

La bellezza nell'opera dello scienziato

Luca Nicotra*

DOI:10.30449/AS.v10n20.176

Ricevuto 20-11-2023 Approvato 30-11-2023 Pubblicato 31-12-2023



Sunto: *La storia della scienza mostra chiaramente che la presenza della bellezza, normalmente ritenuta prerogativa esclusiva dell'arte, non solo è possibile nella scienza, ma che essa ha giocato un ruolo importante anche nel suo sviluppo. Mentre la bellezza nell'opera compiuta dello scienziato rappresenta un giudizio soggettivo, la bellezza nel ruolo di motore primo del processo inventivo, invece, è un fatto oggettivo, dimostrabile con documenti, scritti e testimonianze, che talvolta raccolgono le confidenze degli stessi scienziati. In questo articolo si cerca, quindi, di gettare luce su questo secondo aspetto della bellezza come motore dell'opera dello scienziato.*

Parole Chiave: bellezza, scienza, arte, creatività.

Abstract: *The history of science clearly shows that the presence of beauty, normally considered the exclusive prerogative of art, is not only possible in science, but that it has also played an important role in its development. While beauty in the scientist's finished work represents a subjective judgement, beauty in the role of prime mover of the inventive process, however, is an objective fact, demonstrable with documents, writings and testimonies, which sometimes collect the confidences of the scientists themselves. In this article we therefore try to shed light on this second aspect of beauty in the scientist's work.*

Keywords: beauty, science, art, creativity.

Citazione: Nicotra L., *La bellezza nell'opera dello scienziato*, «ArteScienza», Anno X, N. 20, pp. 5-36, DOI:10.30449/AS.v10n20.176.

* Direttore responsabile di «ArteScienza», del «Bollettino di Filosofia delle Scienze Umane» e del «Periodico di Matematica». Ingegnere e giornalista, Presidente dell'A.P.S. "Arte e Scienza", accademico onorario della "Nuova Accademia Piceno Aprutina dei Velati" (APAV) e dell'"Accademia di Filosofia delle Scienze Umane" (AFSU); luca.nicotra1949@gmail.

1 - Sulle tracce dell'ideale di bellezza nell'opera degli scienziati

Certamente, parlare di bellezza nell'arte non meraviglia nessuno e tutti saranno d'accordo nel pensare che esistono numerosi motivi per volerne e poterne parlare. Al contrario, parlare di bellezza nella scienza, molto probabilmente, sorprenderà e lascerà perplessi molti.

Ho l'ambizione di riuscire a dimostrare come, contrariamente a quel luogo comune che vuole la bellezza prerogativa esclusiva dell'arte, non solo sia possibile ravvisarla nella scienza, ma anche come essa abbia giocato – e ci auguriamo che continui a farlo – un ruolo importante nel suo sviluppo. La mia speranza è, quindi, che alla fine di questo articolo anche i più recalcitranti comincino a dubitare di quel luogo comune e a vagliare l'idea opposta che la bellezza, al di là delle apparenze superficiali, sia, invece, un elemento che accomuna profondamente arte e scienza o, se preferite, cultura umanistica e cultura scientifica, usando la terminologia della contrapposizione fra le “due culture” introdotta da Sir Charles Percy Snow nel 1959.

È arduo sintetizzare in maniera esaustiva, in un solo articolo, un tale argomento così ampio e articolato in diverse sfaccettature. Cercherò quindi, più semplicemente, di focalizzare la vostra attenzione sulle tracce che l'ideale di bellezza ha lasciato nell'opera di alcuni grandi scienziati.

Questo tema può essere trattato sotto due aspetti fondamentali e complementari: la bellezza che è possibile ravvisare nell'opera compiuta dello scienziato e la bellezza che, invece, ha ispirato la sua opera: nel primo caso la bellezza è nel risultato, nel secondo costituisce il movente del suo operato.

Non tratterò il primo caso, già abbastanza noto e spesso affrontato anche con una certa retorica. La bellezza nell'opera compiuta dello scienziato, in definitiva, rappresenta un giudizio soggettivo. Dimostrare, a qualcun altro, che non vi crede, che una teoria fisica, un risultato matematico, una trattazione di argomento scientifico sia elegante è altrettanto soggettivo che convincere un amante del figurismo in pittura che l'arte astratta sia bella.

La bellezza nel ruolo di motore primo del processo inventivo, invece, è un fatto oggettivo, dimostrabile con documenti, scritti

e testimonianze che talvolta raccolgono le confidenze degli stessi scienziati. Cercherò, quindi, di gettare luce su questo secondo aspetto, sembrandomi anche un tema assai meno noto e che si presta molto bene a confutare, in maniera un po' provocatoria, l'idea dominante, ma storicamente falsa, che lo scienziato operi sempre ed esclusivamente seguendo vie razionali, logiche, quasi un *robot* che si muova obbedendo ciecamente a un programma in lui infuso dalla dea Ragione.

Certamente questa raffigurazione "disumana", quasi "inumana", della figura dello scienziato è favorita dall'apprendimento scolastico delle discipline scientifiche, che presentano la scienza non nel suo "farsi" ma nel suo "essere". Ovviamente è un'esigenza, oltre che didattica anche scientifica, presentare una disciplina nella sistemazione razionale finora concretizzata. Creerebbe confusione e richiederebbe un impegno - anche di tempo - ben maggiore seguire le numerose vicissitudini che quasi sempre hanno portato a un risultato scientifico finale. Tuttavia, per scoprire la dimensione più "umana" dell'invenzione scientifica non v'è altra via che seguire un approccio storico, che è l'unico in grado di mettere in luce proprio tutti quegli aspetti "umani" che la presentazione dell'opera scientifica compiuta necessariamente ignora: debolezze, intrighi, gelosie, sofferenze, amori, anni e anni di faticoso lavoro, ripensamenti e rifacimenti, che costituiscono spesso il retroscena, ahimè ignoto ai più, di un serio risultato scientifico. E allora si comprende che la scienza non è dissimile da qualunque altra attività dell'uomo: ne porta i segni dell'imperfezione ma anche della sua grandezza, che è fatta tutta di umanità e non di qualcosa che può sembrare quasi una "rivelazione divina". «La cultura scientifica diventa allettante se annuncia non solo i principi, le equazioni, i risultati, ma se ci permette anche di cogliere le specifiche passioni attorno a cui tutto ciò si è costruito», afferma giustamente Etienne Klein, fisico e divulgatore scientifico fra i più affermati nel mondo (Klein, 2006).

Studiando la storia della scienza si possono allora comprendere i motivi ispiratori di molte conquiste scientifiche e apprendere, con sorpresa, che il processo inventivo nella scienza segue sostanzialmente lo stesso *iter* della creatività artistica, affondando le sue radici nel

regno del subconscio, nell'immaginazione, nel temperamento dello scienziato, «nella forza di una convinzione, nell'ossessione per una problematica», per usare le stesse parole di Klein. Un nostro grande matematico e filosofo del secolo appena trascorso, Bruno de Finetti, credo sia stato uno dei pochi ad avere avuto l'onestà e la spregiudicatezza di ammettere che negli stessi scienziati «purtroppo, un falso pudore vieta di menzionare la parte del processo della scoperta che si svolge più o meno nella sfera dell'inconscio, o del subconscio, per esibire soltanto la dimostrazione fossilizzata nella sua forma scheletrica di logica freddamente deduttiva e formalistica» (de Finetti, 1974a). Albert Einstein stesso confidava in una lettera al matematico Jacques Hadamard :

Le parole e il linguaggio, nella loro forma scritta o parlata, non sembrano avere alcun ruolo nei meccanismi del mio pensiero. Le entità psichiche che sembrano esserne gli elementi costitutivi sono certi segni e immagini più o meno chiare che posso volontariamente produrre e combinare.

E ancora lo stesso Einstein, rivolgendosi a Max Wertheimer:

Molto raramente penso usando le parole [...]. Ho come una immagine complessiva, come se vedessi.

Dunque l'immagine, nella sua accezione più ampia, è la radice del pensiero scientifico, così come lo è della creatività artistica. Ma l'immagine, qualunque essa sia, ha un elemento immancabile per poter attrarre l'attenzione dello scienziato come dell'artista: il senso della bellezza. Un elemento che appartiene al subconscio e ha ispirato l'opera scientifica di molti grandi scienziati è proprio l'ideale di bellezza. Andando a frugare nella storia della scienza e dei suoi protagonisti, non è difficile trovare molti esempi in cui la bellezza è stata se non il movente almeno uno dei fattori determinanti nel processo inventivo dello scienziato.

Mi limiterò, per motivi di spazio, ai casi più eclatanti e significativi, attingendo soprattutto dai fisici.

Seguendo un ordine cronologico, comincerò da Galileo Galilei, essendo considerato universalmente il padre della scienza moderna,

per passare poi a Pierre de Fermat, Albert Einstein, Paul Dirac ed Ettore Majorana.

