

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea Magistrale in Fisica

**Studio della relazione tra engagement,
autoefficacia ed attitudini verso la fisica di
studenti universitari e della scuola secondaria
di secondo grado**

Relatore:

Prof. Italo Testa

Candidato:

Danilo Catena

Matricola N94000653

A.A. 2020/2021

Indice

Abstract	4
Introduzione	5
1 Inquadramento teorico	7
1.1 La psicologia semiotico-culturale	7
1.2 Le attitudini verso la fisica	8
1.3 Quadri alternativi: l'identificazione con la fisica	10
1.4 Ricerche sull'engagement	13
1.5 Ricerche sull'autoefficacia	16
1.6 Domande di ricerca	17
2 Metodi	19
2.1 Campione della ricerca	19
2.2 Strumenti di misura	20
2.3 Analisi dati	22
2.3.1 Analisi del questionario sulle attitudini verso la fisica	22
2.3.2 Analisi del questionario sugli universi simbolici	24
2.3.3 Analisi del questionario sull'identificazione con la fisica	24
2.3.4 Analisi del questionario su engagement ed autoefficacia	26
2.3.5 Analisi sui modelli strutturali	28
3 Risultati	32
3.1 Risultati sulle attitudini verso la fisica	32
3.2 Risultati sugli universi simbolici	40
3.3 Risultati sull'identificazione con la fisica	43
3.4 Risultati sull'autoefficacia	45
3.5 Risultati sull'engagement	47

3.6	Risultati sui modelli strutturali	50
4	Discussione	54
4.1	Discussione sulle attitudini verso la fisica	54
4.2	Discussione su engagement ed autoefficacia	58
4.3	Discussione sui modelli di equazione strutturale	59
4.4	Discussione sulle differenze per sotto-campione e per genere	60
	Conclusioni	63
	Appendici	66
A.1	Scala delle attitudini verso la fisica	66
A.2	Scala degli universi simbolici	75
A.3	Scala dell'identificazione con la fisica	81
A.4	Scala dell'autoefficacia	82
A.5	Scala dell'engagement	83
A.6	Appendice sulle equazioni strutturali	85
	Bibliografia	88

Abstract

Lo scopo di questo studio è l'analisi quantitativa delle relazioni che intercorrono tra i costrutti delle *attitudini verso la fisica*, dell'*engagement* e dell'*autoefficacia*. L'analisi si basa su tre questionari a scala Likert, somministrati in modalità online ad un campione di convenienza di 1971 studenti di università e scuole secondarie di secondo grado italiane. Dopo aver determinato le dimensioni di costrutti in esame tramite analisi fattoriali confermatrice, si giunge alla validazione di un modello di equazione strutturale in cui le attitudini svolgono il ruolo di variabile indipendente, l'autoefficacia quello di variabile dipendente, e l'engagement quello di mediatore. La stratificazione del campione permette di analizzare tali relazioni considerando come moderatori la precedente esperienza con la fisica ed il genere. Infine, un ulteriore questionario somministrato ad una parte del campione, permetterà il confronto con un quadro teorico alternativo ed una parziale validazione dei risultati ottenuti.

Introduzione

Questo lavoro di ricerca muove dalla constatazione del declino dell'interesse degli studenti verso la fisica negli ultimi venti anni, sia a livello internazionale (*Eurydice, 2012; OECD, 2008*) che in particolare relativo all'Italia (*Predazzi & De Bortoli, 2005*). Questo declino non è da intendersi in termini assoluti di mancati risultati, o di una frazione troppo piccola di chi sceglie di proseguire lo studio della disciplina a livello dell'educazione terziaria, quanto in contrapposizione con una crescente domanda delle competenze che essa tende a sviluppare.

Tale richiesta è relativa alle competenze scientifiche elementari richieste nel dibattito pubblico, oltre che alla presenza invasiva della tecnologia basata su principi fisici (*Cajas, 2001*). Esiste però una questione più specifica riguardante la domanda professionale: un rapporto del CEDEFOP¹ del 2016 mostra come il campo STEM² presenti il massimo mismatch occupazionale negativo in molti paesi europei, insieme alle professioni in ambito sanitario. Inoltre, è universalmente riconosciuto il problema della sottorappresentazione femminile nelle aspirazioni di carriera in campi strettamente legati alla fisica (*Sax et al., 2016*).

