



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Scienze Politiche, Sociologia, Comunicazione

Dipartimento Coris

Corso di Dottorato in Comunicazione, Ricerca sociale e Marketing

Curriculum in Metodologia delle scienze sociali

XXXVI Ciclo

Le rappresentazioni sociali della scienza negli studenti alla fine del percorso scolastico

Candidato:

Andrea Di Leo

Tutor:

Prof. Fabrizio Martire

Prof.ssa Silvia Cataldi

Sommario

Introduzione.....	3
Capitolo 1: Scienza e società	5
1.1 Le origini della sociologia della scienza e gli studi sociali su scienza e tecnologia	5
1.2 La comunicazione della scienza e la partecipazione attiva dei cittadini	15
1.3 La fiducia nella scienza	25
1.4 Scienziati, cittadini e <i>literacy</i> scientifica	33
1.5 Scienza e religione	40
Capitolo 2: La scienza a scuola	46
2.1 Scuola e società	46
2.2 L'insegnamento della scienza e il pensiero critico	48
2.3 L'educazione scientifica	56
Capitolo 3: Il disegno della ricerca	68
3.1 Il progetto.....	68
3.2 Il processo di concettualizzazione	69
3.3 La fase preparatoria.....	71
3.4 Le ipotesi di ricerca: il modello teorico	74
3.5 Fasi e tempistiche di lavoro	75
Conclusioni sul disegno della ricerca	77
Capitolo 4: I risultati della ricerca	79
4.1 Caratteristiche sociodemografiche e scuola frequentata	80
4.2 Insegnamento, soddisfazione scolastica e studio della scienza	88
4.3 Atteggiamento verso le istituzioni.....	116
4.4 Spirito critico, visione della scienza e fiducia in essa	121
4.5 Un modello per l'analisi dei processi di formazione della rappresentazione della scienza	155
Conclusioni	159
Bibliografia	163
Sitografia	169
Allegato: il questionario	171

Introduzione

Con questo lavoro si intende analizzare e approfondire le implicazioni che un insegnamento delle materie scientifiche, e della scienza in generale, di tipo critico-riflessivo possa comportare per gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado. Si ipotizza che ciò possa essere determinante per le rappresentazioni sociali della scienza che gli studenti si formano durante il periodo delle scuole superiori, con particolare ma non esclusivo riferimento allo sviluppo di una fiducia, che ho definito “critica”, in essa.

Nel primo capitolo passo in rassegna gli aspetti teorico-concettuali alla base di questo lavoro, facendo particolare riferimento alla sociologia della scienza, in quanto disciplina che ha via via svelato le componenti socioculturali dei processi che conducono alla conoscenza scientifica. Proseguo poi con i contributi delle altre scienze umane e sociali, in particolare della pedagogia e degli studi sulla comunicazione della scienza. Approfondisco quindi i concetti di pensiero critico e di fiducia, andando poi nel secondo capitolo, dopo una breve introduzione al rapporto tra scuola e società, al concetto più specifico di fiducia nella scienza e all’insegnamento critico della scienza a scuola.

Infatti, all’inizio del ventesimo secolo, la sfera pedagogica è stata rivoluzionata dalle idee di John Dewey¹ (1916), in particolare dalla sua introduzione del concetto di “riflessione”. Questo pensiero ha offerto un nuovo paradigma che ha orientato le ricerche sulla professionalità degli educatori per decenni, come evidenziato da Smyth nel 1992 (citato in Crotti, 2017). Dewey ha sottolineato la distinzione tra due modalità d’azione: da un lato, c’è l’azione routinaria, che emerge in un contesto sociale e che è profondamente radicata nella tradizione; dall’altro, c’è l’azione riflessiva, che nasce da un attento e continuo esame delle proprie convinzioni e conoscenze, messo in relazione con le evidenze che le supportano. Nel suo influente lavoro “How we think”, Dewey ha ulteriormente lavorato sulla natura distintiva del pensiero riflessivo. Secondo lui, ciò che lo differenzia da altre forme di pensiero è il suo originarsi da un sentimento di disagio a livello cognitivo. Questo disagio può manifestarsi come un senso di dubbio, confusione o esitazione. Invece di essere un ostacolo, questo stato di incertezza diventa il motore del pensiero riflessivo, spingendo l’individuo verso un’indagine più profonda. Questo processo d’indagine mira a raccogliere informazioni o comprensioni che possano risolvere l’ambiguità iniziale. In chiave sociologica, ciò potrebbe suggerire che le strutture sociali e le tradizioni possono spesso guidare le azioni degli individui in maniera acritica. Tuttavia, quando ci si confronta con situazioni che sfidano le nostre credenze esistenti, si attiva un tipo di pensiero più profondo e critico, che può portare a trasformazioni sia a livello individuale che collettivo.

Come mostrerò nel corso del lavoro, un approccio critico e riflessivo nell’insegnamento della scienza si basa su alcuni principi pedagogici fondamentali: 1) Il principio della costruzione del sapere, secondo cui gli studenti non sono dei semplici ricevitori passivi di informazioni, ma dei costruttori attivi del proprio sapere. Gli studenti apprendono attraverso l’interazione con la realtà, con i propri

¹ Dewey assegna alla scuola un ruolo cruciale nella formazione umana del soggetto e del cittadino, basato sullo studio dell’ambiente, sul lavoro, sul gioco e sulla collaborazione, in particolare con il suo lavoro dal titolo “Democracy and Education”, pubblicato nel 1916. Secondo Spadafora (2019, p.59) “Questo testo va letto come una interessante ‘messa a punto critica’ del pensiero deweyano, dopo la seconda edizione di The School and Society del 1915 e dopo la pubblicazione di ‘How We Think’ del 1910, e prima del concetto di ‘ricostruzione’ che Dewey elabora con chiarezza nel testo del 1920 Reconstruction in Philosophy”.

compagni e con il docente, elaborano le proprie ipotesi, le verificano sperimentalmente, le confrontano con quelle degli altri, le modificano in base ai risultati e alle evidenze. Sono guidati dal docente, che li aiuta a formulare domande, a progettare esperimenti, a interpretare dati, a comunicare risultati; 2) Il principio della significatività del sapere, secondo cui il sapere scientifico deve essere rilevante e interessante per gli studenti. Il sapere scientifico deve partire dalle esperienze, dalle conoscenze e dalle domande degli studenti e deve essere collegato alla vita reale, ai problemi e ai bisogni della società. Il sapere scientifico deve essere motivante e stimolante per gli studenti, che devono percepirne il valore e l'utilità; 3) Il principio della riflessività del sapere, secondo cui il sapere scientifico deve essere oggetto di analisi critica e di valutazione. Il sapere scientifico non è un dato definitivo e indiscutibile, ma è una costruzione umana, soggetta a revisione e a cambiamento. Non è neutro, ma ha delle implicazioni etiche e sociali. Gli studenti devono essere in grado di riflettere sulle caratteristiche, sui limiti e sulle conseguenze della scienza e devono essere in grado di esprimere il proprio punto di vista, di ascoltare quello degli altri, di confrontarsi in modo costruttivo e rispettoso.

La parte centrale del lavoro è costituita dall'analisi e dalla presentazione dei risultati di una survey sottoposta ad un campione di 1113 studenti e studentesse, bilanciando la numerosità campionaria relativa al genere e all'apparenza ai vari tipi di scuole, secondo un campionamento non probabilistico definito nella letteratura metodologica "campionamento per quote".

I risultati via via emersi mostreranno l'importanza di ripensare l'approccio all'insegnamento della scienza per tutti i tipi di scuole, comparando i pro e i contro di ciascuno, di favorire una riduzione delle differenze di genere che paiono tuttora presenti nel percorso di studi delle materie scientifiche e di promuovere una generica soddisfazione scolastica.

Quindi, nella parte finale, traggio le mie conclusioni sulla base di alcuni risultati particolarmente significativi a livello sia statistico che – soprattutto – teorico, ipotizzando anche i possibili interventi che ritengo potrebbero migliorare la formazione alla scienza degli studenti – qui intesi anche come futuri cittadini – sulla base delle indicazioni che il mio lavoro – sia tramite l'introduzione teorica, che soprattutto tramite i risultati della survey – mi ha fornito.

Capitolo 1: Scienza e società

In questo primo capitolo passo in rassegna vari contributi sociologici che considerano la ricerca scientifica – inclusa quella che si sviluppa nell’ambito della sociologia – come attività sociale e quindi suscettibile di analisi sociologica. Si evidenzia l’importanza dei processi comunicativi ai fini di una valida divulgazione scientifica e si discutono i problemi relativi alla fiducia nella scienza e all’educazione scientifica secondo un approccio basato sulla riflessione metodologica e sul pensiero critico. Vengono quindi trattati – con particolare riferimento alla sociologia della scienza, ai processi comunicativi e alla pedagogia – i vari aspetti più o meno determinanti per la formazione di un alunno al pensiero critico e per l’acquisizione di una literacy scientifica, un concetto che va oltre la semplice alfabetizzazione scientifica e che verrà approfondito nel corso del capitolo. Si introduce il concetto di capitale scientifico e la relativamente recente metodologia della “Citizen science”. Si affronta poi il concetto – piuttosto complesso e multidimensionale – di “pensiero critico” facendo appello a studiosi, ricerche ed esperti a vario titolo, da filosofi a pedagogisti. L’ipotesi principale che sta alla base dell’intero lavoro è che una formazione “critica” sia tra i fattori determinanti (o perlomeno condizionanti) il modo in cui i giovani studenti delle scuole superiori formano una propria rappresentazione sociale della scienza e – nella maggior parte dei casi – che questa rappresentazione così formata includa un accrescimento di fiducia nella scienza, con particolare riferimento agli studenti di scuola superiore. Tuttavia, una rappresentazione “critica” della scienza potrebbe anche ridurre la fiducia in essa in alcuni contesti specifici e, in generale, indurre a contrastare dal basso quell’approccio “paternalistico” che ancora alcuni scienziati e istituzioni mantengono. Si vedrà infatti come anche la partecipazione dei cittadini “dal basso” possa contribuire allo sviluppo della conoscenza scientifica e alla realizzazione di nuove tecnologie.

1.1 Le origini della sociologia della scienza e gli studi sociali su scienza e tecnologia

La sociologia della scienza, che studia le pratiche, le strutture e le culture che circondano la produzione e la diffusione della conoscenza scientifica, può fornire preziose indicazioni che possono guidare l’evoluzione dell’educazione scientifica. Per questo ho ritenuto importante introdurre il mio lavoro con un paragrafo che si dedicasse ad una disamina generale della materia.

Ritengo infatti che la sociologia della scienza possa influenzare positivamente il cambiamento nell’educazione scientifica a vari livelli, come per esempio:

1. **Comprensione del contesto sociale della scienza:** la sociologia della scienza ci ricorda che la scienza non è un’entità isolata, ma è profondamente radicata nel tessuto sociale. Questa consapevolezza può aiutare gli educatori a presentare la scienza non solo come un insieme di fatti e teorie, ma anche come una pratica culturale e sociale.
2. **Critica della neutralità scientifica:** la sociologia ha evidenziato come la scienza possa essere influenzata da fattori sociali, economici e politici. Educare gli studenti a questa realtà può aiutarli a sviluppare un pensiero critico riguardo alle informazioni scientifiche e alle sue fonti.

3. **Inclusività e diversità:** la sociologia della scienza ha messo in luce le barriere di genere, etniche e socioeconomiche nell'ambito scientifico. Questa consapevolezza può guidare gli educatori a creare ambienti di apprendimento più inclusivi e a sottolineare l'importanza della diversità nella ricerca e nell'innovazione.
4. **Interdisciplinarietà:** la sociologia, essendo una disciplina che interagisce con molte altre discipline, può ispirare un approccio interdisciplinare all'educazione scientifica, integrando la scienza con le arti, le scienze umane e sociali.
5. **Etica e responsabilità:** la sociologia della scienza può aiutare gli studenti a riflettere sulle implicazioni etiche della ricerca e dell'innovazione, sottolineando la responsabilità degli scienziati nei confronti della società.
6. **Comunicazione della scienza:** la sociologia può offrire strumenti per comprendere come la scienza viene comunicata e percepita dal pubblico. Questa consapevolezza può essere fondamentale per formare futuri scienziati capaci di comunicare efficacemente con la società.

È importante sottolineare che l'insegnamento della scienza attraverso questioni socio-scientifiche, come il cambiamento climatico, la biotecnologia o l'energia nucleare, possa permettere agli studenti di esplorare come la scienza interagisce con la società e come le decisioni scientifiche possono avere implicazioni sociali, etiche e politiche. La sociologia della scienza offre una prospettiva critica attraverso la quale esaminare l'educazione scientifica. Integrando queste riflessioni nel curriculum e nella pratica didattica, gli educatori possono preparare gli studenti non solo a comprendere la scienza, ma anche a riflettere sul suo ruolo, sulle sue sfide e sulle sue implicazioni in un contesto sociale più ampio. Ritengo quindi che, in una società in cui la scienza e la tecnologia permeano quasi ogni aspetto della vita quotidiana, l'educazione scientifica non può più essere intesa come la mera trasmissione di un corpus di conoscenze asettiche e neutrali. La sociologia della scienza, con la sua analisi critica delle strutture, dei processi e delle dinamiche che caratterizzano la produzione scientifica – come mostrerò – offre una lente attraverso la quale riconsiderare l'educazione scientifica.

Detto ciò, tuttavia, occorre ricordare che la sociologia ha scoperto relativamente tardi la scienza in quanto specifico oggetto di indagine. Questo perché per molto tempo si è posta una netta distinzione tra la società da una parte e la scienza dall'altra. Il normale funzionamento della ricerca scientifica dava come risultato conoscenze oggettive e questo era sufficiente. I fattori sociali potevano diventare rilevanti solo quando la scienza produceva conoscenze errate: in questo caso la sociologia poteva entrare in gioco per identificare le cause sociali degli errori scientifici. Secondo Merton, considerato il fondatore della sociologia della scienza, non vi era precedentemente una sufficiente consapevolezza del ruolo sociale della disciplina (Bucchi, 2004). Alla sociologia della scienza, a partire proprio dal lavoro di Merton, va riconosciuto il merito di aver evidenziato che lo sviluppo scientifico è legato anche alla dimensione culturale e organizzativa. Infatti, la ricerca sociologica sulla scienza è iniziata focalizzandosi sull'organizzazione sociale della comunità scientifica: le sue strutture normative, i modelli di carriera e le disuguaglianze, l'istituzionalizzazione dei ruoli scientifici nelle università e altrove, e le reti di scienziati che formano specialità e discipline. Negli ultimi anni la disciplina si è andata focalizzando sempre più sui processi di comunicazione e educazione alla scienza e sulla partecipazione del cittadino (Bucchi, 2010; Cerroni, Zenia, 2014).

Tuttavia, come noto, già prima di Merton alcuni studiosi avevano cominciato a riflettere sul rapporto tra scienza e società non solo dal punto di vista dell'influenza della scienza sulla società, ma anche dal punto di vista inverso, sottolineando la caratteristica sociale dei processi di attività e ricerca

scientifico. Ci si riferisce in particolare a Kuhn che nel 1962 pubblicò *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, uno studio diventato successivamente un riferimento fondamentale per gli STS (Social and Technology Studies) e non solo. Egli mise in discussione che lo sviluppo della conoscenza fosse essenzialmente cumulativo e tutto interno alle singole discipline partendo dall'assunto che, nello sviluppo di ogni singola scienza, vi sono delle fasi di continuità e delle fasi di rottura, le cosiddette *rivoluzioni scientifiche*. Kuhn elabora una visione storica e collettiva secondo la quale la scienza non è il mero frutto di attività individuali di ricerca, progressivamente accumulate, bensì è condizionata dall'adozione collettiva di una precisa "visione del mondo", di un sistema teorico-concettuale di base, i cui componenti fondamentali, per un certo periodo rimangono sostanzialmente indiscussi: egli chiama questo sistema "paradigma", a cui segue una sistematica attività di adattamento. I paradigmi sono "incommensurabili", cioè non possono essere confrontati tra di loro e si può far riferimento, nella pratica scientifica, solamente ad uno di essi, quello "in voga" in quel determinato periodo. Nei periodi di scienza normale l'attività è per lo più incentrata sul raffinamento delle teorie sottostanti al paradigma di riferimento e sulla soluzione di "rompicapo" (problemi irrisolti). Il paradigma fornisce allo scienziato anche tutta una serie di strumenti di riferimento tecnici e metodologici. Durante i periodi di scienza normale vi possono essere certamente dei dibattimenti, ma gli aspetti fondamentali non vengono intaccati. La scienza procede qui in modo sostanzialmente cumulativo. Quando emergono anomalie e contraddizioni in seno a un paradigma scientifico si attraversa una fase in cui una parte degli scienziati (solitamente i più anziani perché maggiormente socializzati al paradigma dominante) si arrocca in difesa del sistema di riferimento attuale. Il cambiamento avviene soprattutto per mano degli scienziati più giovani tramite l'individuazione di un paradigma alternativo che spiega e risponde alle anomalie di cui il vecchio paradigma non sapeva dar conto. Una rivoluzione scientifica è quindi un progressivo smantellamento e tentativo di vedere il problema da un altro punto di vista. È una sorta di riorientamento gestaltico². Questo passaggio ha un tempo di latenza, non è improvviso e non si riparte da zero, ma da un nuovo punto di vista (Kuhn, 1962; Campelli, a cura di, 2003). Si tratta quindi non tanto di individuare ciò che è vero bensì ciò che è utile. Una buona teoria è una teoria che funziona bene. La prevalenza di un paradigma non è però data dalla sua capacità intrinseca di imporsi come oggettivo e/o più efficiente rispetto ai precedenti, ma dipende anche e soprattutto da altri fattori, fattori di carattere eminentemente sociale. Kuhn mette così in rilievo che i risultati della scienza sono anche il prodotto dei modelli culturali e degli assetti sociali che caratterizzano l'attività di determinati ambiti di ricerca e che, al mutare della cultura di riferimento di una disciplina, evolvono anche i problemi scientifici affrontati e dunque i tipi di risultati che la scienza può ottenere. Lo stesso concetto di paradigma, del resto, non rimanda ad un quadro normativo ordinatamente strutturato che prescrive come la scienza debba funzionare, ma corrisponde più che altro a un insieme sufficientemente condiviso di domande di ricerca, metodi ritenuti idonei per affrontarli, esempi di attività di ricerca ben riuscite da assumere come riferimento, norme generali di comportamento oltre che di modalità di validazione dei risultati ottenuti. Tra l'altro numerose sono le definizioni che sono state date di paradigma³. La scienza non è quindi un'entità statica, ma piuttosto un insieme di

² Un cambiamento cognitivo relativo alla percezione.

³ "Nel poscritto del 1969 a *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (1962) Kuhn precisa il significato epistemologico della nozione di paradigma. Rispondendo alle obiezioni di Margaret Masterman circa differenti e imprecisati usi di questo termine, Kuhn propone due definizioni distinte: la prima identifica il concetto di paradigma con quello di matrice disciplinare ovvero un'unità complessa costituita da valori, credenze, tecniche ed esemplari (intesi come soluzioni a

paradigmi in continua evoluzione, influenzati e modellati dal contesto sociale in cui si sviluppano. Questa visione dinamica della scienza può avere implicazioni dirette sull'educazione scientifica e sul modo in cui la scienza viene presentata e insegnata nelle scuole.

Come dicevo, Merton si era occupato prima di tutto di descrivere la struttura normativa della scienza e i suoi meccanismi istituzionali, ovvero l'insieme dei principi astratti (ethos) che guidano gli scienziati e che ne caratterizzano l'attività (Bucchi, 2010; Cerroni, Zenia, 2014; Magauda, Neresini, a cura di, 2020). Particolare rilievo era dato ai meccanismi attraverso cui sono assegnate e distribuite all'interno della comunità scientifica risorse e ricompense quali la possibilità di pubblicare e il prestigio (Bucchi, 2004). Nella sua visione struttural-funzionalista, in linea con la sociologia di Parsons, il sociologo americano ha analizzato la scienza come istituzione pubblica suddividendola in quattro principi normativi:

1. L'universalismo: asserzioni o risultati scientifici vengono giudicati indipendentemente da caratteristiche inerenti al soggetto che li ha formulati quali la classe, la razza, la religione;
2. Il comunismo (o comunitarismo/comunalismo): i risultati e le scoperte non sono proprietà del singolo ricercatore ma patrimonio della comunità scientifica e della società nel suo complesso. Lo scienziato non ottiene riconoscimento per la propria attività se non rendendola pubblica e mettendola quindi a disposizione degli altri;
3. Il disinteresse: ogni ricercatore persegue l'obiettivo primario del progresso della conoscenza, ottenendo indirettamente il riconoscimento individuale;
4. Il dubbio sistematico: ogni ricercatore deve essere pronto a valutare in modo critico qualunque risultato, inclusi i propri, sospendendo il giudizio definitivo fino all'ottenimento delle necessarie prove.

(Merton, 1949).

Tuttavia, egli era consapevole che tali principi sono dei riferimenti ideal-tipici: lo scienziato non si erge al di sopra degli altri esseri umani solo perché tale. È la scienza nel suo complesso a fare riferimento a questi punti: lo scienziato che in qualche modo dovesse uscire da questi schemi, sarebbe in ogni caso penalizzato, perdendo prestigio e credibilità, e ciò influirebbe anche sulla sua carriera (Bucchi, 2004).

Dopo Merton, la sociologia della scienza cambia, non è più (solamente) istituzionale, e nascono gruppi di ricerca che studiano approfonditamente il rapporto tra la scienza e la società, secondo la consapevolezza che le due realtà si influenzino reciprocamente più di quanto si era allora creduto e che siano anche più intimamente connesse di quanto si pensi (Cerroni, Zenia, 2014; Magauda, Neresini, a cura di, 2020).

Nascono quindi i Social and Technology Studies (STS)⁴: i primi studiosi tra quegli che avrebbero dato il via agli STS furono mossi dall'intento di mettere in discussione la precedente impostazione, sia criticandone i presupposti, sia evitando di adottare un punto di vista normativo, concentrandosi su come si svolge in concreto l'attività degli scienziati. Per questa ragione, i due principali bersagli critici

problemi scientifici raccolte nei manuali e condivise dai membri di una comunità di ricercatori)". Questa è la definizione a cui l'autore attribuisce un significato sociologico (Casamonti, 1999, p.1).

⁴ Come conseguenza della tendenza a non rimanere confinati dentro cornici teoriche e accademiche predeterminate, molti degli studiosi delle generazioni più recenti hanno iniziato a definirsi "studiosi STS", ponendo in secondo piano la propria affiliazione originaria (Magauda, Neresini, 2020).

degli STS furono gli approcci allora dominanti, rappresentati dalla filosofia della scienza di Karl Popper⁵ e dalla sociologia della scienza di Robert K. Merton. A tale scopo, come si è visto, risulta fondamentale il lavoro di Thomas Kuhn. Si inizia quindi a parlare di *costruzionismo sociale*, cioè del fatto che i risultati della scienza dipendono – anche e soprattutto – in modo più o meno diretto da aspetti sociali e culturali, quali la posizione sociale degli scienziati, gli interessi di cui son portatori o le dinamiche interne che caratterizzano le relazioni tra di loro.

Contrapponendosi alla sociologia istituzionale della scienza, la *Sociology of Scientific Knowledge* (SSK), costituitasi intorno alla *Sciences Studies Unit* fondata nel 1966 a Edimburgo, si basò sulla rilevanza dei fattori sociali nella produzione dei fatti scientifici (da cui la contrapposizione tra scienza, intesa come istituzione, e conoscenza scientifica, intesa come *black box* da aprire). Tale “movimento” sottolineò, soprattutto attraverso studi di caso, l’influenza della storia e dei fattori culturali sull’attività degli scienziati (d’Andrea, Quaranta, Quinti, 2005). La SSK fu un progetto fondamentalmente multidisciplinare e per la prima volta vennero inclusi e analizzati gli stessi prodotti della scienza. Secondo tale approccio viene a cadere la distinzione tra contesto della scoperta e contesto della giustificazione (Cerroni, Zenia, 2014). Soprattutto inizialmente, la disciplina si consolida nell’ambito accademico britannico, andando a formare in particolare quella che venne denominata “Scuola di Edimburgo”, il cui principale contributo teorico è il cosiddetto *programma forte* per lo studio della conoscenza scientifica (Bloor, 1986). Altro contributo è dato dal *programma empirico del relativismo*, focalizzato soprattutto sullo studio delle controversie scientifiche, proposto dagli studiosi attivi invece all’Università di Bath (Collins, 1981; 1983).

La SSK viene spesso identificata proprio con il “programma forte”. La formulazione classica di tale programma si deve a Bloor (1976, trad. it. 1991 e 1994). Egli fu tra i primi a sostenere che “anche la matematica è sociale” e quindi che poteva esistere un’alternativa alla matematica conosciuta allora, sebbene già tempo addietro si era parlato di una geometria non euclidea – e quindi alternativa – (Campelli, 2020). Secondo Bloor l’analisi sociologica della conoscenza scientifica dovrebbe essere:

1. *Causale*, cioè interessata alle condizioni che producono credenze o stati di conoscenza;
2. *Imparziale* rispetto alla verità e alla falsità, alla razionalità o all’irrazionalità, al successo o al fallimento;
3. *Simmetrica* nel tipo di spiegazione. Gli stessi tipi di causa devono spiegare le credenze vere e le credenze false;
4. *Riflessiva*. In linea di principio i suoi modelli di spiegazione devono essere applicabili alla stessa sociologia, che non può ovviamente pretendere di essere immune dall’analisi sociologica.

(Bloor, 1976, trad. it. 1994, pp. 12-13).

Per Bloor la sociologia della scienza non è semplicemente quella disciplina che interviene quando qualcosa nel processo di ricerca scientifica non torna (la cosiddetta sociologia dell’errore). La scienza non è una realtà autonoma e va quindi calata in un contesto storico sociale: i suoi risultati possono essere ammissibili solo se ripetibili, pubblici e impersonali. Secondo Bloor le conoscenze scientifiche

⁵ Popper, affermando tra l’altro che la scienza si basa sulla razionalità e che la ragione può essere utilizzata per giungere a conoscenze oggettive e universali, nonché che il metodo scientifico è il miglior modo per giungere a conoscenze oggettive e universali, ha attratto su di sé le critiche degli studiosi di sociologia della scienza che si rifacevano al costruzionismo sociale e al relativismo.

hanno una natura eminentemente teorica anziché empirica e la componente teorica (e persino la matematica) non è naturale bensì sociale. Come tale, gli errori nella scienza non si possono eliminare del tutto. Anche i metodi usati per conoscere sono un prodotto sociale e quindi hanno una forte componente culturale e persino ideologica. Per Bloor, riguardo alla matematica, occorre che esistano determinate condizioni sociali, cioè un sistema di classificazioni e un insieme di significati culturalmente condivisi, perché il calcolo abbia un significato.

La SSK si era sviluppata verso la metà degli anni '70 aprendo nuove strade di ricerca con l'obiettivo di mostrare come vengono costruiti i fatti scientifici, osservando direttamente il lavoro degli scienziati, ponendo particolare enfasi sul ruolo degli strumenti utilizzati nel lavoro di ricerca e sulle modalità di comunicazione dei risultati. Il principale problema che veniva affrontato era dunque come fosse possibile che un'attività altamente specializzata, svolta all'interno delle ristrette mura dei laboratori, potesse generare nuove conoscenze scientifiche ritenute poi valide universalmente. A tale scopo diventava necessario realizzare ricerche incentrate sulle forme concrete di produzione di fatti scientifici, utilizzando soprattutto un approccio e tecniche di indagine di tipo etnografico. Gli studi di laboratorio consideravano quindi il lavoro della scienza alla stregua di qualsiasi attività umana, ovvero dipendente dai contesti specifici all'interno dei quali viene svolta, cioè realizzata per la gran parte attraverso attività pratiche. I fatti scientifici diventano tali non nel momento in cui vengono osservati in laboratorio, ma solo dopo vari processi di "traduzione" in testi e immagini di quanto osservato mediante gli strumenti, a partire da un lavoro di negoziazione che avviene costantemente fra gli scienziati.

L'attenzione iniziò poi a spostarsi verso i prodotti tecnologici dell'attività scientifica. Di grande rilievo sociologico fu una raccolta di saggi curata da Donald MacKenzie e Judy Wajchman (1985), che collezionarono una serie di interventi per un rinnovamento del rapporto tra società e tecnologie, soprattutto al fine di superare la prospettiva del determinismo tecnologico (Bimber, 1994)⁶.

La proposta più organica per studiare gli aspetti sociali delle tecnologie arrivò in quegli anni con il modello di analisi detto *Social Construction of Technology* (SCOT), proposto da Trevor Pinch e Wiebe Bijkr (1984). Essi applicarono i principi della sociologia della conoscenza scientifica trasferendoli allo studio delle tecnologie, con l'obiettivo di collegare l'evoluzione degli artefatti tecnologici a processi e trasformazioni propriamente sociali (Cerroni, Zenia, 2014). L'obiettivo del modello SCOT è quello di comprendere la tecnologia "dall'interno". L'applicazione del modello allo studio dell'innovazione tecnologica si articola in tre fasi: i) dimostrare la flessibilità interpretativa dei dispositivi tecnologici, vale a dire che un artefatto tecnico può essere progettato con diverse forme e funzioni secondo i problemi che mira a risolvere e i suoi possibili usi che vengono immaginati da parte dei gruppi sociali pertinenti; ii) analizzare i meccanismi con cui l'iniziale flessibilità va progressivamente incontro a una chiusura interpretativa, cosicché l'artefatto assume una forma relativamente stabile; iii) collegare questi meccanismi di chiusura con il contesto sociale. Il concetto utilizzato per collegare l'evoluzione delle tecnologie al contesto sociale è quello di *frame* o quadro tecnologico, sviluppato in particolare da Bijkr (1987; 1995). Un quadro tecnologico è costituito dall'insieme di idee, teorie e attività pratiche condivise da ciascun gruppo sociale coinvolto nello sviluppo di una tecnologia (come, per esempio, gli ingegneri o i responsabili del marketing di un'azienda) e contribuisce dunque a influenzare direttamente il modo in cui una tecnologia viene

⁶ La tendenza a pensare che le tecnologie siano indipendenti dai processi sociali, e che addirittura siano determinanti sociali.

interpretata, soprattutto nella sua prima fase di sviluppo (Cerroni, Zenia, 2014). Il concetto di quadro tecnologico mostra varie similitudini con quello di paradigma scientifico elaborato da Kuhn (Magaudda, Neresini, 2020).

Per Latour non è sufficiente sostenere che nella produzione scientifica vi siano influenze sociali poiché in realtà la produzione di un fatto scientifico è essa stessa interamente una costruzione sociale. Latour (1991) ritiene che la distinzione tra natura e cultura sia frutto di una visione propria della modernità e che il rapporto tra natura e cultura invece che di tipo dualistico andrebbe visto come un continuum. Latour (1987) descrive la scienza sotto due aspetti: i) la “scienza in azione”; ii) la “scienza bell’è fatta”, la ricerca del passato che viene ricostruita e idealizzata a posteriori. Quando la scienza è ancora in fieri e incerta, include molte persone che si analizzano e dibattono riguardo allo stesso problema, una competizione accanita, decisioni provvisorie; al contrario la scienza bell’è fatta è certa, distaccata e non problematica. Quando la scienza è in azione, i concetti e gli strumenti sono continuamente problematizzati, smontati e riassemblati: al contrario, quando viene guardata a posteriori, la complessa catena di relazioni e alleanze sociali è nascosta. Questo occultamento comincia a partire dalle stesse pubblicazioni scientifiche dove tutto il lavoro che c’è dietro ai risultati non viene esplicitato.

Le controversie offrono casi di studio privilegiati per mettere in atto quello che il programma forte ha chiamato il principio di simmetria: proprio perché la verità di un fatto o il successo di un artefatto non è ancora stato stabilito, verità e successo non possono essere utilizzati come elementi esplicativi per ciò che gli scienziati fanno. Ed è proprio quando la scienza è in azione, quando un consenso non è ancora stato raggiunto, che i vari gruppi metteranno in luce le reciproche debolezze, strategie, interessi e risorse. Fatti e artefatti, in questo modo, perdono quell’aura di inevitabilità che viene loro attribuita a posteriori e cominciano ad apparire per quello che sono: l’esito di un processo intricato fatto di scelte, malfunzionamenti, retoriche, strategie, alleanze e fallimenti. Allo stesso modo, poi, lo studio sociologico delle controversie mentre sono ancora in corso impedisce di considerare coloro che alla fine della controversia risulteranno perdenti come irragionevoli. Così si potrà vedere che tutte le parti in causa avevano una qualche ragione per adottare una tal posizione. Appare così chiaro che la scienza non è unitaria e monolitica, ma scienziati provenienti da percorsi differenti hanno modi di intendere concetti fondamentali per il mondo della ricerca – come per esempio esperimento, precisione, prova, evidenza – anche molto diversi tra loro. Questa comprensione della scienza come un’attività intrinsecamente sociale sfida l’idea tradizionale di una scienza “pura” e “oggettiva”. Pertanto, l’educazione scientifica non può limitarsi a trasmettere fatti e teorie, ma deve anche fornire agli studenti gli strumenti per comprendere il contesto sociale e culturale in cui la scienza opera.

La sociologa Karin Knorr-Cetina ha elaborato il concetto di culture epistemiche, cioè sistemi culturali per la creazione e la legittimazione di conoscenza. Le culture epistemiche sono “combinazioni di disposizioni, meccanismi ed elementi tenuti insieme da affinità, necessità e coincidenze storiche che – in un certo campo – determinano come sappiamo ciò che sappiamo” (1999, p.1, citato in Gobo, Marcheselli, 2021). Come ogni sistema culturale, le culture epistemiche comprendono molte conoscenze tacite. Quest’ultime non sono insiemi di informazioni ma di capacità. Ogni ragionamento, ogni frase pronunciata, ogni azione si basano sulla conoscenza tacita: un patrimonio di conoscenze (possedute dagli esseri umani) essenziale per comprendere e agire. La sua particolarità sta nell’essere una conoscenza sfuggente, implicita, nebulosa. Difficile da verbalizzare perché inconsapevole, incorporata nelle pratiche delle persone più che nella loro mente. Infatti, esse la usano senza darvi

importanza. E questo è il suo principale paradosso: essenziale, vitale per il compimento di un'azione, enorme nella sua quantità, ma chi la usa non se ne accorge e non la ritiene importante. Come esemplifica Marradi, “la nostra conoscenza tacita ci permette anche, ad esempio, di inchinarci abbastanza da prendere a una certa velocità una certa curva in bicicletta o in motocicletta senza finire per terra né andare per la tangente”. Pure, come rileva Michael Polanyi “[...] non abbiamo la più pallida idea della funzione matematica che collega la nostra inclinazione alla nostra velocità e al raggio della curva, e così via” (Gobo, Marcheselli, p.46, 2021). Il fatto di essere una conoscenza inconscia le impedisce di emergere nelle interviste, nei rapporti di ricerca o nei manuali; essa si apprende per imitazione attraverso brevi conversazioni, ma soprattutto partecipando alle attività. Essa è conoscenza pratica: un misto di conoscenze e capacità tecniche. È il saper fare (know how) contrapposto al sapere. È quel tipo di conoscenza che distingue un esperto da un non-esperto. Essendo tacita, l'unico modo per scoprirla e quindi osservare gli esperti mentre lavorano e conversano. Per esempio, in una ricerca sulla duplicazione (da parte di alcuni scienziati) di un laser in dei laboratori diversi da quello originario dove era stato precedentemente inventato da altri scienziati, Harry Collins (1974) scoprì che gli articoli su riviste scientifiche nonché le più minuziose illustrazioni e istruzioni per l'uso non erano state sufficienti a riprodurre il modello negli altri laboratori perché “sono possibili differenti interpretazioni anche delle prescrizioni più semplici e chiare”. Per cui alcuni laboratori spedirono i loro ricercatori a fare esperienza presso il laboratorio originario. Quello che stava proponendo era dunque una prospettiva per lo studio della scienza in sintonia con la proposta del programma forte, ma che se ne differenziava privilegiando un approccio microsociologico e qualitativo allo studio dei processi di produzione della conoscenza scientifica in atto, anziché focalizzarsi sulla ricostruzione di vicende legate al passato. La proposta metodologica di Collins prese il nome di programma empirico del relativismo (*Empirical Programme of Relatives*, EPOR) e si concentrò in particolare sullo studio delle controversie scientifiche, ovvero su quelle fasi dell'evoluzione della conoscenza scientifica in cui vi è un qualche disaccordo nella comunità scientifica, analizzandole con i metodi di ricerca tipici della sociologia qualitativa, per esempio intervistando gli scienziati coinvolti oppure osservandone in modo etnografico le interazioni. Il modello di analisi delle controversie di Collins (1981) è riassumibile in tre passaggi principali: i) evidenziare la flessibilità interpretativa dei risultati scientifici, ovvero il fatto che tali risultati possano prestarsi, soprattutto nelle prime fasi, a differenti interpretazioni (da qui l'attenzione alle controversie tra gli scienziati); ii) analizzare i meccanismi di chiusura di questa flessibilità interpretativa, vale a dire in che modo una controversia trova soluzione prendendo una particolare direzione piuttosto che un'altra; iii) collegare questi meccanismi di chiusura con aspetti più generali che riguardano la società, cercando di mostrare come vari fattori sociali influiscono sulla traiettoria di affermazione di una determinata conoscenza scientifica (Gobo, Marcheselli, 2021). L'autrice sostiene che ciò che gli studi sociali della scienza scoprono attraverso l'etnografia è che la vita quotidiana degli scienziati è fatta di azioni, pratiche, prassi non del tutto differenti da quelli della nostra vita quotidiana.

Secondo Latour e Kallon, il processo di creazione di un oggetto tecno-scientifico va di pari passo con l'istituzione di una rete di relazioni tra attanti umani e non umani. Il network che ne risulta, allo stesso tempo materiale e semiotico, dà forma al contesto che favorisce l'inserimento dell'artefatto all'interno dei segmenti di società coinvolti nel suo utilizzo e la trasmissione delle competenze necessarie per la sua produzione, diffusione e utilizzo (Kallon, 1987). Per cui si deve abbandonare ogni distinzione a priori tra eventi naturali e sociali.

Per cui scienza, tecnologia e società iniziano a essere studiati e considerati come un ecosistema all'interno del quale i vari elementi esistono in un rapporto di interdipendenza reciproca. Le componenti di ciascun ecosistema hanno un certo livello di interdipendenza. Gli apparati tecnologici hanno proprietà sistemiche che possono essere comprese solo se si tiene conto dell'interdipendenza tra il contesto locale, gli attori sociali e le questioni pubbliche che richiedono disponibilità di materiali e di forza lavoro e garanzie dalle istituzioni. Anche qui l'approccio sociologico di tipo ecologico ha tra i suoi fini quello di abbandonare vecchie dicotomie come sociale versus naturale o sociale versus tecnologico a favore di unità di analisi più sistematiche e dialettiche.

Grazie a una quantità crescente di studi sulla relazione tra scienza e società, raccoltasi sotto l'etichetta di *Public Understanding of Science*, si è avuto un rinnovato interesse per il tema della relazione tra scienza e società con un approccio finalmente più votato ai cittadini che, come vedremo, stanno ormai diventando protagonisti del processo di costruzione del dato scientifico quasi alla stregua degli scienziati. Tale approccio individua una serie di aree nelle quali una più ampia comprensione pubblica della scienza assume un valore individuale e collettivo per il suo consentire un miglioramento della qualità delle decisioni personali e della vita quotidiana (un pubblico non informato può facilmente essere indotto in errore). In questo settore di studi sono confluite analisi sulla comprensione pubblica di, e sugli atteggiamenti verso, scienza e tecnologia; sulle rappresentazioni popolari di scienza e tecnologia; sui sistemi di credenze para-scientifici; sulla scienza e i media; sulla scienza nelle scuole, e sulla storia dell'educazione scientifica; sulla fiction scientifica; sulla lobbying scientifica; sui movimenti anti-scienza; sulla scienza e la tecnologia nei paesi in via di sviluppo. Autori di tali analisi sono in via principale filosofi e storici della scienza, specialisti della comunicazione e sociologi. Non esiste governo di nazione industrializzata che tra la fine degli anni '80 e gli anni '90 non si sia dotato di un programma finalizzato al PUS. I progetti dei diversi paesi sono accomunati dalla constatazione che a un elevato e dichiarato interesse per la scienza e la tecnologia corrispondono nei rispettivi paesi bassi livelli di alfabetizzazione scientifica, e dalla convinzione che, dinanzi a un'influenza crescente di scienza e tecnologia sulla vita privata e pubblica di ciascuno di noi, i cittadini avrebbero dovuto essere significativamente meglio informati in tema di scienza e di tecnologia per conservare forme di governo democratiche. Allo scopo di avvicinare i cittadini alla scienza, nell'ambito di tali progetti sono solitamente promosse varie forme di festival della scienza, musei della scienza, siti web, concorsi e premi per scienziati. A tal proposito è stato osservato che il PUS costituisce anche un tentativo da parte della scienza di riacquistare prestigio, nel momento in cui in essa viene da più parti criticamente individuata la causa principale di danni di vario tipo: disastri ambientali, minacce militari, limitazioni alle libertà personali e disgregazione sociale. Vi è da tempo un intreccio di due dimensioni: una crescente dipendenza dalla scienza e dalla tecnologia per sostenere lo sviluppo e gli standard di vita da un lato, e l'emergere di danni collaterali e di rischi significativi dall'altro. Ritengo si tratti essenzialmente di mantenere con consapevolezza il fragile equilibrio tra natura e cultura⁷. Tuttavia, il PUS – nonostante abbia gettato le basi per una rigorosa riflessione sulla necessità di favorire il miglioramento delle conoscenze scientifiche – è stato in parte basato su un ragionamento ingenuo: cioè che l'incremento di conoscenza scientifica da parte dei cittadini si traducesse automaticamente e in modo direttamente proporzionale in un atteggiamento positivo nei confronti della scienza e delle sue applicazioni. Quello che invece si è cercato di fare più recentemente – anche tramite un diverso e innovativo approccio denominato *Public Engagement of Citizen* – è stato di non

⁷ Intendendo anche e soprattutto i suoi artefatti "tecno-scientifici" ed il loro impatto.

limitarsi ad un accumulo di conoscenza scientifica (che può anche risultare controproducente, dato che il cittadino medio non è ovviamente né in grado né interessato ad accumulare una conoscenza molto dettagliata delle singole discipline scientifiche) ma di stimolare lo sviluppo di competenze di metodo per favorire volta per volta l'elaborazione di giudizi di merito critici e razionali. Fornire gli strumenti metodologici di base per una visione consapevole e critica della scienza da parte del cittadino è possibile adottando metodi partecipativi in cui la costruzione dei saperi e l'emergere di giudizi condivisi avvenga contestualmente ai momenti di dialogo e di discussione. Alcuni tra i mezzi per raggiungere tale obiettivo possono essere identificati, oltre che nei festival della scienza, anche nei più innovativi musei della scienza dove, alla stregua dei festival, è possibile trovare spazi specificatamente dedicati all'incontro tra esperti e visitatori con un approccio anche interattivo⁸. In tali contesti è possibile coinvolgere i cittadini in un modo più efficace rispetto al passato (Latzinger, 2007). Tuttavia, il coinvolgimento è anche e soprattutto partecipazione attiva nella ricerca e nelle decisioni (ovviamente nei limiti del possibile), come per esempio si ha con gli astronomi dilettanti che spesso collaborano a scoperte anche importanti – o semplicemente ad un accumulo di dati – così come la collaborazione di pazienti e ancor meglio di associazioni di pazienti nel collaborare alle scoperte di trattamenti di patologie spesso rare, magari semplicemente fornendo dati e suggestioni in più⁹.

Oggi il movimento dei Social and Technology Studies è distribuito e disperso su una miriade di ambiti specifici e micro-temi, ed è diventato davvero difficile compendiarli tutti. C'è chi ritiene, come Bucchi, che a partire dai primi anni 90 si sia creata una certa situazione di impasse. Alla proliferazione di case studies e alla sempre maggiore specializzazione interna non si è affiancata una corrispondente crescita teorica e ci si è avviati verso un relativo isolamento nei confronti della teoria sociologica generale, preferendo sviluppare intersezioni con altri settori disciplinari.

Un'accusa spesso rivolta agli STS è che le loro teorie costruttiviste relativiste avrebbero contribuito – seppur in direttamente – a delegittimare la scienza. Le loro decostruzioni delle pratiche scientifiche, innestate in un clima intellettuale postmoderno, avrebbero generato – anche nell'opinione pubblica – un diffuso scetticismo nei confronti dei prodotti della scienza e una tendenza a dissolvere i confini tra esperti e pubblico, finendo così per minare la reputazione dei primi e pensare la scienza come nient'altro che un'altra forma di politica.

Un altro dubbio che da tempo pervade gli STS è quale possa essere il loro contributo allo sviluppo delle conoscenze scientifiche. In altre parole, uno scettico si potrebbe chiedere: che cosa possono dare alla scienza gli STS? Soltanto esserne la coscienza critica, aprire la *black box*, individuare gli elementi sociali degli artefatti tecnologici e, in generale, portare una maggiore riflessività? Oppure innescare un dialogo costruttivo tra STS e scienziati fisici e naturali, un contributo più sostantivo, nel senso di collaborare con gli scienziati a produrre diversamente le conoscenze, a costruire i fatti scientifici in modo meno positivista e anche meno succube delle logiche di mercato, delle pratiche di potere e dominio, per democratizzare la scienza? Infatti, durante lo scorso secolo, la ricerca scientifica è

⁸ Gli approcci interattivi nei musei della scienza sono diventati sempre più popolari negli ultimi anni. Questi approcci includono l'uso di tecnologie avanzate come la realtà virtuale e aumentata per creare esperienze coinvolgenti e immersive per i visitatori dei musei. Ad esempio, il Museo Nazionale Scienza e Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano offre una vasta gamma di laboratori interattivi per bambini e adulti (<https://www.museoscienza.org/it>). Inoltre, il Museo della Scienza di Trento ha sviluppato un approccio interattivo che coinvolge i visitatori in modo attivo nella scoperta della scienza. Questo approccio include l'uso di tecnologie come la realtà virtuale e aumentata, ma anche l'uso di giochi e attività pratiche per rendere l'apprendimento della scienza più coinvolgente (<https://www.muse.it/>)

⁹ L'argomento sarà ripreso più avanti quando si parlerà di "Citizen science".

diventata sempre più orientata ad aspetti applicativi – nonostante la mantenuta importanza della ricerca teorica di base – con la conseguenza che la validazione dei risultati della ricerca si è gradualmente e parzialmente spostata dall'accademia al mercato. Si è dunque generato un sistema di tensioni divergenti tra produzione e consumo: da una parte l'offerta, in termini di filiera di ricerca, sviluppo e commercializzazione dei prodotti legati all'innovazione scientifico-tecnologica; dall'altra la domanda, ovvero le persone, che con le loro scelte possono determinare il successo o il rifiuto del prodotto, ovvero accettare o rifiutare prodotti e modelli sociali così come proposti dai gruppi di pressione accademici, economici, politici, mediatici. Quest'analisi ha portato all'elaborazione di un modello di interpretazione dei rapporti attuali tra scienza e società di tipo reticolare, in cui il cittadino partecipa a pieno titolo nell'interscambio informativo tra la ricerca scientifica e le sue applicazioni (Lanziger, 2007). Se ne vedranno fra poco gli sviluppi, con alcune declinazioni e punti di vista che arricchiscono il discorso e offrono spunti e suggestioni che hanno anche portato a formulare il concetto di *literacy* scientifica.

1.2 La comunicazione della scienza e la partecipazione attiva dei cittadini

Come si è visto nel capitolo precedente, la scienza e la società democratica si influenzano a vicenda in molti modi. La società della conoscenza è caratterizzata dall'espansione della scienza e dall'espansione della democrazia, in un processo in cui le due dimensioni non sono più separate. La comunicazione è parte integrante e fondamentale di questo processo. I modi di comunicazione della scienza coprono un ampio spettro. Questo include workshop ed eventi nei musei della scienza e nei caffè scientifici ove i facilitatori invitano professionisti della scienza a proporre argomenti di base da discutere insieme con i partecipanti. I festival della scienza, di solito grandi eventi che si tengono una volta l'anno, rappresentano un luogo privilegiato di comunicazione della scienza e un'importante opportunità di interagire con un gran numero di persone. Altri modi sono gli eventi scientifici nelle zone rurali, la creazione di prodotti da vendere nei negozi dei musei della scienza, lo scrivere di scienze e via dicendo. Guardare agli aspetti comunicativi dell'attività scientifica e quindi al dialogo sociale che si svolge attorno ad essa costituisce una vera e propria opportunità specialmente se si considera la posta in gioco che consiste nell'utilizzare al meglio una delle risorse più importanti che oggi, come collettività, abbiamo a disposizione, cioè la conoscenza. (d'Andrea, Declick, 2005).

Attraverso la chiave della comunicazione è possibile ottenere preziose informazioni su ciò che accade a monte (i finanziamenti, i grandi orientamenti di politica della scienza, ecc.) o a valle (lo sfruttamento economico o la gestione degli impatti sociali e politici delle scoperte scientifiche) dell'attività di ricerca, ma soprattutto si possono raccogliere informazioni su ciò che accade nella stessa scatola nera della ricerca, intesa come il luogo fisico, sociale, istituzionale e cognitivo in cui si attivano e prendono corpo la scoperta scientifica e l'invenzione tecnologica. Questa impostazione pone, inoltre, le basi per elaborare nuovi strumenti di analisi e nuovi indicatori, da affiancare a quelli esistenti, per valutare la qualità della ricerca, per conoscere i meccanismi interni alla scatola nera (strategie di comunicazione, livello di controllo della dimensione linguistica della stessa, gestione di feedback,

uso di risorse, ecc.) per individuare i contesti applicativi e per identificare gli ostacoli che spesso si frappongono al suo avanzamento.

Da alcuni anni gli studiosi di comunicazione pubblica della scienza sono impegnati nel tentativo di comprendere i processi che conducono alla formazione di opinioni e credenze su questioni scientifiche pubbliche che impattano sugli atteggiamenti e i comportamenti dei cittadini. Come abbiamo visto, ricercatori e ricercatrici impiegati negli *Science and Technology Studies* hanno profuso molti sforzi per capire le origini delle credenze delle opinioni dei cittadini verso la scienza e la tecnologia e i differenti fattori che la influenzano.

A oggi il problema principale della comunicazione scientifica può essere identificato, con un apparente paradosso, in una facilità di accesso a un'impressionante mole di informazioni in generale e più nello specifico all'accesso di una mole di dati scientifici provenienti da studi particolarmente difficili da interpretare per i non addetti ai lavori. Vi è quindi una crescente difficoltà sia da parte dei media che delle organizzazioni di ricerca nel selezionare e saper individuare le priorità che permettono una comunicazione coerente e adeguata alle necessità del pubblico. Lo stesso pubblico che si ritrova di fronte a sempre più veicoli di trasmissione tipici della società digitale che permette sì un accesso a un numero impressionante di informazioni ma anche un aumento della complessità del quadro che porta il cittadino troppo spesso a una sorta di disorientamento cognitivo che non gli permette un'adeguata selezione delle informazioni e ancor meno una capacità di interpretazione dei dati. Capacità che, nella maggioranza dei casi, non dovrebbe essere nemmeno tenuto ad avere. Sta qui l'importanza dei divulgatori scientifici, dei media e del *Public engagement* più in generale nel permettere una diffusione sintetica e il più possibile comprensibile delle conoscenze scientifiche considerate più rilevanti e più attuali. In tutto ciò rientrano ovviamente i social media con le loro potenzialità ma anche con le loro criticità proprio perché in grado di veicolare un'enorme massa di informazioni rilanciandola anche da cittadino a cittadino ma aumentandone la complessità fino ad una sorta di incapacità nella scelta da parte del cittadino stesso prima ancora dell'interpretazione delle informazioni. Quindi creando più caos, nella forma di fraintendimenti ma anche nel rilancio di fake news, provocando fenomeni come il negazionismo e il complottismo, ma anche più in generale minando la fiducia nella scienza e negli esperti che la rappresentano. A tal proposito i recenti contrasti tra esperti avvenuti durante questi anni di pandemia da COVID-19 – sebbene necessari all'interno della comunità scientifica in quanto confronto potenzialmente foriero di crescita – hanno contribuito ad aumentare un sentimento di sfiducia nella scienza (si veda, tra gli altri, *Observe Science in Society*, 2022).

Gli attori sociali coinvolti nella comunicazione della scienza sono molteplici e a svariati livelli: se un tempo si pensava che solo alcuni scienziati di spicco si occupassero della comunicazione della scienza, negli ultimi decenni sono nate altre figure professionali come divulgatori o giornalisti scientifici. Sarebbe quindi più corretto abbandonare l'idea astratta di una scienza monolitica che si relaziona con un pubblico omogeneo per abbracciare invece l'idea di una pluralità di scienziati addetti ai lavori che interagiscono con pubblici variegati all'interno dei quali competenze e saperi sono distribuiti in modo eterogeneo. È a partire dagli anni '80 che il tema della comunicazione della scienza è divenuto oggetto di analisi non solo da parte degli studi sociali della scienza ma anche di altre discipline come le scienze della comunicazione e la psicologia. L'emergere dell'interesse sociologico per la comunicazione della scienza viene spesso fatto risalire alla critica del cosiddetto *Information Deficit Model*, ovvero l'idea molto diffusa secondo cui ogni resistenza nei confronti dell'innovazione

derivi da una sua mancata comprensione. Di conseguenza, per sviluppare un atteggiamento più favorevole verso l'innovazione, l'opinione pubblica deve essere educata e fornita di tutte le informazioni necessarie. Questo approccio alla comunicazione, piuttosto paternalista, rappresenta tutt'ora il modello dominante nella progettazione pratica e nello svolgimento di molte iniziative di divulgazione della scienza sebbene, come abbiamo visto col *Public Engagement*, le cose stiano cambiando. Nella loro critica all'*Information Deficit Model*, i sociologi italiani Massimiliano Bucchi e Federico Neresini (2008), identificano tre assunti cardine: i) la comprensione della scienza viene fatta coincidere con il possesso di una certa quantità di nozioni "corrette" riguardanti il metodo scientifico e i contenuti della scienza; tale conoscenza è considerata misurabile tramite domande e questionari; ii) esisterebbe un collegamento lineare tra la comprensione della scienza e l'atteggiamento favorevole verso di essa. In altre parole, la sfiducia dei non addetti ai lavori viene semplicemente attribuita alla loro mancata comprensione del mondo della ricerca. Secondo questa prospettiva, tramite l'efficace comunicazione di fatti, dati e risultati (da parte di scienziati, giornalisti scientifici e divulgatori professionisti), non si potrà che ottenere un atteggiamento positivo e di sostegno verso l'impresa tecno-scientifica; iii) l'*Information Deficit Model* problematizza la relazione tra scienze e pubblico solo per quanto riguarda un lato delle due estremità, ovvero il pubblico, considerato ingenuo e non adeguatamente istruito. L'unico rapporto auspicabile è quindi unidirezionale, basato sul trasferimento di informazioni dagli scienziati, in quanto esperti, al pubblico di non esperti. A partire dagli anni '90, questo approccio è stato criticato su più fronti anche grazie a studi come quello del sociologo inglese Brian Wynne (1992) a proposito della crisi della pastorizia in Cumbria (UK) a seguito del disastro nucleare di Chernobyl (Cerroni, Zenia, 2014).

Tuttavia, per quasi tutta la seconda metà del Novecento scienza e comunicazione sono stati due mondi separati e lontani. La scienza si apprendeva a scuola e nelle università. Solamente tra la fine del Novecento e la prima decade del Duemila tutto ciò è cambiato nelle società più sviluppate. La novità forse più rilevante è un più significativo ingresso di contenuti scientifici nei media di massa tradizionali e la diffusione di essi nei nuovi media di comunicazione. La scienza ha così raggiunto pubblici ben più ampi e diversificati del passato. Ad oggi, quindi, la comunicazione della scienza non è quindi solo più divulgazione, ma anche diffusione della scienza, coinvolgimento delle istituzioni, impegno degli scienziati (Scamuzzi, De Bortoli, a cura di, 2012).

La figura del divulgatore ha infatti occupato un posto fondamentale tra l'attività dello scienziato coi suoi risultati e la necessità che essi arrivino al grande pubblico (Bucchi, 2010). Il lavoro nei laboratori è finalizzato anche a rendere comunicabili i risultati sia al fine di essere valutati, sia per divenire parte del contesto sociale. Così, mentre i fatti scientifici sono ancora in corso di stabilizzazione, accade non di rado che diventino oggetto di discussione pubblica. Tuttavia, anche fatti scientifici consolidati possono diventare controversi quando si spostano nell'ambito della sfera pubblica, come nel caso dei vaccini o delle cause del cambiamento climatico. Gli scienziati devono però confrontarsi con registri comunicativi diversi da quelli che governano la vita nei laboratori: è alquanto difficile per loro conciliare linguaggio scientifico e linguaggio giornalistico. Il lavoro della scienza procede lentamente e tra mille incertezze, mentre sulla scena pubblica le vengono richieste risposte immediate e certe che non può fornire, mentre la comunicazione pubblica cerca semplificazioni, metafore e allusioni che possono sembrare fuorvianti per gli scienziati. D'altro canto, la scienza non può ritrarsi, disdegnando di comprometersi con la società in nome di una presunta superiorità. Non lo può fare sia per il dovere di condividere le sue conoscenze, sia perché, non potrebbe sopravvivere altrimenti. Per cui, lo studio

della comunicazione pubblica della scienza costituisce un ambito di particolare interesse per gli STS (Magaudda, Neresini, 2020).

In parte considerabile tra le nuove forme di comunicazione della scienza, è – come si è già potuto vedere – il *Public Engagement* che può, in generale, essere descritto come “ogni attività dov’è previsto uno specifico ruolo per i cittadini o per i portatori di interessi nei processi di ricerca e innovazione” (Rann e Meijlgaard, 2015, cit. in Magaudda e Neresini, 2020, p.86). Si tratta infatti di creare spazi di incontro, discussione, collaborazione e sviluppo di processi al fine di un miglioramento del rapporto tra scienza e società (Observe Science in Society, 2022). Le attività di *Public Engagement* possono essere divise in cinque tipi:

1. Comunicazione pubblica: i promotori dell’iniziativa informano i rappresentanti del pubblico. Non esistono meccanismi formalmente definiti per prendere in considerazione eventuali feedback (esempi: audizioni, incontri pubblici, campagne informative);
 2. Attivismo pubblico: cittadini e portatori di interessi informano i decisori politici allo scopo di influenzare i processi decisionali (esempi: petizioni, dimostrazioni, proteste e campagne d’opinione);
 3. Consultazione pubblica: è promossa dai decisori per acquisire informazioni sull’opinione del pubblico riguardo ad uno o più argomenti. Non esistono meccanismi formalmente definiti per restituire eventuali feedback ai soggetti consultati (esempi: Citizen panel, focus group, science shop, indagini d’opinione);
 4. Deliberazione pubblica: i promotori facilitano la deliberazione del pubblico su un argomento e l’esito della deliberazione può, anche se non necessariamente, influenzare le decisioni su di esso. La comunicazione è bidirezionale e si verifica un certo grado di dialogo fra le parti (esempi: conferenze di consenso, giurie di cittadini, sondaggi deliberativi);
 5. Partecipazione pubblica: i promotori assegnano parzialmente o interamente ai cittadini il compito di decidere su un argomento. La comunicazione è bidirezionale e si verifica un certo grado di dialogo fra le parti (esempi: budget partecipativi, referendum vincolanti).
- (Magaudda, Neresini, 2020, p.86).

Da qui è facile riallacciarsi al concetto di “Capitale scientifico”¹⁰ e quindi all’idea di “Citizen Science”, che si è sviluppata negli ultimissimi anni con un’accelerazione – si potrebbe dire – esponenziale, soprattutto nel periodo del Covid-19¹¹. Infatti, tra i suoi numerosi effetti, la pandemia di Covid-19 ha portato a una nuova e improvvisa attenzione per la scienza; la sua rappresentazione nell’opinione pubblica e negli esperti si è imposta in questo periodo sia nei media che nelle riviste scientifiche. In tale contesto, la scienza è stata presentata come fonte di verità e certezze definitive,

¹⁰ Il capitale scientifico è un concetto sociologico che combina tutte le risorse sociali e culturali legate alla scienza. Questo concetto si ispira al lavoro del sociologo francese Pierre Bourdieu (2001), in particolare ai suoi studi sulla riproduzione delle disuguaglianze sociali. Il capitale scientifico comprende tre dei concetti originali di Bourdieu: il capitale culturale (conoscenza, comprensione, qualifiche), il capitale sociale (contatti sociali, reti di relazioni) e l’habitus (disposizioni sociali e modo di ‘sentire’ il mondo). Siamo quindi di fronte a un quadro concettuale di assoluta importanza, che fa da strumento per comprendere le caratteristiche della partecipazione delle persone alla scienza.

¹¹ In particolare, la *Citizen science* è “esplosa” nel 2020, quando la pandemia ha limitato la possibilità di ricerche sul campo e ha fornito uno sfogo a molte persone in *lockdown*, che hanno iniziato a cimentarsi in progetti di scienza partecipata tramite *computer* o telefono. Ne è stato un esempio l’esperimento “lascienzasulbalcone”, che ha permesso di misurare l’inquinamento luminoso nel nostro paese (<https://www.biopills.net/citizen-science/>).

oppure come un'opinione tra le tante. Secondo alcuni studiosi, entrambe le visioni sono segno "dell'analfabetismo scientifico di cui le istituzioni scolastiche non sono riuscite a liberare nemmeno i diplomati e i laureati; è rimasta in piedi l'idea errata della scienza infallibile, della scienza-oracolo"¹². Come abbiamo visto, è necessario considerare la scienza come un sistema sociale in continua relazione con gli altri attori sociali (individuali e istituzionali). La scienza dei cittadini o scienza collaborativa, è una modalità di ricerca che coinvolge persone non formate in ambito scientifico, ma che giocoforza riesce a incrementare la literacy scientifica di chi vi partecipa (soprattutto tramite meccanismi psicologici di coinvolgimento ed empowerment), sebbene non sia chiaramente sufficiente a questo scopo. Secondo il Cambridge English Dictionary, la *Citizen science* è "il **lavoro scientifico**, come la raccolta di informazioni, **effettuata da persone comuni senza qualificazioni speciali**, per aiutare il lavoro degli scienziati". Sembra che questa pratica risalga ai primi del Novecento, quando la National Audubon Society, organizzazione ambientale statunitense dedicata alla conservazione degli uccelli, iniziò a chiedere ai cittadini di contribuire a una conta annuale per il monitoraggio degli uccelli (*Christmas Bird Count*). La Citizen science

è scienza realizzata con il diretto coinvolgimento dei cittadini. Un'ampia rete di partecipanti collabora nella raccolta di dati sperimentali, contribuisce alla formulazione di nuove ipotesi di ricerca e, in generale, alla creazione e all'affermazione di un nuovo approccio culturale alla scienza. I cittadini possono così confrontarsi con il mondo della ricerca scientifica e al contempo stimolare la propria curiosità, approfondire le proprie conoscenze e comprendere meglio il lavoro svolto dai ricercatori¹³.

Muki Haklay, geografo ed esperto di *citizen science*, identifica quattro livelli di coinvolgimento pubblico: il primo è la semplice raccolta dei dati; il secondo è quello dell'intelligenza distribuita, per cui è prevista una minima interpretazione del dato da parte del volontario. Il terzo livello è quello proprio della scienza partecipata, in cui chi contribuisce è coinvolto nella fase di progettazione; l'ultimo e il più elevato impegna il cittadino nell'analisi stessa del set di dati raccolto (Cassella 2022).

I progetti di *Citizen science* sono stati sfruttati soprattutto in ambito naturalistico e ambientale, ma anche in medicina, genetica, fisica, astronomia, geologia, sociologia, ingegneria, esobiologia e altre branche scientifiche. Dal 2020 in poi il numero di branche scientifiche, di argomenti, di programmi e quindi progetti di *Citizen science* sta aumentando in maniera evidente. Esistono tre tipi di *citizen science*, in cui le persone possono essere più o meno attive e coinvolte nella raccolta, nell'elaborazione e nell'analisi di dati scientifici:

- Nella *co-created citizen science*, le persone collaborano con i ricercatori nello sviluppo della ricerca su più livelli, dalla sua creazione ai passaggi successivi. Ne è un esempio l'iniziativa PROMS, guidata dall'Associazione Italiana Sclerosi Multipla, in cui le persone con sclerosi multipla partecipano alla ricerca sulla malattia.
- Nei progetti di *crowd-sourcing*, i cittadini mettono a disposizione dei ricercatori *computer*, telefoni e altri oggetti che aiutano passivamente nella raccolta o nell'elaborazione di dati. Ne sono un esempio i dispositivi indossabili che aiutano la ricerca in ambito medico e i progetti "*@home*". Uno dei più noti e tra i primi ad aver raggiunto un vasto pubblico è Folding@home, in cui gli scienziati, per velocizzare l'elaborazione di grandi moli di dati, sfruttano la potenza di calcolo dei *computer* di chiunque voglia collaborare al progetto.

¹² Editoriale | A digiuno di scienza - Corriere.it (5 maggio 2020).

¹³ Articolo - Open Science Italia (open-science.it).

- Nella *citizen science* più classica, le persone contribuiscono tramite la raccolta dei dati, ad esempio tramite *app* che monitorano l'inquinamento (come NoiseTube per l'inquinamento acustico) o la condivisione di foto (come per il monitoraggio delle specie con iNaturalist e Ornitho)¹⁴.

Secondo Cooper e Lewenstein (2016) la scienza deve fare i conti coi bisogni e le preoccupazioni dei cittadini. Inoltre, il processo di produzione di conoscenza potrebbe anche – ovviamente in modo parziale e basilare – essere sviluppato e attuato dai cittadini stessi. I due autori rappresentano due dimensioni di scienza partecipata:

- La prima è la dimensione della democrazia partecipativa che si concentra sulla soddisfazione dei bisogni espressi e inespressi dei cittadini onde superare condizioni di disuguaglianza. Questa dimensione focalizza la sua attenzione sugli aspetti sociali, culturali e inclusivi della scienza; è un approccio che attiene maggiormente, anche se non esclusivamente, all'ambito delle scienze sociali.
- la seconda dimensione è quella più conosciuta e praticata di scienza realizzata con la partecipazione dei cittadini; riguarda maggiormente le scienze naturali che, di fatto, sono l'ambito di applicazione più importante e diffuso per la Citizen science. I primi e più rilevanti esperimenti di Citizen science nascono, infatti, in campo scientifico e fanno leva sugli amatori, sugli appassionati di ornitologia, di astronomia, di clima, ambiente, biologia ecc. il processo di produzione di conoscenza affidabile potrebbe essere sviluppato e attuato dai cittadini stessi¹⁵.

Il più grande vantaggio della partecipazione dei cittadini alla ricerca scientifica è la produzione di grandi moli di informazioni. Ad esempio, senza il contributo dei volontari, sarebbe impossibile monitorare in modo estensivo e costante spostamenti di animali o cambiamenti climatici. Classico è poi l'esempio degli astronomi dilettanti. Inoltre, i cittadini aiutano a elaborare quantità di dati che altrimenti sarebbero impenetrabili. Questo, installando software che fanno elaborare dati ai computer quando non sono in uso, ma anche tramite l'uso di giochi di *Citizen science*, come nel caso di Genigma, con il quale si elaborano geni per aiutare la comprensione del cancro. Il coinvolgimento attivo dei volontari nella ricerca consente anche scambi di punti di vista che arricchiscono gli scienziati. In tutti questi modi, la scienza dei cittadini produce conoscenza che altrimenti non potrebbe esistere. La *Citizen science* potrebbe anche avvicinare la scienza a persone che ne diffidano, aiutando anche a superare pregiudizi. Su questo la sociologia potrebbe condurre ricerche di grande interesse e utilità.

Secondo la *European Citizen Science Association* (ECSA), la scienza che coinvolge i cittadini e li invita a collaborare migliora i processi democratici, perché rende i cittadini più formati e sensibilizzati laddove occorre prendere decisioni che richiedono competenze scientifiche. Decisioni che riguardano, ad esempio, l'eutanasia, l'uso di cannabis, l'implementazione delle nuove forme "pulite" e rinnovabili di energia¹⁶ e l'annoso e complesso problema dell'utilizzo dell'energia nucleare nelle

¹⁴ <https://www.biopills.net/citizen-science/>.

¹⁵ Cfr. open-science.it

¹⁶ Ad oggi si comincia a parlare di "comunità energetiche": si tratta di gruppi di soggetti che producono, consumano e condividono energia da fonti rinnovabili su scala locale. Hanno il vantaggio di ridurre i costi in bolletta e le emissioni di CO2. Esistono due tipi di comunità energetiche: le **comunità energetiche rinnovabili (REC)** e le **comunità energetiche**

sue forme – sembrerebbe – meno impattanti. Si tratta di temi di grande impatto che richiedono di essere maneggiati per mezzo di un’adeguata acquisizione di *Literacy* scientifica¹⁷. Vi sono chiaramente dei limiti nella produzione di conoscenza: in particolare l’attendibilità, per cui è sempre lo scienziato ad avere la responsabilità della conoscenza prodotta. Ma non va dimenticata la questione etica, e in particolare l’importanza di comitati etici che non possono esimersi dal coinvolgere figure esperte di varie discipline, non solo strettamente scientifiche. Inoltre, il rapporto tra scienza e democrazia può essere complicato poiché la radice stessa del metodo scientifico potrebbe apparire antidemocratica: fra le tante opinioni, l’unica scientificamente valida è ritenuta quella confermata dai fatti. Ma nel primo capitolo abbiamo visto come le cose non siano così semplici e lineari, e ciò ribadisce l’importanza del coinvolgimento dei cittadini nelle attività scientifiche. Tale coinvolgimento ha poi – oltre all’implementazione della *Literacy* scientifica – un generale impatto positivo su capitale culturale e capitale sociale¹⁸. Secondo l’approccio socio-costruttivista le interazioni sociali sono all’origine della costruzione di abilità individuali e possedere tali abilità a un certo livello di complessità consente poi all’individuo di partecipare a interazioni sociali più complesse con la possibilità di costruire abilità di complessità superiore.

Occorre sottolineare come sia gli scienziati professionisti sia i *Citizen scientist* traggano vantaggio dalla partecipazione a questi progetti. I vantaggi possono includere la pubblicazione di risultati di ricerca, opportunità di apprendimento, piacere personale, benefici sociali, soddisfazione attraverso il contributo all’evidenza scientifica per, ad esempio, affrontare questioni locali, nazionali e internazionali e, attraverso di esse, la possibilità di influenzare le politiche¹⁹.

In quanto dimensione fondamentale della *Open Science*²⁰, la *Citizen science* offre l’opportunità a tutti i membri della società di assumere un ruolo attivo nella ricerca, nell’innovazione e nello sviluppo di politiche basate su dati concreti, a livello locale, nazionale e dell’UE. La seguente infografica riassume i principali elementi di una scienza “partecipata” e aperta:

dei cittadini (CEC). Le prime sono composte da enti pubblici locali, aziende o cittadini privati, mentre le seconde sono formate solo da cittadini privati o piccole imprese. Alcune informazioni a riguardo possono essere trovate sul sito di Enel X.

¹⁷ Se ne parlerà meglio nel paragrafo 5.

¹⁸ L’elaborazione del concetto di capitale sociale deve molto ai contributi del sociologo francese Bourdieu, ma ancor di più a quelli di Coleman che in “Foundation of Social Theory” (1990, citato in Trigilia, 1999, p.422) connette il concetto ai problemi dello sviluppo socioeconomico, sebbene non sia possibile ignorare i fattori socioculturali, politici ed economici e le loro interrelazioni per studiare il livello di benessere di un dato contesto (ibidem). Putnam (1993) vede nel concetto di capitale sociale una cultura che favorisce la cooperazione: l’opera *Making Democracy Work* (1993), tradotta in italiano con il titolo “La tradizione civica nelle regioni italiane” (1993), rappresenta il primo vero studio di Putnam in materia di capitale sociale. Si tratta di una prolungata ricerca sul campo volta a indagare la qualità e il rendimento amministrativo delle istituzioni regionali in Italia. Secondo Fukuyama “il capitale sociale è una risorsa che nasce dal prevalere della fiducia nella società o in una parte di essa” (1995, trad.it 1996, p.40). Per cui il capitale sociale può dirsi condizione necessaria ma non sufficiente allo sviluppo locale. Occorre però ricordare come un aumento del capitale sociale degli stakeholder aumenti a sua volta la probabilità di incidere positivamente sul territorio. Quindi la rilevanza sta nell’aumento di capitale sociale a livello aggregato (Trigilia, p.428).

¹⁹ <https://www.biopills.net/citizen-science/>.

