

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Scuola di Scienze
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Corso di Laurea in Fisica

**Indagine sulla relazione tra
Cultura Umanistica e Scientifica
con studenti dalla Laurea in Fisica**

Relatore:
Prof.ssa Olivia Levrini

Presentata da:
Pietro Girani

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

Questa tesi si inserisce nel contesto della ricerca in didattica della fisica, con lo scopo di esplorare le motivazioni di insoddisfazione tra gli studenti di fisica, concentrando l'attenzione sul ruolo della iper-specializzazione come fattore demotivante nell'esperienza di studio. Attraverso una analisi storica e un'indagine empirica di tipo semi-qualitativo condotta su un gruppo di studenti di fisica dell'Università di Bologna, sono state messe in luce le attuali peculiarità di come è vissuta oggi, nello specifico, la separazione tra cultura scientifica e cultura umanistica. Nonostante le dimensioni limitate del campione, i risultati evidenziano una significativa sensibilità degli studenti nei confronti di tale problematica, suggerendo spunti significativi che possono essere utilizzati per un'indagine più sistematica e su un campione più ampio di studenti.

CONTENUTI

Introduzione	4
Capitolo 1 - Il problema delle due culture	6
1.1. Frattura in oggetto	8
1.1.1. Comunanza metodologica	13
1.1.1.1. <i>La ricerca della bellezza e della verità</i>	13
1.1.1.2. <i>Il ruolo dell'intuizione</i>	15
1.1.1.3. <i>Rigore, tenacia e dominio</i>	16
1.1.2. I luoghi di incontro	21
1.2. Frattura in soggetto	25
1.2.1. La dinamica del conoscere: l'interazione affettiva oggetto-soggetto	27
Capitolo 2 – Indagine con gli studenti della Laurea in fisica	32
2.1 Metodologia	32
Capitolo 3 - Risultati	43
Conclusioni	54
Appendice	57
Bibliografia	62
Sitografia	67
Ringraziamenti	69

Introduzione

La tesi si colloca nell'abito di ricerca in didattica della fisica e mira ad indagare motivazioni di insoddisfazione nel corso di laurea triennale in Fisica. Si tratta di un problema indagato a livello internazionale ed è diventato, da diversi anni, una linea di azione del Piano Lauree Scientifiche. In questa tesi si vuole, nello specifico, indagare come gli studenti e le studentesse di fisica vivano il percorso di progressiva specializzazione previsto nel corso di laurea. È infatti noto che, nonostante sia un aspetto caratterizzante la formazione in fisica, possa anche diventare, per alcuni studenti, un aspetto fortemente demotivante. Si parla di “effetto silos”, sempre più percepito come negativo, a fronte della sempre più forte richiesta di interdisciplinarietà che si percepisce a livello sociale e in ambienti professionali (Keeling, Underhile & Wall, 2007; Iacobucci & Micozzi, 2012; Gröschl & Gabaldon, 2018; Hannon, Hocking, Legge and Lugg, 2018).

L'idea specifica della tesi nasce dall'esperienza di studio del corso opzionale della laurea triennale in fisica denominato “Insegnamento della fisica: aspetti teorici e fondamentali”, in cui si sono discusse le motivazioni che portano alla scelta del corso di laurea in fisica e sul ruolo dello studio della fisica nel mondo di oggi caratterizzato da grande accelerazione sociale e incertezza per il futuro.

Alla base dello studio c'è l'ipotesi che uno dei motivi di insoddisfazione determinati dalla progressiva specializzazione sia rappresentato dalla progressiva separazione della fisica da una dimensione più umanistica. Già nel corso di *Insegnamento* sembrava che questo problema fosse percepito da più studenti. Per questo, si è deciso di focalizzare la tesi sull'analisi della separazione della cultura scientifica da quella umanistica, fino a rilevare come tale problematica sia avvertita dagli studenti. Si tratta di un tema molto analizzato e con radici antiche, ma sembra si stia manifestando in forme che appaiono nuove e sintomatiche dell'epoca che stiamo vivendo.

L'elaborato si articola in una prima analisi del noto problema delle “due culture” nella storia e nell'attualità attraverso la letteratura scientifica considerata nella ricerca, e un successivo studio per indagare se e come gli studenti del corso di laurea in fisica dell'Università di Bologna percepiscono il problema.

La tesi è articolata in tre capitoli corredati da una conclusione finale.

Il primo capitolo vuole evidenziare le radici comuni delle due discipline, il loro sviluppo culturale parallelo, culminante nell'Umanesimo, valutando i loro punti di contatto ed eventuali punti di separazione, a livello di contenuto, a livello di metodologia di ricerca e di riscontro sociale.

Sui risultati di questa analisi si è fondato il lavoro principale della tesi, ovvero un'indagine empirica con un gruppo di studenti dei corsi di laurea in fisica, riportata nel secondo capitolo. L'indagine è stata condotta con l'obiettivo di capire se il problema della separazione delle due culture come elemento demotivante esiste e quale forma esso assume tra gli studenti e le studentesse di fisica.

L'indagine non è stata condotta su un campione significativo di studenti. I risultati, tuttavia, illustrati nel terzo capitolo, mostrano che esiste una particolare sensibilità al problema e che, dunque, gli strumenti di indagine elaborati in questa tesi potrebbero prestarsi per un loro utilizzo in un'indagine più estesa sugli studenti e le studentesse del terzo anno di fisica.

Capitolo 1 - Il problema delle due culture

Nella cultura contemporanea sembra quasi dato per scontato che l'arte e la scienza siano due discipline separate, due vie che interpretano il mondo viaggiando parallele, senza nessun punto di incontro. Arte e scienza sembrano rappresentare, nell'opinione diffusa, due attitudini apparentemente opposte alla realtà, due versanti separati non solo del sapere ma anche dell'immaginario. Prendendo dalle parole del chimico inglese Charles Percy Snow (1964, p.5):

«Nella nostra società abbiamo perduto anche la semplice pretesa di una cultura comune. [...] Sono convinto che la vita intellettuale, nella società occidentale, si va sempre più spaccando in due gruppi contrapposti. [...] Tra questi due gruppi – gli scienziati ed i letterati– v'è scarsa comunicazione e, in luogo di un sentimento di cameratismo, qualcosa di simile all'ostilità».

Snow continua descrivendo il rapporto tra questi due gruppi come un «dialogo sordo» e prosegue dicendo che «questa sordità non deriva dalla natura [delle “due culture”], ma dall'educazione, o piuttosto dalla mancanza di educazione» (Snow, 1964, p.15). Per Snow la frattura tra le due culture è chiaramente evidenziabile e già in atto. Già nel corso delle prime pagine del suo libro, Snow ripete che il processo di frattura è attivo da tempo: «le due culture erano già pericolosamente separate sessant'anni fa» (Snow, 1964, p.15).

Risulta necessario caratterizzare il concetto di cultura (con i suoi diversi significati). In primo luogo, Snow riprende le parole di Coleridge: la cultura è «l'armonico sviluppo di quelle qualità e facoltà che contraddistinguono la nostra umanità» (Snow, 1964, p. 62). Proseguendo, «tutt'e due le nostre culture, tanto quella letteraria quanto quella scientifica, meritano soltanto il nome di sotto-culture» (Snow, 1964, p. 62), in quanto «da entrambe le parti sottovalutiamo la vasta gamma di risorse di cui è dotato un essere umano» (Snow, 1964, p. 62). Di fatto, entrambe le due sotto-culture sono impossibilitate di contenere tutti gli aspetti dell'espressione umana. Inoltre, la cultura «viene usata dagli antropologi per indicare un gruppo di persone che vivono nello stesso ambiente e sono unite da abitudini, opinioni e modi di vita comuni» (Snow, 1964, p. 62). La parola “cultura” si fonda da ultimo su una metafora agricola: «cultura deriva infatti dal verbo latino *colere*, i cui significati principali sono “abitare”, “coltivare” “ornare” [un corpo, curare], “esercitare” (una facoltà). Alla base vi è l'idea di un intervento modificatore, trasmesso subito dal gesto di chi si insedia in un luogo per abitarvi e perciò stesso lo trasforma, così come lavora e trasforma

l'ambiente circostante al fine di coltivarlo» (Remotti, 1992). La cultura appare quindi definita secondo le seguenti due accezioni:

- 1) Cultura come «armonico sviluppo dell'uomo»: poiché l'uomo è un essere complesso, per sua natura, sarebbe azzardato categorizzarlo totalmente in uno dei due gruppi delineati da Snow (scienziati o non-scienziati, quantomeno perché l'uomo non nasce già definito in uno di questi gruppi ma crescendo e assecondando il suo sviluppo fisiologico, intellettuale e culturale, si riconoscerà in uno di questi due gruppi) e anzi è formato da una «vasta gamma di risorse» in qualche modo in dialogo, il suo sviluppo per essere armonico deve mantenere centrale questo dialogo tra le parti, quanto quella scientifica, tanto quella umanistica.
- 2) Cultura in senso antropologico: tale accezione risulta essere più oggettiva e collettiva, focalizzandosi sui modi di vita, sui sistemi di significati condivisi da una società, determinati da un complesso insieme di fattori ambientali, sociali, educativi e intellettuali.

Cultura umanistica e cultura scientifica assumono entrambe le accezioni a livello di significato.

Dal momento che Snow evidenzia la separazione delle due culture ci si chiede come si è evoluto il loro rapporto a partire dall'origine e nel corso della storia. In particolare, qual è stato il momento storico in cui è avvenuta tale frattura? Invero, quando si è passati da “una cultura” a “due culture”?

Per rispondere a questi interrogativi, si è scelto categorizzare la separazione denunciata da Snow come due tipi di “frattura”:

1. Frattura in oggetto: riguarda appunto la distinzione dell'oggetto di studio delle due discipline, inteso sia come contenuto, sia come metodo di studio (si pensa che l'arte sia pura ispirazione e atto creativo e la scienza sia puro metodo scientifico, rigoroso e analitico), sia come ricaduta sociale della attività di ciascuna disciplina, quindi anche il loro dialogo nella società contemporanea.
2. Frattura in soggetto: tale frattura è percepita dal singolo, cioè dall'individuo, specialmente dallo studente, o colui che inizia ad approcciarsi al mondo della conoscenza, ovvero inizia a costruire la struttura della propria conoscenza, cercando in primo luogo di dare un significato a quello che incontra.

Da qui in avanti cercheremo di analizzare uno per volta, entrambi questi due tipi di frattura.

1.1. Frattura in oggetto

Nell'argomentazione di questa sezione, il libro *Homo, Arte e Scienza* di Pietro Greco, ha assunto un ruolo di primaria importanza. Pietro Greco è stato un giornalista, divulgatore scientifico e storico della scienza italiano.

L'opera presa in esame offre un'analisi approfondita dei legami tra arte e scienza, evidenziando come queste due discipline siano intrinsecamente connesse.

Greco inizia il suo percorso ripercorrendo l'evoluzione umana, dalle prime attività dei primati fino all'*Homo sapiens*. Attraverso questa analisi, egli mette in luce come la predisposizione all'arte e alla scienza sia radicata nella nostra natura stessa. L'uomo, fin dalle sue origini, ha avuto la necessità di comprendere e rappresentare il mondo che lo circonda, sviluppando sia il pensiero logico-razionale, alla base della scienza, sia la capacità di creare e immaginare, tipica dell'arte.

Si esplora il periodo che va dalla preistoria al Rinascimento. In questa fase, arte e scienza si sviluppano in maniera parallela, influenzandosi reciprocamente e coevolvendosi. L'arte si nutre delle scoperte scientifiche, che le forniscono nuovi strumenti e tecniche, mentre la scienza trova ispirazione nell'arte, che le permette di esplorare nuove dimensioni del sapere.

Infine, Greco analizza il periodo successivo al Rinascimento, durante il quale si verifica una progressiva separazione tra arte e scienza. Questa divisione, spesso considerata come un fatto ineluttabile, viene però messa in discussione dallo studioso, che evidenzia come i due campi continuino ad avere numerosi punti di contatto. La scienza, infatti, non è solo un'attività razionale, ma richiede anche creatività e immaginazione, doti tipiche dell'arte. Allo stesso modo, l'arte non è solo espressione di emozioni, ma può essere anche un potente strumento di conoscenza e di critica sociale.

Si considera un buon punto di partenza l'affermazione di Primo Levi, pur ripresa da Greco, secondo cui «ogni separazione tra arte e scienza è una “schisi innaturale”» (Greco, 2020). Quindi, seppure le parole di Snow risultino descrittive di una scissione tra le due culture, si deve approfondire questa loro naturale e intrinseca unità, così come richiamata da Levi.

Nel 1879 l'archeologo Marcelino Sainz de Sautola scopre nella caverna di Altamira, in Spagna, le prime pitture rupestri disegnate dalla specie *Homo* nella storia del mondo. Da quel momento in poi, vennero portate alla luce altrettante rudimentali opere d'arte, aprendo la possibilità di uno studio approfondito sulla specie da cui l'uomo proviene.

Quei primi manufatti artistici sono «il primo esempio tangibile di una capacità nuova emersa nella storia dell'evoluzione biologica in generale e dell'evoluzione culturale in particolare: la capacità di cogliere e di raffigurare la bellezza» (Greco, 2020, p.11). Questa novità «indica, a sua volta, il possesso di una capacità cognitiva superiore: il pensiero astratto» (Greco, 2020, p. 22). La maggioranza degli studiosi ha cercato di comprendere, in primo luogo, quando queste capacità sono emerse. Per esempio, l'antropologo Alexander Marshack nel suo *Hierarchical evolution of the human capacity* (Marshack, 1985), si interrogò, forse per primo nel suo campo, sull'origine delle capacità umane.

Tabella 1: Processo di encefalizzazione (Cornélio et al., 2016, p. 167)

Specie	Volume del cervello in cm ³
Gorilla gorilla	420-680
Pan Troglodytes (scimpanzé)	320-480
Ardipithecus ramidus	350
Australopithecus afarensis (Lucy)	375-550
Homo rudolfensis	520-750
Homo habilis	510-650
Homo ergaster	800-880
Homo erectus	940-1200
Homo antecessor	1100-1150
Homo heidelbergensis	1100-1370
Homo neanderthalensis	1200-1500
Homo sapiens	1250-1400

Per rispondere alla domanda sul quando, la Tabella 1 mostra chiaramente come la dimensione del cervello mantenga valori dello stesso ordine di grandezza fino al genere *Homo*. Da qui in poi si ha un distacco in termini di volume dalle specie precedenti. Ecco che, «sebbene non ci sia una corrispondenza lineare tra capacità cranica e complessità di pensiero» (Greco, 2020, p. 31), cioè non si possa stabilire con precisione quando all'interno della specie *Homo* si origina quella capacità di astrazione, di cui prima, si può affermare che «lo sviluppo encefalico e le espressioni artigiane», cioè i manufatti artistici, «siano

insieme causa ed effetto dello sviluppo delle capacità umane» (Greco, 2020, p. 31). Per questo si può sostenere che quei primi *uomini*, davano già inizio sia all'arte che alla scienza, poiché quella capacità di astrazione è comune tanto all'arte quanto alla scienza.

Occorre approfondire quanto detto finora. Perché i *primitivi* disegnavano? Perché cercavano la bellezza e la verità. Cercavano di rappresentarla. Per esempio, la bellezza è un carattere determinante nella teoria evolutiva di Darwin (cfr. Darwin, 1859), in quanto essa «irrompe nei processi evolutivi e contribuisce, con pari dignità anche se con minor forza della selezione naturale, a direzionarli» (Greco, 2020, p. 44). Inoltre, anche la verità è un movente caratteristico delle prime opere d'arte dell'uomo. Non è un caso che i soggetti raffigurati nell'arte rupestre erano gli animali che incontravano in natura, e le prime statuette di argilla erano già antropomorfe. Questo sembra evidenziare una ricerca della verità intesa come raffigurazione di soggetti “veri”, cioè attinenti alla realtà con verità e non con finzione.

La ricerca della bellezza e della verità sono quindi tratti distintivi, emergenti come necessità, della dinamica evolutiva dell'uomo, fin dalla realizzazione dei suoi primi manufatti artistici. Si può chiamare questo insieme di esigenze o necessità, che si distinguono da quelle istintuali e biologiche, “esigenze naturali”. Si può quindi dire che questi primi uomini creano l'arte e la scienza, o in qualche modo si ritrovano ad usare questi nuovi mezzi, per quella esigenza originaria che abbiamo chiamato “esigenza naturale”. È un principio di esigenza naturale che origina il moto e dinamismo dell'uomo nella sua produzione culturale, fin dalla costruzione dei primi manufatti artistici.

Dunque, è plausibile affermare che arte e scienza, da quei primi istanti della loro origine, erano accumulate da queste esigenze naturali dell'uomo. Il loro legame in quei primi istanti della storia era una “unità per natura”, secondo l'accezione riportata sopra.

Diversa è la loro “unità per cultura”, che verrà richiamata più avanti: essa rappresenta ogni modo di pensiero contestuale ad un certo quadro sociale, per cui risulta favorito e possibile l'avvicinamento e il dialogo tra le discipline.

Greco parte da questo punto di unità per natura tra le due culture, e approfondisce tale unità passando in rassegna tutti i fatti che suggeriscono la conseguente unità per cultura, dall'epoca preistorica fino ai giorni nostri.

Si passa dai greci di Pitagora, i primi costruttori di quel ponte solido tra arte e scienza (in particolare tra musica e matematica, si veda *Rigore, tenacia e dominio*), fino ai quadri di Escher in metrica di Poincaré, passando per il Rinascimento. Di quest'ultima epoca storica, è interessante sottolineare alcuni dettagli. Nel Rinascimento, gli artisti non erano solo artisti, gli scienziati non solo scienziati. Si aveva una concezione unitaria dell'uomo di cultura: c'erano gli artisti-scienziati che, dice Greco, «interpretano la loro arte con gli occhiali della matematica» (Greco, 2020, p.69). Brunelleschi è il primo uomo del Rinascimento che fonda la sua arte sulla scienza. Egli «non è un fulmine a ciel sereno a Firenze. Esprime al contrario una nuova domanda. [Si avverte] l'esigenza di un realismo e naturalismo sempre più rigorosi e precisi» (Greco, 2020, p.70). In qualche modo, il Rinascimento non è solo il periodo storico per eccellenza dove vediamo arte e scienza in commistione e coevoluzione, ma che tale mescolamento è dato dalla necessità di realismo, come bisogno di comprensione della realtà concreta. Questa commistione è favorita sicuramente da alcune premesse socio-politiche. Non è un caso che Brunelleschi, e tutti gli altri esponenti del Rinascimento di Firenze, si trovino in un'«ambiente ormai conservatore in politica, ma libero per i creativi» (Greco, 2020, p.71). Cioè, un'ambiente «adatto all'innovazione in cui arte e scienza si incontrano» (Greco, 2020, p.71). Questo è un esempio di quella unità per cultura definita in precedenza.

Proseguendo, in quella Firenze del XV secolo, rigogliosa di artisti-scienziati, c'è chi per esempio formalizza il rapporto tra arte e scienza. Dice Greco di Leon Battista Alberti: egli «amplia gli spazi d'uso della matematica e dell'ottica, consentendo loro di inondare l'arte e, tendenzialmente, tutte le attività umane. [...] Alberti rende viva la geometria» (Greco, 2020, p. 74). Ancora verso la fine del Cinquecento, Vincenzo Galilei, padre di Galileo, pubblica il *Dialogo della musica antica et della moderna*, al culmine della sua elaborazione teorica, scientifica e sperimentale sulla musica. In particolare, Galilei sostiene che anche in quel preciso momento storico la musica deve cambiare, deve rispondere all'interesse dell'ascoltatore, che è quello di riflettersi nel testo «specchio degli affetti». Qui si mette in luce un passaggio importante. La musica, con il suo stretto legame con la scienza, risulta accostata ad una componente fondamentale per la sua effettiva sopravvivenza (e dunque per la permanenza del legame tra arte e scienza); tale componente risiede in una «relazionalità» tra soggetto e oggetto e più a fondo, riprendendo il contenuto argomentativo di Pascal (vedi appendice A), una relazione con il «cuore» dell'uomo. «C'è bisogno» continua Greco, «di una nuova musica. [...] Che non si limiti a parlare alla mente di pochi

esperti, ma punti a far vibrare i cuori di tutti» (Greco, 2020, p. 105). Tale necessità diventa evidente nella successiva produzione culturale di Galileo Galilei. Si sottolinea qui il termine produzione culturale in quanto Galileo non è solo lo scienziato che inventa la fisica (cioè, formalizza il rapporto tra la scienza dei fenomeni fisici e la matematica), ma è anche musicista, critico d'arte e persino artista; il suo *Sidereus Nuncius* è una prova di come lo stile artistico dell'autore si mescoli a pieno con una solida struttura argomentativa, che delinea il tratto logico-scientifico della produzione stessa. Dice infatti Calvino in una lettera in risposta ad Anna Maria Ortese, il 24 dicembre 1967 su *Il Corriere della Sera*:

«Chi ama la luna davvero non si accontenta di contemplarla come un'immagine convenzionale, vuole entrare in un rapporto più stretto con lei, vuole vedere di più nella luna, vuole che la luna dica di più. [...] Galileo, appena si mette a parlare della luna innalza la sua prosa ad un grado di precisione e di evidenza ed insieme di rarefazione lirica prodigiose [...]» (Calvino, 1967).