Questo studio vuole mettere in luce alcune possibili dinamiche che uno specifico contesto culturale, nel quale un individuo sviluppa la propria relazione con la fisica, può attivare nel determinare le proprie attitudini verso la stessa. Queste, come specificato in seguito, sono da considerarsi essenzialmente come un insieme di giudizi

¹ Il CEDEFOP (*Centro europeo per lo sviluppo della formazione professionale*) è un'agenzia dell'Unione europea che promuove lo sviluppo della formazione educativa e professionale all'interno dell'UE. Cfr. https://www.cedefop.europa.eu/files/9115_it.pdf

² STEM è un acronimo che indica le discipline del campo scientifico-tecnologico (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*).

che influenzano determinate scelte, ed analizzabili all'interno di diversi quadri teorici, tra loro alternativi ma non indipendenti.

Inoltre, la relazione con altri costrutti tipicamente adoperati nello studio dei processi di apprendimento dovrà essere considerata per determinare un quadro completo (illustrato su base teorica nel primo capitolo), all'interno del quale poter analizzare il ruolo di altre variabili che moderano tali relazioni.

Capitolo 1

Inquadramento teorico

1.1 La psicologia semiotico-culturale

La teoria psicologica semiotico-culturale (SCPT) descrive i processi di attribuzione di significato fornito da un soggetto agli aspetti della realtà, cercando poi di spiegare come questi significati formano l'esperienza (*Salvatore et al., 2018*). I processi psicologici in questione collegano i livelli emotivo e cognitivo, e sono in questa prospettiva concepiti come delle traiettorie nel cosiddetto *spazio semiotico*, che modella il contesto socioculturale all'interno del quale avvengono i processi stessi. Le dimensioni che definiscono lo spazio semiotico hanno carattere latente, e sono determinate dall'esposizione a domini specifici dell'oggetto di esperienza, che attivano e rendono catturabili i processi che forniscono significato all'esperienza, svelando le strutture sottostanti che mediano tali processi. Si tratta dunque di grandezze misurabili esclusivamente in maniera indiretta, dove la misura è resa possibile dal fatto che i domini specifici non devono necessariamente essere esaustivi rispetto all'esperienza accumulabile con l'oggetto. Tali domini specifici devono essere selezionati in base alla loro capacità di focalizzarsi sulle molteplici funzioni culturali dell'oggetto di esperienza, in modo da innescare visioni che mettono in luce posizioni tra loro contrastanti.

Assumendo come strumenti di attivazione delle dimensioni dello spazio semiotico delle variabili categoriali, è possibile effettuare un clustering della popolazione, che conduce alla caratterizzazione dei cosiddetti *significati generalizzati*, ovvero pattern di visioni polivalenti e tra loro coerenti, che mediano l'interpretazione dell'esperienza. L'interpretazione di questi pattern va condotta in opposizione tra gli stessi; essi potrebbero dunque variare anche notevolmente a seconda del campione in esame, in quanto cambia il contesto socioculturale di riferimento. Al contrario, è possibile

ipotizzare la stabilità degli assi dello spazio semiotico, anche se potrebbe comunque variare la loro forza relativa nella capacità di attribuire significato all'oggetto di esperienza (*Salvatore et al., 2018*). Inoltre, la peculiarità di questo quadro teorico permette di concepire l'identità come un processo di costruzione in divenire, e non più come un'entità statica (cfr. *paragrafo 1.3*).

1.2 Le attitudini verso la fisica

È possibile ipotizzare che il quadro della SPCT possa essere applicato al costrutto delle *attitudini verso la fisica* (*Testa et al., 2021*). In generale, le attitudini rappresentano l'insieme delle valutazioni frutto di aspetti di cui il soggetto ha fatto esperienza in relazione all'oggetto. Queste sono date dall'integrazione tra aspetti cognitivi ed emotivi, dove i secondi si caratterizzano per un'attivazione più rapida (*Crano & Prislin, 2006*). Le attitudini sono in generale variabili nel tempo ed assenti in età prescolare, essendo dunque soggette a formazione e cambiamento. Esse si possono formare sia a livello cosciente che subcosciente, mentre il cambiamento avviene solo a questo secondo livello. Inoltre, esse non possono essere cambiate agendo tramite una semplice esposizione ad uno stimolo esterno, mentre ciò rappresenta una possibilità per formarle.

Una volta individuate le dimensioni delle attitudini verso l'oggetto in questione, è possibile trattare il costrutto in maniera quantitativa: la forza dell'attitudine è correlata alla persistenza delle relazioni tra soggetto ed oggetto, ed in generale al comportamento del soggetto, anche se non è individuabile una relazione di causa-effetto. Infatti, nel caso ad esempio di una disciplina scolastica, solo quando una forza consistente dell'attitudine è accoppiata con un'elevata motivazione si hanno effetti significativi sul livello di impegno nell'apprendimento e di persistenza nello studio (*Guido, 2013*). A questo proposito, è necessario distinguere le due componenti principali del costrutto della motivazione: una interna, data dal desiderio di imparare, ed una esterna, legata invece al riconoscimento altrui: a parità di livello complessivo, gli studenti con più

motivazione intrinseca tendono ad approfondire maggiormente lo studio, a raggiungere risultati migliori ed a mostrare maggiore persistenza.