²⁰ L’Open Science è un movimento che ha per obiettivo l’accesso senza barriere al sapere scientifico da parte della comunità scientifica e dei cittadini. Si basa sui principi di trasparenza, inclusione, correttezza, equità e condivisione. L’Open Science ha lo scopo di rendere la scienza collaborativa e trasparente, accessibile e fruibile da chiunque. Secondo i principi dell’Open Science il sapere prodotto con risorse pubbliche è una ricchezza da valorizzare invece che da chiudere. Qualsiasi prodotto della ricerca pubblica deve essere disponibile gratuitamente e deve poter essere liberamente riutilizzabile per aumentare l’impatto del lavoro scientifico.

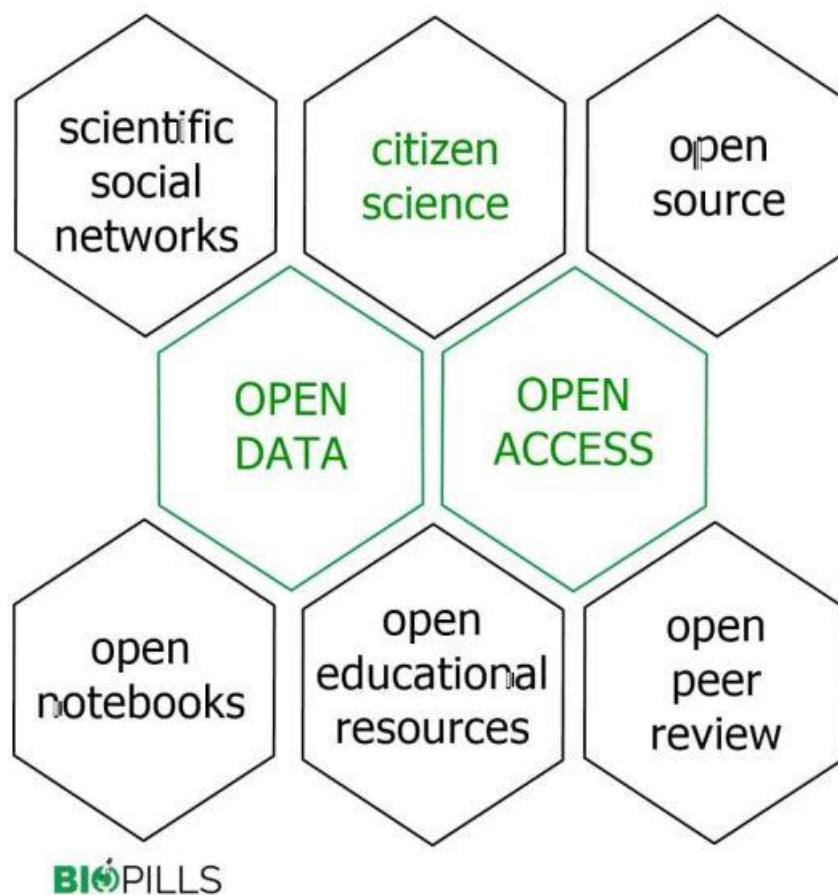


Fig. 1²¹: la scienza aperta e partecipata.

Una buona fonte di orientamento quando si pianifica un'iniziativa di Citizen science è data dai 10 Principi di Citizen Science di ECSA. Questi sono stati tradotti in 30 lingue dalla comunità di Citizen science²²:

1. I progetti di Citizen science coinvolgono attivamente i cittadini in attività scientifiche che generano nuova conoscenza o comprensione. I cittadini possono agire come contributori, collaboratori, o responsabili di progetto e ricoprono un ruolo significativo nel progetto.
2. I progetti di Citizen Science producono un risultato scientifico originale. Ad esempio, fornire una risposta ad un quesito di ricerca o mettere in pratica azioni di conservazione, decisioni gestionali o politiche ambientali.
3. Sia gli scienziati professionisti sia i cittadini coinvolti traggono vantaggio dal prendere parte a progetti di Citizen Science. I vantaggi possono includere la pubblicazione dei risultati di una ricerca, opportunità di apprendimento, piacere personale, benefici sociali, soddisfazione per

²¹ <https://www.biopills.net/citizen-science/>.

²² Le enunciazioni riportate in questo documento sono state sviluppate dal gruppo di lavoro 'Sharing best practice and building capacity' (Condivisione delle migliori pratiche e rafforzamento delle capacità) della Associazione Europea di Citizen Science, guidato dal Museo di Storia Naturale di Londra, con contributi da numerosi membri della Associazione, per stabilire alcuni principi chiave. La traduzione in italiano è a cura di Andrea Sforzi, membro del Board of Directors di ECSA (ECSA (European Citizen Science Association), 2015. *Ten Principles of Citizen Science*, Berlin. <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>).

aver contribuito a fornire una evidenza scientifica per, ad esempio: trovare risposte a questioni di rilevanza locale, nazionale e internazionale e, attraverso queste, avere l'opportunità di influire sulle politiche di settore.

4. Le persone coinvolte in progetti di Citizen Science possono, se vogliono, prendere parte a più fasi del processo scientifico. Questo può includere lo sviluppo di quesiti di ricerca, mettere a punto un metodo, raccogliere e analizzare dati e comunicare i risultati.
5. Le persone coinvolte in progetti di Citizen Science ricevono feedback. Ad esempio, come i loro dati vengono utilizzati e quali sono i risultati nel campo della ricerca, politico e sociale.
6. La Citizen Science è considerata una metodologia di ricerca come qualunque altra, con limiti e margini di errore che devono essere considerati e tenuti sotto controllo. Tuttavia, a differenza delle metodologie tradizionali di ricerca, la Citizen Science fornisce opportunità di un ampio coinvolgimento del pubblico e di democratizzazione della scienza.
7. Dati e metadati provenienti da progetti di Citizen Science sono resi pubblicamente disponibili e, ove possibile, i risultati sono pubblicati in un formato di libero accesso (open access). La condivisione dei dati può avvenire durante o dopo il progetto, a meno che esistano motivi di sicurezza o privacy che lo impediscano.
8. Il contributo delle persone coinvolte in progetti di Citizen Science viene riconosciuto ufficialmente nei risultati dei progetti e nelle pubblicazioni.
9. I programmi di Citizen Science vengono valutati per il loro risultato scientifico, per la qualità dei dati, l'esperienza dei partecipanti e l'ampiezza dell'impatto sociale e sulle politiche di settore.
10. I responsabili di progetti di Citizen Science prendono in considerazione aspetti legali ed etici relativi a copyright, proprietà intellettuale, accordi sulla condivisione dei dati, confidenzialità, attribuzione e impatto ambientale di ogni attività.

È quindi, alla luce di quanto visto finora, piuttosto facile partecipare ai progetti di *Citizen science*: ad esempio, si possono visitare i siti web dei progetti per scoprire come partecipare e quali attività sono disponibili. Inoltre, il cittadino può contattare direttamente le organizzazioni che gestiscono i progetti per avere maggiori informazioni e per scoprire come contribuire.

In Italia, uno dei primi progetti di maggior interesse di *Citizen science* – sulla biodiversità – è stato il Progetto CSMON-LIFE (Citizen Science MONitoring), finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE+ (2013-2017). In Europa, un esempio di progetto di Citizen science dello stesso periodo è il progetto Societize finanziato dal VII Programma Quadro dell'Unione Europea (2007-2013) che mira a coinvolgere i cittadini nei processi scientifici.

Anche le scienze sociali possono fare ricerca partecipata e contribuire al fenomeno della “Citizen science” attraverso il coinvolgimento attivo e consapevole di persone di varie età, formazione ed estrazione sociale in attività di ricerca scientifica. Coinvolgimento che dovrebbe includere la restituzione dei risultati ai partecipanti alla ricerca. Questo processo virtuoso può generare società informate e consapevoli e garantisce preziose fonti di informazione. Ciò sta diventando sempre più rilevante nell'ambito della valutazione, la forma di scienza sociale applicata che sta conoscendo i più rilevanti e via via crescenti progressi. In sintesi, sebbene molte cose possano essere oggetto di valutazione, i sociologi si occupano soprattutto di valutare politiche pubbliche, programmi, progetti

e organizzazioni²³. Un ottimo esempio di partecipazione scientifica può essere infatti la cosiddetta valutazione democratica in cui il valutatore

offre un servizio di informazione alla comunità sulle caratteristiche di un programma, raccoglie le reazioni al programma, riconosce il pluralismo dei valori e agisce come un mediatore nello scambio tra i differenti gruppi e i cittadini, a cui assicura l'anonimato. Il rapporto deve essere accessibile ai non specialisti e non contiene raccomandazioni. Si giustifica per il diritto a conoscere (Stame, 2016, p.16).

La comunicazione scientifica – in un certo senso bidirezionale, se si considera quanto appena detto sulla Citizen Science – è quindi una parte fondamentale nello sviluppo di una scienza partecipata e un possibile elemento di potenziamento della fiducia nella scienza. A riguardo, la Commissione Europea ha finanziato il progetto internazionale “Concise” che ha organizzato cinque consultazioni pubbliche coinvolgendo 493 cittadini europei tra la fine del 2019 e i primi mesi del 2020. Si è discusso su 4 tematiche: cambiamento climatico, vaccini, organismi geneticamente modificati (OGM) e medicine complementari e alternative. Gli incontri sono stati moderati da ricercatori sociali e il materiale raccolto è stato trascritto e analizzato appositamente. I risultati raggiunti dalla consultazione pubblica svoltasi in Italia si possono aggregare in tre aree che rispondono ai seguenti interrogativi di ricerca: quali sono le fonti di cui si fidano i cittadini? Quali sono i canali preferiti per ottenere informazioni scientifiche? In che misura i media contribuiscono a sviluppare la fiducia nella scienza e nella tecnologia? Grazie agli incontri pubblici è stato possibile indagare nel dettaglio i temi offrendo la possibilità di spiegare i motivi della fiducia o dello scetticismo nei confronti delle varie fonti e dei canali analizzati. Gli scienziati hanno una forte influenza, specialmente se di ambito medico, così come i comunicatori (esperti, ma anche giornalisti o opinion-leader). Le fonti istituzionali sono invece meno indicate: tra esse spiccano il Ministero della Salute e le università o gli istituti di ricerca. La comunicazione proposta dai media esercita un ruolo importante per la formazione di meccanismi di fiducia nei confronti degli scienziati, delle istituzioni di ricerca e delle politiche che riguardano la scienza e la tecnologia. Non mancano dubbi, comunque, sulla credibilità degli esperti scientifici. Ad esempio, nel caso dei vaccini, si riconosce che siano state proposte delle posizioni contrastanti e che non hanno prodotto una comunicazione efficace. Si ritengono credibili i soggetti che riescono a stabilire un rapporto costruttivo coi pazienti. Tra gli elementi critici sono stati indicati anche i toni eccessivi o estremi di alcuni esperti che spesso intervengono in termini categorici senza offrire uno spazio di confronto coi destinatari delle cure. Dalla discussione emerge infine che, date le potenzialità dei social network, è possibile facilmente esprimere e rendere visibili pareri contrastanti contribuendo a rendere ancora più complesso il panorama delle posizioni in campo. Questo tipo di contributo genera spesso confusione tra il pubblico e non permette di cogliere quali siano le notizie credibili, rimanendo in un ambito di incertezza. Per i temi ambientali si sottolinea la difficoltà di avere esperienze personali che permettano di formulare dei giudizi adeguati. Si nota dunque una considerevole differenza con i temi della salute, dove la dimensione personale è più rilevante. Non si devono comunque sottovalutare le modalità relazionali che rappresentano importanti fonti di informazione e discussione. Le cerchie parentali e amicali sono delle aree di confronto e scambio nelle quali si formano opinioni, atteggiamenti e visioni critiche nei confronti della scienza e della tecnologia (Observe Science in Society, 2021).

²³ Citando Bezzi (2021, p.13): “con valutazione si intende l’insieme delle attività collegate utili per esprimere un giudizio argomentato su una politica o un programma, realizzato da un soggetto pubblico o da un soggetto privato con finalità pubbliche”.

Occorre sottolineare che negli ultimi anni i professori e i ricercatori delle università si sono impegnati in modo crescente, a livello nazionale e internazionale, per comunicare la scienza e coinvolgere nelle loro attività il pubblico dei non-esperti. Questo impegno è nato dalla richiesta della società civile di avere maggiore vicinanza ai risultati di ricerca e dalle proposte delle istituzioni per creare un ambiente di scambio e dialogo con il pubblico. Non si tratta solo di trasmettere conoscenza, ma anche di favorire una migliore sensibilizzazione ai temi di ricerca, alle loro implicazioni pubbliche e al possibile coinvolgimento anche nelle scelte di politiche della ricerca. L'insieme di iniziative in cui sono impegnate le università in questo movimento si iscrive nel più ampio processo della cosiddetta terza missione: il complesso di attività indirizzate a trasferire conoscenze e competenze e la collaborazione con le diverse componenti della società. Le azioni di terza missione sono normalmente classificate in relazione alla ricerca (trasferimento tecnologico e innovazione), alla formazione (educazione continua) e al coinvolgimento delle università nella vita sociale e culturale. Tra queste attività la comunicazione esercita una funzione rilevante nella possibilità di arrivare al grande pubblico e di attivare anche luoghi di scambio e coinvolgimento per innescare processi di ascolto delle esigenze della società e di partecipazione attiva. Esperienze di partecipazione ad attività di tipo ambientale, discussioni su temi legati alla ricerca, eventi di comunicazione, dialogo tra ricercatori e pubblico sono esempi di questo impegno nel quale la comunicazione gioca un ruolo essenziale (Observe Science in Society, 2022).

Le indagini nazionali e internazionali ci mostrano, infatti, che negli ultimi anni una quota sempre crescente di cittadini entra in contatto con temi scientifico-tecnologici, soprattutto attraverso il web. Gli studi condotti su alcuni blog sul tema del cambiamento climatico hanno evidenziato un effetto di persuasione sui lettori: i ricercatori hanno rilevato una relazione tra le credenze dei lettori e il consenso sociale che essi percepiscono dai commenti postati dagli altri utenti. In altre parole, se i commenti rifiutano il contenuto del post il consenso del lettore è inferiore rispetto a quando i commenti lo approvano, sottolineando l'importanza del consenso sociale percepito nella formazione delle opinioni e del ruolo rivestito dai media digitali nel veicolare tale consenso. Tuttavia, sebbene il ruolo dei media digitali non possa essere sottovalutato, alcune ricerche condotte durante l'evolversi della crisi pandemica ritengono che vada almeno riconsiderato (*Ibidem*).

Anche tra i cittadini italiani è cresciuta la quota di coloro che seguono qualche scienziato o istituzione di ricerca sui social. In particolare, sembrano essere i giovani più istruiti a fruire di scienza e tecnologia attraverso questi canali di informazione.

1.3 La fiducia nella scienza

Il *Public Engagement* ha certamente un ruolo importante nel promuovere la fiducia del cittadino nella scienza, ma ciò non può essere ritenuto sufficiente poiché la fiducia è un fenomeno complesso che, per essere mantenuto o implementato necessita di riflessioni e interventi altrettanto complessi. Lo sviluppo di un capitale scientifico e sociale e la metodologia della *Citizen Science* sono a riguardo un enorme passo in avanti, come abbiamo potuto vedere fin qui.

La rilevanza teorica del concetto di fiducia sta nella sua essenza di collante sociale: è sulla base della fiducia reciproca che la società è possibile. Si consideri il contributo di Durkheim (1906) per il quale la fiducia deriva sostanzialmente dai caratteri di obbligazione e desiderabilità sui quali poggiano le regole morali. Richiamando Weber, la fiducia è propedeutica a un agire razionale orientato allo scopo (fiducia strategica) o al valore (fiducia moralistica).

Il concetto di fiducia è caratterizzato da dimensioni cognitivo-comportamentali ed emotive²⁴. A livello cognitivo può esservi fiducia solo in condizioni di conoscenza parziale, collocandosi in una zona intermedia tra completa conoscenza e completa ignoranza (Mutti, 1994). Secondo Pendenza (2004) è la mancanza di informazioni e di capacità di controllo sulla realtà (sia spaziale che temporale) a determinare il ricorso alla fiducia, intesa qui come una soluzione cognitiva al vuoto informativo. Simmel sottolineava (1908; tr. it. 1989, p.299) come “chi sa completamente non ha bisogno di fidarsi, chi non sa affatto non può ragionevolmente fidarsi”. “I vari gradi della fiducia si trovano tra due estremi: il sospetto generalizzato e la credulità senza limiti”²⁵. Dal punto di vista percettivo la fiducia riguarda la sfera dell’emotività: essa occupa lo spazio compreso tra totale assenza di rassicurazione emotiva e fede cieca. La fiducia è quindi una questione fondamentale quando si studiano le società moderne. Citando ancora Simmel, nel suo “Filosofia del denaro” egli affermava che “dove non c’è abbastanza conoscenza, la fiducia permette di comunicare tale mancanza come fosse un “elemento di fede sociopsicologica quasi religiosa”.

Dopo Simmel è soprattutto con Niklas Luhmann che si è consolidata la convinzione che solo livelli elevati di fiducia da parte dei cittadini nei confronti delle istituzioni e dei principi della convivenza collettiva potessero assicurare uno sviluppo sociale qualitativamente apprezzabile, nonché il raggiungimento di livelli adeguati di benessere collettivo.

Secondo Erikson (1963) i processi fiduciarci affondano le proprie radici nel rapporto con i genitori e con i familiari più stretti, per poi estendersi agli insegnanti, ai compagni di scuola e a tutte quelle figure che, a vario titolo, contribuiscono a formare l’identità di una persona (Lombardo, Nobile, a cura di, p.22, 2023).

Giddens (1990) spiega che nelle società moderne i meccanismi di fiducia si riferiscono ai sistemi astratti disaggregati, cioè ai sistemi esperti (ad esempio: si ha fiducia nel fatto che il palazzo del quale ci si accingeva varcare l’uscio sia stato costruito da ingegneri e architetti con criteri tali per cui non crollerà), laddove quelli delle società premoderne si basavano sulla fiducia localizzata (sistemi di parentela, comunità locali, cosmologie religiose, tradizioni), cioè su quel senso di sicurezza ontologica garantito dall’immutabilità dei sistemi di riferimento.

Lo stesso Giddens (citato in Rubin, 2020) individua alcuni elementi particolarmente importanti per capire il rapporto di fiducia tra opinione pubblica e scienziati:

- La fiducia è collegata all’assenza nel tempo e nello spazio. Infatti, non ci sarebbe necessità di ricorrere alla fiducia in un sistema di conoscenza e competenza diffusa;
- la fiducia è legata alla situazione contingente. L’ampia fiducia che i cittadini ripongono nella scienza, infatti, è da ricondursi alle attribuite capacità di risolvere (spesso attraverso la tecnologia) problemi connessi alla vita quotidiana;

²⁴ https://www.treccani.it/enciclopedia/fiducia_%28Enciclopedia-delle-scienze-sociali%29/.

²⁵ <https://www.pensierocritico.eu/>.

- fiducia significa confidare nell'affidabilità di una persona o di un sistema in relazione a una determinata serie di risultati o di eventi, laddove questo confidare esprime una fede [...] nella correttezza di principi astratti (sapere tecnico);
- nella modernità, la fiducia esiste nel contesto della generale consapevolezza che l'attività umana (per esempio, l'impatto della tecnologia sull'ambiente) è socialmente creata.

Fukuyama (1996) definisce la fiducia come l'aspettativa, che nasce all'interno di una comunità, di un comportamento prevedibile, corretto e cooperativo, basato su norme comunemente condivise da parte dei suoi membri. La fiducia è paragonabile ad un lubrificante sociale che accresce l'efficienza di qualsiasi gruppo o organizzazione.

Dal punto di vista cognitivo "la fiducia si colloca in un'area intermedia tra totale ignoranza e completa conoscenza" (Mutti, 2003, citato in Nobile, 2014), mentre sotto il profilo dell'emotività essa occupa lo spazio compreso tra totale assenza di rassicurazione emotiva e fede cieca. Una posizione, quella di Mutti, che viene ribadita da Pendenza (2004, *ibidem*), secondo il quale è la mancanza di informazioni e di capacità di controllo sulla realtà (sia spaziale che temporale) a determinare il ricorso alla fiducia, intesa qui come una soluzione cognitiva al vuoto informativo.

Possono essere individuate molteplici dimensioni in cui il concetto di fiducia può essere scomposto:

- Fiducia cognitiva: relativa ad una conoscenza intermedia
- Fiducia emotiva: relativa ad una rassicurazione parziale
- Fiducia comportamentale: basata sulla reciprocità²⁶
- Fiducia istituzionale
- Fiducia interpersonale
- Fiducia conoscitiva: aspettativa basata sulle conoscenze pregresse verso chi o cosa deve ottenere fiducia
- Fiducia valoriale: aspettativa di regolarità nelle relazioni in base agli orientamenti valoriali dell'individuo
- Fiducia normativa: aspettativa di corrispondenza alla norma da parte del depositario della fiducia²⁷

La fiducia è inoltre influenzata da fattori come genere, cultura, ideologia politica, esposizione ai media, livello di conoscenza di un argomento. Inoltre, essa è fortemente interrelata col concetto di capitale sociale. Quest'ultimo è un concetto fondamentale per le scienze sociali: secondo Fukuyama "il capitale sociale è una risorsa che nasce dal prevalere della fiducia nella società o in una parte di essa" (1995, trad.it 1996, p.40). Putnam (1993) vede nel concetto di capitale sociale una cultura che favorisce la cooperazione²⁸.

L'opera "Fondamenti di teoria sociale" (Coleman, 1990), è considerata uno dei più importanti contributi alle scienze sociali della seconda metà del '900. In quest'opera il grande sociologo - famoso soprattutto per i suoi studi sull'educazione, sull'azione sociale, sulla fiducia e il capitale sociale, sulla teoria della scelta razionale e sui rapporti tra microsociologia e macrosociologia - inserisce i sistemi

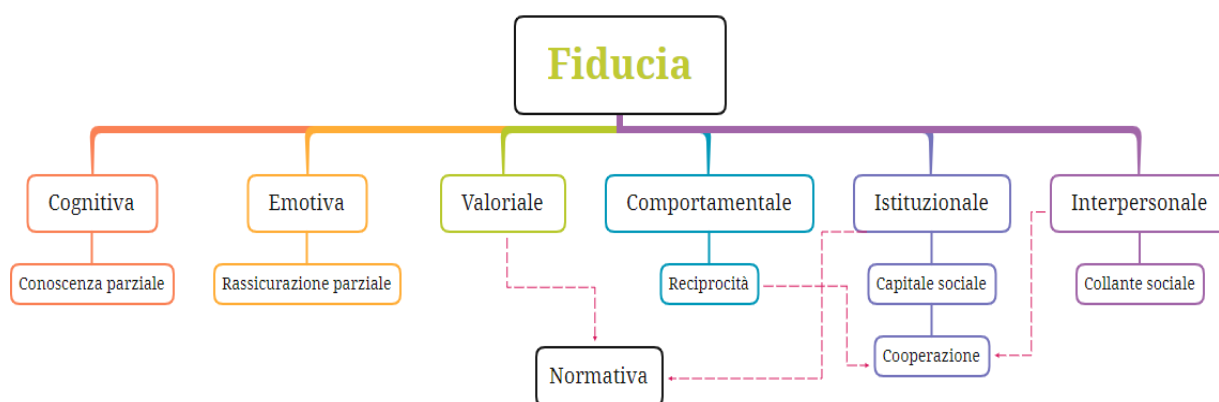
²⁶ Intese come cooperazione tra due attori che si accordano su una serie di regole, non necessariamente esplicitate (Outhwaite, Bottomore, Gellner, Nisbet, Touraine, a cura di, 1997).

²⁷ Per le dimensioni valoriali e normative si vedano Bianchi e Liani, 2017.

²⁸ Si veda nota 13.

di fiducia e il concetto di capitale sociale all'interno delle strutture di azione. Riguardo alla fiducia, il primo punto che sottolinea è che essa consente a chi la riceve un'azione che altrimenti non sarebbe stata possibile. Riguardo al capitale sociale, esso si crea quando le relazioni tra persone cambiano in modo che agevolano l'azione. Coleman discute la sua teoria del capitale sociale, confrontandolo col capitale umano e con quello fisico. Il capitale umano è costituito dalle competenze, dalle conoscenze e dall'esperienza di un individuo, che ne determinano il valore nella società. Il capitale fisico, essendo completamente tangibile e generalmente un bene privato, ha origine dalla creazione di strumenti che facilitano la produzione. Secondo Coleman, il capitale sociale e il capitale umano sono spesso complementari. Grazie a determinate competenze, esperienze e conoscenze, un individuo può acquisire uno status sociale e quindi ricevere più capitale sociale.

Da questi e altri contributi si può elaborare un'ulteriore dicotomia che caratterizza la fiducia (Lombardo, Nobile, a cura di, 2023): la **fiducia interpersonale** è la fiducia che le persone sviluppano all'interno di un contesto sociale ristretto, come la famiglia, la scuola gli amici o la comunità locale. Questo tipo di fiducia si basa sulla reciproca conoscenza e sulla condivisione di valori, norme e attitudini comuni. La fiducia interpersonale è un elemento fondamentale delle relazioni sociali e ha un impatto positivo sulla coesione sociale. D'altra parte, la **fiducia generalizzata** è la fiducia che le persone hanno indipendentemente dal contesto sociale o dalla conoscenza personale. Questo tipo di fiducia è basato sulla fiducia nelle istituzioni, come il governo, la polizia, il sistema giudiziario, gli scienziati (in quanto rappresentanti dell'istituzione scienza) e altre organizzazioni che si occupano degli affari pubblici. La fiducia generalizzata è importante per il funzionamento delle società moderne e può influenzare la partecipazione politica, l'attività economica e la coesione sociale stessa. Vi è in questo caso un elemento di irrazionalità che rende questo tipo di fiducia meno frequente e più difficile da sviluppare. Al fine del suo sviluppo sembra necessaria, ma non sufficiente, la formazione nell'individuo di una buona base di fiducia interpersonale e di capitale sociale. La fiducia interpersonale e la fiducia generalizzata sono state ampiamente studiate da sociologi già citati quali Putnam e Fukuyama.



Per quanto riguarda la fiducia nella scienza, il “*Public Understanding of Science*” dipende in gran parte dal processo di produzione delle evidenze scientifiche e dall'integrità di chi le conduce. Da cui la convinzione che esso sia favorito da tutti quei comunicatori e commentatori (scienziati, filosofi, giornalisti) che adottano un punto di vista realista della ricerca scientifica invece di un ideale

epistemologico: è quindi doveroso esigere le credenziali prima di concedere fiducia alla scienza. Da cui deriva che le istituzioni si convincano dell'assoluta necessità di introdurre, tra i criteri di apprezzamento e valutazione della ricerca scientifica, accanto a quelli classici (come la produttività, la brevettabilità, il consenso della comunità scientifica, ecc.), anche la coscienza critica, il rispetto per il pubblico ed il coinvolgimento dei vari referenti e destinatari delle applicazioni scientifiche.

Appare chiaro che la mancanza di fiducia nella scienza, nelle istituzioni scientifiche e nelle fonti di informazione risulta essere un fattore determinante per comprendere l'esitazione che alcuni hanno avuto, durante la campagna per la vaccinazione contro il Covid-19, nel sottoporsi ai vaccini. Infatti, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) indica proprio la fiducia come uno dei tre principali fattori che influenzano l'atteggiamento di esitazione a vaccinarsi (Observe Science in Society, 2022). La situazione di emergenza che si è determinata a seguito della pandemia ha provocato così una maggiore attenzione anche per iniziative già presenti ma inizialmente sottovalutate, come il Patto Trasversale per la Scienza lanciato nel gennaio del 2019 da un gruppo di scienziati e referenti associativi e istituzionali italiani, come avviene già da tempo in altri contesti, specie anglosassoni. Le finalità del Patto sono state definite come lo sforzo di "promuovere la cultura scientifica [...], vigilare sull'operato dei politici e agire nella società affinché la cultura della scienza e il rispetto del metodo scientifico divengano un patrimonio comune del nostro paese"²⁹.

Alcuni studi insistono sul concetto di "Dualismo Scienza-Fiducia" (in particolare Hendrik, Kienhues e Bromme, 2016), che viene attribuito nello specifico al fatto che la scienza è diventata sempre più specializzata, complessa e impermeabile per il grande pubblico, che di conseguenza si sente escluso. Sulla base di simili considerazioni gli autori introducono il concetto di "Fiducia Epistemica", con il quale si intende che nel campo della scienza e della ricerca scientifica le persone comuni dipendono in larga misura da altre persone, gli scienziati, e dalle loro conoscenze, e ciò fa sì che il largo pubblico finisca per trovarsi spesso in una situazione di carente informazione e incomprensione sviluppando atteggiamenti di sospetto. Il contributo di questi autori prende spunto da un gran numero di ricerche empiriche condotte sulla fiducia nei confronti della scienza, in un contesto nel quale l'accesso alle informazioni provenienti dal mondo scientifico è decisamente più diffuso e facilitato rispetto al passato, anche grazie allo sviluppo della realtà digitale e della comunicazione on-line.

In alcune analisi prodotte nell'ambito di *Euroscientist*³⁰ sono stati sottolineati i rischi del calo della fiducia nella scienza, in connessione con l'analogo calo della fiducia nella politica e nell'economia (Peters H.P., 2015)³¹. L'opinione espressa da questo gruppo di ricercatori è che l'affidabilità e l'integrità della scienza sono messe pesantemente in discussione proprio dalla necessità di scendere a compromessi con la politica e l'economia, per cui occorre innanzitutto chiarire l'indipendenza della scienza dagli interessi politici ed economici se si vuole aumentare la buona reputazione degli studi e dei prodotti scientifici.

Negli anni recenti è stato denunciato un apparente aumento di posizioni antiscientifiche: c'è chi, anche riunito in gruppi, si oppone alle vaccinazioni; si organizzano convegni sul terrapiattismo; si avversano le teorie sui cambiamenti climatici; si diffondono timori – scientificamente infondati – sugli OGM. C'è chi rigetta la teoria evuzionistica o ritiene lo sbarco sulla luna una messinscena hollywoodiana. Autorevoli commentatori e organizzazioni scientifiche hanno più volte espresso

²⁹ www.pattoperlascienza.it.

³⁰ Un'associazione di scienziati e cittadini a livello europeo.

³¹ <http://www.euroscientist.com>.

preoccupazione per il rischio di un declino della fiducia nella scienza. La responsabilità di un atteggiamento di sfiducia nella scienza è stata spesso rinvenuta nell'insorgenza di un'apparente diffusa cultura pseudo-scientifica, sebbene numerose ricerche nazionali e internazionali abbiano evidenziato l'ampia fiducia che i cittadini accordano alla ricerca e agli scienziati.

La percezione pubblica della scienza è stata anche studiata come sistema di credenze che condivide funzioni motivazionali con ideologie religiose politiche, ma anche con convinzioni etiche e morali che aiutano a comprendere come la scienza venga valutata e percepita dai differenti pubblici. Le ricerche dell'ambito di studi sul *Public Understanding of Science* hanno mostrato che c'è un vasto numero di atteggiamenti pubblici su argomenti tecno-scientifici che sono correlati a una più ampia visione del mondo (ambientalismo, animalismo, salutismo, ecc.). Anche perché talvolta i risultati dei ricercatori sono piuttosto incerti e soggetti a interpretazione oppure tanto specifici che difficilmente un cittadino che non si occupi dell'argomento possa averne adeguata comprensione, sorgono dubbi che possono minare la fiducia nella scienza. La specializzazione è così accentuata che anche gli esperti di una disciplina conoscono poco gli altri rami della loro materia e spesso la scienza soffre di processi di iperspecializzazione che, se da un lato permettono di raggiungere notevoli risultati per la risoluzione di problemi specifici, dall'altro rischiano di sottovalutare l'importanza dell'interdisciplinarietà – soprattutto nelle scienze sociali – minando fortemente le potenzialità di certe ricerche, o addirittura rendendo impossibile il raggiungimento di certi risultati (Gagliasso, Memoli, Pontecorvo, a cura di, 2011). Perché dovremmo fidarci della scienza, allora? “Se cercassimo di prendere ogni decisione sulla base dei nostri giudizi, saremmo sopraffatti”, afferma Friederike Hendriks, dell'università di Münster. “Se invece di chiedere a un medico dovessimo informarci fino all'ultimo dettaglio per capire se sia migliore questa o quella terapia, non saremmo più in grado di agire”. Spesso non ci resta altro che fidarci del fatto che gli esperti hanno studiato e valutato bene lo stato delle cose. Hendriks ha analizzato i motivi per cui ci fidiamo di più o di meno degli scienziati. In primo luogo, è decisivo il livello di competenza percepito: crediamo più facilmente a chi, secondo la nostra sensazione, ha più conoscenze ed esperienza in merito. In secondo luogo, conta che la persona parli secondo le regole della scienza e rispetti alti standard qualitativi. In terzo luogo, sono importanti le intenzioni dello scienziato: se riteniamo che voglia informarci nel miglior modo possibile ci fidiamo di più che se abbiamo l'impressione che stia facendo marketing o che abbia altri scopi. Il grosso problema è che in genere il cittadino medio non è adeguatamente in grado di valutare tutto questo. Secondo Hendriks, di norma le persone preferiscono gli scienziati che rendono trasparenti le incertezze, le limitazioni e gli errori. Per esempio, se mettono in chiaro i limiti dei loro risultati sono considerati più affidabili. Hendriks quindi consiglia: “di' quello che sai, ma anche quello che ancora non è chiaro. E segnala che il tuo intento è positivo”.

Tornando alla dimensione cognitiva, la fiducia nella scienza può essere influenzata negativamente anche da alcuni bias³²cognitivi. Di seguito alcuni possibili meccanismi cognitivi relativi alle rappresentazioni della scienza.

³²I primi autori che hanno introdotto e discusso il concetto di “Bias Cognitivi” sono gli psicologi Daniel Kahneman e Amos Tversky negli anni '70. Un bias cognitivo è un processo mentale che porta le persone a selezionare e dare maggiore attenzione e credibilità a certe informazioni rispetto ad altre. Si tratta fondamentalmente dello sviluppo di un pregiudizio, di un'euristica (scorciatoia) di pensiero che comporta errori sistematici (<https://www.economicomportamentale.it/2017/07/27/cosa-sono-i-bias-cognitivi/>). Questo tipo di distorsioni influenzano le valutazioni di fatti e avvenimenti. Sono spesso generati da automatismi mentali che danno origine a credenze e decisioni

1. **Euristica della disponibilità:** Le persone tendono a basare le loro opinioni e decisioni su informazioni recentemente disponibili o facilmente richiamabili. La pandemia, essendo un evento globale di grande risonanza, ha reso la scienza e la ricerca medica particolarmente presenti nella mente delle persone.
2. **Conferma dell'efficacia:** Il rapido sviluppo di vaccini efficaci può esser servito come una "prova tangibile" dell'efficacia della scienza, rafforzando la fiducia in essa.
3. **Euristica della rappresentatività:** Alcune persone potrebbero generalizzare l'efficacia dei vaccini all'intera comunità scientifica, pensando che se la scienza può produrre vaccini efficaci in breve tempo, allora deve essere affidabile in altri ambiti.
4. **Bias di conferma:** Le persone tendono a cercare, interpretare e ricordare le informazioni in modo che confermino le loro credenze preesistenti. Coloro che già dubitavano della scienza potrebbero essere stati più inclini a credere e diffondere teorie del complotto.
5. **Reazione alla percezione di controllo:** L'approccio paternalista menzionato potrebbe aver fatto sentire alcune persone come se fossero trattate in modo accondiscendente o come se il loro diritto di prendere decisioni fosse stato tolto. Questo può portare a una reazione avversa e a una diminuzione della fiducia.
6. **Identità sociale e conformità di gruppo:** Le persone tendono a conformarsi alle opinioni e ai comportamenti del loro gruppo di riferimento. Se un individuo appartiene a un gruppo che diffida della scienza o crede in teorie del complotto, potrebbe essere influenzato da queste opinioni.
7. **Difesa del sistema:** In tempi di crisi, alcune persone potrebbero rafforzare la loro fiducia nelle istituzioni esistenti (come la scienza) come mezzo per mantenere un senso di ordine e prevedibilità.
8. **Ricerca di semplicità in situazioni complesse:** Le teorie del complotto possono offrire spiegazioni semplici a situazioni complesse. Di fronte a una pandemia globale e alle sue implicazioni, alcune persone potrebbero trovare conforto in spiegazioni alternative che semplificano la situazione.
9. **Sensazione di esclusione:** Se le persone si sentissero escluse o non ascoltate dalle autorità o dalla comunità scientifica, potrebbero essere più inclini a diffidare e a cercare fonti alternative di informazione.

Questi sono alcuni dei meccanismi cognitivi e psico-sociali che potrebbero essere attivati dalla situazione descritta. La percezione della scienza e la fiducia in essa sono influenzate da una complessa interazione di fattori individuali, sociali e culturali, che sono stati presi in considerazione nel processo di operativizzazione (vedi cap. 3) per la realizzazione del questionario e ai fini dell'analisi dei risultati.

Occorre però tornare a focalizzarsi – come fatto quando si è affrontata la stimolante questione della *Citizen science* – su questi ultimi anni caratterizzati dalla pandemia da Covid-19. Come si era visto nel secondo capitolo, essa ha portato, come forse mai prima d'ora, la scienza in prima linea nel dibattito pubblico: non sono mai stati scritti così tanti articoli di giornale, organizzate così tante conferenze stampa o servizi nei notiziari televisivi su un virus e sulla scienza impegnata a studiarlo e

veloci. Questi pregiudizi mentali, spesso inconsci, possono influenzare la nostra capacità di prendere decisioni logiche e razionali. Essi si basano su percezioni errate o deformate, pregiudizi e ideologie, al di fuori del giudizio critico. In sintesi, un bias cognitivo è un errore sistematico che si verifica nell'elaborazione e interpretazione delle informazioni, influenzando il nostro giudizio e le nostre decisioni (<https://www.pensierocritico.eu/bias-cognitivi-euristiche.html>).

debellarlo. Ciò ha mostrato che nelle società contemporanee la comprensione della scienza è necessaria non solo per chi esercita una professione che dipende direttamente da essa, ma per qualsiasi cittadino che desideri prendere decisioni informate in relazione alle molte questioni controverse che oggi sono in discussione. A titolo esemplificativo, Odette Wegwarth, psicologa del Max-Planck-Institut für Bildungsforschung di Berlino, ha dimostrato che i tedeschi desideravano una comunicazione trasparente durante la pandemia di Coronavirus. Secondo i suoi sondaggi, c'è una preferenza per le previsioni che rendono chiara l'incertezza³³; sono considerate più informative. Inoltre, era più probabile che i partecipanti al sondaggio percepissero previsioni del genere come uno stimolo a sostenere in prima persona le misure di contenimento.

Il virologo berlinese Christian Drosten ha ripetuto più volte che per alcune domande a proposito del Covid-19 non c'erano risposte chiare e a volte ha cambiato idea sulla base di nuovi dati. Ciò ha portato alcuni ad accusarlo di essere volubile o addirittura incompetente. Invece i risultati scientifici devono sempre essere adattati alle nuove prove e quindi vanno considerati approssimazioni provvisorie e non verità definitive.

Particolare interesse per il presente lavoro svolge la ricerca della Fondazione Mondo Digitale che, con il supporto del Dipartimento di Economia politica e statistica della Università degli Studi di Siena, ha condotto un'indagine intitolata "Ricerca sulla fiducia dei giovani nella scienza" che ha visto il coinvolgimento di 4mila studenti tra i 14 e i 19 anni. Dalla ricerca è risultato che i giovani hanno molta fiducia nei decisori politici, negli scienziati e nei medici, nonostante abbiano manifestato una certa insoddisfazione per la gestione comunicativa dell'emergenza sanitaria, percepita come confusionaria: non a caso il 78% di essi vorrebbe avere una maggiore chiarezza e più capacità di ascolto.

Un importante contributo alla diffusione della conoscenza scientifica presso le nuove generazioni è stato offerto dal progetto *Fattore J*, promosso da Janssen Italia. Il progetto è stato avviato con l'obiettivo di integrare empatia e sviluppo dell'intelligenza emotiva nel tradizionale curriculum della scuola italiana, per formare ragazze e ragazzi sui temi della prevenzione e della salute, sensibilizzare al rispetto di chi vive in condizione di fragilità e consolidare la fiducia nella scienza. Nel corso dell'anno scolastico il progetto ha coinvolto 12mila giovani di 63 scuole superiori in 7 regioni italiane. L'evento conclusivo della prima edizione di *Fattore J* ha visto gli studenti coinvolti nell'ideazione di campagne Instagram per affermare il valore della scienza e della ricerca scientifica e sconfiggere pregiudizi e paure. Si è poi visto che, per superare l'emergenza sanitaria, i giovani considerano prioritario il ruolo della ricerca per nuovi vaccini e farmaci (81%), seguito dalla gestione equilibrata dei decisori politici (53%) e da una corretta comunicazione (30%). Questi risultati sono stati presentati dal direttore scientifico Alfonso Molina e discussi con gli esperti dell'Università Campus Bio-Medico di Roma, partner scientifico del progetto *Fattore J*, promosso dalla Fondazione Mondo Digitale con

³³ È verosimile ritenere che uno degli aspetti che ha portato a criticare l'operato della scienza – e soprattutto dei singoli scienziati – sia stato un eccesso di certezze, spesso poi smentite almeno parzialmente. Si parla spesso in medicina della necessità – in effetti parzialmente soddisfatta ad oggi – di superare l'approccio paternalistico che in passato troppo spesso avevano i medici nei confronti dei pazienti. Anche in psicologia sociale si ritiene che la persuasione sia un processo che non può funzionare se ci si concentra solo sulle certezze e sugli aspetti positivi di un qualsiasi argomento. Appare chiaro che nel dibattito che coinvolge tutti gli *stakeholder* – e quindi anche i cittadini non-esperti – più che di persuasione bisognerebbe parlare di "trasmissione e riflessione" relative alle questioni scientifiche.

la collaborazione di Janssen Italia e il patrocinio dell'Istituto Superiore di Sanità. Massimo Scaccabarozzi, Presidente di Farindustria e AD di Janssen Italia, ha dichiarato:

Da una parte, questa pandemia ha avuto il merito di portare in prima pagina temi scientifici relativi alla salute e alla sanità che mai avevano trovato un così ampio spazio di discussione. Dall'altra parte, però, questa infodemia è stata spesso causa di confusione, per questo non mi sorprende che i giovani chiedano maggiore chiarezza. Credo che questa vada, però, accompagnata dall'accessibilità vale a dire che dobbiamo fornire ai ragazzi i filtri necessari per comprendere al meglio la mole di informazioni alla quale sono sottoposti e diradare un po' la nebbia informativa che spesso li confonde³⁴.

Secondo una rilevazione di *Observe Science in Society* effettuata nel 2021:

la fiducia nei confronti della scienza diminuisce al crescere dell'età e aumenta al crescere del livello di istruzione, di alfabetismo scientifico e di esposizione alla scienza e alla tecnologia attraverso i media, ma sono soprattutto i laureati a ritenere più degli altri che i benefici della scienza siano maggiori dei possibili effetti negativi e i più esposti alla scienza nei media a credere che solo la scienza possa dirci la verità sull'uomo e sul suo posto nella natura; mentre chi è più anziano, ha un basso titolo di studio e di alfabetismo scientifico è più preoccupato/a degli altri che la scienza e la tecnologia cambino troppo velocemente il nostro stile di vita e minaccino valori fondamentali come la vita umana e la famiglia.

Occorre poi sottolineare che la fiducia nella scienza può dipendere dalla fiducia nelle altre istituzioni. Nel contesto della pandemia da Covid-19, un ampio studio internazionale ha sottolineato il nesso tra fiducia nelle istituzioni e orientamento alle vaccinazioni, riscontrando i livelli più bassi nei Paesi dell'Europa dell'est che presentano i più bassi tassi di vaccinazione e la minor fiducia nelle istituzioni³⁵.

1.4 Scienziati, cittadini e *literacy* scientifica

La cultura digitale ha contribuito fortemente a sviluppare la società dell'informazione e della conoscenza, trasformandola in una *networked* society, un corpus comunitario costantemente interconnesso (Castells 2010, citato in Luzi, D'Amore, 2019).

La cultura digitale si basa su tre elementi fondamentali: partecipazione, digitalizzazione, e riutilizzo dell'informazione:

- La partecipazione implica un ruolo attivo da parte degli utenti che non sono più solo fruitori passivi del processo informativo ma diventano attori attivi e produttori di contenuti (prosumer: consumer e producer). In questo modo si trasforma anche il modello di comunicazione che da 'uno-a-molti' diventa di tipo 'molti-a-molti'.

³⁴https://www.pharmabusiness.it/aziende/eventi_ed_approfondimenti/giovani_e_pandemia_fiducia_in_istituzioni_e_scienza_ma_comunicazione_confusa-927.

³⁵ <https://www.agenda17.it/2022/05/04/la-fiducia-nella-scienza-e-negli-scienziati-e-aumentata-durante-la-pandemia/>.

- Per digitalizzazione, invece, si intende la conversione digitale e l'accesso remoto in linea a qualunque tipo di contenuto e/o documento. Questo è possibile grazie alla omogeneità strutturale dei dati, poiché sullo stesso supporto possono essere archiviati e visualizzati segnali in origine differenti come testi, immagini, suoni. Ulteriore caratteristica della digitalizzazione è la maggiore archiviabilità dei dati che occupano in questo modo poco spazio, sono facilmente trasportabili e consentono di conservare enormi memorie personali e collettive. La digitalizzazione ha modificato il modo di apprendere, di fruire informazione *tout court*, infatti oggi si può parlare di e-learning, e-government, *citizen journalism*. ecc.
- La terza caratteristica della cultura digitale è il riutilizzo dell'informazione. La possibilità di accedere più facilmente e più tempestivamente alle notizie combinandole, riutilizzandole e condividendole, fa sì che l'informazione sia ottimizzata a livello temporale e spaziale (Deuze 2014, p.35).

Manuel Castells (1996) ha introdotto il concetto di capitalismo informazionale che declina in termini comunicativi un concetto economico. Il capitalismo informazionale consiste nella possibilità di poter comunicare con chiunque in qualsiasi parte del mondo, creando un flusso di informazioni che possono essere trasformate in conoscenze; conoscenze che si arricchiscono di contributi, opinioni e punti di vista e idee e, in tal modo, diventano più esaustive, efficaci e competitive. In questa prospettiva l'informazione è un valore, in quanto rappresenta un bene che apporta valore culturale. Gli strumenti digitali, a differenza dei media tradizionali, permettono una partecipazione attiva all'interno del cyberspazio che non è strutturato in modo gerarchico ma prevede che tutti gli utenti siano sullo stesso piano, livellando i ruoli e offrendo nuove possibilità di comunicazione (Bauman, Leoncini 2017).

Negli ultimi anni la comunità scientifica si è evoluta e ha iniziato a partecipare in modo sempre più attivo alla vita sociale e politica, mentre allo stesso tempo i cittadini sono sempre più coinvolti nei processi di ricerca scientifica. Ciò mostra quanto sia cambiata l'identità della comunità scientifica. Gli scienziati e i ricercatori si sentono attori pienamente legittimati nel partecipare alle decisioni pubbliche e a scendere anche nell'arena politica. Parimenti, i cittadini si sentono coinvolti anche – e forse soprattutto – nelle scelte relative alla realizzazione degli artefatti tecno-scientifici e più in generale delle applicazioni possibili grazie alle nuove scoperte scientifiche. Questo processo di “democratizzazione della scienza” ha innescato attività di coproduzione scientifica e tecnologica significative, lontano dall'approccio tecnocratico e paternalistico basato sulla presupposta neutralità e superiorità della scienza³⁶(Bucchi, 2002 e 2006).

Esiste un consenso mondiale sul fatto che le società – ormai non solo quelle occidentali – abbiano bisogno di cittadini scientificamente alfabetizzati. Ma ciò non è più sufficiente.

Proprio perché la scienza non garantisce un accesso privilegiato alla “verità”, esistono altri tipi di sapere che possono tornare utili, altre competenze e priorità da prendere in considerazione. Attribuire competenza solamente agli scienziati impedisce all'intero processo decisionale di maturare una consapevolezza della complessità degli obiettivi da porsi e delle molte possibili strade per raggiungerli.

Collins ed Evans cercano un modo per determinare come tracciare un confine tra esperti e non esperti per mantenere una partecipazione democratica senza tuttavia rischiare una paralisi decisionale. Per risolvere questo problema, gli autori propongono di spostare il focus degli STS dal problema della costruzione della conoscenza, al problema della costruzione della competenza, al fine di sviluppare

³⁶ Su tale spinosa questione si veda il § 1.

una teoria normativa dell'*expertise*. Gli studi sociologici sulle controversie scientifiche e tecnologiche mostrano che la distinzione tra esperti e non esperti, tra scienziati e pubblico è, in un certo senso, fuorviante. Nessuna decisione, infatti, è esclusivamente scientifica, poiché sono molte le sfere del sociale che si intersecano nel mondo della tecnoscienza. A questo punto, ci si può chiedere se il cittadino “non esperto” possa sviluppare consapevolezza e competenza – nell’ambito di un costante dialogo col mondo scientifico – che superi il semplice accumularsi di conoscenze, vale a dire quella che è chiamata “alfabetizzazione scientifica”. C’è comunque da dire che l’alfabetizzazione scientifica è considerata ancora ad oggi un caposaldo della nostra cultura (Scamuzzi e De Bortoli, a cura di, 2012) ma si tratta di un obiettivo non ancora raggiunto, sebbene si siano fatti progressi rilevanti (Observe Science in Society, 2020), almeno dal punto di vista nozionistico e delle conoscenze fondamentali. Tuttavia, la diffidenza nei confronti della scienza da parte di alcuni cittadini sembra essere ancora una realtà difficile da superare e che pare rafforzarsi anche a causa di processi comunicativi propri dei social network e del web più in generale. Se ciò apparentemente può sembrare contraddittorio ad una prima analisi – poiché è evidente un aumento della portata dell’informazione nell’era di internet e dei social (Shu et al., 2017) – soffermandosi sui contenuti di molti commenti e sul crescente fenomeno delle *fake news* (Lazer et al., 2018) si può evincere come alla maggioranza dei cittadini manchi una vera educazione alla scienza, intesa anche come capacità di discriminare, nel mare delle informazioni veicolate proprio tramite il web, ciò che è scientificamente valido da ciò che non lo è. Inoltre, la situazione di emergenza che si è determinata a seguito della pandemia da Covid-19 ha accentuato tale fenomeno, ma ha anche svelato maggiormente il mondo della scienza al cittadino, creando un fermento dai risvolti contraddittori. Infatti, se da una parte ciò ha portato a un aumento di dubbi e polemiche – certamente legittime e utili quando espresse in modo democratico – da parte del grande pubblico, dall’altra ha provocato una maggiore attenzione anche per iniziative già presenti ma inizialmente sottovalutate, come il Patto Trasversale per la Scienza lanciato nel gennaio del 2019 da un gruppo di scienziati e referenti associativi e istituzionali italiani, come avviene già da tempo in altri contesti, specie anglosassoni. Le finalità del Patto sono state definite come lo sforzo di “promuovere la cultura scientifica [...], vigilare sull’operato dei politici e agire nella società affinché la cultura della scienza e il rispetto del metodo scientifico divengano un patrimonio comune del nostro paese”³⁷.

Nell’ambito dell’indagine PISA 2015-2018, l’Ocse ha definito l’alfabetizzazione scientifica come “l’abilità di un individuo nel confrontarsi con questioni di tipo scientifico e con idee che riguardano la scienza in quanto cittadino che riflette”. La conoscenza intesa come alfabetismo scientifico è stata a lungo considerata l’indicatore principale, tra gli indicatori di percezione, attraverso cui misurare l’efficacia della comunicazione pubblica della scienza e della educazione e formazione scientifica. Sulla base di queste premesse, varie istituzioni pubbliche e private hanno finanziato e avviato programmi e iniziative volte a promuovere una migliore comprensione della scienza tra il pubblico non specialistico. Nonostante siano stati più volte evidenziati i limiti di un simile approccio, la conoscenza continua a essere un indicatore chiave nelle ricerche di monitoraggio e valutazione di un processo di apprendimento e delle attività di comunicazione della scienza per il pubblico dei non esperti (Observe Science in Society, 2022).

³⁷ www.pattoperlascienza.it.

PISA identifica nel “sapere scientifico” una delle competenze indispensabili per la vita, e propone quindi la “*literacy* scientifica” come terza area di indagine da affiancare alle competenze di lettura e matematica perché:

- la scienza e tecnologia sono pervasive nel nostro mondo;
- avere conoscenze scientifiche e comprendere la tecnologia è fondamentale per partecipare pienamente ad una società dominata dalla scienza e dalla tecnologia;
- la comprensione consente di fare scelte consapevoli nella vita personale, della comunità, della nazione e del mondo.

Per *literacy* scientifica l’indagine PISA intende:

l’insieme delle conoscenze scientifiche di un individuo e l’uso di tali conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti riguardo a temi di carattere scientifico; la comprensione dei tratti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e d’indagine propria degli esseri umani; la consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale e la volontà di confrontarsi con temi che abbiano una valenza di tipo scientifico, nonché con le idee della scienza, da cittadino che riflette³⁸.

Data questa definizione, appare chiaro che la *literacy* scientifica richiesta da PISA 2012, attribuisce una notevole importanza a ciò che un cittadino deve conoscere per affrontare situazioni che richiedono il ricorso alla scienza e alla tecnologia o che sono in qualche modo da esse determinate. In particolare, la *literacy* scientifica include e vuole evidenziare tre nodi concettuali che rendono il sapere efficace:

- le conoscenze, ovvero la comprensione del mondo naturale fondata su conoscenze scientifiche nelle quali confluiscono tanto le conoscenze sul mondo naturale quanto le conoscenze sulla scienza in quanto tale;
- le competenze, ovvero la dimostrazione di competenze che comprendono il saper identificare questioni scientifiche, lo spiegare i fenomeni in modo scientifico e il trarre conclusioni basate sui fatti;
- gli atteggiamenti, che indicano interesse per la scienza, sostegno nei confronti della ricerca scientifica e motivazione ad agire responsabilmente nei confronti, ad esempio, delle risorse naturali e dell’ambiente.

³⁸ INVALSI, Quadro di riferimento di PISA 2006, Roma, Armando, 2007.

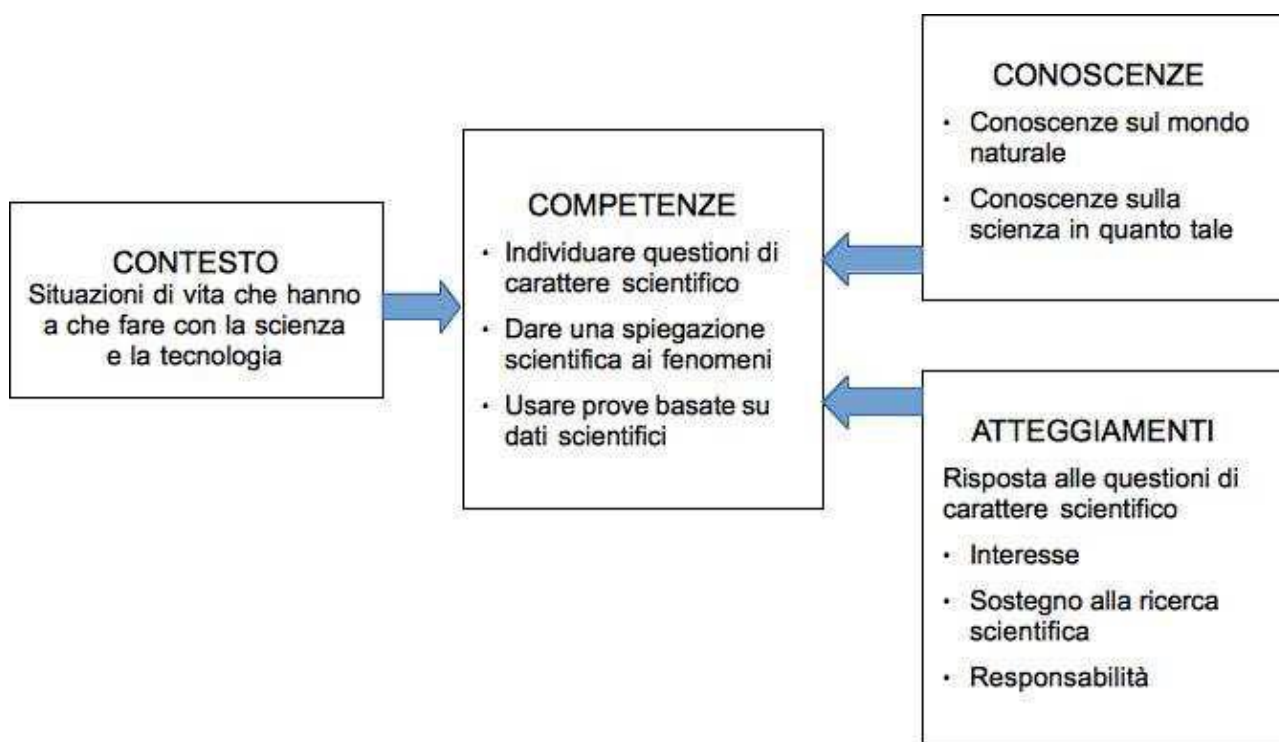


Fig.2: “Valutare le competenze in Scienze, Lettura e Matematica” (cfr. nota 50).

In PISA 2006, per *literacy* scientifica di un individuo s’intende quindi un insieme di:

- conoscenze scientifiche e capacità di utilizzare tali conoscenze per identificare domande scientifiche, per acquisire nuove conoscenze, per spiegare fenomeni scientifici e per trarre conclusioni basate sui fatti in merito a questioni di carattere scientifico;
- comprensione degli aspetti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e di indagine propria degli esseri umani;
- consapevolezza di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale;
- disponibilità a confrontarsi come cittadino.

Secondo il gruppo di ricerca PISA, la valutazione futura degli studenti dovrà riguardare quanto uno studente sa utilizzare le conoscenze acquisite per agire (fare scelte, prendere decisioni, valutare, ...) da cittadino responsabile (Bruna Baggio, 2006). Alla base della definizione del “cosa valutare” vi è l’individuazione dei bisogni del cittadino³⁹:

- Cosa è importante che un cittadino conosca?
- A cosa è importante che dia valore?
- Cosa deve saper fare in situazioni che hanno a che fare con la scienza?
- Quanto e come deve esser in grado di distinguere tra ciò che è scienza e ciò che non è scienza?

Alcuni processi cognitivi hanno un significato e una rilevanza speciale all’interno della *literacy* scientifica. Fra i processi cognitivi che le competenze scientifiche presuppongono ci sono: il ragionare induttivo/deduttivo, il pensare in modo critico e integrato, il trasformare rappresentazioni (ad esempio

³⁹ Ciò è in linea col dibattito internazionale a livello: i) culturale; ii) pedagogico; iii) scientifico.

i dati in tabelle e le tabelle in grafici), l'elaborare e il comunicare argomentazioni e spiegazioni fondate sui dati, il pensare in termini di modelli e l'utilizzo della matematica.

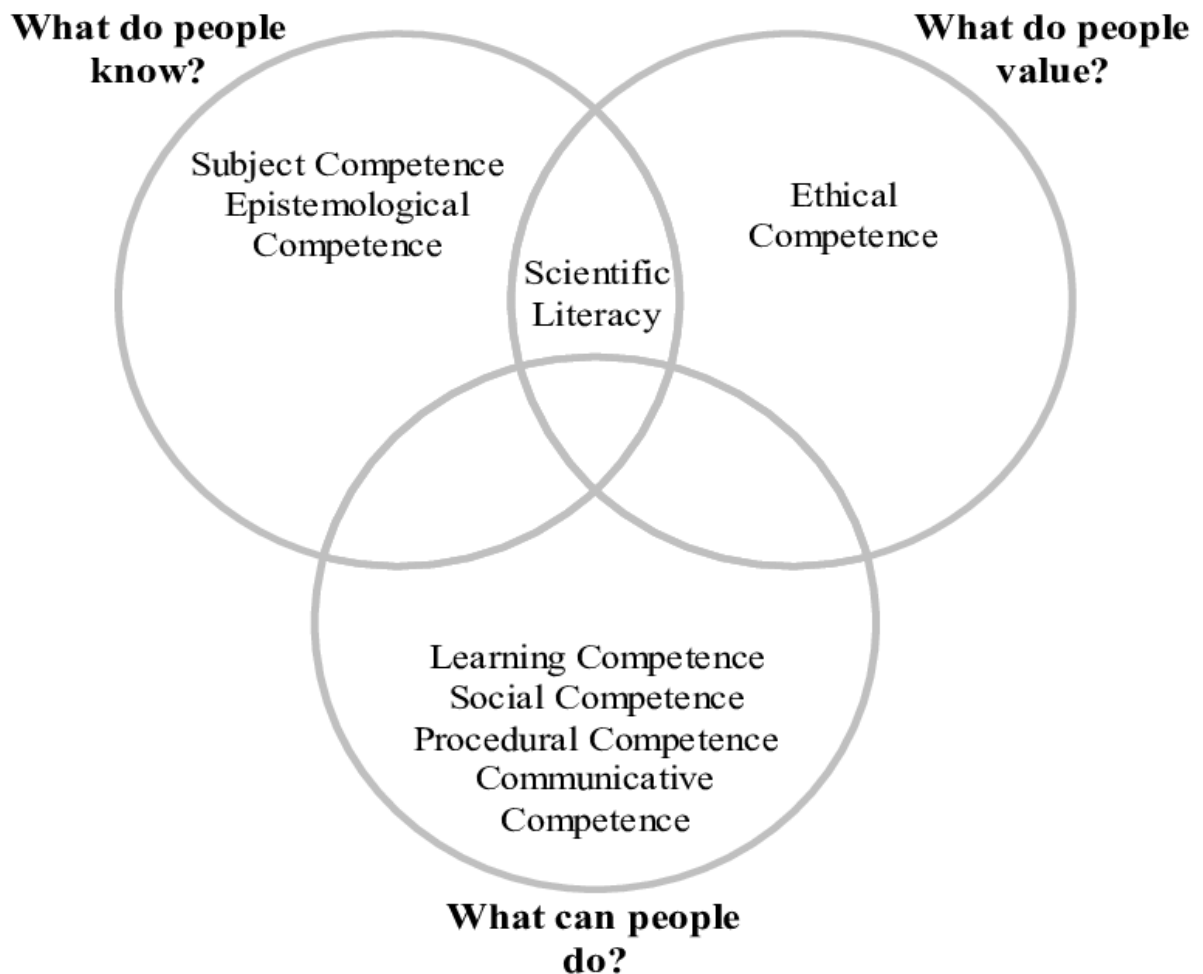


Fig.3: modello di *literacy* scientifica di Graber.

Per *literacy* scientifica di un individuo s'intende quindi un insieme di:

- **Conoscenze scientifiche** e capacità di utilizzare tali conoscenze
- **comprensione** degli aspetti distintivi della scienza intesa come forma di sapere e di indagine propria degli esseri umani
- **consapevolezza** di come scienza e tecnologia plasmino il nostro ambiente materiale, intellettuale e culturale
- **disponibilità** a confrontarsi come cittadino

Sulla questione dell'alfabetizzazione, prima ancora che sulla literacy, diversi studi sono stati fatti da Observa (alcuni sono stati citati poco sopra). Vale la pena citare anche uno studio svolto al di fuori della realtà europea. In questo lavoro (Rand e Sirlin, 2021) si è indagato il rapporto tra alfabetizzazione scientifica e diffusione della disinformazione. Una teoria popolare sul perché alcuni si lasciano ingannare dalla disinformazione che incontrano online chiama in causa la mancanza di

competenze digitali, un termine che descrive il modo in cui una persona naviga negli spazi digitali. Chi non ha competenze digitali, si pensa, può essere più suscettibile a credere a informazioni false e condividerle. Di conseguenza, le persone meno alfabetizzate digitalmente possono svolgere un ruolo significativo nella diffusione della disinformazione. Per prima cosa, nell'ambito dello studio si è cercato di fare chiarezza sul concetto di alfabetizzazione digitale definendolo in due modi: secondo la prima definizione "l'alfabetizzazione digitale è il possesso delle competenze digitali di base necessarie per reperire efficacemente informazioni online, per esempio saper utilizzare Internet per rispondere a determinate domande". L'altra definizione si concentra specificamente sui social media, chiedendo se le persone capiscono come le piattaforme decidono cosa mostrare nei *newsfeed*. Nello studio sono stati intervistati 1341 cittadini americani rappresentativi per età, sesso, etnia e regione geografica. Lo studio ha rilevato che l'alfabetizzazione digitale è effettivamente un buon predittore della capacità di discernere le informazioni accurate da quelle false. Entrambe le misure di alfabetizzazione digitale sono risultate indipendentemente predittive della tendenza dei partecipanti allo studio a considerare le notizie reali più accurate di quelle false. Il risultato è stato lo stesso indipendentemente dall'affiliazione politica dei soggetti e dal fatto che le notizie riguardassero la politica o il Covid. Quando è stato esaminato il legame tra alfabetizzazione digitale e la volontà di condividere informazioni false con altri attraverso i social media i risultati sono stati però differenti. Le persone con una maggiore alfabetizzazione avevano la stessa probabilità di condividere articoli falsi di quelle meno alfabetizzate. Già in una precedente ricerca degli stessi autori era stato scoperto che, sebbene la maggior parte delle persone non voglia diffondere disinformazione, i social media distraggono: le persone scorrono velocemente e la loro attenzione è attratta dalla convalida sociale e da altri feedback, come il numero di "mi piace" ottenuti dai loro post. Questo significa che spesso ci si dimentica di chiedersi se una storia è vera o falsa quando si valuta, anche se velocemente, se condividerla. Per cui, unendo le conclusioni di entrambi gli studi si arriva facilmente ad affermare che credere e condividere non sono la stessa cosa, almeno sul web.

Tra i risultati degli studi realizzati sul rapporto tra cittadini e scienza, è interessante menzionare la tipologia formulata da Barrotta (2016) relativa appunto al come i cittadini si avvicinano alla scienza:

1. Gli entusiasti moderati: la scienza pura e moralmente neutrale. È solo quando la conoscenza scientifica è applicata per specifici scopi pratici che siamo legittimati ad affermare che la ricerca può eventualmente essere condannata moralmente;
2. Gli entusiasti radicali: tutta la scienza, non solo la scienza pura, è moralmente neutrale. Essi estendono questa visione a ogni tipo di ricerca incluse le ricerche tecnologiche e applicate. Gli artefatti tecnologici sono per loro moralmente ambivalenti. Le valutazioni morali sorgono solo nel momento in cui la società decide l'uso dell'artefatto tecnologico;
3. Gli apocalittici radicali: la conoscenza scientifica è una costruzione sociale. La presunta obiettività della conoscenza scientifica deve essere decostruita, al fine di mostrare i negoziati economici e sociali che ne sono alla base. Vi è l'idea che il contenuto della conoscenza scientifica non dipenda dall'indagine empirica e dalla natura ma da fattori sociali quali interessi economici o rapporti di potere. Ciò che essi sostengono e che gli stessi fenomeni empirici possono essere spiegati da costruzioni concettuali tra loro molto diverse, e che queste costruzioni sono di natura sociale;
4. gli apocalittici moderati: la ricerca scientifica deve in qualche modo essere controllata dai valori morali. In caso contrario, la scienza potrebbe diventare pericolosa per il progresso

sociale. Questa idea è relativamente comune tra i movimenti di ispirazione religiosa, inclusi gli ambienti conservatori americani. Nell'ambito delle scienze della vita, si deve soprattutto notare come gli stessi mezzi con cui gli scienziati compiono le loro ricerche siano carichi di valore. Lo studio della caduta dei gravi da parte di Galileo non solleva problemi perché non ci possono essere obiezioni morali all'uso di piani inclinati come mezzo per effettuare l'indagine. Ben diverso, ad esempio, è il caso delle cellule staminali embrionali. In questi casi è necessario che la società svolga un controllo morale sulla ricerca.

Queste concezioni hanno più punti in comune di quanto sembri. Si possono individuare tre presupposti impliciti che devono essere tuttavia respinti, sia per l'autore in questione ma in generale alla luce di diversi punti chiave analizzati finora:

1. Scienze e società sono due blocchi distinti e separati;
2. il rapporto di influenza tra scienza e società è unidirezionale;
3. se la scienza non fosse moralmente neutrale allora non sarebbe oggettiva.

Secondo Barrotta è con il pragmatismo che si superano molte di queste incoerenze e battaglie ideologiche tra i vari tipi di approcci. La scienza – più che la verità – cercherebbe infatti teorie “utili” e si può al più “avvicinare” alla verità. La rilevanza di una proposizione o di una teoria dovrebbe essere determinata dalla sua efficacia pratica. Ciò significa che una teoria scientifica è “vera” solo nella misura in cui è utile per spiegare e predire i fenomeni naturali o sociali e che la scienza deve essere giudicata in base ai suoi risultati concreti e alla sua capacità di risolvere problemi pratici. Inoltre, come abbiamo visto, per alcuni la realtà sarebbe socialmente costruita – del tutto o almeno in parte. Non occorre qui ritornare sui punti analizzati nel secondo capitolo, né citare i molti contributi epistemologici, sociologici e metodologici rinvenibili in letteratura.

1.5 Scienza e religione

Il rapporto tra scienza e fede è un tema molto complesso e dibattuto, che ha avuto diverse fasi storiche e interpretazioni filosofiche. Seguendo Comte (Campelli, 2020) la conoscenza umana si compone di più fasi: quella teologica, quella metafisica o astratta, quella scientifica. Ma questo “progresso” non è così semplice e lineare.

Alcuni ritengono che scienza e religione siano incompatibili⁴⁰ e contrapposte, perché la scienza si basa sulla ragione e l'osservazione empirica, mentre la religione si basa sulla fede che a sua volta si

⁴⁰ Come afferma Nietzsche “[...] fra la religione e la vera scienza non ci sono parentele, né amicizia e neanche inimicizia: vivono semplicemente su pianeti diversi”. Il filosofo, infatti – come molti altri pensatori – sostiene l'inconciliabilità tra la scienza e la fede, poiché esse si occupano di mondi totalmente differenti (Fonte: Wikipedia). Anche i principali

basa sulla rivelazione e l'autorità. Altri ritengono che scienza e fede siano complementari e armoniche, perché la scienza esplora il come delle cose, mentre la fede esplora il perché delle cose. Altri ancora ritengono che scienza e fede siano indipendenti e irrilevanti l'una per l'altra, perché la scienza si occupa del mondo naturale, mentre la fede si occupa del mondo trascendente.

Seppure i domini sembrano differenti, non è stato raro – come ben si sa – che i due mondi si scontrassero smentendo duramente le affermazioni l'uno dell'altro⁴¹. E nonostante la religione abbia riconosciuto molte delle acquisizioni teoriche della scienza⁴², il tema del rapporto tra scienza e religione è ancora materiale di uno scontro sia culturale che politico. Questo scontro rappresenta una questione particolarmente critica, in quanto il tema in oggetto coinvolge questioni molto complesse e delicate di storia della scienza e del pensiero scientifico, filosofico e teologico.

In effetti, la questione del rapporto tra scienza e fede mantiene sempre, in ogni tempo, il suo interesse, ma anche la sua problematicità, nonostante la fede sia divenuta sempre più una dimensione della sfera privata dell'esistenza e quindi sia passata in secondo piano nel dibattito pubblico e nell'agenda politica⁴³. È a tutti noto, infatti, come questo tema sia stato e sia a lungo dibattuto ed abbia dato luogo a conflitti e contrasti spesso infelici da ambo le parti con conseguenze a volte gravi sia per la fede, che per la scienza. Per quanto oggi molte difficoltà siano state superate e molte incomprensioni chiarite, non è difficile cogliere nella mentalità comune della nostra gente un certo sospetto verso la scienza, da parte del mondo credente, e un forte disagio da parte del mondo scientifico ad accettare le prospettive della fede. Storicamente tutto ciò si è cristallizzato attorno ad alcune vicende che sono appunto l'espressione di tutto ciò: i casi Galilei, Darwin, Freud, solo per fare qualche esempio.

Espressione più nota nell'ambito filosofico della controversia tra scienza e fede fu il movimento filosofico del positivismo che si diffuse in Europa verso la metà dell'800. Come visto poco sopra, Comte aveva sostenuto che finalmente si fosse conclusa l'età della religione e fosse iniziato lo stadio della scienza che avrebbe portato benessere e prosperità. Era nata una religione alternativa lo scientismo. Irrealistica dal punto di vista descrittivo e insufficiente sul piano esplicativo, la debolezza di queste argomentazioni fu la causa del loro esaurirsi.