Il linguaggio di Galileo, spiega Calvino, non è uno strumento neutro, ma una coscienza letteraria, con una continua partecipazione espressiva ed immaginativa. L'arte in Galileo segue al fianco della scienza in ogni sua scoperta; ne è partecipe. L'arte partecipa con la scienza alla meraviglia, e con essa contempla la luna, si con-muovono, sono “mosse assieme”. È proprio grazie a questo rapporto partecipativo tra le due discipline che, a detta di Greco, «la Luna diventa per gli uomini un oggetto reale» (Greco, 2020, p. 115), per la prima volta.

Dunque «arte e scienza non solo sono inscindibili, ma il loro dialogo osmotico è continuo e reciproco e le due discipline si modellano mutuamente, compartecipando ai processi culturali» (Greco, 2020, p. 115).

Si può ora sottolineare che l'unità fin qui celebrata sembra avere il suo culmine nel Rinascimento, in particolare dell'Umanesimo (come detto prima). Storicamente dopo l'Umanesimo si ha una degradazione di tale unità: «da questo punto in poi l'assetto della cultura che sarà influente sulla società si è come scheggiato in parzialità di sottolineature» (Giussani, 1985, p. 20).

Al contrario Greco (2020, p. 164) dice: «E' un luogo comune che il rapporto intimo tra scienza e arte si fermi al Rinascimento e che dopo [...] le due dimensioni della cultura si dividano e addirittura divergano». Infatti, l'emergere di una unità in oggetto tra arte e scienza, essendo una caratteristica intrinseca delle due culture, rimane incancellabile anche

oltre il Rinascimento. I quadri di Escher, l'*action painting* di Pollock, la *Chimica in versi* di Cavaliere sono solo alcuni esempi che testimoniano l'unità delle due culture.

Si prosegue ora cercando di valutare i punti di contatto tra arte e scienza nel campo del loro metodo di ricerca e della ricaduta sociale delle due discipline: la *Comunanza metodologica tra arte e scienza* e *I luoghi di incontro*.

1.1.1. Comunanza metodologica

In questa sezione si cercano di esplorare i fattori comuni che le due culture presentano a livello di oggetto e di metodologia di ricerca. A tal fine, saranno analizzati tre aspetti, non isolati ma in stretto confronto, chiave di questa argomentazione: la ricerca della bellezza e della verità, il ruolo dell'intuizione e il rigore. Questi aspetti, sebbene possano essere affrontati in modo diverso all'interno delle rispettive discipline, convergono in una comunanza metodologica che riflette la stessa modalità di ricerca e di creazione (o produzione).

1.1.1.1. La ricerca della bellezza e della verità

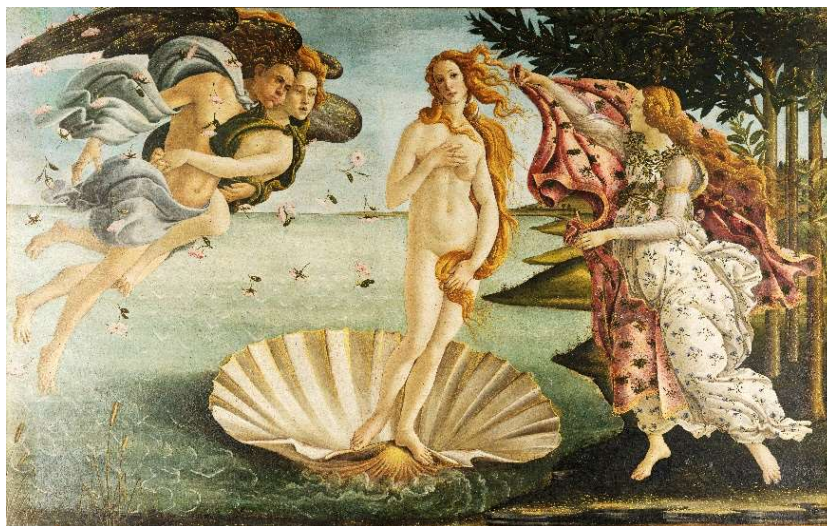


Figura 1: La *Venere* di Botticelli

La ricerca della bellezza (Fig. 1) e della verità, come si è già detto (*Frattura in oggetto*), è il tratto distintivo della dinamica evolutiva dell'uomo, fin dalla realizzazione dei suoi primi manufatti artistici. È opportuno approfondire perché arte e scienza abbiano come oggetto di ricerca proprio la bellezza e la verità.

Sembra, come opinione diffusa, che l'arte si occupi di cercare e rappresentare la bellezza, quanto invece la scienza voglia rivelare la verità. Tuttavia, riprendendo Snow, scienziati e non-scienziati ricercano la bellezza e la verità. John Keats diceva riprendendo un concetto aristotelico e platonico che «la bellezza è verità e la verità è bellezza» (Keats, 1819). In tal senso allora, ci possiamo accostare al giudizio di Ernesto Carafoli (2013, p. 74):

«l'idea [è] che le due culture, pur nella loro intrinseca diversità, abbiano molti punti di vicinanza. [...] sia la scienza che l'arte, cioè, hanno come fine la bellezza e la verità: non la bellezza o la verità.»

Si osserva che la scienza abbia in sé uno stretto legame con l'espressione estetica. A tal proposito il matematico Subrahmanyan Chandrasekhar (1987) afferma che «una grande teoria scientifica è anche un'opera d'arte. Per gli scienziati più grandi, la bellezza è sempre stata uno degli obiettivi da raggiungere, se non addirittura una guida nel cammino verso la verità», così come il matematico Poincaré (1902) che si esprime con chiarezza riguardo l'attività dello scienziato:

«Lo scienziato non studia la natura perché sia utile farlo. La studia perché ne ricava piacere [...] e ne ricava piacere perché è bella. Se la natura non fosse bella, non varrebbe la pena di sapere e la vita non sarebbe degna di essere vissuta [...]. Intendo riferirmi a quell'intima bellezza che deriva dall'ordine armonioso delle parti e che può essere colta da un'intelligenza pura»

Commentando queste osservazioni di Poincaré, J.W.N. Sullivan (1919), autore di diverse biografie di Newton e di Beethoven, scrisse:

«Poiché l'oggetto primario della teoria scientifica è quello di esprimere le armonie che si osservano in natura, vediamo subito che queste teorie devono avere un valore estetico. La misura del successo di una teoria scientifica è, in effetti, una misura del suo valore estetico, essendo una misura dell'estensione in cui ha introdotto armonia in quello che in precedenza era caos. È nel suo valore estetico che si trova la giustificazione della teoria scientifica, e con essa la giustificazione del metodo scientifico. Poiché fatti senza leggi non presenterebbero alcun interesse, e leggi senza teorie avrebbero, al massimo, solo un'utilità pratica, vediamo che i motivi che guidano lo scienziato sono, fin dal principio, manifestazioni dell'impulso estetico [...]. La misura in cui la scienza è inferiore all'arte è la misura in cui è incompleta come scienza.»

La relazione tra bellezza e scienza è quindi evidente, in quanto l'una è l'oggetto di ricerca dell'altra.

Nel guardare all'arte, si evidenzia il fatto che anch'essa ricerca la verità, nel suo senso più generale. Aristotele, nelle *Poetica* (Libro II, Capitolo 1), afferma che «l'arte è l'imitazione della natura». Quindi, la ricerca della verità consiste per l'arte come imitazione della natura,

cioè come rappresentazione delle forme e dei fenomeni del mondo naturale. Tuttavia, Aristotele non intende questa imitazione come una semplice copia, ma come un processo creativo che implica la riproduzione della realtà in modo significativo. Inoltre, in *Art as Experience*, Dewey (1934) sostiene che l'arte è un modo di conoscere il mondo. Egli sviluppa l'idea che l'arte sia un'esperienza conoscitiva che coinvolge l'interazione tra l'individuo e l'ambiente.

Non resta che approfondire quali sono i tratti di metodologia comune ad entrambe le due culture, ovvero le caratteristiche dei processi artistico e scientifico.

1.1.1.2. *Il ruolo dell'intuizione*

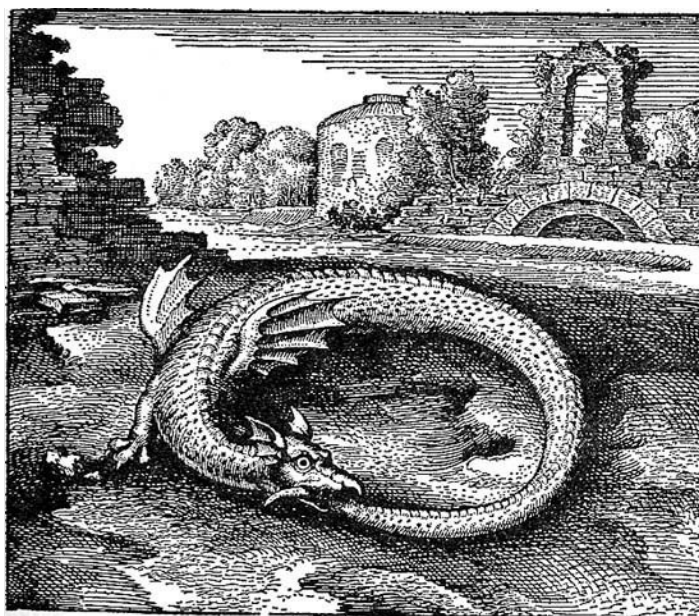


Figura 2: *L'uroboro, il serpente sognato da Kekulé*

Il ruolo dell'intuizione (o immaginazione, ispirazione), non è certamente legato solamente al lavoro degli artisti. Molti scienziati hanno avuto intuizioni determinanti nello sviluppo delle loro teorie. Ad esempio, si pensi alla mela di Newton, oppure al sogno profetico di Kekulé (Fig.2). Ancora, lo stesso Einstein sosteneva di aver trovato la soluzione a diversi suoi problemi nell'elaborazione della *Teoria della Relatività* di punto in bianco, spesso aiutato dal suono del suo violino. Sono veri e propri eventi *eureka*, per riportare il famoso "momento di scoperta" di Archimede. Il ruolo dell'intuizione nel processo di scoperta scientifica non è certamente poco dibattuto. Per questo, risulta interessante riportare alcune considerazioni a tal proposito.

Le indagini sul metodo della ricerca scientifica hanno le prime tracce nell'opere di Ippocrate e Platone, fondatori del metodo analitico. Si passa poi al metodo sintetico (o assiomatico) di Aristotele, fino ad arrivare a Cartesio, che all'interno del metodo analitico introduce l'importanza dell'intuizione e della deduzione. L'intuizione però, sfugge a qualsiasi comprensione metodologica. Infatti, lo stesso Cartesio afferma che il metodo analitico procede «senza logica, senza regole, col solo lume della ragione e del buon senso» (Cellucci, 2002, p. 164). Ancora, secondo Kant la scoperta scientifica «è opera del genio, grazie al quale soltanto si ottiene un ampliamento della conoscenza» (Cellucci, 2002, p. 10). Sembra in questo contesto che l'intuizione sia una caratteristica prettamente soggettiva cioè individuale.

Poincaré e poi lo stesso Hilbert erano i principali sostenitori del ruolo dell'intuizione nella scoperta scientifica. Il primo, tra l'altro, strutturava tale processo in tre fasi: selezione dei fatti coscienti, rielaborazione inconscia e verifica della scoperta cosciente (cfr. Cilia, 2018). La fase intermedia risulta essere il terreno fertile dal quale possono scaturire tutte le intuizioni. Tuttavia, il matematico francese sottolinea che in questa fase l'intuizione è il risultato di una certa *associazione di idee*. Questa capacità associativa può essere innata, cioè frutto del genio, oppure acquisita: «è il risultato di una abitudine, la quale è a sua volta il frutto di numerosissime esperienze» (Poincaré, 1902, p. 217). Sebbene il matematico non approfondisca la questione, si osserva che l'intuizione non è solo una dote innata caratteristica di poche persone, ma può essere, entro certi limiti, educata: è il tema dell'«educazione dell'intuizione». A tal proposito, il professor Antonio Bellingeri, docente di pedagogia all'università di Palermo, afferma che «l'educazione dell'intuizione è possibile ed è fondamentalmente una ricerca della verità da parte del soggetto; questo ha fondamentalmente bisogno di un maestro perché non è mai un processo solitario» (www.crnweb.tv, 2019).

Quindi, se da una parte l'intuizione è determinante nella scienza, è anche vero che «non tutti i processi di scoperta finiscono con un evento *eureka*» (Kantorovich, 1993, p. 35). Con questo si introduce il tema della prossima sezione.

1.1.1.3. Rigore, tenacia e dominio

Secondo Greco (2020, p.171) «creare modelli non è solo intuizione. È necessariamente anche metodo». Non è un caso se si parte da questa affermazione per approfondire il discorso, poiché si possono scoprire aspetti della cultura scientifica e di quella umanistica

che solitamente vengono tralasciati o non presi in considerazione. Il rigore, cioè l'attenersi a delle regole e metodologie precise, (quindi anche *dominio e tenacia*) è parte fondamentale sia del processo di produzione artistica tanto nel percorso di scoperta scientifica. Su questa applicazione così tenace e rigorosa, si inserisce anche Gabriel Garcia Marquez, premio Nobel per la Letteratura nel 1982, che prende proprio i termini di *tenacia e dominio* e li rinnova a nuova definizione dell'ispirazione stessa (Greco, 2020, p. 66).

Spesso si associa l'ispirazione ad una qualche visione epifanica o rivelazione divina. Per quanto possano essere vere anche queste interpretazioni, non sono sufficienti per una comprensione integrale dell'argomento. Sembra dunque evidente che l'ispirazione non sia un atto di completamento (ovvero un atto in cui si esaurisce un certo processo di pensiero e di quello produttivo che ne segue) della produzione scientifica, né di quella artistica. È necessario altro.

«L'ispirazione è il visitatore che arriva quando meno te l'aspetti. Ma se non sei pronto a riceverlo, se non hai lavorato duramente e non hai padroneggiato il tuo mestiere, l'ispirazione non ti servirà a nulla.» (Pyotr Ilyich Tchaikovsky)

Bruno Arpaia, scrittore e giornalista italiano, in *I vincoli della creazione* (Greco, 2018, a cura di) dice: «qualunque creazione, qualunque invenzione, insomma, non nasce dalla semplice fantasia, inconsapevole e sfrenata, ma dall'applicazione e dalle costrizioni». Tutti i più grandi manufatti artistici della storia sono sempre accompagnati da una certa applicazione tenace e rigorosa dell'artista. Di esempio sono la minuziosità di Michelangelo, la precisione di Flaubert e Baudelaire, la poetica matematica di Dante.

- Il rigore nell'arte: *la musica*

L'arte, nel suo sviluppo, non è avulsa da una dimensione di rigore formale. Tale rigore si esplica nella coerenza interna dell'opera d'arte e nel rispetto di determinate regole e principi. La musica, per esempio, avvalendosi di strutture logico-matematiche, fonda il suo progresso su principi matematici di ritmo, armonia e melodia, che devono essere rispettati per creare un'opera coerente e piacevole. L'armonia musicale fondata su regole matematiche ha origine dagli studi dei pitagorici.

Il filosofo di Samo studiò a fondo la relazione tra la lunghezza della corda e l'altezza del suono prodotto. Non soltanto si accorse che le corde più lunghe producono note che vengono percepite come più gravi, ma scoprì anche che dietro questa elementare constatazione si celavano questioni matematiche più interessanti. In primo luogo, Pitagora

dispose la “etichettatura delle corde”, associando il numero 1 alle corde di una certa lunghezza di riferimento, il numero 2 alle corde lunghe la metà, il numero 3 a quelle lunghe un terzo, e così via. Pizzicando corde con diverse lunghezze, secondo rapporti tra i numeri introdotti sopra, si ottengono suoni che si “legano bene” assieme. Per esempio, dimezzando la lunghezza della corda si ottiene un suono che sembra lo stesso della nota di riferimento ma ad una altezza doppia. Il rapporto di questo intervallo è 2:1 ed è l’intervallo di ottava. Proseguendo con questo approccio Pitagora scoprì l’intervallo di quinta e di quarta. La percezione di una certa armonia nell’ascolto di questi intervalli musicali è conseguenza di una precisa ragione matematica, cioè che quegli intervalli erano legati a rapporti semplici. Non a caso sono proprio i primi quattro numeri naturali (1, 2, 3, 4) a formare tra loro rapporti fondamentali, costituendo le forme universali di consonanza (*ottava, quinta, quarta, ...*). Così Pitagora scoprì i suoni della scala diatonica e molti degli intervalli che ancora oggi governano le regole della musica. Da qui in avanti lo studio delle regole matematiche che risiede alla base della musica si evoluto sempre più, contestualmente ai cambiamenti culturali. Quindi, sebbene la produzione musicale sia andata incontro a sempre nuovi cambiamenti nello stile e nella forma, tale evoluzione ha mantenuto il suo legame stretto con la matematica, inserita nelle leggi dell’armonia e del ritmo. Il piacere che si percepisce ascoltando una melodia o un brano complesso proviene in parte da questa struttura matematica sottostante.

- Il rigore nella scienza: *il metodo scientifico*

Il metodo scientifico rappresenta il pilastro su cui si fonda la scienza moderna. È con Galileo Galilei che si ha nel XVII secolo l’introduzione di tale metodo come fondamento delle discipline scientifiche, in termini di raggiungimento della conoscenza del mondo naturale attraverso l’osservazione empirica e la sperimentazione rigorosa. Questo procedimento è stato da lui definito come l’associazione tra le *sensate esperienze* e le *necessarie dimostrazioni*. Nella sua *Lettera a Madama Cristina di Lorena* (1615), Galileo afferma dunque il primato del dato oggettivo dal momento che «la natura è inesorabile ed immutabile, e mai non trascendente i termini delle leggi impostegli» (Galilei, 1615). Per le *necessarie dimostrazioni* è cogente utilizzare come principale fondamento argomentativo la matematica. In *A proposito di due interpretazioni del metodo sperimentale di Galileo Galilei*, Franz Brunetti menziona il filosofo tedesco Ernst Cassirer col suo *Storia della Filosofia moderna*. Cassirer afferma che «con Galileo si pone una esigenza di trovare nella fisica il principio di una ricerca rigorosamente scientifica poiché la natura, nel senso

scientifico, è fatta soltanto di cose vere, che non possono essere altrimenti» (Brunetti, 1956, p. 80). È da questa scientificità insita nella natura che la matematica risulta lo strumento necessario per una sua adeguata comprensione. Così, «l'esperienza [diventa] un tutto articolato in una concatenazione necessaria che si fonda sulle premesse della matematica» (Brunetti, 1956, p. 82).

Sebbene questo procedimento permettesse di ottenere dati affidabili e replicabili, nel XX secolo, il metodo scientifico è stato oggetto di intenso dibattito filosofico. In questo dibattito si inserisce il circolo culturale e filosofico denominato il *Circolo di Vienna*, il cui primo nucleo era composto da Philipp Frank, Otto Neurath e Hans Hahne, ampliandosi e strutturandosi proprio a Vienna con Moritz Schlick. Con la morte di Schlick nel 1936 inizia la diaspora degli intellettuali del *Circolo*, le cui riflessioni vanno incontro ad una internazionalizzazione e diffusione, sino a farle quasi identificare con quella «filosofia della scienza» che era stata uno dei campi privilegiati verso il quale si era accentrata da un certo momento in poi l'attenzione dei suoi membri. «È solo in quest'ultima fase che il Circolo di Vienna viene complessivamente inteso col termine di neopositivismo logico» (Coniglione, 2005, p.110).