Per quanto riguarda le attitudini verso la fisica, è riconosciuto il ruolo predominante dei metodi di insegnamento e dell'ambiente di apprendimento nel determinare la direzione del cambiamento delle attitudini, ma queste risultano determinate anche dalle esperienze con la disciplina di matrice non scolastica; le variabili intrinseche (sesso, età, background familiare, status sociale, etc.) mostrano invece in questo caso un'influenza minore (*Guido, 2013*). In particolare, *Kaur & Zhao, 2017* riporta una possibile scala che rappresenta le dimensioni di questo costrutto, tutte positivamente correlate tra loro (anche se non sempre in maniera significativa). In particolare, ne vengono individuate cinque, con la seguente denominazione: I) Entusiasmo verso la fisica (interpretabile come utilità percepita del campo di conoscenze, che va oltre quello della disciplina scolastica); II) Apprendimento della fisica (fattore che oppone la partecipazione verso e comprensione della disciplina, all'eccessiva formalità percepita della stessa); III) Fisica come processo (dimensione che oppone la percezione di dinamicità, interdisciplinarietà, creatività e coerenza della fisica, alla completezza e certezza dei suoi risultati); IV) Insegnante di fisica (ovvero il grado di interazione con lo stesso); V) Fisica come vocazione (le possibili applicazioni e le opportunità di carriera derivanti dalla fisica risultano in contrapposizione con la sua eccentricità e chiusura verso la società). Si osservi che si può supporre l'indipendenza di questo costrutto dal campione in esame, ovvero da età, contesto socioculturale, precedente esperienza con la fisica, ed altre variabili di contesto.

Il motivo principale per cui si può avanzare l'ipotesi che le attitudini verso la fisica possano essere analizzati nel quadro della SCPT, è dato dal fatto che i significati generalizzati possono essere interpretati in termini di disposizioni a determinate percezioni ed azioni, essendo elementi intrinsecamente relazionali (*Tonti & Salvatore, 2015*). Dunque, essi non descrivono l'oggetto in esame, ma il modo in cui il soggetto percepisce l'oggetto in relazione a sé. Ciò permette di modellizzare la cultura fisica come uno spazio semiotico, all'interno del quale si affermeranno certi significati

generalizzati, determinati da esperienze scolastiche, background familiare, esposizione ai mezzi di comunicazione di massa, aspettative future, etc. A loro volta, tali significati influenzano le esperienze individuali, per esempio nell'intenzione di proseguire con lo studio della fisica dopo il termine del percorso scolastico. In questo senso, si può ipotizzare che tale analisi possa aiutare nella comprensione del fenomeno del decrescente interesse degli studenti europei nel perseguire una carriera strettamente legata alla fisica. Questa considerazione si basa sull'analogia con i significati generalizzati del contesto socioculturale di alcune società europee determinati in *Salvatore et al., 2018* (denominati *universi simbolici*), tramite i quali è possibile fornire un'interpretazione degli attuali scenari politici (*Veltri et al., 2019*).

1.3 Quadri alternativi: l'identificazione con la fisica

Esistono in letteratura altri quadri teorici che sono in parte sovrapponibili a quello delle attitudini verso la fisica, e tramite i quali si possono dunque indagare simili aspetti. Uno di questi è dato dal costrutto dell'*identificazione con la fisica* (*physics identity*, cfr. *Hazari, 2010*), che misura la percezione del soggetto stesso rispetto alla fisica, come elemento che contribuisce alla formazione dell'identità individuale. In ciascun contesto specifico infatti, l'identità è data dall'interazione tra tre componenti – una personale, una sociale, ed infine una relativa al livello di identificazione con il contesto – parzialmente sovrapposte tra loro. Le dimensioni di questo costrutto (cfr. *figura 1.1*), tutte significativamente correlate tra loro, sono: I) Interesse verso la disciplina (che risulta fortemente influenzato dall'esperienza scolastica); II) Percezione di riconoscimento esterno (relativo al giudizio di genitori, insegnanti e compagni di classe sullo studente di fisica); III) Percezione di competenza (livello di abilità percepita nel comprendere i contenuti di fisica); IV) Performance (risultati scolastici ottenuti). Tali dimensioni, mediate dall'azione del livello di autoefficacia percepita (cfr. *paragrafo 1.5*) riguardo lo studio in generale, mostrano un'influenza sulla persistenza nello studio

della disciplina, influenza che risulta anche maggiore di quella misurabile tramite il costrutto delle attitudini.