Di altra rilevanza fu invece il movimento neopositivista (o positivismo logico) che nasce nel secolo scorso, attorno agli anni '20, in Austria con il circolo di Vienna, il quale diede voce con le sue tesi a posizioni diverse diffuse nella comunità filosofica e scientifica, ma tutte concordanti nel criticare la metafisica e la teologia e nel proporre la questione del metodo scientifico alla base di qualsiasi forma di conoscenza valida e attendibile. Progetto che, nonostante i numerosi e notevoli contributi sul piano filosofico e culturale, nella sostanza fallì⁴⁴. Quando questi filosofi emigrarono a motivo delle persecuzioni naziste in Inghilterra e in America, diedero inizio a quella che viene chiamata filosofia analitica che è ancor oggi una forte corrente del pensiero contemporaneo e che mantiene la posizione critica verso la metafisica e la teologia, che fu dei suoi iniziatori. Di notevole rilevanza, sebbene non esente da critiche, fu il libro "Religion and Science" di Bertrand Russell, un'opera importante nella storia della filosofia della religione e della scienza. Pubblicato per la prima volta nel 1935, il libro

fondatori della sociologia – in particolare Durkheim, Weber e Simmel – ritenevano che religione e scienza fossero due mondi distinti (Müller, 2022).

⁴¹ Non è qui necessario approfondire la questione ricordando le vicende di Galileo Galilei, tra i molti.

⁴² Almeno in larga misura. A riguardo si può considerare il dibattito sull'evoluzionismo, che alcuni conservatori continuano a mettere in discussione.

⁴³ Eccezione fatta per il problema della libertà di culto nelle società occidentali, sempre più multiculturali.

⁴⁴ Per un approfondimento si veda Campelli (2020).

esplora il rapporto tra religione e scienza, analizzando in particolare il modo in cui la scienza può essere vista come alternativa alla religione come fonte di conoscenza e significato. Nel libro, Russell sostiene che la religione e la scienza sono due sistemi di credenze completamente diversi e che hanno poco in comune tra loro. Egli sostiene che la religione si basa sulla fede, mentre la scienza si basa sulla prova empirica e sulla ragione. Russell critica, inoltre, l'idea che la scienza possa essere vista come una forma di religione (come il primo positivismo aveva in sostanza fatto), sostenendo che la scienza non ha bisogno di un "dogma" per funzionare. Al contrario, la scienza si basa sulla verifica empirica delle sue ipotesi, e queste ipotesi possono essere accettate o respinte sulla base dei dati. Il libro ha suscitato molto dibattito tra i filosofi della religione e della scienza, con alcuni critici che hanno sostenuto che Russell ha sottostimato la complessità del rapporto tra le due discipline. Tuttavia, il libro rimane una lettura importante per chiunque sia interessato alla relazione tra religione e scienza, e ha influenzato molte discussioni successive sul tema.

Arrivando ai giorni nostri, e agli studi sociologici, non si può non parlare del lavoro di Elaine Ecklund, sociologa, che insegna presso la *Rice University* e dirige il progetto "*The Religion and Public Life Program*"⁴⁵. La sociologa ha scritto nel 2010 il libro *Science vs. Religion. What Scientists Really Think*. Christopher Scheitle, anch'egli sociologo, è ricercatore presso la *West Virginia University* e si occupa delle dinamiche sociali della religione. In quest'opera gli autori intendono sintetizzare le conoscenze specialistiche, sparse nella sociologia della religione e nella sociologia della scienza in un'unica presentazione completa, accessibile e integrata. Il libro è il frutto di uno studio sociologico durato cinque anni e volto ad indagare cosa le persone religiose pensino della scienza, nel contesto statunitense. La valenza del libro risiede, in particolare, nella specificità e singolarità di tale studio nel panorama delle ricerche di carattere sociologico. Notevole è la mole di dati raccolti e il rigore della metodologia di ricerca adottata. Il contesto europeo è in buona parte diverso, su questo specifico tema, da quello presente negli USA, oggetto della ricerca degli autori, e in UK. In questi ambiti geografico-culturali, i rapporti fra scienza e teologia fanno da tempo parte dei curriculum accademici e i temi relativi alle convinzioni religiose sono ammessi nel dibattito pubblico, nei forum e nelle scuole. Tuttavia, i risultati della Ecklund e di Scheitle fanno pensare, perché potenzialmente applicabili anche al contesto europeo. Molte delle loro conclusioni, infatti, risultano particolarmente adatte a sfatare luoghi comuni frequenti anche in Europa continentale e piuttosto radicati nell'opinione pubblica.

Un altro studio empirico degli stessi autori, *RUS (Religious Understandings of Science)*, che è stato realizzato tra il 2010 e il 2015 grazie al lavoro di un ampio team di ricercatori ha una certa rilevanza, anche metodologica. Il lavoro di ricerca ha previsto l'utilizzo di diverse metodologie: studi a campione sulla popolazione americana (10.000 persone circa tra credenti e non); centinaia di ore di osservazione condotte di persona all'interno di diversi contesti religiosi e confessionali; 320 interviste condotte in presenza da sociologi ed esperti appartenenti ad oltre 23 organizzazioni religiose. Le estese appendici (A-B-C) del libro riportano nel dettaglio le metodologie utilizzate nello studio sociologico, le linee guida utilizzate per le interviste e la versione inglese di un questionario semi-

⁴⁵ Il programma si concentra sull'analisi dell'interazione tra religione e società, con particolare attenzione alle implicazioni sociali, politiche e culturali della religione in diverse aree del mondo. Gli obiettivi principali del programma sono quelli di approfondire la comprensione della religione nel contesto pubblico, di fornire un quadro analitico sulle tendenze religiose a livello mondiale e di fornire informazioni ai decisori politici, ai media e al pubblico in generale.

strutturato utilizzato nell'indagine. Il libro ripercorre il racconto "reale" del rapporto tra scienza e religione nella cultura statunitense e come esso si declini nella vita pratica e nelle vite quotidiane delle persone. Si intendono quindi mostrare e superare gli stereotipi e le convinzioni culturalmente radicate e spesso rinforzate dai media. Per fare ciò, Ecklund e Scheitle identificano l'ampia gamma di "miti" che il pubblico ha in merito alla religione e alla scienza, suddividendo la popolazione religiosa per specifiche tradizioni e affrontando temi anche controversi come il creazionismo, l'evoluzione, il cambiamento climatico e le tecnologie genetiche riproduttive. Ogni capitolo contiene diversi estratti dalle interviste condotte ed è corredato da tabelle che riassumono alcune percentuali e alcuni dati raccolti durante la ricerca. Nel primo capitolo gli autori scrivono:

Il nostro messaggio ai sociologi è questo: In *Religion vs Science* sosteniamo che il modo in cui i credenti americani approcciano la scienza è delineato da due fondamentali domande. Primo, cosa significa la scienza per l'esistenza e l'attività di Dio? Secondo, cosa intende la scienza per sacralità dell'umanità? [...] Il nostro messaggio alle persone di fede è questo: i miti sono un problema per le comunità di fede. La scienza è incredibilmente influente nel nostro mondo, e se i leader religiosi vogliono vedere le loro comunità non solo sopravvivere ma prosperare, devono imparare ad incorporare la scienza e gli scienziati nelle loro comunità di fede (pp. 2-3).

Ecklund esplora le opinioni degli scienziati su questioni religiose e come queste opinioni influenzano la loro ricerca scientifica. Contrariamente alla narrativa popolare che sostiene che la scienza e la religione sono in conflitto, la sociologa scopre che molti scienziati hanno un'opinione positiva sulla religione e che la maggior parte degli scienziati religiosi vedono la loro fede come compatibile con la scienza. Ecklund e Scheitle rilevano, come dato di partenza, un profondo interesse degli Americani per la scienza (i dati parlano di un 85% della popolazione interessata alle nuove scoperte scientifiche). Nel secondo capitolo si soffermano su uno dei fraintendimenti più diffusi che vede le persone credenti come poco interessate alla scienza: dalla ricerca condotta si rileva come persone di fede presentino in media un livello di interesse per la scienza simile a quello dei non credenti, in particolare quando ritengono che la scienza possa fornire benefici tangibili per la vita umana. Si legge inoltre che la maggior parte delle persone intervistate vedono la scienza come un supporto per la loro fede. Nel terzo capitolo l'attenzione è posta su ciò che le persone di fede pensano di coloro che si occupano di scienza. Se si rileva come falso il fatto che i credenti non amino la scienza, è invece vero che alcuni di loro non apprezzano gli scienziati. Questa tensione è generata dall'idea che la maggior parte dei credenti ha (in particolare fra gli Evangelici), che gli scienziati siano ostili alla fede. Emblematico quello che emerge da una domanda posta dagli studiosi e riportata a titolo esemplificativo nel capitolo:

Abbiamo chiesto agli intervistati nella nostra indagine se avessero mai sentito parlare di due scienziati, Richard Dawkins e Francis Collins. Entrambi sono altamente qualificati. Dawkins, noto biologo evoluzionista [...] è un ateo dichiarato e autore di un libro best-seller del New York Times, *The God Delusion*. Collins è attualmente il direttore degli Istituti Nazionali di Salute, ex direttore del Progetto Genoma Umano, e fervente cristiano. [...] Si riscontra che gli Americani hanno una probabilità cinque volte maggiore di aver sentito parlare di Dawkins che di Collins (21% - 4%) (pp. 42-43).

Il quarto capitolo riporta i risultati della ricerca condotta sui credenti che svolgono una professione scientifica. Gli scienziati accademici, in particolare quelli che ricoprono posizioni apicali, sono generalmente meno credenti rispetto alla popolazione americana. L'idea che non vi siano scienziati

credenti è tuttavia senz'altro falsa secondo i risultati e ciò ha una certa rilevanza per capire se ancor oggi la scienza e la religione possano ostacolarsi a vicenda, essere incompatibili, essere viste come due modi complementari di comprendere il mondo ed essere utilizzati in modo complementare per rispondere alle diverse domande dell'umanità, oppure semplicemente – come nella visione di Nietzsche, Durkheim, Weber e Simmel – appartenere a due dimensioni diverse: l'immanente e il trascendente. Nel quinto capitolo si affrontano gli argomenti dell'evoluzione e dell'origine della terra. La ricerca, in particolare tra le congregazioni evangeliche, mostra che il 28% degli evangelici ritiene vera la teoria creazionista che la Terra sia nata 5 mila anni fa. Alcuni cristiani accettano le teorie dell'evoluzione ma vogliono lasciare spazio all'intervento divino e all'unicità dell'essere umano. Fra Ebrei e Musulmani alcuni accolgono la teoria dell'evoluzione, alcuni vedono l'evoluzione come un progetto divino, altri distinguono tra micro e macroevoluzione. Nel sesto capitolo gli autori affrontano il tema dell'ambientalismo e mettono in luce come non ci siano dati evidenti a supporto dell'idea che individui di fede non siano sensibili alle tematiche ambientali. La maggior parte dei credenti si dice in particolare interessata alla cura per l'umanità. A conclusione del capitolo gli autori mettono in luce l'importanza che scienziati e leader religiosi diffondano l'idea che prendersi cura dell'ambiente significa prendersi cura delle persone che lo abitano. Il settimo capitolo analizza come i credenti vedano i progressi tecnologici. L'indagine condotta in particolare sulle tecnologie di riproduzione genetica, sulla fecondazione in vitro e sulla ricerca sulle cellule staminali embrionali mostra un doppio risultato. Da un lato la maggior parte degli intervistati rivela di non sapere con esattezza cosa comportino e come funzionino tali tecnologie. Dall'altro molti credenti si oppongono al loro utilizzo in quanto le considerano come non rispettose del ruolo di Dio come Creatore e della sacralità della vita umana. Gli autori mettono in evidenza come la rapidità del l'avanzamento tecnologico spesso comporti una difficoltà nelle relative e necessarie riflessioni morali che ne conseguono. Nell'ultimo capitolo gli autori propongono delle *practical lessons* e dei modelli di dialogo alla luce delle analisi condotte, che possono aiutare un confronto tra scienziati e comunità di credenti che vada oltre gli stereotipi e le reciproche convinzioni, in direzione di una forma di produttiva collaborazione.

Suggeriamo che i leader religiosi invitino gli scienziati nelle loro congregazioni a tenere conferenze, dare lezioni e condurre discussioni. Suggeriamo che gli scienziati comincino spiegando come la scienza sia applicabile alle preoccupazioni delle persone di fede, e come le conoscenze e i progressi scientifici e tecnologici possano aiutarci a prenderci meglio cura della creazione e gli uni degli altri (p. 9)⁴⁶.

Questo testo, come altri lavori di Ecklund riesce a mettere un po' di ordine e a fare chiarezza su un argomento ancora spinoso e in piccola parte rilevante anche per la componente empirica di questo lavoro⁴⁷. Tuttavia, resta il dubbio di una relazione più complessa di quanto sembri e verosimilmente ancora da approfondire, sebbene il processo di secolarizzazione delle società occidentali moderne – e in alcuni casi anche di alcune società orientali così come di quelle in via di sviluppo – metta in secondo piano la questione.

Venendo al panorama italiano, vi sono diversi studi e ricerche interessanti: mi limiterò a citarne alcune per mostrare come il problema sia ancora nell'agenda degli studiosi:

⁴⁶ Si veda la recensione del libro in questione scritta da Elena Pautasso e pubblicata sul sito <https://disf.org/sul-mio-scaffale/9780190650629>.

⁴⁷ Si veda il questionario allegato.

1. Religiosità e scienza in Italia: i dati dell'ISSP 2013” di Mario Quaranta e Maria Rita Testa. Questo studio esamina i dati di un'indagine sull'International Social Survey Programme (ISSP) del 2013 per esplorare il rapporto tra religiosità e scienza in Italia.
2. “Scienza e religione in Italia: quale rapporto? Un'analisi dei dati del barometro Cattolica 2018” di Luca Ozzano e Raffaele Mantegazza. Questo studio analizza i dati del Barometro Cattolica del 2018 per esplorare le opinioni dei cattolici italiani sul rapporto tra scienza e religione.
3. “Il dibattito sulle origini dell'universo e della vita: scienza, religione e opinione pubblica in Italia” di Sara Maltoni. Questo studio esamina il dibattito sulle origini dell'universo e della vita in Italia, analizzando il ruolo della scienza e della religione, nonché le opinioni dell'opinione pubblica italiana su queste questioni.
4. “La scienza e la religione in Italia: un'analisi sulle relazioni di copresenza nelle enciclopedie online” di Marco Capone e Marco Giuliani. Questo studio analizza le voci relative a scienza e religione nelle enciclopedie online italiane, esplorando il modo in cui queste due discipline vengono rappresentate e relazionate tra loro.

Capitolo 2: La scienza a scuola

2.1 Scuola e società

La scuola e la società sono due entità strettamente interconnesse, che si influenzano e si modellano a vicenda in un continuo scambio dinamico. Gli struttural-funzionalisti ritengono che le scuole, come altre istituzioni, abbiano lo scopo di raggiungere determinati obiettivi cruciali nella società. Parsons (1959) ha sostenuto che, nelle società industrializzate moderne, le scuole hanno il ruolo di introdurre gli studenti al concetto di successo e aiutare nella loro selezione per le posizioni lavorative di spicco. Anche se le società non riescono mai a separare completamente i privilegi ereditari dal conseguimento di uno status da adulto, le scuole possono comunque favorire una mobilità basata sul merito, riconoscendo e premiando gli studenti talentuosi e aderenti alle norme provenienti da contesti socioeconomici svantaggiati (Brint, 2006, tr.it., 2007). La scuola, come istituzione, ha il compito di educare e formare le nuove generazioni, mentre la società rappresenta il contesto più ampio in cui gli individui vivono, interagiscono e crescono. Esaminare il rapporto tra queste due entità è fondamentale per comprendere come l'educazione possa rispondere alle esigenze del mondo contemporaneo e come, a sua volta, la società possa sostenere e influenzare il sistema educativo. La scuola riflette spesso le dinamiche, i valori e le sfide della società in cui è inserita. Le questioni sociali, come l'immigrazione, la disuguaglianza economica, i diritti civili e le tensioni culturali, trovano spesso eco nelle aule e nei corridoi scolastici. Gli insegnanti e gli studenti portano con sé le loro esperienze, le loro storie e le loro prospettive, rendendo la scuola un microcosmo della società più ampia. D'altro canto, la società rappresenta il contesto in cui gli studenti applicheranno ciò che hanno appreso a scuola. Le competenze, i valori e le conoscenze acquisite in ambito scolastico vengono messi alla prova nella vita quotidiana, nel mondo del lavoro, nelle relazioni interpersonali e nella partecipazione civica. Una formazione scolastica solida e pertinente prepara gli individui a diventare cittadini attivi, critici e responsabili. Il rapporto tra scuola e società presenta sia sfide che opportunità. La rapida evoluzione tecnologica, le crescenti disuguaglianze e le tensioni globali richiedono un sistema educativo flessibile e aggiornato. La scuola deve preparare gli studenti a un mondo in costante cambiamento, fornendo loro competenze trasversali come il pensiero critico, la capacità di apprendimento continuo e la resilienza. Allo stesso tempo, la società può offrire risorse e opportunità per arricchire l'esperienza educativa. Le partnership tra scuole, aziende, organizzazioni non governative e comunità possono creare esperienze di apprendimento autentiche e significative per gli studenti. Per massimizzare i benefici del rapporto tra scuola e società, è essenziale adottare una visione integrata dell'educazione. Questo significa riconoscere che l'apprendimento non avviene solo tra le quattro mura della scuola, ma anche nella comunità, nei luoghi di lavoro, nelle famiglie e nelle interazioni quotidiane. Per cui, il rapporto tra scuola e società è un legame profondo e complesso, che richiede attenzione, riflessione e azione collaborativa. Solo attraverso un dialogo costante e costruttivo tra queste due entità sarà possibile costruire un sistema educativo che risponda alle esigenze del presente e prepari adeguatamente le generazioni future. Le scuole superiori italiane affrontano diverse sfide, tra cui l'adeguamento ai cambiamenti socioeconomici, la modernizzazione dei metodi didattici e l'integrazione delle nuove tecnologie. Negli ultimi anni, si è assistito a un crescente interesse verso l'alternanza scuola-lavoro, un sistema che permette agli studenti di sperimentare periodi di formazione in azienda, acquisendo competenze pratiche e una maggiore consapevolezza delle opportunità lavorative.

L'interazione tra scuola e società, tra formazione nazionale e collaborazione internazionale, sottolinea l'importanza di un approccio olistico all'educazione. Solo attraverso una visione integrata, che combina metodi pedagogici tradizionali con innovazioni didattiche, e che valorizza sia le iniziative locali sia le collaborazioni transnazionali, è possibile preparare adeguatamente le future generazioni alle sfide del XXI secolo. In questo contesto, l'educazione scientifica non è solo una disciplina, ma un mezzo per sviluppare il pensiero critico, la curiosità e la capacità di affrontare problemi complessi in un mondo sempre più interconnesso. L'implementazione dei progetti innovativi, soprattutto in ambito educativo, è un processo complesso che richiede tempo, risorse e un impegno condiviso da parte di tutte le parti interessate. Sebbene molti dei progetti europei e nazionali abbiano avuto un impatto positivo, ci sono sempre sfide da affrontare e aree di miglioramento.

Per tali scopi, già all'inizio dello scorso secolo, Dewey teorizzava il concetto di riflessività del docente. L'azione riflessiva del docente è un processo attraverso il quale egli costruisce la propria professionalità e il proprio ruolo sociale. Questo processo di riflessione è un processo sociale, in quanto è influenzato dal contesto sociale in cui il docente opera. Il docente interagisce con gli studenti, con i colleghi e con la comunità scolastica. Queste interazioni forniscono al docente nuove informazioni e nuove prospettive che lo aiutano a comprendere la situazione problematica e a trovare una soluzione. L'azione riflessiva è un processo di costruzione della professionalità del docente. Attraverso questo processo, il docente sviluppa le proprie competenze e conoscenze, acquisisce nuove abilità e migliora la propria capacità di adattarsi al cambiamento. L'azione riflessiva è anche un processo di costruzione del ruolo sociale del docente. Attraverso questo processo, il docente definisce il proprio ruolo, i propri valori e le proprie responsabilità. Alcuni esempi di azione riflessiva del docente in campo pedagogico possono essere caratterizzati dal fatto che: i) il docente si interroga sulle proprie pratiche didattiche per migliorare l'apprendimento degli studenti; ii) il docente partecipa a un gruppo di lavoro per riflettere sulle sfide educative della scuola; iii) il docente scrive un diario per documentare le proprie esperienze e riflessioni. L'azione riflessiva è un processo continuo che può essere svolto in modi diversi e creativi. La capacità di riflettere diventa cruciale per gli educatori che aspirano a capire la complessità dell'ambiente di classe e che desiderano affrontare le sfide inerenti alla didattica. Questo implica una revisione e una valutazione critica del modo in cui si acquisiscono le conoscenze e dell'importanza delle proprie esperienze personali nell'insegnamento, come evidenziato da Zeichner (1996, citato in Crotti, 2017). La riflessività è necessaria per comprendere il contesto sociale in cui si svolge l'insegnamento. Gli insegnanti che vogliono risolvere problemi legati alla pratica d'insegnamento devono partire dal mettere in discussione il processo di conoscenza e il ruolo dell'esperienza personale. Questo significa che la riflessività è necessaria per costruire nuove conoscenze e nuove prospettive che possono essere utilizzate per risolvere problemi educativi.

2.2 L'insegnamento della scienza e il pensiero critico

I percorsi liceali forniscono allo studente gli strumenti culturali e metodologici per una comprensione approfondita della realtà, affinché egli si ponga, con atteggiamento razionale, creativo, progettuale e critico, di fronte alle situazioni, ai fenomeni e ai problemi, ed acquisisca conoscenze, abilità e competenze sia adeguate al proseguimento degli studi di ordine superiore, all'inserimento nella vita sociale e nel mondo del lavoro, sia coerenti con le capacità e le scelte personali. (art. 2 comma 2 del regolamento recante "Revisione dell'assetto ordinamentale, organizzativo e didattico dei licei...", 2010).

In Italia, i metodi di insegnamento della scienza nelle scuole superiori possono variare a seconda delle scuole e dei docenti coinvolti. Tuttavia, ci sono alcuni approcci comuni che sono generalmente utilizzati. Gli insegnanti inoltre cercano di creare un ambiente di classe collaborativo e interattivo, incoraggiando gli studenti a discutere e a lavorare insieme su problemi scientifici. Inoltre, le lezioni spesso includono attività di lavoro di gruppo, come progetti e presentazioni, per aiutare gli studenti a sviluppare competenze di comunicazione e di lavoro di squadra.

Infine, negli ultimi anni si è data sempre più attenzione alla tecnologia nell'insegnamento della scienza. I docenti possono utilizzare strumenti come video, presentazioni, simulazioni e giochi interattivi per aiutare gli studenti a visualizzare e comprendere meglio i concetti scientifici.

In generale, gli insegnanti di scienze nelle scuole superiori italiane cercano di creare un ambiente di apprendimento coinvolgente e stimolante, che incoraggi gli studenti a sviluppare la loro curiosità e il loro interesse per la scienza. Anche lo studio della storia della scienza e del metodo scientifico ha un ruolo importante nell'insegnamento delle scienze nelle scuole superiori italiane. L'obiettivo principale è quello di far comprendere agli studenti come la scienza si sia evoluta nel tempo, quali sono stati i grandi cambiamenti e le scoperte fondamentali e come la scienza stessa sia stata influenzata dal contesto culturale, sociale e politico in cui è stata praticata.

In particolare, gli insegnanti spiegano come il metodo scientifico sia stato sviluppato e come sia stato applicato nel corso della storia per fare nuove scoperte e avvicinarsi sempre di più alla comprensione dei fenomeni naturali.

Gli studenti vengono anche introdotti ai grandi pensatori scientifici del passato e alle loro idee, dalle teorie di Galileo Galilei, a quelle di Isaac Newton, fino alle scoperte di Charles Darwin, Albert Einstein e molti altri. Lo studio della storia della scienza aiuta gli studenti a comprendere meglio come il pensiero scientifico si sia evoluto nel tempo, ma anche a sviluppare una maggiore consapevolezza critica su come la scienza stessa possa essere influenzata da fattori esterni.

Inoltre, lo studio della storia della scienza e del metodo scientifico aiuta gli studenti a sviluppare una maggiore attenzione ai dettagli e una maggiore consapevolezza critica, incoraggiandoli a chiedersi sempre come siano stati ottenuti i risultati scientifici e se questi siano stati ottenuti in modo corretto e affidabile.

La coscienza critica è un concetto molto importante nell'educazione e nello sviluppo intellettuale degli individui. Si tratta di un insieme di abilità cognitive che permettono di valutare e analizzare in modo critico le informazioni e le opinioni che ci vengono presentate.

In particolare, la coscienza critica si riferisce alla capacità di valutare le informazioni in modo obiettivo, analizzando le fonti, il contesto, il punto di vista dell'autore e le possibili implicazioni delle informazioni stesse. La coscienza critica implica anche la capacità di valutare le opinioni degli altri e di confrontarle con le proprie, valutandone la validità, l'originalità e la coerenza.

La coscienza critica non riguarda solo l'analisi e la valutazione delle informazioni, ma anche la capacità di trarre conclusioni e di prendere decisioni sulla base delle informazioni raccolte. Ciò richiede la capacità di elaborare informazioni in modo creativo, di pensare in modo indipendente e di sviluppare soluzioni innovative ai problemi.

Nel contesto dell'insegnamento della scienza, la coscienza critica è particolarmente importante poiché gli studenti devono essere in grado di analizzare in modo critico le informazioni scientifiche e le teorie, valutandone la validità e le possibili implicazioni. Inoltre, la coscienza critica è fondamentale anche per il processo di ricerca scientifica, in quanto permette ai ricercatori di valutare in modo critico i risultati delle loro ricerche e di sviluppare nuove teorie e soluzioni innovative ai problemi, ed è importante che gli studenti comprendano anche che svilupparla non serve quindi solo a fini didattici.

La coscienza critica è quindi un'abilità fondamentale per lo sviluppo intellettuale degli individui e per l'avanzamento della conoscenza scientifica. Tra poco la analizzeremo più in dettaglio in quanto concetto complesso (multidimensionale) e alla base del presente lavoro. L'obiettivo dell'insegnamento della scienza dovrebbe essere quello di sviluppare la coscienza critica degli studenti, incoraggiandoli a valutare in modo obiettivo le informazioni scientifiche e a sviluppare soluzioni innovative ai problemi scientifici. Tuttavia, gli studenti possono avere difficoltà a comprendere l'importanza di queste abilità e a metterle in pratica, a causa di un approccio troppo teorico o poco pratico all'insegnamento delle scienze, sebbene gli insegnanti possano incoraggiare gli studenti a fare domande e a esplorare autonomamente le informazioni scientifiche, incoraggiando il pensiero critico e creativo.

Per cui, come già visto nei capitoli precedenti, l'insegnamento critico e lo studio della storia della scienza e del metodo scientifico rimangono obiettivi importanti nell'educazione scientifica delle scuole superiori italiane. Sebbene ci possano essere molte difficoltà nell'effettivo raggiungimento di tali obiettivi, ci sono anche molte opportunità e programmi educativi che cercano di sviluppare queste competenze in modo efficace. Abbiamo infatti visto come i programmi scolastici possano variare anche da classe a classe, sia in base allo stile di insegnamento dei docenti e alla scelta dei libri di testo, sia in base a decisioni dell'istituto in base a normative e leggi vigenti (come abbiamo visto ciò è previsto anche dalla Costituzione italiana).

Innanzitutto, la scienza viene insegnata in modo teorico, con una forte enfasi sulla comprensione dei concetti di base. Gli insegnanti spiegano le leggi scientifiche e i principi, utilizzando esempi e dimostrazioni per aiutare gli studenti a capire meglio i concetti.

Inoltre, viene data molta importanza alla sperimentazione e all'applicazione pratica dei concetti scientifici. Gli studenti vengono incoraggiati a fare esperimenti, a utilizzare attrezzature scientifiche e a analizzare i dati per capire come funzionano i fenomeni scientifici.

Un insegnamento basato sul metodo scientifico e sul pensiero critico può porre le basi per una fiducia della scienza che non sia "cieca".

Per cui educare al pensiero critico vuol dire educare a interrogarsi su quali fondamenti logici ed empirici possa basarsi un'affermazione scientifica. Già educare i giovani a valutare l'affidabilità di una informazione reperita su internet è una componente del processo di insegnamento scientifico che la scuola non può non considerare.

Occorre però comprendere in modo più analitico: i) cosa vuol dire “pensiero critico”; ii) perché dovrebbe essere una finalità della scuola formare “pensatori critici”; iii) in cosa si traduce in termini di abilità, competenze e atteggiamenti il *pensare criticamente*; iv) e, infine, cosa concretamente si può fare per stimolare una forma mentis di tal genere.

Per educazione critica alla scienza si intende qui nello specifico un tipo di approccio all’insegnamento della scienza che raggruppi in sé:

- Il metodo scientifico
- La logica sottostante al metodo
- Lo studio della storia della scienza⁴⁸
- Il coinvolgimento degli studenti a livello: i) cognitivo, ii) emotivo⁴⁹, iii) comportamentale⁵⁰
- L’interdisciplinarietà⁵¹
- L’implementazione di mappe concettuali, anche a livello di gruppo⁵²
- La riflessione etica
- Il dubbio sistematico⁵³
- La riflessione sui problemi legati all’impatto della “tecnoscienza”
- La passione/vocazione per una o più discipline
- Lo stimolo alla creatività⁵⁴ e alla formulazione di nuove ipotesi

⁴⁸ Pensare di comprendere le teorie di Einstein senza conoscere quelle di Galileo sarebbe impensabile (Luzi, D’Amore, 2019).

⁴⁹ In particolare, per stimolarne la curiosità.

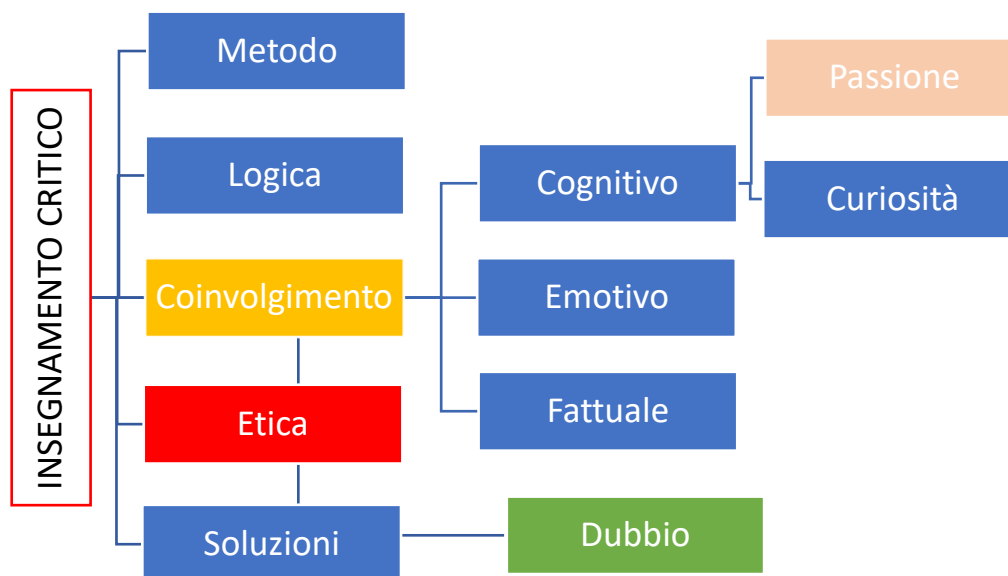
⁵⁰ Le Indicazioni Nazionali del 2012, e la Circolare Ministeriale sulla certificazione delle competenze del 2015 invitano i docenti a rinnovare la loro azione didattica in campo scientifico mediante un approccio laboratoriale che accompagna gli alunni nel cammino verso le competenze.

⁵¹ L’assimilazione di prospettive multidisciplinari e interdisciplinari rafforza gradualmente le abilità metacognitive, il pensiero critico e la costruzione di un’epistemologia personale. Tuttavia, è solo con l’interdisciplinarietà che si integrano le conoscenze di diverse discipline attorno a un tema centrale (vengono sviluppate capacità di pensiero critico e la consapevolezza dei pregi e dei limiti delle prospettive offerte da ogni singola disciplina) e si acquisisce una struttura conoscitiva che integra diversi strumenti interpretativi (concetti, metodi, strumenti, teorie, paradigmi, ecc.). Si usano capacità metacognitive per monitorare i propri processi di pensiero (<https://www.pensierocritico.eu/libri-pensiero-critico.html>).

⁵² “A livello di gruppo, costruire insieme mappe concettuali facilita la negoziazione, la condivisione e la trasmissione di significati. La strategia consiste in una serie di incontri in cui le mappe concettuali individuali vengono integrate in un’unica mappa collettiva. In questo modo ognuno potrà fornire il proprio contributo che, una volta discusso e integrato con gli altri, permetterà di giungere ad una costruzione e rappresentazione del sapere collettivo sull’argomento in oggetto; ciò massimizzando la cooperazione e consolidando l’identità di gruppo [...] Il *team concept mapping* esprimerebbe appieno le proprie potenzialità nell’aiutare un gruppo di esperti a rilevare e fa convergere la loro conoscenza, favorire intuizioni creative ed efficaci, evidenziare opinioni errate e ottimizzando così la persecuzione degli obiettivi comuni” (Fonda, 2016, p.73).

⁵³ “Ogni ricercatore deve essere pronto a valutare in modo critico qualunque risultato, inclusi i propri, sospendendo il giudizio definitivo fino all’ottenimento delle necessarie prove” (Merton, 1949).

⁵⁴ Il processo creativo è una delle componenti più importanti del lavoro dello scienziato. Ma viene spesso ignorato e sottovalutato, per perseguire un’idea di scienza come pura, precisa e indipendente dalla fantasia umana. Secondo Tom McLeish è un’idea sbagliata: Nel suo libro *The Poetry and Music of Science* (2019) egli intende argomentare a favore dell’importanza della creatività nella scienza e della necessità di trasmettere questo concetto nelle scuole. I suoi studenti di età compresa tra i 17 e i 18 anni si lamentavano infatti di non trovare spazio per la propria immaginazione e per la creatività nelle scienze. L’autore sottolinea che non ci può essere scienza senza un ripensamento del mondo e della natura e senza l’ideazione di ipotesi su ciò che potrebbe nascondersi dietro l’apparenza dei fenomeni. McLeish si lamenta del fatto che l’educazione scientifica preferisca spesso parlare di risultati e conoscenza piuttosto che di meraviglia,



Secondo il filosofo della scienza Agazzi (2016, p.3):

negli insegnamenti scientifici (e non solo a livello scolastico, ma anche universitario) si dà per scontato che quanto viene insegnato è vero e non opinabile: quindi va appreso e, al massimo, compreso ma non giudicato nella sua validità. Al più, si apprezza la «ricostruzione» argomentativa che consente (o piuttosto ha consentito) di raggiungere i risultati presentati.

Solo chi si dedicherà, in seguito, alla vera e propria ricerca scientifica verrà messo a contatto con il fronte mobile delle ipotesi, delle metodologie di verifica, dei confronti critici. Non è bene che sia così: è necessario che anche nell'insegnamento scolastico si superi la prevalenza dell'abilità nel calcolo o nell'applicazione particolare delle nozioni apprese (esercizi), per dare adeguato spazio e respiro anche alla non meno essenziale componente critica e concettuale.

Nell'introduzione di una ricerca europea (Eurydice, 2006)⁵⁵ si sottolineava come:

La maniera in cui le scienze sono insegnate dipende da molti fattori. La formazione ricevuta dagli insegnanti, il contenuto dei programmi scolastici e quello dei test o degli esami standardizzati ne costituiscono i principali elementi. Influenzano, direttamente o meno, i contenuti, gli approcci e le attività scientifiche organizzate nelle classi.

Diversi lavori mettono in evidenza i collegamenti tra le conoscenze e le competenze scientifiche degli insegnanti, i loro metodi di insegnamento e gli effetti sugli alunni. Appare quindi che a metodi di insegnamento che lasciano poco spazio alle domande e alla discussione (uso di schede di lavoro prescrittive, attività sperimentali semplificate, uso di materiale limitato) è associato un basso livello di competenza scientifica (Harlen e Holroyd, 1997). Inoltre, il livello cognitivo degli alunni è stato messo in relazione con la competenza degli insegnanti nella disciplina (Jarvis e Pell, 2004). Questi

immaginazione, idee fallite, e momenti di illuminazione inaspettati che riguardano l'attività di tutti gli scienziati. L'autore chiaramente ribadisce che scienza e arte sono due cose distinte ma con delle somiglianze nell'esperienza di chi vi lavora. Egli, quindi, giunge alla conclusione dell'importanza di un pensiero interdisciplinare (che abbiamo visto essere uno degli elementi del pensiero critico). Secondo l'autore questa visione della scienza potrebbe anche essere in grado di avvicinare quelle persone che ritengono di non essere portate per le discipline scientifiche.

⁵⁵ Con il finanziamento della Commissione europea (Direzione generale istruzione e cultura).

lavori portano a mettere l'accento sulla formazione scientifica degli insegnanti. Il trattamento di queste questioni porta a integrare progressivamente contributi di diverse discipline, in particolare la storia, la filosofia delle scienze, la psicologia.

Troppo spesso l'insegnamento delle materie scientifiche si riduce a nozioni da imparare a memoria, mentre si dimentica di insegnare il "metodo", che consiste anche nel vedere con occhi nuovi il mondo circostante, sviluppando capacità critiche e creative.

Un interessante approccio didattico alla scienza è l'IBSE⁵⁶, il cui riferimento pedagogico è la matrice costruttivista che parte dal lavoro di Dewey e Piaget. Tale approccio può essere così riassunto⁵⁷:

L'educazione scientifica basata sull'investigazione (IBSE) è un approccio induttivo all'insegnamento delle scienze che mette al centro dell'apprendimento l'esperienza diretta. Le attività coinvolgono attivamente gli studenti nell'identificazione di evidenze rilevanti, nel ragionamento critico e logico sulle evidenze raccolte e nella riflessione sulla loro interpretazione. Gli studenti imparano a condurre investigazioni ma comprendono anche i processi che gli scienziati usano per sviluppare conoscenza. Efficace a tutti i livelli di scuola, aumenta l'interesse e i livelli di prestazione degli studenti e sviluppa le competenze fondamentali per prepararsi ad affrontare il mondo oltre la scuola.

La lezione di tipo classico non è sempre il modo più efficace per insegnare la scienza. Al contrario, in tutte le discipline scientifiche si dovrebbero attivare metodi diversi di insegnamento per sviluppare processi di apprendimento innovativi e interattivi – attivando processi di riflessione, problematizzazione, analisi e scoperta – garantendo un'offerta formativa anche personalizzabile e promuovendo o consolidando l'interesse e la motivazione degli studenti. Fornire gli strumenti per un pensiero "critico" e per una formazione logica e metodologica – che sia ovviamente adeguata al livello di preparazione e all'età dello studente – può sicuramente portare la scuola a un livello di istruzione che vada ben oltre il nozionismo. È su questo tipo di insegnamento che si basa l'idea del presente lavoro: sulla possibilità di infondere maggior consapevolezza e soprattutto maggior fiducia nella scienza.

L'origine del pensiero critico può essere individuata nel metodo socratico descritto da Platone. Questo metodo, che si avvale del dialogo tra maestro e allievo, consiste nell'aiutare l'allievo a individuare il proprio punto di vista, a riconoscerne la fallibilità e ad argomentare correttamente. In tal modo il maestro aiuta l'allievo a riconoscere che la *propria* verità è solo un'*opinione* che va sottoposta a verifica.

L'idea di un cosiddetto "pensiero critico"⁵⁸ – come capacità apprezzabile per vivere nel mondo moderno e come necessità per una soddisfacente istruzione, soprattutto in ambito scientifico – è piuttosto dibattuta tra gli esperti, ma pochi sanno di cosa davvero si tratti. Su di esso il pedagogista Robert Ennis ha lavorato una vita e ha scritto: "pensiero critico non significa solo andare alla ricerca di errori, incoerenze, debolezze, ma significa giudicare ciò che è apprezzabile (e perché), e ciò che non è apprezzabile nei testi che leggiamo o nei pensieri che ascoltiamo". La psicologa Linda Elder nel libro "Liberating the Mind" dichiara che la mente umana attua due comportamenti che possono condurre o allontanare verso un pensiero critico: sono "egocentrismo" e "sociocentrismo", ed esprime

⁵⁶ Educazione scientifica basata sull'investigazione.

⁵⁷ <https://www.metodologiedidattiche.it/2017/12/09/ibse/>.

⁵⁸ Dewey parla di "pensiero riflessivo", con un'accezione fondamentalmente analoga.

una sintesi di come essi agiscono per fuorviare la mente umana. La formazione di un pensiero critico è un'attività interdisciplinare nella quale vengono integrate, correlate e applicate varie discipline. Egocentrismo e sociocentrismo si combinano in ogni mente umana, dalla nascita alla morte in vario grado, a formare una percezione del mondo distorta che può essere mitigata solo da un pensiero razionale "cosciente". Il pensiero critico è una capacità intellettuale che va sviluppata e non un'attitudine che si eredita geneticamente, esso non è una credenza ma un processo. L'origine del pensiero critico può essere individuata nel metodo socratico descritto da Platone. Questo metodo, che, come abbiamo visto, si avvale del dialogo tra maestro e allievo, consiste nell'aiutare l'allievo a individuare il proprio punto di vista, a riconoscerne la fallibilità e ad argomentare correttamente. In tal modo il maestro aiuta l'allievo a riconoscere che la *propria* verità è solo un'*opinione* che va sottoposta a verifica. Il pensiero critico (sistema 2) contrasta gli errori euristici (sistema 1). Lo psicologo Daniel Kahneman nel suo studio delle illusioni cognitive (Bias Cognitivi), che gli è valso il Nobel per l'economia nel 2002, ha dimostrato che le persone, anche quando si sono procurate dati e informazioni di qualità, le elaborano spesso in maniera errata effettuando inferenze scorrette e prendendo decisioni incongrue. Tale esito sembra dovuto in parte al "*Confirmation Bias*", uno degli effetti più studiati dalla psicologia cognitiva, tale per cui le persone accettano acriticamente informazioni che confermano le loro convinzioni e rifiutano quelle contrarie. Inoltre, l'informazione che viene prevalentemente accettata è quella facilmente memorizzabile e basata su concetti semplici ritenuti intuitivamente veri e non richiedenti verifiche. Vengono invece rifiutate quelle informazioni più complesse la cui verifica richiederebbe uno sforzo personale maggiore che farebbe aumentare il carico cognitivo. Se in molti casi, soprattutto nella vita quotidiana, tale comportamento non provoca errori logici dalle gravi conseguenze, in molti altri casi (ad esempio: decisioni di natura medica, finanziaria, manageriale, ecc.) le conseguenze possono essere gravi⁵⁹. Critico, in quest'ottica, non significa solo andare alla ricerca di errori, incoerenze, debolezze ma significa giudicare ciò che è apprezzabile (e perché) e ciò che non è apprezzabile nei testi che leggiamo o nei discorsi che ascoltiamo.

Il pensiero critico è una capacità intellettuale che va sviluppata e non un'attitudine che si eredita geneticamente, esso non è una credenza ma un processo. Il pensiero critico consente di stemperare i propri pregiudizi per tentare di confrontare obiettivamente punti di vista diversi fino a giungere a una sintesi. Pregiudizi, stereotipi e illusioni cognitive continuano ad agire sulla mente umana ma il pensiero critico dovrebbe aiutare a distinguere le situazioni nelle quali è opportuno mettere loro un freno.

Secondo il già citato pedagogista Robert Ennis i compiti di un pensatore critico sono⁶⁰:

1. Giudicare la credibilità delle fonti:

il sociologo Guido Gili (2005, p.8) ritiene che:

La credibilità è sempre una relazione tra emittente e ricevente/pubblico, per cui una credibilità universale ed un discredito universale sono i poli estremi di un continuum sul quale si collocano concretamente tante forme e modi diversi di credibilità. Spesso chi è credibile presso un interlocutore o un pubblico non lo è nello stesso modo e per le stesse ragioni presso un altro, come mostra, in modo estremo ed evidentissimo, il caso di molti leader carismatici. Per i loro seguaci rappresentano delle personalità eccezionali, dotate di qualità quasi

⁵⁹ www.pensierocritico.eu

⁶⁰ <https://www.pensierocritico.eu/cos-e-il-pensiero-critico.html>

sovrumane e di una credibilità illimitata; per gli altri possono apparire come degli esaltati, dei pazzi o dei criminali.

La credibilità che attribuiamo a una persona non è “oggettiva” ma “soggettiva”: dipende da come la nostra mente è fatta in termini di ricordi, emozioni, esperienze, capacità logiche, ecc. Il problema della credibilità di una persona si pone soprattutto nelle relazioni con estranei e può richiedere una anticipazione di credibilità. Nel valutare le condizioni per accordare tale anticipazione entra in gioco il concetto di fiducia. Secondo Gili le radici della credibilità, che i riceventi cercano nelle persone, sono tre:

- radice cognitiva: è la competenza o qualifica riconosciuta di esperto;
- radice etico-normativa: è la condivisione di valori percepiti (pregiudizi inclusi);
- radice affettiva: è la condivisione emotiva di appartenenza (a un gruppo, un’associazione, un partito, ecc). Se nel corso della nostra vita abbiamo vissuto in ambienti con buone relazioni interpersonali, tendiamo ad accordare alla “gente” una fiducia generalizzata.

Il fatto che oggi ognuno può pubblicare qualcosa – tramite i social – senza controlli ha reso molto più delicata tutta la questione: ogni persona è diventata, in un certo senso, responsabile della credibilità delle informazioni che riceve. La capacità di selezionare le informazioni “corrette” diventa così una vera e propria sfida che richiede una preparazione fino ad ora mai neppure immaginata.

2. Identificare conclusioni, motivazioni e presupposti:

Le più recenti ricerche sulla Teoria dell’argomentazione (Dan Sperber e Hugo Mercier) sostengono che l’argomentazione è nata durante l’evoluzione per dare all’essere umano uno strumento non violento per prevalere sugli altri. Per questo motivo l’argomentazione non ha spesso nulla a che vedere con la verità. Essa, infatti, produce il pregiudizio di conferma (*confirmation bias*), cioè l’affermazione reiterata degli argomenti già conosciuti dal parlante, perché egli è interessato a prevalere nel dibattito più che all’accertamento della verità. L’argomentazione è un processo retorico mediante il quale si portano argomenti a sostegno di una tesi. Per valutare la qualità di un’argomentazione il ragionamento di gruppo sembra essere più efficace di quello individuale perché consente il confronto tra gli argomenti e la convergenza verso l’argomento migliore. Il modo migliore per salvarsi dalle proprie (o altrui) argomentazioni errate sembra dunque essere quello di sottoporle al giudizio degli altri, vale a dire impegnarsi nella creazione di una società critica.

3. Giudicare la qualità di un argomento, incluso l’accettabilità delle sue motivazioni, presupposti e prove:

Cosa distingue un buon argomento da un cattivo argomento? In particolare, tre proprietà: verità, validità ed efficacia. Tuttavia, la verifica di queste tre proprietà può rivelarsi difficoltosa. In particolare, esistono molti tipi fallacie logiche⁶¹ che minano la validità dell’argomentazione stessa. Non esiste una classificazione esauriente delle fallacie, poiché esistono moltissimi e diversi modi di errare nell’argomentare, mentre ve ne è soltanto uno esatto (Bruschi, 1999; Iacona, 2010).

4. Sviluppare e difendere una posizione su un tema

⁶¹ Errori nel ragionamento.

Tutti noi tendiamo a cercare prove ed evidenze a sostegno delle nostre idee e a rigettare quelle contrarie ad esse. Siamo di fronte a quel pregiudizio cognitivo di cui al punto 2 che è chiamato *confirmation bias*.

Nella società il *confirmation bias* ostacola la valutazione pubblica di opinioni e argomenti, favorendo la propaganda politica, la scarsa credibilità dei mass media e il disprezzo per l'opinione degli esperti. Ponendosi come un grosso ostacolo per la ricerca scientifica.

5. Fare domande appropriate per chiarire temi controversi

L'essere umano cerca continuamente di adattare la sua rappresentazione della realtà al suo ambiente reale, ma la qualità di questo adattamento dipende da due fattori: i) la qualità delle informazioni – esposta al rischio di manipolazione – che egli è in grado di procurarsi; ii) la sua capacità di analizzarle criticamente senza sottometerle ai propri pregiudizi. A riguardo, i mezzi di comunicazione di massa (radio-TV-Web) sono diventati determinanti nella creazione di opinioni che spesso però non vanno oltre *senso comune*⁶².

6. Pianificare esperimenti e giudicare l'assetto degli esperimenti stessi

7. Definire la terminologia in modo appropriato al contesto

8. Avere una mente aperta

Secondo l'autore di questo elenco di compiti per pensare criticamente, avere una mente aperta significa andare oltre il senso comune e saper distinguere la realtà dalla rappresentazione.

9. Cercare di essere ben informati

Sebbene i social media offrano grandi vantaggi in termini di accesso a informazioni, con così tanti fatti e opinioni è davvero facile trovare la conferma praticamente per qualsiasi opinione. Occorre quindi mettere periodicamente in discussione le proprie convinzioni chiedendosi quali siano i fatti su cui si basano le proprie opinioni.

10. Tirare delle conclusioni se giustificate, ma con cautela

Dopo aver letto un libro ci si fanno almeno due domande: se ha risposto agli interrogativi che ci avevano fatto decidere di leggerlo e se ha modificato il nostro punto di vista iniziale (sul tema posto) sollecitando nuove domande e interessi. Dopo la lettura, entrando nel merito dell'analisi critica svolta, occorre aver definito: la tesi principale dell'autore, gli argomenti a sostegno e quelli contrari (se ve ne sono), gli assunti (o fatti) su cui tali argomenti si fondano, le principali inferenze e conclusioni.

⁶² Di senso comune la sociologia si è ampiamente occupata. Non si tratta di un qualcosa di banale e inutile per la scienza. Anzi, spesso, assieme alla conoscenza tacita (relativa in particolare alle competenze, al "saper fare"), permette importanti avanzamenti in quella fase iniziale di formazione di nuove idee che viene chiamata "contesto della scoperta" (tra i molti, si vedano Lombardo, 2019 e Gobo e Marcheselli, 2021). I concetti scientifici, con particolare riguardo a quegli sociologici, sono infatti "innestati" in quegli di senso comune (Lombardo, 1994).

2.3 L'educazione scientifica

L'educazione scientifica nelle scuole è un tema molto importante e attuale, che riguarda la formazione dei cittadini di domani. Come visto nel primo capitolo, la sociologia ci insegna che la scienza non è solo un insieme di conoscenze e di fatti, ma anche un modo di pensare e di agire, che richiede curiosità, creatività, spirito critico e responsabilità. Insegnare la scienza non significa solo trasmettere informazioni, ma anche stimolare il dialogo, la riflessione e la ricerca. La scienza è una componente fondamentale della cultura contemporanea, che permea tutti gli aspetti della vita quotidiana e che ha prodotto enormi benefici per l'umanità, ma anche gravi problemi e rischi. Viviamo in una società sempre più complessa e interconnessa, in cui le sfide globali richiedono soluzioni basate sulla conoscenza scientifica. In questo scenario, l'educazione scientifica nelle scuole assume un ruolo strategico per la formazione dei cittadini di domani. Un approccio critico e riflessivo nell'insegnamento della scienza può avere diversi vantaggi, sia per gli studenti che per i docenti. Per gli studenti, può favorire lo sviluppo di abilità cognitive, emotive e sociali, come l'osservazione, l'analisi, il problem solving, la comunicazione, la collaborazione, l'autonomia, la motivazione e la fiducia in sé stessi. Per i docenti, può rappresentare una sfida e un'opportunità di crescita professionale, che li spinge a rinnovare le proprie metodologie didattiche e a coinvolgere gli studenti in percorsi significativi e personalizzati.

Crotti (2017, p.88) sottolinea che

La necessità di attuare un pensiero riflessivo è questione recente per quanto concerne le professioni educative e la formazione degli insegnanti (Stîngu, 2012), evidenziando la necessità nel processo d'insegnamento-apprendimento dell'interazione tra saperi disciplinari, pedagogici, didattici e socioculturali, accanto alla consapevolezza che la preparazione dei docenti è un fattore strategico per affrontare le sfide del nuovo millennio.

Dal punto di vista sociologico, l'educazione scientifica nelle scuole può essere vista come un fattore di inclusione sociale e culturale, che contribuisce a ridurre le disuguaglianze e a promuovere la cittadinanza attiva. La scienza non è neutra, ma è influenzata dai contesti storici, sociali ed economici in cui si sviluppa e si applica. Insegnare la scienza in modo critico e riflessivo significa anche educare alla consapevolezza dei valori, delle implicazioni e delle conseguenze della scienza nella società. Significa anche incoraggiare gli studenti a partecipare al dibattito pubblico sulle questioni scientifiche e a esercitare il loro ruolo di cittadini responsabili. Un approccio critico e riflessivo nell'insegnamento della scienza ha dei benefici sia sul piano cognitivo che su quello emotivo e sociale degli studenti

- **Sul piano cognitivo**, un approccio critico e riflessivo favorisce lo sviluppo di abilità di pensiero superiore, come l'osservazione, l'analisi, il problem solving, il ragionamento logico-matematico, la creatività. Queste abilità sono indispensabili per affrontare con successo le sfide del mondo contemporaneo, caratterizzato da una rapida evoluzione della conoscenza e della tecnologia.
- **Sul piano emotivo**, un approccio critico e riflessivo favorisce lo sviluppo di atteggiamenti positivi verso la scienza, come la curiosità, l'interesse, la motivazione, la fiducia in se stessi, il piacere di apprendere. Questi atteggiamenti sono fondamentali per sostenere il processo di apprendimento e per prevenire fenomeni di disaffezione e di abbandono scolastico.

- **Sul piano sociale**, un approccio critico e riflessivo favorisce lo sviluppo di competenze relazionali e comunicative, come la collaborazione, la cooperazione, la negoziazione, il dialogo, la persuasione.

Queste competenze sono essenziali per vivere in una società sempre più multiculturale e interdipendente.

L'insegnamento della scienza nelle scuole superiori italiane sta vivendo un periodo di profonda trasformazione, con l'introduzione di nuovi approcci pedagogici e progetti innovativi. Queste iniziative mirano a rendere la scienza più accessibile, interessante e rilevante per gli studenti, preparandoli a diventare i cittadini e i professionisti del futuro. La sfida principale è integrare queste innovazioni in modo efficace, garantendo al contempo una solida formazione di base.

L'insegnamento della scienza negli ambienti educativi è un argomento di dibattito continuo, poiché l'educazione scientifica è cruciale per preparare gli studenti a vivere in un mondo sempre più tecnologico e interconnesso. Al di là dell'apprendimento, della comprensione delle nozioni scientifiche e della capacità di problem solving questo lavoro vuole focalizzarsi sull'evidenziare quanto sia fondamentale – specie in questo preciso momento storico⁶³ – aiutare gli studenti a sviluppare una comprensione critica e razionale del mondo naturale e sociale e degli eventi che lo circondano. Ciò include la comprensione dei principi scientifici fondamentali, il metodo scientifico, l'osservazione, la raccolta e l'analisi dei dati, nonché la capacità di formulare ipotesi e di testarle.

L'insegnamento della scienza nelle scuole superiori è un argomento vasto e complesso, che varia da paese a paese e anche all'interno di un singolo paese a seconda dei diversi indirizzi scolastici. Tuttavia, ci sono alcune tematiche e tendenze generali che possono essere evidenziate:

- **Metodo scientifico:** L'insegnamento del metodo scientifico è fondamentale in qualsiasi corso di scienza. Il metodo scientifico è un processo sistematico e logico utilizzato dai ricercatori per investigare fenomeni, acquisire nuove conoscenze o correggere e integrare conoscenze precedenti. Esso comprende osservazione, formulazione di ipotesi, esperimenti, analisi dei dati e formulazione di conclusioni. Il tutto in piena trasparenza e condivisione con la comunità scientifica e sempre più – come ho mostrato – con i cittadini anche al fine della ripetibilità di studi ed esperimenti. Insegnare agli studenti come funziona il metodo scientifico li aiuta a sviluppare un pensiero critico e a comprendere come vengono fatte le scoperte scientifiche.
- **Differenze tra programmi:** Le scuole superiori presentano diversi indirizzi, come licei scientifici, tecnologici, classici, ecc. In generale, gli indirizzi più orientati alla scienza avranno un curriculum più approfondito in materie come matematica, fisica, chimica e biologia. Tuttavia, anche in indirizzi meno scientifici, la scienza è spesso presente, sebbene con un approccio diverso o meno dettagliato.
- **Cambiamenti in atto:** Con l'avanzare della tecnologia e l'evoluzione della società, l'insegnamento della scienza sta subendo cambiamenti. L'uso della tecnologia nell'aula di scienze è in aumento. Ciò include l'uso di software di simulazione, realtà virtuale e aumentata, e piattaforme online interattive che possono arricchire l'esperienza di apprendimento. Così come l'integrazione della tecnologia in classe, l'approccio basato su indagini e problem-

⁶³ La pandemia da Covid-19 ha smosso l'opinione pubblica e acceso il dibattito tra scienziati e tra scienziati e opinione pubblica, portando spesso i cittadini al dubbio e soprattutto a considerare con molta attenzione e con approccio critico gli impatti dell'attività scientifica e delle sue applicazioni tecnologiche sulla società sia nel breve che nel lungo periodo.

solving sta diventando sempre più popolare: questo metodo si propone di sviluppare capacità di pensiero critico e di risoluzione dei problemi. Inoltre, temi come il cambiamento climatico, la biotecnologia e l'energia rinnovabile stanno diventando sempre più rilevanti nei programmi scolastici.

- **Riflessioni pedagogiche e sociologiche:** Dal punto di vista pedagogico, c'è un crescente interesse per metodi di insegnamento che promuovano l'apprendimento attivo, l'interazione e la collaborazione tra studenti. Dal punto di vista sociologico, l'insegnamento della scienza può essere visto come uno strumento per formare cittadini informati e capaci di prendere posizioni consapevoli e critiche su questioni scientifiche e tecnologiche e sulle implicazioni etiche che ne possono derivare.
- **Sfide:** Una delle principali sfide nell'insegnamento della scienza è rendere la materia interessante e rilevante per gli studenti. Molti studenti trovano la scienza difficile o noiosa, e ciò può essere dovuto a metodi di insegnamento tradizionali o a un curriculum non aggiornato. Inoltre, la disparità di genere nelle discipline STEM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica) è ancora una questione rilevante in molti paesi. Ulteriore e urgente problema è relativo all'accesso all'istruzione scientifica di alta qualità per tutti gli studenti, indipendentemente dal background socioeconomico, culturale o dalle differenze di genere. Si sta lavorando per ridurre le disparità e promuovere l'inclusione in tutti i settori scientifici.
- **Formazione degli insegnanti:** La qualità dell'insegnamento della scienza dipende in gran parte dalla formazione e dalle competenze degli insegnanti. Pertanto, l'aggiornamento e la formazione continua degli insegnanti di scienze sono essenziali.
- **Valutazione dell'apprendimento:** C'è un dibattito su come valutare efficacemente la comprensione e le competenze scientifiche degli studenti. Molte scuole e sistemi educativi stanno esplorando modi per andare oltre i tradizionali test standardizzati.

Ovviamente, il contesto e le priorità possono variare da un paese all'altro e persino da una regione all'altra all'interno di un paese.

Menzione a parte merita, con riferimento alla creatività nella scienza e alla componente artistica della scienza – di cui mi sono occupato nel precedente capitolo – la questione recente del dibattito su STEM vs STEAM. Mentre l'educazione STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) ha guadagnato molta attenzione, alcuni sostengono l'aggiunta dell'Arte (da qui il "A" in STEAM) per sottolineare l'importanza della creatività e dell'innovazione (Sousa e Pilecki, 2013). I sostenitori di STEAM sostengono che l'arte può aiutare a colmare il divario tra la capacità di applicazione tecnica e la capacità di pensare in modo innovativo e creativo. L'arte incoraggia un pensiero "al di fuori degli schemi" che può essere cruciale per l'innovazione tecnologica e scientifica e persino lo sviluppo economico (Maeda, 2013). Integrare l'arte nell'istruzione scientifica e tecnologica può aiutare a rendere le materie più accessibili e pertinenti per gli studenti, mostrando loro come le competenze STEM possono essere applicate in contesti reali e creativi. L'arte può aiutare a sviluppare competenze trasversali come la comunicazione, la collaborazione e la risoluzione dei problemi, che sono tutte cruciali in carriere STEM. L'approccio STEAM può attirare una gamma più ampia di studenti verso le discipline STEM, inclusi coloro che potrebbero sentirsi inizialmente più attratti dalle arti (Quigley e Herro, 2016)

L'insegnamento della scienza è quindi in continua evoluzione e presenta molte sfide e opportunità. È essenziale che gli educatori siano aggiornati sulle ultime ricerche e tendenze pedagogiche per fornire un'istruzione di qualità agli studenti. Come visto, ci sono molte questioni aperte e sfide da affrontare nell'insegnamento quotidiano: molte scuole e insegnanti stanno cercando di adottare un approccio più interattivo e pratico all'insegnamento della scienza, come l'uso di attività pratiche, esperimenti e progetti collaborativi. Questo approccio può guidare gli studenti a capire meglio le idee scientifiche, stimolando la loro inventiva e il loro interesse per la scienza. Secondo tale visione, l'educazione non dovrebbe limitarsi solo all'assimilazione di informazioni e idee, ma le istituzioni educative dovrebbero fornire gli strumenti per costruire e interpretare la conoscenza. Questo processo non dovrebbe avvenire in isolamento: la comprensione del mondo e il valore dato alle informazioni, agli avvenimenti e ai pensieri emergono attraverso l'interazione con gli altri e considerando il contesto in cui ci si trova. Dal punto di vista pedagogico, quindi, ciò implica che bisogna considerare sia l'ambiente che la persona (Mazzara, 2007). Per contesto si intende sia quello locale situato della classe che quello extra scolastico quali rapporti tra la scuola e le altre istituzioni formative presenti sul territorio, inclusa la famiglia. Se, quanto e come tutto ciò sia implementato – e quali siano i suoi impatti in termini di acquisizione di spirito critico/riflessivo nello studio della scienza da parte degli studenti – è uno degli interrogativi a cui questo lavoro – per mezzo della survey somministrata agli studenti⁶⁴ (i cui risultati verranno analizzati nel quarto capitolo) – intende rispondere.

Molto utili e significativi, paiono alcuni progetti nazionali ed europei che hanno l'obiettivo di implementare nuove e più efficaci metodiche di insegnamento e divulgazione. A titolo esemplificativo, mi è parso rilevante *Scientix*: si tratta di un progetto europeo, ma l'Italia vi ha partecipato attivamente. *Scientix* promuove e sostiene la cooperazione europea tra STEM (scienza, tecnologia, ingegneria e matematica) insegnanti, ricercatori, responsabili delle politiche e altri professionisti dell'istruzione STEM⁶⁵. Vi è poi la Città della Scienza, situata a Napoli, che è un centro di divulgazione scientifica che offre laboratori, mostre e attività per scuole di ogni ordine e grado. Oltre alla divulgazione, svolge un ruolo attivo nell'innovazione pedagogica e nella formazione degli insegnanti. L'area è articolata in una struttura multifunzionale composta da un museo scientifico interattivo, un incubatore di imprese, un centro di formazione, un giardino didattico e varie altri luoghi. Il museo scientifico interattivo è il primo in Italia e offre ai visitatori la possibilità di sperimentare, apprendere, divertirsi e dialogare con la scienza e la tecnologia. Il museo ospita diverse esposizioni permanenti e temporanee, tra cui Corporea (il museo del corpo umano), il Planetario 3D, Exhibit 'Il mare', Insetti & Co. e La nuova officina dei piccoli. Il museo organizza anche eventi, incontri con scienziati, campagne e attività di promozione della scienza e della tecnologia. La Città della scienza di Napoli ha una storia travagliata, iniziata nel 1987 con l'idea dello scienziato Vittorio Silvestrini di creare un festival della scienza chiamato Futuro Remoto. Il successo dell'iniziativa portò alla costituzione della Fondazione IDIS nel 1992 e alla realizzazione del polo nella zona di Bagnoli, un'area industriale in crisi¹. Il museo fu inaugurato nel 1996 e da allora ha accolto milioni di visitatori. La Città della scienza di Napoli è un luogo di cultura, innovazione, educazione e divertimento⁶⁶.

Per quanto riguarda i metodi specifici di insegnamento della scienza che possiamo ritrovare in letteratura, ce ne sono diversi previsti per le scuole superiori. Alcuni di questi includono il metodo

⁶⁴ Vedi cap.2.

⁶⁵ <https://www.scientix.eu/>

⁶⁶ https://it.wikipedia.org/wiki/Citt%C3%A0_della_scienza

investigativo (o ipotetico-deduttivo), il metodo sperimentale, il metodo dimostrativo, il metodo espositivo, il metodo dialogico, il metodo di problem solving, il metodo di apprendimento cooperativo e il metodo di apprendimento basato sulle attività (Tessaro, 2021).

- Il metodo investigativo (o ipotetico-deduttivo) segue il percorso della ricerca sperimentale con le seguenti fasi: individuazione e definizione del problema, formulazione dell'ipotesi, progettazione dell'esperimento, raccolta dei dati, analisi dei dati e formulazione delle conclusioni;
- Il metodo sperimentale prevede la realizzazione di esperimenti per verificare le ipotesi formulate;
- Il metodo dimostrativo prevede la dimostrazione di un concetto o di un principio attraverso l'uso di esempi o di esperimenti;
- Il metodo espositivo prevede l'esposizione del contenuto da parte del docente, che spiega i concetti e le teorie in modo chiaro e preciso (la classica lezione);
- Il metodo dialogico prevede un dialogo tra il docente e gli studenti, che possono esporre le loro idee e le loro domande;
- Il metodo di problem solving prevede la risoluzione di problemi, che possono essere proposti dal docente o elaborati dagli studenti;
- Il metodo di apprendimento cooperativo prevede il lavoro di gruppo, in cui gli studenti collaborano tra loro per raggiungere un obiettivo comune;
- Il metodo di apprendimento basato sulle attività prevede l'elaborazione di progetti, la realizzazione di esperimenti e la risoluzione di problemi, che coinvolgono gli studenti in modo attivo e partecipativo.

Il capitale scientifico (in stretto rapporto con il capitale sociale)⁶⁷ che era stato inizialmente – seppur non esplicitamente – teorizzato da Bourdieu⁶⁸ trova un'applicazione pratica in chiave moderna tramite l'applicazione di un insieme di concetti e metodologie messe a punto da un gruppo di ricerca coordinato dalla professoressa Louise Archer dell'University College di Londra. Bourdieu aveva sostenuto che il sistema educativo gioca un ruolo cruciale nella riproduzione delle disuguaglianze sociali, poiché coloro che possiedono un elevato capitale culturale sono meglio posizionati per avere successo nel sistema scolastico. Analogamente, gli studenti che provengono da famiglie con un elevato “capitale scientifico” (ad esempio, genitori con carriere STEM o un forte interesse per la scienza) potrebbero avere un vantaggio nell'apprendimento scientifico. Questi studenti potrebbero avere accesso a risorse extra-scolastiche, come tutoraggi, laboratori o musei scientifici, che potenziano ulteriormente il loro capitale scientifico. L'approccio teorico del gruppo di ricerca londinese è corredato da strumenti metodologici per la progettazione didattica adattabili a diversi contesti educativi, formali e informali. Il tutto mira a coinvolgere ragazze e ragazzi nelle discipline cosiddette STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), per rendere i loro percorsi di studio e formazione più inclusivi e motivanti. Tra i primi a sperimentarlo sistematicamente in spazi

⁶⁷ Si ricordi come la sociologia abbia “scoperto” la natura sociale della conoscenza scientifica e più in generale del lavoro che vi è dietro (attività degli scienziati in laboratorio e non solo). Si veda §1.

⁶⁸ Estendendo il concetto di capitale culturale alla scienza, il “capitale scientifico” potrebbe essere visto come l'insieme di competenze, conoscenze e disposizioni relative alla scienza che un individuo possiede. Questo capitale scientifico può influenzare la capacità di un individuo di comprendere, valutare e partecipare a dibattiti scientifici e tecnologici nella società contemporanea.

informali, è stato lo Science Museum di Londra, di cui Micol Molinari coordina il settore Risorse Educative.

Studi del King's College London rivelano che, sebbene il 70% degli studenti trovi interessanti le materie scientifiche e ne riconosca l'importanza, meno del 20% aspira ad una carriera nella scienza. Se poi ad essere intervistate sono le ragazze, la percentuale scende al 12%.

In risposta a questa osservazione, l'UCL⁶⁹ ha sviluppato una metodologia didattica, chiamata *Science Capital Approach*, volta ad accrescere il capitale scientifico, quel bagaglio che ognuno porta con sé nella vita e che contiene conoscenze, attitudini, esperienze e relazioni scientifiche. Questo approccio tiene conto dell'interesse per le scienze nella vita quotidiana, dalla fruizione mediale alla partecipazione a eventi e manifestazioni. Viene inoltre considerata l'inclinazione, la passione verso la scienza e eventuali rapporti con persone che svolgono carriere in tale ambito, andando a considerare capitale scientifico e capitale sociale come interdipendenti. Passione e inclinazione alimentano i rapporti col mondo scientifico e viceversa.

In particolare, lo *Science Capital Approach* si basa sulla capacità dell'insegnante di creare contesti in cui ognuno possa esprimere liberamente la propria opinione, rovesciando lo stereotipo che questa materia sia appannaggio esclusivo degli allievi più brillanti. Partendo dal vissuto dei ragazzi, il docente può rapportare la scienza alla vita di ogni giorno, stimolando la curiosità e, nel migliore dei casi, attivando predisposizioni finora rimaste latenti nello studente.

Nel proprio quotidiano, nelle esperienze vissute e nella realtà che gli alunni possono scoprire che la scienza permea quasi ogni cosa e che molti dei lavori svolti dai loro genitori hanno direttamente o indirettamente a che fare con essa. Inoltre, come visto sopra, la scienza intrattiene un fecondo – seppur spesso nascosto – rapporto con l'arte.

Interviste rivolte a insegnanti che hanno adottato questa metodologia rivelano che gli studenti coinvolti sono maggiormente interessati a contenuti scientifici e più partecipi alle lezioni. Inoltre, si considerano più portati per le materie scientifiche.

Riguardo alla metodologia del "Capital science", vale la pena riportare un estratto dell'intervista fatta dalla Fondazione Golinelli⁷⁰ a Louise Archer⁷¹:

Lo Science Capital nasce per innovare la didattica e promuovere modi più inclusivi di stimolare l'interesse verso le materie STEM. Su quali principi si basa questa metodologia?

La metodologia del cosiddetto Capitale scientifico è stata sviluppata da ricercatrici, ricercatori e insegnanti nell'arco di sei anni. Dopo aver lavorato a una versione per le scuole secondarie, siamo ora felici di aver pubblicato, il 19 ottobre, una versione che si applica anche alle scuole primarie. Il nuovo Science Capital stimola ulteriormente la riflessione metodologica attraverso la quale le/gli insegnanti migliorano la loro pratica quotidiana, e può funzionare con qualsiasi curriculum, non solo scientifico.

La prospettiva dello Science Capital permette alle/ai docenti di rendere l'insegnamento delle scienze coinvolgente e inclusivo, attraverso questi tre passaggi fondamentali:

- si parte dalle **buone pratiche** già esistenti di insegnamento delle scienze;
- si cerca di ampliare le idee comuni su cosa e chi conta nella scienza, sfidando gli **stereotipi dominanti** in questo ambito. Si promuovono l'insegnamento e l'**apprendimento**

⁶⁹ University College London.

⁷⁰ <https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/science-capital-una-leva-per-linclusion-e-sociale>.

⁷¹ Louise Archer è una professoressa di sociologia dell'educazione presso il King's College di Londra.

inclusivo delle scienze, partendo dalle bambine e dai bambini più piccoli, per valorizzare la loro voce e le loro azioni;

- si offrono **tecniche aggiuntive** alle/agli insegnanti per costruire concretamente lo Science Capital.

Al centro della nostra visione, c'è il cambiamento della pratica didattica, per sostenere un insegnamento e apprendimento delle scienze sempre più inclusivi.

L'idea di diventare uno scienziato o una scienziata spesso spaventa. Perciò, crescendo, finisce per essere accantonata. In che modo, invece, il capitale scientifico può incoraggiare le/i giovani a non abbandonarla?

È stato dimostrato che la metodologia Science Capital aiuta ognuno/a non solo a vedere, ma a vivere la scienza come qualcosa che “può fare per me”. Questa impostazione aiuta le/gli insegnanti a creare collegamenti tra le scienze e gli interessi personali, spingendo le menti più giovani a riconoscere dove sta la scienza nella vita quotidiana e a comprendere che le competenze scientifiche possono svolgere un ruolo importante in qualsiasi professione.

Come è stato accolto lo Science Capital dalla comunità educativa? Quali sono i suoi risultati più importanti e innovativi nelle scuole? Quali traguardi devono ancora essere raggiunti?