2 - Galileo Galilei

Il caso di Galileo è particolarmente significativo, perché la bellezza risplende chiaramente sia nella sua opera compiuta, attraverso l'eleganza della sua prosa scientifica e delle sue argomentazioni, sia come motore della sua ricerca, guidata dalla convinzione che la bellezza governa la natura attraverso la semplicità e l'armonia. Inoltre si presta a dimostrare come, in qualche caso, nello sviluppo dell'opera dello scienziato, la bellezza possa giocare un duplice ruolo: positivo e negativo.

Cominciamo da quello positivo. Premetto che quanto sto per dirvi è stato posto in luce non da uno storico della scienza, bensì da uno storico dell'arte: Samuel Edgerton (1984).

Nel luglio del 1609 il matematico, cartografo e astronomo inglese Thomas Hariot aveva costruito un telescopio a sei ingrandimenti, con il quale fece osservazioni sulla Luna¹. Qualche mese dopo, nel novembre dello stesso anno, Galileo costruì un telescopio molto più potente di quello di Hariot, a venti ingrandimenti, e lo puntò verso la Luna. Il 4 marzo 1610 pubblicò i sorprendenti risultati delle sue osservazioni nell'opera *Sidereus Nuncius*,



Fig. 1 - La Luna disegnata da Thomas Hariot nel 1609. Il terminatore è una curva frastagliata e non "liscia".

¹ Nel 1608 il francese Pierre de l'Estoile aveva espresso l'idea di costruire uno strumento per l'osservazione celeste.

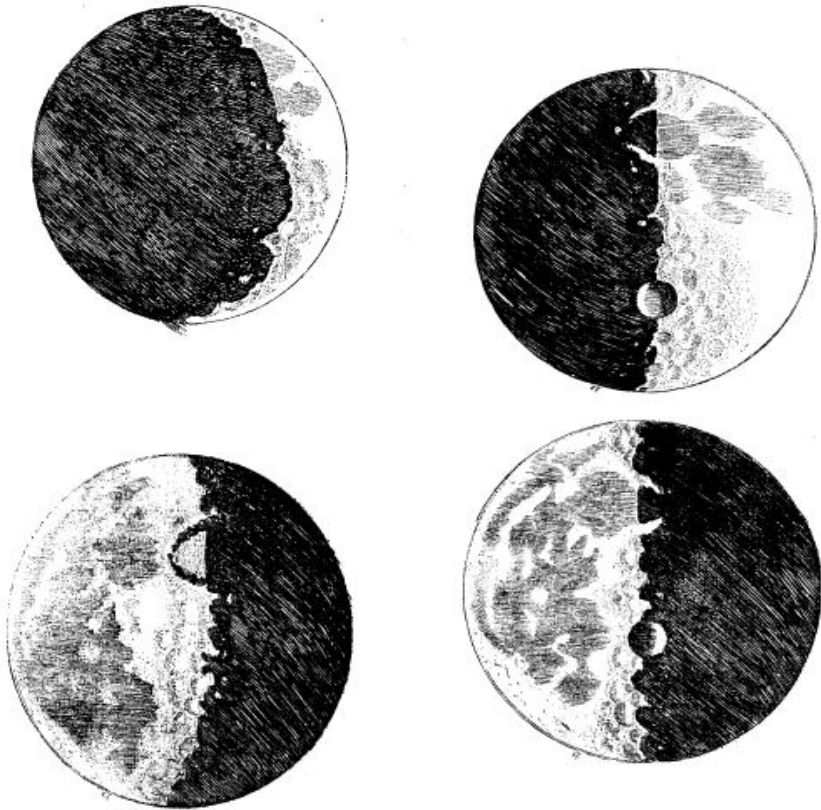


Fig.2 - La Luna disegnata da Galilei nel Sidereus Nuncius (1610). Il terminatore è una curva frastagliata e non “liscia”. Da Galilei (1610) op. cit.

che fece il giro dell'Europa. Fortunatamente sia Harriot sia Galileo non si limitarono a una semplice esposizione verbale, ma offrirono al pubblico una prova visibile di ciò che avevano osservato, naturalmente utilizzando i mezzi a loro disposizione: il disegno. Entrambi furono sorpresi dal risultato delle loro osservazioni: la linea di separazione (il cosiddetto “terminatore”) fra la zona illuminata e quella in ombra della Luna - ovviamente si riferivano ad osservazioni di fasi lunari

intermedie fra quella della Luna piena e della Luna nuova – era una curva frastagliata e non un arco di circonferenza “liscio”. Secondo la dominante concezione aristotelica dell’epoca, la Luna era concepita, invece, come una sfera perfettamente sferica e liscia, a tal punto che fin dal Medioevo era diventata il simbolo della purezza della Vergine. Molte raffigurazioni pittoriche dell’epoca rappresentano, infatti, la Luna con la Vergine Maria.

Hariot, nei suoi schizzi dell’immagine lunare, disegna il terminatore come una curva appena frastagliata (figura 1), ma non aggiunge alcun commento: non sa spiegare ciò che lui stesso ha visto, perché condizionato dalla concezione aristotelica dell’universo fino allora dominante.

Galilei, invece, rappresenta il terminatore come una linea fortemente frastagliata e non si limita alla pura registrazione di ciò che ha visto fisicamente con gli occhi. Interpreta i risultati delle sue osservazioni, completando i dati osservativi con ciò che vedeva con altri occhi, quelli della mente: disegna i crateri lunari, ai quali attribuisce la causa delle irregolarità del terminatore (figura 2). Galileo, aiutato indubbiamente dalla sua fede copernicana secondo la quale i satelliti sono simili ai pianeti, afferma all’inizio del *Sidereus Nuncius* (*Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale* a cura di A. Favaro, Firenze, Barbera, 1890-1909, ristampa 1968, vol. III, pp. 51-96):

... sensata certitudine quispiam intelligat, Lunam superficie leni et perpolita nequaquam esse indutam, sed aspera et inaequali; ac, veluti ipsiusmet Telluris facies, ingentibus tumoribus, profundis lacunis atque anfractibus undiquaque confertam existere.

(... con la certezza della sensata esperienza chiunque può comprendere che la superficie della Luna non è affatto liscia e lucida, ma ruvida e irregolare; e che, come la faccia stessa della Terra, da ogni lato presenta enormi rigonfiamenti, laghi profondi e burroni).

E qui entra in scena il suo culto della bellezza, che aveva certamente acquisito nell’ambiente familiare (è ben noto che il padre Vincenzo era un celebrato musicista e teorico della musica) e che aveva coltivato lui stesso con appassionati studi letterari, con il suo virtuosismo di suonatore di liuto, con la sua passione per l’arte rina-

scimentale e con l'arte del disegno da lui stesso esercitata e nella quale era maestro. Tant'è che la sua prima domanda d'impiego fu come professore di matematica e prospettiva, rivolta, all'età di 25 anni, a quell'Accademia Fiorentina del Disegno fondata da Giorgio Vasari per volere di Cosimo I de' Medici, centro del sapere degli ingegneri e architetti, della quale nel 1613 Galileo fu poi nominato membro onorario. Galileo conosce magistralmente l'arte della prospettiva, tanto da essere chiamato il «suo maestro» da Lodovico Cardi, detto il Cigoli, il più noto dei pittori fiorentini dell'epoca. In particolare è maestro nell'arte di rendere la prospettiva con il chiaroscuro, abilità che gli torna utile proprio in occasione delle sue osservazioni astronomiche del novembre 1609: nei disegni delle osservazioni lunari pubblicati nel *Sidereus Nuncius*, con il chiaroscuro Galileo rappresenta le asperità della superficie lunare, dando così una spiegazione visiva dell'aspetto frastagliato del terminatore.

Questo esempio mostra però semplicemente l'utilità dell'amore per il bello nell'opera di Galilei, ma non è un esempio di bellezza come motore della sua opera, che invece si ritrova in tutta la sua produzione scientifica. In Galilei non è possibile separare lo scienziato dal letterato. La sua notevole formazione umanistica lo rende maestro insuperabile nell'uso della antica forma letteraria del dialogo, come strumento non solo di divulgazione delle sue teorie scientifiche ma anche di ricerca. Galileo confuta le obiezioni dei suoi avversari evidenziandone, spesso con sarcasmo, l'assurdità e la mancanza di fondamento razionale, seguendo un percorso di ricerca. In realtà la presenza della controparte nei suoi dialoghi è quasi un espediente per chiarire a se stesso le sue teorie e renderle salde di fronte alle obiezioni degli avversari. Non segue il processo espositivo di tipo deduttivo proprio della trattatistica, bensì pone all'attenzione del lettore un problema e utilizza tutti gli strumenti razionali e matematici di cui dispone, per proporre al lettore una soluzione convincente. Usa quindi il metodo della ricerca proprio del "fare scienza" e non del "raccontare scienza", ovvero dell'espone un risultato scientifico già acclarato. E in questo suo cammino si fa sempre guidare dal suo ideale di bellezza, maturato nella sua educazione di tipo rinascimentale. L'armonia, la bellezza sono per lui anche semplicità, linearità

del ragionamento razionale. La sua stessa prosa ne è lo specchio.