Il neopositivismo logico del Circolo di Vienna poneva il suo fondamento epistemologico e filosofico nel verificazionismo. Tale orientamento considera necessario e sufficiente un *criterio di verifica* per l'accettazione o validazione di un'ipotesi, una teoria o un singolo enunciato o proposizione. Si oppone pertanto al falsificazionismo di Popper, secondo cui una teoria scientifica è tale solo se è possibile confutarla attraverso l'esperimento.

Imre Lakatos e Paul Feyerabend proposero ulteriori critiche al metodo scientifico tradizionale. Lakatos sosteneva che le teorie scientifiche non sono isolate, ma fanno parte di “programmi di ricerca” che includono ipotesi ausiliarie e assunzioni di base. Feyerabend, con il suo anarchismo epistemologico, arrivò a negare l'esistenza di un unico metodo scientifico universale.

Il dibattito sul metodo scientifico è ancora in corso, e diverse scuole di pensiero continuano a proporre differenti interpretazioni. Tuttavia, il rigore e la sistematicità del metodo scientifico rimangono fattori presenti per la scienza moderna, in termini di validità e affidabilità delle sue scoperte. La fisica moderna è un esempio di come il metodo

scientifico, applicato con coerenza e rigore, possa portare a una conoscenza profonda del mondo naturale.

- “Metodo per guardare”

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

Figura 3: *Relazione di Eulero*

Da ultimo si può sottolineare che, sia per chi è impegnato direttamente nella costruzione o nello sviluppo dell'arte e della scienza, ma anche per chi ne fruisce come semplice osservatore, c'è bisogno di un “metodo per guardare”. Di seguito si riportano alcuni esempi in merito.

In uno studio dello University College di Londra, alcuni ricercatori guidati dal neurobiologo Semir Zeki, hanno chiesto ad un gruppo di matematici di valutare 60 equazioni sulla base della loro bellezza. Al gradino più alto del podio è stata assegnata l'equazione di Eulero (Fig. 3). Certamente, non era solo il criterio estetico personale a guidare la scelta di quei matematici, ma anche ciò che celava tale equazione nel suo significato più profondo: l'eleganza delle soluzioni, il fatto che compaiano tre numeri fondamentali (il numero di Nepero, l'unità immaginaria e il *pi*-greco), tutti definiti in modo indipendente e tutti di importanza cruciale per il mondo matematico e non. Lo studio preso in esame non aveva l'intento di razionalizzare il concetto di bellezza, né quello di rinchiuderla in paradigmi concettuali sintetici. È però necessario riconoscere che occorre una certa conoscenza matematica per godere, o anche solo percepire quella bellezza di cui sono investiti i matematici di fronte all'*identità di Eulero*. Analogamente, «l'arte [...] si rivolge all'uomo, e qualunque uomo, vecchio o giovane, lavoratore del braccio o della mente, istruito oppure ignorante, è pur sempre un uomo. E tutti gli uomini, dunque, sono in grado di comprendere e gustare un'opera d'arte perché tutti gli uomini hanno in sé un certo senso artistico» (Brecht, 1967). È altrettanto vero che «ci sono persone che l'arte sanno utilizzarla meglio e sono in grado di ritrarre dall'arte un godimento maggiore che non altre» (Brecht, 1967). Questa differenza nel ricevere una soddisfazione maggiore dall'osservazione di un'opera d'arte, può sussistere solo nel caso in cui esista un'arte dell'osservazione, che può «venire sviluppata, ma anche atrofizzarsi» (Brecht, 1967). Ancora, «l'arte si fonda su una capacità, la capacità di lavorare. Chi ammira l'arte ammira

un lavoro, [...] abile e ben riuscito. Ed è necessario sapere qualcosa di questo lavoro per poterlo ammirare e per poter gustare il suo risultato, cioè l'opera d'arte» (Brecht, 1967). Si deve avere una certa dedizione, un certo metodo anche per “guardare”, non solo per fare.

In conclusione, la bellezza e la verità sono presentate come l'oggetto comune della ricerca di arte e scienza, mentre l'intuizione e il rigore rappresentano necessari strumenti cognitivi e di metodo per entrambe le discipline. Vediamo ora dove si incontrano oggi queste discipline.

1.1.2. I luoghi di incontro

Riprendendo l'affermazione di Snow (1964, p.5), in cui si sottolinea il non-dialogo tra artisti e scienziati, ci si può chiedere se questa dichiarazione risulta ancora descrittiva della nostra società.

Nella nostra società sembra emergere un ritorno ad una certa centralità dell'uomo, ovvero un ritorno all'Umanesimo o quantomeno l'esigenza di un “Nuovo Umanesimo”. Questa tendenza si rende evidente in diversi ambiti dell'attività umana.

Ferruccio Capelli è il direttore della Casa della Cultura di Milano (Cultura, s.d.). Ha fondato e dirige anche la *Scuola di cultura politica* diventata in pochi anni luogo di formazione per molti giovani. Questa intensa attività culturale ruota intorno ai temi del bene comune, del pensiero critico e alla proposta di un nuovo umanesimo. Egli afferma che il binomio «Umanesimo e Sostenibilità [...] è l'approccio che attraversa l'*Obiettivo 2030* dell'ONU» (Capelli, 2019). Cioè, quello di «governare la globalizzazione [per] la ricostruzione di un rapporto positivo uomo-ambiente e alla emancipazione, ovvero al libero sviluppo delle capacità di ogni donna e di ogni uomo» (Capelli, 2019). Si può dire che è negli intenti della società, espressa da Capelli come “le forze nel mondo”, ricomporre la relazione tra dimensione umana, sociale, economica, demografica e ambientale. «È esattamente l'invito a ragionare su un nuovo modello di sviluppo: la centralità della persona umana e l'obiettivo di ricostruire il rapporto uomo-natura» (Capelli, 2019). Questo ripensamento dello sviluppo globale è, in realtà, un ritorno alla corrente di pensiero che fin dall'origine delle civiltà ha interessato l'uomo nel suo vivere. Marco Bussagli, storico dell'arte, artista e professore all'Accademia di Belle Arti a Roma, afferma che «in tutte le epoche», considerando i mutamenti sociali, «e in tutte le culture la forma con cui sono concepiti abitazioni, templi, città e villaggi sottende motivazioni di carattere simbolico, che, per l'urbanistica,

riguardano la volontà di distribuzione planimetrica della città o del villaggio secondo un modello antropomorfo e, per l'architettura, rimandano a forme di analogie strutturali tra elementi architettonici e corpo umano» (Bussagli, 2000).

In particolare, nel modernismo, con Howard, Le Corbusier e la Bauhaus, si è rivoluzionato il linguaggio architettonico e urbanistico. In questo periodo, l'uomo iniziò a prendere coscienza del suo impatto sull'ambiente e si affermò l'idea di progettare le città in funzione del benessere collettivo. Da qui prende spunto tutto il fiume creativo del design contemporaneo, impegnato nella progettazione di oggetti, spazi e servizi, con l'obiettivo di migliorare l'esperienza umana.

Questa novità non interessa solo l'urbanistica ma, in virtù di quel senso relazionale tra uomo e natura si pongono le fondamenta per costruire luoghi di incontro tra le varie espressioni e discipline della cultura e conoscenza umana.

È proprio in virtù di questo diffuso senso di un Nuovo Umanesimo che, dopo aver mostrato la profonda inscindibilità tra arte e scienza nella sezione precedente, si presentano ora alcune realtà che rappresentano quei luoghi di incontro, di cui prima.

- **Ars Elettronica**

L'Ars elettronica è il festival con sede a Linz (Austria) che ogni anno dal 1979 incontra arte e tecnologia come mezzo per costruire, a detta dei fondatori, cultura e società.

- **S+T+ARTS**

L'Unione Europea sembra prendere al balzo le provocazioni di Snow, dimostrandosi protagonista nello sviluppo della cultura, nella sua accezione più generale, favorendo così anche il punto di incontro tra arte e scienza. Tra i tanti progetti su cui l'UE sta investendo, si vuole qui citare il progetto S+T+ARTS (UE, 2021). In particolare,

«rappresenta una piattaforma che intende collegare più strettamente tecnologia e pratica artistica per affrontare le sfide sociali, ambientali ed economiche che l'Europa ha di fronte. Sostiene lo sviluppo di tecnologie più creative, inclusive e sostenibili attraverso la collaborazione tra artisti, scienziati, ingegneri e ricercatori. Il programma è incentrato sull'idea che l'arte, la scienza e la tecnologia possano trarre vantaggio dalla condivisione delle prospettive e dall'apertura di nuovi percorsi per la ricerca e le imprese. Tramite i suoi diversi pilastri S+T+ARTS offre:

- residenze che consentano di approfondire la condivisione delle conoscenze e la collaborazione
- accademie che si propongono di superare il divario tra le arti e la tecnologia attraverso l'istruzione
- centri regionali intesi ad ampliare l'iniziativa a livello locale
- progetti pilota e premi tematici che sostengono tecnologie radicalmente innovative sviluppate in collaborazione con artisti e incentrate sulle sfide contemporanee.»

(tratto da <https://culture.ec.europa.eu/it/node/1186>)

Il progetto S+T+ARTS si inserisce all'interno di un programma di sviluppo più ampio denominato *Orizzonte Europa*, per il quale l'Unione Europea ha stanziato 95,5 miliardi di euro. Orizzonte Europa risulta essere, a detta di Manuel Heitor, ministro portoghese della Scienza, della tecnologia e dell'istruzione superiore, «il più ambizioso programma di ricerca e innovazione dell'UE di sempre» (Heitor, 2021) .

- **New Bauhaus**



Figura 4: Storico edificio della Bauhaus

Il New European Bauhaus è un altro progetto interdisciplinare che si sviluppa all'interno dei progetti di rinnovamento del pianeta creati dall'Unione europea. Esso prende il nome dalla *Bauhaus* (Fig. 4), la scuola di *design* ideata nei primi decenni del '900 dall'architetto tedesco Walter Gropius, la cui idea fondamentale era quella di progettare e creare gli oggetti

del futuro, pensando ad una società migliore. Sulla falsariga, la New European Bauhaus collegata al Green Deal ha lo scopo di immaginare e costruire un futuro sostenibile sfruttando tutte le potenzialità a disposizione. In particolare, questo progetto ha come centro tematico la cultura, nella sua forma più relazionale possibile. Infatti, da come si legge nelle direttive europee, tale progetto:

- a. È un ponte tra il mondo della scienza e della tecnologia, dell'arte e della cultura.
- b. Tratta di sfruttare le nostre sfide verdi e digitali per trasformare le nostre vite in meglio.
- c. È un invito ad affrontare insieme problemi sociali complessi attraverso la co-creazione

Con la creazione di ponti tra diversi background, il taglio attraverso le discipline e la partecipazione a tutti i livelli, il Nuovo Bauhaus europeo ispira un movimento per facilitare e guidare la trasformazione delle nostre società lungo tre valori inseparabili:

1. sostenibilità, dagli obiettivi climatici alla circolarità, all'inquinamento zero e alla biodiversità
2. estetica, qualità dell'esperienza e stile oltre la funzionalità
3. inclusione, dalla valorizzazione della diversità alla garanzia di accessibilità.

Per quanto detto, possiamo allora comprendere che l'affermazione di Snow non è più da intendersi descrittiva del mondo in cui viviamo. Con la tesi di Greco vengono mostrate la profonda inscindibilità tra arte e scienza, la loro comunanza metodologica nella ricerca e il loro dialogo nella società, che dunque risultano i fatti più oggettivi dell'avvicinamento tra le due culture.

Avendo compreso che il rapporto tra arte e scienza è lungi dall'essere una frattura divergente, ci si può chiedere in che modo, ancora oggi, si continua a percepire tale separazione. Tale argomento spetta alla prossima sezione.

1.2. Frattura in soggetto

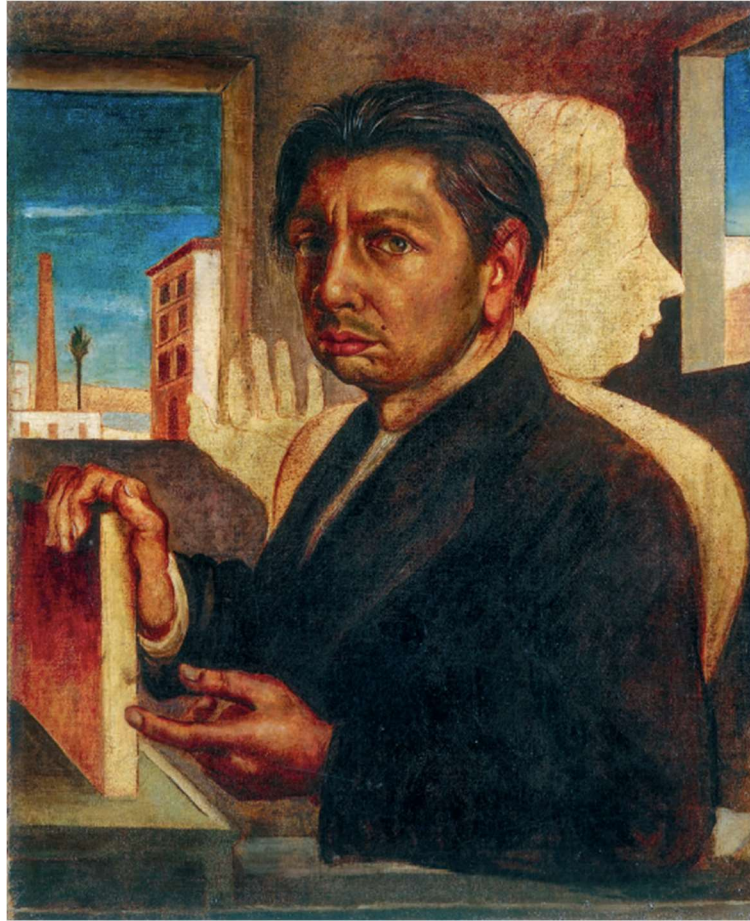


Figura 5: *Autoritratto con ombra* di Giorgio De Chirico

In questa sezione si cerca di valutare la “frattura in soggetto” tra arte e scienza, ovvero la separazione che interessa le due discipline in termini di percezione del singolo, così come evocato dall’opera di De Chirico in Fig. 5. Infatti, se da una parte la società tenta di costruire e promuovere i luoghi di incontro tra arte e scienza, dall’emergere della necessità di un nuovo umanesimo, dall’altra si continua a percepire una separazione tra le due discipline. Perciò, se tale frattura non risiede all’”esterno di noi” (la società), essa dovrà appartenere all’interiorità del singolo, il soggetto.

Di questi soggetti, ve ne sono alcuni nei quali si riscontra una ricerca dell’unità tra le culture, ovvero quella “unità per cultura” introdotta nel Cap.1 (*Frattura in oggetto*). Un esempio di questo è l’esperienza del professor Marco Bersanelli, astrofisico, docente universitario, attualmente collaboratore dell’IASF (Istituto Nazionale di Astrofisica), e

responsabile scientifico della missione spaziale Planck dell'ESA lanciata nel 2009. Nel suo libro di divulgazione *Il grande spettacolo del cielo* afferma che l'inizio del tempo era già uno "spettacolo" di arte e scienza:

«Nel plasma bollente e opaco dei primi 380.000 anni [superficie di ultima diffusione], a partire da lievi fluttuazioni iniziali, la gravità comprimeva le regioni più dense; quando la compressione raggiungeva un certo limite, la pressione dei fotoni, intrappolati nella materia, invertiva il processo trasformandolo in una dilatazione; finché la gravità prendeva di nuovo il sopravvento, e così via. Quelle ondate di luce e di materia [...] erano vere e proprie «oscillazioni acustiche» a diverse frequenze. È un suono, una musica antichissima che agitava l'universo iniziale, e le sue vibrazioni hanno fatto crescere i semi gravitazionali dai quali tutte le strutture hanno preso forma» (Bersanelli, 2016, p. 259).

Da questo si osserva come un certo contesto sociale e culturale fornisca la possibilità di coltivare entrambe le discipline, come nell'esempio di Bersanelli, che alla sua principale attività di ricerca in ambito astrofisico accosta l'approfondimento dell'aspetto divulgativo, fornendo visioni esemplificative riguardo al tema dell'unità tra arte e scienza.

Quindi la percezione della divisione tra le discipline umane appartiene, in linea di principio, a tutti i soggetti che non fanno esperienza diretta di quei luoghi di incontro, di cui prima, o non hanno la possibilità di coltivare in maniera parallela vari aspetti della cultura umana (come, al contrario, accade in Bersanelli). Riprendendo Snow, «c'è una sola via per uscire da questa situazione: e naturalmente passa attraverso un ripensamento del nostro sistema educativo» (1964, p.18). Quindi, il chimico inglese intuiva che l'origine della percezione di una cultura frammentata risiedeva tra i banchi di scuola, nel soggetto studente, ovvero quella figura che per definizione si trova all'interno di un percorso di costruzione della propria conoscenza. In questo "cammino" lo studente compie una vera e propria strutturazione della sua conoscenza, attraverso l'associazione di un significato personale all'oggetto di studio. Infatti, come verrà approfondito nella sezione successiva, non sussiste una vera conoscenza, o più specificamente alcun atto di conoscenza, senza l'identificazione dell'oggetto tramite l'attribuzione ad esso di un significato personale. Nell'organizzare la propria conoscenza lo studente incontra le diverse discipline umane. È in questo incontro che si inserisce il nostro studio. Prima di presentare l'Indagine che è stata compiuta per valutare la percezione del soggetto, è necessario fornire un ulteriore strumento di impianto teorico.

1.2.1. *La dinamica del conoscere: l'interazione affettiva oggetto-soggetto*

Perché si ha bisogno di dare un significato alle cose e alla realtà che ci circonda? Se da una parte una risposta definitiva appare sfuggente, dall'altra tale domanda interroga la natura stessa dell'essere umano, e con esso anche dello studente. È opportuno quindi soffermarsi su questi interrogativi, cercando di fornirne alcuni strumenti di approfondimento.

«Considerate la vostra semenza. Fatti non foste a viver come bruti. Ma per seguir virtute e canoscenza»

(Inferno, XXVI, vv. 118-120, Alighieri, 1314, p. 156)

Cogliendo *ex abrupto* la provocazione del *Sommo Poeta*, l'uomo non è fatto per vivere senza conoscenza.

Il punto di partenza di questo argomento è la constatazione più o meno evidente che ogni qualsivoglia processo conoscitivo non segue alcuno schema meccanico. Dunque, se la conoscenza non è né un atto meccanico, cosa può essere? In quali termini può essere descritta? Quali sono i suoi tratti caratteristici?

Il teologo Luigi Giussani, nel suo libro *Il senso religioso*, propone una riflessione riguardo la dinamica umana nel conoscere, che si riporta integralmente di seguito:

«Vorrei proporre un altro esempio, grottesco ma significativo. In un liceo il professore di filosofia spiega: «Ragazzi, tutti noi abbiamo l'evidenza che questo notes sia un oggetto fuori di noi. Non c'è nessuno che possa evitare di riconoscere che la sua prima impressione al riguardo sia quella di un oggetto fuori di sé. Supponete però che io non conosca quest'oggetto: sarebbe come se esso non esistesse. Vedete allora che ciò che crea l'oggetto è la nostra conoscenza, è lo spirito e l'energia dell'uomo. Tant'è vero che se l'uomo non lo conoscesse, sarebbe come se non fosse». Ecco un professore «idealista», diciamo. Facciamo l'ipotesi che questo insegnante si ammali gravemente e che venga sostituito. Il supplente informato dagli studenti del programma svolto, decide di riprendere l'esempio del professore assente. «Tutti noi siamo d'accordo - dice - che la prima evidenza è che questo sia un oggetto fuori di noi. E se non lo fosse? Dimostatemi che c'è, come oggetto fuori di noi, in modo incontrovertibile»: ecco un professore problematicista, scettico o sofista. Ammettiamo ancora che per imprevedibili circostanze arrivi in quella classe un altro supplente di filosofia e che riprenda il discorso allo stesso punto. Dice: «Tutti abbiamo l'impressione che questo sia un oggetto fuori di noi: è un'evidenza prima, originale. Ma se io non lo conosco? È come se non esistesse. Vedete dunque che la conoscenza è un incontro tra un'energia umana e una presenza. È un avvenimento in cui si assimila l'energia dell'umana coscienza con l'oggetto. Vedete dunque, che occorrono per la conoscenza due cose: l'energia della nostra coscienza e l'oggetto. Come si produce tale unità? È domanda affascinante di fronte alla quale abbiamo potere fino a un

certo punto. È certo però che la conoscenza è composta di due fattori». È un insegnante «realista».
(Giussani, 2010, p. 9).