Siamo felici dell'interesse di cui insegnanti e colleghi hanno dato prova, nel Regno Unito e nel mondo. Dopo una sperimentazione nella scuola secondaria e primaria per uno o due anni, abbiamo rilevato un notevole miglioramento nell'impegno, nell'interesse e nelle aspirazioni tra le/i giovani. Inoltre, i docenti hanno dichiarato di sentirsi meglio loro stessi e più in sintonia con la classe. Il nostro lavoro è in continua evoluzione: siamo entusiasti nell'osservare come si sta sviluppando e curiosi di vedere cosa ci porterà in futuro.

La seguente infografica riassume la metodologia dello Science capital:

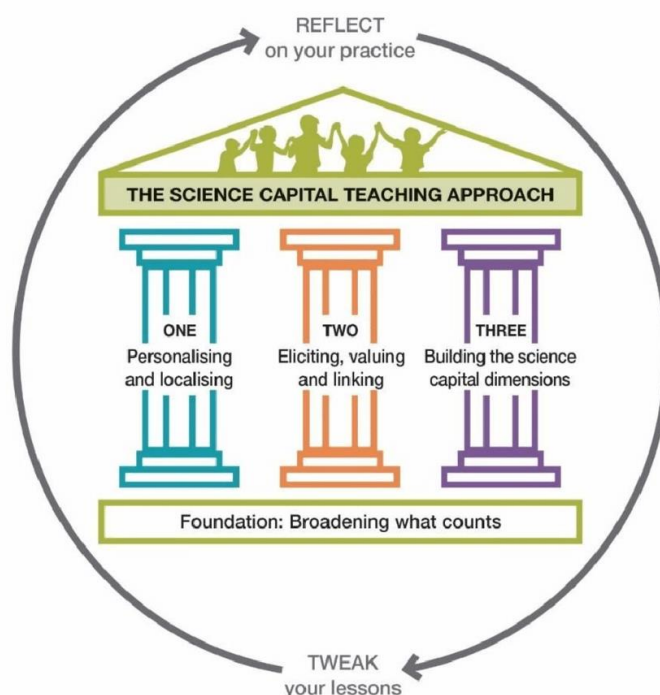


Fig.4: Il processo di acquisizione del capitale scientifico⁷².

⁷² Fonte: <https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/science-capital-una-leva-per-linclusione-sociale>.

È stata poi intervistata Micol Molinari, coordinatrice delle Risorse educative allo Science Museum di Londra, dove studia e applica la metodologia Science Capital in tutte le attività educative, curando lo sviluppo delle risorse educative in collaborazione con insegnanti, scienziate/i e professioniste/i:

Alcune ricerche mostrano che molte persone non si sentono coinvolte in ambienti come musei, associazioni, spazi culturali. Come possiamo rendere più accessibile la conoscenza e le potenzialità delle STEM?

Molte persone non considerano i musei luoghi adatti a loro: questa è la prima barriera da superare. Durante la nostra esperienza, abbiamo imparato che non dobbiamo semplicemente trasmettere a studentesse e studenti contenuti e conoscenze, ma sforzarci di costruire la loro identità e il **senso di appartenenza** al mondo della scienza.

Le sfaccettature dell'inclusività sono molte. Fondamentale è accogliere tutti nei nostri spazi, modificando il nostro linguaggio visivo e verbale. Quindi, bisogna aiutare il pubblico a interagire con i contenuti scientifici dei nostri musei secondo le proprie inclinazioni, per favorire autonomia e responsabilità personale. Infine, è importante accompagnare le persone a scoprire i collegamenti **STEM** con la loro esperienza quotidiana.

Lo Science Museum di Londra è stato tra i primi musei a sperimentare il capitale scientifico come strumento innovativo di progettazione degli allestimenti, e a ripensare il rapporto col pubblico. Quali risultati ha ottenuto il vostro museo?

Tra gli strumenti più efficaci, ci sono i nove "punti di riflessione sul coinvolgimento", volti a valorizzare la ricerca sul capitale scientifico, stimolando l'**inclusività**, il senso di appartenenza e la partecipazione alle esperienze didattiche del museo.

Allo Science Museum di Londra usiamo questi punti per sviluppare e rivedere sistematicamente ogni contenuto. Ad esempio, quando facciamo riferimento all'applicazione quotidiana di un principio scientifico, riflettiamo su ciò che è considerato quotidiano per il pubblico. Può sembrare un dettaglio, ma proviamo sempre a immaginare quanto sia facile perpetuare un senso di esclusione proponendo esempi non accessibili a molte persone. Ad esempio, parlando dell'uso del ghiaccio secco, invece di far riferimento al teatro, è meglio menzionare la televisione e il cinema, la cui frequentazione è più diffusa. Potete leggere altri esempi e riflessioni sul nostro [blog](#).

Siamo molto orgogliosi che la metodologia del Capitale scientifico sia stata adottata a tutti i livelli nell'organizzazione dello Science Museum di Londra: abbiamo infatti lavorato per introdurre cambiamenti nell'intero spettro di ruoli e responsabilità. Lo Science Capital fa parte della missione per cui vogliamo essere "aperti a tutti", cioè essere più inclusivi e accoglienti per un pubblico sempre più vasto. Metterlo in pratica è fondamentale.

In che modo musei e altri spazi informali possono dialogare con il mondo della scuola?

Nella quotidianità le persone vivono in tanti spazi diversi, dove hanno esperienze positive o negative, che alla fine portano sempre dentro di loro. In quest'ottica, lo spazio museale è importante nel far sì che ognuno/a costruisca un senso di appartenenza nei confronti di tutte le scienze, il che può accadere solo se in quello spazio si propongono **esperienze coinvolgenti**, non solo accoglienti. Ma non basta. Poiché le persone passano il loro tempo anche in altri spazi, è importante che questo senso di appartenenza alle STEM sia trasmesso in più ambiti possibili. Perciò lavoriamo con insegnanti, ricercatrici e ricercatori, professioniste/i ed esperte/i della scienza informale come noi, per condividere le idee dello Science Capital e incoraggiarli ad applicarle negli ambienti più svariati.

Molti giovani considerano la scienza solo una materia scolastica. In che modo le esperienze positive vissute a scuola possono favorire il riconoscimento della scienza anche a casa? Inoltre, come si può stimolare la curiosità scientifica nei musei?

Ad esempio, con **esperienze interattive**, in cui il pubblico è coinvolto in giochi, pratiche e attività che funzionano anche fuori dalla scuola o dal museo, invitando sempre tutti a far riferimento all'applicazione quotidiana di un principio scientifico.

Tra i vari metodi di insegnamento, vale la pena evidenziare l'utilità dell'approccio basato sulla cosiddetta "Gamification". La gamification è l'uso di meccaniche di gioco in contesti diversi dal gioco per raggiungere un determinato obiettivo. Gli obiettivi possono essere molteplici: educare, motivare, divertire, coinvolgere sono i principali. Si capisce da questi pochi punti che gli ultimi tre rientrano essi stessi nel processo educativo. In altre parole, la gamification è un'attività, una prassi, un processo, comporta il fare qualcosa attivamente, non una ricezione passiva di informazioni e concetti. La gamification utilizza il game design e tecniche prese a prestito dai giochi e viene applicata in contesti non ludici. Si tratta di "motivare le persone a raggiungere i loro obiettivi"⁷³. Questo approccio potrebbe anche essere utile nei processi di empowerment del cittadino, implementazione della propria literacy scientifica, incremento del proprio capitale scientifico e acquisizione di una cittadinanza scientifica⁷⁴. La gamification si può applicare a campi molto diversi tra loro. Si possono trovare esempi in ambiti come: la scuola, il business, le app, i musei, la salute, il benessere, le scuole di lingua ecc.

Alla luce di quanto è stato finora passato in rassegna, l'insegnamento delle materie scientifiche nelle scuole superiori – se strutturato criticamente – può essere riassunto in alcuni punti fondamentali:

1. **Acquisizione di competenze scientifiche:** l'insegnamento delle materie scientifiche, come la matematica, la fisica, la chimica e la biologia, fornisce agli studenti le basi per sviluppare competenze scientifiche essenziali. Queste competenze non solo favoriscono una migliore comprensione del mondo che ci circonda, ma sono anche indispensabili per una vasta gamma di carriere nel campo delle scienze, dell'ingegneria e della tecnologia.
2. **Pensiero critico e problem solving:** le materie scientifiche incoraggiano lo sviluppo del pensiero critico e del problem solving negli studenti. L'analisi, l'interpretazione dei dati e la formulazione di ipotesi sono elementi chiave nel metodo scientifico. Attraverso l'insegnamento delle materie scientifiche, gli studenti apprendono a ragionare in modo logico e a prendere decisioni basate su evidenze empiriche.
3. **Approccio interdisciplinare:** le materie scientifiche offrono la possibilità di integrare conoscenze provenienti da diverse discipline. Ad esempio, lo studio della biologia può essere correlato alla chimica, alla fisica e persino alle scienze sociali⁷⁵. Questo approccio

⁷³ <https://www.projectfun.it/basi-gamification/definizione-gamification/>.

⁷⁴ Per questi concetti, si torni ai paragrafi precedenti.

⁷⁵ Può essere utili precisare – senza scadere in facili determinismi né in riduzionismi – il legame tra biologia e scienze sociali: la biologia può contribuire a spiegare alcuni comportamenti umani osservati nella società. Infatti, dopo il sistema politico, quello economico e quello socioculturale, il sistema biopsichico è la quarta specie di sistema sociale indispensabile all'esistenza di ogni tipo di società. Ad esempio, gli studi sulla genetica comportamentale possono offrire spunti per comprendere le basi biologiche dell'aggressività, dell'altruismo o di altri tratti sociali. La biologia evolutiva può essere utilizzata per analizzare l'origine e l'evoluzione dei comportamenti sociali, come la cooperazione o il conflitto, e per esplorare le influenze biologiche sull'organizzazione sociale, sebbene molti fattori entrino in gioco spesso in

interdisciplinare favorisce una visione olistica del sapere, consentendo agli studenti di comprendere meglio l'interconnessione tra le diverse discipline e di affrontare problemi complessi in modo più efficace.

4. Cultura scientifica e cittadinanza attiva: L'insegnamento delle materie scientifiche non riguarda solo la formazione di futuri scienziati, ma mira anche a sviluppare una cultura scientifica nella società. Gli studenti che acquisiscono una solida formazione scientifica sono più in grado di comprendere e valutare criticamente le informazioni scientifiche presenti nei media e di partecipare in modo consapevole ai dibattiti pubblici su questioni scientifiche. Questa competenza è essenziale per la cittadinanza attiva nel mondo contemporaneo.
5. Sfide e soluzioni: tuttavia, l'insegnamento delle materie scientifiche può incontrare alcune sfide. Una di queste è l'adeguata preparazione degli insegnanti, che richiede un costante aggiornamento delle conoscenze scientifiche e delle metodologie didattiche. Inoltre, è importante promuovere un approccio attivo all'apprendimento, incoraggiando gli studenti a sperimentare, fare domande ed esplorare autonomamente. Allo stesso tempo, è necessario superare l'approccio didattico tradizionale basato sulla mera memorizzazione, incoraggiando invece una comprensione profonda dei concetti scientifici. Si gioca quindi sul terreno del pensiero critico, con tutte le difficoltà ma anche le opportunità che esso offre, come si è visto ampiamente nel capitolo.

Un'altra sfida è rappresentata dall'accesso a risorse e strumenti adeguati. Le scuole dovrebbero essere dotate di laboratori scientifici ben attrezzati e aggiornati, in modo che gli studenti abbiano l'opportunità di sperimentare e osservare fenomeni scientifici in prima persona. Inoltre, l'utilizzo di tecnologie innovative, come la simulazione e la realtà virtuale, può arricchire l'esperienza di apprendimento e renderla più coinvolgente⁷⁶.

Infine, la promozione di una maggiore inclusività⁷⁷ rappresenta un'ulteriore sfida. È essenziale garantire che l'insegnamento delle materie scientifiche sia accessibile a tutti gli studenti, indipendentemente dalle loro abilità o background. Gli insegnanti devono adottare metodologie differenziate, adattando gli approcci di insegnamento per rispondere alle diverse esigenze degli studenti e promuovendo un ambiente inclusivo in cui ogni studente si senta supportato e valorizzato.

Attraverso l'acquisizione di competenze scientifiche, lo sviluppo del pensiero critico e del problem-solving, l'approccio interdisciplinare e la promozione di una cultura scientifica, gli studenti vengono preparati per affrontare le sfide di un mondo sempre più complesso e tecnologico. Soluzioni come l'aggiornamento costante degli insegnanti, l'uso di laboratori ben attrezzati e la promozione dell'inclusività possono contribuire a migliorare l'insegnamento delle materie scientifiche. In definitiva, l'obiettivo è quello di formare cittadini consapevoli, capaci di comprendere e valutare criticamente le questioni scientifiche, e pronti a contribuire in modo significativo alla società in cui vivono.

relazione di interdipendenza (per un approfondimento, cfr. il "Manuale di sociologia" diretto da Luciano Gallino e a cura di Borgna, 2008).

⁷⁶ L'agenda 2030 dell'ONU per lo sviluppo sostenibile ingloba in un programma d'azione 17 obiettivi, il quarto dei quali è dedicato all'educazione di qualità e inclusiva come base per migliorare la vita delle persone (Corazza, Macaudo, Russo, 2023, a www.qtimes.it).

⁷⁷ *Ibidem*.

In termini di curriculum, Michael Apple nel suo “Ideologia e curriculum”⁷⁸ ha discusso come i contenuti scolastici siano influenzati da fattori sociali, economici e politici. Questo è particolarmente rilevante per l’insegnamento della scienza dato che le decisioni su quali argomenti scientifici includere o escludere dal curriculum possono riflettere priorità sociali e valori culturali. Ad esempio, l’inclusione di temi come il cambiamento climatico o la biotecnologia può essere vista come una risposta alle preoccupazioni sociali contemporanee. Apple sostiene che il curriculum non è neutro, ma riflette gli interessi e i valori di gruppi specifici, che esercitano il loro potere attraverso la selezione, l’organizzazione e la distribuzione dei saperi scolastici. Apple propone una critica radicale del curriculum nascosto, ovvero delle norme, dei valori e delle aspettative che sono impliciti nella vita scolastica e che influenzano il comportamento e l’apprendimento degli studenti e propone anche una visione alternativa del curriculum, basata su una pedagogia critica e democratica, che mira a emancipare gli studenti dalle ideologie dominanti e a promuovere una trasformazione sociale ed educativa⁷⁹. Il libro di Apple è considerato uno dei testi più importanti e influenti nel campo degli studi critici sull’educazione.

Riconoscendo l’importanza del capitale scientifico, gli educatori possono quindi cercare di “democratizzare” l’accesso alla scienza. Ciò potrebbe comprendere l’utilizzo di metodi di insegnamento che incoraggiano la partecipazione di tutti gli studenti, indipendentemente dal loro background o capitale scientifico preesistente, collegare l’insegnamento della scienza a questioni sociali e culturali rilevanti, rendendo lo studio della scienza più accessibile e rilevante per tutti gli studenti e incoraggiare gli studenti a partecipare a attività scientifiche extra-scolastiche, come club scientifici, fiere o visite a musei.

⁷⁸ Michael Apple è un professore di educazione presso l’Università del Wisconsin, Madison, e un importante teorico dell’educazione. Nel suo scritto “Ideologia e curriculum”, pubblicato per la prima volta nel 1979, Apple analizza come la scuola riproduca la struttura ideologica e le forme di controllo sociale e culturale delle classi dominanti della società.

⁷⁹ <https://newlearningonline.com/new-learning/> (Il sito si concentra sul concetto di “New Learning”, che mira a ripensare l’intera impresa dell’istruzione, partendo dai fondamentali dell’apprendimento. L’obiettivo principale è esplorare come gli esseri umani acquisiscono conoscenza, sia individualmente che collettivamente, e come questo processo si è evoluto nel contesto delle istituzioni educative formali e non. Si propone una riflessione critica sulla disciplina dell’istruzione, sottolineando che non si tratta solo di istituzioni e processi, ma piuttosto di una questione fondamentale di conoscenza. L’istruzione viene vista non solo come un insieme di altre discipline (come psicologia, sociologia, umanistica, ecc.), ma piuttosto come una meta-disciplina o disciplina delle discipline. Questo approccio mira a posizionare l’istruzione come fondamento della conoscenza umana e identità, e come fonte di tutte le altre discipline. Nel sito riconosce che l’istruzione sta affrontando cambiamenti disruptivi, forse i più significativi dalla nascita dell’istruzione di massa nel XIX secolo. Questi cambiamenti includono la globalizzazione, la diversità sociale, l’emergere di nuove tecnologie e l’ascesa di nuovi tipi di studenti che si aspettano di essere agenti attivi nella costruzione della loro conoscenza e identità, piuttosto che semplici riceventi di contenuti trasmessi. Nel sito viene proposta una visione dell’istruzione che non eviti idee sfidanti. Mentre molti testi fondamentali sull’istruzione sono visti come non particolarmente impegnativi, “New Learning” cerca di ridefinire il campo dell’istruzione in termini teorici, rivolgendosi sia agli accademici che ai professionisti, nonché agli studenti che si avvicinano all’istruzione. Il sito offre una serie di MOOC (Massive Open Online Courses) basati sul concetto di “New Learning”. Inoltre, promuove un programma di Learning Design e Leadership, che offre certificati, lauree magistrali e dottorati. Gli educatori sono anche incoraggiati a utilizzare le risorse digitali fornite sul sito, come video e materiali supplementari, per supportare l’insegnamento del libro “New Learning”. “New Learning Online” rappresenta un tentativo di ridefinire e rivoluzionare l’approccio tradizionale all’istruzione. Attraverso una profonda riflessione teorica e l’offerta di risorse educative innovative, il sito cerca di rispondere alle sfide attuali dell’istruzione e di proporre una visione rinnovata dell’apprendimento nel XXI secolo).

Incorporando la riflessione concettuale di Bourdieu nell'insegnamento della scienza, gli educatori possono quindi lavorare per ridurre le disuguaglianze nell'accesso e nell'apprendimento scientifico, promuovendo una comprensione più profonda e inclusiva della scienza tra tutti gli studenti.

Per concludere, l'insegnamento delle materie scientifiche nelle scuole superiori riveste quindi un ruolo fondamentale nella formazione dei cittadini del futuro, anche se una formazione continua e una partecipazione attiva sono fondamentali per l'acquisizione del capitale scientifico e per la citizen science, come si è visto nel corso di questo capitolo.

Capitolo 3: Il disegno della ricerca

3.1 Il progetto

Questa ricerca si concentra sullo studio delle materie scientifiche nelle scuole superiori, contesto che si ritiene essere uno dei caposaldi per la formazione delle conoscenze, del “pensiero critico”⁸⁰ e delle rappresentazioni della scienza nei giovani. Si considera la rappresentazione della scienza come caratterizzata da diverse dimensioni concettuali che andrò più avanti ad approfondire.

Fermo restando i programmi ministeriali come punto di riferimento generale, esiste in realtà nei licei scientifici una grande varietà di approcci all’insegnamento delle scienze che attiene sia al metodo, sia alla scelta dei libri di testo e quindi degli argomenti da approfondire. L’approccio didattico può quindi variare in base alla tipologia di istituto, da istituto a istituto e da una realtà scolastica all’altra (per esempio in relazione alla zona geografica) e persino da classe a classe (a seconda del docente e della scelta dei libri di testo, ma anche dalle dinamiche di gruppo degli alunni). Inoltre, diversi sono stati i cambiamenti avvenuti negli ultimi anni nell’educare alla scienza. Si è infatti maggiormente sviluppato nelle scuole il concetto di un insegnamento della scienza basato su dimensioni storiche, di metodo, riflessive e critiche, andando anche a studiare gli errori e i cambiamenti della scienza.

Si intende quindi, in questa sede, distinguere tra un’educazione prettamente nozionistica ed una maggiormente votata allo sviluppo delle capacità critiche e metodologiche dello studente, con particolare riguardo allo sviluppo di una capacità riflessiva e critica nei confronti della scienza e dei suoi impatti, ipotizzando che tale approccio funga da rinforzo della fiducia che uno studente, alla fine del proprio percorso, dovrebbe aver sviluppato. Un approccio educativo del genere, rendendo più critico lo studente, può portare a rappresentazioni diverse della scienza, superati, poco democratici, paternalistici e poco etici⁸¹.

Si ritiene che le rappresentazioni della scienza (oggetto principale dell’indagine) che gli studenti si formano, e i modi in cui se le formano, siano questioni particolarmente attuali in quanto la pandemia da Covid-19 ha innescato un serrato dibattito nel quale numerosi esperti si sono espressi in maniera non sempre univoca nei confronti sia del problema (da alcuni inizialmente sottovalutato) sia soprattutto delle soluzioni da implementare. Infatti, in una tale situazione di emergenza, i cittadini hanno assistito a dibattiti tra esperti che fino ad allora erano rimasti piuttosto confinati all’interno della comunità scientifica.

Come visto fin qui, è fondamentale che gli studenti sviluppino una comprensione critica e storico-metodologica della scienza per diverse ragioni:

1. Comprendere il processo scientifico
2. Acquisire abilità critiche e di pensiero
3. Comprendere le potenziali implicazioni sociali ed etiche della scienza

⁸⁰ Si vedano i primi due capitoli.

⁸¹ Nel primo capitolo abbiamo visto come la scienza stia attraversando un periodo di intensa democratizzazione per cui viene fortemente presa in considerazione la partecipazione del cittadino a scopi sia educativi che collaborativi e che i cittadini – oltre ovviamente ai comitati etici – debbano poter esprimere il proprio parere su questioni che possano avere un forte impatto sulla società, in particolare per quanto riguarda i rischi per la salute e per l’ambiente.

4. Acquisire motivazione e apprezzamento nei confronti dello studio della scienza e dei risultati scientifici
5. Apprezzare le innovazioni e i processi creativi
6. Prepararsi per il futuro

Nei loro ultimi anni di scuola superiore, gli studenti formano le loro visioni del mondo e si preparano per il passaggio all'istruzione superiore o al mondo del lavoro. Questo rende particolarmente importante quanto fin qui detto sull'educazione scientifica.

È quindi per questi motivi che questa ricerca si propone di indagare le capacità critiche e le conoscenze metodologiche che vengono acquisite tramite l'educazione scientifica e come, in base ad esse, possa variare la fiducia nella scienza da parte dei giovani studenti e più in generale le loro rappresentazione della scienza, ma anche come essa possa variare in base ad una più generica fiducia nelle istituzioni.

Si è ritenuto che i referenti della ricerca (gli studenti) e la domanda cognitiva principale (l'influenza del tipo di insegnamento sulla rappresentazione della scienza) fossero analizzabili in particolar modo tramite un approccio ipotetico-deduttivo basato sull'inchiesta tramite questionario (o survey), senza per questo escludere aspetti operativi in grado di cogliere fenomeni inaspettati, secondo una logica induttiva.

Il problema individuato è quindi un problema di grande rilevanza attuale, rilevanza sia teorico-cognitiva che pratica. Per tale motivo, l'impostazione della ricerca è fondamentalmente esplicativa-verificativa per quanto riguarda l'obiettivo cognitivo e strategica per quanto riguarda la finalità d'uso (Agnoli, 2004), in quanto “mira allo sviluppo delle conoscenze relative a un determinato dominio problematico, allo scopo precipuo, però, di ricavarne indicazioni proficue in merito alla possibilità di soluzione di problemi pratici, attuali o futuri, di grande interesse sociale” (*ivi*, p. 109).

3.2 Il processo di concettualizzazione

L'insieme di conoscenze pregresse e l'analisi della letteratura scientifica hanno permesso l'elaborazione di una mappa concettuale (Marradi, 2007; Fonda, 2016) al fine di tradurre i concetti in dimensioni, indicatori (Lombardo, 1994; Agnoli, 1997; Corbetta, 2014; de Lillo A., Arosio L., Sarti S., Terraneo M., Zoboli S., 2011) e quindi item⁸² per la realizzazione del questionario (Pavsic e Pitrone, 2004; Pitrone, 2009; Bezzi, 2015; Marradi, 2019) da somministrare agli studenti delle varie scuole campionate. Si è ritenuto quindi di ricorrere alla Survey come approccio più adeguato allo studio del problema in esame. L'analisi della letteratura ha inoltre permesso una più puntuale formulazione delle domande.

⁸² Secondo il noto modello Lazarsfeldiano (Lazarsfeld, 1970; Cardano, Miceli, a cura di, 1991).

Come detto, si intende comunque rimanere aperti all'individuazione di altre eventuali caratteristiche dell'oggetto di studio in questione, nonché a fenomeni inattesi legati al tipo di formazione impartita, tramite la rilevazione di opinioni, atteggiamenti, valori e comportamenti (Pavsic, Pitrone, 2003; Pitrone, 2009; Pitrone, Liani, Palmieri, 2018) degli studenti per mezzo del questionario.

Il processo di operativizzazione dei concetti ha trovato – come accennato pocanzi – ausilio dall'elaborazione di alcune mappe concettuali. I concetti e gli argomenti a essa relativi, sono già stati trattati nei primi due capitoli. Queste mappe hanno permesso una visione riassuntiva utile sia per avere un quadro generale sia per l'operativizzazione di alcune delle domande del questionario, come quelle relative all'esperienza scolastica:

Fig. 3.1: L'esperienza dell'insegnamento della scienza a scuola



Fig.3.2: La rappresentazione della scienza negli studenti



Infine, sono state formulate alcune domande socio-anagrafiche (specialmente per l'individuazione del capitale culturale di ciascun studente), alcune per individuare il livello di fiducia⁸³ nelle istituzioni e in aggiunta alcune domande sulle preferenze scolastiche, quest'ultime soprattutto ai fini di un'analisi descrittiva.

3.3 La fase preparatoria

È stato effettuato un pre-test somministrando una prima versione del questionario fuori dalle scuole a 37 studenti⁸⁴, cercando di coprire i Licei Scientifici, gli altri tipi di Licei e gli Istituti Professionali. Ho così potuto individuare le domande che necessitavano di un cambiamento nella formulazione anche al fine di rendere più agevole il compito cognitivo degli studenti da intervistare. Sono state tagliate alcune domande ridondanti e aggiunte altre per la rilevazione di alcune dimensioni del concetto di soddisfazione scolastica, di gradimento nello studio delle materie scientifiche e di fiducia nella scienza. Il questionario finale è risultato più corto di quello del pre-test, anche per via del fatto che alcuni studenti intervistati avevano mostrato segni di stanchezza verso la parte finale.

Il pre-test⁸⁵ ha permesso di valutare e migliorare la qualità del questionario prima della sua effettiva distribuzione e somministrazione ai partecipanti della ricerca, permettendo di:

1. **Valutare la comprensibilità delle domande:** il pre-test ha consentito di verificare se le domande fossero chiare, concise e facilmente comprensibili per i potenziali partecipanti, rivelando ambiguità o confusione nei quesiti e consentendo di apportare le necessarie modifiche per garantire che le domande fossero comprensibili per il pubblico di riferimento.
2. **Verificare la rilevanza delle domande:** durante il pre-test, è stato possibile valutare se le domande fossero pertinenti e adeguate al contesto della ricerca. Ciò ha permesso di identificare eventuali domande superflue o mancanti e di apportare le correzioni necessarie per assicurare che il questionario raccogliesse le informazioni rilevanti per lo studio.
3. **Testare la validità e l'affidabilità delle domande:** il pre-test ha consentito di valutare la validità e l'affidabilità delle domande identificando problemi di misurazione, domande ambigue o che generassero confusione. In particolare, si sono potute individuare fenomeni quali quello del "response set", della reazione all'oggetto⁸⁶, dell'accondiscendenza (per

⁸³ Il concetto di fiducia è stato accuratamente analizzato nel Cap.1°.

⁸⁴ Si è ritenuto che, dopo questo numero di interviste, si fossero ottenute le informazioni necessarie e sufficienti per le dovute modifiche, poiché aggiungendo altre interviste i benefici potenzialmente ottenibili sarebbero stati inferiori al tempo impiegato per effettuarle.

⁸⁵ Si vedano, Liani e Martire, 2017.

⁸⁶ L'oggetto può influenzare la valutazione generale di un argomento o di un individuo, anche se non è direttamente correlato alla domanda e al suo significato.

desiderabilità sociale), negazione o rifiuto a rispondere a causa di domande “obtrusive”⁸⁷, della memoria selettiva⁸⁸.

4. **Valutare il tempo di completamento:** il pre-test ha consentito di stimare quanto tempo avrebbero impiegato i partecipanti per completare il questionario. Nel nostro caso, si è visto come il questionario fosse un po’ troppo lungo e che alcuni tendevano a stancarsi dando risposte “in automatico” (response set) o non lo completavano. Va però precisato che, rispetto ai 37 intervistati, quegli che hanno dati evidenti segni di insofferenza sono stati una netta minoranza.
5. **Identificare errori e problemi tecnici:** durante il pre-test, è stato possibile individuare eventuali errori di formattazione, errori di scrittura o problemi tecnici con il questionario stesso o con gli strumenti utilizzati per la somministrazione. Ciò ha consentito di apportare correzioni e di assicurare che il questionario funzionasse correttamente nella fase di raccolta effettiva dei dati.

Dopo aver condotto il pre-test, è stato quindi possibile apportare le modifiche necessarie per ottimizzare il questionario prima della sua somministrazione definitiva agli studenti.

Le dimensioni in cui è stato articolato il questionario sono quindi le seguenti:

- Esperienze e opinioni relative alle attività di studio
- Partecipazione, coinvolgimento e comunicazione in attività scolastiche
- Curiosità e informazione al di fuori della scuola
- Opinioni sulle istituzioni
- Opinioni su scienza e tecnologia
- Caratteristiche socio-anagrafiche

La prima dimensione ricomprende al suo interno domande relative a: preferenze nel tipo di attività scolastica scientifica; argomenti scientifici o relativi alla conoscenza scientifica trattati a scuola; caratteristiche dell’approccio di insegnamento scientifico impartito; opinioni sull’importanza del processo creativo per la conoscenza scientifica; confronto tra l’importanza dello studio delle nozioni a confronto con l’importanza del dibattito; intenzioni future relative allo studio universitario; la soddisfazione scolastica e quella relativa allo studio delle materie scientifiche.

La seconda dimensione si concentra sull’organizzazione delle attività scolastiche, e sulla partecipazione scolastica.

La terza sull’interesse per questioni di attualità, di politica o relative a fatti e scoperte di natura scientifica.

La quarta su opinioni e fiducia nelle istituzioni.

⁸⁷ Una domanda obtrusiva è una domanda che invade la privacy o crea disagio emotivo per il partecipante. Queste domande possono essere considerate inopportune, intrusive o indiscrete e potrebbero risultare scomode o provocare disagio al momento di rispondere. Nel nostro caso, si è vista una certa incertezza e reticenza nel parlare del lavoro dei propri genitori. Si è scelto di lasciare la domanda nel questionario definitivo per poi valutare come trattare il dato sia in base ai dati mancanti sia in base alle possibilità di ricodifica, essendo la domanda “aperta”. La domanda è stata comunque posta alla fine del questionario, per non inficiare il buon andamento dello stesso.

⁸⁸ Questo effetto si verifica quando i partecipanti hanno difficoltà a ricordare in modo accurato e completo eventi, esperienze o informazioni passate che vengono richiesti nel questionario. La memoria selettiva può portare a risposte incomplete o distorte. Occorre precisare che molte delle domande fattuali erano ancorate alla quotidianità del vissuto scolastico, facilitando in un certo modo l’inquadramento mnemonico dei rispondenti.

La quinta riprende il nucleo del lavoro sondando le opinioni sulla scienza e la tecnologia, il confronto con le materie umanistiche e con la filosofia, il livello di fiducia nella scienza stessa, la consapevolezza dei potenziali rischi derivati dalle applicazioni tecnologiche e l'importanza del dibattito etico, i timori relativi al futuro e i mezzi che la scienza può fornire per affrontare le preoccupazioni dei ragazzi (per esempio quelle sull'ambiente).

L'ultima dimensione, rientrando in essa le caratteristiche socio-anagrafiche dei genitori, è stata utile anche per la comprensione del livello culturale e socioeconomico di partenza dei giovani.

Per quanto riguarda il campionamento per la rilevazione, si è deciso di avvalersi di un campione per quote a scelta ragionata, data l'impossibilità di raggiungere gli studenti nelle classi⁸⁹ e quindi tentare un campionamento probabilistico. Il campione è composto da studenti maggiorenni (che abbiano quindi già compiuto 18 anni) delle classi quarte e quinte. Si è ritenuto proficuo intervistare solo gli studenti degli ultimi due anni di corso poiché, essendo già in una fase avanzata del percorso, sarebbe stato possibile rilevare informazioni relative a opinioni, atteggiamenti ed esperienze scolastiche già in buona parte maturate.

È stato possibile intervistare 1113 studenti grazie al contributo fondamentale degli studenti del corso di Sociologia Generale del Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e dei Processi di Socializzazione dell'Università Sapienza di Roma, tenuto dalla Professoressa Silvia Cataldi.

La griglia per il campione è stata così strutturata e gli studenti intervistati si distribuiscono in modo particolarmente equilibrato tra le varie quote previste:

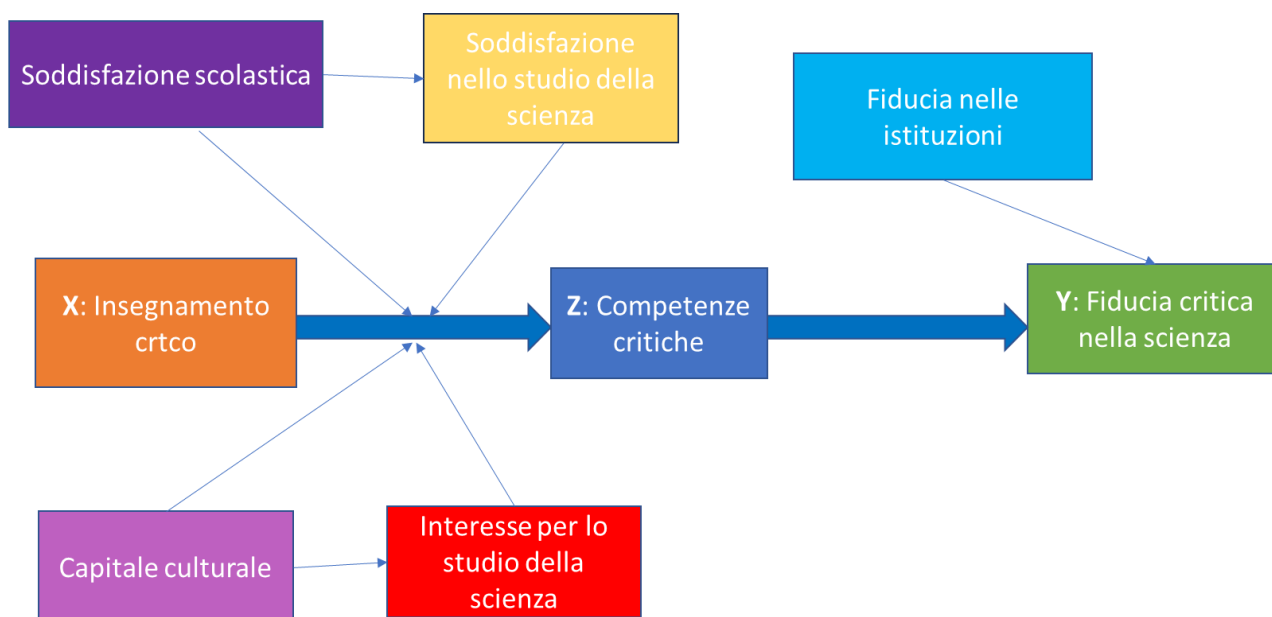
	Licei scientifici	Altri Licei	Non Licei (Es.: Istituti tecnico- professionali)	Totale
Maschi	183	172	200	558
Femmine	184	185	189	555
Totale	367	357	389	1113

Questa semplice struttura per quote trova giustificazione nel fatto che, volendo indagare le rappresentazioni della scienza, si è ritenuto che i diversi tipi di approccio all'insegnamento delle materie scientifiche abbiano nei confronti di questo aspetto una rilevanza notevole. Infatti, in Italia, le differenti scuole superiori offrono vari percorsi educativi, tra cui licei (con indirizzi classico, scientifico, artistico, linguistico, musicale e coreutico, delle scienze umane), istituti tecnici e istituti professionali, ognuno potenzialmente con un diverso focus e approccio all'insegnamento della scienza. Chiaramente la variabilità – come già sottolineato – è prevista anche da istituto a istituto dello stesso tipo.

⁸⁹ Questioni di privacy e una certa reticenza da parte di molti dirigenti scolastici mi ha portato a desistere da tale proposito.

3.4 Le ipotesi di ricerca: il modello teorico

Alla base di buona parte del lavoro si inserisce un modello nuovamente raffigurato tramite mappa. Tale modello intende riassumere l'impianto teorico della ricerca:



Come si vede, non si ipotizza una relazione diretta tra il tipo di insegnamento e la rappresentazione della scienza. La variabile “Z” relativa allo sviluppo delle *Competenze critiche* ha un ruolo fondamentale nell'impianto teorico del modello: essa “interviene” nella relazione (indiretta) “mediando” l'influenza del *Tipo di insegnamento scientifico* sulla *Fiducia critica nella scienza*. Se l'insegnamento non permette una, seppur minima, acquisizione di pensiero critico, la rappresentazione della scienza avrà – si ritiene – un cambiamento minimo con la sola acquisizione di nozioni. È chiaro che l'ipotesi che durante il percorso scolastico delle scuole secondarie di secondo grado non si acquisisca almeno un minimo di senso critico è piuttosto improbabile. Si è ritenuto di non inserire la trasmissione di nozioni all'interno del modello proprio perché assai poco influente e non facente parte dell'oggetto di ricerca. Diversamente, la fiducia nelle istituzioni viene considerata come variabile che può influenzare la rappresentazione della scienza ed è perciò stata operativizzata e le domande ad essa relative inserite in una apposita sezione del questionario.

All'interno del modello si sono inserite le variabili *Capitale culturale*⁹⁰ e *Soddisfazione scolastica* come variabili che moderano il livello di ricettività al tipo di insegnamento.

Per esemplificare, si pensi che queste variabili possano “condizionare” l'azione dell'insegnamento sull'acquisizione di un livello di pensiero critico tale da poter poi aumentare il livello di fiducia nella scienza dello studente. Questa è stata l'ipotesi principale che – inizialmente – ha mosso le fila di questo progetto di ricerca. Tuttavia, ci si è poi resi conto – come già evidenziato – che un buon livello di capacità critiche possa influenzare in modo più complesso e variegato la rappresentazione della scienza e che, solo in modo apparentemente paradossale, se ritorniamo al primo capitolo, possa ad esempio ridurre la fiducia in essa o in alcune sue pratiche, spingendo a riflessioni utili a stimolare un cambiamento che superi alcuni degli aspetti ancora troppo forzatamente calati dall'alto. Aspetti questi non necessariamente negativi: è chiaro che non si può né si deve dare una valutazione “oggettiva” –

⁹⁰ Ottenuto considerando contemporaneamente i livelli di istruzione di entrambi i genitori.

anche qualora fosse possibile – ma ci si allinea all’idea attuale e sempre più forte che “chiede” che a processi top-down siano integrati processi bottom-up di partecipazione alla conoscenza scientifica. Paradigmatico è il superamento dell’approccio paternalistico in medicina.

Chiaramente le variabili di questo modello saranno variabili indice ottenute tramite opportuni trattamenti logici, semantici e statistico-matematici.

Si cercherà di adattare le relazioni empiriche scaturite dall’analisi al modello teorico qui presentato.

3.5 Fasi e tempistiche di lavoro

Questa ricerca si è sviluppata attraverso una serie di fasi distinte, ciascuna delle quali ha richiesto un tipo specifico di lavoro e ha occupato un preciso periodo di tempo, sebbene ci siano stati – come in tutti i lavori di ricerca – ripensamenti, correzioni e modifiche tornando a volte anche alle fasi precedenti. Il lavoro è iniziato nel secondo semestre del 2020 con l’individuazione dell’obiettivo di ricerca, l’individuazione della popolazione di riferimento, la metodologia ritenuta più adatta (l’indagine con questionario) e una prima analisi della letteratura. Nell’ultimo trimestre del 2021, da ottobre a dicembre, è stato rivisitato e completato il progetto di ricerca precedentemente ideato, con un impegno anche in una prolifica analisi della letteratura sull’argomento. Questo processo ha permesso di meglio inquadrare il problema cognitivo e di produrre dettagliate mappe concettuali congeniale anche alla realizzazione del questionario

Nel periodo compreso tra gennaio e marzo 2022, il focus è andato alla creazione di una mappa concettuale teorica, utilizzata come modello per guidare l’indagine. Durante questo periodo, sono state sviluppate anche ulteriori due mappe, rispettivamente legate al concetto di insegnamento critico-riflessivo e al concetto di fiducia. Ciò ha segnato anche l’inizio della fase di impostazione del questionario.

Durante i mesi di aprile, maggio e giugno, vi è stato un più approfondito lavoro di analisi della letteratura e di studio dell’oggetto di ricerca. Il questionario è stato riveduto sulla base delle mappe concettuali e delle nuove informazioni teorico-concettuali acquisite dalla analisi della letteratura. Inoltre, sono stati avviati i contatti con i dirigenti scolastici in vista della somministrazione del questionario nelle scuole di Roma.

Da luglio a settembre, si è lavorato alla preparazione del piano di campionamento ed è proseguita l’interazione con i dirigenti scolastici. Durante questa fase, si è dovuto constatare la difficoltà relativa alla somministrazione dei questionari nelle scuole.

Nel periodo da ottobre a dicembre 2022 – compresa la quasi impossibilità nell’accedere alle scuole (neppure tramite web survey da far compilare agli studenti nei laboratori informatici) – è stato eseguito un pre-test del questionario al di fuori dell’ambito scolastico, seguito da una revisione del questionario in base ai risultati ottenuti.

L'inizio del 2023 è stato dedicato alla stesura definitiva del questionario e alla revisione del piano di campionamento. Nei primi quattro mesi dell'anno, è iniziata la fase di raccolta dei dati vera e propria, conducendo le interviste al di fuori delle scuole o in altri contesti, sempre seguendo con attenzione il piano di campionamento ragionato per quote e ripartito per tipologia di scuola e sesso biologico dell'intervistata/o.

A maggio 2023 è iniziato il trattamento dei dati raccolti, pulendo la matrice dei dati e conducendo le prime analisi mono e bi-variate tramite il software SPSS⁹¹.

A giugno è stato rivisto il capitolo sul disegno della ricerca alla luce dei cambiamenti avvenuti. Si è condotta un'analisi esplorativo-descrittiva multivariata ed è iniziata la stesura del capitolo dedicato all'analisi dei dati.

Nei mesi di luglio, agosto e settembre si è approfondita la parte dedicata all'analisi esplicativa, cercando di confermare l'ipotesi iniziale e verificare l'aderenza dei dati empirici al modello teorico inizialmente elaborato. È stata quindi conclusa la stesura del capitolo sull'analisi dei dati, introducendo e descrivendo aspetti e relazioni impreviste, con commenti e interpretazioni.

Nel mese di ottobre il lavoro è stato concluso con una revisione sia della parte teorica che soprattutto del capitolo sull'analisi e con la stesura delle conclusioni.

In sintesi:

1. **Secondo semestre del 2020:** stesura di una prima versione del progetto. Inizio dell'analisi della letteratura relativa all'argomento di indagine;
2. **Ottobre-novembre-dicembre 2021:** rivisitazione e completamento del progetto e proseguimento dell'analisi della letteratura. Concettualizzazione del problema tramite analisi della letteratura e realizzazione di una mappa concettuale iniziale.
3. **Gennaio-febbraio-marzo 2022:** Realizzazione di una mappa concettuale teorica con funzioni di modello e di due mappe relative rispettivamente al concetto di insegnamento critico-riflessivo e a quello di fiducia. Prima impostazione del questionario.
4. **Aprile-maggio-giugno 2022:** Proseguimento dell'analisi della letteratura e dello studio dell'oggetto cognitivo. Revisione del questionario sulla base delle mappe concettuali e delle nuove acquisizioni teorico-concettuali apprese dalla letteratura. Presa di contatto coi dirigenti scolastici per la somministrazione del questionario nelle scuole.
5. **Luglio-agosto-settembre 2022:** Preparazione del piano di campionamento e contatto coi dirigenti scolastici. Presa d'atto delle difficoltà nella somministrazione dei questionari nelle scuole.
6. **Ottobre-novembre-dicembre 2022:** pre-test del questionario tramite somministrazione fuori dalle scuole. Revisione del questionario in base ai risultati del pre-test.
7. **Gennaio-febbraio-marzo-aprile 2023:** stesura definitiva del questionario e revisione del piano di campionamento. Fase di rilevazione sul campo: interviste al di fuori delle scuole.
8. **Maggio 2023:** inizio del trattamento dei dati. Pulizia della matrice e prime analisi mono e bi-variate.

⁹¹ Statistical Package for Social Sciences.

9. **Giugno 2023:** revisione dei primi due capitoli. Analisi esplorativo-descrittiva multivariata. Inizio della stesura del capitolo sull'analisi dei dati.
10. **Luglio-agosto-settembre 2023:** analisi esplicativa e tentativo di corroborazione dell'ipotesi iniziale e dell'aderenza dei dati empirici al modello teorico. Conclusione della stesura del capitolo sull'analisi dei dati con eventuale inserimento di aspetti e relazioni impreviste, commenti e interpretazioni.
11. **Ottobre 2023:** Stesura delle conclusioni del lavoro e revisione completa.

Conclusioni sul disegno della ricerca

La survey ha permesso di rilevare alcuni importanti atteggiamenti, opinioni ed esperienze didattiche con particolare riferimento all'insegnamento della scienza e all'esperienza ad esso legata nel contesto scolastico di riferimento degli studenti intervistati. Ciò anche allo scopo di individuare quella struttura di relazioni tra variabili che ho illustrato pocanzi tramite il modello teorico.

È stato possibile, infatti, oltre ad ottenere le informazioni utili alla corroborazione dell'ipotesi di partenza – cioè che il tipo di insegnamento influenza la rappresentazione della scienza degli studenti attraverso l'acquisizione di un livello critico-riflessivo – “scoprire” una serie di atteggiamenti, opinioni ed esperienze didattiche, nonché percezioni legate all'insegnamento della scienza, nel contesto scolastico di riferimento degli studenti che hanno partecipato allo studio. Questa indagine non si è limitata a tracciare un semplice quadro descrittivo, ma è andata oltre, sforzandosi di individuare una struttura di relazioni tra le diverse variabili considerate. Ciò è avvenuto tenendo conto delle mappe concettuale mostrate sopra e del riferimento al modello teorico elaborato, illustrato in precedenza, che ha permesso di svelare connessioni ed interazioni potenzialmente nascoste.

Al di là degli importanti risvolti conoscitivi della ricerca, un ulteriore fine potrebbe essere quello di offrire un'analisi più profonda e dettagliata dell'esperienza degli studenti con l'insegnamento della scienza, fornendo al contempo preziosi spunti per futuri approfondimenti qualitativi (per mezzo di tecniche “non-standard”) e per una riflessione volta all'implementazione di strategie educative e didattiche più adatte all'acquisizione di capacità critiche e riflessive da parte degli studenti. Infatti, grazie alla comprensione delle suddette relazioni, potrebbe essere possibile sviluppare metodi di insegnamento più efficaci, personalizzati in base alle necessità e alle attitudini degli studenti, migliorando così il loro coinvolgimento, la loro comprensione e, in ultima analisi, le loro capacità critiche.

La potenziale rilevanza di uno studio di questo tipo si pone quindi sia su un piano individuale che su un piano collettivo, fornendo una base di conoscenza empirica idealmente al servizio della progettazione e dello svolgimento di interventi orientati al raggiungimento di obiettivi, quali:

1. **Rafforzare l'insegnamento della scienza:** Capire come gli studenti percepiscono la scienza può fornire indicazioni preziose per gli insegnanti su come migliorare l'insegnamento della scienza. Se, ad esempio, gli studenti vedessero la scienza come un insieme rigido e immutabile

di fatti, gli insegnanti potrebbero cercare di enfatizzare di più la natura dinamica e in evoluzione della scienza.

2. **Promuovere l'alfabetizzazione scientifica:** Una migliore comprensione di come gli studenti vedono la scienza può aiutare a sviluppare strategie per migliorare l'alfabetizzazione scientifica e ancor di più il livello critico. Questo può aiutare gli studenti a diventare cittadini più informati, in grado di partecipare in modo efficace a dibattiti pubblici su questioni scientifiche.
3. **Accrescere la fiducia nella scienza:** Un approccio critico-riflessivo all'educazione scientifica, come quello ispirato al pensiero di John Dewey, può aiutare gli studenti a sviluppare una maggiore fiducia nella scienza. Piuttosto che vederla come qualcosa di estraneo e incomprensibile, possono cominciare a vederla come un processo comprensibile e affidabile per scoprire il mondo. Questo può aumentare la loro fiducia nella scienza e nel suo potenziale per contribuire al progresso della società.
4. **Migliorare la comprensione dell'educazione scientifica:** una survey di questo tipo potrebbe contribuire alla ricerca sull'educazione scientifica, fornendo nuove informazioni sulla percezione della scienza tra gli studenti e suggerendo nuovi modi per promuovere un'educazione scientifica efficace e significativa.
5. **Accrescere il senso critico dello studente** tramite opportuni interventi sull'impostazione della didattica.
6. **Promuovere la riflessione sulla literacy scientifica e potenzialmente i processi per la sua acquisizione:** come visto nel primo capitolo, una maggiore acquisizione di literacy va ben oltre il processo di alfabetizzazione ricomprendendo al suo interno aspetti critici e riflessivi, etici e partecipativi, anche in un'ottica di "democratizzazione della conoscenza scientifica".

Nel complesso, studiare le rappresentazioni della scienza degli studenti e come esse possano variare – in base a un approccio critico-riflessivo – può permettere un significativo miglioramento della comprensione di come la scienza viene insegnata e appresa dagli studenti in base al contesto e al tipo di approccio.

Ritengo che questa ricerca possa quindi, nel suo piccolo, dare un input per una riflessione volta all'implementazione di una nuova comunicazione della scienza e una più adeguata educazione e formazione scientifica. In particolare, credo che studiare la scienza nelle scuole superiori rappresenti un passaggio fondamentale per l'acquisizione di consapevolezza critica e di una forma mentis atta ad affrontare le molte sfide della nostra società, tra cui la capacità di filtrare e interpretare le molte informazioni veicolate tramite vecchi e nuovi media senza esserne sopraffatti. Si tratta quindi anche dell'implementazione di processi di *empowerment* laterali all'insegnamento delle discipline specifiche: in particolare, mi riferisco allo sviluppo di capacità logiche e metodologiche, così come allo stimolare gli aspetti maggiormente creativi dell'attività scientifica, come visto nel cap.1. Quegli aspetti di immaginazione scientifica che sono anche alla base del contesto della scoperta⁹².

⁹² La distinzione tra "contesto della scoperta" e "contesto della giustificazione" è stata introdotta da Reichenbach nel 1938 (si vedano, tra i molti nel panorama italiano: Statera, 1995; Giuliano, 2003; Campelli, 2020).

Capitolo 4: I risultati della ricerca

Lo scopo di questo capitolo è quello di analizzare i risultati del questionario somministrato – come visto nel precedente paragrafo – ai 1113 studenti di scuole secondarie di secondo grado, al fine di comprendere quanto e se un tipo di insegnamento più o meno basato sulla riflessione critica possa influenzare le rappresentazioni che gli studenti hanno della scienza, considerando alcune variabili in grado di “moderare” la ricettività a tale insegnamento e influenzare – tra gli altri aspetti – il livello di fiducia nella scienza.

Più in generale, questa indagine mira a comprendere come le nuove generazioni interpretino e valutino l'importanza e la funzione della scienza nel contesto di una società sempre più globalizzata, complessa e ricca di sfide per il futuro. Chiaramente, prima di arrivare a ciò, si compirà una descrizione generale del fenomeno in esame, mostrando le caratteristiche del campione, le diverse caratterizzazioni dell'insegnamento a seconda dei vari tipi di scuola e le opinioni e gli atteggiamenti degli studenti intervistati nei confronti di alcune tematiche centrali nell'insegnamento della scienza e più in generale riguardo all'esperienza vissuta nel proprio percorso scolastico.

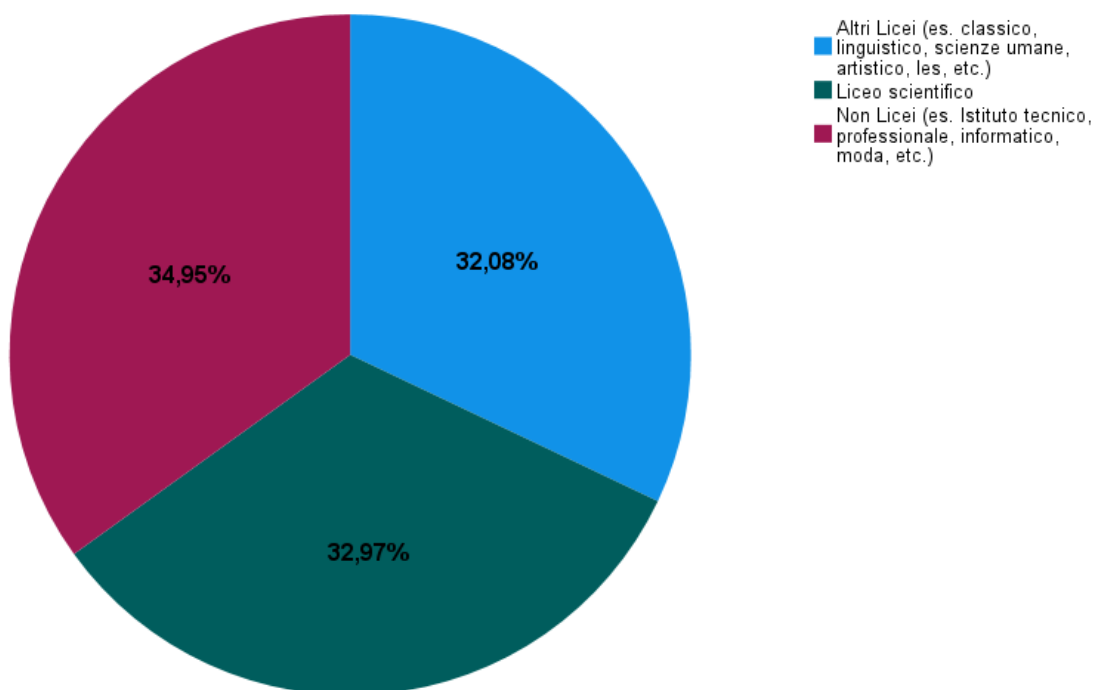
L'approccio pedagogico definito in questa sede come “critico-riflessivo” è, in ipotesi, rilevante per il livello di fiducia degli studenti nella scienza. Tuttavia, come visto nei primi due capitoli, non è scontato che tale fiducia aumenti in base allo sviluppo del pensiero critico-riflessivo dello studente: è infatti possibile che – avendo acquisito maggior consapevolezza – lo studente possa criticare certi approcci, con particolare riferimento alla divulgazione e alla partecipazione (come visto nel secondo capitolo), in quanto spesso ancora calati dall'alto e dati come certi e “veri” una volta per tutte, sebbene si è visto come le cose stiano evolvendo verso una partecipazione attiva del cittadino e verso un dibattito più ampio che coinvolge tutti gli stakeholder. Occorre inoltre sottolineare che la fiducia, sebbene sia una delle componenti fondamentali della rappresentazione sociale della scienza, non ne è l'unica.

4.1 Caratteristiche sociodemografiche e scuola frequentata

L'utilizzo di un campione per quote – la cui griglia è mostrata nel precedente capitolo – ha permesso di raggiungere un numero bilanciato di studenti e studentesse su un totale di 1113 intervistati.

Anche per quanto riguarda il tipo di scuola frequentata, è stato possibile ottenere una distribuzione bilanciata poiché anche questa variabile era stata inserita nella griglia di campionamento.

Grafico 4.1: Tipo di scuola frequentata



Sono stati raggiunti prevalentemente studenti dell'ultimo anno, con una quota comunque rilevante di studenti (in ogni caso di 18 anni compiuti) frequentanti la classe quarta (19,59% degli intervistati). La seguente tabella illustra nello specifico i vari tipi di scuola frequentati, andando a considerare i diversi tipi di Liceo e i diversi tipi di Istituto.

Tabella 4.1: Scuola frequentata

		Frequenza	Percentuale valida
Valido	Liceo scientifico	364	33,5
	Liceo classico	153	14,1
	Liceo linguistico	107	9,8
	Liceo scienze umane	52	4,8
	Liceo economico-sociale	19	1,7
	Liceo artistico	16	1,5
	Istituto tecnico	263	24,2
	Istituto professionale	113	10,4
	Totale	1087	100,0
Mancante	Sistema	26	

Si nota che la maggioranza di studenti intervistati proviene da un Liceo scientifico (33,49% degli intervistati), a cui segue una presenza considerevole di studenti di Istituto tecnico (24,20%). I rispondenti che frequentano il Liceo classico sono invece il 14,08%. Dal Liceo delle scienze umane proviene invece il 4,78% del campione⁹³.

Per quanto riguarda l'indirizzo scolastico, una netta maggioranza degli studenti del campione (75,93%) afferisce a quello tradizionale, con l'indirizzo di "Potenziamento matematico o scientifico" a cui appartiene solo il 5,60% del campione.

Occorre tuttavia sottolineare che non tutti i tipi di scuola hanno gli stessi indirizzi e che questi possono non essere presenti in alcuni istituti. Risulta quindi utile incrociare l'indirizzo col tipo di scuola.

Tab.4.2: Tipo di scuola frequentata * Indirizzo della scuola frequentata

		Tipo di scuola frequentata			Totale	
		Altri Licei	Liceo scientifico	Non Licei		
Indirizzo della scuola frequentata	Tradizionale	Conteggio	291	270	253	814
		% in Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	82,4%	74,4%	71,1%	75,9%
	Cambridge o potenziamento di lingua	Conteggio	31	35	4	70
		% in Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	8,8%	9,6%	1,1%	6,5%
	Potenziamento matematico o scientifico	Conteggio	16	34	10	60
		% in Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	4,5%	9,4%	2,8%	5,6%
	Altro indirizzo (specificare)	Conteggio	15	24	89	128
		% in Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	4,2%	6,6%	25,0%	11,9%
Totale		Conteggio	353	363	356	1072

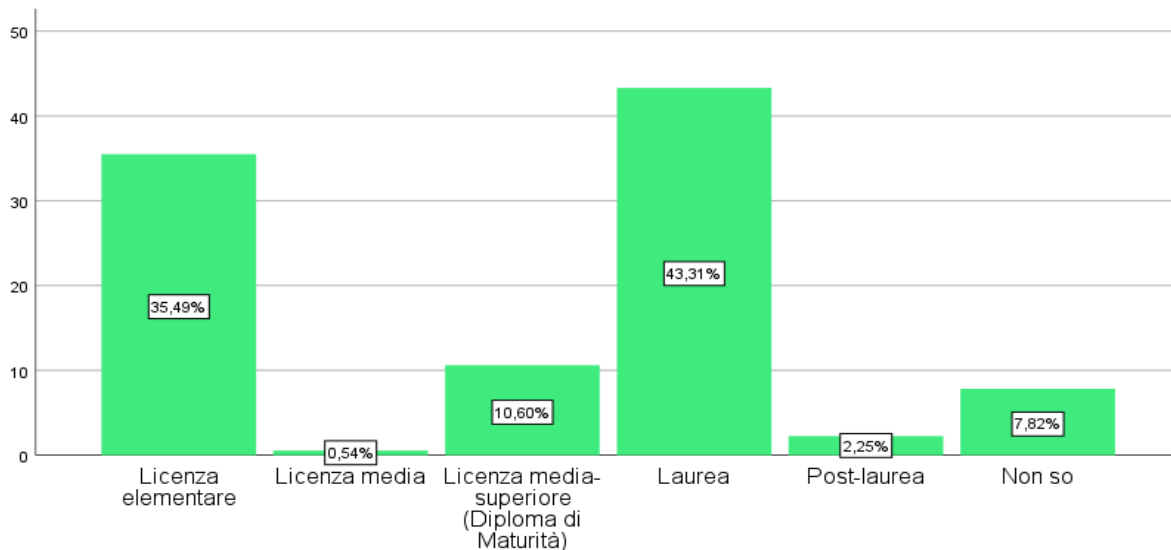
La tabella fornisce una panoramica della distribuzione degli studenti intervistati in base al tipo di scuola frequentata e all'indirizzo della scuola mostrando che la maggior parte degli studenti intervistati segue l'indirizzo "Tradizionale" (75,9% del totale). La percentuale di studenti che frequenta l'indirizzo "Potenziamento matematico o scientifico" è maggiore nei Licei scientifici (9,4%) rispetto agli "Altri Licei" (4,5%) e ai "Non Licei" (2,8%). Questo è ovviamente in linea con l'aspettativa. La percentuale di studenti di Liceo scientifico che frequenta questo indirizzo è inferiore rispetto a quella degli studenti che frequenta l'indirizzo "Tradizionale" (74,4%), ma è maggiore rispetto a quella degli studenti che frequenta gli indirizzi "Cambridge o potenziamento di lingua" (9,6%) e "Altro indirizzo" (6,6%). Ciò che mi sembra rilevante è che l'indirizzo tradizionale sia

⁹³ Tuttavia, si consideri che i Licei delle scienze umane sono in misura assai inferiore rispetto agli altri Licei e agli Istituti tecnici e professionali.

ancora così preponderante nei Licei Scientifici rispetto all'indirizzo di "potenziamento matematico o scientifico".

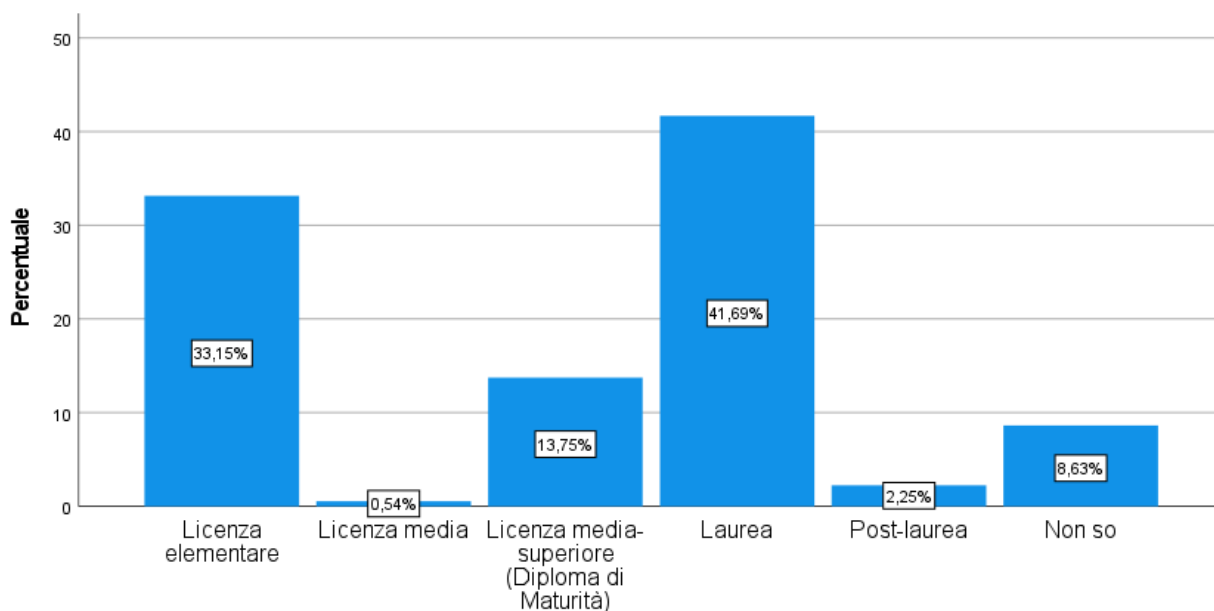
Sulla base delle informazioni relative al titolo di studio di entrambi i genitori, ho provveduto a creare un indice tipologico di capitale culturale dello studente. Di seguito i grafici relativi al titolo di ciascun genitore, che rappresentano i valori da cui sono partito per la costruzione dell'indice.

Graf.4.2: Titolo di studio della madre



Come si vede, la maggioranza delle madri hanno un titolo di studio elevato, con il 41,69% di laureate presenti nel campione. Tuttavia, spicca anche una forte presenza (35,49 % del campione) di madri con la sola licenza elementare.

Graf.4.3: Titolo di studio del padre



Si vede come il titolo di studio dei padri si distribuisca in maniera simile.

Sulla base di questi dati, ho provveduto a ricodificare il titolo di studio dei genitori in “basso”, “medio” e “alto” eliminando dal computo i “non so”.

Ho quindi creato una tabella di contingenza incrociando i due titoli di studio, andando così a creare uno spazio di attributi che ho proceduto a ridurre secondo criteri logici e di prossimità delle celle.

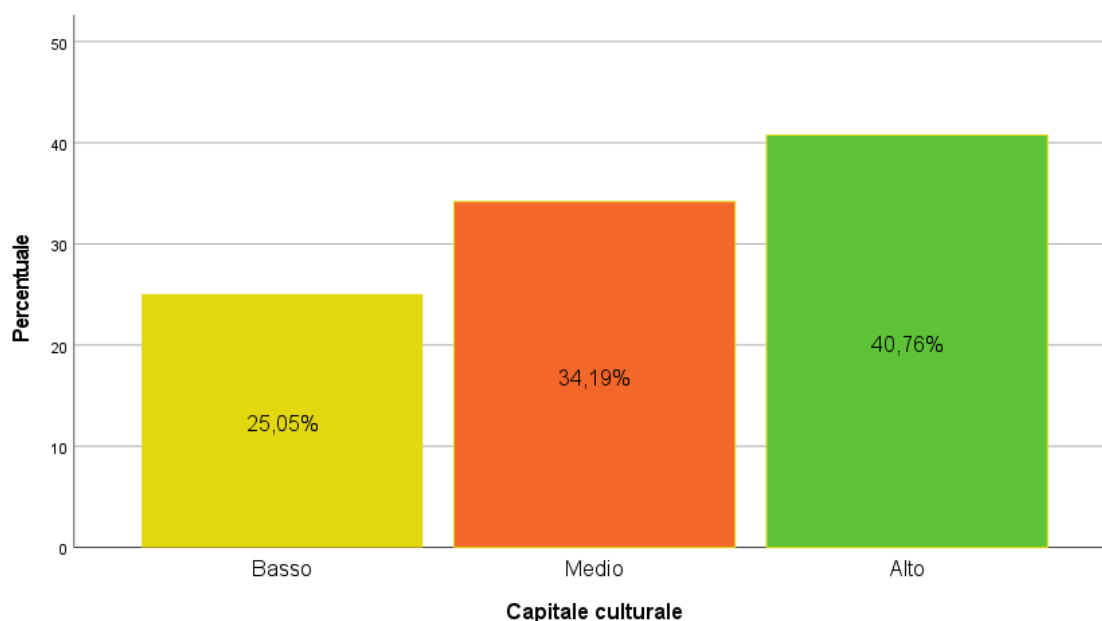
Tab.4.3: Tavola di contingenza per la realizzazione di un indice tipologico di capitale culturale dello studente

		Titolo di studio del padre ricodificato			Totale
		Basso	Medio	Alto	
Titolo di studio della madre ricodificato	Basso	205	23	141	369
	Medio	16	55	45	116
	Alto	137	70	282	489
Totale		358	148	468	974

Come si può vedere, sulla diagonale crescente che va da sinistra a destra ho collocato gli studenti che, per via dei titoli congiunti di entrambi i genitori, sono risultati avere un capitale culturale “Medio”. Al di sopra di tale diagonale si collocano gli studenti con un capitale culturale basso, mentre al di sotto coloro che detengono un alto capitale culturale.

Di seguito il grafico a barre che illustra la distribuzione di frequenza del capitale culturale degli studenti intervistati.

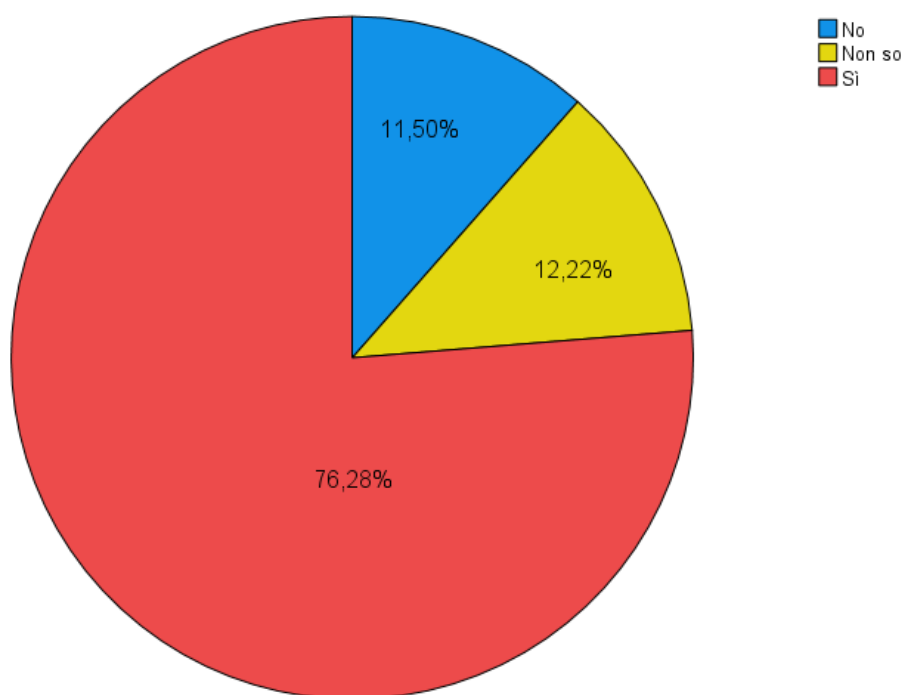
Graf. 4.4: Capitale culturale degli studenti



Come si può notare, la maggior parte del campione possiede un capitale culturale elevato⁹⁴ (40,76% degli intervistati), sebbene un non indifferente 25% circa degli studenti abbia un capitale culturale basso.

Sono state fatte poi delle domande sulle scelte future per un eventuale proseguo degli studi dopo le superiori.

Graf.4.5: “Vorresti fare l’università”?



Al di là del fatto che la stragrande maggioranza dei rispondenti dichiara di voler fare l’università, il dato che salta all’occhio – considerando che si tratta di studenti giunti al termine del proprio percorso scolastico – è che il 12,22% si dichiara indeciso a riguardo. Questo può anche essere relativo alla scelta del corso di studio o alla scelta di una carriera futura, oppure potrebbe riguardare preoccupazioni relative ai costi dell’istruzione universitaria. Ho analizzato la volontà di proseguire gli studi da parte degli studenti intervistati distinguendo i tre tipi di scuola del campione tramite una tabella di contingenza.

⁹⁴ Ciò potrebbe spiegarsi anche col fatto che gli intervistatori – essendo studenti universitari – potrebbero aver intervistato maggiormente persone a loro vicine dal punto di vista proprio del capitale culturale.

Tab. 4.4: Vorresti fare l'università? * Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a

		Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a			Totale
		Altri Licei	Liceo scientifico	Non Licei	
Vorresti fare l'università?	No	5,3%	4,1%	24,2%	11,5%
	Non so	10,1%	10,1%	16,2%	12,2%
	Sì	84,6%	85,8%	59,6%	76,3%
Totale		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Dalla tabella si vede facilmente come la percentuale di chi dichiara di voler fare l'università sia nettamente inferiore negli Istituti Tecnici e Professionali (59,6%) rispetto ai vari Licei (84,6%) e allo Scientifico (85,8%). Questo dato di per sé non sorprende, vista la natura di queste scuole⁹⁵. Anche per quanto riguarda gli indecisi, sebbene la differenza sia minore, c'è una prevalenza nei "Non Licei". Alcuni potrebbero essere attratti dal proseguire gli studi poiché ormai l'offerta formativa universitaria, anche per via della richiesta di sempre più specifiche ed elevate competenze da parte del mondo del lavoro, è molto vasta. In alcuni casi poi, la motivazione può essere legata ad una natura e tradizionale proseguimento, in particolare per chi ha frequentato un Istituto tecnico e spesso tende a scegliere ingegneria all'università. Ritengo quindi utile provare a considerare il dato in modo più raffinato prendendo in considerazione la percentuale dei frequentanti dei vari licei e dei vari istituti e incrociando tali valori con le dichiarazioni relative appunto al proseguimento degli studi.

Tab.4.5 : Scuola superiore frequentata * Vorresti fare l'università?

