono il rivelatore in due zone distinte, poste direttamente dietro le due aperture.



Se, invece, si ha a che fare con delle onde, la faccenda si complica.

I fronti d'onda, dopo aver attraversato le fenditure, si propagano in tutte le direzioni secondo traiettorie semicircolari, così facendo,



interferiscono l'uno con l'altro e colpiscono il

rilevatore in più di due zone; questo fenomeno è noto come “figura di interferenza” ed è tipico dei fenomeni ondulatori. Nel 1801 il fisico Thomas Young ricorse all'apparato appena descritto per dimostrare il carattere ondulatorio della luce.

D'altro canto, nel 1905 Albert Einstein mostrò che una descrizione di tipo corpuscolare, potesse spiegare alcuni fenomeni altrimenti irrisolvibili con la teoria ondulatoria, primo fra tutti l'effetto fotoelettrico.

Per risolvere definitivamente la questione, nel 1961 un gruppo di fisici ripropose nuovamente l'esperimento di Young usando una sorgente estremamente debole, capace di emettere un unico fotone per volta.

Quale fu il risultato?

Inizialmente, i fotoni si comportavano da particelle e colpivano il rivelatore in punti precisi, ma col tempo formarono la stessa figura di interferenza osservata da Young.

Un risultato assurdo, perché implicava che i fotoni fossero contemporaneamente delle particelle (colpivano lo schermo in punti precisi) e delle onde (la distribuzione sul rivelatore era identica a quella prodotta da un'onda che attraversa entrambe le fenditure).

Si decise, allora, di tracciare la traiettoria seguita da ogni fotone ponendo dei sensori in prossimità delle aperture.

Ebbene, questa volta sembravano comportarsi da particelle, attraversando una ed una sola apertura e producendo sullo schermo retrostante solamente due fasce luminose.

Ma la cosa ancora più sconcertante fu che lo stesso comportamento venne esibito da presunte particelle come gli elettroni e, recentemente, si è scoperto che si ottiene il medesimo esito anche con molecole composte da un elevato numero di atomi.

La spiegazione di questo strano fenomeno venne fornita da Erwin Schrodinger che ideò uno strumento capace di descrivere precisamente i risultati sperimentali, la cosiddetta “equazione di Schrodinger”; analoga alla terza legge di Newton della meccanica classica: $F=ma$.

Risolvendo l'equazione di Schrodinger, non si ottiene un valore numerico preciso come la posizione o la velocità di una particella, ma una funzione (strumento matematico avente un “input” ed un “output”) detta “funzione d'onda” che, dato un punto dello spazio tridimensionale in un determinato istante di tempo, restituisce un valore numerico.

Ma cosa rappresenta quest'ultimo?

L'interpretazione più diffusa, nota come "interpretazione di Copenhagen" (dal nome della città che ospitò le discussioni dei due sostenitori più noti della teoria: Bohr e Heisenberg),

è che l'equazione d'onda fornisca la probabilità di trovare una particella in un punto dello spazio! Nell'esperimento della doppia fenditura, vi è effettivamente un'onda che interferisce con se stessa per produrre la figura di interferenza sul rivelatore, ma questa non è "reale".

La funzione d'onda dell'equazione di Schrodinger non ha un'esistenza fisica (come le onde del mare) in quanto non è osservabile, si tratta di un'interpretazione matematica della realtà. Al momento della misurazione, sia che questa avvenga sul sensore o sullo schermo, la particella assume uno dei valori possibili contenuti nella funzione, i fisici chiamano questo processo "collasso della funzione d'onda" e, per quanto ne sappiamo, avviene casualmente!

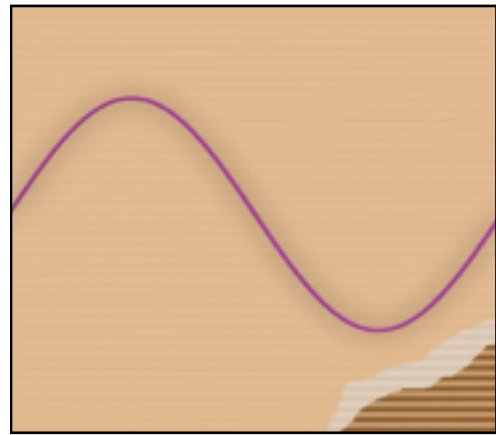
Prima del processo di misura, una particella non possiede una posizione precisa e può essere descritta solamente in termini probabilistici; si trova dunque in una "sovrapposizione" di tutti gli stati possibili.

L'introduzione di un sensore la costringe ad assumere una posizione precisa, impedendo alla funzione d'onda di produrre la figura di interferenza.

Detto ciò, il termine misura non deve trarre in inganno, i fisici, infatti, per "misura" intendono una qualsiasi interazione con l'ambiente circostante; non è necessaria la presenza di un osservatore cosciente per far collassare la funzione d'onda.