Da quanto si legge, la realtà che ci circonda è costituita di oggetti, dal lat. mediev. *obiectum*, neutro sostantivato di *obiectus*, part. pass. di *obicĕre* «porre innanzi»; propr. «ciò che è posto innanzi al pensiero o alla vista» (etimo, 2008). Lo scienziato, l'artista, così come lo studente, co-esiste all'interno di una realtà nella quale gli si “pongono davanti” tutti gli oggetti, tutti i dati propri della realtà stessa. A tal proposito, Carmine Di Martino, docente di Gnoseologia all'Università degli Studi di Milano, riprende il pensiero di Giussani, affermando che «il dato è un fatto che non si è “fatto da solo” e mostrandosi rende sempre visibile il sorgere da cui proviene» (Di Martino, 2009). In altri termini, «il dato, il segno è ciò che fa entrare operativamente nella nostra vita il significato» (Di Martino, 2009).

L'atto del conoscere come interazione oggetto-soggetto rappresenta un fondamento strutturale nelle scienze cognitive e nella psicologia dell'età evolutiva. L'atto del conoscere non è un processo passivo di assimilazione di informazioni, ma un'interazione dinamica tra soggetto e oggetto. Jean Piaget, da una parte, e Lev Vygotskij e Michail Bachtin, dall'altra, hanno svolto numerose analisi riguardo lo sviluppo della conoscenza come atto di questa interazione.

Piaget, nella sua epistemologia genetica nell'ambito delle scienze cognitive, ha sottolineato il ruolo attivo del bambino nella costruzione del sapere. Fin dall'inizio, si scopre nel bambino la tendenza a procurarsi e organizzare la sua esperienza del mondo esterno, esplorando con tutti i 5 sensi ciò che lo circonda; le esperienze di confronto con i dati della realtà «gli giungono come prodotti delle sue attività e si formano in schemi psichici o schemi da esse codificati» (Isaacs, 2015).

Da qui in avanti si sviluppa il *pensiero strutturato* da cui si origina il linguaggio. Il processo di conoscenza è quindi un continuo confronto tra soggetto e ambiente, nella quale il soggetto occupa una posizione centrale, che porta alla costruzione di una rappresentazione mentale del mondo sempre più complessa e raffinata. *Assimilazione e accomodamento* sono i due processi principali nella costruzione della conoscenza, che proseguono in equilibrio per tutta la vita del bambino, nelle sue diverse fasi.

Se per Piaget la pressione dell'ambiente non ha effetto attivo sul bambino, nel senso che il bambino impara interagendo da sé sugli oggetti posti dall'ambiente, per Vygotskij è l'ambiente culturale a consentire lo sviluppo cognitivo. Dalla sottolineatura di Piaget

centrata sull'individuo, si ha in Vigotskij un'accezione anche di valenza socio-costruttivista del processo di conoscenza. All'interno di questo quadro teorico si rileva di grande importanza l'affermazione che «i processi mentali possono essere compresi solo se comprendiamo gli strumenti e i segni che li mediano» (Wertsch, 1985). In questo ambito teorico, assumono grande importanza concetti come lo “scaffolding”, cioè figure adulte più esperte che fungono da supporto per aiutare il bambino a raggiungere livelli di sviluppo che non potrebbe raggiungere autonomamente, e la “zona di sviluppo prossimale”, definita come la distanza tra ciò che il bambino sa fare autonomamente e ciò che è in grado di fare con l'aiuto di un adulto, che rappresenta il terreno fertile per l'apprendimento.

Bachtin ha introdotto il concetto di “dialogismo”, secondo cui la conoscenza si costruisce attraverso il confronto e l'interazione con diverse voci e punti di vista. Il bambino, fin dalla nascita, è immerso in un ambiente linguistico e sociale in cui si confrontano diverse visioni del mondo. Attraverso il dialogo, il bambino impara a negoziare significati, a decentrarsi e a vedere il mondo da diverse prospettive.

Le teorie di Piaget, Vigotskij e Bachtin convergono nel delineare una visione dell'atto del conoscere come processo interattivo e situato. Il bambino non è un recettore passivo di informazioni, ma un soggetto attivo che costruisce la sua conoscenza attraverso l'interazione con l'ambiente e con gli altri. La conoscenza è quindi il risultato di una complessa interazione tra soggetto, oggetto e contesto sociale.

Si può affermare che la condizione di attuazione della conoscenza è l'avvenimento di un incontro “affettivo” tra soggetto e oggetto. Deve, cioè, essere una interazione affettiva, (dal lat. *affectus*, participio passato di *afficere* ‘impressionare, influenzare’), ovvero una azione tra “due” che non può che lasciare il soggetto influenzato, cambiato da tale interazione.

Riprendendo il punto di partenza di questa sezione, la necessità strutturale dell'uomo di ricerca significato, colta nella dinamica di sviluppo cognitivo, è legata al lato umanistico delle discipline (così anche della scienza). Infatti, Leonardo Colletti docente di Fisica presso l'Università di Trento nell'articolo intitolato *Dare significato alla fisica* dice:

«Ma cosa possiamo intendere per “lato umanistico”? [...] tutto ciò che consente dei collegamenti alla condizione esistenziale dell'uomo. Ovvero [...] ciò che attiene ad una domanda di senso, che è del tutto legittima anche in campo scientifico, semplicemente per il fatto che esso resta pur sempre, in ultima analisi, un'attività dell'uomo». (Colletti, 2014)

Anche la scienza, secondo Colletti, ha in sé un lato umanistico. Quindi, se da una parte la scienza sembra essere identificata dagli studenti sempre più di frequente come «una disciplina arida e fredda, trasformatasi progressivamente in pura tecnica, dall'altra nasconde la capacità di accedere ai livelli più profondi dell'essere umano» (Colletti, 2014).

L'argomento fino a qui riportato sebbene non sia da intendersi esaustivo, perché inserito in un ambito ancora molto dibattuto, introduce a numerose riflessioni sul tema educativo, così come presentato, in particolare, da Vigotskij e Snow.

Nel 1983 il Presidente USA Ronald Reagan si rivolse a una commissione composta di soli scienziati presieduta dal professor Kenneth Mortimer dell'Università di Pennsylvania, chiedendo che gli fosse fornito un rapporto dettagliato sulla formazione necessaria ai giovani per affrontare la nuova società tecnologica. La risposta conteneva le seguenti affermazioni:

«Da alcuni anni si è diffusa la moda di abbandonare le solide fondamenta della cultura umanistica per avviare i ragazzi lungo corsie specializzate. Quello che educatori e famiglie hanno in mente è di creare uno stretto collegamento fra gli studenti e il mondo del lavoro. Perciò, appena diventa di moda, per esempio, l'informatica, si pensa che tale attività sia il futuro dei nostri ragazzi. È un grave errore. La preparazione migliore che si può dare ai giovani in tempi di cambiamenti continui non è un training lungo percorsi modesti, non è l'illusione di prefabbricare specialisti. La strada giusta incoraggia la fantasia, stimola l'agilità mentale e psicologica, favorisce lo spirito creativo, permette l'ambientazione storica. La cultura umanistica arricchisce il senso della scelta, il panorama delle opzioni, la capacità di valutare i problemi secondo la qualità e non solo secondo la quantità [...]»
(Tonzig, 1993)

Secondo questo argomento, anche nella scienza deve essere presente quel "lato umano" (o umanistico), che abbiamo cercato di descrivere fino a questo punto.

Si riporta di seguito per intero la conclusione del *rapporto Mortimer*, di cui sopra:

«Che cosa, dunque, dobbiamo dire ai giovani? Dobbiamo dire che si deve studiare la Storia, sotto pena di non capire il presente e di essere ciechi al futuro. Dobbiamo dire di studiare lingua e letteratura, perché il patrimonio culturale di un popolo passa soprattutto nella sua creatività, e perché è sempre più importante comunicare in modo accurato, capire se stessi e farsi capire dagli altri. Dobbiamo raccomandare di studiare Filosofia, perché senza la conoscenza del modo in cui si è sviluppato il pensiero, delle risorse logiche, del senso di ciò che è più o meno importante e della capacità di analisi e di sintesi, non si può dirigere e non si può eseguire bene alcun lavoro. Dobbiamo raccomandare di avvicinare i giovani alla scienza e alla tecnica con spirito umanistico, in modo che le visioni di insieme, i modelli di civiltà precedano i campi specifici, e che il giovane,

Capitolo 1

come un viaggiatore in un percorso difficile, non perda mai il riferimento del posto in cui si trova e del punto verso il quale sta andando» (Tonzig, 1993).

Non resta che chiedersi quanto effettivamente ci sia bisogno di un approccio umanistico alla scienza, o più in generale quanto i temi fino a qui proposti, siano sentiti dai diretti interessati, gli studenti. Nella prossima sezione presenteremo l'indagine svolta a supporto della tesi con alcuni studenti della Laurea triennale in Fisica all'Università di Bologna.

Capitolo 2 – Indagine con gli studenti della laurea in fisica

Fino a questo punto è stato descritto il contenuto di un problema, che ha radici storiche e culturali, e che è sintetizzato dal motivo “Le due Culture”. Il passo successivo è stato l’impostazione di un criterio per approfondire la descrizione di questa tensione e la metodologia da usare per attivare un’indagine sull’esistenza e, nel caso, sulle implicazioni e manifestazioni del problema tra gli studenti del corso di laurea in fisica.

Il criterio di approfondimento del problema è stato cercato e indagato in parallelo con altri due lavori di Tesi. Le tre tesi perseguivano infatti obiettivi simili, finalizzati ad indagare l’esistenza di motivazioni di insoddisfazione diverse e, nello specifico, diverse forme di disallineamento tra lo studio della fisica e uno sviluppo organico del proprio profilo culturale. Una tesi, di Costanza Leopardi (ancora in corso), è focalizzata sul disallineamento tra le forme di ragionamento suggerite o richieste negli insegnamenti e le proprie dinamiche di ragionamento che richiederebbero l’attivazione di risorse cognitive personali, quasi mai invece attivate (Hammer, Elby, Scherr, and Redish, 2005). La terza tesi, di Elena Gramellini (ancora in corso), è focalizzata sul disallineamento tra l’esigenza personale di dare spazio e indagare domande profonde di tipo ontologico ed epistemologico e l’esigenza del corso di studi di fornire strumenti sempre più tecnici e formali.

I tre percorsi di tesi sono stati portati avanti in parallelo anche dal punto di vista metodologico. La combinazione dei risultati delle tre tesi e, nello specifico, la formulazione comune delle domande potranno confluire in uno strumento di indagine complessivo da utilizzare in una ricerca di più ampia portata e finalizzata a capire se e quanto le tre forme di disallineamento sono percepite dagli studenti e dalle studentesse di fisica.

2.1 Metodologia

Il primo passo è stato quello di formare un gruppo di lavoro, che coordinasse i tre approfondimenti. Tale gruppo di lavoro, composto da noi tre laureandi/e, dalla prof.ssa Levrini e da alcuni dottorandi, si è incontrato con cadenza mensile da gennaio 2023 con

l'intento di far avanzare una riflessione progressiva comune che allineasse il lavoro personale e individuale di noi tre laureandi.

La prima fase del lavoro ha riguardato l'esplicitazione della problematica riscontrata in prima istanza personalmente, per cercarne una sua formalizzazione, anche attraverso una condivisione sulla letteratura scientifica e studi di ricerca di riferimento. L'intento primario consisteva nel trovare le parole e i riferimenti teorici adeguati ad una descrizione specifica delle tre forme di tensione, in modo che non fosse più solo personale ma avesse fondamento nella ricerca in didattica. Il risultato di questa fase è l'inquadramento del problema già illustrato nel precedente capitolo.

La seconda fase ha riguardato l'ampliamento della riflessione ad un gruppo di studenti della Laurea in fisica presso l'Università di Bologna, con lo scopo riuscire a trovare le forme in cui il problema si manifestava tra gli studenti di fisica. Per farlo, si è scelto di organizzare un primo *focus group* come spazio di dialogo aperto, all'interno del Dipartimento di fisica, che potesse coinvolgere gli studenti che avessero manifestato un interesse verso l'ambito di ricerca in didattica della fisica. Quindi, si è condiviso l'invito a quegli studenti, della laurea triennale ma anche magistrale, che avessero già seguito il corso opzionale "L'insegnamento della fisica: Aspetti teorici e fondamentali", tenuto dalla prof.ssa Levrini. Si è formato così un campione non statistico e a scelta ragionata. Il risultato principale dell'analisi di questo primo focus group consiste nella realizzazione di un questionario, utilizzato poi per la terza fase del lavoro.

La descrizione dettagliata del primo focus è riportata di seguito.

Il primo incontro si è tenuto nel mese di maggio 2023, e ha portato alla formalizzazione della descrizione delle tre tensioni attraverso una prima condivisione con gli studenti. Più specificamente si è scelto di:

1. Condividere riflessioni sulle motivazioni intrinseche che hanno spinto gli studenti a scegliere fisica e a scegliere il Corso di Laurea triennale di fisica;
2. Riflettere su alcuni profili di "allineamento" o "disallineamento" (*profili di insoddisfazione*) tra le proprie aspettative (o esigenze culturali) e la realtà dei corsi di Laurea in fisica;
3. Cercare di caratterizzare tali situazioni, per capirne la natura.

Per fare questo si è scelto di somministrare un breve questionario in contemporanea alla presentazione di alcune casistiche (o *clusters*) generali delle principali motivazioni che spingono gli studenti ad iscriversi ad un corso di laurea in fisica. Queste categorie sono un risultato del progetto HOPE (*Horizons in Physics Education*) che aveva l'obiettivo generale di «migliorare l'impatto della fisica in Europa e la sua visibilità nella società, la rete ricercherà e condividerà le buone pratiche nell'ambito di quattro temi: i fattori che influenzano i giovani a scegliere di studiare fisica; competenze dei laureati in fisica che consentano loro di contribuire alle nuove esigenze dell'economia e della società europee; l'efficacia e l'attrattiva dell'insegnamento della fisica nei dipartimenti universitari europei di fisica e la loro competitività sul mercato globale degli studenti; strategie per aumentare l'offerta di insegnanti di fisica ben formati e per sviluppare i collegamenti tra i dipartimenti universitari di fisica e l'insegnamento della fisica nelle scuole» (Witkowski, 2014).

Le principali motivazioni che influenzano i giovani a scegliere di studiare fisica sono:

- a. La curiosità nel comprendere il mondo, i fenomeni naturali e l'universo;
- b. L'interesse per la conoscenza fisica come un modo speciale di conoscere, indagare, mettere in discussione e pensare;
- c. Altri fattori (ad es. lavoro, impegno sociale...)

Ciascuno di questi *cluster* è stato opportunamente approfondito con ulteriori sottocategorie in Fig. 6, 7, 8.

A. Curiosity to understand the world, natural phenomena and universe	
A1. Mechanisms underlying phenomena	Curiosity about how something works or how a process occurs . Wanting to understand underlying mechanisms for processes or observations. Wanting understand cause-effect relationships , or to know how the entities in a causal relationship interact. Wanting to explain phenomena through principles or laws .
A2. "Teleological" (that is the wish to know beyond the mechanism)	Curiosity about the purpose of things, why things exist, or why processes occur. Curiosity about function, design, purpose. This category includes also ontological and theological questions (where do we come from? What is our place in the universe?).
A3. Inconsistency/ surprise/ wonder	Curiosity about an observation that is surprising or inconsistent with prior knowledge.

Figura 6: categorie del *cluster* A di motivazioni intrinseche nella scelta di studiare fisica (Levrini et al., 2017)

B. Interest in physics knowledge as a *special way of knowing, investigating, questioning and thinking*

B1. <i>Forma mentis</i> of physicists, rational thinking and problem solving	Interest in ways of thinking that deeply characterize physics ways of solving problems, arguing, modelling...
B2. "Think different – and – critical"	Interest in divergent thinking, critical thinking , counterintuitive ideas toward not obvious things, unusual and unconventional ways of thinking.
B3. Math cluster	Interest in the formal/mathematics aspect of physics.
B4. Experiment/real world connection	Interest in the experimental method of physics and/or in the processes of observing, selecting, reproducing phenomena,
B5. Theoretical modelling	Interest/fascination toward comprehensive pictures provided by fundamental laws and unifying theories
B6. Never-ending questioning	Fascination toward the never-ending process of physics research , toward the "infinitely open-ended" process of asking questions.
AB. Generic fascination	Fascination about the world, generic or sometimes purely aesthetic fascination toward physics.



Figura 7: categorie del *cluster* B di motivazioni intrinseche nella scelta di studiare fisica (Levrini et al., 2017)

C-K. Other possible factors

C. Applications	Interest/wish to contribute to the technological progress and/or to applied physics (e.g. medical physics).
D. Philosophical issues	Interest in the epistemological issues arisen by physics, appreciation of physics' connections with humanities,
E. Societal engagement	Interest in the societal (environmental, health, political,...) implications of physics.
F. Job cluster	F1: Wish to have a good/ well-paid/ socially well reputed job; the wish to have good employment prospect. This category includes issues like the wish to have a good social reputation, or to increase one's own employability. F2: Wish to become a researcher.
J. Personal challenge	Wish to have the opportunity of self-expression, to expand one's own abilities, to become an interesting or cool person, to test one's own self-discipline, ambition, ...
K. Other	Not clear factors or other (to be specified).



Figura 8: *clusters* C-K, altre motivazioni intrinseche nella scelta di studiare fisica (Levrini et al., 2017)

I *profili di insoddisfazione* sono riportati testualmente in Fig. 9.

PROFILES OF DISSATISFACTION

Position 1:

The student chose physics **without having a clear idea or with a wrong idea about the subject and the contents of the degree course**. He/She encounters difficulties because he/she doesn't like the contents and/or thinks that they are very difficult.

Position 2:

The student is overwhelmed by **organizational and practical problems regarding the university life** he/she is encountering. The number of problems he/she encounters is much larger than anticipated.

Position 3:

The student does not like the course environment and/or has **social problems with the fellow students and/or does not like the course environment**. In general, there are **content-unrelated reasons** why the student does not enjoy the university experience and/or the university experience is different from the expectations.

Position 4:

The student meets **more difficulties** than expected in attending specific courses. Usually the difficulties are perceived as personal

Position 5:

The student **does not feel that physics is "his/her thing"**, he/she does not feel to be at the right place. This does not exclude that he/she likes physics and that he enjoys the environment of the degree course, gets along well with the other students.

Figura 9: profili di disallineamento nelle motivazioni intrinseche (Levrini et al., 2017)

Il questionario, a cui hanno partecipato 13 studenti della laurea triennale e 6 di quella magistrale, è strutturato sulla base di sette domande, con risposta non obbligatoria, elencate di seguito:

1. Cosa ti ha spinto/o a iscriverti a fisica?
2. Quanto (da 1 – per nulla – a 10 completamente) hai trovato a fisica quello che ti aspettavi?
3. A quale "cluster" di motivazione intrinseca ti senti più vicina/o? (più risposte sono possibili)
4. A quale motivazione ti senti più vicina/o nel cluster A? (più risposte sono possibili)
5. A quale motivazione ti senti più vicina/o nel cluster B? (più risposte sono possibili)
6. A quale motivazione ti senti più vicina/o nei cluster C-K? (più risposte sono possibili)
7. Ti riconosci in uno di questi profili di insoddisfazione?

Dopo questo primo momento di posizionamento personale, è seguita l'introduzione da parte di ciascuno dei tre laureandi della problematica di interesse, con gli aspetti dell'esperienza personale di studio e di vita da cui emergeva. Dopo le presentazioni si sono

formati tre gruppi di lavoro con gli studenti. Ciascun gruppo si occupava di comprendere come descrivere in maniera più generale i problemi presentati e quindi raccogliere alcune parole o frasi che potessero essere adeguate alla descrizione cercata.