		10) Vorresti fare l'università?			Totale
		No	Non so	Sì	
Scuola superiore frequentata	Liceo scientifico	4,1%	9,9%	86,0%	100,0%
	Liceo classico	3,3%	7,2%	89,5%	100,0%
	Liceo linguistico	7,5%	14,0%	78,5%	100,0%
	Liceo scienze umane		7,7%	92,3%	100,0%
	Liceo economico-sociale	5,3%	15,8%	78,9%	100,0%
	Liceo artistico	25,0%	6,3%	68,8%	100,0%
	Istituto tecnico	20,5%	16,7%	62,7%	100,0%
	Istituto professionale	32,7%	15,9%	51,3%	100,0%
Totale		11,4%	12,1%	76,4%	100,0%

Il valore del chi-quadro indica che la relazione risulta significativa al livello $< 0,001$ ⁹⁶. Ben il 92,3% degli studenti frequentanti il Liceo delle scienze umane dichiara di voler fare l'università e il restante sono tutti indecisi; tutti quegli che provengono da questo tipo di scuola dichiarano di non voler continuare gli studi. Questo è l'unico dato davvero interessante e che meriterebbe approfondimenti, sebbene non si tratti del focus del mio lavoro. Com'è prevedibile gli Istituti professionali presentano

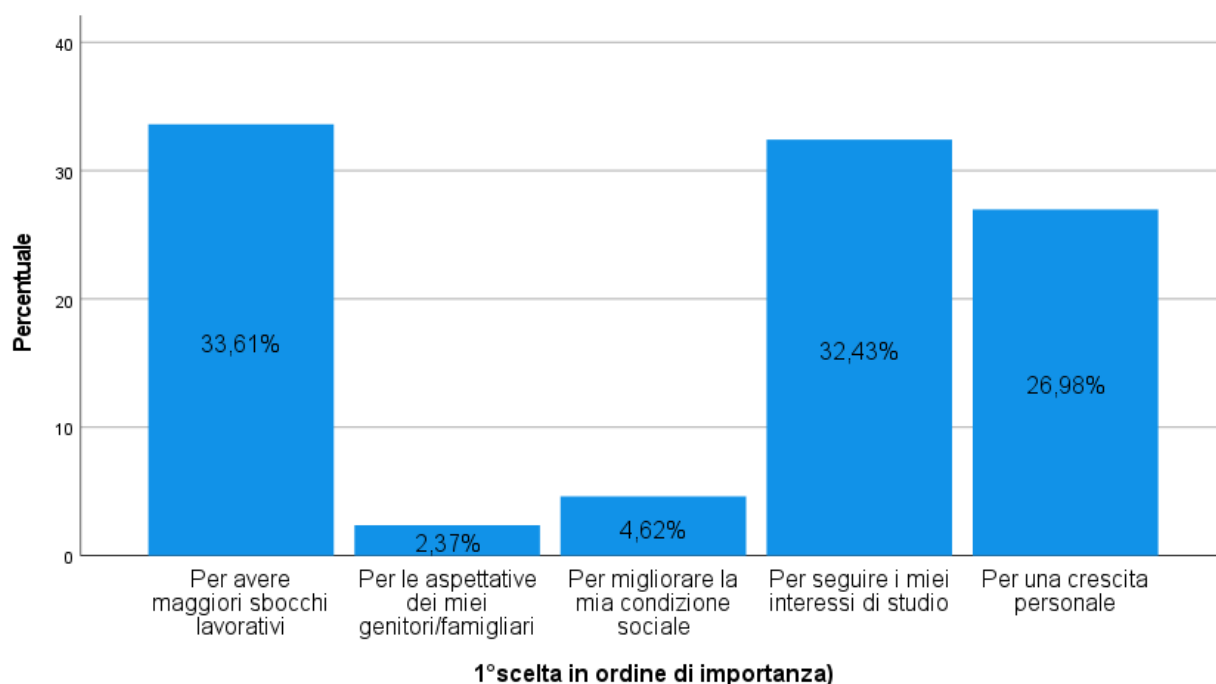
⁹⁵ Gli Istituti Tecnici e Professionali sono nati con l'intento di fornire una formazione più pratica e diretta al mondo del lavoro. Gli istituti tecnici, in particolare, mirano a colmare il gap tra le competenze richieste dal mondo produttivo e l'educazione tradizionale, mentre gli istituti professionali offrono formazioni specifiche in mestieri e settori precisi.

⁹⁶ Nel mio caso, la tabella di contingenza contiene 4 celle (16,7%) con un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 1,83. Questo vuol dire che il test del chi-quadro potrebbe dare dei risultati falsi o inaccurati.

la percentuale inferiore (51,3%), mentre gli Istituti Tecnici si trovano al penultimo posto con il 62,7% di frequentanti, ipotizzando che la differenza stia nella maggiore propensione per materie ingegneristiche. Il dato sugli istituti e questo cenno alla propensione per l'ingegneria può sembrare una riflessione poco pertinente per questo studio. Tuttavia, proseguendo con l'analisi si vedrà che vi sono altri motivi per porre particolare attenzione su questo tipo di scuole, motivi legati al tipo di approccio all'insegnamento scientifico, alle competenze critiche acquisite dagli studenti e alla loro fiducia nella scienza.

È stato quindi chiesto quali fossero le più importanti motivazioni per proseguire gli studi all'università. Di seguito i relativi grafici a barre.

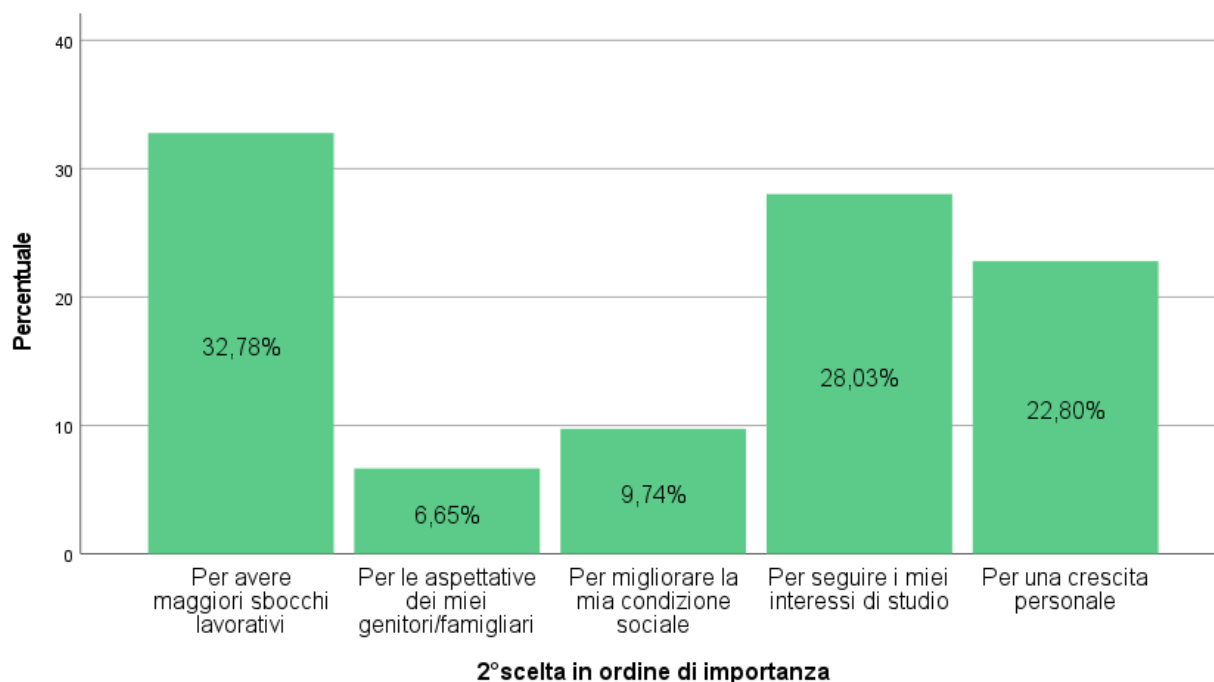
Graf 4.6: Primo motivo per scegliere l'università



Per quanto riguarda la prima scelta in ordine di importanza, la motivazione più comune (33,61% dei rispondenti) per frequentare l'università è la prospettiva di avere maggiori opportunità di lavoro. Questo suggerisce che gli studenti vedono l'istruzione superiore come un mezzo per migliorare le loro prospettive di carriera e assicurarsi un lavoro stabile e remunerativo. Una percentuale molto simile di studenti (32,43%) sceglie l'università per seguire i propri interessi di studio. Questo indica che la passione e l'interesse personale per un determinato campo di studio sono fattori significativi nella scelta dell'istruzione superiore. Un'altra motivazione rilevante, scelta dal 26,98% dei rispondenti, è il desiderio di crescita personale. Gli studenti possono vedere l'università come un'opportunità per sviluppare competenze, acquisire nuove conoscenze e crescere come individui. Pochi sono gli studenti (4,6%) che dichiarano di considerare l'istruzione superiore come un mezzo per migliorare la propria condizione sociale, forse accedendo a ruoli e professioni più prestigiosi. Solamente una piccola percentuale di studenti (2,37%) indica che la scelta dell'università è influenzata dalle aspettative dei propri genitori o famigliari. In sintesi, se consideriamo la motivazione più importante, la maggior parte degli studenti sembra motivata da fattori pratici e personali, come le prospettive di carriera, gli interessi di studio e la crescita personale, mentre le pressioni esterne e il

desiderio di miglioramento sociale sono meno comuni come motivazioni principali. Riguardo invece la seconda motivazione, di seguito il grafico a barre.

Graf. 4.7: Secondo motivo per scegliere l'università



Per quanto riguarda la seconda scelta in ordine di importanza, la prospettiva di avere maggiori opportunità di lavoro è la motivazione principale, anche se con una percentuale leggermente inferiore rispetto alla prima scelta. Ciò conferma l'importanza delle prospettive di carriera nella decisione degli studenti di frequentare l'università. Seguire i propri interessi di studio rimane una motivazione significativa, indicando che la passione e l'interesse per un campo di studio sono fattori chiave nella scelta dell'istruzione superiore. La crescita personale è ancora una motivazione rilevante per gli studenti, suggerendo che l'università è vista come un luogo di sviluppo personale e acquisizione di competenze. La percentuale di studenti che vedono l'istruzione superiore come un mezzo per migliorare la propria condizione sociale è superiore rispetto alla prima scelta (9,74% contro 4,62%), ma rimane comunque una motivazione meno comune. La percentuale di studenti influenzati dalle aspettative dei propri genitori o famigliari è più alta rispetto alla prima scelta (6,65% contro 2,37%), suggerendo che, sebbene non sia la motivazione principale, possa avere un impatto, comunque poco rilevante, nella decisione di frequentare l'università. Per cui, mentre le prospettive di carriera, gli interessi di studio e la crescita personale rimangono le principali motivazioni, l'influenza delle aspettative familiari e il desiderio di miglioramento sociale risultano più pronunciati come motivazioni secondarie.

4.2 Insegnamento, soddisfazione scolastica e studio della scienza

Nel modello teorico concettualizzato e presentato nel Terzo capitolo si è posto al centro il livello di pensiero critico acquisito come una delle variabili più importanti fra quelle che possono condizionare le rappresentazioni della scienza che gli studenti di scuola secondaria di secondo grado si formano verso la fine del loro percorso. Sono state quindi poste – sulla base del processo di concettualizzazione e operativizzazione illustrato nel capitolo precedente – delle domande specifiche volte a indagare alcune caratteristiche dell'insegnamento ricevuto e i livelli di soddisfazione scolastica e di soddisfazione nello studio della scienza (intese come variabili che possono anche moderare il processo di formazione del pensiero critico).

Per prima cosa ho posto una serie di domande su quali attività scientifiche sarebbe piaciuto fare maggiormente agli studenti nelle proprie scuole.

1. **Visitare laboratori astronomici e/o planetari:** Questa attività ha raccolto il più alto numero di risposte affermative, con il 78,9% che ha espresso interesse. Questo indica un forte interesse per l'astronomia e l'esplorazione dello spazio tra gli intervistati.
2. **Partecipare a progetti interdisciplinari:** Il 73,3% ha risposto positivamente, indicando un interesse nell'approccio olistico all'apprendimento, in cui diverse discipline sono integrate.
3. **Visitare musei della scienza:** Il 66,6% ha mostrato interesse per questa attività, sottolineando l'attrattiva dei musei come luoghi di apprendimento informale.
4. **Partecipare a dibattiti con esperti:** Il 62% ha espresso il desiderio di partecipare a discussioni con esperti, suggerendo un interesse per l'apprendimento diretto e l'interazione con professionisti del campo.
5. **Partecipare a festival della scienza:** Un totale del 55% è interessato a frequentare festival scientifici, indicando l'attrazione di eventi che celebrano e promuovono la scienza.
6. **Visitare laboratori scientifici:** Il 71,3% ha mostrato interesse, indicando una curiosità verso il "dietro le quinte" della ricerca scientifica e l'apprendimento pratico.

In sintesi, l'attività che ha raccolto il maggior numero di risposte affermative è "Visitare laboratori astronomici e/o planetari" con il 78,9%. Questo suggerisce che l'astronomia è particolarmente affascinante per gli intervistati e che le attività che offrono esperienze dirette e interattive, come la visita a planetari, sono molto apprezzate e andrebbero proposte maggiormente inserendole in modo più strutturato e sistematico nell'offerta scolastica.

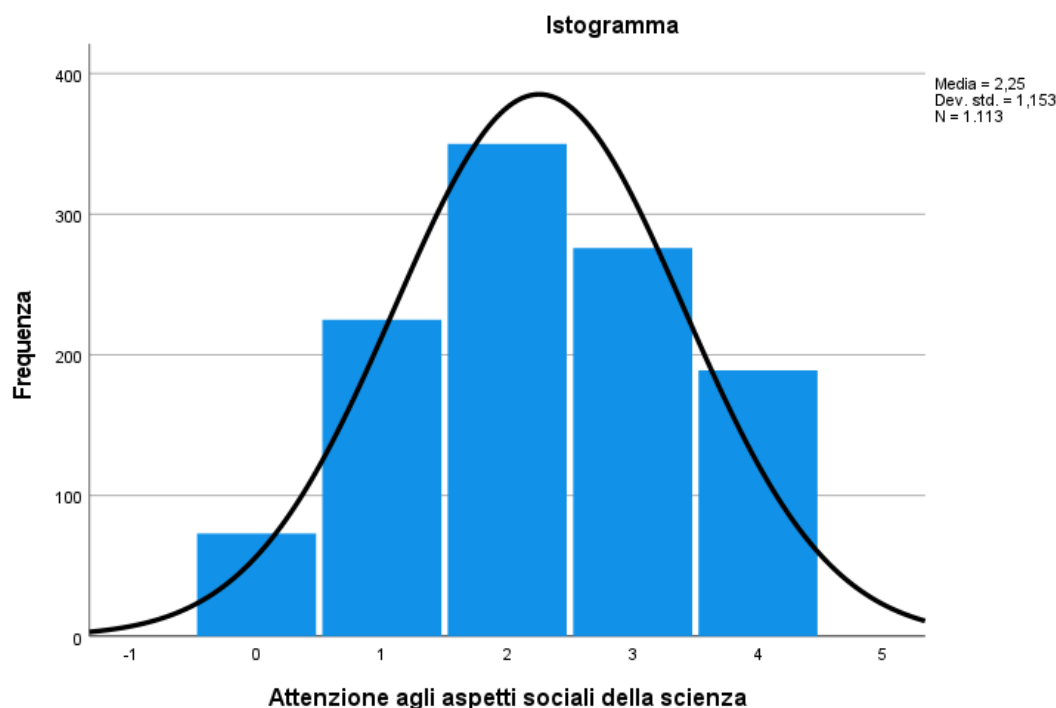
È stato poi chiesto quali fossero stati – tra una serie di argomenti ritenuti utili allo sviluppo del pensiero critico dello studente – quelli fino a quel momento trattati, al fine di avere una prima panoramica relativa alle caratteristiche dell'insegnamento ricevuto (più o meno basato su argomenti che potessero stimolare la riflessione critica e il pensiero autonomo degli studenti): gli item, che prevedevano una risposta dicotomica del tipo Sì/No, sono stati i seguenti:

1. La nascita della scienza moderna a partire dagli studi di Galilei: ha ottenuto l'81,85% di risposte affermative.
2. Le caratteristiche del metodo scientifico: vengono insegnate secondo l'85,98% dei rispondenti
3. L'influenza della scienza sul progresso dell'umanità: risulta essere un tema trattato per il 68,10% degli studenti

4. I conflitti tra scienza e religione: il 65,86% degli studenti ha risposto che vi sono state lezioni a riguardo nella propria esperienza
5. I rischi che possono derivare dalle applicazioni tecnologiche: il 46,90% degli studenti intervistati dichiara che vi sia stata una o più lezioni a riguardo
6. Il fenomeno delle fakenews su scoperte scientifiche o applicazioni tecnologiche: qui la percentuale di risposte affermative scende al 44,56%.

Escludendo i primi due item (che hanno una distribuzione troppo sbilanciata verso l'alto) ho sommato le risposte al fine di ottenere un indice che restituisse parzialmente una visione del tipo di insegnamento impartito, che ho denominato "Attenzione agli aspetti sociali della scienza". Gli studenti hanno valutato la trasmissione di un insegnamento attento agli aspetti sociali della scienza poco al di sopra di 2, con un range compreso tra 0 e 4. Mediana e moda coincidono col valore 2 e ciò indica che la distribuzione delle risposte è abbastanza simmetrica. La deviazione standard di poco superiore a 1 indica una dispersione moderata, ma non trascurabile. Di seguito la distribuzione di frequenza di questo indice rappresentata tramite istogramma.

Graf.4.8: Indice di attenzione agli aspetti sociali della scienza



La distribuzione delle risposte ha code più leggere e un picco meno pronunciato rispetto a una distribuzione normale, ma sostanzialmente è piuttosto simmetrica. Gli studenti tendenzialmente non si sono sbilanciati molto nell'indicare il livello di attenzione agli aspetti sociali della scienza fornito dalla loro scuola, con un punteggio medio poco al di sopra del 2 e con la maggior parte delle risposte concentrate intorno a questo valore.

È interessante confrontare come questo tipo di approccio all'insegnamento della scienza si distribuisca nei tre tipi di scuola campionati. A tal fine, ho effettuato un'ANOVA.

Tab. 4.6: Test di omogeneità delle varianze

		Statistica di Levene	gl1	gl2	Sig.
Attenzione agli aspetti sociali della scienza	Basato sulla media	,891	2	1110	,410

Il valore p è superiore a 0,05, per cui si può concludere che le varianze tra i gruppi sono omogenee. È quindi possibile procedere con l'ANOVA, che risulta nel suo complesso statisticamente significativa, come mostra la tabella seguente.

Tab. 4.7: ANOVA di Attenzione agli aspetti sociali della scienza

	Somma dei quadrati	df	Media quadratica	F	Sig.
Tra gruppi	24,015	2	12,007	9,173	,000
Entro i gruppi	1453,028	1110	1,309		
Totale	1477,042	1112			

Proseguendo coi confronti tra medie, si vede che quelle degli Istituti Tecnici e Professionali differiscono significativamente sia dai Licei Scientifici e che dagli altri Licei.

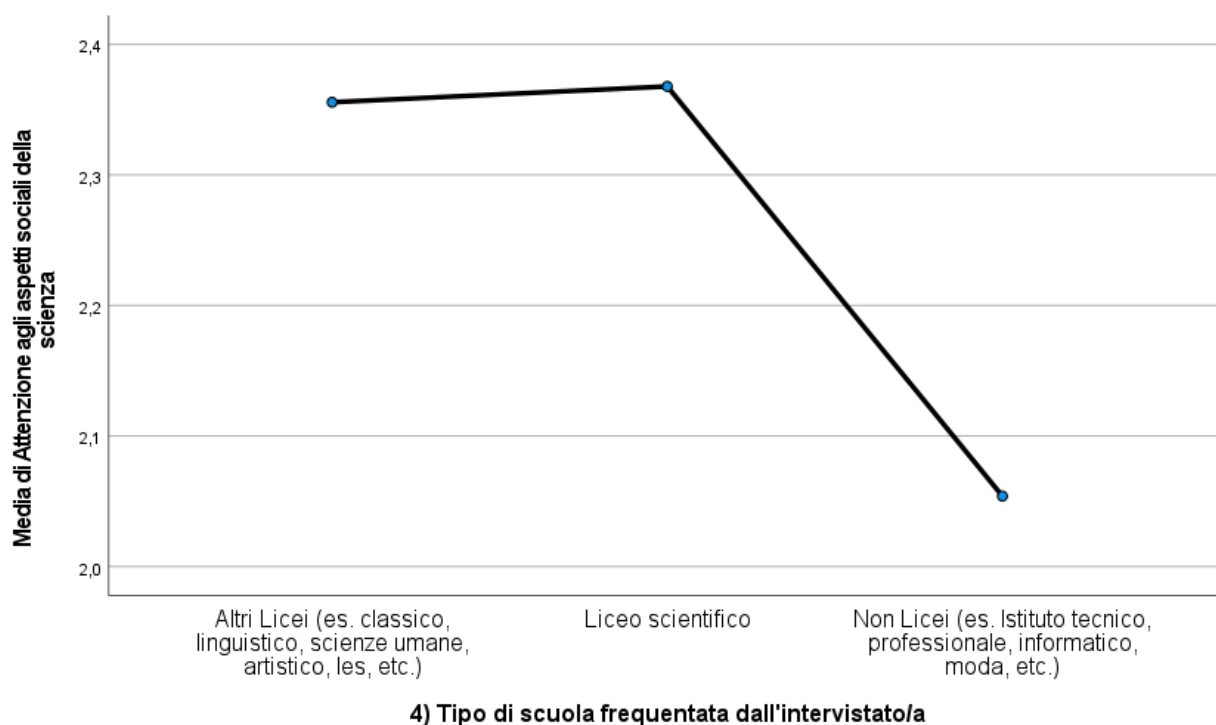
Tab. 4.8: confronti post-hoc tra medie

Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	Sig.
Altri Licei (es. classico, linguistico, scienze umane, artistico, les, etc.)	Liceo scientifico	,989
	Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.)	,001
Liceo scientifico	Altri Licei (es. classico, linguistico, scienze umane, artistico, les, etc.)	,989
	Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.)	,001
Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.)	Altri Licei (es. classico, linguistico, scienze umane, artistico, les, etc.)	,001
	Liceo scientifico	,001

Nonostante dal punto di vista sostantivo questo risultato sia in linea con altri che presento nel lavoro e aiuti a dare un'interpretazione globale di uno degli aspetti emerso in sede di analisi (come si vedrà nei prossimi paragrafi), dal punto di vista statistico basta vedere dal grafico⁹⁷ quanto sia piccola la differenza tra i gruppi (circa un terzo di punto, valore molto basso anche se guardiamo al range di 0-4).

⁹⁷ Non occorre sapere che l'Eta-quadro, con i suoi limiti di cui accenno in seguito facendo riferimento a Corbetta e a Marradi, ha un valore che indica che solamente il 1,6% della varianza è riprodotta dalla variabile indipendente.

Graf. 4.8: Grafico delle medie



Si è poi indagato – tramite scala Likert – quale fosse l’approccio alla trasmissione della conoscenza scientifica tramite la formulazione di 5 item introdotti da “L’insegnamento scientifico impartito nella tua classe è basato su”:

1. L’analisi di problemi di attualità
2. Il dibattito e la discussione in classe
3. La formulazione di nuove idee e ipotesi
4. Lo studio a memoria delle nozioni
5. La riflessione e la discussione su problemi che coinvolgono più materie (interdisciplinarietà)

La scala è risultata avere un’affidabilità soddisfacente, come si nota dal valore dell’Alpha di Cronbach (prossimo al valore di 0,70), il che indicherebbe che gli elementi misurano lo stesso costrutto sottostante. I valori mancanti erano nel numero di 55 (pari al 4,9% del campione).

Tab. 4.9: statistiche di affidabilità

Alpha di Cronbach	N. di elementi
,690	5
Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento	
Analisi di problemi di attualità	,599
Il dibattito e la discussione in classe	,585
La formulazione di nuove idee e ipotesi	,622

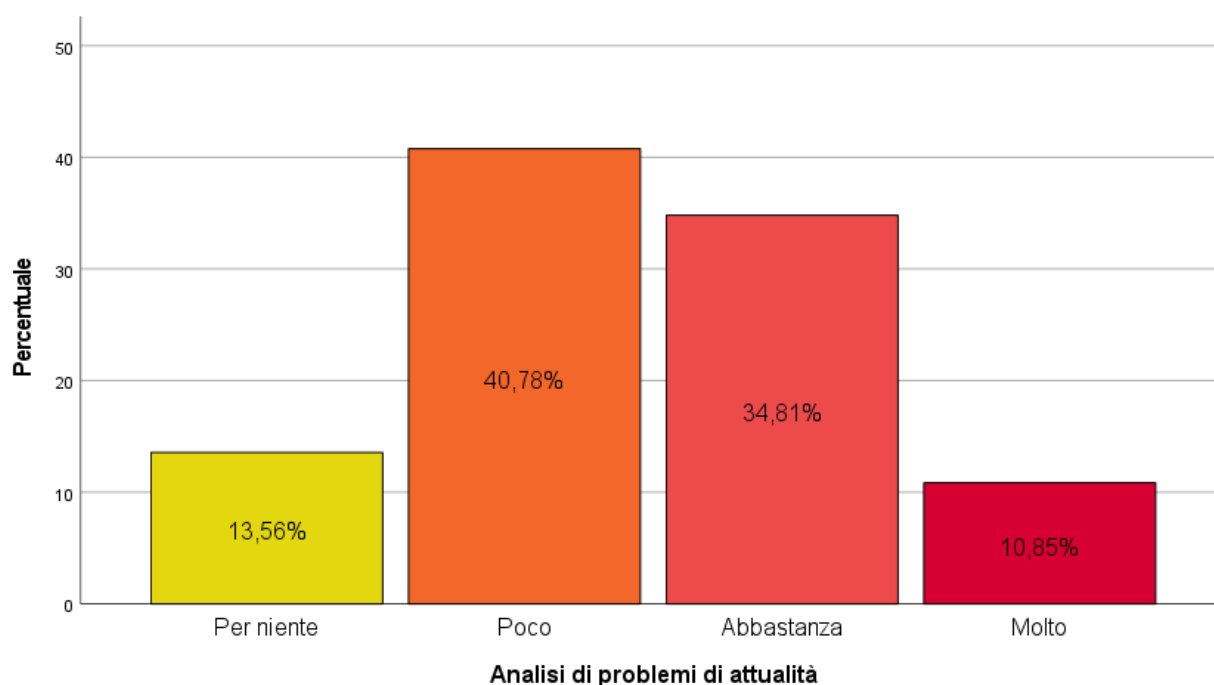
Lo studio a memoria delle nozioni	,738
La riflessione e la discussione su problemi che coinvolgono più materie (l'interdisciplinarietà)	,646

Si nota però che l'elemento "Lo studio a memoria delle singole nozioni" – se eliminato dalla scala – aumenta il valore di alpha a 0,738. Inoltre, esso cattura un aspetto semanticamente diverso rispetto agli altri, per cui ho deciso di non considerarlo per la formazione di successive analisi, come fra poco si vedrà. Le alternative di risposta sono state così graduate – considerando in fase di ricodifica i "Non so" come dati mancanti al fine di mantenere il livello ordinale della scala: "Per niente", "Poco", "Abbastanza", "Molto".

Si vede dai grafici sottostanti come "L'analisi di problemi di attualità" e "La formulazione di nuove idee e ipotesi" siano considerate dalla maggior parte degli studenti come poco alla base dell'insegnamento scientifico a loro impartito, mentre "Il dibattito e la discussione in classe", "Lo studio a memoria delle nozioni" e "La riflessione e la discussione su problemi che coinvolgono più materie (l'interdisciplinarietà)" siano considerati abbastanza alla base dell'insegnamento scientifico ricevuto.

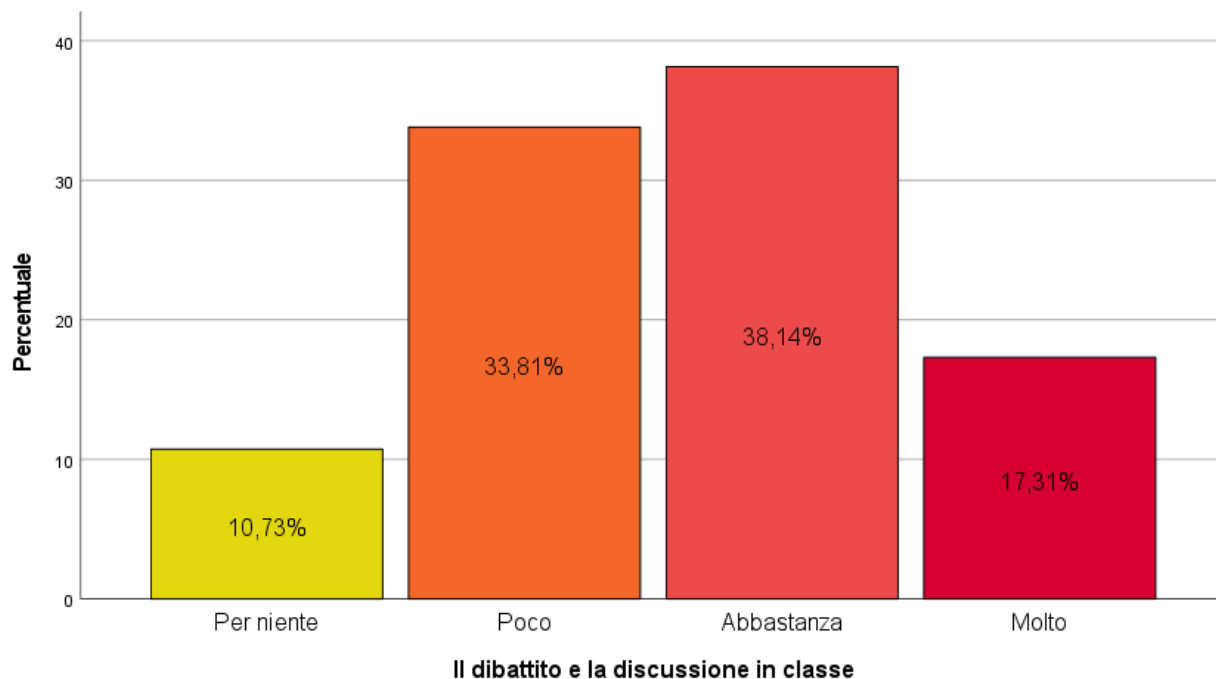
I seguenti grafici a barre permettono una migliore comprensione delle risposte ai singoli item.

Graf. 4.9: Importanza dell'analisi dei problemi di attualità nell'ambito dell'insegnamento scientifico nella classe frequentata



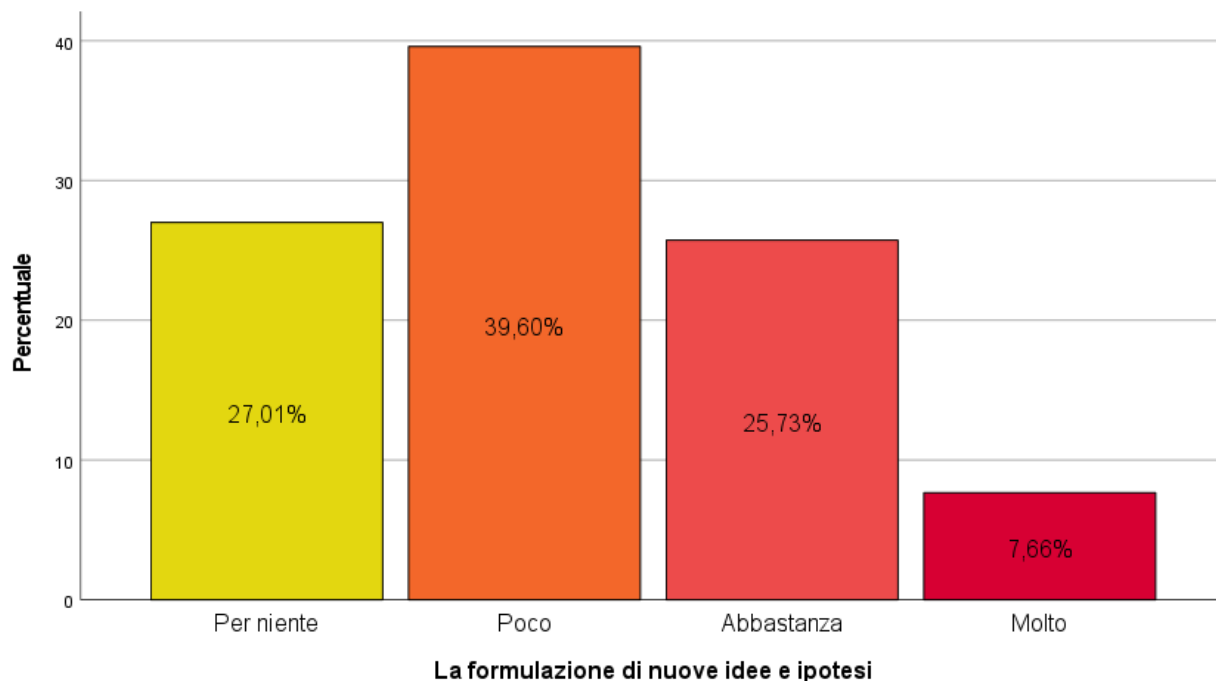
Come mostra il grafico, la maggioranza degli studenti indica come poco presente l'analisi di problemi di attualità (40,78%) nella loro classe, con una quota rilevante (34,81%) di studenti che la indicano invece come abbastanza presente.

Graf. 4.10: Importanza del dibattito e della discussione in classe nell'ambito dell'insegnamento scientifico nella classe frequentata



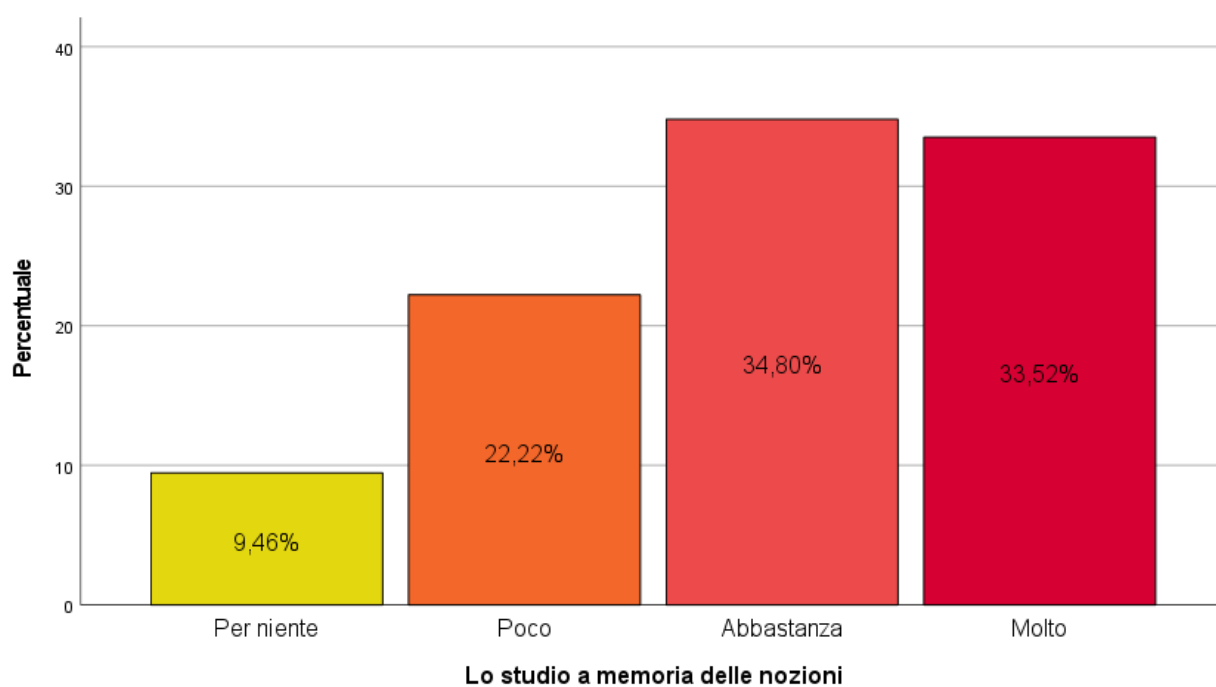
Per quanto riguarda il dibattito e la discussione in classe, esso sembra essere più presente dell'analisi dei problemi di attualità, nell'insegnamento impartito a lezione. Volendo dividere tra chi valuta che l'insegnamento nella propria classe sia basato anche sul dibattito e chi no, possiamo sommare i valori percentuali dei "Per niente" con i "Poco" da una parte, e dall'altra quelli degli "Abbastanza" con i "Molto". Il risultato è che il 55,45% degli studenti intervistati ritiene che il dibattito e la discussione in classe siano presenti in modo rilevante nella loro esperienza didattica.

Graf. 4.11: Importanza della formulazione di nuove idee e ipotesi nell'ambito dell'insegnamento scientifico nella classe frequentata



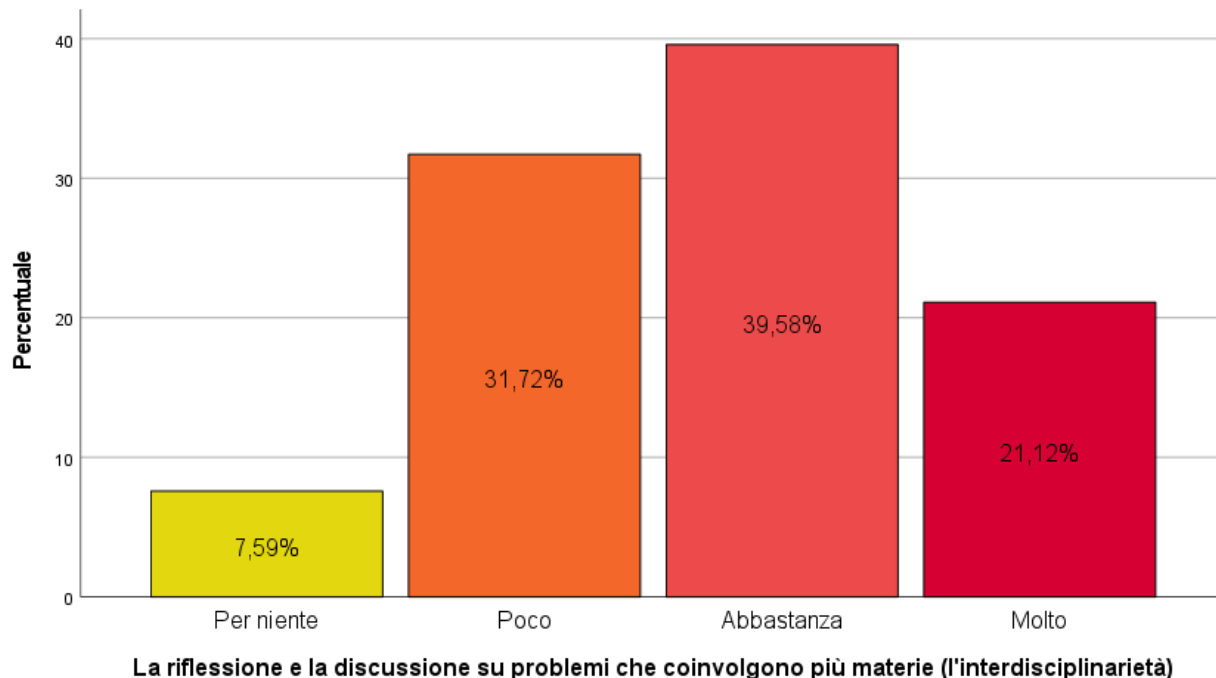
Decisamente opposta è la situazione relativa a quanto l'insegnamento della scienza in classe si basi sulla formulazione di nuove idee e ipotesi. Sommando i "Per niente" con i "Poco" si ottiene che il 66,61% degli studenti intervistati non percepisce questo approccio all'insegnamento come particolarmente presente.

Graf. 4.12: Importanza dello studio a memoria delle nozioni nell'ambito dell'insegnamento scientifico nella classe frequentata



Per quanto riguarda lo studio a memoria delle nozioni, esse pare essere ancora una parte molto rilevante sulla quale si basa l'insegnamento scientifico nelle scuole superiori. Ciò non sorprende, dato che comunque il nucleo principale dei programmi scolastici si basa sull'imparare e sul saper applicare nozioni.

Graf. 4.13: Importanza della riflessione e della la discussione su problemi che coinvolgono più materie (l'interdisciplinarietà) nell'ambito dell'insegnamento scientifico nella classe frequentata



Interessante – ai fini di questo lavoro – appare il risultato relativo a quanto gli studenti ritengono che un approccio riflessivo di tipo interdisciplinare sia alla base dell'insegnamento della scienza nella propria classe: la maggioranza degli studenti si posiziona sulle due modalità più alte, in particolare sulla modalità “abbastanza” (39,58% degli intervistati). Il 60,7% degli studenti ritiene che questo approccio didattico sia particolarmente presente durante le ore di insegnamento delle materie scientifiche. Solo il 7,59% ha risposto che questo tipo di insegnamento non è affatto presente nella propria esperienza didattica. Questo dato, insieme agli altri presentati singolarmente o aggregati in indici, indica che l'approccio critico-riflessivo abbia una presenza importante nel nostro campione.

Una seconda batteria di domande, sempre sottoforma di scala Likert, è stata posta agli studenti al fine di prendere in considerazione ulteriori aspetti legati all'approccio all'insegnamento delle materie scientifiche. I valori mancanti corrispondono al 4,8% del campione.

Le domande erano:

1. I docenti ci permettono di esprimere le nostre idee liberamente
2. I docenti organizzano lavori di gruppo
3. I docenti organizzano incontri con esperti
4. La scuola promuove la partecipazione a Festival della Scienza o eventi simili
5. Si organizzano progetti extracurricolari
6. Si fanno attività di laboratorio

7. Si organizzano visite di tipo scientifico (es.: musei, planetari, laboratori).

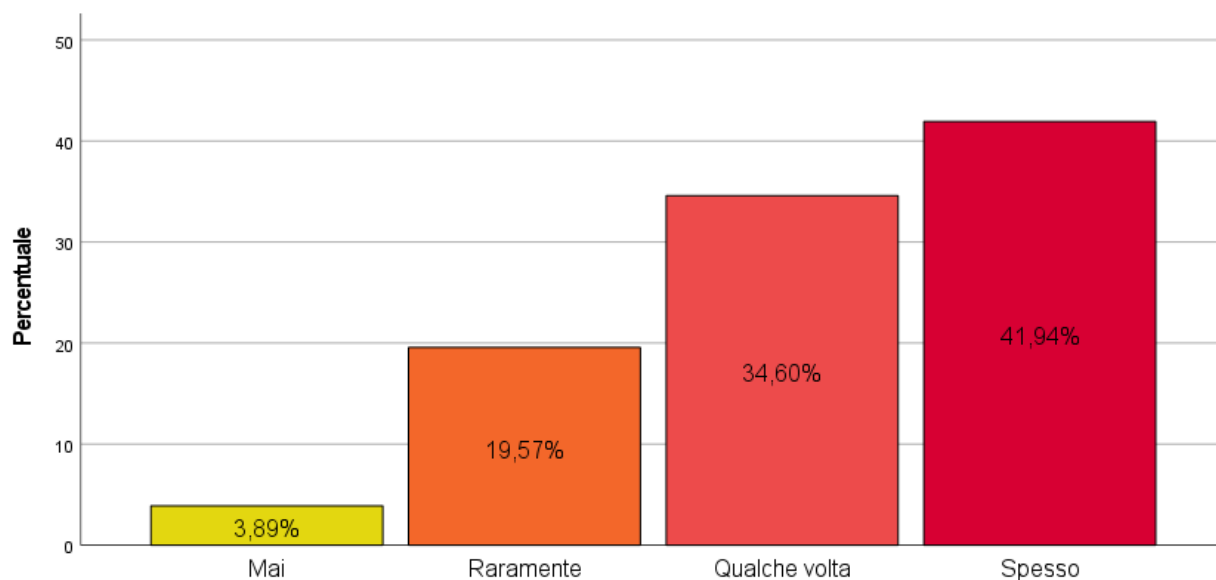
Tab. 4.10: Statistiche di affidabilità

Alpha di Cronbach	N. di elementi	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
,751	7	
I docenti ci permettono di esprimere le nostre idee liberamente		,752
I docenti organizzano lavori di gruppo		,719
I docenti organizzano incontri con esperti		,702
La scuola promuove la partecipazione a Festival della scienza o eventi simili		,721
Si organizzano progetti extra-curricolari		,706
Si fanno attività di laboratorio		,724
Si organizzano visite di tipo scientifico (es. musei, planetari, laboratori)		,719

L'Alpha risulta più che soddisfacente. Inoltre, ipotizzando di togliere uno o più elementi dalla scala, in nessun caso si avrebbe un aumento del valore del coefficiente Alpha stesso.

Di seguito i grafici relativi alle distribuzioni di frequenza dei singoli item.

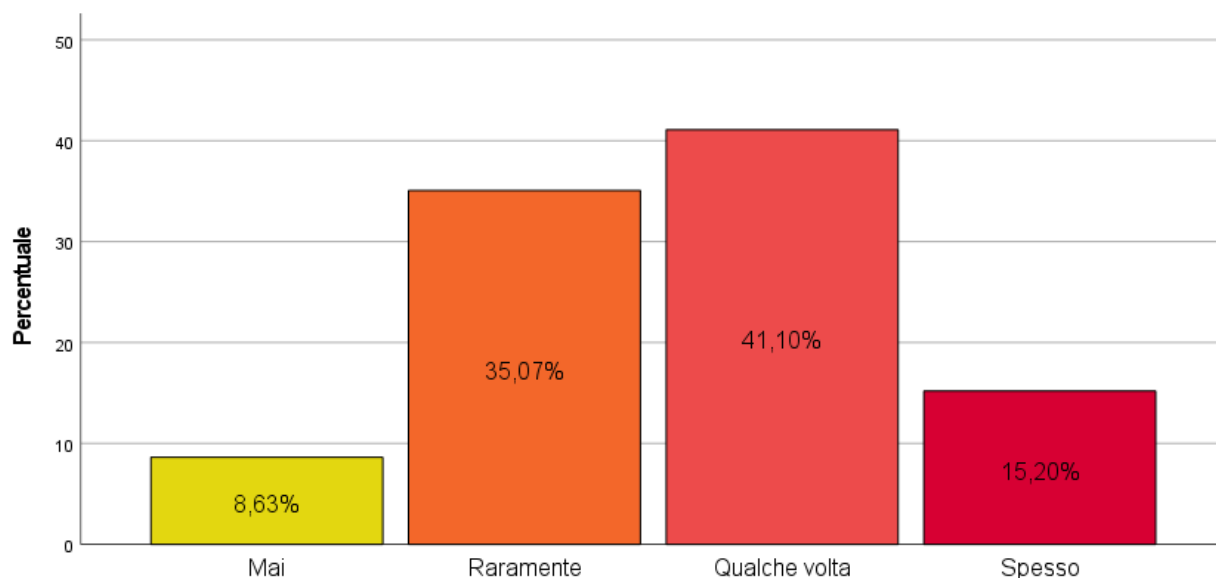
Graf. 4.13: Frequenza con cui i docenti permettono di esprimere le idee degli studenti liberamente



In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: I docenti ci permettono di esprimere le nostre idee liberamente

La maggioranza degli studenti (circa il 76%) sente di avere l'opportunità di esprimere le proprie idee almeno "qualche volta" o "spesso". Tuttavia, c'è ancora una percentuale significativa (oltre il 23%) che sente che raramente o mai ha questa opportunità. Ciò suggerisce che, nonostante ci siano molte aule in cui gli studenti sentono di potersi esprimere liberamente, vi è ancora margine di miglioramento in termini di promozione della partecipazione e dell'espressione degli studenti nelle materie scientifiche.

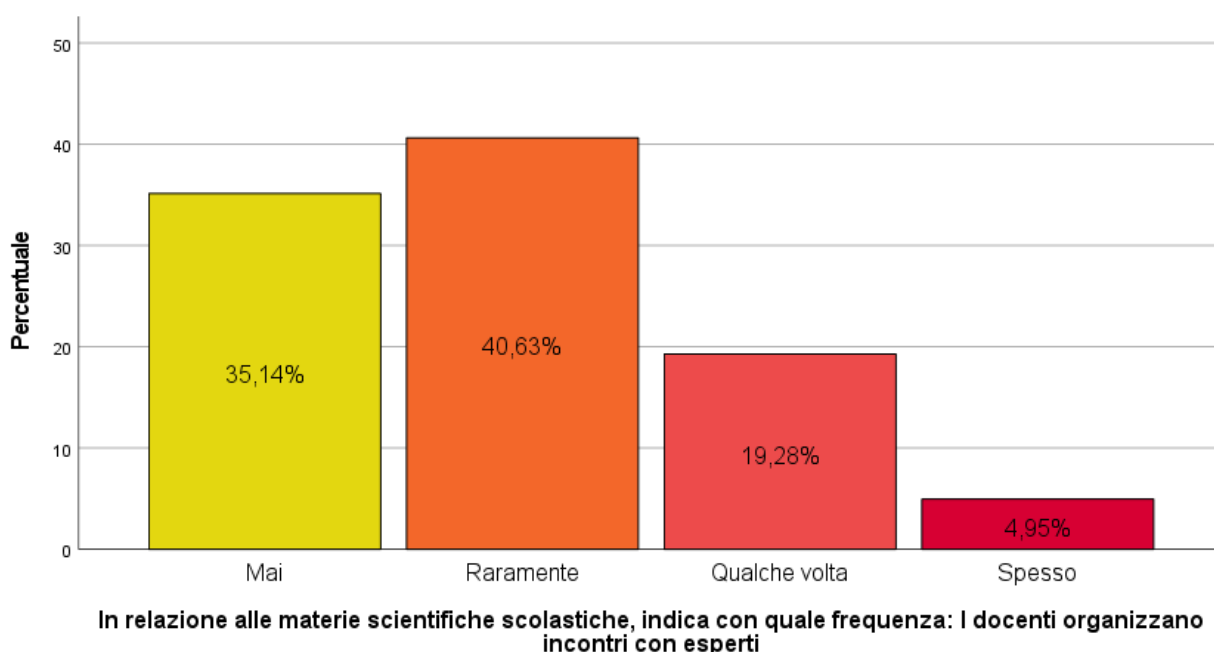
Graf. 4.14: Frequenza con cui i docenti organizzano lavori di gruppo



In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: I docenti organizzano lavori di gruppo

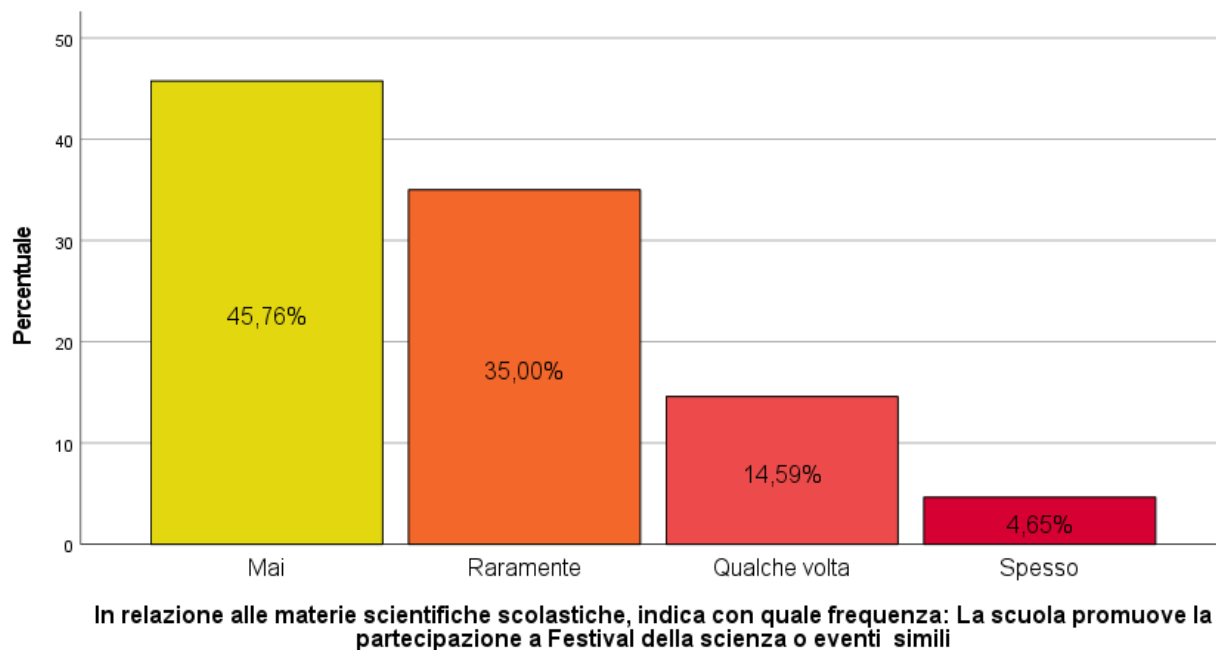
La grande maggioranza degli studenti (circa il 76%) sente che i lavori di gruppo vengono organizzati almeno “qualche volta” o “raramente”, con solo un piccolo gruppo (il 15,20%) che sperimenta frequentemente questa modalità. Questo potrebbe riflettere una tendenza pedagogica a limitare i lavori di gruppo nelle materie scientifiche. Tuttavia, è importante notare che il lavoro di gruppo è considerato uno strumento efficace per promuovere la collaborazione, le abilità comunicative e la comprensione dei concetti. Pertanto, si potrebbe considerare l’idea di incoraggiare un uso più frequente del lavoro di gruppo nelle materie scientifiche, potendo questo migliorare l’apprendimento degli studenti e le loro competenze trasversali (che, come visto, risultano particolarmente rilevanti per una formazione critico/riflessiva alla conoscenza scientifica).

Graf. 4.15: Frequenza con cui i docenti organizzano incontri con esperti



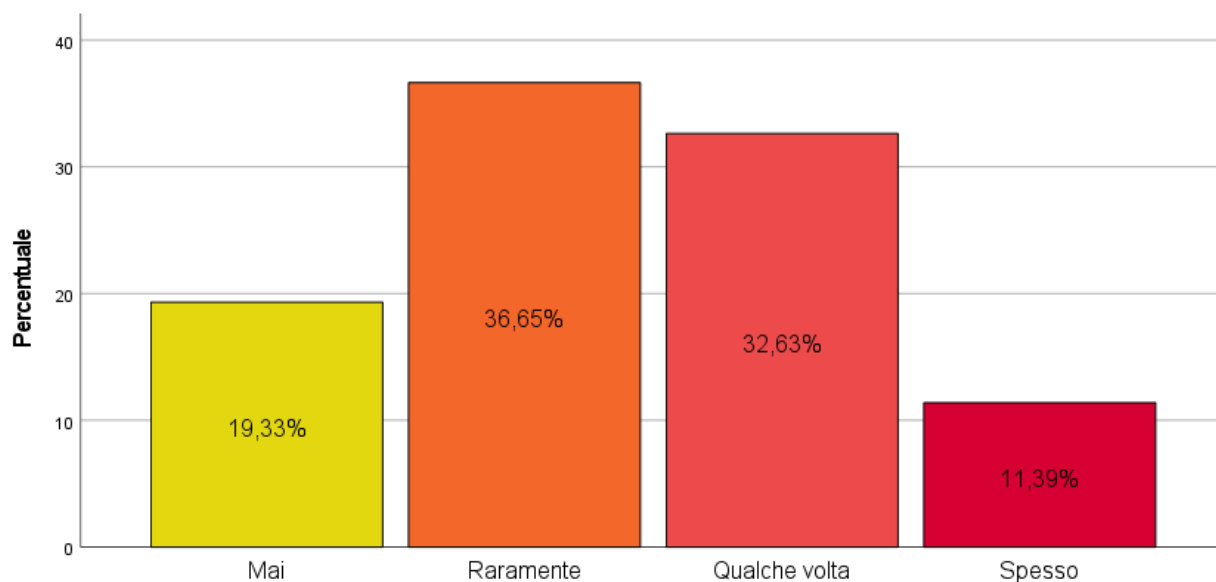
Dai dati emerge che la grande maggioranza degli studenti (circa il 75,77%) ritiene che i docenti organizzino incontri con esperti “mai” o “raramente”. Questo potrebbe riflettere limitazioni logistiche, mancanza di risorse o semplicemente priorità diverse nell’approccio didattico. Tuttavia, gli incontri con esperti possono offrire agli studenti una prospettiva preziosa sulla pratica reale delle scienze, rendendo le lezioni più tangibili e connesse al mondo esterno.

Graf. 4.16: Frequenza con cui la scuola organizza la partecipazione a Festival della scienza o eventi simili



I dati mostrano che la maggior parte degli studenti (circa l'81%) percepisce un basso livello di promozione da parte delle scuole per la partecipazione a Festival della scienza o eventi analoghi. Gli eventi scientifici esterni, come i festival, possono offrire un'esperienza preziosa per gli studenti, permettendo loro di vedere le applicazioni reali della scienza, di interagire con professionisti del settore e di aumentare la loro motivazione e interesse. Potrebbe esserci una serie di motivi per cui le scuole non promuovono tali eventi, tra cui limitazioni di budget, mancanza di informazioni o priorità educative differenti. Tuttavia, vista la potenziale ricchezza di apprendimento e l'entusiasmo che tali eventi possono generare tra gli studenti, potrebbe essere utile per le istituzioni scolastiche riconsiderare e potenzialmente aumentare il loro impegno nella promozione di tali iniziative.

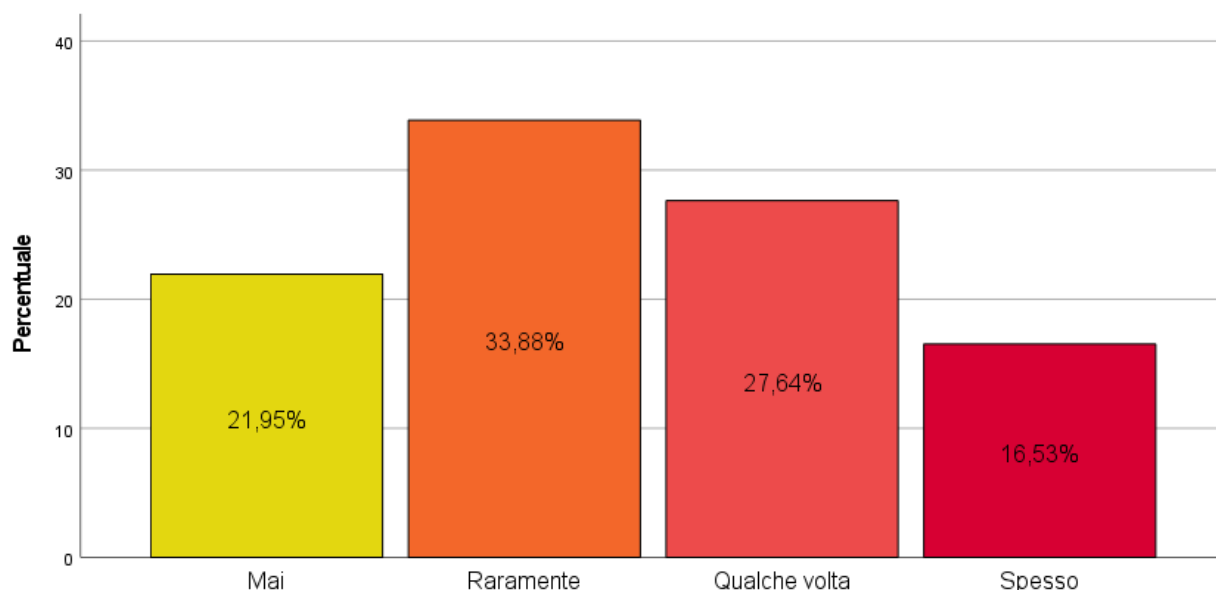
Graf. 4.17: Frequenza con cui si organizzano progetti extra-curricolari



In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si organizzano progetti extra-curricolari

Emerge che la maggior parte degli studenti (circa il 56%) ritiene che i progetti extra-curricolari vengano organizzati “mai” o “raramente” e che solo il 11,39% degli studenti pensa che nella loro scuola se ne organizzino frequentemente. Anche se non è una percentuale molto elevata, se si considera anche la modalità “qualche volta” (32,63%) si può affermare che per una rilevante minoranza di studenti le attività extra-curricolari sono una componente regolare e integrante della loro esperienza scolastica.

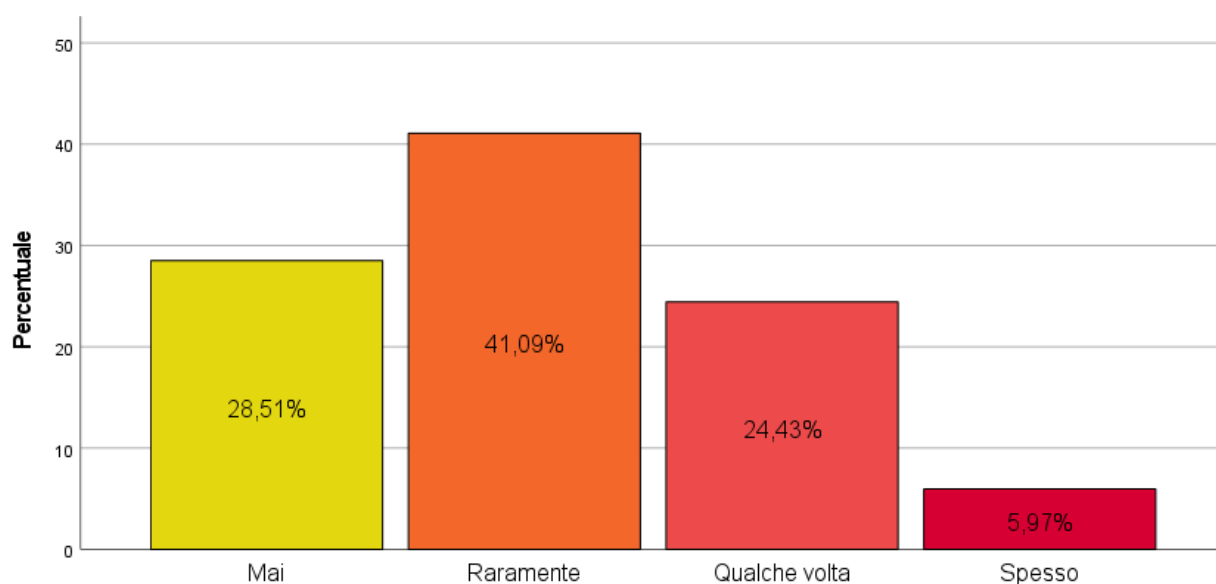
Graf. 4.18: Frequenza con cui si fanno attività di laboratorio



In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si fanno attività di laboratorio

I dati mostrano che una porzione significativa degli studenti (circa il 56%) percepisce una limitata esposizione alle attività di laboratorio. Questo potrebbe riflettere limitazioni in termini di risorse, spazio, attrezzature o semplicemente una priorità didattica che pone meno enfasi sull'apprendimento pratico. Le attività di laboratorio sono fondamentali per un apprendimento completo, soprattutto nelle materie scientifiche, poiché permettono agli studenti di mettere in pratica le conoscenze teoriche, sviluppare competenze pratiche e comprendere meglio concetti complessi attraverso l'esperienza diretta. Occorre però considerare che il 27,64% degli studenti risponde che le attività di laboratorio si svolgono qualche volta e ciò ha una certa rilevanza, poiché è la seconda modalità di risposta più scelta.

Graf. 4.20: Frequenza con cui si organizzano visite di tipo scientifico (es.: musei, planetari, laboratori)



In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si organizzano visite di tipo scientifico (es. musei, planetari, laboratori)

La maggior parte degli studenti (quasi il 70%) ha una limitata o nulla esposizione a visite a musei, planetari o laboratori. La modalità scelta più frequentemente è infatti “Raramente”, seguita da “Mai” (28,51%). Tuttavia, le visite in contesti come musei, planetari e laboratori potrebbero offrire agli studenti una visione più ampia e approfondita della scienza, permettendo loro di vivere in prima persona e di comprendere meglio concetti che in aula possono sembrare astratti e/o poco interessanti. Essi offrono anche la possibilità di suscitare interesse e curiosità, potendo fungere da stimolo per future carriere o studi in ambito scientifico.

Ho quindi deciso di prendere in considerazione gli item di queste due scale⁹⁸ Likert per effettuare un'analisi delle componenti principali, ai fini dell'individuazione di indici relativi al tipo di insegnamento. Le variabili scelte sono state standardizzate per annullare le differenze di scala (il peso delle variabili nella formazione delle componenti potrebbe altrimenti essere falsato).

⁹⁸ Tranne – come detto – l'item sullo studio a memoria delle nozioni.

La matrice di correlazione indica che tutte le correlazioni nella matrice sono statisticamente significative. Queste correlazioni offrono una visione importante delle relazioni tra le diverse attività e percezioni degli studenti nelle materie scientifiche scolastiche.

Tab. 4.11: Test di KMO e Bartlett

Misura di Kaiser-Meyer-Olkin di adeguatezza del campionamento.		,857 ⁹⁹
Test della sfericità di Bartlett	Appross. Chi-quadrato	2587,600
	gl	55
	Sign.	,000

La distribuzione dei valori osservati è adeguata per una ACP e le dimensioni del campione sono sufficientemente ampie. Le variabili sono correlate e, quindi, l'ACP è una tecnica applicabile e appropriata in questo caso.

Tab. 4.12: Varianza totale riprodotta

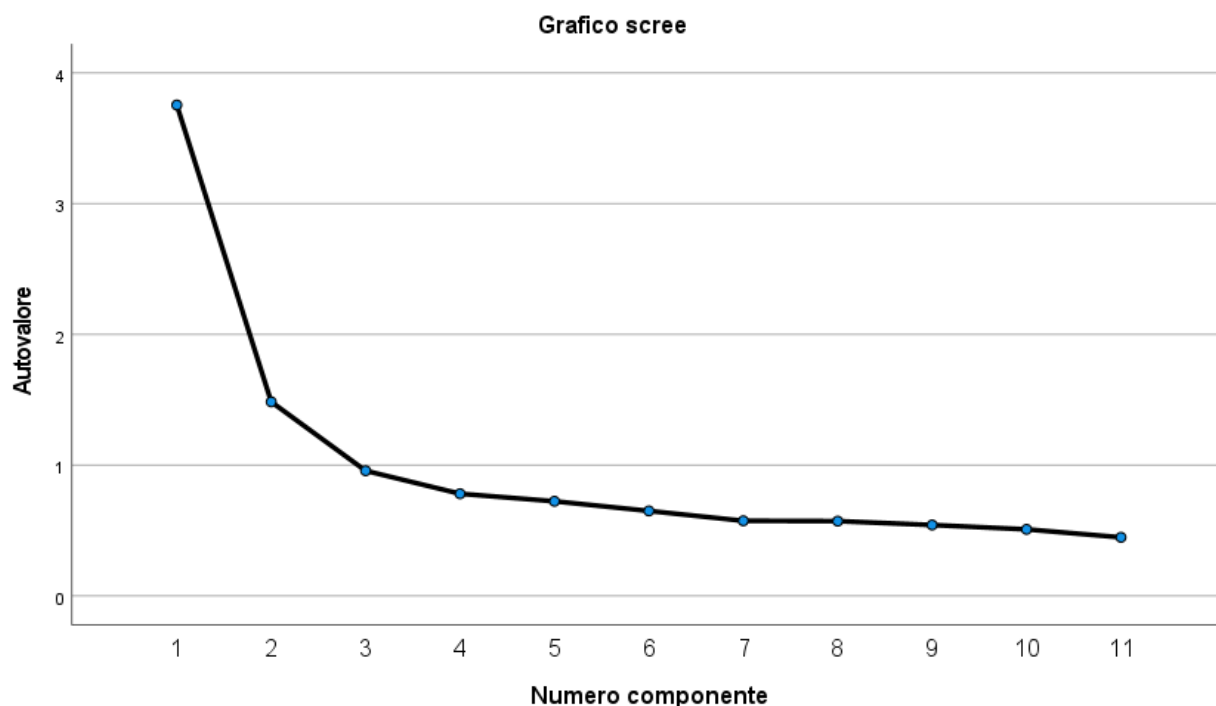
Componente	Totale	Autovalori iniziali		Caricamenti somme dei quadrati di estrazione			Caricamenti somme dei quadrati di rotazione		
		% di varianza	% cumulativa	Totale	% di varianza	% cumulativa	Totale	% di varianza	% cumulativa
1	3,755	34,136	34,136	3,755	34,136	34,136	2,626	23,872	23,872
2	1,485	13,497	47,633	1,485	13,497	47,633	2,614	23,761	47,633
3	,957	8,704	56,337						
4	,782	7,106	63,443						
5	,724	6,582	70,025						
6	,650	5,911	75,936						
7	,575	5,224	81,160						
8	,572	5,202	86,362						
9	,543	4,933	91,295						
10	,509	4,631	95,926						
11	,448	4,074	100,000						

Metodo di estrazione: Analisi dei componenti principali.

Le prime due componenti riproducono quasi il 48% della varianza. In questo caso, non avendo specificato al software quante componenti volessi estrarre, il criterio più comune utilizzato è quello di prendere in considerazione tutti i componenti con un autovalore maggiore di 1. Questo si vede anche dalla lettura del grafico seguente.

⁹⁹ Il valore indica che una parte significativa della varianza nelle variabili in questione può essere riprodotta da alcune componenti, ossia che c'è un'adeguata proporzione di varianza comune tra le variabili (né troppo alta, né troppo bassa).

Graf.: 4.21: Scree plot



L'interpretazione di questo grafico è un metodo alternativo e a volte complementare per decidere quante componenti prendere in considerazione. Si utilizza come criterio – oltre alla lettura dell'autovalore – quello di guardare al “gomito”, ossia al primo o al più al secondo (in base anche agli altri criteri) punto di flesso, dopo il quale le componenti successive riproducono una quota di varianza via via inferiore, risultando sempre meno utile prenderne ulteriori in considerazione. Di seguito la matrice dei componenti ruotati¹⁰⁰.

Tab. 4.13: Matrice delle componenti ruotate

	Componente	
	1	2
Punteggio Z: Il dibattito e la discussione in classe	,806	,106
Punteggio Z: Analisi di problemi di attualità	,751	,112
Punteggio Z: La formulazione di nuove idee e ipotesi	,671	,183
Punteggio Z: La riflessione e la discussione su problemi che coinvolgono più materie (l'interdisciplinarietà)	,642	,120
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: I docenti ci permettono di esprimere le nostre idee liberamente	,522	,209
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si organizzano progetti extra-curricolari	,100	,722

¹⁰⁰ Ho utilizzato la rotazione Varimax, che è una delle tecniche di rotazione ortogonale più popolari e viene utilizzata per massimizzare la varianza dei pesi delle variabili su ciascuna componente, rendendo alcuni pesi molto alti e altri molto bassi. Ciò rende generalmente più agevole l'interpretazione delle componenti. Inoltre, è ampiamente utilizzata e accettata nella comunità scientifica.

Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: La scuola promuove la partecipazione a Festival della scienza o eventi simili	,067	,703
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si organizzano visite di tipo scientifico (es. musei, planetari, laboratori)	,097	,689
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: I docenti organizzano incontri con esperti	,262	,668
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: Si fanno attività di laboratorio	,204	,590
Punteggio Z: In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza: I docenti organizzano lavori di gruppo	,379	,463

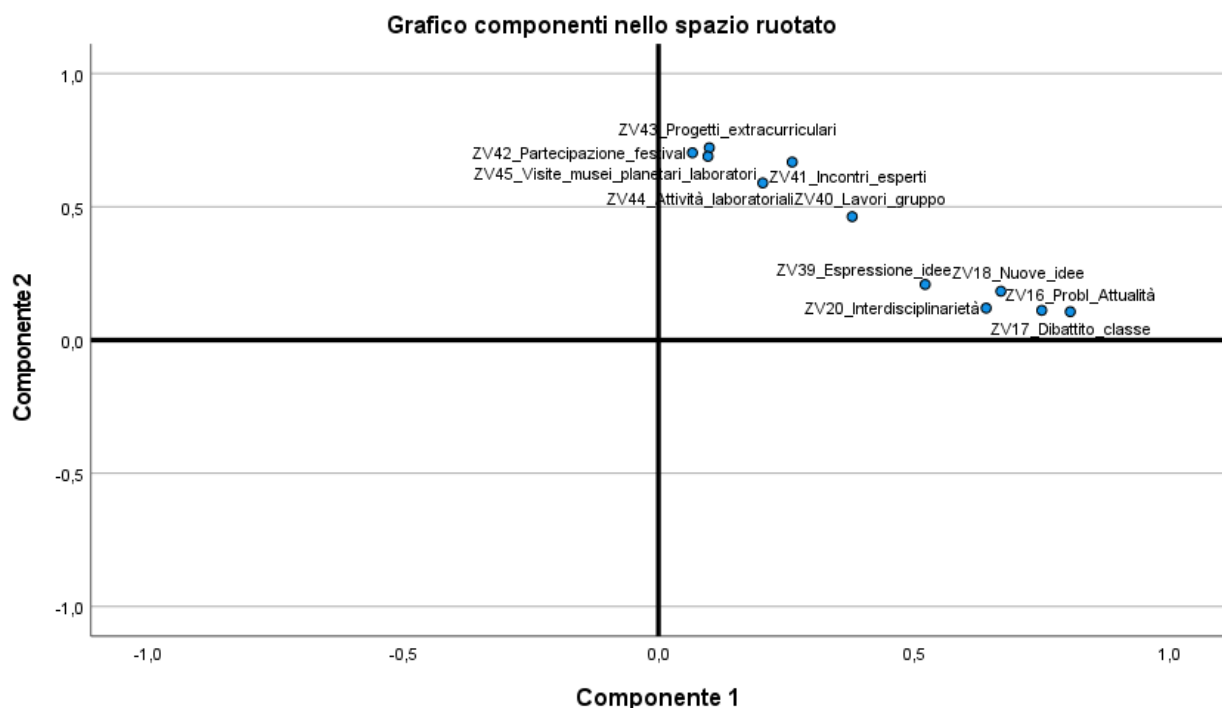
Metodo di estrazione: Analisi dei componenti principali.