E ora veniamo all'esempio negativo: si tratta di quello che molti storici chiamano "l'errore di Galileo", «uno dei pochissimi nella splendida *opera omnia* di Galileo» come afferma il fisico e storico della scienza Gerald Holton: il rifiuto delle orbite ellittiche dei pianeti, che Giovanni Keplero era stato costretto a ipotizzare dall'analisi dei suoi numerosissimi e accurati dati osservativi in parte ereditati dal suo maestro Tycho Brahe. Una grave rinuncia questa da parte di Galileo, perché proprio le leggi di Keplero lo avrebbero soccorso magnificamente nella sua lotta contro i nemici del copernicanesimo.

Ma perché Galileo rifiutò di prendere seriamente in considerazione le leggi di Keplero, che era un suo grande ammiratore? Dice lo storico della scienza Giorgio de Santillana: «devono aver fatto scattare nella mente di [Galileo] un meccanismo protettivo». Dunque la ragione sarebbe sepolta nei meandri imperscrutabili dell'inconscio o del subconscio. Ancora una volta è uno storico dell'arte a illuminarci, Erwin Panofsky (1956), che si rifà proprio alla robusta educazione umanistica di Galileo, ipotizzando che il rifiuto delle leggi di Keplero era non altro che il rifiuto dell'ellisse, figura geometrica che contrastava con i gusti estetici di Galileo, legati saldamente al classicismo rinascimentale. È documentata l'avversità di Galileo verso il "manierismo", che con il suo anticlassicismo e le sue distorsioni artistiche gli ripugnava. Al manierismo – sostiene Panofsky – Galileo forse, nel suo subconscio, associava proprio l'ellisse, che, al suo gusto rinascimentale imbevuto di razionalità, semplicità e armonia, doveva apparire probabilmente come una inaccettabile deformazione della circonferenza, paragonabile nella musica a una dissonanza. Lo stesso Michelangelo Buonarroti, tanto ammirato da Galileo, non fece mai uso di questa figura se non, quasi a livello sperimentale, in un bozzetto per la tomba di Papa Giulio II.

Ma molto probabilmente non era soltanto il rifiuto estetico dell'ellisse l'unico motivo del grande rifiuto di Galileo. In realtà c'era un'incompatibilità di fondo tra Galilei e Keplero: il primo, uomo eminentemente razionale impegnato eroicamente in una titanica lotta contro tutto ciò che di magico, superstizioso, preconconcetto, esoterico il suo tempo aveva ricevuto in eredità dal Medioevo; il secondo, al

contrario, una mistura geniale di pensiero magico e razionale. Limpida, cristallina, efficace la prosa di Galileo, che farà scuola nella storia della stessa letteratura italiana, tanto da essere definito il più grande scrittore italiano da Italo Calvino. Confusa, caotica, disorganica quella delle opere di Keplero. Lo stesso Newton trovò grosse difficoltà a “decifrare” le tre famose leggi di Keplero nelle sue opere. Dunque, probabilmente, se l’ellisse ripugnava al gusto estetico di Galileo, altrettanto e forse più gli ripugnava sul piano letterario il modo di scrivere dello scienziato polacco.²

La circonferenza, curva senza inizio e fine, tratta equamente tutti i suoi punti, ciascuno dei quali può vantarsi d’essere inizio, fine e punto medio. Ma questa parità di cittadinanza è anche di qualunque altra curva chiusa. Allora cos’ha di più la circonferenza? Fra le curve chiuse essa è l’unica che non concede nessun altro particolare privilegio ai suoi punti, essendo tutti ugualmente distanti dal suo “unico” centro di curvatura. Fu Leon Battista Alberti, nell’opera *De re aedificatoria*, a teorizzare il primato del cerchio e delle figure poligonali centrali nelle piante delle chiese, tutte inscrivibili nella circonferenza: quadrato, esagono, ottagonone, decagono e dodecagono regolare. Anche Leonardo, poi, fece ampio uso di queste figure in architettura e nel disegno di molte macchine.

Il «fascino della circolarità» subito da Galileo – come è stato definito – ha condizionato molti storici della scienza al punto da far loro affermare che Galileo, pur essendosi avvicinato molto, non poté arrivare alla formulazione corretta del principio d’inerzia, essendo il suo un principio d’inerzia “circolare”. In altri termini, Galileo avrebbe asserito che il “moto naturale”, cioè quello in assenza di una forza esterna netta, è un moto uniforme circolare (cioè a velocità scalare costante nel tempo lungo una circonferenza), e non rettilineo come, invece, recita il principio d’inerzia nella formulazione corretta, che

2 Non fu tuttavia soltanto un motivo formale a rendere riluttante Galilei ad accettare le ipotesi delle orbite planetarie ellittiche. In realtà l’esposizione di Keplero era inficiata da errori, e paradossalmente la correttezza dell’affermazione dell’ellitticità era derivata da due errori compensantisi, come mostrato in J. I. E. Dreyer, *Storia dell’astronomia da Talete a Keplero*, Milano, Feltrinelli, 1977, p. 357 e seg. Dice Dreyer: «[...] il modo in cui Keplero dedusse la [seconda] legge non fu certo irreprensibile». Tutto ciò quindi non facilitava certamente in Galilei l’accoglienza di quelle ipotesi verso le quali già mostrava scetticismo.

diede Isaac Newton nei suoi *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, presentati alla Royal Society a Londra il 25 aprile 1685. Secondo tali storici, quindi, la gloria della scoperta del principio d'inerzia spetterebbe all'inglese e non all'italiano. Mi chiedo, a questo punto, se quegli eminenti storici della scienza abbiano mai letto l'opera di Newton, il quale così scrive nello scolio del capitolo "Assiomi o leggi del moto" della sua celebre opera, dove espone i tre principi della dinamica:

Per leges duas primas & Corollaria duo prima adinvenit Galilæus descensum gravium esse in duplicata ratione temporis, & motum projectilium fieri in Parabola, conspirante experientia, nisi quatenus otus illi per aeris resistentiam aliquantulum retardantur. Ab iisdem Legibus & Corollariis pendent demonstrata de temporibus oscillantium endulorum, suffragante Horologiorum experientia quotidiana.

(Per mezzo delle due prime Leggi e dei due primi Corollari, Galileo trovò che la discesa dei gravi è proporzionale al quadrato del tempo, e che il moto dei proiettili è parabolico; il che è confermato dall'esperienza, quando si tenga conto che tali moti vengono ritardati alquanto dalla resistenza dell'aria. Sulle stesse Leggi e Corollari si fonda la Legge dell'oscillazione dei pendoli già da tempo dimostrata, e suffragata da esperienze quotidiane sugli orologi [Trad. Umberto Forti]).

Dunque lo stesso Newton, che non era certamente molto incline a riconoscere i meriti altrui, ha affermato che sia il principio d'inerzia sia il secondo principio della dinamica sono una scoperta di Galileo.³

3 - Pierre de Fermat e il finalismo in fisica

Un ideale di bellezza intesa non in senso estetico bensì in senso astratto si può ravvisare nel cosiddetto finalismo fisico. Con la fisica deterministica di Galilei-Newton si ha l'affermazione del concetto

³ Non mi soffermo oltre su questa questione, che richiederebbe molto spazio e ci allontanerebbe dal nostro tema. Su di essa ho scritto recentemente un lungo articolo in due puntate, pubblicato sulla rivista scientifica internazionale «*Science & Philosophy*» (Nicotra, 2022), dove è contenuta anche un'analisi approfondita del concetto di moto naturale in Galilei.



Fig. 3 - Pierre de Fermat.

di “causa efficiente”, che considera ogni fenomeno univocamente determinato da una causa esterna materiale e priva di significati metafisici e finalistici.⁴ A questa concezione si contrappone la fisica finalistica, che al cieco concetto di causa efficiente sostituisce quello di “causa finale”, già introdotto da Aristotile: un fenomeno si svolge in modo da realizzare un certo fine, concepito generalmente come la manifestazione della volontà divina. In altri termini la Natura si comporta sempre obbedendo al disegno divino. Va detto, tuttavia, che sia in Galileo stesso sia in Newton si trova un finalismo di fondo,

che ha una connotazione profondamente religiosa.