Per quanto riguarda il gruppo legato alle “due culture” la discussione ha fatto emergere quanto segue, corredato di citazioni testuali riportate tra virgolette che abbiamo raccolto tramite l'utilizzo di registrazioni audio e successive trascrizioni.

(Scienza-mentre-arte) In primo luogo, gli studenti hanno riconosciuto la presenza di una separazione, o distinzione, tra le discipline in questione, proprio come constatazione di una loro diversa natura o ambito. In particolare, emergeva che «nella società in cui viviamo è diffusa l'idea che il linguaggio matematico-scientifico abbia la potenza e possibilità di spiegare qualsiasi cosa, **mentre** il linguaggio artistico riesce ad evidenziare che c'è qualcosa che la scienza non può descrivere, qualcosa che sfugge al suo dominio».

(Fruizione della conoscenza) In secondo luogo, emergono anche alcune tensioni o profili di insoddisfazione legati alla fruizione della conoscenza degli studenti. Di fatto, «fino a questo punto del mio corso di studio, - dice uno studente - ho percepito di essere fruitore passivo di concetti predigeriti». Infatti, continua uno studente «non potrò mai incuriosirmi di qualche cosa se non sento un qualche contatto con essa». Questo produce, a quanto emerge, una perdita di “stupore” o “meraviglia”. Questo viene evidenziato anche da Einstein già nel Novecento: «lo sviluppo del [nostro] mondo intellettuale è in un certo senso una continua fuga dalla “meraviglia”» (Einstein, 1949). Lo “stupore” e la “meraviglia” sono percepiti come i caratteri distintivi del lato umanistico della fisica, perché riguardano la dimensione emotiva. Dice lo stesso studente: «sono passato a fisica perché ero colpito dal modo che ha lo scienziato di guardare con stupore alla realtà e alla natura che lo circondano. Infatti, ciò che ritenevo umanistico della fisica era proprio questo contatto genuino e primitivo dello scienziato stupito con la natura. Tuttavia, [nel corso di studi] ho trovato tutt'altro». L'enfasi sulla dimensione razionale e tecnica, a scapito di quella emotiva, lascia la percezione di “perdere qualcosa”.

(Potenzialità della conoscenza) Inoltre, si è parlato anche di quanto la scienza abbia la potenzialità di «abbracciare tutto» e diventare uno «strumento per la vita», ma «forse non viene trasmessa».

(Organizzazione del sapere) Un altro riscontro pratico è emerso riguardo all'organizzazione del sapere, in particolare la sua strutturazione temporale. Si parla di

«tempo che inizia a stringere dal primo momento [in cui ci si interfaccia ai primi corsi/ai primi esami]», di «rincorrere un esame dietro l'altro, senza poter neanche riflettere», per concludere con la constatazione che per «rimanere “al passo” ho dovuto lasciare indietro una parte di me, che non sono ancora riuscita a riprendere».

I dati che emergono da questo primo incontro con gli studenti sono attinenti al contesto sociale attuale, opportunamente descritto dal termine “società dell’accelerazione” coniato da Hartmut Rosa. Nel suo libro *Accelerazione e alienazione*, parte dalla constatazione che la vita moderna è in costante accelerazione. Dalla conseguente alienazione, Rosa si propone di comprendere le condizioni di una «vita buona» (Rosa, 2015, p. VII) e di come potersi riappropriare momenti di esperienza umana non alienata. Il principale metodo per «esaminare la forma e la qualità della nostra vita consiste nell’osservarne le strutture temporali» (La Rosa, 2017, p. 91). «Forse – continua Rosa – l’aspetto più sorprendente e inaspettato dell’accelerazione sociale è la spettacolare contagiosa “carestia di tempo” [...]. Sembra che il tempo sia percepito come una materia prima da consumare [...] e che sta diventando sempre più raro e costoso» (Rosa, 2015, p. 15).

Nella riflessione di Rosa il soggetto contemporaneo appare costantemente preso dalla necessità di mantenere il ritmo, come un bisogno di «fare più cose in meno tempo» (Rosa, 2015, p. 16). In questo contesto, le attività svolte diventano alienanti nella misura in cui non sono affrontate in un tempo tale da rendere possibile una vera interiorizzazione (Levrini, Fantini, Barelli, Branchetti, Satanassi, e Tasquier, 2021a).

Il giudizio dato dagli studenti sulla fruizione della conoscenza come “fruizione passiva” e sulla organizzazione temporale del sapere come un “rimanere al passo”, sembra essere non esclusivo dell’esperienza accademica personale nell’Università di Bologna, ma specchio di una più generale dimensione esperienziale della società contemporanea.

Le parole o frasi riportate sopra hanno rappresentato il campione di dati tramite il quale si è costruito, all’interno del gruppo di lavoro, un ulteriore questionario, il quale è stato poi presentato agli studenti nella terza fase del lavoro. Il *form* in questione è costituito da quattro domande riguardanti rispettivamente la separazione delle culture, l’organizzazione temporale del sapere, la potenzialità e la fruizione della conoscenza scientifica. In particolare, si acquisiscono due tipi di risposte per ogni domanda (con un indicatore di valore di 1 a 9, dove 1 è “per niente” e 9 è “moltissimo”):

- a. quanto considerano la frattura assegnata un problema sociale o culturale e se viene percepita dalle persone circostanti, che studiano fisica (livello globale, denominato **gli altri**)
- b. quanto hanno vissuto tali fratture/tensioni in prima persona (livello personale, denominato **tu**)

Le domande sono state quindi costruite come segue, in richiamo alle categorie emerse nella discussione:

Scienza-mentre-arte

Q1. La netta separazione della cultura scientifica da quella umanistica indebolisce il processo di ricerca del significato di quanto si sta studiando (**tu**)

Q1. La netta separazione della cultura scientifica da quella umanistica indebolisce il processo di ricerca del significato di quanto si sta studiando (**gli altri**)

**Fruizione della
conoscenza**

Q2. L'organizzazione temporale e i ritmi degli esami portano a lasciare indietro parti di te, a trascurare gli interessi di tipo umanistico (fare teatro, interessarsi di letteratura...) (**tu**)

Q2. L'organizzazione temporale e i ritmi degli esami portano a lasciare indietro parti di te, a trascurare gli interessi di tipo umanistico (fare teatro, interessarsi di letteratura...) (**gli altri**)

**Potenzialità della
conoscenza**

Q3. La scienza è identificata sempre più di frequente come una disciplina arida e fredda, trasformatasi progressivamente in pura tecnica. Avrebbe, in sé, la «capacità di accedere ai livelli più profondi dell'essere umano», ma questi non sono valorizzati nell'insegnamento (**tu**)

Q3. La scienza è identificata sempre più di frequente come una disciplina arida e fredda, trasformatasi progressivamente in pura tecnica. Avrebbe, in sé, la «capacità di accedere ai livelli più profondi dell'essere umano», ma questi non sono valorizzati nell'insegnamento **(gli altri)**

Organizzazione del sapere

Q4. La conoscenza “vera” è un'interazione affettiva fra l'oggetto e il soggetto, che lascia una traccia e che fa emergere il significato, a differenza di una fruizione passiva che non lascia traccia e non fa emergere il significato **(tu)**

Q.4 La conoscenza “vera” è un'interazione affettiva fra l'oggetto e il soggetto, che lascia una traccia e che fa emergere il significato, a differenza di una fruizione passiva che non lascia traccia e non fa emergere il significato **(gli altri)**

La terza fase del lavoro, quindi, ha riguardato l'ulteriore ampliamento dell'indagine. Si è scelto di organizzare un secondo *focus group* nel mese di ottobre 2023, per valutare in quale misura i problemi fossero percepiti da un gruppo più allargato di studenti e affinare il questionario per una sua eventuale somministrazione agli studenti di fisica della triennale, come attività del PLS (*Piano Lauree Scientifiche*).

Il secondo *focus* ha visto la partecipazione di un numero di 23 studenti, provenienti sia dal corso di Laurea Triennale in fisica, che di quello Magistrale e alcuni dottorandi. Poiché questo secondo incontro aveva lo scopo di approfondire il dialogo emerso dal primo *focus group*, si è scelto di tradurre operativamente la filosofia metodologica del *Delphi study*, cioè quella di valutare il grado di consenso o dissenso dei temi proposti attraverso la somministrazione di un questionario.

Valutando questo consenso, è possibile fornire una descrizione ancora più generale rispetto ai problemi riscontrati e dibattuti nel primo incontro. Questa generalizzazione può

permettere un posizionamento più critico e imparziale (più scientifico) rispetto a quei temi. Si elenca nel dettaglio la struttura di questo secondo incontro:

1. un primo momento (30 min c.ca) di introduzione e ripresa dei temi da trattare, risposte ad eventuali domande sugli argomenti e poi compilazione del *form* di posizionamento rispetto alle tre tensioni
2. workshop (1 ora c.ca)
Durante questo momento si è pensato di favorire l'attivazione della *pars construens*, cioè valutare come affrontare nella pratica i problemi di cui si è parlato finora.

Dopo la prima parte, cioè dopo aver raccolto le risposte al *form*, si è intuito che le problematiche esposte potessero essere generate da come è organizzato il sapere scientifico (in particolare nel Corso di Laurea in fisica) in tutte le sue forme (attività didattica e suoi contenuti, organizzazione e scansione temporale del corso, scadenze, ecc...). La metodologia utilizzata durante il *workshop* riprende la struttura del *world café* (The World Café, s.d.). Basandosi su principi di progettazione integrata, la metodologia del *world café* è un formato efficace e flessibile per ospitare dialoghi a gruppi. Il nome riprende l'idea di creare un ambiente di dialogo informale come quello che può crearsi quando si prende un caffè in compagnia, attorno ad un tavolo. Così, abbiamo allestito tre diverse stanze all'interno del dipartimento di fisica, ciascuna dedicata ad una delle tre problematiche affrontate da noi tre laureandi. Ogni 20/30 minuti i "tavoli" si cambiano a rotazione, permettendo a ciascun membro di partecipare al dialogo di ogni gruppo. All'inizio di ogni nuovo turno, l'*host* (i.e. i tre laureandi) accoglie il gruppo entrante riassumendo gli spunti emersi dal "tavolo" precedente, così da proseguire in maniera organica una riflessione condivisa. L'inizio di ogni turno è introdotto da una domanda, che detta il punto di partenza e il ritmo del lavoro. La domanda centrale che ha animato il *workshop* di questo incontro è la seguente: quali possono essere alcune proposte di riorganizzazione del sapere per affrontare le problematiche riscontrate?

Per rispondere a tale domanda abbiamo chiesto agli studenti presenti:

- a. suggerimenti per creare occasioni di dialogo tra le culture
- b. suggerimenti per ripensare alla struttura spazio-temporale delle lezioni e delle metodologie didattiche per renderle più flessibili e efficaci alla comprensione
- c. suggerimenti per favorire momenti di riflessione critica sui saperi e sui contenuti

Non ci siamo limitati a chiedere proposte a livello teorico, ma abbiamo cercato di entrare in profondità delle stesse, richiedendo ove possibile una strutturazione in dettaglio nella realtà del Corso di Laurea in fisica. Per favorire questo lavoro, abbiamo evidenziato tre principali *stakeholders* a cui rivolgere le proposte emergenti:

- a. la commissione didattica e consiglio di studi (responsabile organizzativo)
- b. i docenti (responsabile contenuti)
- c. i colleghi studenti (responsabile della propria esperienza)

Si può così arrivare a delineare, non solo il contenuto delle proposte, ma anche la loro forma e i destinatari.

Per facilitare il lavoro di acquisizione dei dati, durante tutta la durata del *workshop* si è scelto di registrare il dialogo attraverso i supporti informatici forniti dal dipartimento, e poi di utilizzare l'annotazione grafica tramite lavagne e post-it per permettere una condivisione anche visiva del contenuto emerso (Fig. 10). Le registrazioni audio sono poi state trascritte e hanno fornito la base empirica per l'elaborazione dei risultati.

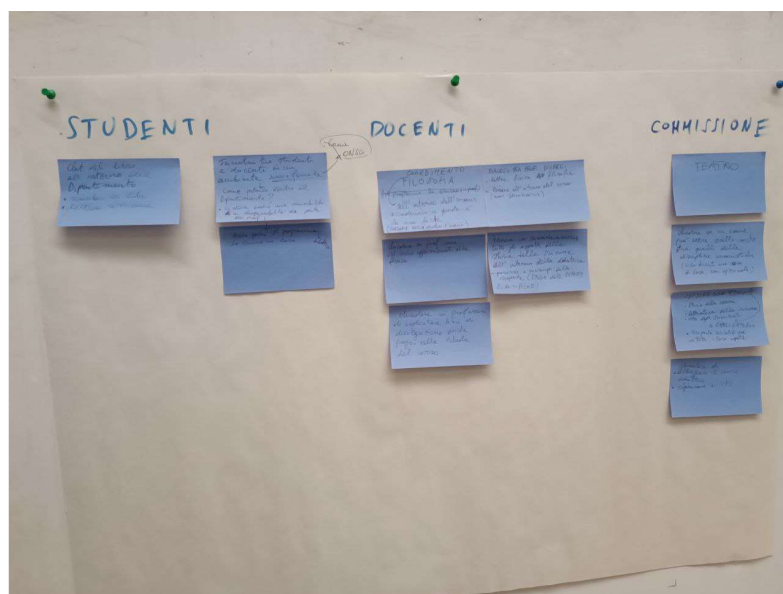


Figura 10: Lavagna di lavoro utilizzata durante il *workshop*

Capitolo 3 - Risultati

In questa sezione verranno presentati i risultati emersi dalle varie fasi dell'indagine.

Per quanto riguarda il primo questionario, somministrato durante il primo *focus group*, i risultati sono presentati in maniera organica e parallela confrontandone l'andamento tra gli studenti delle lauree triennale e magistrale.

La prima domanda era di riflessione personale, per cui non sono state raccolte risposte. In generale, si evidenzia un comportamento in risposta diverso tra gli studenti delle due categorie (triennale e magistrale). In particolare, la maggioranza degli studenti triennali si posiziona normalmente attorno al valore mediano (i.e valore 5, corrispondente ad un giudizio neutro) rispetto all'aver trovato o meno soddisfatte le proprie aspettative riguardo alla scelta del corso di studio (domanda n°2). Si ha infatti, (Fig. 11.1) un 38% di studenti posizionati sul 5 (valore neutro), un 23% leggermente insoddisfatto (valore 4), un 15% di studenti soddisfatti (valore 6 e 7) e solo un 8% di studenti quasi completamente soddisfatti (valore 9). Riguardo la stessa domanda, si ha un comportamento diverso per gli studenti magistrali. In questo caso, (Fig. 11.2) la distribuzione è spostata verso un giudizio positivo, con un picco del 50% di studenti quasi completamente soddisfatti (valore 9) e solo un 17% sotto la mediana.

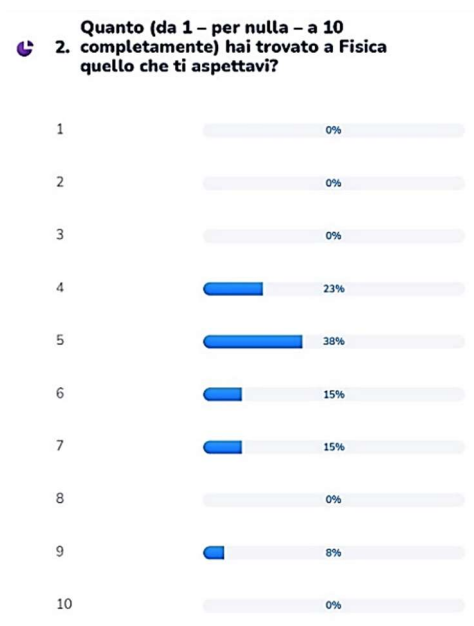


Figura 11.1: risposte alla domanda n°2, triennale

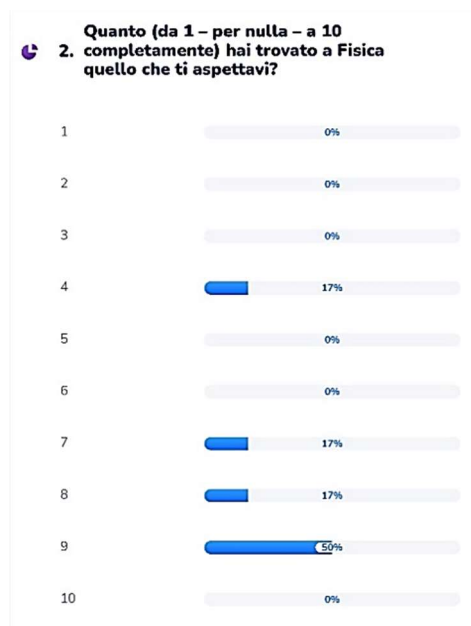


Figura 11.2: risposte alla domanda n°2, magistrale

Posizionamenti in risposta simili si hanno per le domande 3 e 4 (vd Fig. 12.1, 12.2, 13.1, 13.2). Per entrambe le categorie di studenti prevale un interesse verso la scelta del corso di studio dettato da motivazioni di curiosità, comprensione del mondo e dei suoi fenomeni (rispettivamente un 75% e un 67%), e anche un interesse di tipo teleologico, espresso come “desiderio di conoscere oltre” (rispettivamente 64% e 75%).



Figura 12.1: risposte alla domanda n°3, triennale

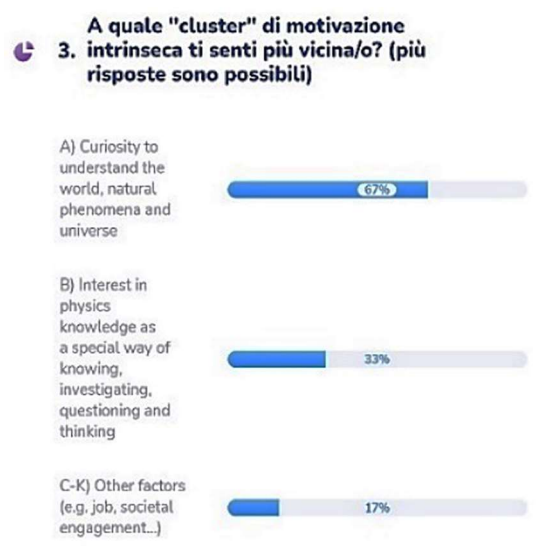


Figura 12.2: risposte alla domanda n°3, magistrale

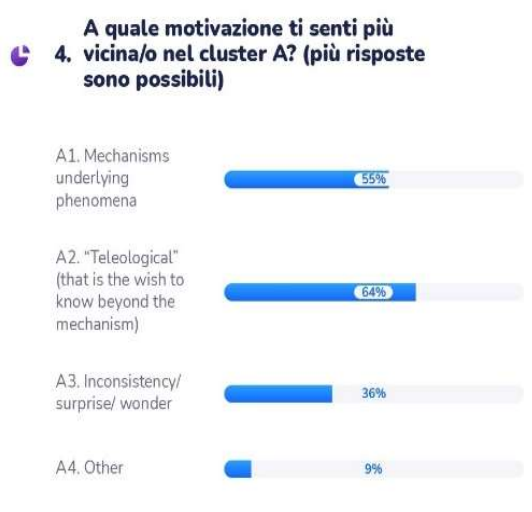


Figura 13.1: risposte alla domanda n°4, triennale

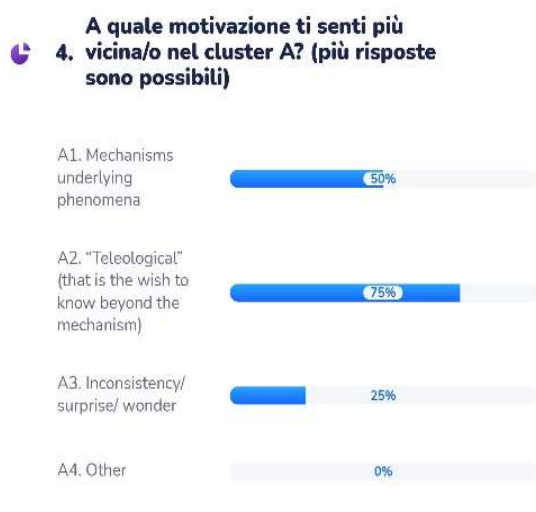


Figura 13.2: risposte alla domanda n°4, magistrale

Per quanto riguarda il posizionamento personale riguardo alle categorie del *cluster* B, si evidenzia uno spiccato interesse degli studenti triennali per la *forma mentis* e il pensiero critico che può emergere dallo studiare fisica (rispettivamente 50% e 70%), quanto più un interesse verso la modellizzazione teorica per quanto riguarda gli studenti magistrali (60%).