Metodo di rotazione: Varimax con normalizzazione Kaiser.

a. Convergenza per la rotazione eseguita in 3 iterazioni.

Già dalla lettura della tabella si capisce come e quanto i singoli item contribuiscono alla formazione dei due fattori, con l'item "I docenti organizzano lavori di gruppo" che però ha pesi molto simili su entrambe le variabili. Tramite il grafico si riesce ad avere una rappresentazione più chiara.

Graf. 4.22:



Si nota una certa polarizzazione sulle due componenti, tranne per l'item "I docenti organizzano lavori di gruppo" che si trova quasi in mezzo ai due gruppi di variabili. Ho quindi tutti gli elementi per costruire e denominare i due indici. Il primo l'ho chiamato "**Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche**" e il secondo "**Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche**".

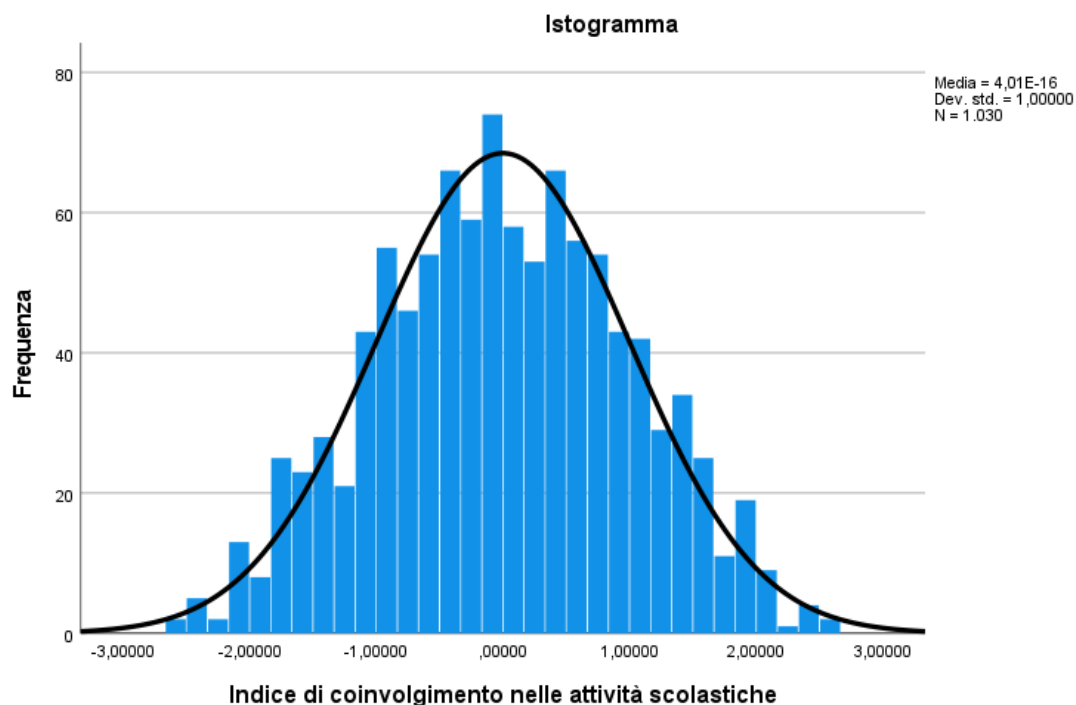
Di seguito la distribuzione di frequenza dell'"Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche":

Tab. 4.14: Statistiche di “Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche”

N	Valido	1113
	Mancante	0
Media		12,78
Mediana		12,66
Modalità		12,67
Deviazione std.		2,15
Asimmetria		-,028
Curtosi		-,346
Minimo		7,33
Massimo		19,00

La mediana, leggermente negativa, suggerisce che la metà degli studenti ha un coinvolgimento leggermente al di sotto della media del campione. Il valore della moda, mostra che il valore più comune di coinvolgimento tra gli studenti è leggermente al di sotto della media.

Graf. 4.22: Distribuzione di frequenza di “Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche”

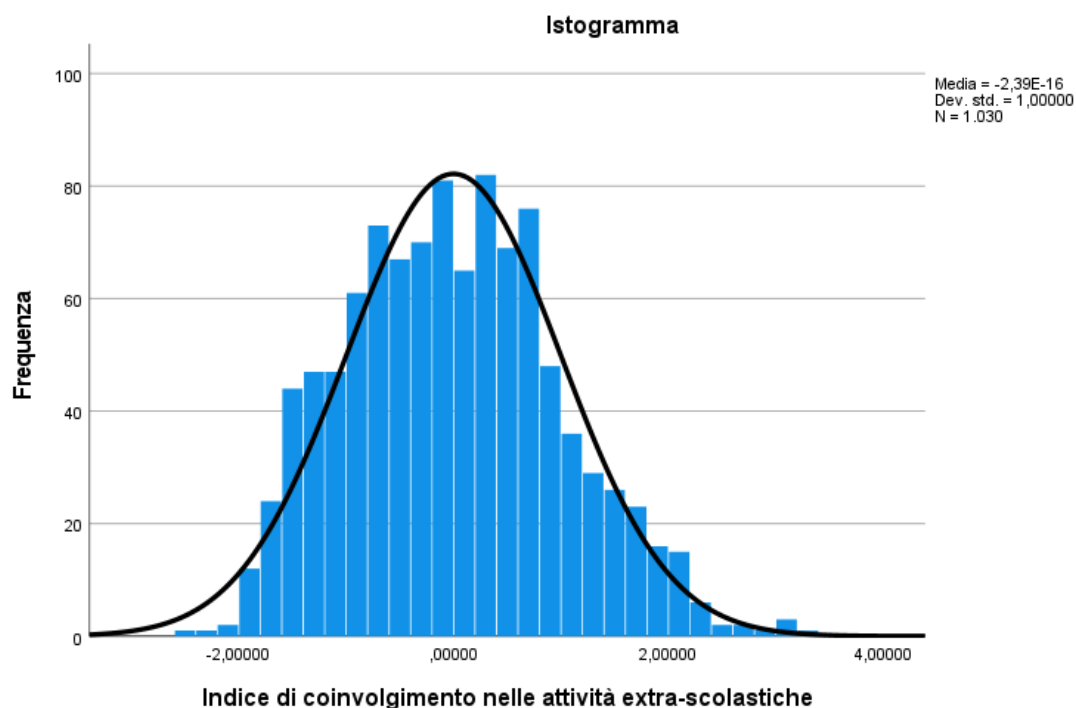


La distribuzione dell'indice mostra una leggera asimmetria negativa e una curtosi leggermente leptocurtica, il che indica che la distribuzione è leggermente appuntita e ha una coda sinistra leggermente più pesante. Si vede che un gruppo significativo di studenti ha un coinvolgimento un po' più basso, mentre meno studenti hanno un coinvolgimento molto elevato. Tuttavia, la distribuzione è comunque vicina ad una curva normale.

Analizzando l'indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche¹⁰¹, emergono alcuni interrogativi sociologici su ciò che può ostacolare un approccio partecipativo all'insegnamento della scienza o ridurre la ricettività e/o la percezione soggettiva di esso da parte degli studenti. Queste barriere potrebbero essere legate direttamente all'ambiente scolastico, come la qualità dell'insegnamento, le risorse disponibili, l'atmosfera della classe e le dinamiche tra studenti che possono influenzare il capitale sociale degli studenti. Inoltre, le risposte degli studenti sono spesso influenzate dalle loro percezioni personali, che possono essere modellate da esperienze passate, autostima, stato emotivo, aspettative culturali e familiari, e altri fattori. Potrebbero infatti essere presenti – come dicevo – anche fattori esterni, legati anche al capitale culturale, che possono influenzare il coinvolgimento degli studenti e/o la percezione di quanto siano coinvolti e il capitale sociale¹⁰².

Di seguito mostro la distribuzione di frequenza del secondo indice scaturito dall'ACP.

Graf. 4.23: Distribuzione di frequenza dell'”Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche”



La distribuzione dell'indice si caratterizza per una leggera asimmetria positiva, suggerendo che una maggioranza degli studenti ha un coinvolgimento un po' al di sotto della media, ma ci sono alcuni studenti con un coinvolgimento molto elevato. Questo potrebbe riflettere la natura delle attività extra-scolastiche, dove solo una minoranza potrebbe essere altamente coinvolta in molte attività, mentre la maggior parte degli studenti potrebbe partecipare in modo più limitato o selettivo in base alla scuola, alla classe o a molte altre variabili sia fattuali che legate alla percezione soggettiva dei singoli studenti.

¹⁰¹ Ci si riferisce ad attività relative a materie o questioni scientifiche.

¹⁰² Tuttavia, nel tentativo di creare un indice sommatorio di capitale sociale ho ottenuto un basso valore Alpha di Cronbach e – anche e soprattutto alla luce della difficoltà nell'individuare item particolarmente rilevanti per la formazione di tale indice, ho ritenuto non fosse possibile avere un indice affidabile di capitale sociale per questa ricerca.

Confrontando i vari indici relativi ai tipi di insegnamento – e considerandoli tutti standardizzati (avendo proceduto alla standardizzazione anche dell'indice di attenzione agli aspetti sociali della scienza) possiamo vedere quale sia quello con una maggior impatto nel campione.

Tab. 4.15: Statistiche degli indici relativi agli approcci all'insegnamento

		Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche	Indice di coinvolgimento nelle attività extra- scolastiche	Punteggio Z: Attenzione agli aspetti sociali della scienza
N	Valido	1030	1030	1113
	Mancante	83	83	0
Minimo		-2,61252	-2,56318	-1,95597
Massimo		2,59658	3,32197	1,51472

L'**Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche** mostra il valore massimo più alto, indicando che è stato il tipo di insegnamento maggiormente implementato secondo quanto dichiarato dagli studenti intervistati delle varie scuole campionate. Il coinvolgimento in attività extra-scolastiche potrebbe offrire agli studenti opportunità di apprendimento pratico ed esperienziale che va oltre il curriculum tradizionale. Questo potrebbe permettere agli studenti di sviluppare una comprensione più profonda e critica dei concetti scientifici, incrementando la soddisfazione nello studio della scienza e permettendo una fiducia più solida in essa¹⁰³. Inoltre, il coinvolgimento in attività extra-scolastiche può essere visto come una forma di capitale sociale. Le attività extra-scolastiche spesso richiedono interazioni sociali, collaborazione e networking. Gli studenti che partecipano attivamente a queste attività possono sviluppare abilità interpersonali, capacità di leadership e una maggiore consapevolezza sociale. Questo può tradursi in una maggiore capacità di analisi critica e una visione più ampia anche in relazione alle implicazioni sociali della scienza.

Successivamente, per valutare la soddisfazione scolastica, mi sono avvalso di una scala Likert composta da 6 item:

1. Sono contento del tipo di scuola che ho scelto
2. Ritengo che la mia scuola fornisca una adeguata preparazione sulle materie scientifiche
3. Ho un buon rapporto coi docenti
4. Ho un buon rapporto coi compagni
5. Trovo gratificante lavorare in gruppo
6. Le attività laboratoriali che faccio a scuola mi piacciono

Tab. 4.16: affidabilità della scala

Alpha di Cronbach	N. di elementi
,612	6

¹⁰³ Le relazioni tra questi aspetti verranno analizzate nel corso del capitolo.

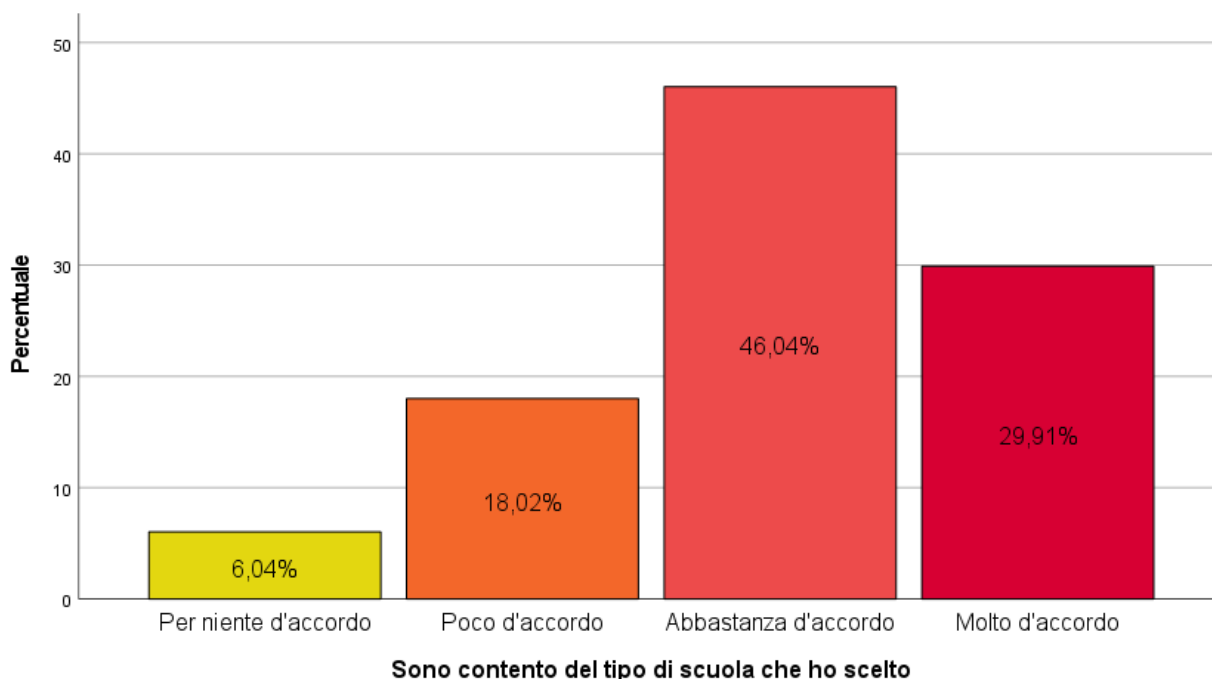
Sebbene generalmente un valore inferiore a 0,70 sia ritenuto insufficiente, occorre considerare che esso dipende anche dal numero di elementi della scala. In questo caso, essendo relativamente pochi gli item (6) e tutti più o meno importanti a livello sostantivo, ho ritenuto accettabile il valore di 0,612. Poiché – come si vede dalla tabella sottostante – non vi è nessun elemento che, qualora eliminato, aumenti il valore dell’Alpha, è possibile tenerli tutti e opportuno proprio per l’importanza sostantiva.

Tab. 17: Statistiche elemento-totale

	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
Sono contento del tipo di scuola che ho scelto	,559
Ritengo che la mia scuola fornisca una adeguata preparazione sulle materie scientifiche	,571
Ho un buon rapporto coi docenti	,552
Ho un buon rapporto coi compagni	,568
Trovo gratificante lavorare in gruppo	,577
Le attività laboratoriali che faccio a scuola mi piacciono	,581

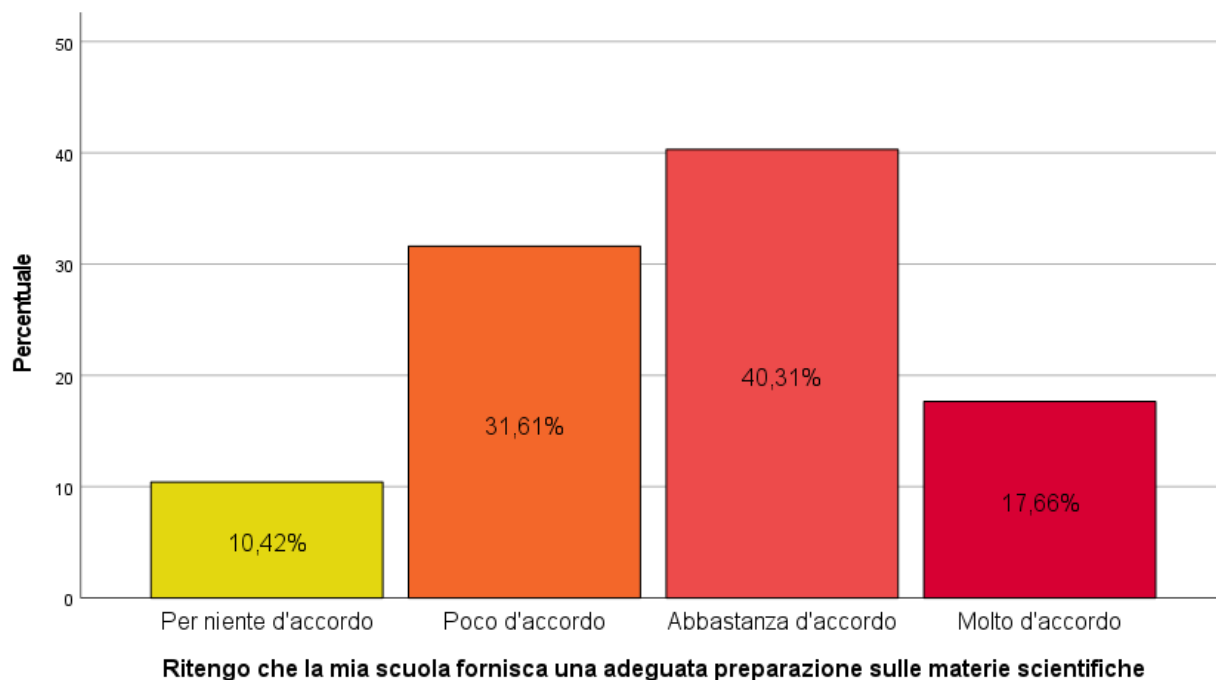
Prima di formare l’indice descrivo brevemente con l’ausilio di grafici le distribuzioni dei singoli item.

Graf 4.24: Sono contento del tipo di scuola che ho scelto



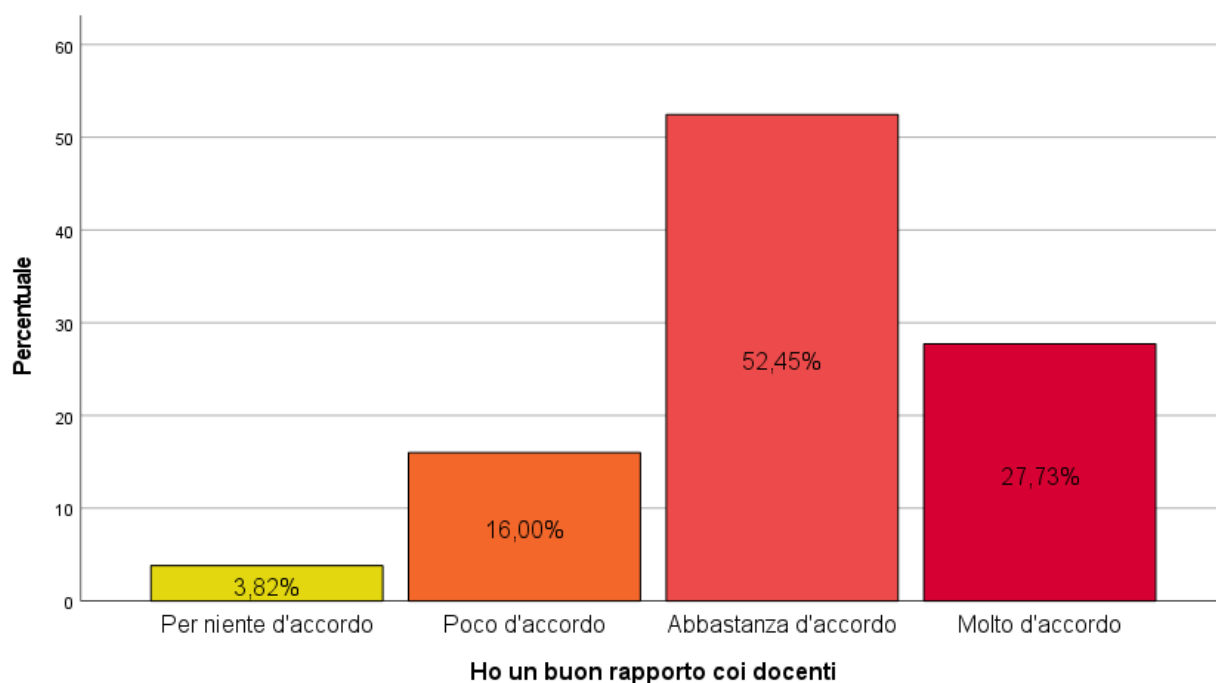
Come si vede dal grafico gli studenti risultano piuttosto soddisfatti dalla loro scelta, con circa il 76% degli studenti che si dichiara abbastanza o molto d’accordo con l’item. La moda corrisponde all’alternativa “Abbastanza d’accordo”.

Graf. 4.25: ritengo che la mia scuola fornisca un'adeguata preparazione sulle materie scientifiche



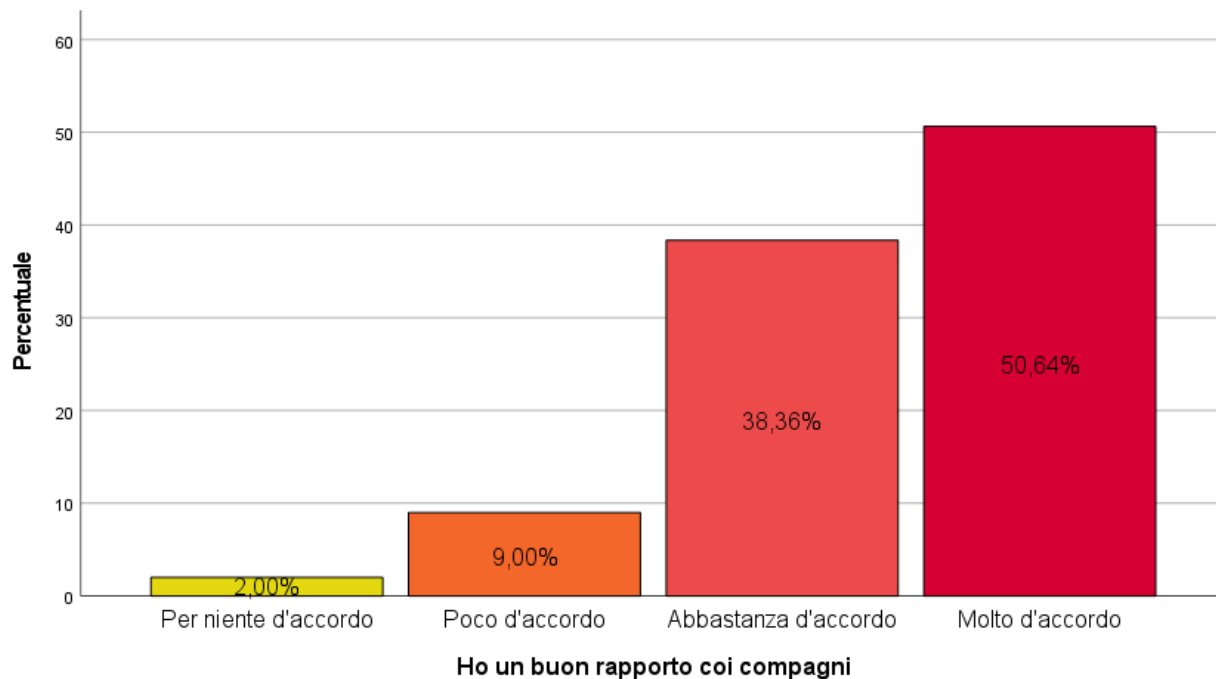
In questo caso, rispetto al precedente, la distribuzione risulta più bilanciata nelle due modalità centrali, indicando una soddisfazione moderata nei confronti della preparazione scientifica fornita dalla propria scuola, con la risposta più frequentemente scelta che corrisponde ad “Abbastanza d’accordo” (40,31% delle preferenze). Degna di nota è la posizione presa da più del 10% degli studenti, che in pratica ritengono del tutto inadeguata la preparazione offerta dalla loro scuola nelle materie scientifiche.

Graf. 4.26: ho un buon rapporto coi docenti



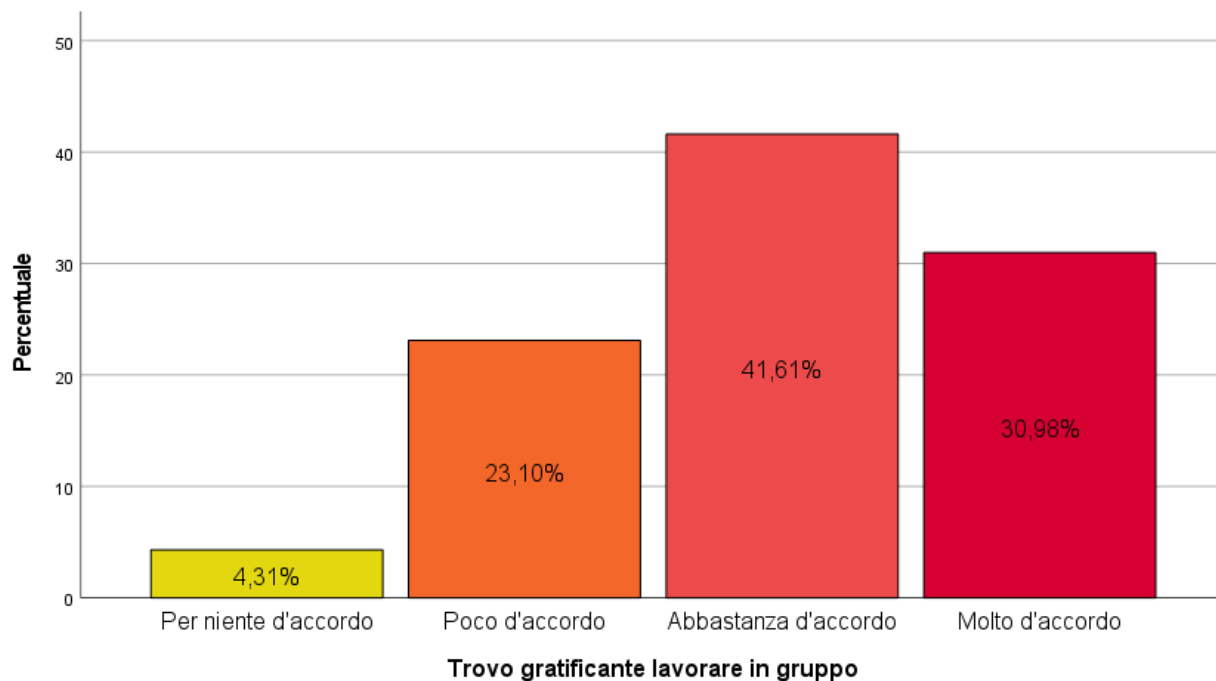
Gli studenti dichiarano un buon rapporto coi docenti. La moda della distribuzione corrisponde ad “Abbastanza d’accordo” (che raccoglie il 52,45% delle preferenze), che sommate alla modalità “Molto d’accordo” (seconda modalità scelta) restituisce una percentuale di circa l’80% di studenti che dichiarano di avere un buon rapporto coi docenti.

Graf. 4.27: ho un buon rapporto coi compagni



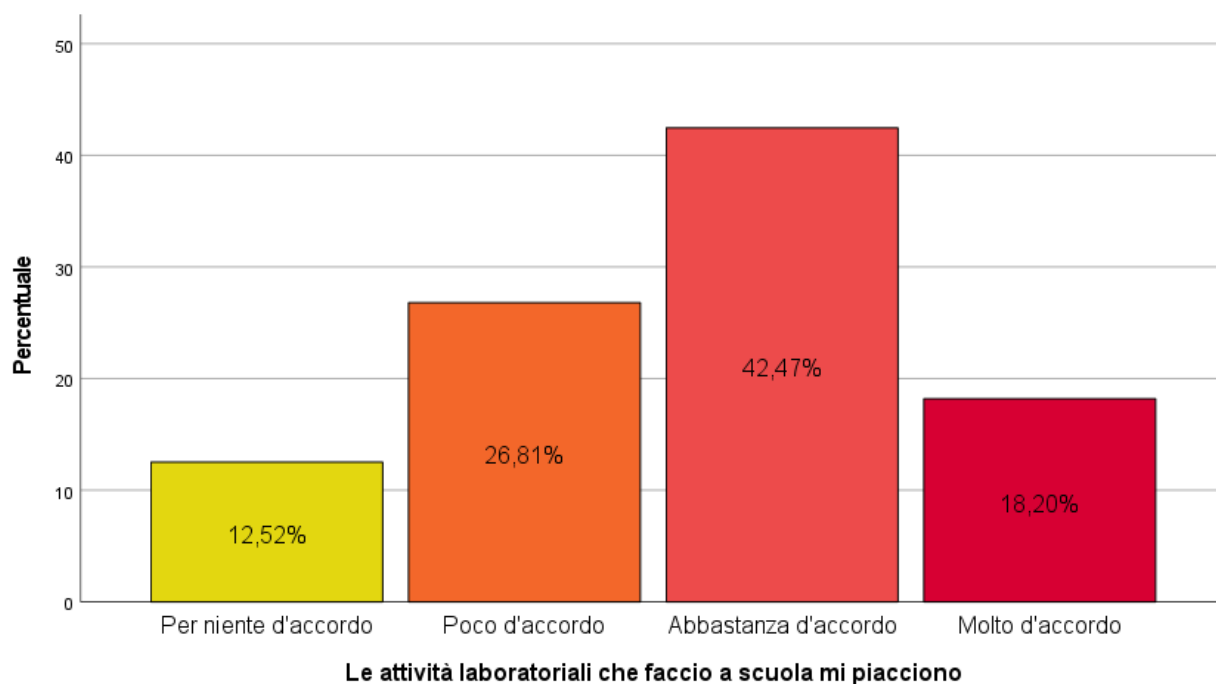
L’accordo all’item “Ho un buon rapporto coi compagni” risulta persino superiore, con la moda (50,64%) che corrisponde a “Molto d’accordo”, per un totale dell’89% degli studenti che mostrano d’averne un buon rapporto coi compagni.

Graf. 4.28: trovo gratificante lavorare in gruppo



Anche per quanto riguarda l'item "Trovo gratificante lavorare in gruppo" gli studenti dichiarano spesso un accordo elevato (30,98%), con la maggioranza di loro (41,61%) che si dichiara "Abbastanza d'accordo" con l'affermazione in questione.

Graf. 4.29: le attività laboratoriali che faccio a scuola mi piacciono



La maggioranza degli studenti (60,67%) apprezza le attività laboratoriali fatte nella propria scuola, sebbene vi sia un rilevante 12,52% di studenti che non mostra di avere alcun piacere in queste attività. La variabilità maggiore di questo item e la presenza di una rilevante quota di studenti che si posiziona

sull'accordo nullo, può in parte essere spiegata col fatto che non tutte le scuole fanno periodicamente attività di laboratorio, come emerso anche in fase di pre-test.

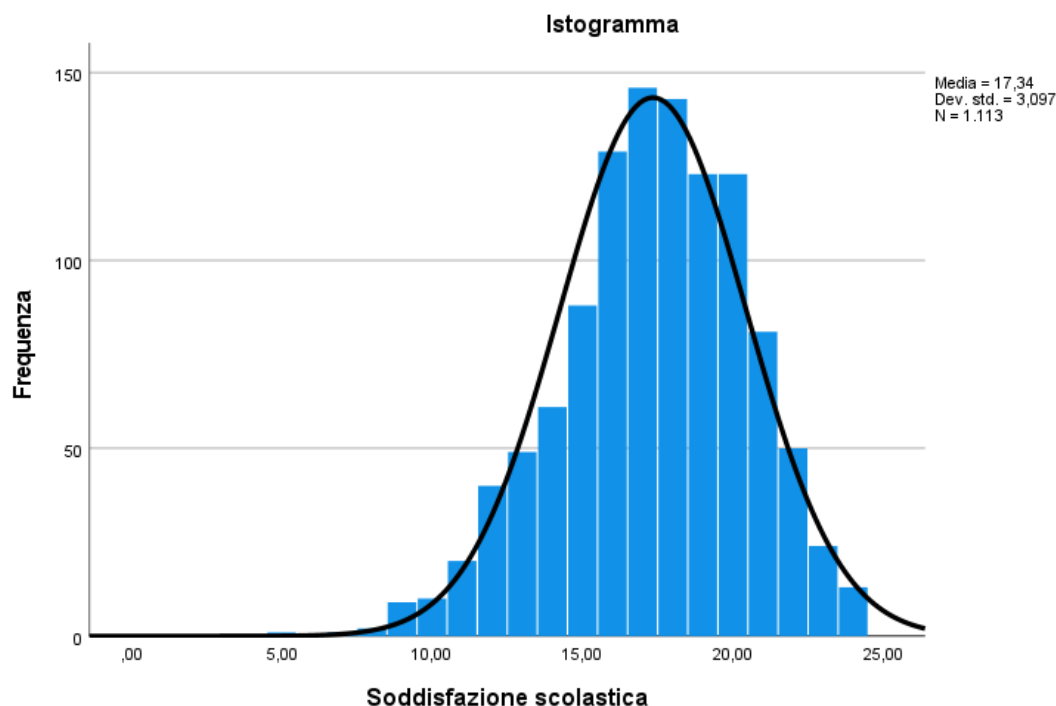
Alla luce di questa breve disamina dei singoli item ho provveduto a realizzare un indice di soddisfazione scolastica tramite somma.

Tab. 4.18: Statistiche di "Soddisfazione scolastica"

N	Valido	1113
Media		17,34
Mediana		18,00
Modalità		17,00
Deviazione std.		3,09
Asimmetria		-,383
Curtosi		,047
Minimo		5,00
Massimo		24,00

La soddisfazione scolastica, misurata su una scala da 0 a 24, presenta una media di 17,34, situata ben al di sopra della metà della scala. Questo indica che, in generale, il livello di soddisfazione scolastica tra gli intervistati è positivo. La mediana, che è 18, è ancora più alta rispetto alla media, suggerendo che più della metà dei partecipanti ha riportato un livello di soddisfazione superiore alla media. La moda, ovvero il valore più frequente, è 17. Questo, insieme alla media e alla mediana, suggerisce che la distribuzione dei livelli di soddisfazione è centrata attorno a questi valori, con una tendenza verso il lato più alto della scala. Tuttavia, la deviazione standard di 3,09 mostra che esiste una variabilità significativa nei dati. La maggior parte dei partecipanti ha riportato un livello di soddisfazione compreso tra circa 14,25 e 20,44, ma ci sono anche coloro che si discostano da questo intervallo, come evidenziato dai valori minimi e massimi di 5 e 24, rispettivamente.

Graf. 4.30: Istogramma di Soddisfazione scolastica



La distribuzione appare asimmetrica a sinistra, con una coda che si estende maggiormente verso i valori più bassi. Questo istogramma mostra che la maggior parte degli individui ha espresso una soddisfazione scolastica relativamente alta, ma c'è anche una significativa percentuale di individui che ha valutato la loro soddisfazione come bassa, come indicato dalla coda asimmetrica a sinistra.

Di seguito mostro una tabella di correlazioni bi-variate tra alcune variabili indice, fin qui realizzate, che considero particolarmente rilevanti sulla scia del mio modello teorico.

Tab. 4.19: Correlazioni tra indici

		Soddisfazione scolastica	Attenzione agli aspetti sociali della scienza	Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche	Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche
Soddisfazione scolastica	Correlazione di Pearson	1	,172**	,279**	,337**
	Sign. (a due code)		,000	,000	,000
	N	1113	1113	1030	1030
Attenzione agli aspetti sociali della scienza	Correlazione di Pearson	,172**	1	,249**	,202**
	Sign. (a due code)	,000		,000	,000
	N	1113	1113	1030	1030
Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche	Correlazione di Pearson	,279**	,249**	1	,000
	Sign. (a due code)	,000	,000		1,000
	N	1030	1030	1030	1030
Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche	Correlazione di Pearson	,337**	,202**	,000	1
	Sign. (a due code)	,000	,000	1,000	
	N	1030	1030	1030	1030

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

La tabella mostra le correlazioni tra quattro variabili:

1. Soddisfazione scolastica
2. Attenzione agli aspetti sociali della scienza
3. Indice di coinvolgimento nelle attività scolastiche
4. Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche

La Soddisfazione scolastica ha una correlazione positiva e significativa con tutte le altre variabili. La correlazione più forte è con l'Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche ($r = 0,337$), suggerendo che gli studenti che sono più coinvolti in attività extra-scolastiche tendono ad essere più soddisfatti della scuola. Il coinvolgimento in attività extra-scolastica si dimostrerà una variabile rilevante anche nello sviluppo della fiducia nella scienza. È plausibile ritenere questo approccio all'insegnamento alla scienza il più stimolante e divertente per gli studenti, e quindi potrebbe trattarsi del miglior modo per innescare processi di implementazione del capitale scientifico ai fini dello sviluppo di una cittadinanza scientifica, aspetti fondamentali nella formazione delle rappresentazioni sociali della scienza e di un incremento, auspicabilmente critico e non passivo, di fiducia nella scienza. Argomento, questo, di cui ho parlato in modo specifico nel primo capitolo e in parte nel secondo.

Successivamente, ho adottato un differenziale semantico a 7 picchetti per sviluppare un set di sei item ritenuti indicatori di soddisfazione nello studio della scienza.

Tab. 4.20 : Statistiche del differenziale semantico sullo studio delle materie scientifiche

	lo studio delle materie scientifiche è: sgradevole - gradevole	lo studio delle materie scientifiche è: indesiderabile - desiderabile	lo studio delle materie scientifiche è: superficiale - approfondito	lo studio delle materie scientifiche è: inutile - utile	lo studio delle materie scientifiche è: monotono - stimolante	lo studio delle materie scientifiche è: noioso - divertente
Mancante	0	0	0	0	0	0
Media	4,61	4,45	4,28	5,13	4,04	3,87
Mediana	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00
Modalità	5	5	4	6	5	4
Deviazione std.	1,492	1,513	1,588	1,530	1,722	1,644

I risultati della tabella indicano che gli studenti di scuola superiore hanno una visione relativamente positiva dello studio delle materie scientifiche. La media dei valori assegnati per tutte le coppie di aggettivi è superiore a 4, che è il valore mediano.

Riguardo ai singoli item:

- **Sgradevole - gradevole:** La media è di 4,61 e la moda 5, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche come sufficientemente gradevole.
- **Indesiderabile - desiderabile:** La media è di 4,45 e la moda 5, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche come sufficientemente desiderabile.

- **Superficiale - approfondito:** La media è di 4,28 e la moda 4, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche come sufficientemente approfondito.
- **Inutile - utile:** La media è di 5,13, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche come piuttosto utile, considerando anche il valore modale di 6.
- **Monotono - stimolante:** La media è di 4,04 e la moda 5, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche relativamente stimolante.
- **Noioso - divertente:** La media è di 3,87 e la moda 4, indicando che gli studenti hanno valutato lo studio delle materie scientifiche come né noioso né divertente.

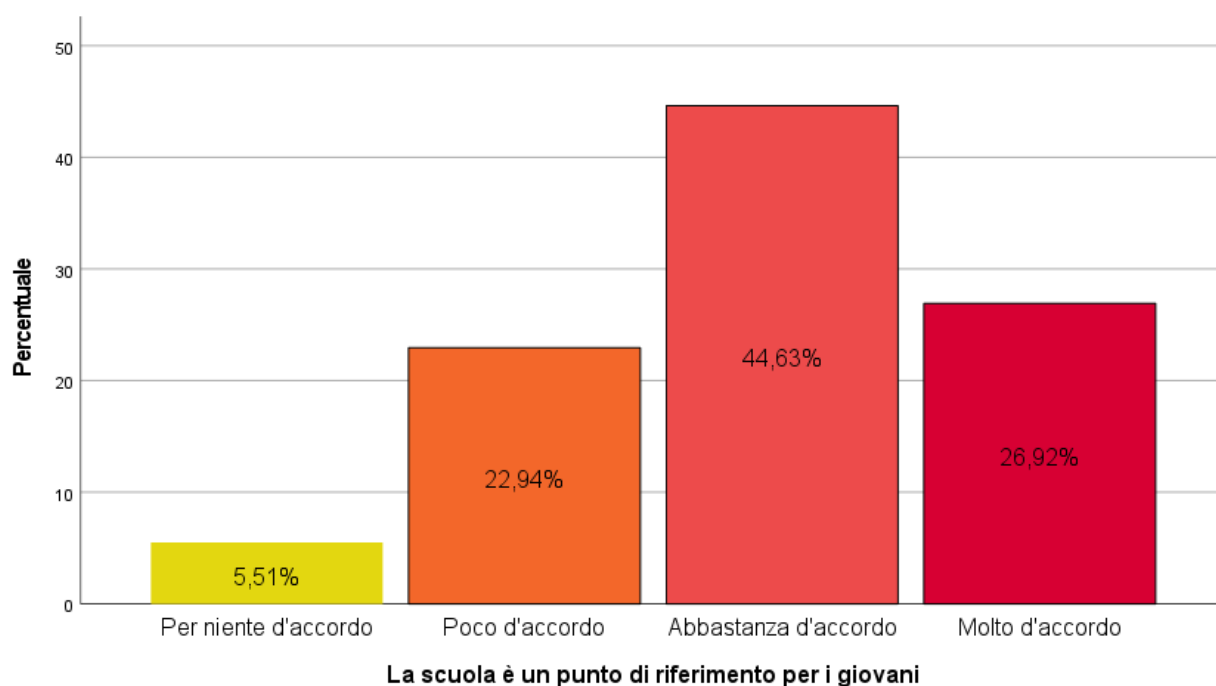
La maggioranza degli studenti sembra avere una soddisfazione moderatamente positiva nei confronti della scienza. Più avanti – tramite un’Analisi in componenti principali – ho ottenuto un indice di soddisfazione nello studio della scienza.

4.3 Atteggiamento verso le istituzioni

L'atteggiamento verso le istituzioni è stato considerato – ai fine delle rappresentazioni della scienza – come un aspetto come un aspetto piuttosto importante sebbene meno specifico¹⁰⁴, in quanto si presuppone che, essendo la scienza stessa un'istituzione, i ragazzi che mostrano diffidenza verso istituzioni particolarmente importanti per l'integrazione sociale possano avere un atteggiamento più disincantato verso la scienza. Ciò si ritiene particolarmente valido per quanto riguarda l'atteggiamento nei confronti della scuola. Si è infatti operativizzata tale dimensione tramite la domanda “La scuola è un punto di riferimento per i giovani”, posta all'interno di una batteria di tipo Likert che va dal “Per niente d'accordo” al “Molto d'accordo”.

Di seguito il relativo grafico a barre.

Graf. 4.31: La scuola è un punto di riferimento per i giovani



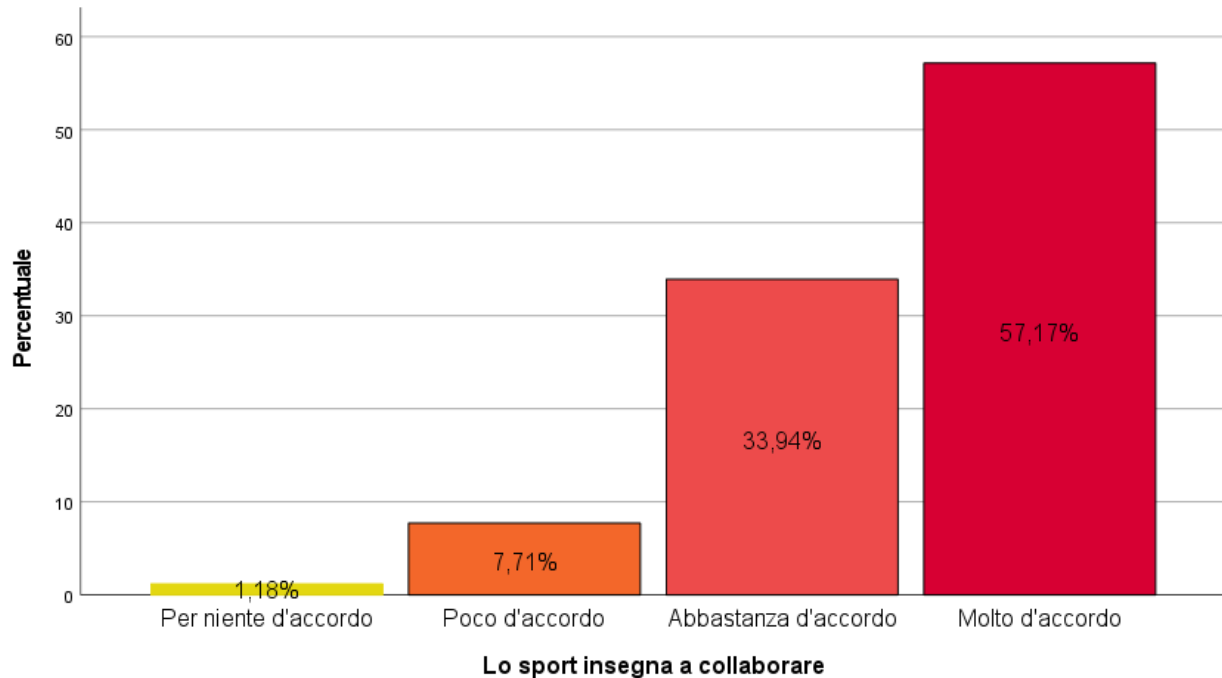
Dal grafico si nota che la maggioranza dei giovani risulta in accordo (71,55%) col fatto che la scuola è un punto di riferimento per i giovani. La moda coincide con la risposta “abbastanza d'accordo” (44,63%) La seconda modalità maggiormente scelta corrisponde alla risposta molto d'accordo (26,92%). Solo il 5,51% degli studenti intervistati che hanno risposto alla domanda (dalla tabella risultano 1107 rispondenti su 1113) non sono per niente d'accordo sul fatto che la scuola sia per loro un punto di riferimento. Queste risposte possono rispecchiare il fatto che la scuola rappresenta un pilastro fondamentale nella vita dei giovani, ma bisogna considerare il capitale culturale mediamente alto dei nostri intervistati. Detto ciò, la considerazione elevata della scuola potrebbe non essere così sorprendente, dato il suo ruolo multidimensionale nella vita dei giovani.

¹⁰⁴ Si veda il modello teorico concettualizzato nel precedente capitolo e riproposto – ai fini di una sua operativizzazione – nel paragrafo 4.5.

Ho poi provveduto a realizzare un indice sommatorio di fiducia nelle istituzioni utilizzando, oltre al precedente item, gli item “Lo sport insegna a collaborare” e “Il rispetto della Legge è alla base del vivere civile”.

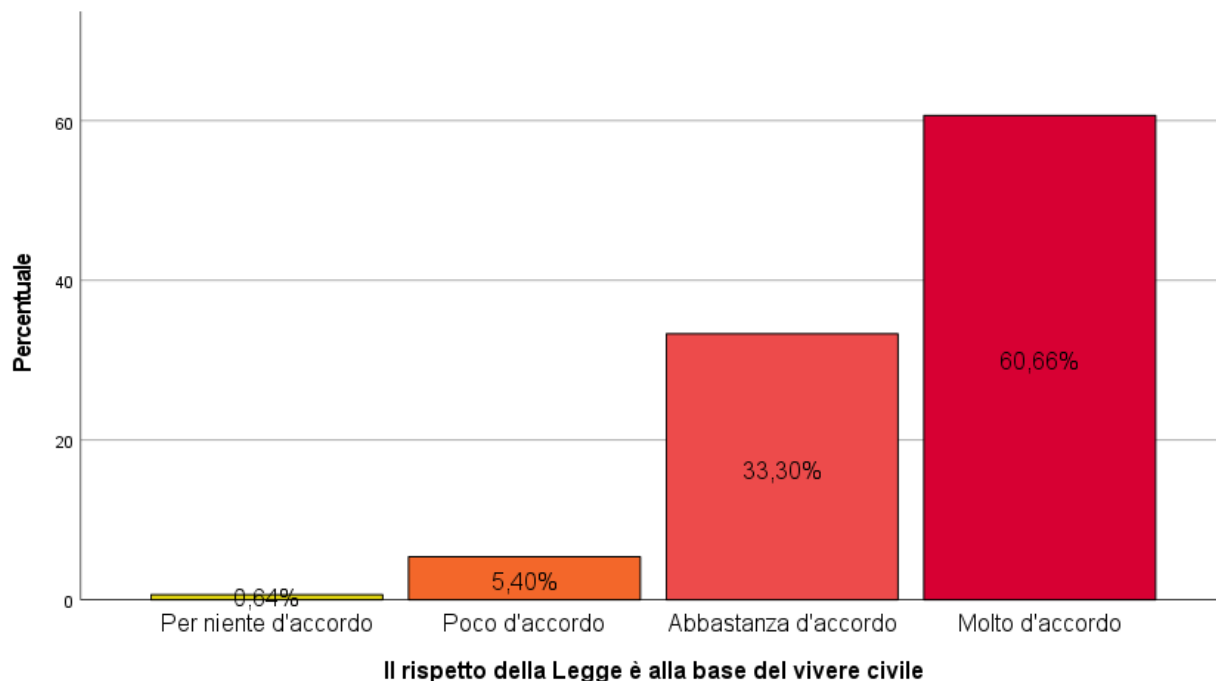
Di seguito i grafici a barre che rappresentano la distribuzione delle risposte a questi due item.

Graf. 4.32: Lo sport insegna a collaborare



Sommando le percentuali di “abbastanza” e “molto”, oltre il 90% degli studenti riconosce l’importanza dello sport come mezzo per imparare a collaborare. Questo potrebbe essere un indicatore del fatto che le attività sportive sono viste come un’opportunità significativa non solo per lo sviluppo fisico, ma anche per l’apprendimento di abilità sociali. Rilevante è il fatto che la moda è “Molto d’accordo” corrispondente al 57,17% delle risposte.

Graf. 4.33: Il rispetto della legge è alla base del vivere civile



In sintesi, la vasta maggioranza degli studenti (quasi il 94%) crede che il rispetto della legge sia “abbastanza” o “molto” alla base del vivere civile. Questo suggerisce che c’è un forte consenso tra gli studenti sull’importanza del rispetto delle leggi per mantenere l’ordine e la civiltà in una società, ma potrebbe esserci anche un effetto di desiderabilità sociale dato il fatto che la distribuzione è così sbilanciata (oltretutto la moda corrisponde all’accordo massimo).

Sommando i valori delle risposte ai precedenti tre item, ho realizzato un indice di fiducia nelle istituzioni.

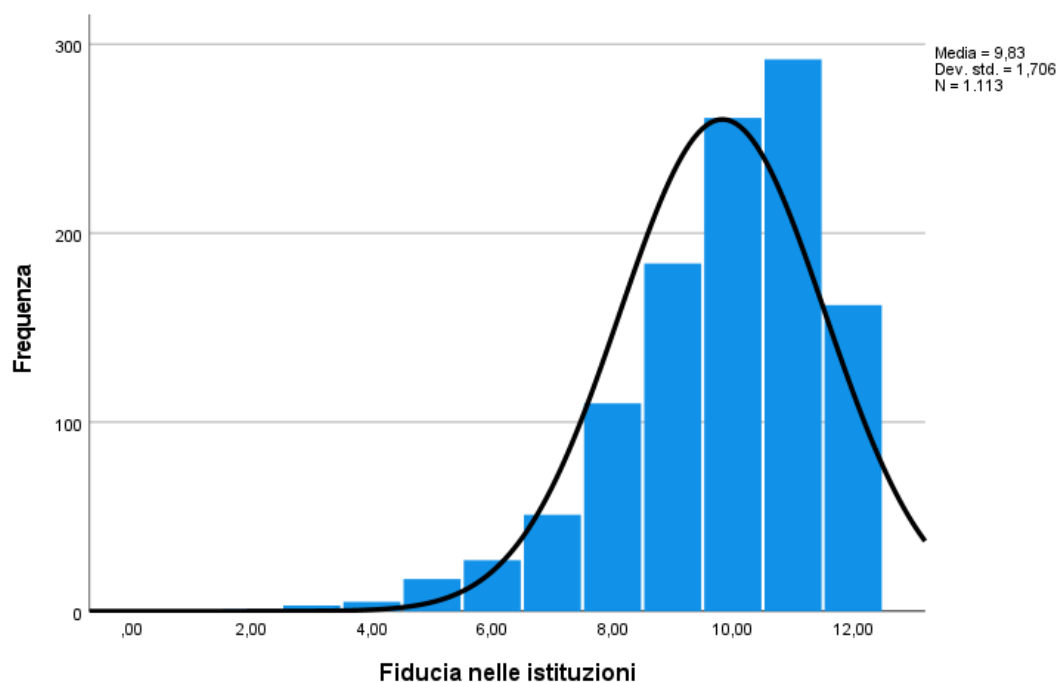
Di seguito la tabella con i valori centrali e di dispersione.

Tab. 4.21: Fiducia nelle istituzioni

Mancante	0
Media	9,82
Mediana	10
Modalità	11
Deviazione std.	1,70
Minimo	2
Massimo	12

Dalla tabella possiamo vedere come la maggioranza degli intervistati abbia una soddisfazione molto elevata nelle istituzioni, ottenendo un punteggio di 11 su un range che va da 0 a 12. La distribuzione risulta piuttosto concentrata intorno al punteggio 10, come si evince anche dal grafico: infatti risulta particolarmente sbilanciata verso destra.

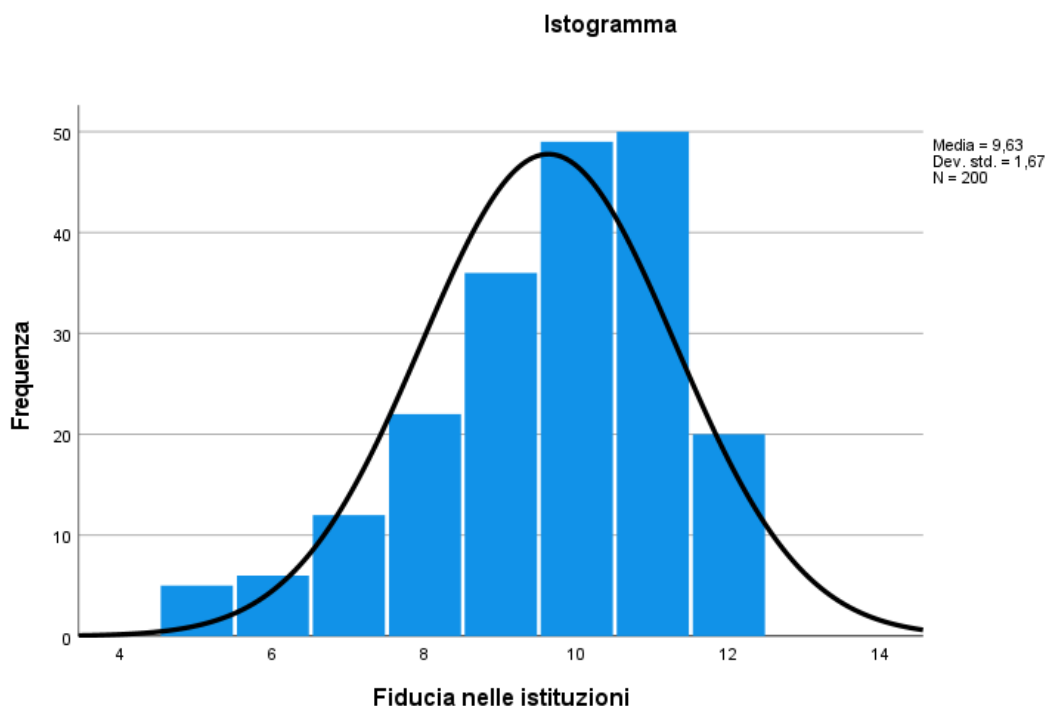
Graf.4.34: Fiducia nelle istituzioni



Nel complesso, l'istogramma mostra una popolazione in cui la fiducia nelle istituzioni è generalmente molto alta, con una moderata variabilità. Tuttavia, andando a suddividere il campione per sesso e tipo di scuola¹⁰⁵ si nota come la distribuzione sia più equilibrata – e quindi più adatta per analisi bi-variate e multivariate – nei sottogruppi dei maschi appartenenti ai vari istituti tecnici e professionali. Come detto nel primo paragrafo, nel corso dell'analisi si vedrà come questo gruppo presenti delle peculiarità interessanti.

Graf. 4.35: Fiducia nelle istituzioni nei maschi frequentanti gli istituti tecnici e professionali

¹⁰⁵ Corrispondenti ai due criteri del campionamento per quote.



La distribuzione è ancora lievemente asimmetrica a sinistra, indicando che ci sono più dati raccolti con valori più alti di “Fiducia nelle istituzioni”. Ma è decisamente migliore e più adatta per analisi multivariate. La maggior parte delle risposte si trova tra 9 e 11, La maggioranza degli studenti ha una fiducia piuttosto alta nelle istituzioni. Ci sono alcune risposte che indicano una fiducia piuttosto bassa nelle istituzioni (intorno al valore di 4), ma sono chiaramente meno frequenti rispetto ai valori centrali. In sintesi, l’istogramma suggerisce che, in questo particolare sottogruppo, la maggior parte delle persone ha una fiducia piuttosto alta nelle istituzioni, con una media di 9,63 su una scala non specificata (forse da 1 a 14 o da 1 a 15). C’è una discreta variabilità, come indicato dalla deviazione standard di 1,67 e la distribuzione risulta più bilanciata di quella relativa all’intero campione.

4.4 Spirito critico, visione della scienza e fiducia in essa

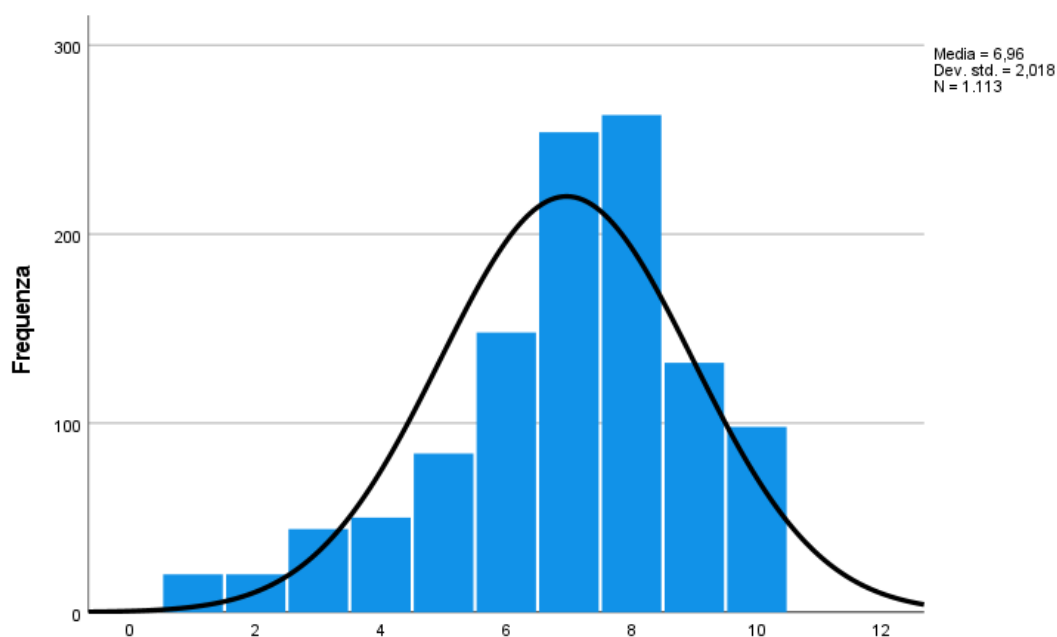
Poiché questo lavoro si concentra sulle rappresentazioni della scienza in base ad una formazione scolastica e scientifica che sia più o meno di tipo critico-riflessivo, si è provveduto a chiedere agli studenti quanto ritenessero importante la creatività per la scienza su una scala che andava da un valore di 1 (minima importanza attribuita) a un valore di 10 (massima importanza attribuita).

Tab. 4.22: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza:

N	Valido	1113
	Mancante	0
Media		6,96
Mediana		7,00
Modalità		8
Deviazione std.		2,018
Asimmetria		-,804

La tabella mostra che la maggior parte dei rispondenti ha valutato la creatività come piuttosto importante per la scienza, attribuendole un punteggio di 8 su 10. Tuttavia, una deviazione standard di 2,018 mostra che c'è una certa variabilità nelle opinioni. Un valore di asimmetria di -0,804 indica che c'è una leggera tendenza verso valutazioni più alte.

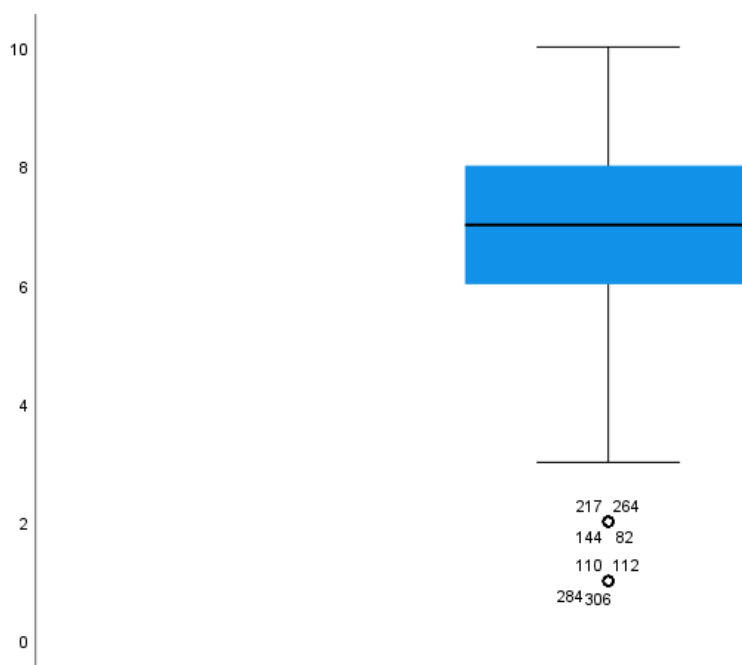
Graf. 4.36: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza.



Guardando l'istogramma, è evidente che c'è una tendenza generale verso il lato superiore della scala Cantril. Come visto, la maggioranza degli studenti ha dato un voto pari a 8, indicando una notevole inclinazione a ritenere che l'immaginazione e la creatività siano importanti per la scienza. Proseguendo verso il centro dell'istogramma, il valore mediano di "7" indica che la metà delle risposte cade al di sotto di questo numero e l'altra metà al di sopra ed è anche il secondo valore più scelto. Questa zona dell'istogramma mostra una densità notevole di risposte. La coda dell'istogramma si estende più verso il lato sinistro, come mostrato dal valore dell'asimmetria in tabella. Ciò indica che, sebbene la maggior parte delle risposte sia concentrata intorno a 7 e 8, ci sono ancora molte risposte nel range di 4-6. Le risposte nella parte più bassa della scala risultano essere meno frequenti, indicando che sono pochi gli studenti che ritengono che l'immaginazione e la creatività non abbiano un ruolo significativo nella scienza. Nel complesso, l'istogramma mostra con una densità considerevole di risposte intorno ai valori 7 e 8.

Infine, il grafico a scatola evidenzia anche che vi sono alcuni outlier con valori particolarmente bassi, oltre a evidenziare i valori percentili e il valore "7" della mediana.

Graf. 4.37: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza (boxplot)

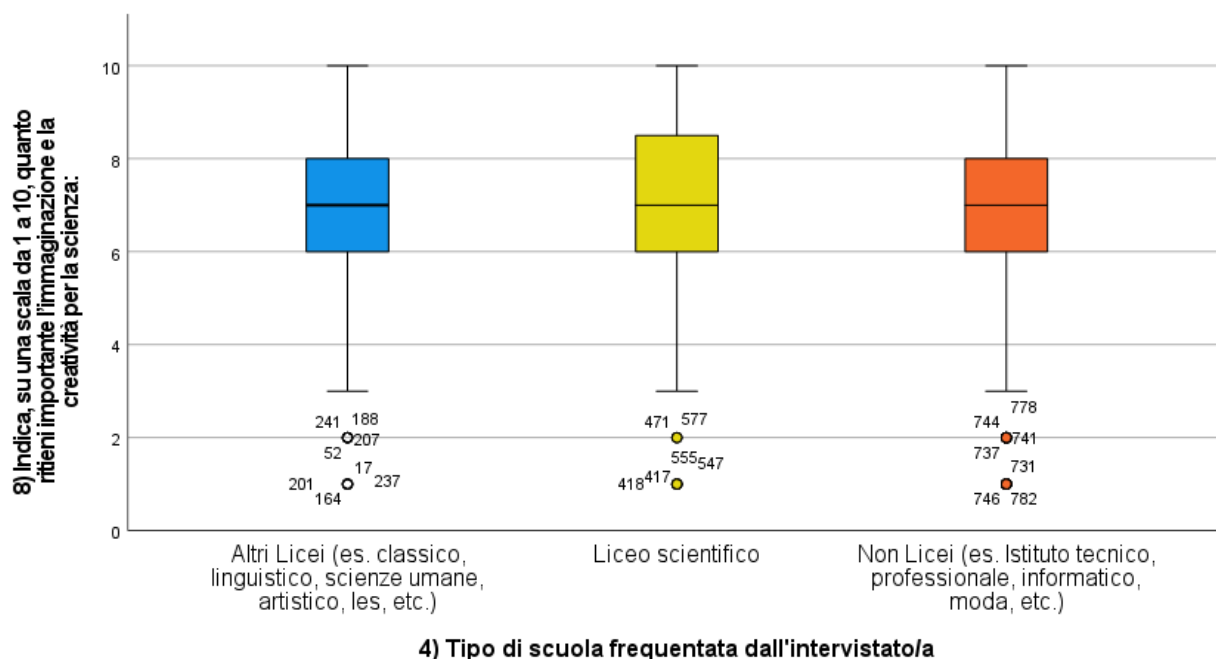


Il box si estende dai valori di 6 a 8, indicando che il 50% centrale delle risposte (dall'indicatore del 25° percentile al 75° percentile) rientra in questo intervallo. Questo mostra una moderata concentrazione delle risposte in questa fascia, riflettendo una certa coerenza tra gli studenti riguardo alla loro percezione dell'importanza della creatività nella scienza. Riguardo alla presenza degli outlier, una piccola minoranza di studenti (otto) ritiene che l'immaginazione e la creatività non siano particolarmente rilevanti per la scienza. Si può dire che non le ritengono quasi per nulla rilevanti oppure che possano avere interpretato la domanda in modo diverso rispetto alla maggior parte dei

loro coetanei¹⁰⁶. A riguardo, sarebbe interessante approfondire la questione. Se ne deduce quindi che i nostri intervistati ritengono piuttosto importante l'immaginazione e la creatività nella scienza, sebbene la maggioranza non si sbilanci verso i punteggi massimi.

Per approfondire l'analisi di questo dato ho ritenuto utile fare un confronto tra le distribuzioni all'interno dei tre tipi di scuola.

Graf. 4.38: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza (per Tipo di scuola frequentata)

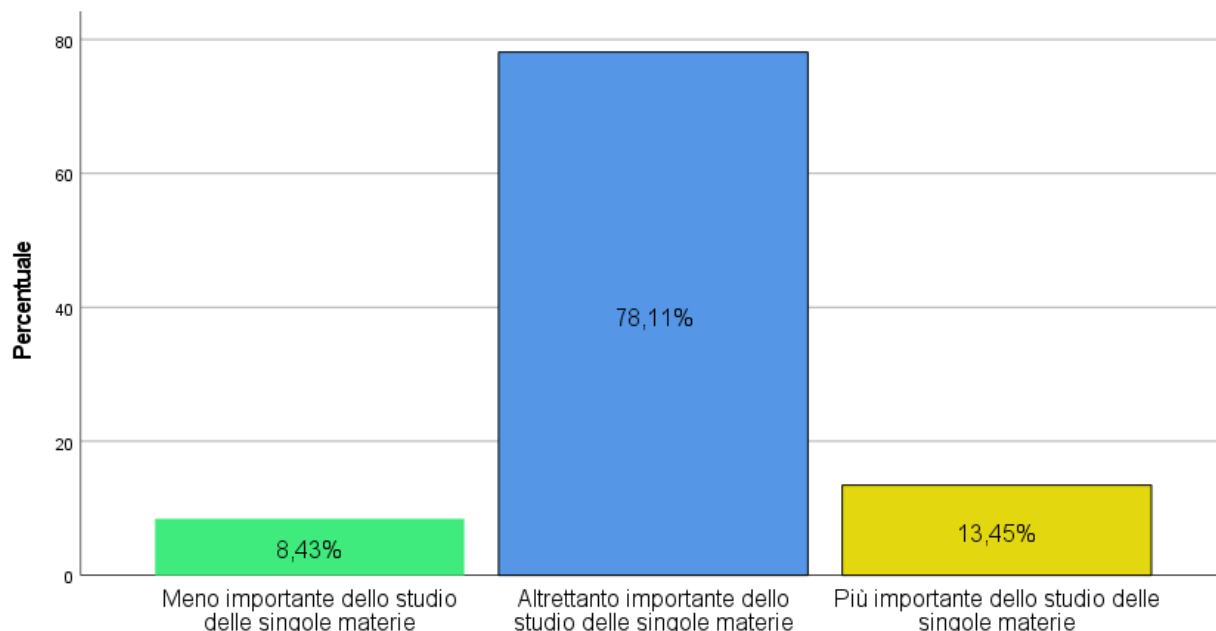


Il grafico mostra che gli studenti del liceo Scientifico hanno una distribuzione leggermente più sbilanciata verso l'alto rispetto agli altri. La mediana equivale al valore 7 in tutti i casi e la media anche (leggermente più bassa negli istituti tecnici e professionali con un valore di 6,76), mentre la moda corrisponde al valore 8 nei Licei e 7 negli Istituti tecnici e professionali. Vi sono alcuni outliers in tutti e tre i gruppi (fenomeno probabilmente interpretabile alla stregua della precedente analisi, data anche la numerosità simile degli outliers stessi). Da questa analisi si evince una leggera tendenza degli studenti dei Licei Scientifici campionati a rispondere indicando più frequentemente punteggi più alti della scala, mentre gli istituti tecnici e professionali si posizionano un po' più in basso (considerando anche il valore della moda). È verosimile ritenere che la maggior attenzione e il maggior tempo investito nei licei riguardo ad aspetti teorici e filosofici anche relativi alla scienza – rispetto ad un approccio più pratico delle scuole tecniche e professionali – porti anche ad una maggior consapevolezza della complessità dei processi della conoscenza scientifica. Non c'è poi da stupirsi che nei licei scientifici la distribuzione sia leggermente più sbilanciata verso la parte alta della scala, data l'attenzione maggiore che viene rivolta alla scienza in questo tipo di scuole.

¹⁰⁶ La domanda riflette una tematica relativamente nuova nel dibattito sulla conoscenza scientifica, che verosimilmente è ancor meno presente nelle riflessioni in classe.

Alla domanda successiva è stato chiesto agli studenti quanto ritenessero importante il dibattito sui temi scientifici nei confronti dello studio delle singole materie. La maggioranza degli studenti (78,11%) del campione li ha ritenuti ugualmente importanti, come si vede dal grafico. Il 13,5% ha invece risposto di ritenere il dibattito in classe sulle tematiche scientifiche più importante dello studio delle singole materie. Qui sotto il relativo grafico a barre.

Graf. 4.39: Riguardo al dibattito sui temi scientifici, ritieni che sia:



Come visto nei primi due capitoli, nel panorama contemporaneo la scienza non è più considerata solo come una mera accumulazione di fatti e teorie, ma è profondamente intrecciata con la società in cui viviamo e con la nostra cultura. La percezione degli studenti, come emerge dai dati, sottolinea una consapevolezza critica di questo intreccio. La vasta maggioranza degli studenti ritiene che il dibattito sui temi scientifici sia di pari importanza allo studio delle singole materie. Questo dato non è banale. Riflette una comprensione emergente che la scienza non è un'entità astratta e distante, ma qualcosa che ha un impatto diretto e tangibile sulla vita quotidiana, sulla società e sulla cultura. La scienza, nella sua essenza, non è solo una serie di esperimenti in un laboratorio, ma è anche un dialogo, un confronto di idee, e una riflessione sul suo ruolo nel mondo. Dal punto di vista sociologico, questo riconoscimento dell'importanza del dibattito può essere visto come un sintomo di una società sempre più informata e democratica, dove la scienza non è più vista come il dominio esclusivo di un'élite di esperti, ma come un campo in cui tutti hanno voce. In una società in cui le questioni scientifiche – dalla crisi climatica, alla biotecnologia, ai vaccini – diventano questioni centrali di dibattito pubblico, diventa di conseguenza essenziale la possibilità di partecipare a questi dibattiti. Il fatto poi che il 13,5% degli studenti ritenga il dibattito in classe più importante dello studio delle singole materie sottolinea una sfida alla pedagogia tradizionale. Questo gruppo di studenti sembra suggerire che l'apprendimento non dovrebbe essere un processo passivo di assorbimento di informazioni, ma un'esperienza attiva e dinamica di interrogazione e riflessione. Questo è un richiamo alla necessità di un'educazione scientifica che non si limiti a trasmettere contenuti, ma che formi cittadini critici e

riflessivi, oltre che informati, capaci di orientarsi in un mondo sempre più complesso, interconnesso e ricco di informazioni non facilmente gestibili.