Dice Galilei nelle sue note all’opera di Giovanni Battista Morino *Famosi et antiqui problematis de Telluris motu vel quiete hactenus optata solutio*:

Fac. 31, 32. Qui è gran campo di discorrere. Noi non cerchiamo quello che Iddio poteva fare, ma quello che Egli ha fatto. Imperò che io vi domando, se Iddio poteva fare il mondo infinito o no: se Egli poteva e non l’ha fatto, facendolo finito e quale egli è de facto, non ha esercitato della Sua potenza, in farlo così, più che se l’avesse fatto grande quanto una vecchia; e se Egli, per mostrar la Sua onnipotenza, lo fa muovere in 24, questo è come nulla, rispetto al poterlo far muovere in un’ora sola molte migliaia e milioni di rivoluzioni. Cercandosi dunque ciò che Egli ha fatto circa proposizioni a noi [occu]lte, e vedendo che nelle note a noi Egli tien sempre, nell’operare, i modi più facili e semplici, ancorché nei più difficili si scoprisse maggiormente la Sua potenza, noi, conoscendo come nel far muovere alcuni corpi celesti, del moto de i quali siamo sicuri, fa dare in più lungo tempo le circolazioni maggiori, non doviamo dire che una immensamente maggiore si faccia in tempo sommamente più breve. M. Morino, Iddio poteva far volare gli uccelli con le ossa d’oro massiccio, con le vene piene d’argento vivo, con la carne grave più del piombo e con ale piccolissime e gravi, e così arebbe maggiormente mostrata la Sua potenza; poteva far i pesci più gravi

4 È famosa l’affermazione di Newton: «hypotheses non fingo»

del piombo, cioè 12 o più volte più gravi dell'acqua: ma Egli ha voluto far quelli d'ossa di carne e di penne assai leggiere, e questi egualmente gravi come l'acqua, per insegnarci che Egli gusta della semplicità e facilità etc. (*Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale* a cura di A. Favaro, Firenze, Barbera, 1890-1909, ristampa 1968, vol. VII, pp. 565-566).

Nella lettera del 21 dicembre 1613 a Benedetto Castelli, Galileo esprime ancora più chiaramente la sua concezione della fisica come «osservantissima esecutrice de gli ordini di Dio»:

[...] procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo e questa come osservantissima esecutrice de gli ordini di Dio. (*Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale* a cura di A. Favaro, Firenze, Barbera, 1890-1909, ristampa 1968, vol. V, *Lettera di Galileo a Benedetto Castelli* del 21 dicembre 1613, p. 282.).

E alla fine della sua opera *Opticks* (*Ottica*) scrive Isaac Newton:

Tale meravigliosa Uniformità del Sistema Planetario dev'essere riconosciuta Effetto di una Scelta.

Un esempio fortunato di questa idea di bellezza identificata nella intelligenza divina è la storia della legge della rifrazione della luce.

La velocità della luce cambia a seconda della densità del mezzo di propagazione: aumenta al diminuire di questa e nel vuoto raggiunge il valore massimo: circa 300 000 Km/sec. Dunque, all'interno di un mezzo omogeneo la luce si propaga con velocità costante, mentre cambia velocità se attraversa mezzi di diversa densità o strati dello stesso mezzo ma a diversa densità, come avviene quando attraversa l'atmosfera. A tale variabilità della velocità di propagazione della luce è collegato il fenomeno della rifrazione, per il quale se un raggio luminoso attraversa la superficie di separazione fra due mezzi trasparenti e omogenei, ma di differente densità (per es. aria e acqua), con un angolo d'incidenza i rispetto alla verticale, la sua traiettoria rettilinea devia, avvicinandosi alla verticale o allontanandosene, a seconda che la velocità di propagazione nel secondo mezzo v_2 sia inferiore o maggiore di quella nel primo mezzo v_1 , formando con

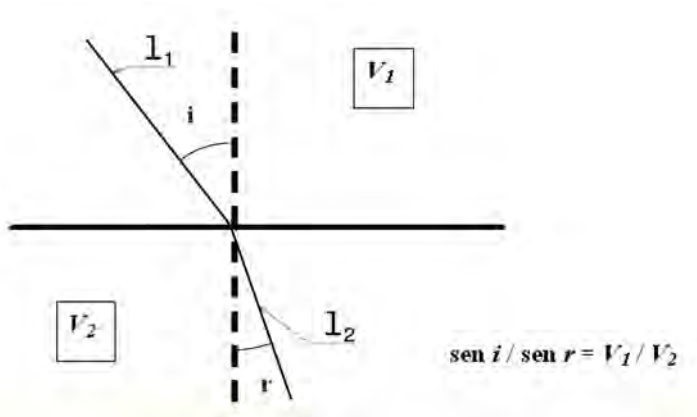


Fig. 4 - La legge di rifrazione della luce.

essa un angolo r (di rifrazione) che soddisfa questa semplice legge:

$$\text{sen } i / \text{sen } r = v_1 / v_2.$$

La legge di rifrazione della luce, ben nota a tutti dagli studi scolastici, certamente esprime matematicamente “come avviene” il fenomeno della rifrazione, ma non spiega “perché avviene così” e non altrimenti.

È proprio nello spirito del finalismo che s’inserisce il primo tentativo corretto (dopo quelli errati di Descartes, Leibniz e Newton) di spiegare la legge di rifrazione, compiuto dal sommo matematico Pierre de Fermat (1601-1665). Per il geniale magistrato-matematico francese, la legge di rifrazione può essere ricavata in modo corretto dal principio finalistico per cui la Natura sceglie sempre la via più semplice, che per Fermat era quella che realizza la maggiore economia.⁵ Nel caso della luce che attraversa la superficie di separazione

⁵ Descartes, Leibniz e Newton arrivarono a una formulazione errata, inversa di quella corretta di Fermat: $\text{sen } i / \text{sen } r = v_2 / v_1$. Ma mentre Descartes e Newton seguirono l’approccio deterministico della causa efficiente, Leibniz seguì come Fermat il principio finalistico secondo cui la Natura segue la via più semplice. Ma mentre per Fermat la semplicità significava economia, per Leibniz la semplicità significava determinazione. Leibniz sosteneva che il principio di “semplicità delle vie” non implica necessariamente che la Natura renda minima una certa quantità (come il tempo, secondo Fermat). Egli asseriva che ciò che è

fra due mezzi diversi (diottrica), essa si realizza rendendo minimo il tempo di percorrenza, ovvero la somma dei tempi impiegati a percorrere i due mezzi, dati dai rapporti fra gli spazi percorsi, l_1 , l_2 , e le rispettive velocità di percorrenza v_1 , v_2 (Israel, N. D.). Nel caso della rifrazione, seguendo questo principio finalistico, la luce si avvicina alla verticale quando la sua velocità nel secondo mezzo è minore che nel primo, perché in tal modo riduce lo spazio percorso e quindi il tempo di percorrenza: è questa la "causa finale" che spiega perché la luce cambia direzione al variare della sua velocità, facendo scrivere a Fermat la corretta formulazione matematica della legge di rifrazione.

4 - Albert Einstein e le sue leggi universali

Si è scritto che non si sa da cosa abbia tratto ispirazione la Teoria della Relatività di Einstein. A me sembra, invece, che le vere ragioni siano state chiaramente espresse da Einstein stesso: ragioni "estetiche", oltre che filosofiche, che lo indussero ad enunciare il Principio di relatività speciale e a trarne la conseguente teoria.

Tutto ha avuto inizio da una situazione strana che si era creata negli ultimi decenni dell'Ottocento nella fisica, un'asimmetria che riguardava proprio il principio di relatività già enunciato da Galilei: questo era accettato e verificato nella meccanica ma non poteva essere applicato nel campo dell'ottica e dell'elettromagnetismo, poiché le leggi di Maxwell che regolano questi ultimi fenomeni cambiano da un sistema inerziale all'altro.

A differenza di altri grandi scienziati, come per esempio Karl Friedrich Gauss, Einstein non tenne mai un diario contenente le annotazioni, giorno per giorno, dei progressi delle sue ricerche e anche la sua autobiografia scientifica non ci è di molto aiuto. In questa, tuttavia, sostiene che i germi delle idee che lo condurranno nel 1905 a

più determinato (e quindi più semplice) può anche essere la quantità più grande. Facendo ricorso alla nozione ambigua di 'resistenza' del mezzo, Leibniz sostenne che la quantità da 'ottimizzare' (ovvero da rendere massima o minima e non necessariamente minima) era la somma dei prodotti delle resistenze nei due mezzi per le velocità, ovvero $r_1 l_1 + r_2 l_2$. Ottenne così lo stesso risultato errato di Descartes e Newton (Israel, N.D.).

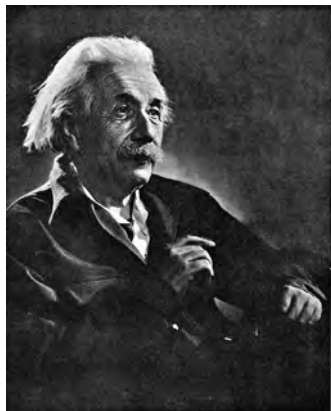


Fig. 5 - Albert Einstein.

formulare il principio di relatività ristretta risalgono a quando aveva sedici anni!⁶

Allora frequentava il liceo di Aarau e la luce era il fenomeno fisico che fin da allora suscitava in lui quella “meraviglia”⁷ che è genitrice di ogni scoperta scientifica e provoca nello scienziato quella sensazione, bella e terrificante nello stesso tempo, di smarrimento dinanzi a qualcosa che non riesce a comprendere. È proprio questo stato di “malessere” intellettuale che, a differenza dell’uomo comune, induce nello scienziato la spinta a trovare la risposta a ciò che ancora non ha una spiegazione.