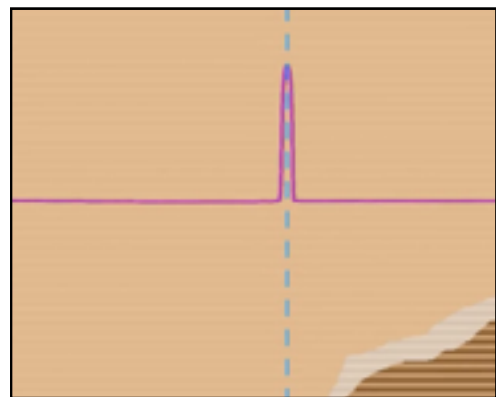
Le particelle che popolano il microcosmo quantistico non sono, come siamo soliti immaginare, dei corpi puntiformi, il loro comportamento è sempre descritto dall'equazione di Schrodinger; anche dopo il collasso.

Immaginiamo, per esempio, di confinare un elettrone all'interno di un contenitore ed ipotizziamo, per semplicità, che una volta risolta l'equazione di Schrodinger si ottenga una funzione d'onda del tipo sinusoidale, come in figura.



In questo caso, è molto probabile che la particella si trovi in quei punti in cui l'ampiezza è massima, dato che questa ci fornisce una stima delle possibili posizioni.

Per migliorare la precisione è necessario misurarne la posizione, facendola interagire con un fotone.



A causa dell'interazione con il fotone, la funzione d'onda collassa, diventando più definita intorno ad un determinato punto dello spazio (contrassegnato dalla retta tratteggiata) rispetto alla precedente, ma si noti che è ancora presente una certa incertezza come indicato dalla larghezza del picco.

Questa può essere ridotta usando dei fotoni con un'energia maggiore, ma è impossibile far combaciare perfettamente la funzione d'onda con la retta verticale a causa del "principio di indeterminazione di Heisenberg", espresso dalla formula: $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4}$

Dove Δx è l'incertezza sulla posizione, mentre Δp quella sulla quantità di moto.

Il prodotto delle due variabili deve essere sempre maggiore o uguale della metà della costante di Planck ridotta, ne segue che nessuna delle due può essere nulla e

poiché al diminuire dell'imprecisione sulla posizione, corrisponderà un aumento dell'imprecisione sulla quantità di moto (e viceversa), è fisicamente impossibile conoscere con esattezza entrambe le grandezze contemporaneamente.

Questo è il motivo per cui le orbite circolari e perfettamente stabili di Bohr vennero sostituite da nubi elettroniche (orbitali atomici), all'interno delle quali gli elettroni si muovono casualmente.

Ma se i fenomeni quantistici sono così strabilianti perché non compaiono nella vita di tutti i giorni?

Dopotutto, durante una partita di calcio, il pallone non si trasforma in un'onda di probabilità per poi riapparire in un punto qualunque dello stadio in modo del tutto casuale! Anche Schrodinger si pose lo stesso interrogativo, egli era talmente avvezzo ad un'interpretazione probabilistica da formulare un paradosso, noto come "il gatto di Schrodinger", capace di dimostrare l'assurdità di tale tesi.

Immaginate di porre in una scatola: un gatto, un congegno capace di rilevare il decadimento di una particella radioattiva, un martello ed una fiala di veleno.

Il processo di decadimento obbedisce alle leggi della meccanica quantistica, pertanto deve essere descritto in termini probabilistici.

Vi sono solo due esiti possibili, entrambi con pari probabilità di accadere:

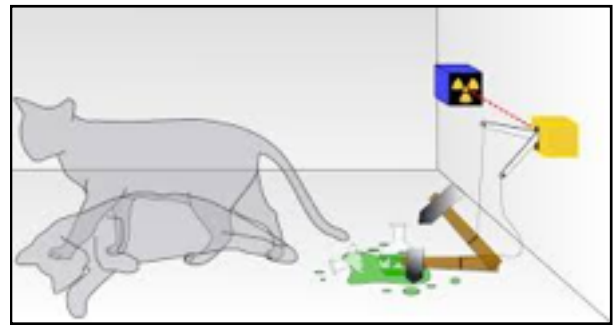
1. la particella decade, il rilevatore attiva il martello che distrugge la fiala, uccidendo la malcapitata cavia
2. non avviene il decadimento ed il felino sopravvive

Se ora chiudessimo la scatola, il sistema si dovrebbe evolvere secondo le leggi della meccanica quantistica, dunque, fin tanto che resistiamo alla tentazione di sbirciare, esso dovrebbe essere una sovrapposizione di tutti gli stati; in altre parole il gatto è sia morto che vivo allo stesso tempo!