In sintesi, questo dato fornisce una finestra su un cambiamento culturale in atto¹⁰⁷, in cui la scienza è vista non solo come una disciplina accademica, ma come una parte vitale del discorso pubblico e della cittadinanza. Questo dato indica l'importanza di un'educazione scientifica che vada oltre la mera trasmissione di fatti e che prepari gli studenti a partecipare attivamente al dibattito scientifico e sociale del nostro tempo.

Ho poi provveduto a mettere in relazione – tramite un'Analisi della Varianza – il tipo di indirizzo scolastico con l'opinione degli studenti sull'importanza della creatività per la scienza. Dai confronti multipli si può avere una conferma di quanto ci dice il grafico sottostante in riferimento all'indirizzo di potenziamento scientifico/matematico.

Tab. 4.23: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza

Tab.4.24 :Test di omogeneità delle varianze

		Statistica di Levene	gl1	gl2	Sig.
Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza	Basato sulla media	1,146	3	1068	,329

La tabella mostra che non ci sono differenze significative tra le varianze dei gruppi¹⁰⁸.

Tab. 4.25: ANOVA

	Somma dei quadrati	df	Media quadratica	F	Sig.
Tra gruppi	59,480	3	19,827	4,953	,002
Entro i gruppi	4275,173	1068	4,003		
Totale	4334,653	1071			

Come si vede la tabella indica che l'analisi della varianza risulta nel suo complesso significativa (P.value di 0,002). Tuttavia, per avere un'idea più completa delle differenze occorse tra i vari indirizzi, sono stati effettuati dei confronti statistici multipli per vedere uno ad uno la significatività nella differenza tra le medie.

¹⁰⁷ In questo caso relativo alla mentalità dei giovani, ma come visto nel secondo capitolo, la questione riguarda tutti i cittadini.

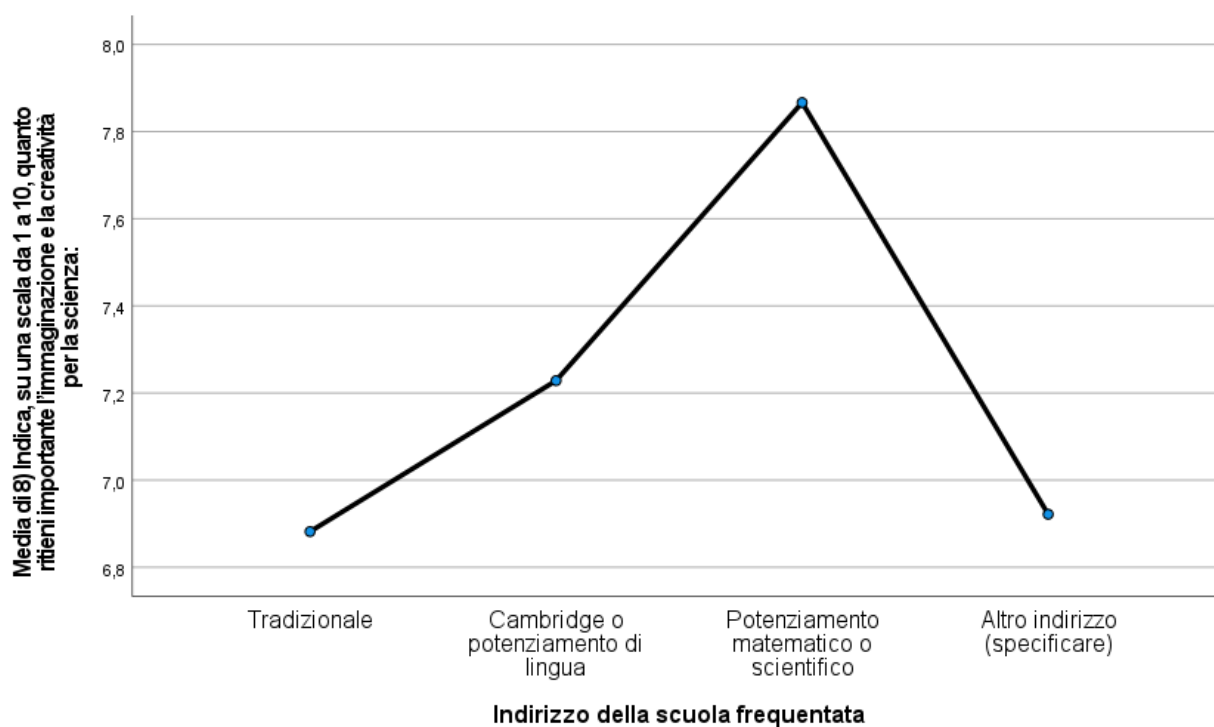
¹⁰⁸ Rifiuto l'ipotesi nulla di non omogeneità delle varianze.

Tab. 4.26: Post hoc (Confronti multipli)

(I) Indirizzo della scuola frequentata	(J) Indirizzo della scuola frequentata	Sig.
Tradizionale	Cambridge o potenziamento di lingua	,506
	Potenziamento matematico o scientifico	,001
	Altro indirizzo (specificare)	,997
Cambridge o potenziamento di lingua	Tradizionale	,506
	Potenziamento matematico o scientifico	,268
	Altro indirizzo (specificare)	,731
Potenziamento matematico o scientifico	Tradizionale	,001
	Cambridge o potenziamento di lingua	,268
	Altro indirizzo (specificare)	,014
Altro indirizzo (specificare)	Tradizionale	,997
	Cambridge o potenziamento di lingua	,731
	Potenziamento matematico o scientifico	,014

La tabella dei confronti multipli permette, insieme al grafico sottostante, di affermare che frequentare l'indirizzo scolastico basato sul potenziamento matematico o scientifico ha una relazione statisticamente significativa col valutare come particolarmente importante l'immaginazione e la creatività nella scienza. Per la precisione, il punteggio medio dato dagli studenti di tale indirizzo è di 7,87 su una scala che va da 1 a 10.

Graf. 4.40: Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza



Sebbene l'indirizzo "Cambridge"¹⁰⁹ sembri ad una prima occhiata¹¹⁰ superiore al tradizionale, la differenza non raggiunge la significatività statistica. Differenza che invece è presente col potenziamento matematico/scientifico. Quest'ultimo risulta l'unico ad avere un valore medio, relativo all'importanza data dagli studenti intervistati alla creatività nella scienza, superiore agli altri indirizzi – tranne il Cambridge – in modo statisticamente significativo. Per cui, la superiore importanza data alla creatività – rifacendosi all'impianto teorico alla base di questo lavoro – può essere vista in parte come l'effetto dell'appartenenza degli studenti all'indirizzo scientifico-matematico. Ritengo di poter affermare, quindi, che questo indirizzo meriti una maggiore considerazione e che – forse – esso venga considerato un potenziamento di trasmissione di nozioni più che di stimolo critico. Mi sento di affermare ciò anche alla luce di una bassa presenza – come visto – di studenti afferenti a questo indirizzo. Tuttavia, non essendo il campione rappresentativo della popolazione studentesca, è opportuno guardare anche alle statistiche ufficiali per sostenere la mia argomentazione. Riguardo all'indirizzo Cambridge, è attivato in alcune scuole secondarie di secondo grado, in particolare nei licei linguistici e scientifici: nell'anno scolastico 2020/2021, gli studenti iscritti all'indirizzo Cambridge erano **20.616**, pari allo **0,8%** del totale degli studenti della scuola secondaria di secondo grado. La maggior parte di questi studenti (14.728) frequentava un liceo linguistico, mentre il resto (5.888) frequentava un liceo scientifico. Mentre gli studenti iscritti all'indirizzo di potenziamento matematico¹¹¹ erano **111.485**, pari al **4,2%** del totale degli studenti della scuola secondaria di secondo grado. La maggior parte di questi studenti (97.972) frequentava un liceo scientifico, mentre il resto (13.513) frequentava un liceo classico¹¹². Per cui la presenza di studenti nell'indirizzo di potenziamento matematico risulta piuttosto in linea con quella del mio campione (in cui ho il 5,4% di studenti che afferiscono a questo indirizzo).

Uno dei concetti chiave analizzati in questo studio è quello di fiducia, ovviamente con un focus specifico sulla fiducia nella scienza. Dai dati raccolti tramite domande di tipo Likert¹¹³ ho realizzato un indice sommatorio di fiducia nella scienza. Le domande sono state le seguenti:

- La scienza contribuisce al benessere dell'umanità
- Gli scienziati sanno comunicare con i cittadini
- La scienza è stata fondamentale per affrontare la pandemia
- La scienza sarà in grado di risolvere i problemi dell'ambiente
- Il ruolo della scienza nell'affrontare le necessità dei paesi in via di sviluppo sarà sempre più importante

¹⁰⁹ L'indirizzo Cambridge è un percorso di studio che prevede una certificazione internazionale di lingua inglese riconosciuta in tutto il mondo.

¹¹⁰ A riguardo è importante controllare sempre l'intervallo mostrato dall'asse delle ordinate. Ci si rende conto anche da questo come "pesino" le differenze.

¹¹¹ L'indirizzo di potenziamento matematico è un percorso di studio che prevede una maggiore attenzione alla disciplina matematica e alle sue applicazioni. Questo indirizzo è attivato in alcune scuole secondarie di secondo grado, in particolare nei licei scientifici e classici.

¹¹²<https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/?area=Studenti,https://www.miur.gov.it/documents/20182/2512903/Principali+dati+della+scuola+-+avvio+anno+scolastico+2020-2021.pdf/a317b7bb-0acc-d8ea-a739-1d58b07d5727?version=1.0&t=1601039493765>.

¹¹³ Basata sul livello di accordo alle affermazioni sottoposte, da "Per niente d'accordo" a "Molto d'accordo", escludendo l'opzione di scelta di un item centrale (che sarebbe corrisposto a "Né in accordo né in disaccordo") per indurre gli studenti a prendere posizione.

Tab. 4.27: Statistiche di affidabilità

Alpha di Cronbach	N. di elementi
,643	5

Il valore dell'Alpha di Cronbach, sulla base di quanto ho scritto in precedenza per le altre scale Likert, può essere considerato soddisfacente.

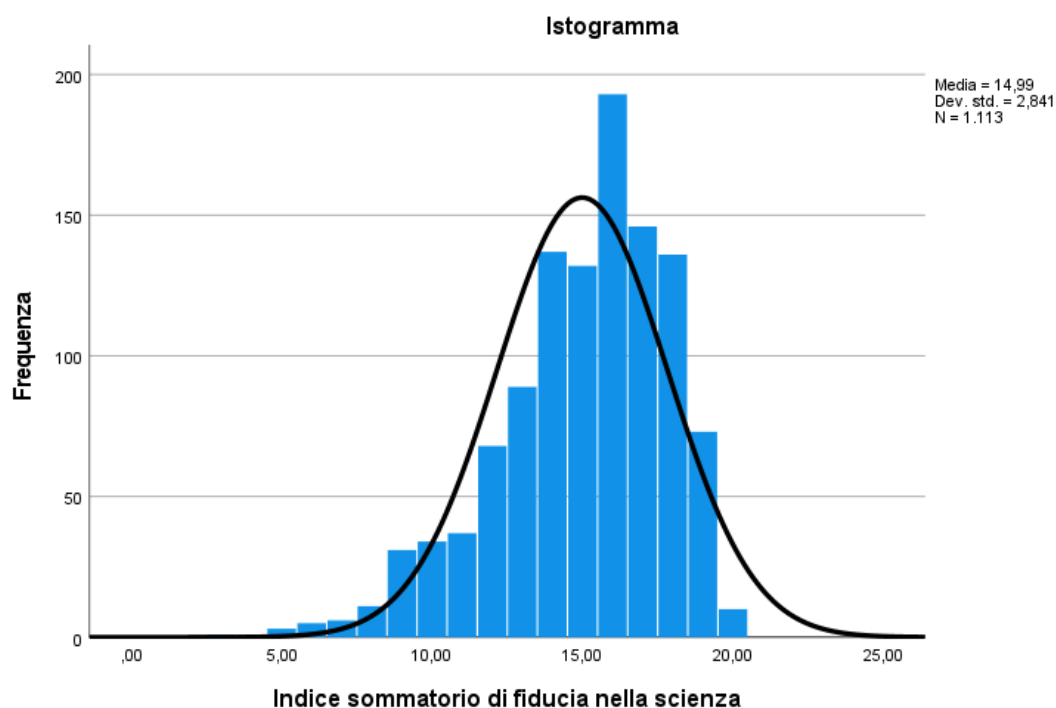
Tab. 4.28: Correlazione elemento-scala

	Alpha di Cronbach se viene eliminato l'elemento
La scienza contribuisce al benessere dell'umanità	,592
Gli scienziati sanno comunicare con i cittadini	,653
La scienza è stata fondamentale per affrontare la pandemia	,571
La scienza sarà in grado di risolvere i problemi dell'ambiente	,562
Il ruolo della scienza nell'affrontare le necessità dei paesi in via di sviluppo sarà sempre più importante	,564

Si vede poi come non vi sia alcun elemento che – qualora eliminato dalla scala – produca un aumento rilevante dell'Alpha.

Per cui ho realizzato l'indice di fiducia nella scienza sommando i valori dei cinque item in questione.

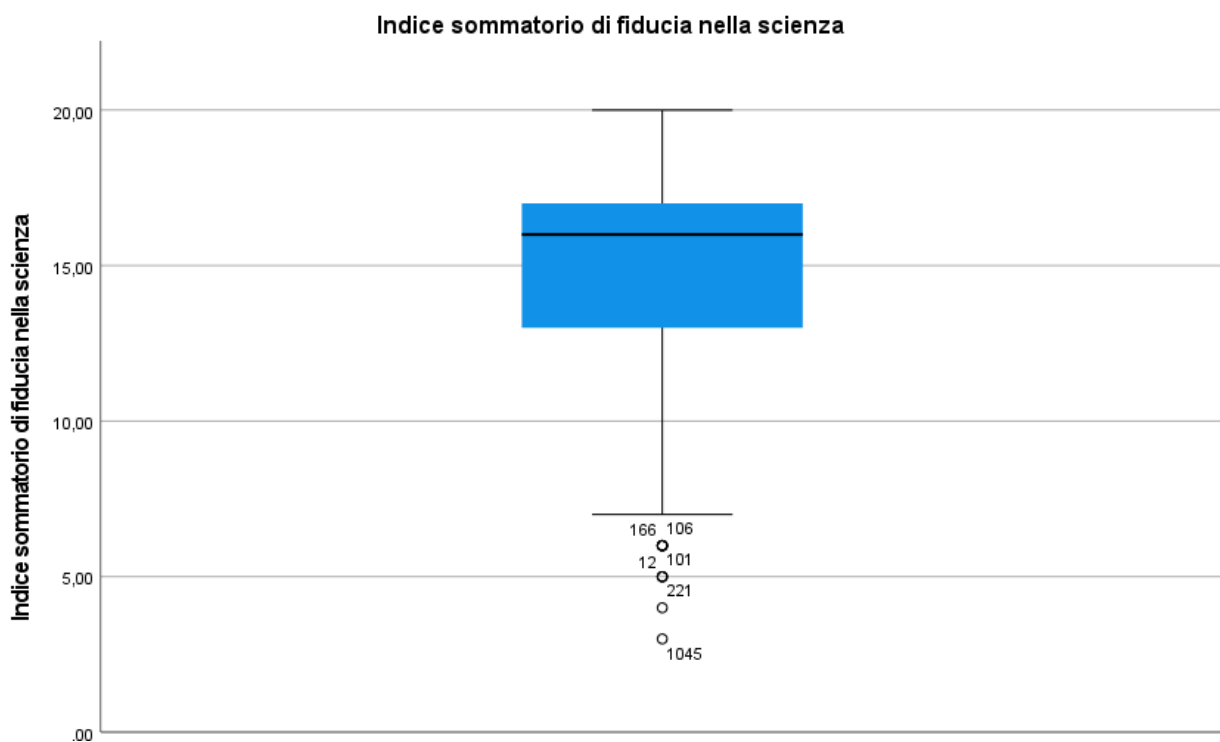
Graf. 4.41: Indice di fiducia nella scienza



Come si può vedere non vi sono dati mancanti. La maggior parte degli studenti ha punteggi sull'indice di fiducia compresi tra circa 12 e 18; pochi studenti mostrano valori più bassi o più alti. La media di

circa 15 suggerisce un livello di fiducia nella scienza relativamente alto. La mediana e la moda sono entrambe 16, il che conferma ulteriormente l'idea che molti studenti abbiano un alto livello di fiducia nella scienza. La deviazione standard è di 2,84, per cui vi è variazione moderata (ma non trascurabile) delle risposte attorno alla media. I punteggi variano tra un minimo di 3 e un massimo di 20. Ciò indica un'ampia gamma di opinioni tra gli studenti, con alcuni che mostrano un bassissimo livello di fiducia nella scienza e altri che mostrano il massimo livello di fiducia. L'asimmetria è di -0,838, il che indica una distribuzione asimmetrica negativa. Ciò significa che la coda della distribuzione è più lunga sul lato sinistro, suggerendo che ci sono più studenti con punteggi inferiori alla media rispetto a quelli con punteggi superiori. Si può notare che la forma effettiva dell'istogramma si avvicina alla curva normale, ma con alcune deviazioni, in particolare sul lato sinistro dove la coda è più lunga e pesante.

Graf. 4.42: Box plot di "Fiducia nella scienza"

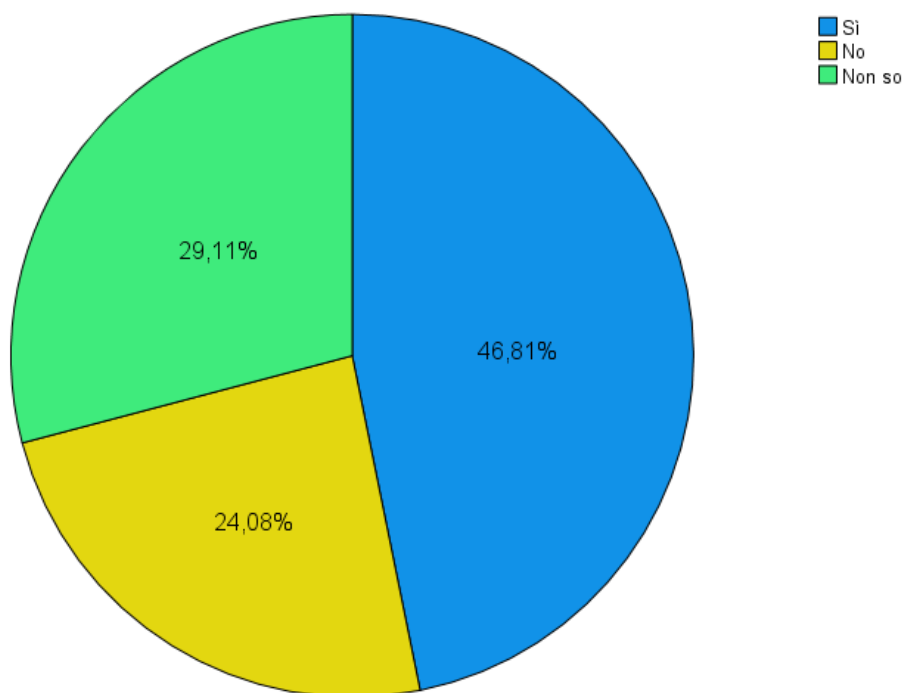


Si notano alcuni outlier che presentano valori particolarmente bassi, ma sono solamente quattro. La maggior parte dei dati (il 50% centrale) si trova tra circa 13 e 17,5, con una mediana di 16. La all'interno della scatola rappresenta la mediana dei dati, che è 16. Questo indica che il 50% dei dati è al di sopra di 16 e il 50% è al di sotto. La fiducia nella scienza tra i partecipanti è quindi generalmente piuttosto alta. Questo può essere interpretato in diversi modi, soprattutto alla luce di eventi globali come la pandemia da Covid-19 e il problema del riscaldamento globale e di quanto visto nei capitoli precedenti. Riguardo alla pandemia, essa ha messo in evidenza l'importanza della scienza e della ricerca medica. Il rapido sviluppo di vaccini relativamente efficaci potrebbe aver aumentato la fiducia nella scienza tra gli studenti. Tuttavia, la presenza di disinformazione e teorie del complotto potrebbe aver eroso la fiducia di altri, dato anche l'approccio paternalista che si è manifestato in alcune situazioni, approccio che può aver alimentato una certa ostilità e – in persone già propense a visioni complottiste e/o con una mentalità populista – aver contribuito ad un certo grado di ostilità. D'altro canto, la crescente consapevolezza del riscaldamento globale e dei cambiamenti climatici potrebbe

aver reso gli studenti più consapevoli dell'importanza della scienza nel trovare soluzioni a questi problemi. La scienza è centrale nella comprensione del problema e nell'indirizzare le sfide ambientali e la comunità scientifica è molto coesa a riguardo, il che potrebbe contribuire a un'alta fiducia nella scienza. Occorre poi considerare che gli studenti di scuole superiori sono in un periodo della loro vita in cui l'educazione scientifica è un componente chiave del curriculum. L'esposizione e l'apprendimento della scienza potrebbero influenzare positivamente la loro fiducia in essa: si vedrà più avanti come l'importanza e la complessità del rapporto tra tipo di educazione (nozionistica, pratica, critico/riflessiva) possa avere una ricaduta su vari aspetti della rappresentazione della scienza negli studenti, tra cui la loro fiducia in essa.

Quindi, è stata posta una domanda che può essere considerata un indicatore di fiducia "acritica" nella scienza.

Graf. 4.43: La scienza è il modo migliore per trovare soluzioni ai problemi dell'umanità?



Come si vede dal grafico a torta, la maggioranza degli studenti (46,81%) ritiene che la scienza sia il modo migliore di trovare soluzioni ai problemi dell'umanità. Tuttavia, una quota apprezzabile di studenti (24,08%) risponde in modo negativo e il 29,11% non sa rispondere. Quest'ultimo dato potrebbe riflettere la complessità della questione, nonché il fatto che alcuni studenti potrebbero essere critici nei confronti della scienza a causa delle sue implicazioni etiche, sociali o ambientali. Quest'ultimi potrebbero vedere le ricadute pratiche della conoscenza scientifica come un qualcosa che può sia risolvere che creare problemi. Si potrebbe quindi parlare – riguardo a chi ha risposto in modo affermativo – di una fiducia acritica.

Per approfondire la questione è stato chiesto, a chi ha risposto in modo affermativo, di scegliere le due motivazioni più importanti tra cinque alternative di risposta, come mostrato nelle tabelle seguenti.

Tab. 4.29: Primo motivo per cui la scienza è il miglior modo per trovare soluzioni ai problemi

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	È indipendente dalle opinioni delle singole persone	82	7,4	13,9	13,9
	È aperta al dibattito	42	3,8	7,1	21,0
	È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali	218	19,6	36,9	57,9
	Si basa sull'osservazione della realtà	151	13,6	25,5	83,4
	Permette il progresso tecnologico	98	8,8	16,6	100,0
	Totale	591	53,1	100,0	
	Mancante	Sistema	522	46,9	
Totale		1113	100,0		

La motivazione principale scelta dagli studenti, con una percentuale del 36,9%, è che la scienza “È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali”. Il secondo motivo più scelto, con il 25,5%, è che la scienza “Si basa sull’osservazione della realtà”. Segue la motivazione che “Permette il progresso tecnologico” con il 16,6%. Il 13,9% degli studenti ha scelto che la scienza “È indipendente dalle opinioni delle singole persone”. Infine, il 7,1% ha ritenuto importante il fatto che la scienza “È aperta al dibattito”.

Tab.4.30: Secondo motivo per cui la scienza è il miglior modo per trovare soluzioni ai problemi

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	È indipendente dalle opinioni delle singole persone	59	5,3	9,9	9,9
	È aperta al dibattito	51	4,6	8,6	18,5
	È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali	147	13,2	24,7	43,3
	Si basa sull'osservazione della realtà	160	14,4	26,9	70,2
	Permette il progresso tecnologico	177	15,9	29,8	100,0
	Totale	594	53,4	100,0	
	Mancante	Sistema	519	46,6	
Totale		1113	100,0		

La scelta principale per il secondo motivo è che la scienza “Permette il progresso tecnologico” con il 29,8%, seguito dal fatto che la scienza “Si basa sull’osservazione della realtà” con il 26,9%. Il 24,7% degli studenti afferma che la scienza “È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali” come secondo motivo. Il 9,9% ha scelto “È indipendente dalle opinioni delle singole persone”. E infine, l’8,6% ha ritenuto che la scienza “È aperta al dibattito” fosse la seconda preferenza personale.

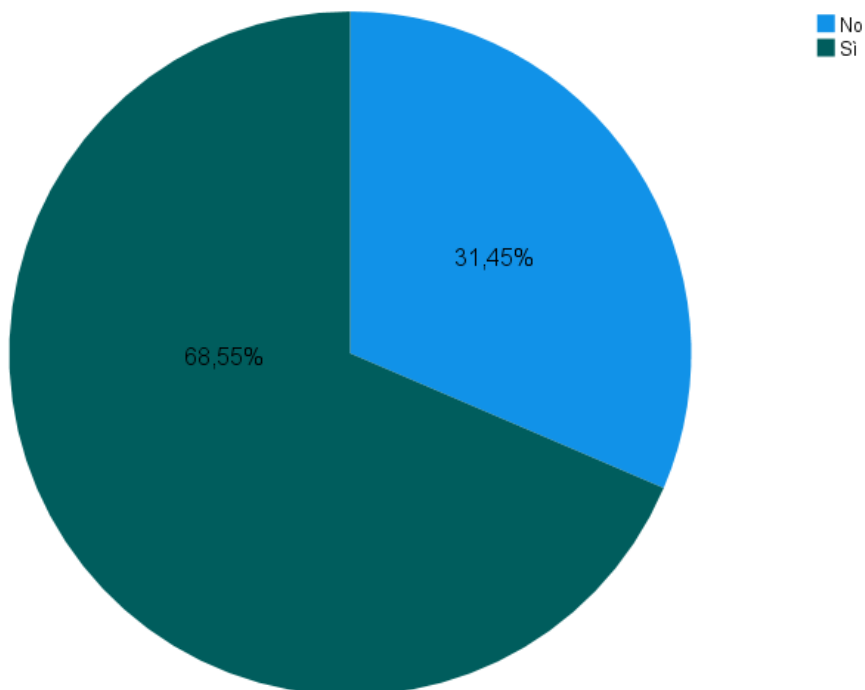
In sintesi:

- La scienza che va “oltre le differenze culturali e nazionali” è considerata una delle principali motivazioni scelte sia come primo che come secondo motivo.
- La scienza basata sull’osservazione della realtà” e quella che “Permette il progresso tecnologico” sono anch’esse molto prese in considerazione dagli studenti.
- Ciò che viene considerato meno rilevante, in confronto alle altre motivazioni, è l’apertura al dibattito e l’indipendenza dalle opinioni delle singole persone, anche se queste sono comunque ritenute importanti da una percentuale significativa di studenti.

Gli studenti valorizzano soprattutto l’universalità, l’osservabilità e la capacità di progresso offerta dalla scienza quando la considerano come il miglior modo per trovare soluzioni ai problemi. Pare rilevante notare come l’indipendenza della scienza dalle opinioni personali e la considerazione dell’apertura della scienza al dibattito abbiano, anche se considerate insieme, un peso relativamente basso – sebbene non trascurabile – sia come prima scelta (11,2 %) sia come seconda (9.9%). Questo potrebbe suggerire la necessità di una riflessione più ampia sulla natura stessa della conoscenza scientifica, vista non solo come un corpus di verità assodate, ma anche come un processo dialettico e in continua evoluzione.

È stato poi chiesto agli studenti cose pensassero dei rischi delle varie applicazioni tecnologiche. Infatti, in un’epoca caratterizzata da rapidi sviluppi tecnologici e scientifici, la consapevolezza delle potenziali ripercussioni delle attività scientifiche è diventata un punto chiave di riflessione e discussione che, inoltre, ben si collega al concetto di educazione critico/riflessiva alla scienza e che può influenzare la fiducia nella scienza stessa.

Graf. 4.44: È necessario limitare quelle applicazioni tecnologiche che comportano dei rischi:



La maggioranza degli studenti (68,5%) sembra mostrare una certa consapevolezza delle conseguenze di attività scientifiche implementate in modo acritico. Questo dato, in linea con quanto già detto, può riflettere un successo dell'educazione critica nelle scuole, che incoraggia gli studenti a pensare in modo critico e a valutare le implicazioni etiche e sociali della scienza e della tecnologia. La consapevolezza delle conseguenze di un approccio acritico alla scienza è essenziale per formare cittadini informati e responsabili. È necessario poi riflettere sulla questione generazionale (si rimanda al secondo capitolo): gli studenti di scuole superiori appartengono alla Generazione Z, che è spesso descritta come più consapevole, eticamente orientata e preoccupata per le questioni sociali ed ambientali rispetto alle generazioni precedenti. Questo può influenzare la loro capacità di valutare criticamente le attività scientifiche.

Per approfondire, è stato ritenuto importante sondare le opinioni degli studenti sulle applicazioni tecnologiche da loro ritenute più rischiose (ovviamente in caso di risposta affermativa alla precedente domanda) chiedendo quali ritenessero essere le due più rischiose in ordine di importanza. Di seguito le tabelle relative alle distribuzioni di frequenza.

Tab.4.31: Scegli le due applicazioni tecnologiche più rischiose, secondo la tua opinione (prima scelta in ordine di importanza)

		Frequenza	Percentuale
Valido	Quelle che comportano rischi per l'ambiente	294	26,4
	Quelle che comportano rischi per l'economia	16	1,4
	Quelle che comportano rischi per l'educazione	63	5,7
	Quelle che comportano rischi per l'ordine sociale	83	7,5
	Quelle che comportano rischi per la salute fisica	205	18,4

	Quelle che comportano rischi per la salute mentale	201	18,1
	Totale	862	77,4
Mancante	1	251	22,6
Totale		1113	100,0

La principale preoccupazione riguarda le applicazioni tecnologiche che rappresentano una minaccia per l'ambiente, con il 34,1% degli studenti rispondenti che la identificano come la più rischiosa. Questo riflette la crescente consapevolezza ecologica, in linea con le preoccupazioni globali riguardanti il cambiamento climatico e la sostenibilità. Seguono le tecnologie che comportano rischi per la salute fisica (23,8%) e per la salute mentale (23,3%). In un'era di crescente attenzione alla salute e al benessere, non sorprende che queste aree siano al centro delle preoccupazioni degli studenti. Inoltre, diversi studi mostrano come dopo la pandemia da Covid-19 i disturbi mentali dei giovani siano in aumento. Le applicazioni che possono destabilizzare l'ordine sociale sono considerate rischiose dal 9,6% degli studenti, mentre quelle che possono avere ripercussioni sull'educazione sono indicate dal 7,3%. Solo l'1,9% degli studenti ha identificato le tecnologie che comportano rischi per l'economia come la principale preoccupazione.

Tab. 4.32: Scegli le due applicazioni tecnologiche più rischiose, secondo la tua opinione (seconda scelta in ordine di importanza)

		Frequenza	Percentuale
Valido	Quelle che comportano rischi per l'ambiente	179	16,1
	Quelle che comportano rischi per l'economia	64	5,8
	Quelle che comportano rischi per l'educazione	91	8,2
	Quelle che comportano rischi per l'ordine sociale	90	8,1
	Quelle che comportano rischi per la salute fisica	194	17,4
	Quelle che comportano rischi per la salute mentale	243	21,8
	Totale	861	77,4
Mancante	1	252	22,6
Totale		1113	100,0

Le tecnologie che comportano rischi per la salute mentale emergono come la principale preoccupazione (28,2%). Le preoccupazioni per l'ambiente rimangono elevate, con il 20,8% degli studenti che le identifica come seconda scelta. Le tecnologie che possono avere impatti sulla salute fisica sono indicate dal 22,5% degli studenti. Rispetto alla prima scelta, si osserva un aumento della preoccupazione per le tecnologie che possono influenzare l'educazione (10,6%) e l'ordine sociale (10,5%). Le tecnologie che possono avere ripercussioni sull'economia sono considerate preoccupanti dal 7,4% degli studenti come seconda scelta.

In sintesi, gli studenti mostrano una forte sensibilità verso i rischi ambientali e sanitari associati alle applicazioni tecnologiche. Le preoccupazioni riguardo alla salute mentale, in particolare, emergono come particolarmente pregnanti, riflettendo forse le sfide e le pressioni particolari di vivere in un'era

digitale e iperconnessa e destabilizzata dalla pandemia da Covid-19¹¹⁴. La relativa minor attenzione data ai rischi economici potrebbe suggerire una percezione di distanza o di minor rilevanza di questi aspetti nella vita quotidiana degli studenti, o forse una fiducia nella resilienza dei sistemi economici. Tuttavia, la consapevolezza delle potenziali minacce all'ordine sociale e all'educazione suggerisce una comprensione matura delle complesse intersezioni tra scienza, tecnologia e società.

Ai fini di una esplorazione dei dati che potesse suggerirmi degli indici utili anche a fini esplicativi (poiché inseribili nel modello che ho già illustrato nel terzo capitolo) ho eseguito un'Analisi in Componenti Principali (ACP).

Le variabili scelte sono state standardizzate per annullare le differenze di scala (il peso delle variabili nella formazione delle componenti potrebbe altrimenti essere falsato).

Poiché con l'utilizzo delle sole prime due componenti la percentuale di varianza riprodotta si è rivelata inferiore al 43%, ho provato a considerare le prime 3 componenti che in totale riproducono più del 51% della varianza.

Di seguito le variabili prese in considerazione¹¹⁵:

- Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: sgradevole – gradevole
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: indesiderabile – desiderabile
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: superficiale – approfondito
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: inutile – utile
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: monotono – stimolante
- In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: noioso – divertente
- Ti capita di esprimere dubbi sui temi trattati in classe durante le ore relative alle materie scientifiche?
- Con quale frequenza ti informi su questioni scientifiche?
- Penso che alla base del metodo scientifico vi sia la matematica
- Penso che la filosofia sia utile anche per lo studio della scienza
- Bisogna che qualcuno controlli l'operato della scienza

¹¹⁴ A riguardo, molti studi indicano come la salute mentale dei giovani sia peggiorata nel periodo post-covid. L'indice di salute mentale, elaborato dall'Istat all'interno degli indicatori sul benessere equo e sostenibile (Bes) è peggiorato tra gli adolescenti dopo il 2020 (<https://www.openpolis.it/la-salute-mentale-di-bambini-e-ragazzi-dopo-lemergenza-covid/>). Secondo uno studio del Censis (2022), il 48,5% dei giovani in comuni con meno di 10.000 abitanti ha dichiarato di aver avuto problemi psicologici, di ansia o simili durante la pandemia.

¹¹⁵ Le variabili che hanno contribuito alla formazione degli indici sono state scelte perché, a livello semantico, considerate importanti in relazione alle rappresentazioni della scienza e al rapporto con la scienza sia a scuola che al di fuori.

Tab.4.33: Test di KMO e Bartlett

Misura di Kaiser-Meyer-Olkin di adeguatezza del campionamento.		,860 ¹¹⁶
Test della sfericità di Bartlett	Appross. Chi-quadrato	2972,679
	gl	66
	Sign.	,000 ¹¹⁷

I test KMO e di Bartlett segnalano che il modello fattoriale è da considerarsi buono e che le dimensioni del campione sono sufficientemente ampie per effettuare una ACP. Le variabili sono sufficientemente correlate per procedere con l'analisi fattoriale.

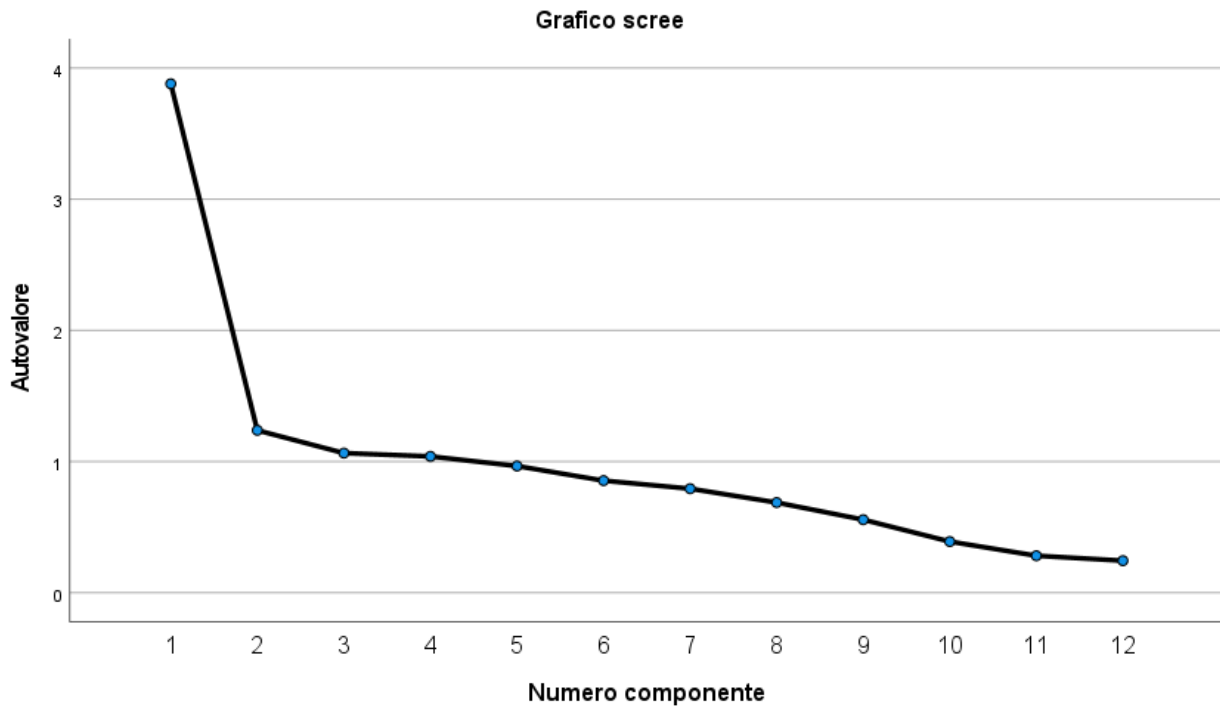
Tab.4.34: Varianza totale riprodotta

Componente	Autovalori iniziali		
1	3,881	32,338%	32,338%
2	1,238	10,321%	42,659%
3	1,065	8,873%	51,531%
4	1,040	8,664%	60,196%
5	,966	8,052%	68,247%
6	,855	7,124%	75,371%
7	,793	6,612%	81,983%
8	,688	5,732%	87,715%
9	,557	4,643%	92,358%
10	,390	3,253%	95,610%
11	,282	2,352%	97,963%
12	,244	2,037%	100,000%

¹¹⁶ Il valore indica che una parte significativa della varianza nelle variabili in questione può essere riprodotta da alcune componenti, ossia che c'è un'adeguata proporzione di varianza comune tra le variabili (né troppo alta, né troppo bassa).

¹¹⁷ La significatività indica che le variabili sono correlate.

Graf. 4.45: Scree plot



Dal grafico si vede come vi siano essenzialmente due “gomiti”, uno alla seconda componente e uno alla terza. Poiché il risultato della prima ACP a 2 componenti non si è rivelato particolarmente utile, ho provveduto a considerarne tre, il che porta a riprodurre più del 50% di varianza, rispettando il criterio indicativo dell’autovalore maggiore di 1.

Per massimizzare la varianza dei pesi delle variabili per ciascuna componente ho eseguito una rotazione di tipo Varimax. Ciò rende generalmente più agevole l’interpretazione delle componenti, come già ho spiegato in precedenza.

Tab .4.35: Matrice dei componenti ruotati^a

	Componente		
	1	2	3
Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l’immaginazione e la creatività per la scienza:	,266	,481	,090
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: sgradevole - gradevole	,860	,045	,008
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: indesiderabile - desiderabile	,818	,050	,013
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: superficiale - approfondito	,578	,156	-,136
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: inutile - utile	,740	,162	,009
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: monotono - stimolante	,836	-,014	-,027
In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è: noioso - divertente	,851	-,050	,006

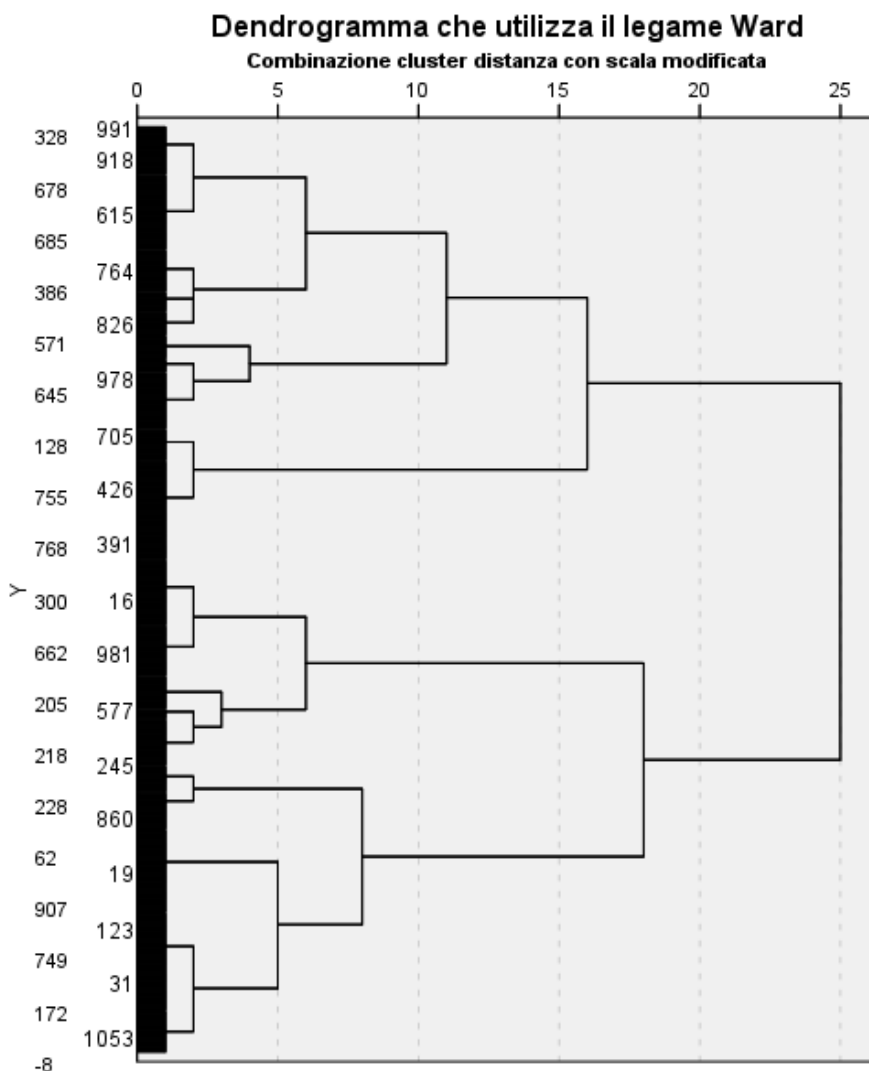
Ti capita di esprimere dubbi sui temi trattati in classe durante le ore relative alle materie scientifiche?	,019	,064	,729
Con quale frequenza ti informi su questioni scientifiche?	-,082	-,038	,716
Penso che alla base del metodo scientifico vi sia la matematica	,008	,606	,016
Penso che la filosofia sia utile anche per lo studio delle scienze	,128	,558	,003
Bisogna che qualcuno controlli l'operato della scienza	-,122	,558	-,057

Ho ottenuto così, in base alle saturazioni delle variabili dell'analisi su ognuna delle tre componenti (ruotate) prese in considerazione, tre indici fattoriali che ho denominato rispettivamente:

1. Soddisfazione per lo studio della scienza
2. Livello di competenze critiche sulla scienza
3. Interesse per la scienza

Sulla base di questi tre indici ho poi eseguito una Cluster Analysis di tipo gerarchico per ottenere una sintesi dei casi oltre che delle variabili.

Graf. 4.46: Dendrogramma per individuazione gruppi



“Tagliando” al livello di dissimilarità corrispondente al valore 15¹¹⁸ si ottengono 4 gruppi. Ora occorre caratterizzare i gruppi per poterne comprendere la natura e dare loro un nome coerente con ciò che essi rappresentano.

I soggetti sono stati raggruppati in base al loro livello di soddisfazione nello studio della scienza, di interesse per la scienza e di competenze critiche acquisite sulla scienza (i fattori scaturiti dall’ACP).

Tab. 4.36: Caratterizzazione dei 4 cluster in base ai 3 fattori scaturiti dall’ACP

		Competenze critiche acquisite sulla scienza Medio	Interesse per la scienza Medio	Soddisfazione nello studiare la scienza Medio
Ward Method	1	-,82285	,04408	-,59981
	2	,92631	,26816	-,20677
	3	,17677	-1,09687	,57741
	4	-,40848	1,03621	,93346

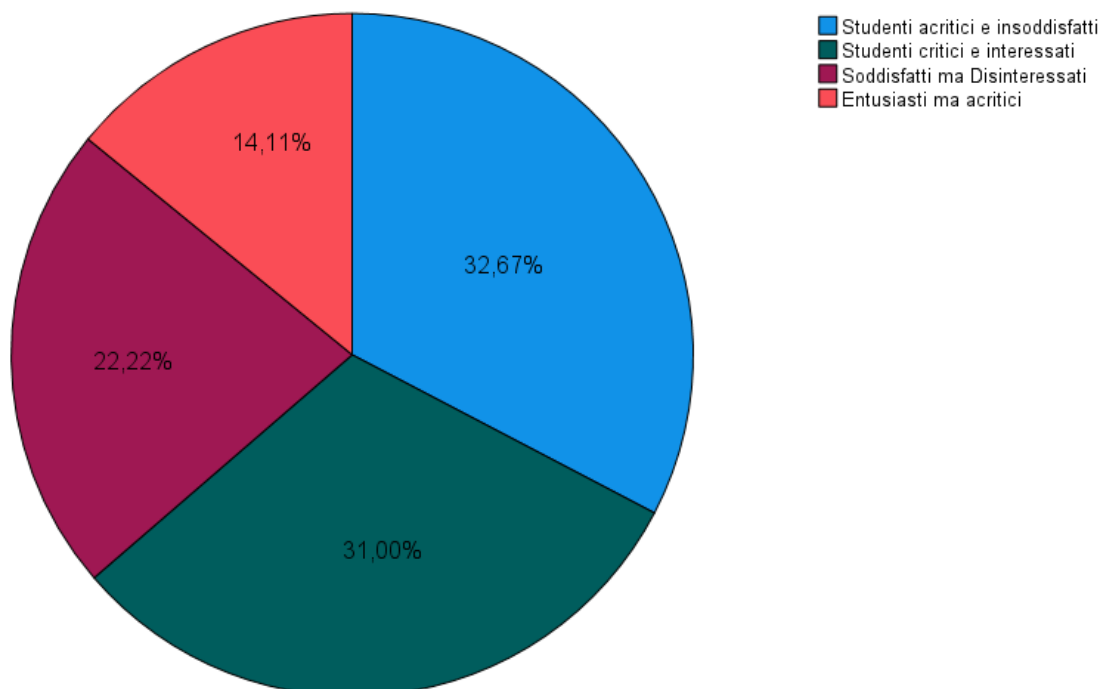
In base alla tabella i gruppi possono essere caratterizzati e denominati come segue.

1. “Studenti acritici e insoddisfatti”:
 - **Competenze critiche:** Questo gruppo ha il valore più basso (-,82285), indicando competenze critiche inferiori alla media.
 - **Interesse per la scienza:** Il valore è nella media (,04408), suggerendo un interesse medio.
 - **Soddisfazione nello studiare la scienza:** Il valore è negativo (-,59981), indicando una soddisfazione inferiore alla media nello studiare la scienza.
2. “Studenti critici e interessati”:
 - **Competenze critiche:** Il valore è il più alto tra i gruppi (,92631), indicando competenze critiche superiori alla media.
 - **Interesse per la scienza:** Anche l’interesse per la scienza è sopra la media (,26816).
 - **Soddisfazione nello studiare la scienza:** Il valore è leggermente negativo (-,20677), suggerendo una soddisfazione leggermente inferiore alla media.
3. “Soddisfatti ma disinteressati”:
 - **Competenze critiche:** Il valore è positivo ma moderato (,17677), indicando competenze critiche poco sopra la media.
 - **Interesse per la scienza:** Questo gruppo ha il valore più basso per l’interesse per la scienza (-1,09687), indicando un interesse significativamente inferiore alla media.
 - **Soddisfazione nello studiare la scienza:** Il valore è positivo (,57741), indicando una soddisfazione superiore alla media.
4. “Entusiasti ma acritici”:
 - **Competenze critiche:** Il valore è negativo (-,40848), indicando competenze critiche inferiori alla media.

¹¹⁸ Si tratta di un valore che ho ritenuto essere un buon compromesso per sintetizzare i dati senza perdere troppa informazione, sia a fini descrittivi che di possibili relazioni più o meno complesse con altre variabili.

- **Interesse per la scienza:** Il valore è il più alto tra i gruppi (1,03621), indicando un forte interesse per la scienza.
- **Soddisfazione nello studiare la scienza:** Anche la soddisfazione è la più alta tra i gruppi (,93346), indicando un'alta soddisfazione nello studiare la scienza.

Graf. 4.47: I 4 gruppi di studenti



Per quanto riguarda gli studenti “Acritici e insoddisfatti” (32,67%), questo gruppo potrebbe rappresentare studenti che si sentono alienati o disconnessi dal sistema educativo. La loro mancanza di competenze critiche potrebbe derivare da un’istruzione precedente non ottimale o da un ambiente in cui il pensiero critico non è stato valorizzato. La loro insoddisfazione potrebbe riflettere una mancanza di rilevanza percepita tra ciò che studiano (in ambito scientifico) e la loro vita quotidiana o aspirazioni future. Gli “Studenti critici e interessati” (31%) potrebbero provenire da ambienti in cui l’istruzione e il pensiero critico sono altamente valorizzati. Tuttavia, la loro soddisfazione leggermente inferiore potrebbe suggerire che, mentre apprezzano la scienza, cercano un’applicazione più pratica o rilevante del loro apprendimento, o potrebbero desiderare metodi didattici più coinvolgenti. I “Soddisfatti ma disinteressati” (22,22%) potrebbero rappresentare studenti che sono conformisti o che vedono l’istruzione come un mezzo per raggiungere un fine (ad es. ottenere un buon voto) piuttosto che come un’opportunità per l’apprendimento intrinseco. Potrebbero provenire da contesti in cui l’obiettivo principale è avere successo scolasticamente piuttosto che sviluppare una passione personale per la materia. Ricordando che si tratta di soddisfazione (o gradimento) nello studio della scienza, un’altra possibile spiegazione è che gli studenti soddisfatti ma disinteressati siano influenzati da una didattica tradizionale e autoritaria della scienza, che la presenta come un insieme di fatti e di regole da memorizzare e da ripetere, ma che non la rende interessante o coinvolgente. Questa didattica potrebbe essere basata su un modello trasmissivo e verticistico della conoscenza, che privilegia la riproduzione fedele dei contenuti, e che trascura le capacità di comprensione, di analisi e di critica. In questo modo, gli studenti potrebbero sviluppare un

atteggiamento passivo verso la scienza, che li porta ad accettarla, ma che non li motiva a esplorarla o a interrogarla. Gli “Entusiasti ma acritici” (14,11%) mostrano sì un forte entusiasmo per la scienza, ma potrebbero non essere stati esposti o formati a metodi di pensiero critico. Questo potrebbe riflettere un ambiente educativo in cui l’entusiasmo e l’interesse sono stati incoraggiati, ma dove la profondità e l’analisi critica non sono state altrettanto enfatizzate. Occorre inoltre far presente che le aspettative culturali e le pressioni sociali possono influenzare le percezioni e le reazioni degli studenti alla scienza.

Ho poi utilizzato questa tipologia di studenti per alcune analisi, partendo dall’appartenenza ai tre tipi di scuole.

Tab. 4.37: “Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a” * gruppi individuati

			Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	Soddisfatti ma Disinteressati	Entusiasti ma acritici	Totale
Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a	Altri Licei (es. classico, linguistico, scienze umane, artistico, les, etc.)	Conteggio	84	99	66	31	280
		% in 4) Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a	30,0%	35,4%	23,6%	11,1%	100,0%
	Liceo scientifico	Conteggio	84	84	87	53	308
		% in 4) Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a	27,3%	27,3%	28,2%	17,2%	100,0%
	Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.)	Conteggio	126	96	47	43	312
		% in 4) Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a	40,4%	30,8%	15,1%	13,8%	100,0%
Totale		Conteggio	294	279	200	127	900
		% in 4) Tipo di scuola frequentata dall’intervistato/a	32,7%	31,0%	22,2%	14,1%	100,0%

La relazione risulta significativa come si vede nella seguente tabella.

Tab.4.38: Test del chi-quadrato

	Valore	df	Significatività asintotica (bilaterale)
Chi-quadrato di Pearson	28,547 ^a	6	,000
N di casi validi	900		

a. 0 celle (,0%) hanno un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 39,51.

Tra gli studenti degli Istituti tecnici o professionali la presenza di “Acritici e insoddisfatti” (40,4%) è la più elevata. Ciò potrebbe essere in parte dovuto ad un approccio teorico e concettuale insufficiente, poiché in questo tipo di scuole vi è una maggiore attenzione agli aspetti pratici. Tuttavia, la presenza del gruppo dei “Critici e interessati” è in linea con le altre scuole – come si vede agevolmente dal grafico – rendendo assai più difficile l’interpretazione. La presenza simile di studenti “Critici e interessati” in tutti i tipi di scuola potrebbe suggerire che, indipendentemente dall’ambiente o dal curriculum scolastico, c’è una proporzione costante di studenti che mantengono un atteggiamento critico e allo stesso tempo sono interessati ai loro studi. Questo potrebbe indicare che tali caratteristiche sono meno influenzate dall’ambiente scolastico e potrebbero dipendere da altri fattori come l’educazione familiare, le esperienze personali o la personalità dello studente. Potrebbe essere utile condurre ulteriori analisi o ricerche per capire meglio questo fenomeno. Ad esempio, interviste o focus group con studenti potrebbero offrire intuizioni qualitative su ciò che li rende “Critici e interessati”. Nell’ultimo paragrafo tenterò di analizzare il fenomeno in questione anche tramite analisi di regressione. Ho provato, sulla scia di quanto detto, a mettere in relazione questo fenomeno col capitale culturale di cui ho precedentemente elaborato un indice tipologico. Andando a guardare il dato per i ragazzi con un livello di capitale culturale elevato, purtroppo la situazione non cambia, anzi l’interpretazione diventa più complicata e persino controintuitiva. Provando ad usare questo indice per valutare se gli studenti con capitale avessero una maggiore propensione ad iscriversi all’università, il dato è il contrario di quanto ci si potrebbe aspettare, con gli studenti con capitale culturale elevato che dichiarano più frequentemente di non volersi iscrivere all’università. È verosimile ritenere che qualcosa in questo indice non abbia funzionato¹¹⁹. Provo quindi a basarmi sulla soddisfazione scolastica, un indice che non ha caratterizzato la formazione dei gruppi¹²⁰. Chiaramente per farlo devo ricodificare la variabile da cardinale a ordinale. Quindi la divido secondo il valore dei quartili.

¹¹⁹ Il problema potrebbe essere ricondotto alla fase di raccolta dati e/o allo scarso potere informativo dell’indice, poiché per realizzarlo avevo a disposizione solo il titolo di studio dei genitori, non avendo previsto informazioni come il numero approssimativo dei libri in casa, o un modo più utile ai fini dell’indice di ottenere l’informazione relativa alla professione dei genitori.

¹²⁰ I gruppi sono stati caratterizzati anche da una più specifica soddisfazione (o gradimento) nello studio della scienza.

Tab.4.39: Distribuzione in quartili di “Soddisfazione scolastica”

Percentili	25	15,00
	50	18,00
	75	20,00

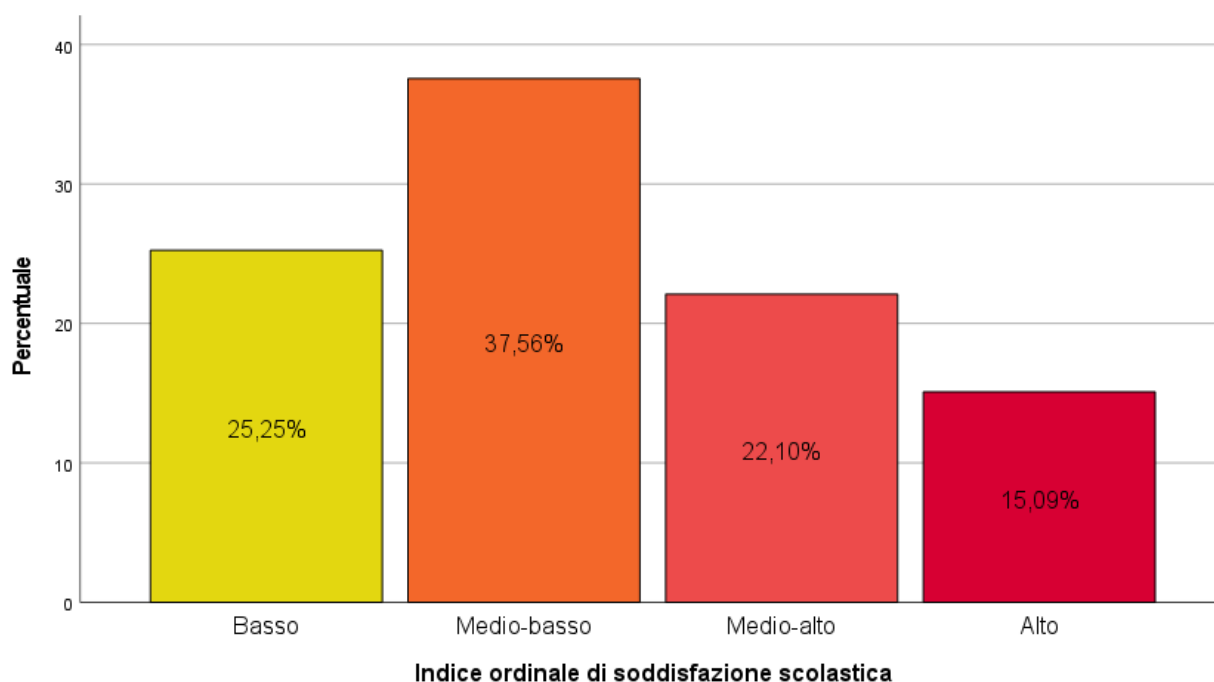
Per cui:

Tab.4.40: Divisione in gruppi basata sui quartili di “Soddisfazione scolastica”

		Frequenza	Percentuale	Percentuale valida	Percentuale cumulativa
Valido	5,00	1	,1	,1	,1
	7,00	1	,1	,1	,2
	8,00	2	,2	,2	,4
	9,00	9	,8	,8	1,2
	10,00	10	,9	,9	2,1
	11,00	20	1,8	1,8	3,9
	12,00	40	3,6	3,6	7,5
	13,00	49	4,4	4,4	11,9
	14,00	61	5,5	5,5	17,3
	15,00	88	7,9	7,9	25,2
	16,00	129	11,6	11,6	36,8
	17,00	146	13,1	13,1	50,0
	18,00	143	12,8	12,8	62,8
	19,00	123	11,1	11,1	73,9
	20,00	123	11,1	11,1	84,9
	21,00	81	7,3	7,3	92,2
	22,00	50	4,5	4,5	96,7
	23,00	24	2,2	2,2	98,8
	24,00	13	1,2	1,2	100,0
		Totale	1113	100,0	100,0

Usando questo criterio ho quindi ottenuto un indice ordinale la cui distribuzione di frequenza è la seguente.

Graf. 4.48: Soddisfazione scolastica (ricodificata in categorie ordinate)



Si nota come la soddisfazione scolastica nel campione sia piuttosto bassa, con il valore modale “medio-basso” (scelto dal 37,56% degli studenti) e il secondo valore più scelto (25,25%) corrispondente al livello “basso”.

Quindi ho suddiviso il mio campione proprio secondo la soddisfazione scolastica.

Tab. 4.41: Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a * Gruppi individuati

			Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	Soddisfatti ma Disinteressati	Entusiasti ma acritici	
4) Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	Altri Licei (es. classico, linguistico, scienze umane, artistico, les, etc.)	Conteggio	34	34	14	6	88
		Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	38,6%	38,6%	15,9%	6,8%	100,0%
	Liceo scientifico	Conteggio	24	16	14	10	64
		Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	37,5%	25,0%	21,9%	15,6%	100,0%
	Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.)	Conteggio	39	18	9	3	69
		Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	56,5%	26,1%	13,0%	4,3%	100,0%
Totale		Conteggio	97	68	37	19	221

Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a	43,9%	30,8%	16,7%	8,6%	100,0%
--	-------	-------	-------	------	--------

a. Indice ordinale di soddisfazione scolastica = Basso

La relazione risulta significativa come si vede nella seguente tabella.

Tab. 4.42: Test del chi-quadrato^a

	Valore	Df	Significatività asintotica (bilaterale)
Chi-quadrato di Pearson	13,669 ^b	6	,034
N di casi validi	221		

a. Indice ordinale di soddisfazione scolastica = Basso

b. 0 celle (,0%) hanno un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 5,50.

Prendendo in considerazione un livello basso di soddisfazione scolastica, la differenza diventa più netta e il dato più facilmente interpretabile. È evidente che tra gli studenti degli Istituti Tecnici e di quegli Professionali c'è una tendenza maggiore ad essere acritici e insoddisfatti verso la scienza, soprattutto tra coloro che hanno una bassa soddisfazione scolastica. Infatti, la differenza tra gli studenti acritici e insoddisfatti nei "Non Licei" (56,5% nella seconda tabella e 40,4% nella prima) suggerisce che la bassa soddisfazione scolastica è particolarmente legata all'atteggiamento acritico in questo tipo di istituto, molto più che nelle altre tipologie di scuole. In conclusione, la presa in considerazione della soddisfazione scolastica ha rivelato una tendenza preoccupante tra gli studenti dei "Non Licei". Ciò potrebbe avere implicazioni sia per la didattica che per le politiche scolastiche, con la necessità di indirizzare risorse e attenzione verso questi istituti per migliorare l'esperienza educativa degli studenti, affiancando ad un insegnamento più pratico delle materie scientifiche, un approccio più stimolante a livello teorico e concettuale.

Le differenze tra gli studenti dei vari gruppi potrebbero essere rilevanti anche per la scelta del proseguimento degli studi, per cui ho provveduto a realizzare un'apposita tabella di contingenza.

Tab.4.43: Vorresti fare l'università? * Gruppi individuati

		Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	Soddisfatti ma Disinteressati	Entusiasti ma acritici		
Vorresti fare l'università?	No	Conteggio	58	26	9	5	98
		% in Ward Method	19,7%	9,3%	4,5%	3,9%	10,9%
Non so	Conteggio	43	28	14	15	100	
	% in Ward Method	14,6%	10,0%	7,0%	11,8%	11,1%	
Si	Conteggio	193	225	177	107	702	

	% in Ward	65,6%	80,6%	88,5%	84,3%	78,0%
	Method					
Totale	Conteggio	294	279	200	127	900
	% in Ward	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Method					

Come si vede nella seguente tabella, la relazione risulta statisticamente significativa.

Tab. 4.44: Test del chi-quadrato

	Valore	Df	Significatività asintotica (bilaterale)
Chi-quadrato di Pearson	50,983 ^a	6	,000
N di casi validi	900		

a. 0 celle (0,0%) hanno un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 13,83.

Il dato più evidente è che il gruppo degli studenti “Acritici e insoddisfatti” è il meno propenso a voler proseguire gli studi all’università. Ma il dato che ritengo più interessante è che la soddisfazione (nello specifico nello studiare la scienza, poiché è uno dei tre fattori che ha contribuito alla caratterizzazione dei gruppi) sembra essere l’aspetto più importante che invoglia gli studenti a proseguire gli studi. La soddisfazione può essere un forte motore di motivazione: se gli studenti trovano piacere e soddisfazione nello studiare la scienza, potrebbero essere più motivati a superare le sfide e a investire tempo ed energie per approfondire la comprensione delle questioni scientifiche. Gli studenti che hanno accesso a risorse, come laboratori ben attrezzati, materiali di studio di alta qualità e docenti preparati, potrebbero trovarsi in una posizione migliore per sperimentare la soddisfazione nello studio della scienza. Infatti, come ho anche mostrato nel secondo capitolo, se la scienza viene presentata in un modo che la collega a problemi e situazioni reali, gli studenti potrebbero trovarla più rilevante e, di conseguenza, più soddisfacente. Nel secondo capitolo evidenzio anche come stiano cambiando gli approcci didattici e che rendere l’istruzione scientifica interessante, coinvolgente e rilevante per gli studenti stia diventando un aspetto più centrale nelle scuole. La soddisfazione può derivare da metodologie didattiche che incoraggiano la partecipazione attiva, l’indagine e la scoperta. Più avanti si vedrà se nel campione questa ipotesi – tra le altre – potrà essere corroborata.

Si è proceduto poi a considerare come variasse la soddisfazione scolastica entro i 4 gruppi tramite ANOVA.

Tab. 4.45: Test di omogeneità delle varianze

		Statistica di Levene	gl1	gl2	Sig.
Soddisfazione scolastica	Basato sulla media	,234	3	896	,873

Il valore p è superiore a 0,05, il che suggerisce che non ci sono prove sufficienti per rifiutare l’ipotesi nulla. Pertanto, si può concludere che le varianze tra i gruppi sono omogenee. Per cui, basandosi sul

risultato del test di Levene, l'ipotesi di omogeneità delle varianze sembra essere soddisfatta, il che significa che è appropriato procedere con un'ANOVA.

Tab.4.46: ANOVA di "Soddisfazione scolastica"

	Somma dei quadrati	df	Media quadratica	F	Sig.
Tra gruppi	332,506	3	110,835	11,950	,000
Entro i gruppi	8310,466	896	9,275		
Totale	8642,972	899			

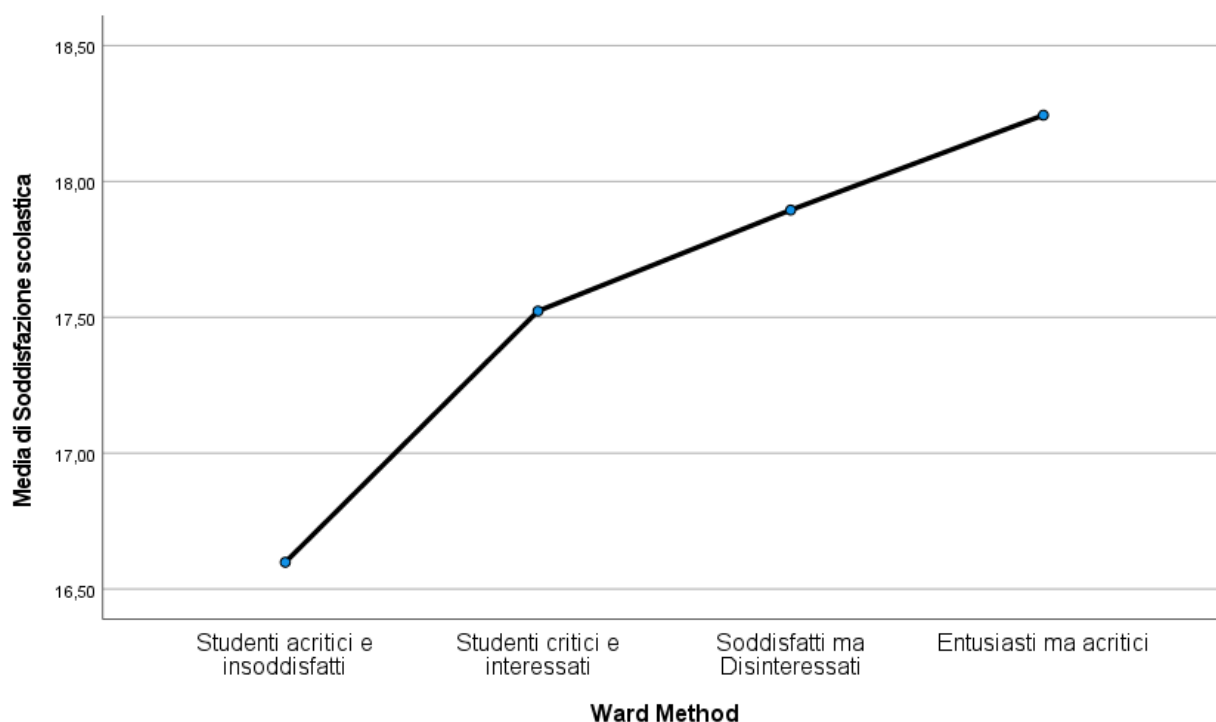
L'Anova risulta nel suo insieme significativa. Di seguito invece i confronti multipli.

Tab.4.47: Confronti multipli (Post-hoc)

(I) Ward Method	(J) Ward Method	Sig.
Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	,002
	Soddisfatti ma Disinteressati	,000
	Entusiasti ma acritici	,000
Studenti critici e interessati	Studenti acritici e insoddisfatti	,002
	Soddisfatti ma Disinteressati	,552
	Entusiasti ma acritici	,121
Soddisfatti ma Disinteressati	Studenti acritici e insoddisfatti	,000
	Studenti critici e interessati	,552
	Entusiasti ma acritici	,743
Entusiasti ma acritici	Studenti acritici e insoddisfatti	,000
	Studenti critici e interessati	,121
	Soddisfatti ma Disinteressati	,743

È importante ricordare ancora una volta che la soddisfazione che caratterizza i gruppi è relativa allo studio della scienza. Gli "Studenti acritici e insoddisfatti" hanno una soddisfazione scolastica (generica) significativamente inferiore rispetto a tutti gli altri tre gruppi. Questo è indicato dai valori di significatività inferiori a 0,05. Gli "Entusiasti ma acritici" hanno una soddisfazione scolastica significativamente superiore rispetto agli "Studenti acritici e insoddisfatti", come indicato dal valore di significatività inferiore a 0,05. Non ci sono differenze significative nella soddisfazione scolastica tra "Studenti critici e interessati", "Soddisfatti ma Disinteressati" e "Entusiasti ma acritici", dato che i valori di significatività per questi confronti sono superiori a 0,05.

Graf. 4.49: Grafico delle medie



L'aspetto più importante sembra essere la differenza significativa nella soddisfazione scolastica tra gli studenti "Acritici e insoddisfatti" e gli altri gruppi, come si vede anche dal grafico.

Ho proseguito prendendo in considerazione l'item "Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza", sempre in relazione ai quattro gruppi di cui sopra.

Tab. 4.48: Test di omogeneità delle varianze

		Statistica di Levene	gl1	gl2	Sig.
Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza	Basato sulla media	15,349	3	896	,000

Tab. 4.49: ANOVA di "Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza"

	Somma dei quadrati	df	Media quadratica	F	Sig.
Tra gruppi	612,203	3	204,068	64,761	< ,001
Entro i gruppi	2823,353	896	3,151		
Totale	3435,556	899			

La violazione dell'assunto dell'omogeneità delle varianze è un problema nell'ANOVA, come già visto. Tuttavia, l'ANOVA è piuttosto robusta a questa violazione, soprattutto quando la dimensione

dei gruppi è simile. In questo caso, però, solo due gruppi hanno dimensioni molto simili. Il fatto di avere un campione piuttosto grande (1113 studenti) mitiga il problema, ma non lo elimina. Anche il fatto di avere un valore relativamente basso dell’Eta-quadro (che indica che viene riprodotto circa il 18% della varianza¹²¹) non aiuta¹²². Avendo un grande campione, poiché questo tende a rendere l’ANOVA più robusta alle violazioni dell’omogeneità delle varianze, ritengo che valga comunque la pena procedere con l’analisi per vedere – anche tramite l’ausilio del grafico delle medie – se da questa analisi scaturiscono risultati interessanti. Per maggior sicurezza, ho anche eseguito un diverso test post-hoc per i confronti multipli: il test di Games-Howell¹²³.