Einstein definiva “fuga dalla meraviglia” il far ricerca, cioè il cercare quelle risposte.

Ma cos’era della luce che destava tanta meraviglia nel giovanissimo Einstein? In breve si trattava di questo.

Fin dai tempi di Galilei il principio di relatività galileiana (o classica) asseriva che all’interno di un sistema di corpi isolato (cioè non soggetto a forze o soggetto a forze con risultante nulla) non è possibile eseguire alcun esperimento in grado di far capire se il sistema stesso si muove di moto rettilineo uniforme o è in quiete, in quanto le leggi della meccanica rimangono invariate rispetto a qualunque sistema di riferimento in moto rettilineo uniforme o quiescente. Questo principio, fino ai tempi di Einstein, era universalmente verificato nell’ambito della meccanica ma sembrava, invece, non essere più valido per i fenomeni ottici ed elettromagnetici. Einstein, a sedici anni,

6 Una ricostruzione congruente (ma lacunosa) della genesi della relatività einsteiniana si trova sia nella biografia di Einstein scritta dal fisico Philipp Frank, *Einstein: His Life and Times*, (New York, Da Capo, 1989) sia nell’*Autobiografia Scientifica* di A. Einstein.

7 Nell’opera di Galilei è ampiamente ricorrente l’uso del termine “meraviglia” e dei lessemi ad esso ricollegabili. Ad Einstein stesso è attribuita questa frase: «Il processo di scoperta scientifica è in un certo senso una continua fuga dalla meraviglia», in Paul Schilpp (a cura di), *Albert Einstein, Autobiographical Notes*, Open Court, La Salle (II), 1979, pp. 7-9 e riportata in A. Calaprice (a cura di), *Albert Einstein. Pensieri di un uomo curioso*, Milano, Oscar Mondadori, 2011, p.170.

con uno di quegli esperimenti ideali, cioè realizzati con la fantasia, ai quali ricorrerà spesso anche da scienziato, immaginava di cavalcare un'onda luminosa. Ma perché ricorrere a un esperimento ideale, e quale può essere la sua validità? La risposta l'ha data magistralmente il grande fisico Max Planck (1973, pp. 146-147)

Un esperimento concettuale non è legato ad alcun limite di precisione, perché i concetti sono più sottili degli atomi e degli elettroni, ed in essi cessa anche il pericolo di un influsso causale dello strumento di misura sull'evento da misurare. (Planck, 1973, pp. 146,147).⁸

Il giovane Albert immaginava di trovarsi a cavallo di un'onda luminosa e quindi di muoversi con la stessa velocità della luce. Si chiedeva come avrebbe visto il mondo. Per chi ha presente cos'è una perturbazione ondosa, risulta subito chiaro che una persona in una tale situazione non avvertirebbe più il fenomeno ondulatorio, perché non sarebbe attraversata dall'onda, muovendosi lei stessa rigidamente con questa: la luce scomparirebbe.

E ciò accade soltanto quando il corpo si muove con la velocità della luce. Dunque l'esperimento ideale del giovane Einstein mostrava che, in contrasto con il principio di relatività, era possibile stabilire all'interno del sistema stesso, nell'ambito dei fenomeni ottico-elettromagnetici, se un corpo si muove o sta fermo, mostrando nel caso citato che si muove con la velocità della luce. Una tale esperienza, infatti, per la fisica galileo-newtoniana sarebbe teoricamente possibile e dimostrerebbe che il principio di relatività non sarebbe applicabile ai fenomeni ottico-elettromagnetici.⁹ Questa conclusione non soddi-

⁸ Per intero: «Con l'esperimento concettuale, lo spirito dello scienziato si eleva al di sopra del mondo degli strumenti reali di misura; così lo aiutano a costruire ipotesi e a formulare domande, che quando siano comprovate da esperimenti reali gli aprono la visione di nuovi nessi legali, anche se questi sono inaccessibili ad una misura diretta. Un esperimento concettuale non è legato ad alcun limite di precisione, perché i concetti sono più sottili degli atomi e degli elettroni, ed in essi cessa anche il pericolo di un influsso causale dello strumento di misura sull'evento da misurare. L'unica condizione, da cui dipende l'uso fecondo di un esperimento concettuale, è la supposizione della validità di relazioni legali esenti da contraddizione fra gli eventi considerati. Giacché non si può sperare di trovare ciò che si presuppone non esistente».

⁹ A questa conclusione si è qui data una giustificazione intuitiva basata sull'esito dell'e-

sfaceva il sedicenne Albert, per il quale invece doveva valere in ogni caso il principio di relatività galileiana.

Ma da dove nasceva questa convinzione interiore? Su Einstein così si esprime Banesh Hoffmann:

L'essenza della profondità di Einstein stava nella sua semplicità; e l'essenza della sua scienza stava nel suo senso artistico, nel suo fenomenale senso della bellezza. (Hoffmann, 1977, Calaprice, 2011, p. 170).

Ad Einstein sembrava veramente poco convincente che «un principio così generale, che vale con tanta precisione in un campo di fenomeni, riesca invece fallace in un altro campo». Einstein osservava che il principio di relatività galileiana era applicabile con successo nel vasto campo dei fenomeni meccanici (terrestri e celesti) e pertanto gli sembrava veramente strano che la Natura non lo applicasse a tutti i fenomeni, compresi quelli ottici ed elettrodinamici. Altre “asimmetrie”, poi, lo rendevano scettico, quale quella riscontrabile nei fenomeni d'induzione elettromagnetica durante il moto relativo fra un magnete e un conduttore. La memoria del 1905, in cui Einstein espose la sua Teoria della relatività ristretta (Einstein, 1905) inizia proprio con il porre in evidenza tali asimmetrie:

Infatti, se si muove il magnete e rimane fisso il conduttore, si produce nell'intorno del magnete un campo elettrico di certi valori di energia il quale provoca una corrente nei luoghi ove si trovano parti del conduttore. Rimane invece fisso il magnete e si muove il conduttore, non si produce nell'intorno del magnete alcun campo elettrico, ma al contrario si produce nel conduttore una forza elettromotrice, [...] che dà occasione al prodursi di correnti elettriche della stessa grandezza e dello stesso percorso, come nel primo caso.

E prosegue molto arditamente facendo notare che:

sperimento ideale del giovane Einstein. Formalmente, d'altro canto, la non applicabilità del principio di relatività classica ai fenomeni elettromagnetici (e quindi anche ottici) deriva dal cambiamento delle equazioni di Maxwell nel passaggio da un sistema di riferimento in “quiete” (ovviamente si fa riferimento ad una quiete assoluta, oggi dimostrata inesistente) ad uno in moto rettilineo uniforme: ovvero le equazioni di Maxwell valevano soltanto rispetto ad un sistema di riferimento in quiete.

Esempi analoghi, come pure i falliti tentativi di constatare un moto della Terra relativamente al mezzo luminoso [allude all'etere dell'esperimento di Michelson, nota d.a.] conducono alla presunzione che al concetto della quiete assoluta, non solo nella meccanica, ma anche nell'elettrodinamica, non corrisponda alcuna delle proprietà di ciò che si manifesta, ma che piuttosto, per tutti i sistemi di coordinate per i quali valgono le equazioni della meccanica, debbano anche valere le stesse leggi elettrodinamiche ed ottiche.[...]Noi vogliamo elevare questa presunzione (il contenuto della quale verrà detto Principio della relatività) a presupposto fondamentale e inoltre introdurre il presupposto, solo apparentemente incompatibile col precedente, che la luce nello spazio vuoto si propaghi sempre con una velocità determinata c indipendente dalla velocità del corpo emittente.

La non applicabilità del Principio classico di relatività all'ottica e all'elettromagnetismo derivava da una errata concezione di concetti base come lo spazio e il tempo. Einstein corresse le leggi di Maxwell sull'elettromagnetismo in base alle sue nuove idee sul tempo e lo spazio, in modo tale da poterle rendere compatibili con il Principio di relatività ristretta. Veniva in tal modo eliminata la vecchia asimmetria nell'applicabilità del Principio di relatività classico alla meccanica e all'elettromagnetismo.

Fu dunque la convinzione che la Natura predilige principi generali, che non ammettono asimmetrie del tipo di quella già detta a ispirare al giovane Albert la sua celeberrima Teoria della Relatività: una conferma della bellezza della semplicità, che secondo la sua visione governa la Natura a dispetto di una apparente complessità, in pieno accordo con le idee di Galilei.