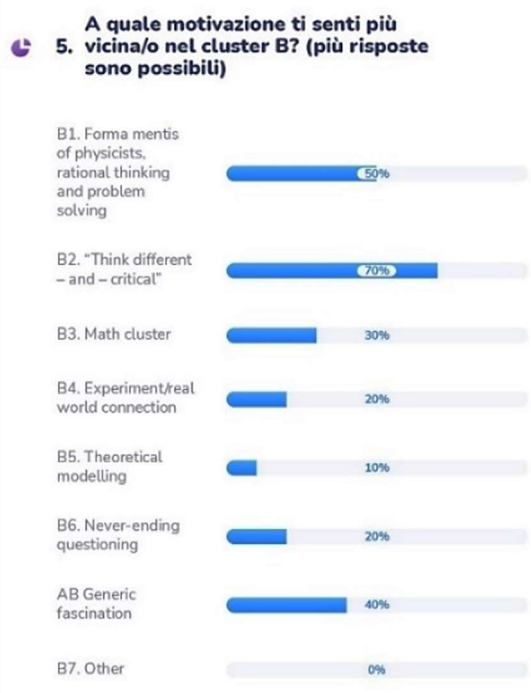


Figura 14.1: risposte alla domanda n°5, triennale



Figura 14.2: risposte alla domanda n°5, magistrale

Per quanto riguarda la domanda n°6 (Fig. 18.1 e 18.2), entrambe le categorie di studenti esprimono un maggiore interesse riguardo alle motivazioni relative alle questioni filosofiche emergenti nello studio della fisica (risp. 50% e 83%), ma anche un rinnovato interesse verso motivazioni personali come il mettersi alla prova (i.e. *personal challenge*, risp. 63% e 50%). Si evidenziano differenze per le motivazioni relative alle applicazioni della fisica (25% i triennali mentre nessun voto per i magistrali) e per le motivazioni di tipo lavorativo (nessun voto per i triennali mentre un 50% per i magistrali).

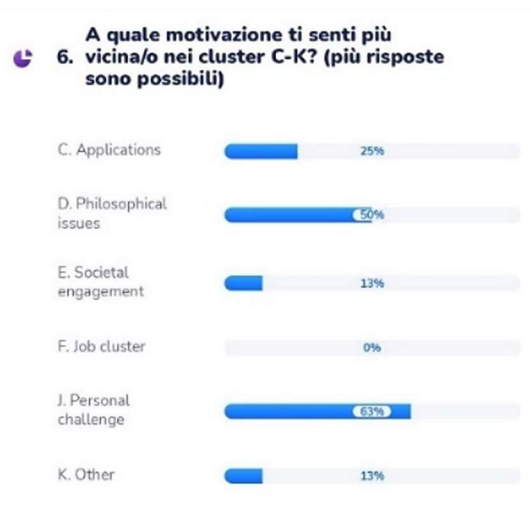


Figura 15.1: risposte alla domanda n°6, triennale

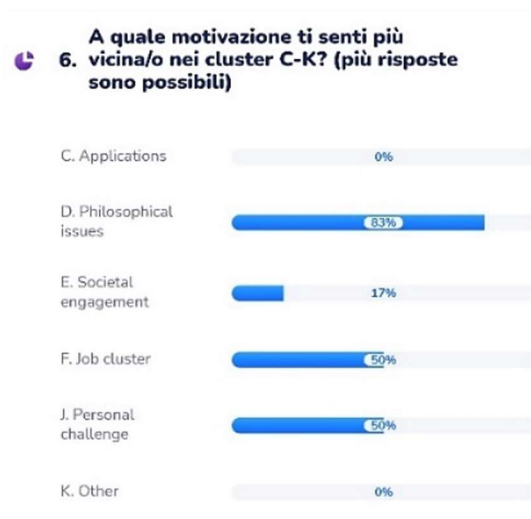


Figura 15.2: risposte alla domanda n°6, magistrale

Da ultimo, si sottolineano situazioni differenti per i due gruppi di studenti nel posizionamento relativo alla domanda n°7 (Fig. 16.1 e 16.2). Il 60% degli studenti della laurea magistrale non si riconosce in alcun profilo di insoddisfazione, anche se non si ritiene perfettamente soddisfatto della scelta del corso. Solo i profili di insoddisfazione n° 3, 4 e 5 sono stati votati rispettivamente dal 40%, 20% e 20% degli studenti. Dall'altro lato invece, gli studenti della laurea triennale si riconoscono, in percentuali simili, in tutti i profili di insoddisfazione. Solo un 17% non si riconosce in nessuno dei *cluster* riportati anche se non si ritiene perfettamente soddisfatto dalla scelta del corso di studi.

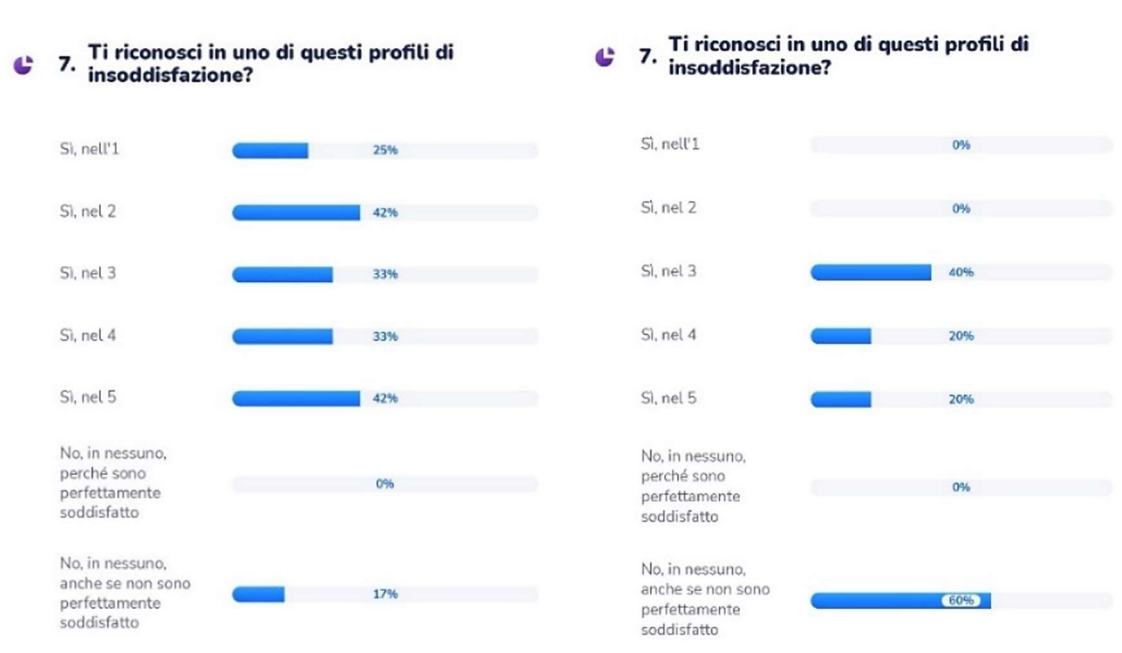


Figura 16.1: risposte alla domanda n°7, triennale

Figura 16.2: risposte alla domanda n°7, magistrale

La riflessione che emerge dall'analisi di questi dati è una differenza molto significativa del grado di soddisfazione tra gli studenti della triennale e quelli della magistrale. Dalle Fig. 11.1 e 11.2 si evince che la maggioranza degli studenti della magistrale si ritiene soddisfatto del percorso di studi, con un 50% quasi completamente soddisfatto, mentre per la triennale il giudizio globale si distribuisce normalmente attorno al valore neutro. Questa differenza di comportamento si mostra anche nella Fig. 16.1 e 16.2. La maggioranza di studenti della laurea magistrale (il 60%) sembra non riconoscersi tra i profili di insoddisfazione presentati, mentre tra gli studenti triennali solo il 17% rientra in questa casistica. Inoltre, gli studenti della triennale si riconoscono in un numero maggiore di profili di

insoddisfazione rispetto a quelli della magistrale, che non si riconoscono affini ai profili di insoddisfazione 1 e 2. La Fig. 16.1 mostra che la distribuzione delle motivazioni e delle sorgenti di insoddisfazione sembra indicare non ci sia una uniformità di profilo tra gli studenti della triennale. Questo fatto implica la necessità di ampliare nel dettaglio l'attività di ricerca.

Per quanto riguarda il secondo *focus group*, sono stati analizzati i dati relativi alla compilazione del secondo questionario, che ha visto la partecipazione di un campione di 23 studenti, di cui 13 della triennale, 8 della magistrale e 2 dottorandi (o PhD). I dati rilevati sono stati analizzati sia a livello di comportamento globale del campione per ogni risposta e poi anche singolarmente per ciascun gruppo, anche aggiungendo confronto grafico tra i tre corsi di studi.

I grafici presentati in seguito (da Fig. 17 a Fig. 21) sono stati realizzati seguendo la stessa struttura. I grafici riportano sull'ordinata il livello di consenso, espresso mediante una scala numerica da 1 a 9, dove il valore 1 rappresenta il grado di consenso minimo ("per niente"), mentre il valore 9 denota il massimo grado di consenso ("moltissimo"). Sull'ascissa sono riportate le domande del questionario in ordine di somministrazione, dalla domanda Q1 alla domanda Q4, evidenziando per ciascuna i due livelli di risposta richiesti, il livello denominato "tu" e il livello denominato "gli altri" (si veda in sezione 2.1 *Metodologia* per la descrizione di questi livelli).

Sull'asse delle ordinate dei grafici di Fig. 19, 20 e 21 si ha il livello di consenso questa volta espresso su una scala numerica di valori compresi nell'intervallo [-5, 5]. Questi valori rappresentano la distanza del consenso rilevato dal valore neutro (o valore centrale). In questo modo è possibile visualizzare meglio il grado di insoddisfazione che risulta dal consenso medio per risposta del gruppo PhD (Fig. 21).

Partendo dalla Fig. 17, si può notare un consenso medio del campione sopra il valore neutro (corrispondente al valore 5) per tutte le risposte del questionario. In questo caso, poi, si evidenzia un consenso mediamente progressivo dalla domanda Q1 alla domanda Q4 ma, selezionate entrambe le tipologie di risposta per ciascuna domanda, risulta una maggiore approvazione per le domande legate ad un livello personale (tu), più che per quelle rivolte al giudizio sull'ambiente circostante (gli altri). Le stesse considerazioni emergono anche dall'analisi dei dati relativi a ciascun gruppo, come si può notare dalle Fig. 18, 19, 20 e 21.

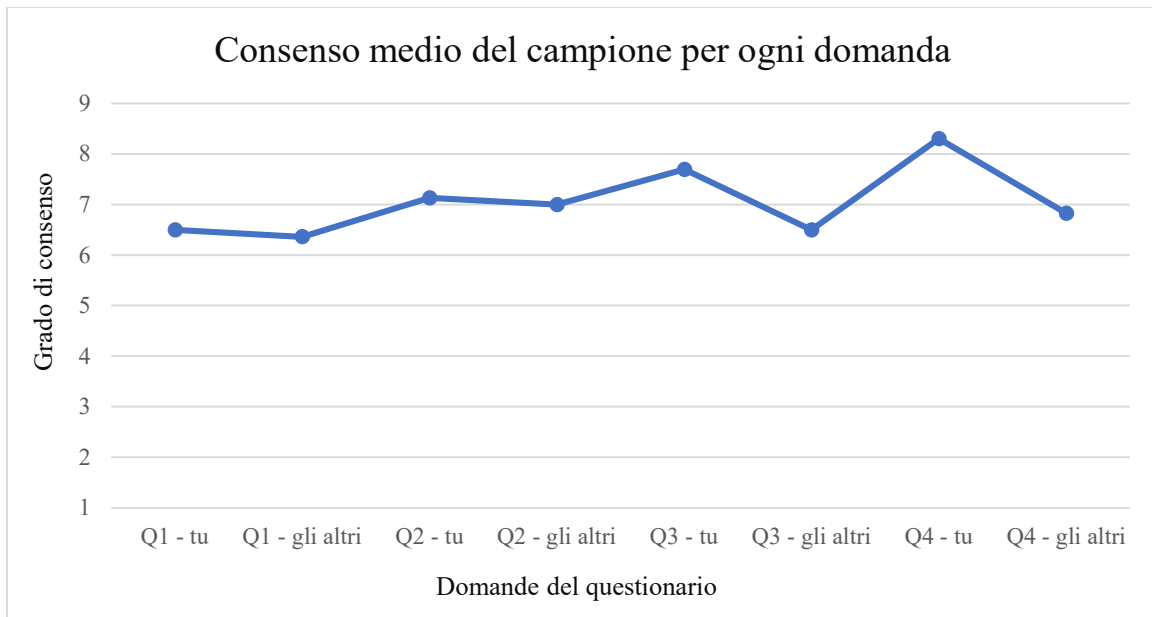


Figura 17: Consenso medio del campione per ogni risposta

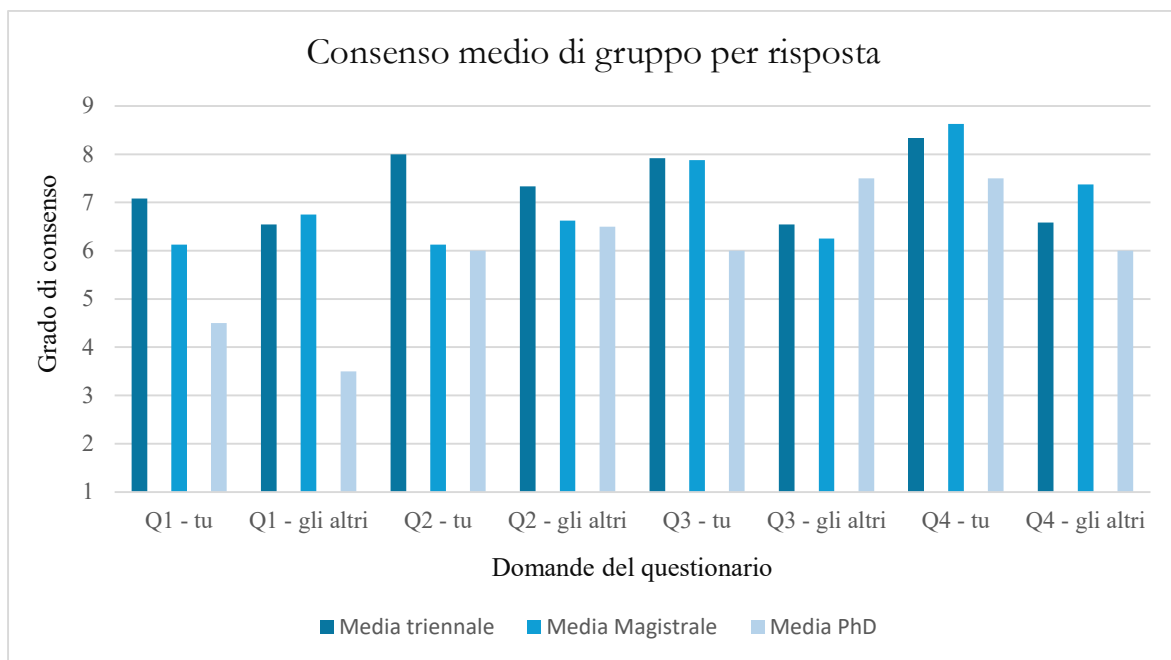


Figura 18: Confronto del consenso medio dei tre gruppi per ogni risposta

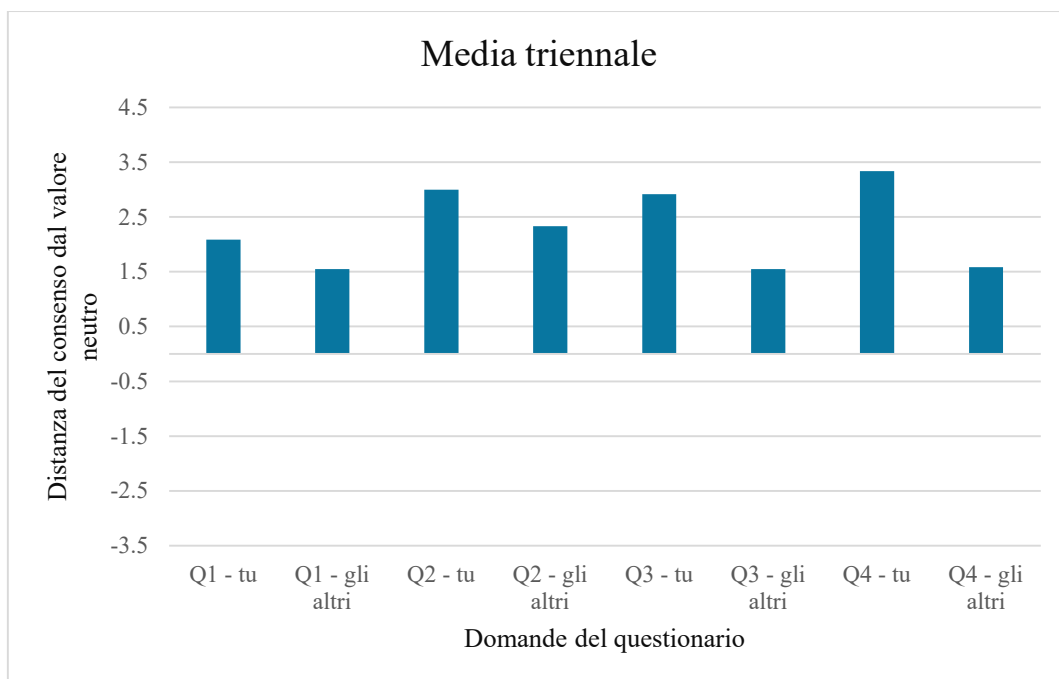


Figura 19: Differenza tra il consenso medio per domanda e il valore neutro, relativo al gruppo degli studenti della triennale

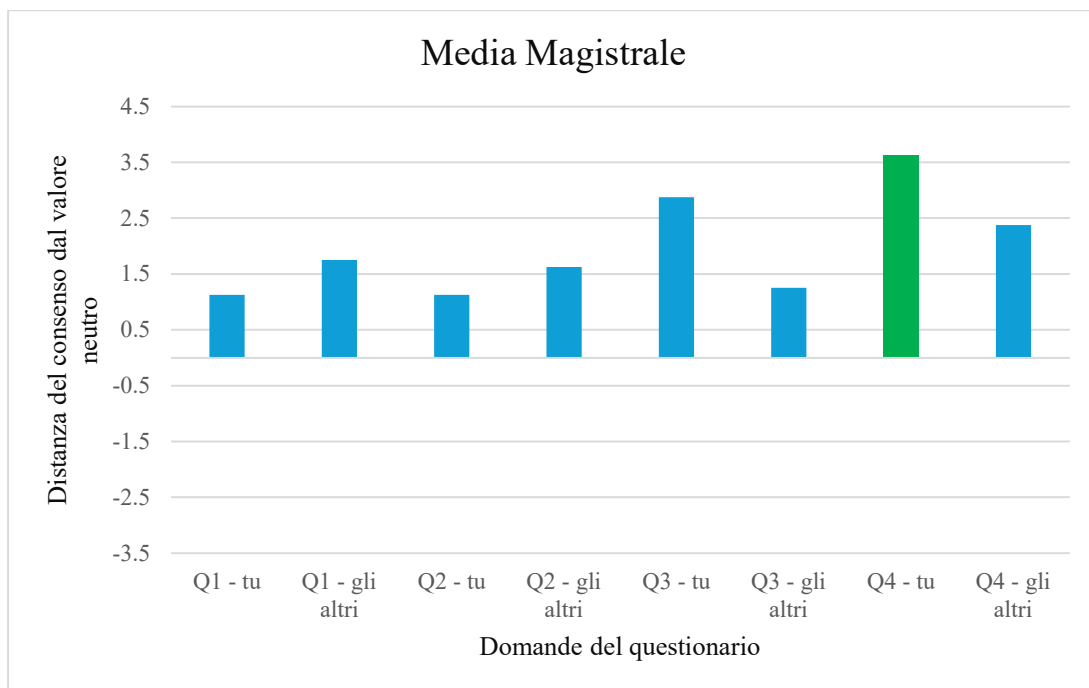


Figura 20: Differenza tra il consenso medio per domanda e il valore neutro, relativo al gruppo degli studenti della magistrale