Tab. 4.50: Confronti tra medie (Post hoc)

(I) Ward Method	(J) Ward Method	Sig.
Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	<,001
	Soddisfatti ma Disinteressati	<,001
	Entusiasti ma acritici	<,001
Studenti critici e interessati	Studenti acritici e insoddisfatti	<,001
	Soddisfatti ma Disinteressati	,672
	Entusiasti ma acritici	,011
Soddisfatti ma Disinteressati	Studenti acritici e insoddisfatti	<,001
	Studenti critici e interessati	,672
	Entusiasti ma acritici	,231
Entusiasti ma acritici	Studenti acritici e insoddisfatti	<,001
	Studenti critici e interessati	,011
	Soddisfatti ma Disinteressati	,231

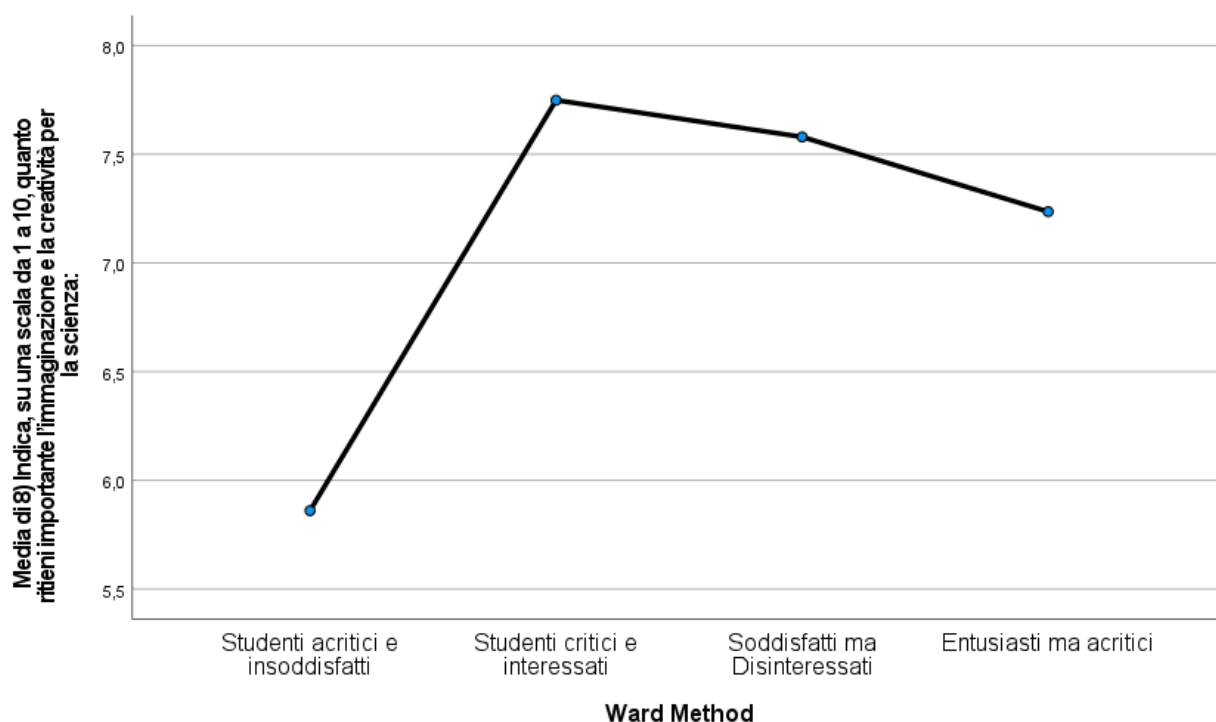
Dalla tabella si vede che la media degli studenti acritici e insoddisfatti relativa al valore attribuito alla creatività e all’immaginazione nella scienza differisce in negativo dai restanti tre gruppi.

¹²¹ Poiché $\eta^2 = SStr / SStot = 612,203 / 3435,556 = 0.178$

¹²² Sia Corbetta che Marradi indicano però alcuni limiti del coefficiente Eta-quadro. In particolare, l’Eta-quadro risente del fatto che con l’aumentare del numero di categorie aumenta la devianza esterna e quindi l’età quadro stesso. Quindi, quando si conduce un’ANOVA con più gruppi, vi sono più opportunità di trovare differenze tra i gruppi. Ciò può portare a una maggiore varianza “tra gruppi”, che aumenta l’Eta-quadro. Questo non significa necessariamente che l’effetto sia più forte, ma potrebbe semplicemente riflettere il fatto che si stanno appunto confrontando più gruppi. L’Eta-quadro può anche essere influenzato dalla dimensione del campione. Più in generale, con un campione più grande, è più probabile rilevare piccole differenze tra i gruppi, il che può influenzare il valore dell’Eta-quadro.

¹²³ Questo test, a differenza del test di Tukey che ho precedentemente utilizzato, non fa affidamento sull’assunto di omogeneità delle varianze e può essere applicato quando le dimensioni dei gruppi sono diverse. L’utilizzo del test di Games-Howell può dare una maggiore fiducia nell’interpretazione dei risultati quando l’assunto di omogeneità delle varianze è violato. Occorre però ribadire l’importanza di ispezionare con attenzione il grafico delle medie.

Graf. 4.49: grafico delle medie



Dal grafico si vede facilmente come la differenza più grande sia quella tra gli studenti acritici e insoddisfatti e quegli critici e interessati. Tuttavia, anche gli altri gruppi differiscono notevolmente dal primo. È interessante notare come gli studenti acritici e insoddisfatti mostrino la minore consapevolezza dell'importanza che, come visto nei primi due capitoli, hanno creatività e immaginazione per la scienza. Gli studenti "Entusiasti ma acritici" mostrano una differenza leggermente minore rispetto agli studenti "Critici e interessati" (che risulta statisticamente significativa). Gli studenti "Soddisfatti ma disinteressati" risultano molto vicini agli studenti critici e interessati. Ciò suggerisce che, sebbene la carenza di capacità critiche sembri la variabile che influenza più negativamente la consapevolezza che hanno della creatività e dell'immaginazione alcuni studenti, vi sono altre variabili da tenere in considerazione, come l'interesse per la scienza e soprattutto l'entusiasmo. Quest'ultimo, infatti, assieme al livello di soddisfazione, sembra contribuire molto al livello di consapevolezza degli studenti nell'importanza dell'immaginazione e della creatività per la conoscenza e l'attività scientifica.

Per cui, sebbene le capacità critiche acquisite dallo studente durante il percorso scolastico costituiscano un elemento fondamentale per la rappresentazione della scienza – almeno per quanto riguarda la variabile in questione – vi sono altre variabili e altri aspetti da considerare in modo particolare, come la soddisfazione nei confronti sia dell'esperienza scolastica che dello studio della scienza. Ciò merita sicuramente una maggiore attenzione nel corso di questa trattazione e potrebbe essere un elemento di spunto per ricerche e interventi futuri sul sistema scolastico e l'insegnamento delle materie scientifiche.

Tab. 4.51: La scienza è il modo migliore per trovare soluzioni ai problemi dell'umanità? * Gruppi individuati

			Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	Soddisfatti ma Disinteressati	Entusiasti ma acritici	
La scienza è il modo migliore per trovare soluzioni ai problemi dell'umanità?	Sì	Conteggio	126	136	111	67	440
		% in Ward	42,9%	48,7%	55,5%	52,8%	48,9%
		Method					
	No	Conteggio	92	71	37	19	219
		% in Ward	31,3%	25,4%	18,5%	15,0%	24,3%
		Method					
	Non so	Conteggio	76	72	52	41	241
		% in Ward	25,9%	25,8%	26,0%	32,3%	26,8%
		Method					
Totale	Conteggio	294	279	200	127	900	
	% in Ward	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Method						

La tabella mostra che il gruppo dei “Soddisfatti ma disinteressati” mostra la percentuale maggiore (55,5%) di studenti che rispondono affermativamente al fatto che la scienza è il modo migliore di trovare soluzioni ai problemi dell'umanità. È possibile che essi, poiché la loro mancanza di interesse personale riguarda solo la scienza insegnata a scuola, guardino all'importanza pratica e al potenziale della scienza nel mondo reale; questo è un aspetto che sottolinea l'importanza di forme alternative e complementari di insegnamento alla scienza. Tra l'altro, è bene che anche l'importanza pratica della scienza nel mondo reale sia implementata all'interno di un insegnamento critico poiché una risposta affermativa ad una domanda dal significato piuttosto netto e forte come questa potrebbe anche voler dire che la capacità critica andrebbe potenziata. È quindi comprensibile come nel gruppo degli studenti “Critici e interessati” la percentuale sia inferiore (48,7%): questi studenti potrebbero riconoscere la complessità e le limitazioni della scienza o potrebbero credere che ci siano anche altri modi, oltre alla scienza, per affrontare i problemi¹²⁴. La loro natura critica potrebbe portarli a una valutazione più sfaccettata della domanda. Tuttavia, il gruppo che presenta su questa domanda la minor percentuale di risposte affermative (42,9%) è quello degli studenti “Acritici e insoddisfatti”. Si è già visto come la soddisfazione nello studio della scienza abbia un'un'influenza rilevante sulle opinioni che gli studenti intervistati si sono formati nel loro percorso scolastico, per cui l'insoddisfazione verso lo studio della scienza potrebbe essere l'aspetto più rilevante per la risposta a domande come questa. Invece, il fatto che il gruppo degli “Entusiasti ma acritici” presenti una percentuale relativamente alta potrebbe significare che gli aspetti maggiormente emotivi abbiano la meglio su quegli cognitivi. Tuttavia, coinvolgere gli studenti in un insegnamento critico facendo leva su questo entusiasmo tramite i nuovi approcci che ho citato nei primi due capitoli (come, ad esempio, quello della gamification) potrebbe in ipotesi essere una soluzione ottimale per lavorare

¹²⁴ Nel primo capitolo, citando un importante lavoro di Campelli aggiornato nel 2020, accenno al fatto che la riflessione epistemologica e metodologica riconosce che la scienza non sia necessariamente la forma più valida o importante di conoscenza, ma che la sua rilevanza sia l'essere caratterizzata da un metodo specifico e dalla trasparenza e condivisione dei risultati dell'indagine.

maggiormente sugli aspetti cognitivi stimolando questo tipo di studenti alla partecipazione sia scolastica che extra-scolastica. Gli studenti che sono soddisfatti (indipendentemente dal loro interesse nella scienza e dalla loro visione critica) sembrano avere una visione più positiva della scienza rispetto a quelli che sono insoddisfatti, visione però che, come ho detto, può essere anche considerata una forma acritica di fiducia.

Tab. 4.52: Test del chi-quadrato

	Valore	df	Significatività asintotica (bilaterale)
Chi-quadrato di Pearson	19,417 ^a	6	,004
N di casi validi	900		

a. 0 celle (0,0%) hanno un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 30,90.

Ho quindi analizzato, di nuovo tramite ANOVA, come variasse la fiducia nella scienza nei quattro gruppi identificati.

Tab. 4.53: Test di omogeneità delle varianze

		Statistica di Levene	gl1	gl2	Sig.
Indice sommatorio di fiducia nella scienza	Basato sulla media	6,066	3	896	,000

Poiché l'assunto di omogeneità delle varianze è violato, ma il test F mostrato nella tabella seguente è significativo – e considerando anche le riflessioni fatte per le precedenti analisi della varianza – ho utilizzato come controllo multiplo post-hoc il test di Games-Howell.

Tab.4.54: ANOVA di “Indice sommatorio di fiducia nella scienza”

	Somma dei quadrati	df	Media quadratica	F	Sig.
Tra gruppi	319,378	3	106,459	16,831	,000
Entro i gruppi	5667,372	896	6,325		
Totale	5986,750	899			

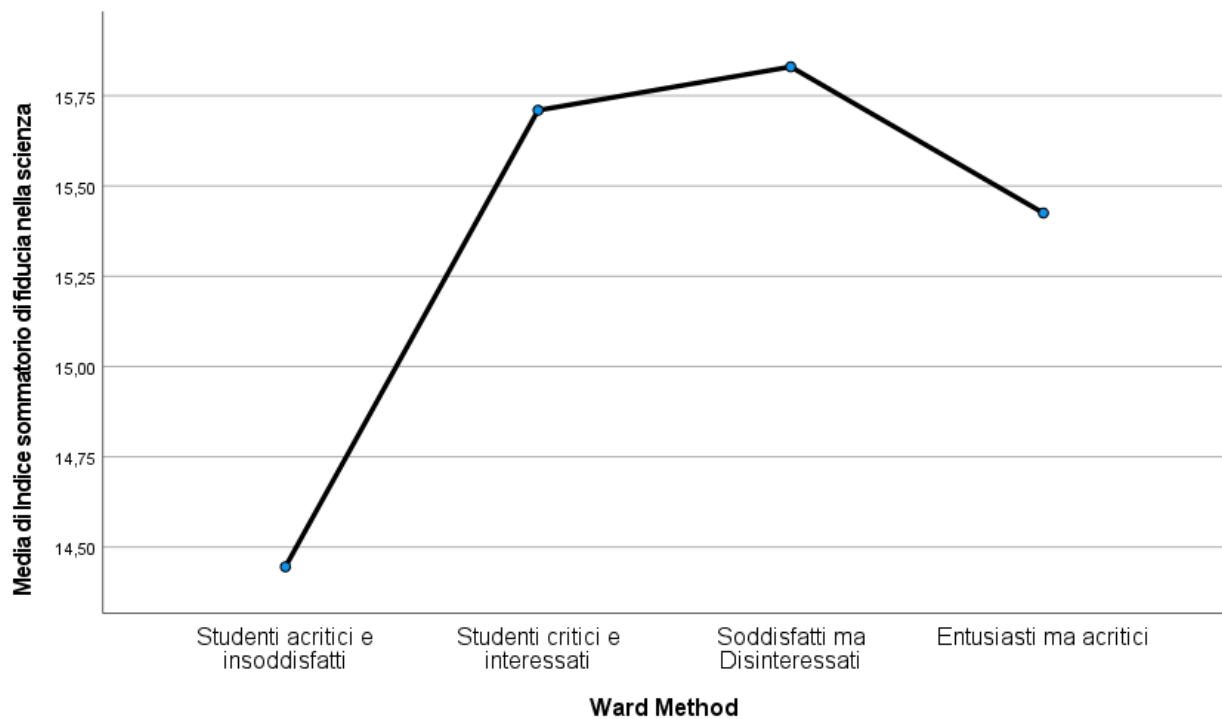
Nella tabella seguente si vede in particolare come la differenza tra gli studenti acritici e insoddisfatti e gli altri tre gruppi sia statisticamente significativa.

Tab4.55: Confronti tra medie (Post-hoc)

(I) Ward Method	(J) Ward Method	Sig.
Studenti acritici e insoddisfatti	Studenti critici e interessati	,000
	Soddisfatti ma Disinteressati	,000
	Entusiasti ma acritici	,001

Studenti critici e interessati	Studenti acritici e insoddisfatti	,000
	Soddisfatti ma Disinteressati	,955
	Entusiasti ma acritici	,608
Soddisfatti ma Disinteressati	Studenti acritici e insoddisfatti	,000
	Studenti critici e interessati	,955
	Entusiasti ma acritici	,422
Entusiasti ma acritici	Studenti acritici e insoddisfatti	,001
	Studenti critici e interessati	,608
	Soddisfatti ma Disinteressati	,422

Graf. 4.49: Grafico delle medie:



Dal test di confronto tra le medie si vede che l'unica differenza statisticamente significativa è quella che il gruppo degli studenti "acritici e insoddisfatti" ha con gli altri tre gruppi. Dal grafico si vede come il primo gruppo sia quello meno fiducioso di tutti nei confronti della scienza e che gli altri tre abbiano un livello di fiducia nella scienza molto simile. Inoltre, tra gli acritici e insoddisfatti, come si vede dalla tabella precedente, vi è anche la minor presenza di studenti che rispondono affermativamente alla domanda "La scienza è il miglior modo per trovare soluzioni ai problemi dell'umanità" e sono anche quegli meno soddisfatti dell'esperienza scolastica in generale¹²⁵. Quest'ultimo fattore può sicuramente aver inciso in parte sulla loro fiducia nella scienza. Gli altri tre gruppi potrebbero avere una visione più positiva della scienza, basata su una maggiore conoscenza dei suoi principi, risultati e benefici. Tuttavia, anche tra questi gruppi potrebbero esserci delle differenze significative nel modo di concepire la scienza e il suo ruolo nella società. Ad esempio, gli studenti "Critici e interessati" potrebbero avere una visione più riflessiva della scienza, consapevoli

¹²⁵ Vedi precedente ANOVA.

dei suoi presupposti epistemologici, delle sue controversie teoriche e metodologiche, delle sue sfide etiche e politiche: nel mio campione questo sembra essere associato con una fiducia relativamente alta della scienza, relazione che analizzerò nel prossimo paragrafo. Gli studenti “Soddisfatti ma disinteressati” potrebbero avere una visione più pragmatica e utilitaristica della scienza, interessati ai suoi effetti pratici e applicativi, oppure ai risultati ottenuti nell’ambito di un insegnamento tradizionale e nozionistico (ho descritto in modo più puntuale questo gruppo, a mio parere un po’ più complesso da analizzare, quando ho esaminato la distribuzione dei quattro gruppi) ma non alle sue questioni concettuali o sociali. Mentre gli studenti “Entusiasti ma acritici” potrebbero avere una visione più idealizzata della scienza, attratti dalla sua bellezza o dalla sua autorità, ma non consci dei suoi problemi o dei suoi limiti.

4.5 Un modello per l'analisi dei processi di formazione della rappresentazione della scienza

Un valido modo per analizzare i fattori che possono influenzare la fiducia nella scienza – alla luce di quanto visto nei precedenti paragrafi – è quello di fare un'analisi di regressione suddividendo il campione in base alla scuola frequentata e al sesso. Di seguito presento tale analisi e ne commento i risultati.

Tab.4.56: Riepilogo del modello per l'analisi dell'influenza di alcune variabili sulla fiducia nella scienza^{a,c}

Modello	R	R- quadrato	R- quadrato adattato	Errore std. della stima	Modifica R- quadrato	Statistiche delle modifiche			Sign. Modifica F	Durbin- Watson
						Modifica F	gl1	gl2		
1	,523 ^b	,273	,255	2,24341	,273	14,750	4	157	,000	1,975

a. 4) Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a = Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.), Sesso biologico dell'intervistato = Maschio

b. Predittori: (costante), Soddisfazione nello studiare la scienza, Competenze critiche acquisite sulla scienza, Fiducia nelle istituzioni, Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche

c. Variabile dipendente: Indice sommatorio di fiducia nella scienza

La regressione riproduce il 27,3% della varianza, che è il valore più alto tra quegli delle analisi che ho tentato. Non è un valore di per sé sufficientemente alto a livello esplicativo. Il valore della statistica Durbin-Watson verifica la presenza di autocorrelazione nei residui del modello. Valori tra 1,5 e 2,5 suggeriscono che l'autocorrelazione non è un problema. Il valore di 1,975 è all'interno di questo intervallo, il che significa che l'autocorrelazione non è motivo di preoccupazione. Come si vede nelle due tabelle successive, sia la significatività complessiva che quella dei singoli predittori risulta più che soddisfacente. È interessante notare che il gruppo appartenente agli istituti tecnici e professionali è stato anche quello che ha dato – nei precedenti paragrafi – alcune indicazioni particolarmente interessanti riguardo le competenze critiche e la soddisfazione nello studio della scienza.

Tab.4.57: ANOVA^{a,b}

Modello		Somma dei quadrati	Gl	Media quadratica	F	Sign.
1	Regressione	296,947	4	74,237	14,750	,000 ^c
	Residuo	790,164	157	5,033		
	Totale	1087,111	161			

a. 4) Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a = Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.), Sesso biologico dell'intervistato = Maschio

b. Variabile dipendente: Indice sommatorio di fiducia nella scienza

c. Predittori: (costante), Soddisfazione nello studiare la scienza, Competenze critiche acquisite sulla scienza, Fiducia nelle istituzioni, Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche

Tab.4.58: Coefficienti della regressione

Modello		Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati		Statistiche di collinearità		
		B	Errore standard	Beta	t	Sign.	Tolleranza	VIF
1	(Costante)	10,915	1,107		9,864	,000		
	Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche	,439	,177	,174	2,474	,014	,939	1,065
	Competenze critiche acquisite sulla scienza	,658	,166	,278	3,972	,000	,943	1,061
	Fiducia nelle istituzioni	,434	,111	,271	3,900	,000	,961	1,041
	Soddisfazione nello studiare la scienza	,386	,193	,140	2,002	,047	,944	1,060

a. 4) Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a = Non Licei (es. Istituto tecnico, professionale, informatico, moda, etc.), Sesso biologico dell'intervistato = Maschio

b. Variabile dipendente: Indice sommatorio di fiducia nella scienza

Come si vede dai valori di Tolleranza e dal VIF, non vi è una rilevante multicollinearità.

Analizzo quindi il contributo dei singoli predittori.

- **Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche:** Il coefficiente B è 0,439 e è statisticamente significativo ($p=0,014$). Questo indica che per ogni incremento unitario nell'indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche, ci si può aspettare un aumento di 0,439 unità nella fiducia nella scienza, tenendo costanti le altre variabili.
- **Competenze critiche acquisite sulla scienza:** Il coefficiente B è 0,658, il più alto dei valori dei predittori, ed è molto significativo ($p=0,000$). Ciò mi permette di affermare che, nel mio campione, maggiore è la competenza critica acquisita sulla scienza, maggiore è la fiducia in essa. Il coefficiente Beta di 0,278, conferma che ha un impatto maggiore rispetto alle altre variabili del modello.
- **Fiducia nelle istituzioni:** Con un coefficiente B di 0,434 e $p=0,000$, è evidente che c'è una relazione positiva significativa tra la fiducia nelle istituzioni e la fiducia nella scienza.
- **Soddisfazione nello studiare la scienza:** Il coefficiente B è 0,386 e ha una significatività al limite ($p=0,047$). Ciò indica che maggiore è la soddisfazione nello studiare la scienza, maggiore è la fiducia nella scienza, ma l'effetto è meno forte rispetto ad altre variabili.

La rilevanza di questo modello, visto anche il valore della varianza riprodotta, ha un valore statistico limitato, utile più che altro a livello esplorativo e descrittivo. Tuttavia, esso assume un valore teorico importante, per corroborare una delle mie ipotesi iniziali, in quanto il livello di competenze critiche acquisite è la variabile che più incide sul livello di fiducia nella scienza.

I risultati mostrano che tutte e quattro le variabili predittive hanno un effetto positivo sulla fiducia nella scienza. Tra queste, le “Competenze critiche acquisite sulla scienza” hanno appunto il maggiore impatto, seguite dalla “Fiducia nelle istituzioni”, dall’”Indice di coinvolgimento nelle attività extra-scolastiche” e infine dalla “Soddisfazione nello studiare la scienza”. Questo sottolinea l’importanza dell’educazione e dell’esperienza diretta nella formazione delle opinioni e della fiducia verso la scienza. Anche la fiducia nelle istituzioni gioca un ruolo cruciale, suggerendo che la percezione della credibilità e dell’integrità delle istituzioni può influenzare profondamente come gli individui vedono e valutano la scienza. In generale, questi risultati evidenziano l’importanza di una formazione solida in scienza, di esperienze positive e di istituzioni affidabili per costruire e mantenere la fiducia degli studenti nella scienza. La relazione tra la fiducia nelle istituzioni e la fiducia nella scienza potrebbe riflettere una tendenza socioculturale più ampia. In contesti in cui le istituzioni sono viste come affidabili e legittime, è probabile che la scienza, spesso connessa a queste istituzioni ed essa stessa un’istituzione, sia anch’essa vista con fiducia. Questo sottolinea l’importanza del ruolo delle istituzioni nella formazione dell’opinione pubblica e nella diffusione delle informazioni scientifiche. L’importanza delle competenze critiche suggerisce che l’educazione e la formazione in ambito scientifico sono fondamentali non solo per acquisire conoscenze, ma anche per sviluppare un atteggiamento critico e informato verso la scienza. Ciò indica l’importanza di promuovere metodi didattici che incoraggino gli studenti a riflettere criticamente e ad essere attivamente coinvolti nel processo di apprendimento, come mostrato nel secondo capitolo. Anche se la soddisfazione nello studio della scienza ha un impatto minore sulla fiducia complessiva nella scienza rispetto alle altre variabili, riflette comunque l’importanza dell’esperienza di apprendimento. Se gli studenti trovano lo studio della scienza gratificante e coinvolgente, è più probabile che sviluppino un atteggiamento positivo verso la scienza in generale. Questo sottolinea l’importanza di metodi didattici efficaci e coinvolgenti nell’istruzione scientifica.

Tali risultati suggeriscono che la fiducia nella scienza è profondamente intrecciata con le strutture istituzionali, culturali e educative della società. Per promuovere una maggiore fiducia nella scienza – e soprattutto un aumento di capitale scientifico nonché un’implementazione del processo di acquisizione di una cittadinanza scientifica¹²⁶ – le società potrebbero dover affrontare questioni più ampie relative alla legittimità e all’efficacia delle loro istituzioni, nonché alla qualità e pertinenza dell’istruzione scientifica.

Questo processo sembra riguardare soprattutto gli studenti maschi degli Istituti Tecnici e Professionali. Nella ricerca condotta sembra che essi siano più sensibili e ricettivi nei confronti di un insegnamento critico della scienza, come se questo tipo di insegnamento colmasse un gap coi licei e si sommasse in modo proficuo agli stimoli più pragmatici e concreti a livello di scienza e tecnologia che offrono queste scuole. Uno scambio in entrambi i lati, rendendo quindi più pratici gli insegnamenti nei Licei, e un incremento di attività scientifiche extra-scolastiche, che ho mostrato essere molto importanti ai fini dello sviluppo di fiducia nella scienza, potrebbero essere entrambi interventi molto proficui. Si è poi visto effettivamente come un buon livello di fiducia nella scienza sia anche legato alle competenze critiche acquisite, andando ciò a corroborare una delle mie ipotesi di partenza. Per quanto riguarda il genere, pare plausibile che in determinati

¹²⁶ Si torni al primo capitolo per una descrizione di questi concetti.

contesti ci sia un'aspettativa più forte per gli studenti maschi di perseguire studi tecnici o scientifici. Ciò potrebbe portare a un maggiore coinvolgimento e interesse nella scienza e quindi all'essere più ricettivi nei confronti di alcuni aspetti dell'insegnamento delle materie scientifiche. Occorre sottolineare come il pregiudizio che vede i ragazzi più portati delle ragazze nello studio delle materie scientifiche pare ancora presente in certi strati della società. Secondo i dati dell'OCSE, le ragazze italiane sono più brave dei ragazzi in matematica, scienze e lettura, ma hanno meno fiducia nelle loro capacità e aspirazioni. Infatti, le ragazze – specie in Italia - sono anche più propense dei ragazzi a scegliere indirizzi di studio umanistici piuttosto che scientifici, anche se hanno buone competenze in queste materie.

Alla luce di quanto visto, sebbene il modello di regressione rappresenti solo in parte il modello teorico concettualizzato durante il disegno della ricerca, occorre tenere in considerazione anche il fatto che negli istituti tecnici e professionali il gruppo degli acritici e insoddisfatti (nei confronti dello studio della scienza) presenta anche una soddisfazione scolastica generica minore. Ciò indica che la variabile “Soddisfazione scolastica” potrebbe rientrare – direttamente o moderando qualche relazione tra variabili – come concausa di aumento di fiducia in un modello relativo a future indagini che sicuramente potranno servire a far luce su alcuni punti ancora poco chiari relativi alle rappresentazioni della scienza negli studenti.

Conclusioni

In questo lavoro ho affrontato il tema delle rappresentazioni sociali della scienza negli studenti di scuole superiori di secondo grado partendo dal concetto di educazione critica e riflessiva inizialmente teorizzato da John Dewey. Ho esplorato i contributi della sociologia della scienza che mi hanno permesso di mettere a fuoco il rapporto tra scienza e società e di seguito gli aspetti comunicativi e divulgativi che hanno sottolineato l'importanza di implementare un dialogo con i cittadini. Quindi ho analizzato aspetti pedagogici e di sociologia dell'educazione per poi restringere il focus della mia ricerca alla fase finale del percorso scolastico degli studenti. L'obiettivo è stato quello di studiare opinioni, valori, percezioni e atteggiamenti nei confronti della scienza, con particolare riferimento all'esperienza scolastica (considerando sia lo studio delle materie scientifiche che il coinvolgimento in attività extra-curricolari, nonché il dibattito in classe). Tra gli aspetti che ho indagato vi sono la soddisfazione scolastica, il gradimento nei confronti delle materie scientifiche, l'interesse per la scienza, i vari approcci che gli insegnanti hanno utilizzato nei percorsi scolastici degli studenti (con particolare riferimento ad aspetti storici, metodologici, filosofici, sociali) indagando anche il coinvolgimento degli studenti intervistati in attività scolastiche ed extra-scolastiche. Ho posto inoltre attenzione alla fiducia nelle istituzioni degli studenti e alle competenze critiche acquisite nel percorso scolastico di scuola secondaria di secondo grado. Alcuni di questi indici sono stati importanti per lo studio del livello di fiducia degli studenti nella scienza. Per fare questo ho realizzato un'indagine campionaria tramite campionamento per quote raggiungendo 1113 studenti egualmente ripartiti per sesso e tipo di scuola. Le analisi hanno mostrato che un'importante fattore per lo sviluppo di una fiducia "critica" nella scienza è un buon livello di soddisfazione scolastica e di gradimento nello studio della scienza, nonché un generico entusiasmo, e un elevato coinvolgimento in attività scientifiche extra-scolastiche (come partecipazione a festival della scienza, dibattiti con esperti, visita a musei della scienza, ecc.). Anche la fiducia nelle istituzioni e lo sviluppo di competenze critiche, come ipotizzato, hanno un importante ruolo nella formazione della fiducia nella scienza. Questi risultati, soprattutto a livello del campione complessivo, sono scaturiti in particolare grazie alla formazione di 4 cluster corrispondenti a 4 tipi di studenti con differenti caratteristiche di spicco: gli "Acritici e insoddisfatti", i "Critici e interessati", i "Soddisfatti ma disinteressati" e gli Entusiasti ma acritici". Qui la soddisfazione si riferisce allo studio nella scienza e ha avuto un peso anche maggiore delle capacità critiche nell'identificare gli studenti con maggiore fiducia verso la scienza. I cluster hanno poi permesso di individuare che tra gli studenti degli Istituti Tecnici e di quelli Professionali c'è una tendenza maggiore ad essere acritici e insoddisfatti verso la scienza se hanno anche una bassa soddisfazione scolastica.

Infatti, durante il processo di analisi, quando ho suddiviso il campione analizzandolo per sesso e tipo di scuola sono scaturite delle suggestioni relative a come alcune variabili si distribuissero tra i maschi frequentanti gli Istituti Tecnici e Professionali e da come, mantenendo il focus su questo sottogruppo del campione, si relazionassero con altre variabili. Questo mi ha portato a concentrarmi su questo sottogruppo da cui ho tratto alcune conclusioni specifiche che vado a illustrare e argomentare.

Il fatto che gli studenti degli Istituti Tecnici e Professionali mostrino una maggiore ricettività all'insegnamento critico, al netto delle altre variabili e a confronto con le altre scuole, ricettività che permette loro di acquisire competenze critiche e fiducia nella scienza nonostante un approccio all'insegnamento più pratico che teorico e riflessivo, fa pensare che vada tenuto conto dell'importanza

che soddisfazione scolastica, soddisfazione nello studio della scienza e fiducia nelle istituzioni comportino nella formazione di una fiducia nella scienza che non sia acritica. È quindi possibile – e anzi necessario – implementare un approccio critico-riflessivo indipendentemente dal tipo di scuola e indirizzo. Occorrerebbe cogliere in modo più approfondito aspetti e dinamiche relativi a capitale culturale e sociale che non sono riuscito a prendere in considerazione come avrei voluto. È necessario sottolineare – in particolare alla luce del concetto di cittadinanza scientifica, partecipazione e coinvolgimento nei processi di acquisizione di conoscenza scientifica e di riflessione anche valoriale – che la trasmissione di competenze critico riflessive non è più qualcosa di strettamente legato alla scelta del proprio percorso di studi. Questo studio – in particolare attraverso l’analisi di alcuni aspetti inerenti gli Istituti Tecnici e Professionali – sembra in qualche modo confermarlo e suggerire, inoltre, come appaia quanto mai importante aprire un dibattito serio e pragmatico sulla necessità di implementare un nuovo tipo di insegnamento alla scienza, almeno per quanto riguarda le scuole superiori, indipendentemente dal tipo. Forse a riguardo sarebbe anche il caso di superare il concetto di indirizzi speciali come quello di potenziamento matematico. Un dibattito volto all’implementazione di un nuovo paradigma nell’insegnamento della scienza risulta quindi necessario. Tale dibattito dovrebbe potersi giovare degli stessi meccanismi psicosociali di coinvolgimento partecipato – visti nel primo capitolo – rivolti a tutti i cittadini e non limitarsi a coinvolgere solamente esperti, legislatori, decisori politici, funzionari amministrativi e altre figure apicali.

Le motivazioni che – come accenno in una nota del quarto capitolo – hanno giustificato e giustificano tutt’ora l’approccio più pragmatico alla scienza degli Istituti Tecnici e Professionali possono ancora avere un senso poiché l’approccio che comportano può indubbiamente incuriosire e avvicinare più facilmente lo studente a scienza e tecnologia. Ho mostrato, infatti, come un certo coinvolgimento emotivo sia funzionale e persino fondamentale. Si è visto che persino gli studenti carenti di competenze critiche ma entusiasti di studiare la scienza e con un interesse generico moderato verso di essa, possono comunque avere fiducia in essa e quindi sfuggire ad alcuni meccanismi alla base di complottismo e di una certa forma mentis che definirei come populismo nei confronti della scienza e degli scienziati. Uno dei minimi comun denominatori, nel mio campione, è stato infatti il ruolo di raccordo che la fiducia nelle istituzioni comporta tra le competenze critiche e la fiducia nella scienza. Ciò è particolarmente evidente negli Istituti Tecnici e Professionali. È inoltre urgente un intervento di dibattito pubblico volto a dare indicazioni proficue per la realizzazione e l’implementazione di nuovi programmi scientifici per le scuole superiori. Infatti, recenti studi hanno mostrato come, mentre elementari e medie sono caratterizzate da un buon livello di formazione e trasmissione di competenze sia linguistiche che matematiche, per quanto riguarda le scuole superiori il nostro paese verte in una situazione più difficile¹²⁷.

Per far ciò il coinvolgimento del pubblico può funzionare solo nella misura in cui vengano promossi progetti partecipati di valutazione ex-ante, in itinere, ex-post e di impatto che siano specifici per l’obiettivo che sto qui andando a delineare. A riguardo, l’intervento e il parere di pedagogisti, sociologi, esperti in campo giuridico, economico e politologico appare quanto mai utile, se non fondamentale. Ritengo inoltre importante che si guardi alle elaborazioni teoriche e concettuali dei

¹²⁷ Lo studio internazionale OCSE-PISA, che misura le competenze degli studenti di 15 anni in lettura, matematica e scienze, ha messo in luce che gli studenti italiani si collocano al 27° posto in lettura, al 29° posto in matematica e al 28° posto in scienze.

grandi autori classici delle scienze umane e sociali se si vogliono gettare solide fondamenta per l'implementazione di interventi volti a una nuova e più profonda visione della scienza. Visione che questo lavoro ha cercato di analizzare a livello sia teorico che empirico e che può permettere, attraverso gli interventi di cui sopra, di implementare processi in grado di indurre negli studenti lo sviluppo di una coscienza critica nei confronti del sapere scientifico, nonché di fare un passo in avanti verso l'acquisizione della literacy scientifica, divenuta così importante per il futuro dei cittadini, come sottolineato a più riprese nel primo capitolo.

Ulteriori sviluppi del lavoro di ricerca potrebbero prevedere alcuni approfondimenti qualitativi. Ad esempio, potrebbe essere proficuo realizzare ricerche tramite focus group con studenti delle varie scuole e interviste semi-strutturate a esperti e a docenti per approfondire le dinamiche legate ai meccanismi psicosociali che si attivano nei diversi tipi e indirizzi scolastici, con particolare riferimento agli Istituti Tecnici, e nei diversi contesti socioculturali e urbani. In questo contesto, è essenziale tenere in considerazione fattori sociologici cruciali, come il capitale culturale, economico e sociale degli studenti.

Inoltre, è importante considerare le diverse prospettive di valutazione dei risultati, seguendo approcci alla valutazione basati sulla teoria, come quello realista di Pawson e Tilley¹²⁸ (in Stame, 2007) e più in generale dei contributi della teoria dell'azione di matrice Weberiana e delle sue evoluzioni proprie della cosiddetta sociologia analitica (Hedstrom, 2005, tr. It., 2006). Ciò anche per approfondire gli aspetti cognitivi e psicosociali e i relativi meccanismi mentali degli studenti.

È poi fondamentale ricordare che lo studio delle istituzioni scolastiche richiede l'incorporazione sia dell'approccio struttural-funzionalista di matrice parsonsiana sia di quello del conflitto di matrice marxiana, come mostrato nel secondo capitolo.

Tornando agli studi sulla teoria dell'azione e ai recenti intrecci sempre più proficui con la psicologia sociale e con quella cognitiva, è, secondo me, rilevante analizzare i potenziali bias cognitivi e fallacie logiche in cui tutti gli stakeholder potenzialmente coinvolti nel processo di riforma democratica e critica dell'insegnamento scientifico potrebbero incappare. Bias e fallacie logiche¹²⁹ individuabili anche per mezzo degli studi di approfondimento di cui parlavo poc'anzi, nonché grazie a nuove survey che considerino i fenomeni sociali e i processi cognitivi che le scienze sociali ancora non hanno del tutto messo a fuoco in relazione alle rappresentazioni della scienza.

Sarebbe inoltre proficuo, sebbene complesso, seguire coorti di studenti nel loro percorso di scuole superiori e nel periodo universitario o nei primi anni lavorativi, sia col fine di valutare la qualità dell'insegnamento e del suo effetto sulle scelte del rendimento universitario sia per valutare l'effettivo incremento del capitale scientifico che ne può derivare. A titolo esemplificativo, è importante evidenziare che questo tipo di studi potrebbe portare a risultati significativi, tra cui una maggiore comprensione della relazione tra natura, cultura e tecnologia. Come già discusso in dettaglio nei capitoli precedenti, la scienza è intrinsecamente legata al contesto socioculturale, sebbene presenti caratteristiche distintive. A titolo di esempio, una comprensione approfondita di questa dinamica potrebbe aiutare alcune categorie di pazienti a percepire l'assunzione di farmaci – inclusi i tradizionali

¹²⁸ Meccanismo + Contesto = Esito

¹²⁹ Nei primi due capitoli faccio alcuni esempi a riguardo.

prodotti allopatrici – come parte integrante del percorso di cura, promuovendo una visione meno avversa all'intervento medico. Inoltre, potrebbe facilitare i medici nell'implementazione di terapie complementari e alternative, quando appropriate, al fine di migliorare l'esito terapeutico e ottimizzare la relazione costi-benefici¹³⁰.

Per quanto riguarda il genere, la questione delle differenze nelle carriere scientifiche di ragazzi e ragazze è emersa nel capitolo 4° e in particolare nell'ultimo paragrafo. Le donne sono ancora sottorappresentate nei settori STEM (scienza, tecnologia, ingegneria e matematica), sia nella formazione che nella carriera. Ritengo verosimile che il passaggio da STEM a STEAM – cioè l'inserimento dell'arte e delle materie artistiche nei curricula scientifici¹³¹ – potrebbe aiutare a colmare questo gap coinvolgendo maggiormente le ragazze grazie alla presa di coscienza generale dell'importanza che creatività e arte hanno nei processi conoscitivi anche di matrice scientifica e di come scienza, arte e in genere materie umanistiche abbiano storicamente collaborato ai fini dello sviluppo della conoscenza e delle scoperte scientifiche (uno degli esempi più eclatanti è quello di Leonardo da Vinci).

In conclusione, ho mostrato la crucialità di rivedere l'approccio all'insegnamento della scienza nelle scuole superiori italiane, sottolineando la necessità di una formazione che promuova una mentalità critica e riflessiva. È emersa la centralità del coinvolgimento partecipato nella definizione dei percorsi formativi, riconoscendo la scienza non solo come un insieme di conoscenze, ma come un prodotto culturale e sociale. La possibile complementarità degli approcci maggiormente teorici tipici dei Licei con quegli più pratici propri degli Istituti Tecnici e Professionali, nonché la questione della parità di genere che ho associato con la proposta (non mia ma che ho accolto nella mia argomentazione¹³²) di integrare discipline artistiche nei percorsi STEM, sottolineano ulteriormente come l'educazione scientifica possa e debba evolversi, mettendo al centro l'individuo e la società in cui vive. Individuo, inteso qui sia come studente che come cittadino, che potrebbe così sviluppare una coscienza critica e creativa e una partecipazione attiva ai processi di costruzione socioculturale della conoscenza scientifica.

¹³⁰ Basti pensare all'intervento sugli stili di vita.

¹³¹ Si veda il secondo capitolo.

¹³² Tramite il processo di analisi della letteratura che ha caratterizzato i primi due capitoli.

Bibliografia

- Agazzi E. 2016, *L'educazione scientifica: non solo nozioni e abilità, ma apertura critica alla realtà*, in "Emmeciquadro", 60;
- Agnoli M.S., 1997, *Concetti e pratica nella ricerca sociale*, Franco Angeli, Milano;
- Agnoli M.S., 2004, *Il disegno della ricerca sociale*, Carocci, Roma;
- Apple M., Apple M. W., 2019, *Ideology and Curriculum*, Routledge, New York;
- Banzato M., 2013, "Literacy e complessità", in *TD Tecnologie Didattiche*, 21 (1), pp. 4-13;
- Barrotta P., 2016, *Scienza e democrazia. Verità, fatti e valori in una prospettiva pragmatista*, Carocci, Roma;
- Bezzi C., 2015, *Domanda e ti sarà risposto. Costruire e gestire il questionario nella ricerca sociale*, Franco Angeli, Milano;
- Bezzi C., 2021, *Manuale di ricerca valutativa*, Franco Angeli, Milano;
- Bianchi L., Liani S., 2017, "Fidarsi della fiducia"? Uno studio sull'intensione del concetto", in *Quaderni di Sociologia*, 74 | 2017, Rosenberg e Sellier;
- Bloor D., 1976, *Knowledge and Social Imagery*, trad. it. 1994, *La dimensione sociale della conoscenza*, Raffaello Cortina Editore, Milano;
- Bourdieu P., 2001, *Science de la science et réflexivité*, Éditions Raisons d'agir, trad.it, 2003, *Il mestiere dello scienziato*, Feltrinelli, Milano;
- Brint S., 2006, *Schools and societies*, Standford University Press, tr. it a cura di Gasperoni G., 2007, *Scuola e società*, il Mulino, Bologna;
- Bruschi A., 1999, *Metodologia delle scienze sociali*, Bruno Mondadori, Milano;
- Bucchi M., 2002, *La scienza e il pubblico: la comunicazione scientifica nella società contemporanea*, Laterza, Roma;
- Bucchi M., 2004, "Sociologia della scienza", in *NUOVA INFORMAZIONE BIBLIOGRAFICA*, ANNO I, N. 3/ Luglio-Settembre 2004;
- Bucchi M., 2006, *Scegliere il mondo che vogliamo. Cittadini, politica tecnoscienza*, il Mulino, Bologna;
- Bucchi M., 2010, *Scienza e società. Introduzione alla sociologia della scienza*, Raffaello Cortina Editore, Milano;
- Campelli E., 2020, *La metodologia delle scienze sociali. Storia di un problema*, Carocci, Roma;

- Capone, M., & Giuliani, M., 2017, “La scienza e la religione in Italia: un’analisi sulle relazioni di copresenza nelle enciclopedie online”, in *Rassegna Italiana di Sociologia*, 58(3), 499-524;
- Casamonti M., 1999, “Kuhn, Polanyi e Wittgenstein sul significato: esemplari, conoscenza tacita e giochi linguistici”, in *Rivista di Storia della Filosofia*, Vol. 54, No. 2 (1999), pp. 283-308, Franco Angeli, Milano;
- Cassella M., 2022, *Citizen science, open science e terza missione: una relazione che emerge*, Biblioteche oggi, Vol.40, n°1, Università degli Studi di Torino, Biblioteca Norberto Bobbio;
- Castells M., 1996, *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture*, Vol. I. Cambridge, MA; Oxford, UK. Blackwell, trad.it. 2014, *La nascita della società in rete*, Università Bocconi Editore, Milano;
- Cerroni A., Zenia S., 2014, *Sociologia della scienza. Capire la scienza per capire la società contemporanea*, Carocci, Roma;
- Coleman J.S., 1990, *The Foundations of Social Theory*. Cambridge, MA: Belknap of Harvard University Press, trad.it. 2005, *Fondamenti di teoria sociale*, il Mulino, Bologna;
- Cooper Caren B., Lewenstein Bruce V., 2016, *Two meanings of citizen science*, Arizona State University Press;
- Corazza L., Macauda A., Russo V., 2023, “Scientific teaching for a quality school. L’insegnamento scientifico per una scuola di qualità”, in *QTimes, Journal of Education, Technology and Social Studies* – webmagazine Anno XV – vol. 1_n. 1, a www.qtimes.it;
- Corbetta P., 2014, *Metodologia e tecniche della ricerca sociale*, il Mulino, Bologna;
- Crotti M., 2017, *La riflessività nella formazione alla professione docente*, in EDETANIA 52 [Dicembre 2017], 85-106, ISSN: 0214-8560;
- d’Andrea e Declick, 2005, “La natura sociologica della comunicazione della scienza”, in *Journal of science communication*, june 2005;
- de Lillo A., Arosio L., Sarti S., Terraneo M., Zoboli S., 2011, *Metodi e tecniche della ricerca sociale. Manuale d’uso per l’indagine quantitativa*, Pearson Italia, Milano-Torino;
- Deuze M., 2012, *Media Work*, Polity Press, Cambridge (UK), trad. It. a cura di Cassetti F., Zecca F., *Lavorare nei media. Industria, professionalità e cultura digitale*, 2014, editore Vita e Pensiero, Milano;
- Dewey J., 1933, *How we think*, in “John Dewey the later works” (vol.8), versione consultata Dewey J., *Come pensiamo*, trad.it. 2019, Raffaello Cortina Editore, Milano;
- Di Franco G., 2020, *Introduzione alla sociologia empirica. Metodo e tecniche della ricerca sociale*, FrancoAngeli, Milano;

- Dorato M., 2019, *Disinformazione scientifica e democrazia. La competenza dell'esperto e l'autonomia del cittadino*, Raffaello Cortina Editore, Milano;
- European Commission, 2020, JOINT COMMUNICATION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. *Tackling COVID-19 disinformation - Getting the facts right*, Brussels, 10.6.2020 JOIN (2020) 8 final;
- Fonda G.V., 2016, *Le mappe dei concetti nella ricerca sociale*, Franco Angeli, Milano;
- Fukuyama F., 1995, *Trust. The social virtues and the creation of prosperity*, Free Press Paperbacks, New York, trad.it. *Fiducia. Come le virtù sociali contribuiscono alla creazione della prosperità*, Rizzoli, Milano;
- Gagliasso E., Memoli R., Pontecorvo M.E., a cura di, 2011, *Scienza e scienziati: colloqui interdisciplinari*, Franco Angeli, Milano;
- Gallino L. (diretto da), Borgna P., a cura di, 2008, *Manuale di sociologia*, UTET, Torino;
- Gili, G. 2005, *La credibilità. Quando e perché la comunicazione ha successo*, Carocci, Roma;
- Giuliano L., 2003, *La Logica della Scoperta nelle Scienze Sociali*, Led, Milano;
- Gobo G., Marcheselli V., 2021, *Sociologia della scienza e della tecnologia. Un'introduzione*, Carocci, Roma;
- Hedstrom P., *Dissecting the Social. On The Principles of Analytical Sociology* (2005), trad.it., *Anatomia del sociale – Sui principi della sociologia analitica*, Bruno Mondadori, Milano, 2006;
- Hendriks F., Kienhues D., Bromme R., 2016, *Trust in science and the science of Trust*, Springer;
- Iacona A., 2010, *L'argomentazione*, Einaudi, Torino;
- INVALSI, 2007, "Valutare le competenze in Scienze, Lettura e Matematica", in *Quadro di riferimento di PISA 2006*, Armando, Roma;
- Knight D., 2006, *Public Understanding of Science. A history of communicating scientific ideas*, Routledge, New York;
- Lazer David M. J., Baum Matthew A., Benkler Yochai, Berinsky Adam J., Greenhill Kelly M., Menczer Filippo, Metzger Miriam J., Nyhan Brendan, Pennycook Gordon, Rothschild David, Schudson Michael, Sloman Steven A., Sunstein Cass R., Thorson Emily A., Watts Duncan J., Zittrain Jonathan L., 2018, "The science of fake news", in *Science*, 09 Mar 2018: Vol. 359, Issue 6380, pp. 1094-1096 DOI: 10.1126/science.aao2998;
- Latzinger M., 2007, "Il movimento scienza e società e il progetto MUSE", in *Journal of Science Communication*, SISSA – International School for Advanced Studies;

- Liani S., Martire F., 2017, *Pretest. Un approccio cognitivo*, Franco Angeli, Milano;
- Lombardo C., 1994, *La congiunzione inespressa. I criteri di selezione degli indicatori nella ricerca sociale*, Franco Angeli, Milano;
- Lombardo C., 2019, “Teorie, modelli di senso comune e modelli dell’attore sociale nell’istituzione del rapporto di indicazione”, in Fasanella A., Lombardo C., *Una tensione inessenziale. Storiografia, concettualizzazione, generalizzazione*, Franco Angeli, Milano;
- Lombardo C., Nobile S., a cura di, 2023, *Tutti i clacson della mattina. Sociologia del populismo cognitivo*, FrancoAngeli Open Access;
- Luhmann N., 1989, “Familiarità, confidare e fiducia: problemi e alternative”, in Gambetta D., a cura di, *Le strategie della fiducia. Indagini sulla razionalità della cooperazione*, Giulio Einaudi Editore, Torino;
- Luzi M., D’Amore M., 2019, *Scienza e società: sinergie e criticità nell’era digitale*, in «Cambio. Rivista sulle trasformazioni sociali», Vol. 9, n.188: 9-18. doi: 10.13128/cambio-7466;
- Maeda, J., 2013, *STEM to STEAM: Art in K-12 is key to building a strong economy*, Edutopia;
- Magauda P., Neresini F., 2020, *Gli studi sociali sulla scienza e la tecnologia*, il Mulino, Bologna;
- Maltoni, S., 2019, “Il dibattito sulle origini dell’universo e della vita: scienza, religione e opinione pubblica in Italia”, in *Quaderni di Scienza & Politica*, 4(2), 49-69;
- Marradi A., 2007, a cura di Pitrone e Pavsic, *Metodologia delle scienze sociali*, il Mulino, Bologna;
- Marradi A., 2019. *Tutti redigono questionari. Ma è davvero così facile?* Franco Angeli, Milano;
- Mazzara B. M., 2007, *Prospettive di psicologia culturale. Modelli teorici e contesti d’azione*, Carocci, Roma;
- McLeish T., 2019, *The Poetry and Music of Science*, Oxford University Press;
- Merton R.K., 1949, *Social theory and social structure*, ed. ampl. 1968; trad. it. 1959, versione consultata, 2000 vol.3°: *Sociologia della conoscenza e sociologia della scienza*, il Mulino, Bologna;
- Müller, H., 2020, Max Weber. Eine Spurensuche, Suhrkamp Verlag Berlin, trad. It. a cura di Cavalli A., Camozzi I., Palma M., 2022, *Sulle tracce di Max Weber*, Bocconi University Press, Egea, Milano;
- Mutti A., 1998, *Capitale sociale e sviluppo. La fiducia come risorsa*, il Mulino, Bologna;
- Nobile S., 2014, “Fiducia e partecipazione sociale dei Neet”, in Agnoli, a cura di, *Generazioni sospese. Percorsi di ricerca sui giovani Neet*, Franco Angeli, Milano;
- Observe science in society, 2020, *Annuario scienza, tecnologia e società. Con un approfondimento sul rapporto tra cittadini e ambiente*, il Mulino, Bologna;

- Observe science in society, 2021, *Annuario Scienza Tecnologia e Società 2021. Con un approfondimento sulla pandemia in Italia e nel mondo*, il Mulino, Bologna;
- Observe science in society, 2022, *Annuario scienza, tecnologia e società. Con un approfondimento sul rapporto tra cittadini e salute*, il Mulino, Bologna;
- Oreskes N., 2019, *Why Trust Science?* Princeton University Press, Princeton NJ, trad.it, 2021, *Perché fidarsi della scienza?* Bollati Boringhieri, Torino;
- Outhwaite W., Bottomore T., Gellner E., Nisbet R., Touraine A., a cura di, 1997, *Dizionario delle scienze sociali*, edizione italiana a cura di Paolo Jedlowski, il Saggiatore, Milano;
- Ozzano, L., & Mantegazza, R., 2018, “Scienza e religione in Italia: quale rapporto? Un’analisi dei dati del barometro Cattolica 2018”, in *Sociologia e ricerca sociale*, 118, 55-71;
- Pavsic R., Pitrone M.C., 2003, *Come conoscere opinioni e atteggiamenti*, Bonanno Editore, Acireale – Roma;
- Pendenza M., 1999, “Fiducia e cooperazione. Elementi di riflessione per una teoria del mutamento sociale”, in *Sociologia* n°1;
- Peters H. P., 2015, *Science Dilemmas: between public trust and social relevance*, <http://www.euroscientist.com>;
- Pitrone M.C., 2009, *Sondaggi e interviste. Lo studio dell’opinione pubblica nella ricerca sociale*, Franco Angeli, Milano;
- Pitrone M.C., Liani S., Palmieri M., 2018, *La difficoltà di studiare atteggiamenti e valori nella ricerca standard*, Franco Angeli, Milano;
- Putnam R., Leonardi R., Nanetti R., 1993, *Making Democracy Work*, Princeton University Press, trad. it “La tradizione civica nelle regioni italiane” (1993), Mondadori, Milano;
- Quaranta, M., & Testa, M. R., 2017, “Religiosità e scienza in Italia: i dati dell’ISSP 2013”, in *Rassegna Italiana di Sociologia*, 58(3), 473-498.
- Quigley, C., & Herro, D., 2016, “*Finding the joy in the unknown*”: *Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms*, in “*Journal of Science Education and Technology*”, 25(3), 410-426.
- Rand D., Sirlin N., *Digital literacy is associated with more discerning accuracy judgments but not sharing intentions*, in “*Harvard Kennedy School Misinformation Review*”, dicembre 2021;
- Rubin A., 2020, “Fiducia, reputazione sociale e visibilità degli esperti. Il caso studio della Notte dei Ricercatori”, in *Quaderni di Sociologia*, 82-LXIV | 2020;
- Scamuzzi S., De Bortoli A, (a cura di), 2012, *Come cambia la comunicazione della scienza. Nuovi media e terza missione dell’università*, Centro Interuniversitario Agorà Scienza, il Mulino, Bologna;

Shu K., Sliva A, Wang S., Tang J., Liu H., 2017, “Fake News Detection on Social Media: A Data Mining Perspective”, in *SIGKDD Special Interest Group on Knowledge Discovery in Data*, Volume 19, Issue 1, June 2017;

Simmel G., 1900, *Philosophie des Geldes*, Leipzig: Duncker & Humblot, trad. it. a cura di Alessandro Cavalli e Lucio Perucchi, 2013, *Filosofia del denaro*, Utet, Novara;

Simmel G., 1908, *Soziologie. Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung*, Leipzig, tr. it.: 1989, *Sociologia*, Edizioni di Comunità, Milano;

Stame N., a cura di, 2007, *Classici della valutazione*, Franco Angeli, Milano;

Stame N., 2016, *Valutazione pluralista*, Franco Angeli, Milano;

Sousa, D. A., & Pilecki, T., 2013, *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*, Corwin Press;

Statera G., 1995, *Logica dell'indagine scientifico-sociale*, Franco Angeli, Milano;

Tessaro F., 2021, “Il valore dei processi nella formazione degli insegnanti”, in *Principio di responsabilità e ricerca pedagogica*, Armando, Roma;

Triglia C., 1999, “Capitale sociale e sviluppo locale”, in *Stato e mercato* / n° 57;

Sitografia

<https://www.agenda17.it/2022/05/04/la-fiducia-nella-scienza-e-negli-scientiati-e-aumentata-durante-la-pandemia/>

<https://www.biopills.net/citizen-science/>

<https://www.comunicicitta.it/scuole-secondarie-di-secondo-grado/comune-di-roma-58091;>

https://www.corriere.it/opinioni/20_maggio_05/a-digiuno-scienza-a1b7856c-8f02-11ea-8162-438cc7478e3a.shtml

<https://dati.istruzione.it/opendata/opendata/catalogo/elements1/?area=Studenti;>

[https://disf.org/;](https://disf.org/)

<https://disf.org/sul-mio-scaffale/9780190650629;>

http://www.edscuola.it/archivio/compensivi/quali_condizioni.htm;

<https://eu-citizen.science/resource/88>

<http://www.euroscientist.com;>

<https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/science-capital-una-leva-per-linclusione-sociale;>

https://www.istruzione.it/piano_docenti/allegati/44-47.pdf;

[https://www.metodologiedidattiche.it/2017/12/09/ibse/;](https://www.metodologiedidattiche.it/2017/12/09/ibse/)

<https://www.miur.gov.it/documents/20182/2512903/Principali+dati+della+scuola+avvio+anno+scolastico+2020-2021.pdf/a317b7bb-0acc-d8ea-a739-1d58b07d5727?version=1.0&t=1601039493765;>

<https://www.miur.gov.it/scuola-secondaria-di-secondo-grado;>

<https://miur.gov.it/usr;>

<https://www.miur.gov.it/web/guest/libri-di-testo;>

<https://www.muse.it;>

<https://www.museoscienza.org/it;>

<https://newlearningonline.com/new-learning/>

https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_ITA_IT.pdf

<https://open-science.it/>

<https://www.pattoperlascienza.it;>

https://www.pharmabusiness.it/aziende/eventi_ed_approfondimenti/giovani_e_pandemia_fiducia_in_istituzioni_e_scienza_ma_comunicazione_confusa-927

[https://www.pensierocritico.eu/;](https://www.pensierocritico.eu/)

<https://www.pensierocritico.eu/cos-e-il-pensiero-critico.html>;

www.qtimes.it

<http://www.quotidianosanita.it;>

<https://romatypress.uniroma3.it/wp-content/uploads/2019/05/Democracy-and-Education-di-John-Dewey.-Il-senso-e-le-possibilit%C3%A0-della-democrazia.pdf>

<https://www.scientix.eu/>

[https://www.treccani.it/enciclopedia/fiducia_%28Enciclopedia-delle-scienze-sociali%29/;](https://www.treccani.it/enciclopedia/fiducia_%28Enciclopedia-delle-scienze-sociali%29/)

https://it.wikipedia.org/wiki/Citt%C3%A0_della_scienza

Allegato: il questionario

Questionario sul rapporto degli studenti delle scuole superiori con la scienza

Gentile studente, con il suo consenso le faremo alcune domande sulla sua esperienza a scuola con le materie scientifiche e sulle sue opinioni sulla scienza. Non ci sono risposte giuste o sbagliate: ciò che conta è la sua opinione. L'intervista dura circa 15 minuti. Rispondendo alla prima domanda del questionario, esprime il suo consenso alla raccolta dei dati in forma anonima e al loro trattamento in forma aggregata per il solo scopo didattico e di ricerca. La informiamo che, in conformità alla normativa vigente in materia di riservatezza dei dati statistici e privacy (GDPR - 2016/679), il gruppo di ricerca manterrà la riservatezza e l'anonimato dei suoi dati. La partecipazione a questo studio è completamente volontaria. Tenga presente che se decide di partecipare, lei può interrompere l'intervista in qualsiasi momento o può decidere di non rispondere a qualche domanda specifica. Fornendo il suo consenso, dichiara di aver compreso le modalità di svolgimento dello studio, di avere più di 18 anni e di accettare i termini sopra descritti. Grazie per la partecipazione!

SEZIONE 0: DOMANDE DA COMPILARE A CURA DELL'INTERVISTATORE

1. **Cognome dell'intervistatore:** _____
2. **Gruppo dell'intervistatore (Da 1 A 12)** _____
3. **Sesso biologico dell'intervistato/a:**
 M
 F
4. **Tipo di scuola frequentata dall'intervistato/a:**
 Liceo Scientifico
 Altri Licei (es. Classico, Linguistico, Artistico, Scienze Umane, etc.)
 Non Licei (es. Istituto Tecnico, Professionale, Informatico, Moda, etc.)

SEZIONE 1: STUDIO

5. **Indica quali delle seguenti attività scientifiche scolastiche ti piacerebbe fare di più:**

1. Fare attività di laboratorio a scuola	Sì / No
2. Visitare laboratori scientifici	Sì / No
3. Visitare musei della scienza	Sì / No
4. Partecipare a festival della scienza	Sì / No
5. Visitare laboratori astronomici e/o planetari	Sì / No
6. Partecipare a dibattiti con esperti	Sì / No
7. Partecipare a progetti interdisciplinari	Sì / No
6. **Indica quali tra i seguenti argomenti sono stati finora trattati a scuola:**

1. La nascita della scienza moderna a partire dagli studi di Galilei	Sì / No
2. Le caratteristiche del metodo scientifico	Sì / No
3. L'influenza della scienza sul progresso dell'umanità	Sì / No
4. I conflitti tra scienza e religione	Sì / No
5. I rischi che possono derivare dalle applicazioni tecnologiche	Sì / No
6. Il fenomeno delle <i>fakenews</i> su scoperte scientifiche o applicazioni tecnologiche	Sì / No

7. L'insegnamento scientifico impartito nella tua classe è basato su:

	<i>Per niente</i>	<i>Poco</i>	<i>Abbastanza</i>	<i>Molto</i>	<i>Non so</i>
1. L'analisi di problemi di attualità					
2. Il dibattito e la discussione in classe					
3. La formulazione di nuove idee e ipotesi					
4. Lo studio a memoria delle nozioni					
5. La riflessione e la discussione su problemi che coinvolgono più materie (interdisciplinarietà)					

8. Indica, su una scala da 1 a 10, quanto ritieni importante l'immaginazione e la creatività per la scienza:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

9. Riguardo al dibattito sui temi scientifici, ritieni che sia:

- Meno importante dello studio delle singole materie
- Altrettanto importante dello studio delle singole materie
- Più importante dello studio delle singole materie
- Non saprei

10. Vorresti fare l'università?

- Sì
- No
- Non so

11. Se sì, perché? (leggere le risposte e indicare 2 scelte in ordine di importanza da riportare nelle due colonne)

A) 1° scelta in ordine di importanza	B) 2° scelta in ordine di importanza
<input type="checkbox"/> Per una crescita personale	<input type="checkbox"/> Per una crescita personale
<input type="checkbox"/> Per avere maggiori sbocchi lavorativi	<input type="checkbox"/> Per avere maggiori sbocchi lavorativi
<input type="checkbox"/> Per seguire i miei interessi di studio	<input type="checkbox"/> Per seguire i miei interessi di studio
<input type="checkbox"/> Per le aspettative dei miei genitori/famigliari	<input type="checkbox"/> Per le aspettative dei miei genitori/famigliari
<input type="checkbox"/> Per migliorare la mia condizione sociale	<input type="checkbox"/> Per migliorare la mia condizione sociale
<input type="checkbox"/> Altro (specificare) _____	<input type="checkbox"/> Altro (specificare) _____

12. Quale tipo di studi vorresti intraprendere all'università?

- Area umanistico/artistica
- Area psicologico/pedagogica
- Area scienze sociali ed economiche
- Area STEM (scienza, tecnologia, ingegneria e matematica)
- Area medico/sanitaria (medicina, infermeria, odontoiatria, fisioterapia, ecc.)
- Area scienze e tecniche dello sport
- Altro (specificare) _____

SEZIONE 2: SODDISFAZIONE SCOLASTICA

13. Valuta il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni:

	<i>Per niente d'accordo</i>	<i>Poco d'accordo</i>	<i>Abbastanza d'accordo</i>	<i>Molto d'accordo</i>	<i>Non so / Non pertinente</i>
6. Sono contento del tipo di scuola che ho scelto					
7. Ritengo che la mia scuola fornisca un'adeguata preparazione sulle materie scientifiche					
8. Ho un buon rapporto coi docenti					
9. Ho un buon rapporto coi compagni					
10. Trovo gratificante lavorare in gruppo					
11. Le attività laboratoriali che faccio a scuola mi piacciono					

14. In base alla tua esperienza, lo studio delle materie scientifiche è (porre una crocetta sul trattino più vicino al pensiero dell'intervistato/a – 7 trattini):

1. Sgradevole -- -- -- -- -- -- -- Gradevole
2. Indesiderabile -- -- -- -- -- -- -- Desiderabile
3. Superficiale -- -- -- -- -- -- -- Approfondito
4. Inutile -- -- -- -- -- -- -- Utile
5. Monotono -- -- -- -- -- -- -- Stimolante
6. Noioso -- -- -- -- -- -- -- Divertente

SEZIONE 3: PARTECIPAZIONE, COINVOLGIMENTO E COMUNICAZIONE

15. In relazione alle materie scientifiche scolastiche, indica con quale frequenza:

	<i>Mai</i>	<i>Raramente</i>	<i>Qualche volta</i>	<i>Spesso</i>	<i>Non so</i>
1. I docenti ci permettono di esprimere le nostre idee liberamente					
2. I docenti organizzano lavori di gruppo					
3. I docenti organizzano incontri con esperti					
4. La scuola promuove la partecipazione a Festival della Scienza o eventi simili					
5. Si organizzano progetti extra-curricolari					
6. Si fanno attività di laboratorio					
7. Si organizzano visite di tipo scientifico (es. musei, planetari, laboratori)					

16. Ti capita di esprimere dubbi sui temi trattati in classe durante le ore relative alle materie scientifiche?

- Mai
- Qualche volta
- Abbastanza spesso
- Tutti i giorni o quasi

17. Con quale frequenza ti informi su questioni di attualità?

- Mai
- Qualche volta
- Abbastanza spesso
- Tutti i giorni o quasi

18. Con quale frequenza ti informi su questioni scientifiche?

- Mai
- Qualche volta
- Abbastanza spesso
- Tutti i giorni o quasi

19. Ti interessi di politica?

- Per niente
- Poco
- Abbastanza
- Molto

SEZIONE 4: OPINIONI SULLE ISTITUZIONI

20. Valuta il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni:

	<i>Per niente d'accordo</i>	<i>Poco d'accordo</i>	<i>Abbastanza d'accordo</i>	<i>Molto d'accordo</i>	<i>Non so</i>
1. La scuola è un punto di riferimento per i giovani					
2. Lo sport insegna a collaborare					
3. Il rispetto della Legge è alla base del vivere civile					
4. Lo Stato dovrebbe investire più risorse nella scuola					
5. Il ruolo della politica nell'affrontare problemi ecologici è fondamentale					
6. Lo Stato dovrebbe investire più risorse nella ricerca scientifica					
7. Il ruolo della politica nell'affrontare problemi sanitari è fondamentale					
8. La religione ostacola il pensiero scientifico					

SEZIONE 5: SCIENZA E TECNOLOGIA

21. Valuta il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni:

	<i>Per niente d'accordo</i>	<i>Poco d'accordo</i>	<i>Abbastanza d'accordo</i>	<i>Molto d'accordo</i>	<i>Non so</i>
1. Penso che alla base del metodo scientifico vi sia la matematica					
2. La scienza contribuisce al benessere dell'umanità					
3. Le materie scientifiche sono più importanti di quelle umanistiche					
4. Penso che la filosofia sia utile anche per lo studio delle scienze					
5. Nella scienza non c'è spazio per le opinioni					
6. La scienza è un'attività solitaria					

7. Bisogna che qualcuno controlli l'operato della scienza					
---	--	--	--	--	--

22. È necessario limitare quelle applicazioni tecnologiche che comportano dei rischi:

- Sì
 No
 Non so

23. Se sì, scegli le due applicazioni tecnologiche più rischiose, secondo la tua opinione:

A) 1° SCELTA IN ORDINE DI IMPORTANZA	B) 2° SCELTA IN ORDINE DI IMPORTANZA
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'ambiente	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'ambiente
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'educazione	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'educazione
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'ordine sociale	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'ordine sociale
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per la salute fisica	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per la salute fisica
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per la salute mentale	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per la salute mentale
<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'economia	<input type="checkbox"/> Quelle che comportano rischi per l'economia

24. Valuta il tuo grado di accordo con le seguenti affermazioni sul ruolo della scienza e degli scienziati:

	<i>Per niente d'accordo</i>	<i>Poco d'accordo</i>	<i>Abbastanza d'accordo</i>	<i>Molto d'accordo</i>	<i>Non so</i>
1. Gli scienziati sanno comunicare con i cittadini					
2. La scienza è stata fondamentale per affrontare la pandemia					
3. La scienza sarà in grado di risolvere i problemi dell'ambiente					
4. Il ruolo della scienza nell'affrontare le necessità dei paesi in via di sviluppo sarà sempre più importante					

25. Pensi che la scienza sia il modo migliore per trovare soluzioni ai problemi dell'umanità?

- Sì
 No
 Non so

26. Se sì, perché? (scegli in ordine di importanza la prima e la seconda, secondo la tua opinione)

A) 1° scelta in ordine di importanza	B) 2° scelta di importanza
<input type="checkbox"/> È indipendente dalle opinioni delle singole persone	<input type="checkbox"/> È indipendente dalle opinioni delle singole persone
<input type="checkbox"/> È aperta al dibattito	<input type="checkbox"/> È aperta al dibattito
<input type="checkbox"/> È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali	<input type="checkbox"/> È una forma di conoscenza che va oltre le differenze culturali e nazionali
<input type="checkbox"/> Si basa sull'osservazione della realtà	<input type="checkbox"/> Si basa sull'osservazione della realtà
<input type="checkbox"/> Permette il progresso tecnologico	<input type="checkbox"/> Permette il progresso tecnologico

27. Scegli, in ordine di importanza, le due questioni che la scienza dovrebbe affrontare ad oggi secondo la tua opinione:

A) 1° scelta in ordine di importanza	B) 2° scelta di importanza
--------------------------------------	----------------------------

<input type="checkbox"/> Il surriscaldamento globale (con il conseguente bisogno di nuove fonti “pulite” di energia)	<input type="checkbox"/> Il surriscaldamento globale (con il conseguente bisogno di nuove fonti “pulite” di energia)
<input type="checkbox"/> Il Covid-19	<input type="checkbox"/> Il Covid-19
<input type="checkbox"/> La mancanza di cibo nelle zone più povere del mondo	<input type="checkbox"/> La mancanza di cibo nelle zone più povere del mondo
<input type="checkbox"/> L’aumento di patologie di natura psicologica	<input type="checkbox"/> L’aumento di patologie di natura psicologica
<input type="checkbox"/> L’invecchiamento della popolazione con il conseguente aumento delle malattie tipiche della terza età	<input type="checkbox"/> L’invecchiamento della popolazione con il conseguente aumento delle malattie tipiche della terza età
<input type="checkbox"/> La necessità di potenziare le tecnologie informatiche riducendo il fenomeno del <i>digital divide</i> (la scarsa offerta di connessione, o persino il mancato raggiungimento della rete internet, che si verifica in alcune zone, generalmente le più povere e/o isolate).	<input type="checkbox"/> La necessità di potenziare le tecnologie informatiche riducendo il fenomeno del <i>digital divide</i> (la scarsa offerta di connessione, o persino il mancato raggiungimento della rete internet, che si verifica in alcune zone, generalmente le più povere e/o isolate).
<input type="checkbox"/> Altro (specificare)_____	<input type="checkbox"/> Altro (specificare)_____

SEZIONE 6: INFORMAZIONI SOCIO-ANAGRAFICHE

28. Classe della scuola superiore frequentata:

- V anno
- IV anno

29. Scuola superiore frequentata:

- Liceo scientifico
- Liceo classico
- Liceo linguistico
- Liceo scienze umane
- Liceo economico-sociale
- Liceo artistico
- Istituto tecnico
- Istituto professionale
- Altro (specificare _____)

30. Indirizzo della scuola superiore frequentata:

- Tradizionale
- Cambridge o potenziamento di lingua
- Potenziamento matematico o scientifico
- Altro indirizzo (specificare _____)

31. Comune della scuola frequentata (es. Frascati) _____

32. Sigla della Provincia della scuola frequentata (es. RM) [][]

29. Titolo di studio di tua madre

- Licenza elementare
- Licenza media
- Licenza media-superiore (Diploma di Maturità)
- Laurea
- Post-laurea
- Non so

30. Professione di tua madre _____

31. Titolo di studio di tuo padre

- Licenza elementare
- Licenza media
- Licenza media-superiore (Diploma di Maturità)
- Laurea
- Post-Laurea
- Non so

32. Professione di tuo padre _____

Il questionario è concluso.
Grazie per la collaborazione!