Quando cediamo al desiderio e apriamo la scatola, effettuiamo una misurazione che fa collassare la funzione d'onda materializzando solo uno degli esiti possibili.

Prima di saltare a conclusioni affrettate, tuttavia, è doveroso analizzare le condizioni necessarie ad osservare dei fenomeni quantistici.

Nell'esperimento della doppia fenditura, infatti, per poter ottenere sul rilevatore la figura di interferenza, la funzione d'onda deve interagire il



meno possibile con l'ambiente, ne segue che nel mondo macroscopico è praticamente impossibile osservare effetti quantistici perché le particelle interagiscono continuamente tra loro.

Questo fenomeno, noto come "decoerenza", è il motivo per cui sono possibili le partite di calcio e perché non possono esistere gatti in bilico tra la vita e la morte.

A prima vista, una teoria del genere sembrerebbe non avere alcuna applicazione pratica, ma è stato proprio lo sviluppo teorico in questo campo ad aver portato all'invenzione del transistor; il componente fondamentale dell'elettronica moderna: computer, telefoni cellulare, videocamere, sensori e tanto altro.

Si tratta essenzialmente di un interruttore capace di controllare il flusso di corrente elettrica al suo interno, ma privo di parti mobili e di dimensioni dell'ordine di pochi nanometri.

I transistori sono costruiti usando materiali appartenenti alla classe dei semiconduttori (materiali con conducibilità a metà tra quella dei conduttori e degli isolanti) come il Silicio.

Gli atomi di Silicio usano i quattro elettroni di valenza per formare altrettanti legami covalenti, questo impedisce loro di condurre elettricità efficacemente.

Per migliorarne la conducibilità si ricorre al "drogaggio", un procedimento che consiste nello inserire all'interno di un materiale delle specie chimiche differenti.

Ve ne sono di due tipi:

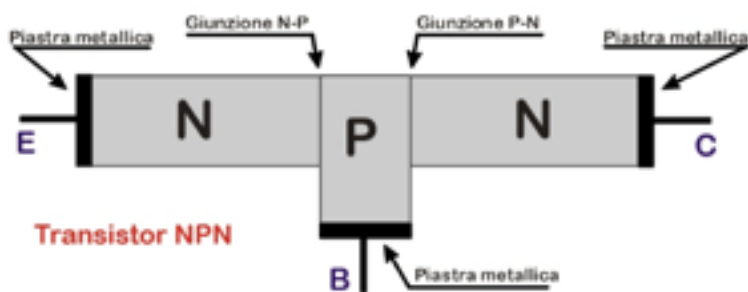
- di tipo-P, se si introducono degli atomi di Boro (3 elettroni di valenza) per ottenere delle "lacune": zone dove è necessaria la presenza di un elettrone per formare un legame covalente
- di tipo-N, se si introducono degli atomi di Fosforo (5 elettroni di valenza) per ottenere degli elettroni in eccesso che non concorrono alla formazione dei legami

Giustapponendo una regione di tipo P ad una di tipo N si ottiene una frontiera detta "giunzione

P-N” che viene attraversata dagli elettroni in eccesso della regione N per occupare le lacune in P.

Lo spostamento di cariche da una parte all'altra della giunzione, porta alla formazione di un campo elettrico, in una regione nota come “regione di svuotamento”, la cui intensità cresce col passare del tempo fino a divenire abbastanza forte da impedire agli elettroni di attraversare la frontiera.

I transistor più comuni sono formati da due zone di tipo N, collegate a due contatti elettrici noti come emettitore e collettore, separate da una di tipo P, collegata ad un contatto elettrico detto base. Normalmente un transistor non



conduce corrente a causa dell'equilibrio prodotto dal campo elettrico, ma applicando una differenza di potenziale positiva all'elettrodo (ad esempio collegandovi il polo positivo di una batteria) riusciamo a disfare l'equilibrio instaurato, permettendo alla corrente proveniente dall'emettitore di raggiungere il collettore.

Gli effetti della meccanica quantistica si percepiscono ancora oggi nel mondo a distanza di più di un secolo dalla sua scoperta e la sua influenza non farà altro che crescere nei prossimi anni, come dimostrato da tecnologie quali i computer quantistici, senza contare gli interrogativi ancora irrisolti al suo interno.

La formulazione odierna, infatti, non è compatibile con la relatività generale di Einstein (probabile sintomo dell'incompletezza di una delle due teorie), se questi punti oscuri fossero finalmente chiariti, l'umanità sarebbe ad un passo da un modello fisico capace di spiegare ogni aspetto della realtà, una vera e propria “teoria del tutto”.

C'è ancora molto da scoprire, dopotutto come disse Richard Feynman, vincitore del premio Nobel per la fisica nel 1965 per i suoi contributi allo sviluppo della teoria quantistica dei campi: «Penso di poter affermare che nessuno capisce la meccanica quantistica».