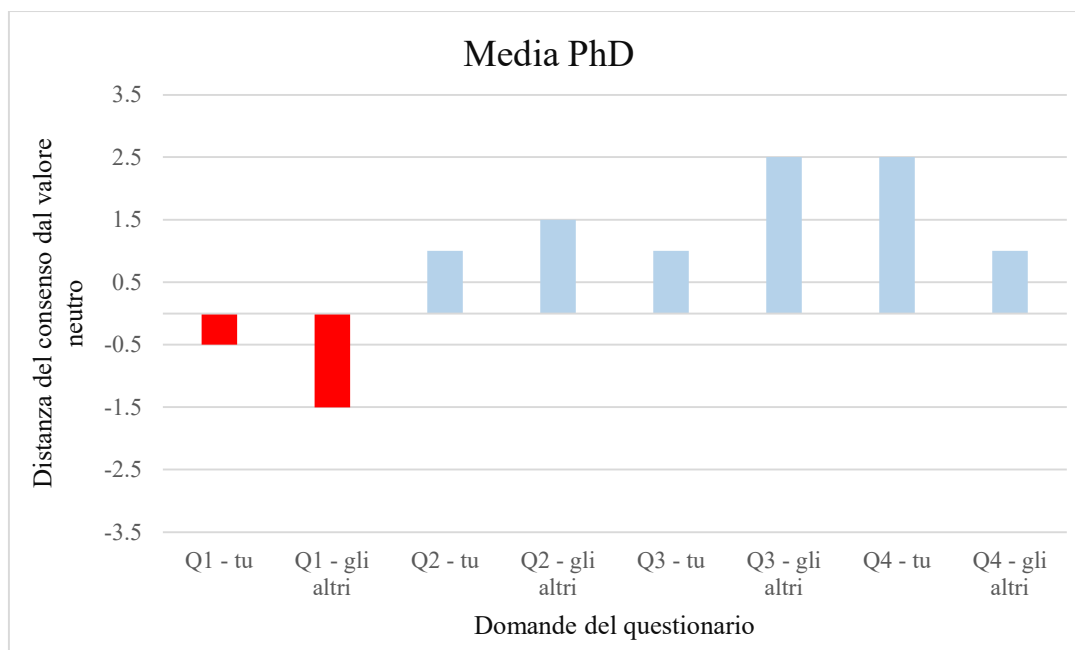


Figura 21: Differenza tra il consenso medio per domanda e il valore neutro, relativo al gruppo degli studenti PhD

Solo il raggruppamento dei dottorandi, anche se quello più piccolo a livello numerico, ha espresso un consenso medio inferiore al giudizio neutro per le domande relative alla separazione tra le discipline, come si può notare dal grafico riportato in Fig. 21. Dunque, sebbene il campione non abbia significatività statistica si riscontra un consenso positivo del campione in oggetto, che indica una condivisione o un riconoscimento comune dell'importanza delle tematiche e problematiche presentate nel contesto di questa indagine.

Nella discussione a gruppi avvenuta durante il *workshop* invece, è emerso quanto segue.

Nel primo gruppo il dialogo ruota attorno alla necessità di integrare la cultura umanistica con quella scientifica nel curriculum di fisica. Si esplorano varie proposte per creare una connessione tra le due discipline, cercando di far sì che gli aspetti umanistici possano trovare spazio all'interno dell'ambiente accademico scientifico. Si inizia discutendo la possibilità di coinvolgere professori di filosofia in corsi di fisica per esaminare concetti scientifici sotto una prospettiva filosofica. Si propone anche l'organizzazione di laboratori teatrali o eventi informali come discussioni in un pub o bar, con l'obiettivo di rendere l'apprendimento della fisica più accessibile e stimolante per gli studenti. Questa proposta è dibattuta e uno studente in particolare dice di non vederne «una necessità reale», ma in risposta un altro studente si esprime a favore di tale iniziativa descrivendola come

«un'occasione per avvicinarsi». Da questo si passa quindi al tema dell'interdisciplinarietà e della necessità di creare uno spazio in cui docenti e studenti possano dialogare liberamente su tematiche che vanno al di là del rigoroso contesto accademico. Cioè, ricreare quel contesto informale prima proposto sotto forma di “incontro al bar”, ma ora ricollocato proprio all'interno dell'ambiente accademico. Uno studente sottolinea che «sarebbe bello che i prof riconoscessero il valore di altre cose (non solo di fisica) e così facendo avere la libertà di parlarne anche in classe. Credo che forse la sensibilità del docente determini molto anche dell'approccio alla lezione». Si evidenzia, quindi, la questione della sensibilità dei docenti verso questo approccio interdisciplinare, con alcune testimonianze di professori che hanno aperto la discussione su temi filosofici legati alla fisica, ma che al contempo hanno mantenuto una distinzione netta tra le due discipline.

Nel secondo gruppo il dialogo si sposta verso proposte più concrete per rispondere alla necessità di integrare gli elementi umanistici all'interno del curriculum accademico in modo strutturato e ufficiale, come premesso dagli obiettivi del *workshop* e opportunamente ripreso dall'*host* all'inizio del dialogo. Inizialmente, uno studente riprende la proposta di coordinamento di corsi di fisica con corsi di filosofia, ampliando il dialogo ad altri corsi di matrice umanistica come lettere, arte, ecc... In particolare, si insinua qui anche un interesse di tipo esistenziale, dal momento che tale studente afferma che «sarebbe bello considerare gli autori della letteratura italiana e chiedersi quali domande scientifiche si sono posti durante la loro vita». Si evidenzia un certo sostegno, da parte degli altri studenti del gruppo, verso queste tematiche dal momento che la discussione continua su questa lunghezza d'onda. Un altro studente, infatti, riprende dicendo che «per me sarebbe molto interessante che i professori ci parlassero e raccontassero di come loro si sono appassionati alle cose che studiano, perché sono sicuro che ci finisca dentro qualcosa che non è solo fisica». Conseguentemente, si discute della creazione di corsi opzionali sulla storia della scienza o sulla letteratura scientifica, ma si sottolinea anche l'importanza del coinvolgimento attivo dei docenti nell'introdurre un approccio più contestuale e storico alla fisica. Su questo uno studente precisa che «tutto sarebbe facilitato se i docenti fin dall'inizio non avessero un approccio del tipo “questo è quello che ci serve, imparate a fare gli esercizi, imparate la formula e andiamo avanti”. Sarebbe bello avere un minimo di contesto anche storico che c'è dietro la formula».

Nel terzo gruppo, il dibattito prosegue in maniera organica. Inizialmente, emerge un certo interesse verso la vita degli scienziati, in assonanza con il precedente richiamo alla

letteratura della scienza. Uno studente, infatti, rende nota la sua impressione per la quale «mi sembra che noi studiamo leggi e teorie sviluppate da persone che facevano questa operazione di “unire le parti della cultura”. Invece, io non mi sento uno studente di fisica che da questi studi viene arricchito tanto quanto sembra lo fossero loro». Questo tema, che tra l'altro riprende l'incipit di questa tesi, come esigenza di unità tra le varie discipline della cultura umana, non viene approfondito e il dialogo si sposta, anche se non di molto, sull'approfondire l'importanza della lettura scientifica divulgativa. Ne si affronta il ruolo nel processo formativo, sottolineando la necessità di darne più spazio all'interno della bibliografia degli esami per aprire nuove prospettive di apprendimento, prospettive a volte guardate con sufficienza, spiega uno studente, «forse perché meno formali». Qui si considera la proposta di un Club del libro, sia come mezzo per «riflettere sul messaggio che ci è stato passato fino ad adesso, cioè una riflessione su quali letture sono ammesse e quali non ammesse, quali quelle “importanti” e quelle “meno importanti” rispetto ad uno studente che deve Laurearsi in fisica», ma anche come luogo in cui «non solo ci si scambiano i libri ma si legge assieme». Solo uno studente propone una riflessione sulla gestione del carico didattico degli studenti e sull'importanza di trovare un equilibrio tra lo studio accademico e il tempo libero, suggerendo la possibilità di introdurre pause didattiche o ridimensionare il numero di crediti. Il dibattito si conclude con la considerazione di integrare approcci meno formali e più divulgativi all'interno del contesto accademico ufficiale per favorire una visione più ampia e contestuale della fisica, incoraggiando una maggiore apertura mentale sia da parte dei docenti che degli studenti.

Nel corso della discussione, di cui sopra, alcune tematiche sono emerse più frequentemente e hanno trovato eco in varie parti del dialogo, suggerendo un certo grado di consenso o rilevanza tra i partecipanti. In sintesi, i nodi tematici emergenti del dibattito sono:

1. **Necessità di integrazione strutturata:** gli studenti riconoscono la necessità di integrare la cultura umanistica con quella scientifica all'interno del curriculum di fisica.
2. **Approcci interdisciplinari:** emergono proposte per coinvolgere discipline diverse nei corsi di fisica per ampliare la visione degli studenti.
3. **Valorizzazione di approcci meno formali:** si sottolinea l'importanza di creare spazi informali e di introdurre testi divulgativi per arricchire e ampliare l'apprendimento accademico.

Tutte queste attività avevano come denominatore comune una parola: “avvicinamento”. Infatti, tutte le proposte appaiono essere accumulate da tre diversi intenti:

1. **avvicinare le diverse discipline:** rappresentativo di questo si cita «sarebbe bello che i prof riconoscessero il valore di altre cose (non solo di fisica) e così facendo avere la libertà di parlarne anche in classe» e «sarebbe bello considerare gli autori della letteratura italiana e vedere quali domande scientifiche si sono posti durante la loro vita».
2. **avvicinare professori e studenti:** «per me sarebbe molto interessante che i professori ci parlassero e raccontassero di come loro si sono appassionati alle cose che studiano, perché sono sicuro che ci finisca dentro qualcosa che non è solo fisica»
3. **avvicinare studenti e studenti:** si manifesta l’esigenza di «fare un Club del Libro» in cui «non solo ci si scambiano i libri ma si legge assieme».

Conclusioni

Risulta opportuno ora concludere il discorso, cercando i punti di raccordo tra i risultati ottenuti e i presupposti teorici da cui si è partiti nello sviluppo di questa tesi.

L'indagine sviluppata nel corso di questa tesi ha lo scopo di cogliere le motivazioni di insoddisfazione degli studenti nel corso di laurea triennale in fisica. Questa esplorazione si inserisce nel campo della ricerca in didattica, in particolare nel rilevare le conseguenze che porta la progressiva specializzazione delle discipline come la scienza. È infatti noto che, sebbene la specializzazione sia un aspetto caratterizzante la formazione in fisica, può anche diventare, per alcuni studenti, un aspetto fortemente demotivante. Si parla di “effetto silos”, sempre più percepito come negativo, a fronte della sempre più forte richiesta di interdisciplinarietà che si percepisce a livello sociale e in ambienti professionali (Keeling, Underhile & Wall, 2007; Iacobucci & Micozzi, 2012; Gröschl & Gabaldon, 2018; Hannon, Hocking, Legge and Lugg, 2018).

L'ipotesi che prende spunto da questa constatazione è quella secondo cui uno dei motivi di insoddisfazione determinati dalla progressiva specializzazione sia rappresentato dalla progressiva separazione della fisica da una dimensione più umanistica.

Il nostro lavoro, inserito nella linea di azione del PLS, ha cercato di valutare non solo se e come l'indagine condotta rafforzi le ipotesi di partenza, portando a ritenere che un avvicinamento tra le due culture possa oggi soddisfare alcune esigenze degli studenti e motivarli nel loro studio, ma anche, più in generale, come gli studenti e le studentesse di fisica vivano il loro percorso di studio alla luce di queste problematiche.

Si è quindi partiti dall'opinione diffusa, sia a livello sociale che riportata nella letteratura scientifica (Snow, 1964; Greco, 2020; ecc...), secondo la quale nella cultura contemporanea sembra che l'arte e la scienza siano due discipline separate. Per permettere una adeguata formalizzazione e descrizione del problema, ovvero la separazione della cultura umanistica e scientifica come elemento demotivante nel percorso di studio accademico, è stato necessario collegarsi alla letteratura scientifica di riferimento. Il risultato di questo lavoro, riportato nel capitolo 1, porta in luce, non solo la profonda

inscindibilità tra arte e scienza, ma anche la loro continua commistione e coevoluzione nella nostra società.

Da questo si prosegue con l'indagine empirica (capitolo 2), avvenuta prima attraverso la costituzione di un gruppo di lavoro con altri tesisti della laurea triennale, la prof.ssa Levrini e alcuni dottorandi, poi attraverso la condivisione con alcuni studenti dei corsi di laurea in fisica delle problematiche discusse. La condivisione è stata possibile per mezzo di incontri in presenza con gli studenti coinvolti (o *focus groups*), e poi la somministrazione di due questionari utili per la rilevazione dei dati. I dati raccolti non hanno significatività statistica, data la limitatezza del campione, ma risultano un significativo punto di partenza per riflessioni di carattere più ampio.

La prima riflessione che emerge nell'elaborazione dei dati riguarda proprio la metodologia utilizzata sia globalmente che particolarmente durante tutto il lavoro di tesi. In primo luogo, l'impostazione del lavoro del gruppo come luogo di giudizio collettivo risulta determinante nel dar forma a riflessioni collettive. Gli obiettivi premessi erano quelli di far avanzare una riflessione comune ed organica assieme agli studenti riguardo alle problematiche emerse. Quindi, l'aver impostato fin dall'inizio il lavoro del gruppo sulla condivisione e sul dialogo ha facilitato un'esplorazione partecipata con gli studenti. Lo stesso vale anche per la metodologia usata nei *focus groups*. La struttura del *world café* utilizzata nel *workshop* ha come punto centrale proprio il dialogo comune. Inoltre, è interessante osservare come il metodo stesso abbia avuto in sé la potenzialità di rispondere a quella necessità di avvicinamento emerso dagli studenti nel *focus group* e forse proprio questa esperienza ha permesso una consapevolezza maggiore di tale esigenza.

I risultati ottenuti da entrambi in questionari evidenziano quanto oggi, in questa società dell'accelerazione e dell'incertezza, si percepisca di più l'esigenza di una "umanizzazione della scienza" e questo tocca soprattutto gli studenti della laurea triennale. La ampia distribuzione nei vari profili di insoddisfazione sottolinea una non-uniformità rispetto a tali profili, suggerendo l'ampliamento delle casistiche presentate dal progetto HOPE. In particolare, dal secondo questionario si riscontra una certa consonanza di vedute riguardo i temi trattati, cioè un consenso positivo per tutti i gruppi di studenti per quasi tutte le domande, indicando una condivisione o un riconoscimento comune della loro importanza nel contesto dell'insegnamento della fisica.

Analizzando le trascrizioni dei *focus groups*, emergono ulteriori considerazioni. In primis, si mette in luce un desiderio di protagonismo all'interno dell'esperienza di studio, quasi come reazione alla passività descritta nel Cap. 2.1. Questo desiderio di protagonismo si estende come giudizio globale di tutto il *focus group*. Infatti, tutte le attività discusse avevano come esigenza comune un "avvicinamento", che premette evidentemente una situazione di distanza dall'ambiente in cui si vive, cioè la comunità scientifica accademica. Le proposte emerse dagli studenti riflettono la volontà di ridurre questa distanza, quasi come un desiderio di appartenere ad una comunità scientifica o di ricostruirla. Da notare come la conclusione a cui si perviene attraverso l'indagine compiuta vada oltre la particolarità dell'ipotesi di partenza. Non si tratta quindi solo di comprendere come "le due culture" possano dialogare nelle società di oggi, ma come un certo approccio (i.e. *umanistico* che implica un approccio umano) possa favorire o meno il raggiungimento di questo desiderio emergente di appartenenza ad una comunità scientifica accademica. Il senso di "comunità" può forse essere favorito da un senso di "unità", quest'ultima in analogia con il punto iniziale da cui è scaturita l'attività di ricerca di questa tesi. Infine, si vuole sottolineare ancora che i risultati ottenuti non sono rappresentativi dell'intero ambiente accademico, ma il riscontro ottenuto e la metodologia utilizzata hanno permesso un perfezionamento del questionario. Perciò, dato che l'argomento di questa tesi riguarda strettamente l'esperienza di studio all'interno del Dipartimento di fisica dell'Università di Bologna, e che l'indagine condotta ha portato, insieme alle altre due tesi del gruppo di lavoro, alla formulazione di quesiti che possono essere utilizzati per un'indagine più sistematica e su un campione più ampio di studenti, si auspica di poter proseguire questa attività di ricerca.

Appendice

Si vuole riportare un approfondimento della relazione tra arte e scienza, presentando come questo connubio si presenti all'interno della *Commedia* di Dante Alighieri.

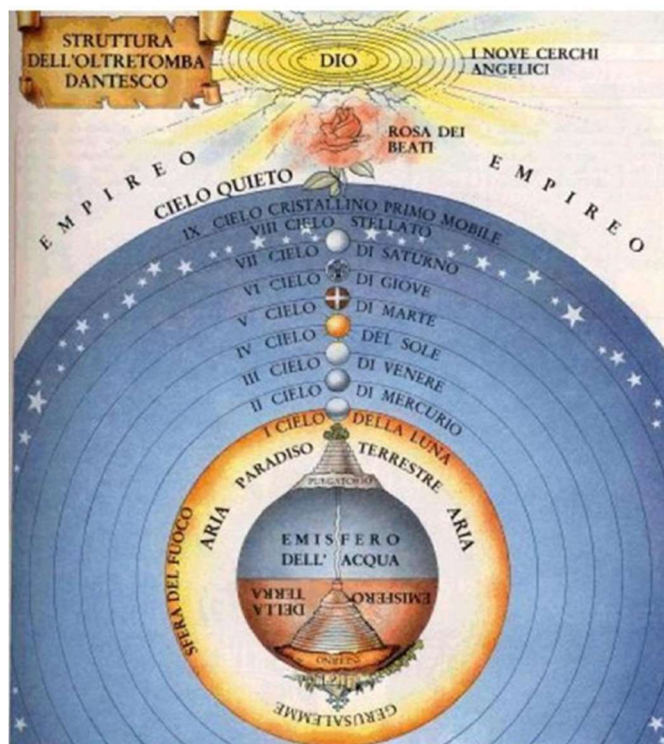


Figura 22: Schema dell'universo dantesco

Alighieri, il «poeta della scienza» (Greco, 2009), non è solo uno dei più grandi autori della letteratura italiana, ma anche un artista che “fa scienza”, utilizzando i versi per comunicarla.

Oltre ai numerosi accenni che il poeta fiorentino consegna con la sua *Commedia* riguardo a tanti fenomeni naturali, egli offre una descrizione dell'universo nel suo insieme. La visione del mondo medioevale che Dante propone, ha chiaramente influsso aristotelico. Sostanzialmente, Dante riporta lo schema tradizionale secondo cui sono previste le nove sfere celesti o *i nove cieli*, concentrici attorno al mondo fisico. Il primo di questi cieli è il cielo della Luna; non a caso il mondo fisico è anche chiamato, sempre secondo la tradizione medioevale, il *mondo sublunare*. L'ultimo cielo è il Primo Mobile. Nella visione dantesca poi, appena fuori dal Primo Mobile, si estende l'Empireo, il primo cielo immobile e sede della schiera dei beati. Oltre questa struttura, se ne presenta un'altra, più piccola e sconnessa

dalla prima, composta da altri nove cerchi: è la corona dei nove cieli angelici, concentrici attorno a “Il punto divino”. Tra queste due strutture separate, solitamente se ne inserisce anche una terza, di struttura semicircolare: la Candida Rosa. Per comprendere meglio questa struttura prendiamo le parole del poeta stesso. Dante, guidato da Beatrice, è sul punto di accedere all’Empireo. Anche dalla Fig. 22 sembra evidente che l’Empireo, ovvero quel decimo cielo oltre il Primo Mobile, sia semplicemente una regione spaziale dentro la quale si estendono la candida rosa e i cieli angelici. Secondo questa visione, risulta evidente che l’Empireo debba essere come un altro Universo, simmetrico rispetto a quello fisico (cioè, quello dove si trova il mondo fisico) e tangente a questo ultimo in un punto (per definizione di tangenza). Tuttavia, secondo la descrizione di Dante, il Primo Mobile risulta talmente uniforme che non si riesce a dire dove ci si trovi con certezza:

*«Le parti sue vivissime ed eccelse
sì uniforme son, ch’i’ non so dire
quale Beatrice per loco mi scelse.»*

(Par XXVII 100-102, Alighieri, 1314, p. 569)

Quel “punto divino” che Dante vede al centro dei novi cieli angelici, cioè al centro di quell’altro universo, che è l’Empireo, dovrebbe scomparire prima a poi, a causa del movimento del cielo del Primo Mobile nel quale si trovano il poeta e la sua guida. Invece:

*«E com’ io mi rivolsi e furon tocchi
li miei da ciò che pare in quel volume,
quandunque nel suo giro ben s’adocchi»*

(Par XXVIII 13-15, Alighieri, 1314, p. 571)

Pare dunque che in qualunque punto si attraversi il Primo Mobile ci si trovi sempre al cospetto di quel “punto divino”. Questo è possibile sono cercando di allontanarsi dalla raffigurazione geometrica bidimensionale di Fig.22, accettando una geometria più complessa. È il caso, infatti, della geometria non-euclidea della “3-sfera”, detta “ipersfera”, la cui struttura matematica a sostegno della nostra argomentazione è ampliata più avanti.