5 - Paul Adrien Maurice Dirac

Sembrerà strano che proprio nel pensiero scientifico di uno dei fisici più geniali del Novecento, ma taciturno e introverso fino a sfiorare l'autismo, potesse invece dominare la ricerca della bellezza, che identificava, lui fisico, nelle forme pure della matematica, che, prive del tempo e della causalità, identificava con la verità. Questo fisico era Paul Adrien Maurice Dirac, scopritore dell'antimateria,



Fig. 6 - Paul Adrien Maurice Dirac.

di cui predisse l'esistenza nel 1928 in base ad una sua famosa equazione. La prima particella di antimateria, il positrone (cioè l'antiparticella dell'elettrone con carica positiva), sarà sperimentalmente rivelata nel 1932 da Carl David Anderson che riceverà il premio Nobel per la Fisica nel 1936. Nel 1955 Emilio Segrè, Owen Chamberlain, Clyde Wiegand e Thomas Ypsilantis scopriranno sperimentalmente l'antiprotone cioè l'antiparticella del protone con carica negativa e nel 1956 l'antineutrone, l'antiparticella del neutrone, consacrando così definitivamente l'esistenza dell'antimateria, predetta matematicamente da Dirac.

Per Dirac valeva il motto rinascimentale «*Pulchritudo splendor veritatis*» (La bellezza è lo splendore della verità), laddove c'è bellezza c'è verità. Ovviamente, essendo la bellezza un valore soggettivo, anche la verità lo è, e di questo Dirac ne era ben consapevole: nessuna verità è definitiva ma soltanto temporanea, suscettibile di ricevere nuova bellezza e quindi nuova verità, almeno nella fisica! Il principio metodologico della ricerca scientifica di Dirac era dunque la bellezza: ricercare la verità in fisica per Dirac equivaleva a inseguire la bellezza. Ma qual era l'archetipo di bellezza di questo geniale fisico inglese di origine francese? Per Dirac la bellezza era l'eleganza di un'equazione. Dirac era tristemente famoso fra i giornalisti per la laconicità esasperata delle sue risposte, che si limitavano il più delle volte a un sì o un no. Si potrebbero raccontare in proposito numerosi aneddoti molto divertenti. E non venne meno a questo suo stile nemmeno quando gli chiesero cosa intendesse per eleganza di un'equazione, rispondendo:

Non posso spiegarlo a chi non conosce la matematica, perché non comprenderebbe; mentre chi conosce la matematica sa già cosa intendo dire.

Risposta che ricorda molto quella data da Bertrand Russell a chi gli

chiedeva cosa fosse la geometria:

È la scienza che conoscono i geometri...

In realtà, in altre occasioni, per fortuna nostra, Dirac ha espresso più analiticamente il suo pensiero riguardo alla bellezza in matematica e quindi in fisica. Per lui, per esempio, se un'equazione è bella, prima o poi la teoria fisica sulla quale poggia si rivelerà vera, anche se quell'equazione, almeno temporaneamente, riesce scarsamente a descrivere la realtà sperimentale. In fondo è ciò che è accaduto alla sua famosa equazione, che prediceva l'esistenza delle antiparticelle, confermata sperimentalmente soltanto quattro anni dopo da Anderson. Più in generale per Dirac sono tanto più belli i formalismi in matematica quanto più "invarianti" mettono a disposizione, intendendosi per "invarianti" tutte quelle entità o quantità che non cambiano quando si effettuano trasformazioni geometriche (come per es. una rotazione) o quando si cambia sistema di riferimento. E quanti più "invarianti" ci sono in una teoria fisica tanto maggiore è la sua bellezza e quindi la probabilità della sua esattezza. Perché l'invarianza risulta essere garante dell'esattezza di una teoria fisica? La risposta è semplice: perché l'invarianza rispetto a una trasformazione (geometrica o di sistema di riferimento) è la prova più convincente dell'esistenza di un oggetto. Per spiegarlo basta questa semplice riflessione. Se ho un oggetto davanti ai miei occhi, posso credere in un primo momento che ciò che vedo da una certa angolazione sia un cubo, ma poi ruotando attorno a quell'oggetto, mi accorgo che invece non è un cubo, perché la sua forma è cambiata osservandolo da un altro punto di vista. Se, invece, pur cambiando diversi punti di vista permane in me la vista prospettica di un cubo, mi convincerò che effettivamente quell'oggetto è un cubo. Questo in estrema sintesi il pensiero di Dirac: la bellezza porta all'invarianza, questa alla verità: la bellezza conduce dunque alla verità.

6 - Ettore Majorana e le sue simmetrie astratte

Ogni volta che si parla di Ettore Majorana, non si può fare a meno di provare una grande commozione. Subito dopo la sua misteriosa scomparsa nel 1938, all'età di trentatré anni, Enrico Fermi così si

rivolgeva al collega Giuseppe Cocconi spiegandogli, concitato, lui che era sempre così controllato e severo nei giudizi, l'importanza di quella scomparsa:

Perché, vede, al mondo ci sono varie categorie di scienziati; gente di secondo e terzo rango, che fan del loro meglio ma non vanno molto lontano. C'è anche gente di primo rango, che arriva a scoperte di grande importanza, fondamentali per lo sviluppo della scienza. Ma poi ci sono i geni, come Galileo e Newton. Ebbene, Ettore Majorana era uno di quelli.¹⁰



Fig. 7 - Ettore Majorana.

Questo giovane fisico siciliano dalla personalità estremamente complessa, martoriata nel profondo da una solitudine intellettuale e psicologica che si dimostrarono per lui letali, restio fino all'inverosimile a pubblicare le sue geniali teorie, spesso anticipatrici rispetto ad altri autori, per il quale la scienza sembrava essere non una conquista da raggiungere ma quasi una droga da cui disintossicarsi, ci ha lasciato soltanto nove articoli scientifici, scritti tutti dietro insistente invito di grandi scienziati come Fermi, Heisenberg e altri, tutti di altissimo livello, tali da assicurargli l'immortalità nella storia della scienza mondiale.

L'ideale di bellezza da cui si lascia condizionare Majorana nelle sue ricerche è simile a quello di Einstein: la fede nelle simmetrie. Ma le simmetrie del fisico catanese sono molto più astratte di quelle del sommo fisico tedesco e poggiano su formalismi matematici che sconcertavano i fisici degli anni Trenta. Non a caso il lavoro di Majorana, considerato il suo capolavoro, è intitolato *Teoria simmetrica dell'elettrone e del positrone*,¹¹ pubblicato nel 1937 (ma le idee in esso contenute risalgono al 1933). Questo articolo è tutt'oggi al centro

10 Lettera di Giuseppe Cocconi a Edoardo Amaldi del 18 luglio 1965; cit. in E. Recami pp13-14

11 In "Nuovo Cimento", 14, 1937, pp. 171-184

dell'attenzione da parte dei fisici di tutto il mondo. In esso Majorana delinea una teoria dell'antimateria diversa da quella di Dirac, che considerava "artificiale e insoddisfacente", non essendo certamente estraneo in tale giudizio il suo gusto estetico. Questo "movente" (che ovviamente è condizionante ma non esaustivo) dei gusti estetici nelle scelte delle vie da seguire nella fisica è testimoniato da Edoardo Amaldi, che fu compagno di studi e di ricerca nel gruppo di Fermi, e anche il suo primo biografo:

Una simile distribuzione suggerisce che il potenziale che descrive l'interazione debba essere una mistura al 50% di forze alla Wigner (cioè forze ordinarie) e di forze di scambio alla Majorana (10). Ma un'interazione nucleare che contenga soltanto il 50% di forze alla Majorana non è più sufficiente per dar luogo alla saturazione. Questa può essere ottenuta solo introducendo un nocciolo repulsivo alla brevi distanze, ossia facendo uso di un tipo di forze ben noto dal caso delle forze interatomiche nelle molecole e nei solidi, ma che molti fisici teorici degli anni trenta non gradivano per ragioni estetiche. Per esempio, Majorana nella parte iniziale del suo testo tedesco accenna a questa ovvia possibilità per ottenere la saturazione delle forze nucleari, ma aggiunge: «Eine solche Lösung des Problems ist aber von ästhetischen Standpunkt aus unbefriedigend, ... (una simile soluzione del problema è, però, insoddisfacente dal punto di vista estetico, ...). [...] Questi suoi gusti, o forse pregiudizi, estetici appaiono anche in un altro punto di questo lavoro, ma questa volta si tratta di un fatto puramente formale (Amaldi, 1988).