Marco Bersanelli in *Il grande spettacolo del cielo* afferma che:

«All'epoca di Dante, in assenza dello strumento matematico, concepire in modo coerente quello spazio curvo, inserito in una quarta dimensione, richiese un acume immaginativo straordinario. [...] Per quali vie Dante è giunto a questo esito formidabile? [...] Come ha notato William Eddington, nel Medioevo vi era una maggiore libertà immaginativa nei confronti del paradigma Euclideo, che è divenuta quasi totalizzante per noi moderni.» (Bersanelli, 2016, p. 95)

La capacità immaginativa di Dante è sorprendente, tant'è che la sua visione dell'universo è considerata una delle vette più alte della storia del pensiero cosmologico. Per inciso, la ricerca dantesca risulta avere uno slancio interpretativo molto ampio fino a permettere confronti plausibili con la topologia del “nostro” Universo (Fig. 23)

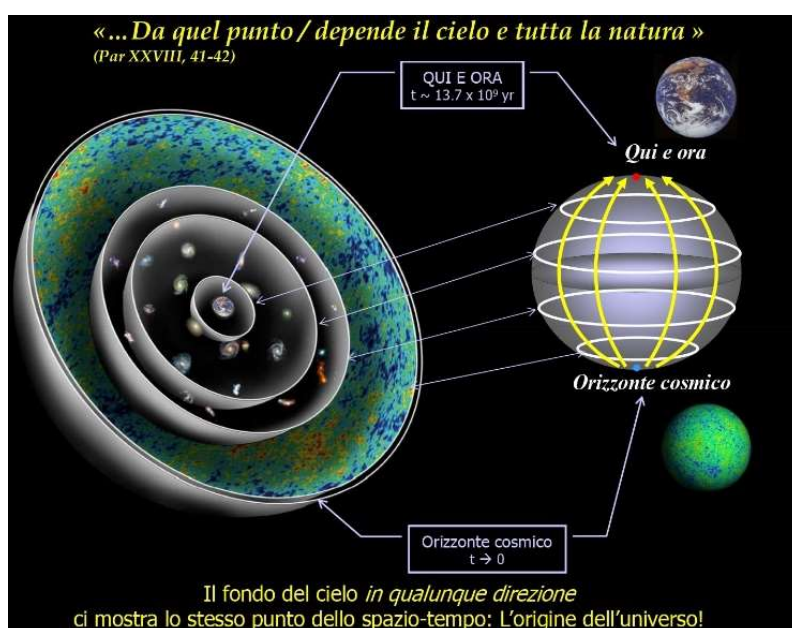


Figura 23: Confronto tra l'universo dantesco e l'Universo fisico

Lo stesso Eddington descrive in maniera accurata la struttura cosmologica dantesca, in particolare quella delle nove sfere angeliche che circondano “il punto”. Egli, ispirandosi a *La Poesia dell'Universo* di Robert Osserman (cfr. Osserman, 1995), commenta il canto XXVIII de il *Paradiso*, soffermandosi in particolare sul dialogo tra Dante e Beatrice. Quest'ultima, infatti, spiega a Dante che ciascuno dei nove cieli angelici si muove tanto più lentamente quanto più si trova distante dal centro. «Da quel punto Dipende il Cielo e tutta la natura» (Alighieri, 1314, p. 570), cioè che quel punto centrale determina tutta l'evoluzione dell'universo. Sono chiare a questo punto le parole di Eddington:

«La descrizione di Dante di questo centro assoluto come l'origine di tutto il movimento e la forza nell'universo è, come dice Osserman, una somiglianza “inquietante” di ciò che egli definisce il

retro-verso, attraverso il quale un viaggio immaginato richiederebbe "ascendere" lontano dal punto centrale della terra fino a quando in un certo momento il viaggiatore si ritroverebbe a "scendere" verso il punto fisso, l'origine dell'universo» (Eddington, 1999)

Anche Bersanelli descrive in maniera analogica questo progressivo avvicinamento all'origine dell'Universo, attuabile spingendo lo sguardo "abbastanza in profondità" nel cielo:

«Più in là, oltre la trama finissima delle galassie, possiamo vedere molto bene con i nostri occhi l'oggetto più sorprendente di tutti: lo sfondo nero del cielo. Sembra vuoto, ma non lo è. Ci appare buio, ma non lo è del tutto. È una sfera di fuoco [...] che abbraccia l'intero universo accessibile ai nostri sensi. L'espansione ha spinto la sua luce abbagliante nel microonde, regalando al cielo la sua oscurità e a noi viventi la possibilità di esistere. Quella luce primordiale ci arriva dell'ultima sfera visibile, quella che contiene tutte le altre. Ma, paradossalmente, è una sfera piccola. Superata una certa distanza, le sfere immateriali che ci circondano si fanno via via più piccole, fino a convergere attorno a un punto, che segna il limite ultimo dello spazio-tempo a noi accessibile. È lo stesso punto al termine di ogni linea di vista. Ovunque siamo, ogni volta che alziamo gli occhi verso il cielo, in qualunque direzione, se il nostro sguardo si spinge abbastanza in profondità stiamo guardando vero lo stesso punto: l'origine dell'universo». (Bersanelli, 2016, p. 271-272)

Da ultimo, ripercorriamo la struttura matematica che dà sostegno alla descrizione dell'Universo dantesco.

Come è usuale, indichiamo con S_r^n la sfera (superficie sferica) n-dimensionale di raggio r dello spazio euclideo \mathbb{R}^{n+1} , cioè

$$S_r^n = \{(x_1, \dots, x_{n+1}) \in \mathbb{R}^{n+1} | x_1^2 + \dots + x_{n+1}^2 = r^2\}$$

Se $r = 1$, scriveremo semplicemente S^n . Indichiamo con D_r^n la n-sfera piena o n-disco di \mathbb{R}^n , cioè

$$D_r^n = \{(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n | x_1^2 + \dots + x_n^2 \leq r^2\}.$$

La sfera S_r^n è il bordo di D_r^{n+1} . In simboli:

$$\partial D_r^{n+1} = S_r^n;$$

la circonferenza è il bordo del cerchio, la superficie sferica è bordo della sfera piena. Per comprender bene la costruzione attribuita a Dante, partiamo dalle dimensioni più basse:

$$S_r^0 = \{-r, +r\} \subset \mathbb{R},$$

è una coppia di punti sulla retta;

$$D_r^1 = [-r, +r] \subset \mathbb{R},$$

è il segmento di estremi $-r$ e $+r$; quindi

$$\partial D_r^1 = S_r^0.$$

Ora, è possibile deformare D_r^1 (di lunghezza $2r$) in una semicirconferenza, avente bordo la coppia $\{-r', +r'\}$, dove $r' = 2r/\pi$. Tecnicamente si dice che D_r^1 è omeomorfo alla semicirconferenza. Ora incollando specularmente due semicirconferenze si ha: $S_{r'}^2 \subset \mathbb{R}^2$. Analogamente il disco D_r^2 si può deformare in una superficie emisferica (di opportuno raggio r') e, incollando due copie di questa tramite il loro bordo, si ha $S_{r'}^2 \subset \mathbb{R}^3$. Così procedendo, incollando due copie di D_r^3 tramite il bordo $S_{r'}^2$, si ha uno spazio omeomorfo a $S^3 \subset \mathbb{R}^4$. Per figurarci l'ipersfera così ottenuta sappiamo che una qualsiasi intersezione (non vuota) di S^3 con un iperpiano dà la sfera S^2 . La costruzione delle sfere compiuta si chiama “sospensione di uno spazio topologico”.

Bibliografia

Alighieri, D. (1314). *La divina commedia*. (G.C. Sansoni, Ed.). Google Books.https://www.google.it/books/edition/La_divina_commedia/D6oiqEdBNLYC?hl=it&gbpv=0.

Aristotele. (III sec. a.C.). *Poetica*. Versione italiana: Aristotele (1927). *Poetica*. (trans: Rostagni, A.) Torino: Chiantore

Bersanelli, M. (2016). *Il grande spettacolo del cielo*. Milano: Sperling & Kupfer.

Brecht, B. (1967). *Scritti sulla letteratura e sull'arte*. Preso da <https://www.indiscreto.org/come-si-osserva-unopera-darte-secondo-bertold-brecht/>

Brunetti, F. (1956). *A proposito di due interpretazioni del metodo sperimentale di Galileo Galilei*. *Belfagor*, 11(1), 79–88. <http://www.jstor.org/stable/26068734>

Bussagli, M. (2000). *Urbanistica e Architettura-Universo del Corpo*. Treccani. [https://www.treccani.it/enciclopedia/urbanistica-e-architettura_\(Universo-del-Corpo\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/urbanistica-e-architettura_(Universo-del-Corpo)/). Consultato il 22 febbraio 2024.

Calvino, I. (1967, 24 dicembre). Occhi al cielo. *Corriere della sera*, p. 11.

Capelli, F. (2019). *Disumanizzazione e nuovo Umanesimo*. <https://casadellacultura.it/ferrucciocapelli/2019/10/31/disumanizzazione-e-nuovo-umanesimo/>. Consultato il 22 gennaio 2024.

Carafoli, E. (2013). Bellezza e verità: arte e scienza a confronto. In P. Greco (Ed.), *Armonicamente: arte e scienza a confronto* (pp. 43-77). Milano: Mimesis Edizioni.

Carrà, M. (1979). *Metafisica*. Milano: Gabriele Mazzotta Editore.

Cellucci, C. (2002). *Filosofia e matematica*. Roma-Bari: Laterza.

Chandrasekhar, S. (1987). *Truth and beauty: aesthetics and motivations in science*. Chicago-London: University of Chicago Press. Edizione Italiana: Chandrasekhar, S. (1990). *Verità e bellezza: le ragioni dell'estetica nella scienza*. Milano: Garzanti.

Cilia, N. (2018). Il caffè nero di Poincaré. Il ruolo dell'intuizione nella scoperta scientifica. *L'inconscio. Rivista Italiana di Filosofia e Psicoanalisi*, (5), 32-60.

Colletti, L. (2011). *Quadri di un'esposizione*. Milano: LiNDAU.

Colletti, L. (2014). *Dare significato alla fisica*. *La Fisica nella Scuola*, 47, 17-27.

Coniglione, F. (2005). *Per la storia della filosofia scientifica. Il Circolo di Vienna e la Scuola di Leopoli-Varsavia*. In Grembillo, G. (2005), *Filosofia e scienze: studi in onore di Girolamo Cotroneo* (pp. 109-142). Messina: Rubettino.

Cornélio, A. M., de Bittencourt-Navarrete, R. E., de Bittencourt Brum, R., Queiroz, C. M., & Costa, M. R. (2016). Human Brain Expansion during Evolution Is Independent of Fire Control and Cooking. *Frontiers in neuroscience*, 10, 167. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00167>

Darwin, C. (1859). *L'origine delle specie*. (Enigma, Ed.). Google Books. <https://books.google.it/books?id=wcY7EAAAQBAJ>.

Di Giovanni, A. (1978). Ragioni del cuore o cuore della ragione? il «cuore» come parola fondamentale in Pascal. *Rivista di Filosofia Neo-Scolastica*, 70(3), 382–393. <http://www.jstor.org/stable/43060672>

Di Martino, C. (2009). In A. Savorana (2009). *La conoscenza è sempre un avvenimento*. Mondadori, Milano.

Dewey, J. (2008). Arte as experience. In H. Cannatella (Ed.), *The Richness of Art Education* (pp. 33-48). Leiden: Brill. https://doi.org/10.1163/9789087906092_003

Egginton, W. (1999). On Dante, Hyperspheres, and the Curvature of the Medieval Cosmos. *Journal of the History of Ideas*, 60(2), 195–216. <https://doi.org/10.2307/3653852>

Einstein, A. (1949). Autobiografisches. Edizione italiana: *Autobiografia scientifica*, in *A. Einstein Opere scelte*. Torino: Bollati-Boringhieri.

Galilei, G. (1610). Lettere - XIV - A madama Cristina di Lorena granduchessa di Toscana. [https://it.wikisource.org/wiki/Lettere_\(Galileo\)/XIV](https://it.wikisource.org/wiki/Lettere_(Galileo)/XIV)

Giussani, L. (1985). *La coscienza religiosa dell'uomo moderno*. Milano: Jaca Book.

Giussani, L. (2010). *Il senso religioso*. Milano: Bur. (Pubblicazione originale 1986).

Greco, P. (2009). *L'astro narrante*. Milano: Springer.

Greco, P. (2016). *Einstein e la sindrome ionica. Oltre la Relatività Generale, la ricerca di una teoria unitaria di campo continuo*. Milano: S&F.

Greco, P. (2018). *Scienza e Società*. Milano: Egea.

Greco, P. (2020). *Homo, Arte e Scienza*. Roma: Di Renzo Editore.

Gröschl, S., & Gabaldon, P. (2018). Business schools and the development of responsible leaders: A proposition of Edgar Morin's transdisciplinarity. *Journal of Business Ethics*, 153, 185-195.

Hadamard, J. (1945). *La psicologia dell'invenzione in campo matematico*. Milano: Raffaello Cortina Editore.

Hannon, J., Hocking, C., Legge, K., Lugg, A. (2018). Sustaining interdisciplinary education: Developing boundary crossing governance. *Higher Education Research and Development*, 37(7): 1424–1438.

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*, 89.

Iacobucci, D., & Micozzi, A. (2012). Entrepreneurship education in Italian universities: trend, situation and opportunities. *Education+ Training*, 54(8/9), 673-696.

Isaacs, N. (2015). *A brief introduction to Piaget*. New York: Algora Publishing. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unibo/detail.action?docID=3001721>. (Pubblicazione originale 1973).

Kantorovich, A. (1993). *Scientific Discovery. Logic and Tinkering*. Albany: State University of New York Press.

Keats, J. (1819). «*Ode on a Grecian Urn*».

<https://www.poetryfoundation.org/poems/44477/ode-on-a-grecian-urn>. Consultato il 13 febbraio 2023.

Keeling, R. P., Underhile, R., & Wall, A. F. (2007). Horizontal and vertical structures: The dynamics of organization in higher education. *Liberal Education*, 93(4), 22-31.

La Rosa, S. (2017). La vita ai tempi dell'accelerazione. *RTH - Education & Philosophy*, 4, 91-93.

Levrini, O., De Ambrosis, A., Hemmer, S., Laherto, A., Malgieri, M., Pantano, O. & Tasquier, G. (2017). Understanding first-year students' curiosity and interest about physics-lessons learned from the HOPE project, *European Journal of Physics*, 38, 025701, doi:10.1088/1361-6404/38/2/02570.

Levrini, O., Fantini, P., Barelli, E., Branchetti, L., Satanassi, S., & Tasquier, G. (2021). The present shock and time re-appropriation in the pandemic era: Missed opportunities for science education. *Science & education*, 30, 1-31.

Marshack, A. (1985). *Hierarchical evolution of the human capacity: the Paleolithic evidence (James Arthur lecture on the evolution of the human brain, no. 54, 1984)*. New York: American Museum of Natural History.

Norbert, M. Seel. (2011). *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer.

Osserman, R. (1995). *Poetry of the Universe: a mathematical exploration of the cosmos*.

Piedade, J. I. (2003). Husserl e le scienze. *Gregorianum*, 84(3), 673–695. <http://www.jstor.org/stable/23581028>.

Poincaré, H. (1970). *La valeur de la science*. Paris: Flammarion. Edizione italiana: Poincaré, J. H. (1992). *Il valore della scienza* (trad. Ferraro, G.) Bari: Edizioni Dedalo. (Pubblicazione originale 1904).

Poincaré, H. (1902). *La Science e l'Hypothèse*. Paris: Ernest Flammarion Editeur. Versione italiana: Poincaré, H. (2006). *La scienza e l'ipotesi*. Milano: Bompiani.

Remotti, F. (1992). *Enciclopedia delle scienze sociali*. [https://www.treccani.it/enciclopedia/cultura_\(Enciclopedia-delle-scienze-sociali\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/cultura_(Enciclopedia-delle-scienze-sociali)/)

Rosa, H. (2015). *Accelerazione e alienazione. Per una teoria critica del tempo nella tarda modernità*. Torino: Einaudi.

Satta, G. (2018). *Dal folklore all'heritage*. Dispense del corso di “Storia delle tradizioni popolari”, Università di Bari.

Snow, C.P. (1964). *Le due culture*. Milano: Feltrinelli.

Sullivan, J.W.N. (1919). The justification of the scientific method. *The Athenaeum*, 4644, 274-275.

Tonzig, G. (1993). Quale scienza e per chi? *Sito web di Giovanni Tonzig*.
www.giovanntonzig.it.

Tonzig, G. (1992). Fisica e Scuola, qualcosa che non va, da “Atti del XXXI Congresso dell’Associazione per l’Insegnamento della Fisica Udine 1992”. *Sito web di Giovanni Tonzig*, www.giovanntonzig.it.

Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the Social Formation of Mind*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., and London.

Witkowski, N. (2014). Horizons in Physics Education: a network to improve the attraction of physics. *Frontiers of Fundamental Physics 14 (FFP14)*, 245. doi:10.22323/1.224.0245.

Zanarini, G. (2021). *Fiabe esatte. Immagini poetiche della scienza*. Napoli: Doppiovoce.

Sitografia

(s.d.). Tratto da https://it.wikipedia.org/wiki/Metodo_scientifico

Cultura, C. d. (s.d.). *Casa della Cultura*. Tratto da Casa della Cultura:
<https://www.casadellacultura.it/>

etimo. (2008). Tratto da etimo: <https://www.etimo.it/>

Heitor, M. (2021). *Orizzonte Europa*. Tratto da European Commission, EU:
<https://www.consilium.europa.eu/>

Loreti, S. (2023). *Castello di Rivoli*. Tratto da
<https://www.castellodirivoli.org/opera/autoritratto-metafisico-metaphysical-self-portrait/>

The World Café. (s.d.). Tratto da <https://theworldcafe.com/>

treccani. (s.d.). Tratto da www.treccani.it

UE, E. C. (2021). *Progetto S+T+ARTS*. Tratto da Progetto S+T+ARTS:
<https://culture.ec.europa.eu/it/node/1186>

wikipedia. (s.d.). *wikipedia*. Tratto da wikipedia_metodo scientifico:
https://it.wikipedia.org/wiki/Metodo_scientifico

www.cnrweb.tv. (2019). Tratto da cnrweb: <https://www.cnrweb.tv/quando-da-unintuizione-nasce-una-grande-scoperta-scientifica/>

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare la professoressa Olivia Levrini per l'immensa disponibilità nel lavoro e per avermi donato l'opportunità di approfondire seriamente ciò che mi sta più a cuore dell'esperienza di studio della Fisica. Ringrazio anche la professoressa Sara Satanassi per l'aiuto e le correzioni nel lavoro. Alle mie compagne di Tesi, Costanza ed Elena per la vostra amicizia nel lavoro e nello studio. A tutti gli amici e i parenti.