La teoria dell'antimateria di Paul Dirac ripugnava al gusto estetico di Ettore perché era fondata sull'idea di stati d'energia negativa. Secondo Dirac, le particelle elementari si trovano in stati d'energia negativa che sono infiniti e formano il cosiddetto "mare di Dirac". Quando, sotto l'effetto di un certo evento (non importa quale), esse abbandonano tali stati, ponendosi in stati d'energia positiva, diventano osservabili in quanto diventano particelle di materia. L'antimateria non è visibile: soltanto quando avvengono quei passaggi si può rilevare la comparsa di un'antiparticella, che non è altro che il buco prodotto nel "mare di Dirac". Il gusto per la simmetria, intesa da Majorana come espressione dell'austerità formale che governa

l'economia della Natura, lo porta ad abolire gli stati d'energia negativa e a formulare una teoria dell'antimateria ove ogni particella elementare s'identifica con la sua antiparticella, mentre per Dirac ad una particella corrisponde un'antiparticella diversa. Insomma, per Majorana una particella elementare e la sua antiparticella sono non altro che immagini rispecchiate di un'unica realtà. Le particelle così intese sono dette oggi "particelle di Majorana" e devono ancora trovare conferma sperimentale. La teoria di Majorana è più difficile da comprendere di quella di Dirac, che quindi si è affermata più facilmente nel mondo scientifico. C'è, però, una particella elementare che non trova sistemazione definitiva nella teoria di Dirac: il neutrino. Previsto teoricamente dal fisico Wolfgang Pauli nel 1930 e confermato sperimentalmente ben 26 anni dopo, nel 1956, si è ritenuto che fosse di massa nulla fino al 2001, quando Raymond Davis jr., Masatoshi Koshihira e Riccardo Giacconi provarono che invece ha massa piccolissima ma non nulla¹². Fin quando si riteneva che il neutrino avesse massa nulla non importava sapere se si comporta come particella di Dirac o di Majorana, ovvero se non è uguale alla sua antiparticella o se al contrario, lo è. Diversamente vanno le cose nel caso recentemente scoperto che il neutrino ha massa non nulla. C'è una prova sperimentale che potrebbe dire la parola definitiva su questa questione: la "doppia disintegrazione beta senza emissione di neutrini" ovvero quella rarissima forma di radioattività, finora non scoperta, in cui si avrebbe emissione da parte del nucleo atomico soltanto di due elettroni senza neutrini. Se questa forma di radioattività dovesse essere scoperta, la teoria di Majorana trionfarebbe su quella di Dirac. I maggiori centri di ricerca del mondo, fra cui il CERN di Ginevra e i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN sono attualmente impegnati in questa avventurosa corsa al neutrino di Majorana.

12 Per tale scoperta hanno ricevuto il Premio Nobel per la fisica nel 2002.

7 - La bellezza per i matematici

Nella matematica, scienza del “rigore” per antonomasia, sembra non dover trovare proprio alcun posto il senso del bello. Ma anche in questo caso si tratta di una convinzione errata, purtroppo talvolta condivisa da alcuni matematici. Anche nel caso della matematica la bellezza può essere ravvisata nell'opera compiuta o durante il suo farsi, come “motore” e guida.

Per molti matematici la bellezza della matematica si ravvisa nel loro linguaggio stesso, eminentemente sintetico, assolutamente nemico di qualunque ridondanza. Fra due “strade” ugualmente valide logicamente e in grado di condurre allo stesso risultato, per il matematico è più bella la via più breve. La bellezza per il matematico è in genere associata all'economia di pensiero, senza però, beninteso, compromettere la correttezza. C'è poi chi vede la bellezza nell'uniformità di metodo con cui affrontare diverse questioni. E poi certamente “è bello” quel proseguire senza tentennamenti da risultati già acquisiti ad altri nuovi, più generali, di cui i precedenti sono casi particolari. A tal proposito è divertente citare un aneddoto del grande matematico Renato Caccioppoli, narrato da un suo illustre allievo: Luciano De Crescenzo:

Arriva Caccioppoli. È, come sempre, elegantissimo: abito scuro, da sera, un po' sgualcito e sporco di gesso sulle maniche, ma con tanto di gardenia all'occhiello. Probabilmente è ancora l'abito che indossava ieri. Il Maestro questa notte non deve aver dormito: avrà conversato d'amore e di politica, suonato il pianoforte, bevuto e cantato. Di notte lui non ama restare solo: va in giro per le strade di Napoli, frequenta i piccoli bar dei quartieri spagnoli. [...] E ora eccolo, fresco come una rosa, che entra tra un uragano di applausi. Saluta con un ampio gesto della mano (una mano da pianista).[...] Si ferma e punta l'indice su un ragazzo della prima fila:

«Sei in cucina, devi cucinarti un piatto di spaghetti. La pentola con l'acqua è sul tavolo di cucina. Il fornello è già acceso. Qual è la prima operazione che fai?»

«Metto la pentola sul fornello» risponde pronto il ragazzo.

«E se la pentola non si trova sul tavolo, ma sul piano della credenza?»

«Fa lo stesso: metto sempre la pentola sul fornello».

«No: se sei un matematico, la metti sul tavolo di cucina e ti riconduci al caso precedente! (De Crescenzo, 1986,, pp. 215-216)»

Una celebre dichiarazione d'amore per la bellezza della matematica è certamente quella di Bertrand Russell:

La matematica, giustamente considerata, non contiene soltanto la verità, ma la bellezza suprema, una bellezza fredda e austera, come quella della scultura, senza far appello ad alcuna parte della nostra debole natura, senza le attrattive sensuali della pittura o della musica, e tuttavia sublimemente pura, capace di quell'alta perfezione che soltanto la grandissima arte esprime.

L'autentico piacere, l'esaltazione, il senso di essere qualcosa di più di un uomo, che sono le pietre di paragone delle più elevate acquisizioni, si ritrovano nella matematica con altrettanta certezza che nella poesia (Russell, 1970, p. 58).

Entusiasmi di un grande matematico e filosofo del passato! Ai quali, nei tempi disincantati d'oggi, risponderemmo con Gian Carlo Rota: «La bellezza della matematica risplende solo agli occhi di chi la fa» (Rota, 2000, p. VIII).

Ma fin qui si è parlato della bellezza "nella" matematica che, come già detto, è sicuramente opinabile, come con un certo pessimismo osservava l'illustre matematico Giancarlo Rota.

Di diverso significato è invece il pensiero di un nostro illustre matematico, Enrico Bompiani, sulla bellezza come motore della ricerca matematica. Confutando l'idea corrente del matematico come «arido fabbricatore di sillogismi, solo attento al processo logico della sua costruzione», così tentava di esporre ai non matematici il processo della scoperta matematica:

È una mancanza di armonia in qualche parte della costruzione già fatta che suggerisce un tentativo fruttuoso: o addirittura un desiderio imperioso del bello che impone il risultato. Non è infrequente fra matematici interessati ad una ricerca sentir dire: «Sarebbe bello che fosse così»; cioè il risultato è sentito anzitutto come soddisfacimento di un bisogno estetico. Alla certezza estetica del risultato si applica allora la logica per svelare i legami necessari con le premesse e poterli comunicare ad altri; ma l'atto creativo

per cui si divina il risultato è, come quello dell'artista, puramente emotivo fantastico intuitivo (Bompiani, 1974).

C'è poi chi, talmente convinto del ruolo-guida della bellezza nelle diverse manifestazioni della natura e dell'inventiva umana, si è impegnato nella ricerca di una formalizzazione matematica del "bello", espressa attraverso formule "estetiche" che consentono di quantificarlo e misurarlo. La sezione aurea con i correlati argomenti dei numeri di Fibonacci e della spirale logaritmica ne è l'esempio più noto a tutti, ma non l'unico.

Se è innegabile l'influenza di un ideale estetico nello sviluppo dell'opera scientifica, non bisogna tuttavia pensare che esso sia stato immutabile e universale.

Per esempio, il purismo in matematica richiede la soluzione di un problema matematico con i soli strumenti della disciplina cui si riferisce. Così un problema algebrico dovrebbe essere risolto soltanto nell'ambito dell'algebra e un problema geometrico con metodi puramente geometrici o sintetici. In quest'ultimo caso è particolarmente rappresentativa l'opera di Lorenzo Mascheroni, che teorizzò nella sua *Geometria del compasso* (1797) i metodi di soluzione di un problema geometrico con l'uso esclusivo del compasso.¹³

Non è soltanto il geometra puro, però, a gioire dello splendido isolamento della sua disciplina: Leonardo Sinisgalli, il grande «poeta-ingegnere» del secolo scorso, ammetteva di subire il fascino in sé compiuto dell'algebra:

13 Nella *Geometria del compasso* il Mascheroni dimostrò che ogni problema risolubile con riga e compasso è risolubile col solo compasso. Cfr. (Nicotra Salvatore, 1955-1958). Lorenzo Mascheroni fu anche un esempio vivente dell'unità culturale, essendo stato matematico, umanista e poeta: «A diciassette anni vesti l'abito ecclesiastico e non ancora ventenne succedette nell'insegnamento dell'eloquenza al proprio maestro Ottavio Bolgeni. Passò, l'anno successivo, alla medesima cattedra del Collegio Mariano. Si diletta di musica e di belle arti, scrisse carmi latini e un profluvio di versi d'occasione. Animo intrepido, nulla credeva esservi d'insormontabile alla fatica e allo studio. E la sua mente, vasta e profonda, era sempre ansiosa di nuove conquiste. Il 28 maggio del 1774 fu ordinato sacerdote. Dal '78 insegnò Fisica e Matematica nel Seminario di Bergamo, e nell' '80 occupò la cattedra di filosofia del Collegio Mariano». (Nicotra S., 1958, pp. 213-214).

Qual è il fascino dell'algebra? La limpidezza della sua scrittura, la sua incorporeità, la chiarezza dei suoi sviluppi. Come è bello con un filo costruire una calza! [...] Chi non conosce i ferri, chi ha il cervello di una gallina non riuscirà mai a vedere in un gomito una trama (Sinisgalli, 1968).

Ma si estasiava anche pensando quanto sia bello che a una figura geometrica possa corrispondere un'equazione algebrica e viceversa: «...un geometra legge nelle equazioni quello che noi leggiamo sulle figure».

Se il purismo avesse monopolizzato l'ideale estetico dei matematici, non sarebbero mai potute nascere molte discipline "spurie", come la geometria analitica e la geometria algebrica, vanto della scuola matematica italiana, dove la corrispondenza fra entità geometriche e algebriche ha aperto nuovi affascinanti orizzonti, consentendo più agevolmente la soluzione di questioni geometriche attraverso l'utilizzo di metodi analitici. Al purismo in matematica si contrappose, inoltre, un opposto ideale estetico-gnoseologico: il "fusionismo" di Felix Klein, che caldeggiava l'utilizzo sinergico di concetti e risultati della geometria, aritmetica e analisi matematica nell'approccio e soluzione di un problema, esteso da Bruno de Finetti a un'interdisciplinarietà ancor più vasta che consentisse il «formarsi di una visione d'insieme dove tutto [...] diventa ciò che conta per far capire il senso» (de Finetti, 1974b).

Il purismo matematico è un esempio eclatante del forte condizionamento che può avere il gusto estetico sull'affermazione di approcci e metodi nella scienza, come pone in evidenza Bruno de Finetti:

Antichi pregiudizi, duri a morire e facili a rispuntare con nuove parvenze, considerano pregevole la matematica soltanto se "pura", coltivata come fiore di serra per nient'altro che una curiosità intellettuale. Spregevole soprattutto, e da tener ben distinta, sarebbe la matematica intesa alle applicazioni economiche, strumento dei mercatanti, e poco meno quella applicata alle altre scienze, all'ingegneria, alla tecnica (de Finetti, 1967, p18).

8 - La bellezza: legge universale della natura

Concludo ponendo alla vostra attenzione una nota curiosa e divertente. Credo che andando a frugare nella storia della scienza si potranno trovare diversi tentativi di formulare una "legge della bellezza". Di quello che riporto ne parlo anche con un po' d'affetto, essendo quasi un ricordo di famiglia, perché il filosofo Carmelo Ottaviano era amico di mio padre, con il quale amava parlare di questa sua idea, che già aveva esposta in una sua pubblicazione universitaria, ma della quale cercava una formalizzazione matematica. L'idea di Ottaviano s'inserisce pienamente nella concezione di una Natura regolata nella sua perfezione dalla bellezza e rende onore a una curva molto apprezzata da Leonardo Sinigalli: la spirale aurea, una particolare spirale logaritmica definita dal numero aureo $\Phi = 1,618.....$. Secondo l'intuizione filosofica di Ottaviano tutto ciò che universalmente è ritenuto bello segue almeno in parte la rotondeggiante e sfuggente forma della spirale aurea. Nel suo volume *La legge della bellezza come legge universale della natura* riporta una ricca documentazione fotografica di soggetti vari (oggetti, fiori, animali, corpo umano) ritenuti "belli", mostrando con tecniche di sovrapposizione il suo asserto: le loro forme sono delineate da tratti di spirale. E quando si è brutti? La risposta è semplice: le forme deviano dalla spirale, tanto più quanto maggiore è la bruttezza. Verrebbe quasi la tentazione di brevettare uno strumento per misurare la bellezza: lo spiralometro! I negozi di cosmesi femminile ne venderebbero a iosa!

9 - Conclusioni

Se per molti scienziati la bellezza ha un valore euristico e gnoseologico, per alcuni scrittori ha un valore escatologico, come per Fedor Dostoevskij, che nell'*Idiota* scrive: «La bellezza salverà il mondo». Allora è allettante l'idea di fondere assieme i due punti di vista di Dirac e Dostoevskij, concependo una scienza che, ricercando la bellezza per raggiungere la verità (Dirac), conduca l'umanità alla salvezza (Dostoevskij), in contrasto quindi con l'attuale diffuso

scetticismo verso la ricerca scientifica: la scienza salverà l'umanità. E contro i pessimismi di molti che paventano l'avvento della singolarità tecnologica, mi piace associare al pensiero fuso Dirac -Dostoevskij la ferma convinzione del nostro grande Carlo Rovelli: la scienza è ragionevole, non bisogna temerla. Se mai è da temere l'uomo che ne fa uso...

Quanto la bellezza, nelle sue molteplici accezioni e nelle sue inevitabili interpretazioni soggettive, sia importante anche nella vita dell'uomo qualunque è stato espresso in maniera molto suggestiva dal poeta, pittore e filosofo libanese Gibran Kahalil: «Viviamo solo per scoprire nuova bellezza. Tutto il resto è una forma d'attesa».

Io credo che proprio questo anelito a scoprire nuova bellezza sospinga nei loro cammini, solo apparentemente diversi, tanto l'artista quanto lo scienziato.

Bibliografia

AMALDI Edoardo (1988). *Ettore Majorana a cinquant'anni dalla sua scomparsa*, Dipartimento di Fisica, Università «La Sapienza» di Roma, *Il Nuovo Saggiatore* - 4, 1988, 1.

BOMPIANI E. (1974). *Matematica e arte*, in «*Periodico di matematiche*», n. 4-5, ottobre 1974.

CALAPRICE A. (cur.) (2011). *Albert Einstein. Pensieri di un uomo curioso*. Milano: Oscar Mondadori, 2011.

DE CRESCENZO Luciano (1986). *Storia della filosofia greca. Da Socrate in poi*. Milano: Mondadori.

DE FINETTI Bruno (1967). *Il saper vedere in matematica*, Loescher, Torino, 1967.

DE FINETTI Bruno (1974a). *Interventi al Convegno della C.I.I.M, Viareggio 24-26 ottobre 1974*, in «*Notiziario del Bollettino della Unione Matematica*», dicembre 1974.

DE FINETTI Bruno (1974b). *Il ruolo delle regioni negli sforzi per il rinnovamento della scuola*. Appendice in: «*Periodico di Matematiche*», n. 3, 1974, pp. 48-49).

EDGERTON S. Y. Jr. (1984). *Galileo, Florentine «Disegno», and the «Strange Spottedness» of the Moon*, in «*Art History*», autunno 1984, pp. 225-232.

EINSTEIN A. (1905). *Sull'elettrodinamica dei corpi in moto*, «*Annalen der Physik*», 17, 1905, pp. 891-921. Trad. di Paolo Straneo in *Cinquant'anni di relatività*, Marzocco, Firenze 1955.

GALILEI Galileo (1610). *Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale* a cura di A. Favaro, Firenze, Barbera, 1890-1909, ristampa 1968.

HOFFMANN B. , *Albert Einstein: creatore e ribelle*, (trad. it.), Milano: Bompiani, 1977.

ISRAEL Giorgio (N.D). *Il principio di minima azione e il finalismo in meccanica*.

KLEIN Etienne (2006). *Sette volte la rivoluzione*, Milano: Raffaello Cortina.

MAJORANA Ettore (1937). Teoria simmetrica dell'elettrone e del positrone. In «*Nuovo Cimento*», 14, 1937, pp. 171-184.

NICOTRA Salvatore (1955,1958). Lorenzo Mascheroni e la "Geometria del compasso". In «*La scienza per i giovani*», n. 7-8, 1955-56 e in *Scienza e scienziati* (a cura di R. Giannarelli e B. Giannelli), Firenze, Le Monnier, 1958, pp. 213-216.

OTTAVIANO Carmelo (1970). *La legge della bellezza come legge universale della natura*. Padova: CEDAM.

PANOFSKY E. (1956). Galileo as a critic of the arts: aesthetic attitude and scientific thought, in «*Isis*», XLVII, 1956, pp. 3-15.

PLANCK Max (1973). *Scienza, filosofia e religione*, Milano: Fratelli Fabbri editori.

ROTA Giancarlo C. (2000). Prefazione, in Piergiorgio Odifreddi, *La matematica del Novecento*, Torino: Einaudi.

RUSSELL Bertrand (1970). Lo studio della matematica, in *Misticismo e logica*, Milano: Longanesi.

SINISGALLI Leonardo (1968). Archimede (I tuoi lumi, i tuoi lemmi!). Alpignano: Tallone.

ArteScienza

Rivista telematica semestrale

<http://www.assculturale-arte-scienza.it>

Direttore Responsabile: Luca Nicotra

Direttori onorari: Giordano Bruno, Pietro Nastasi

Redazione: Angela Ales Bello, Gian Italo Bischi, Luigi Campanella, Antonio Castellani, Isabella De Paz, Maurizio Lopa

Registrazione n.194/2014 del 23 luglio 2014 Tribunale di Roma - ISSN on-line 2385-1961