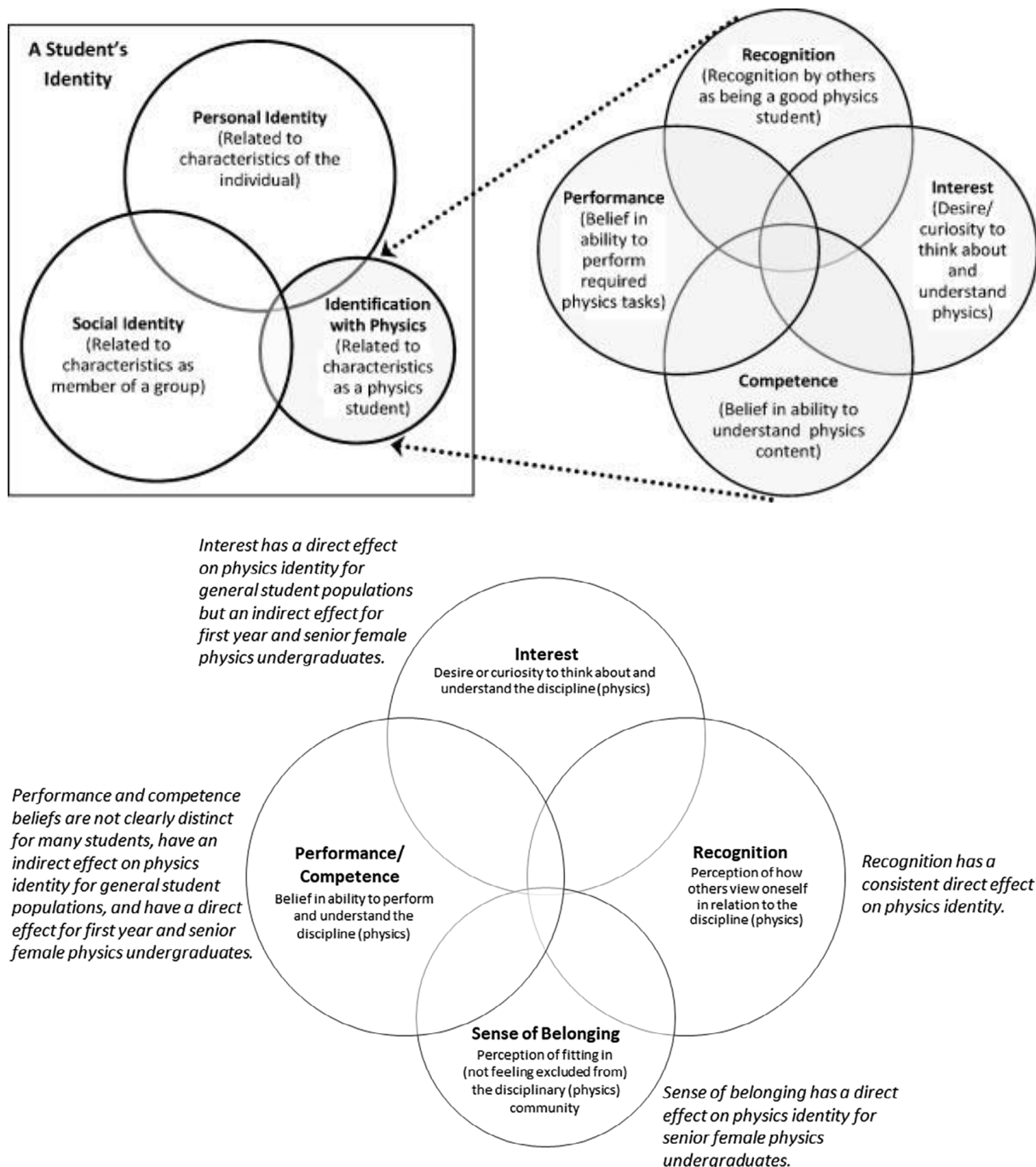


Figura 1.1: Dimensioni della *physics identity* (figura da Hazari, 2010).

Inoltre, essendo maggiormente focalizzata sul soggetto, tale misura permette di analizzare da questo punto di vista la questione della sottorappresentanza femminile nel campo delle discipline STEM, che sarà così causata dalla mancata identificazione con la fisica. Seguendo un quadro simile, in *Kessels et al., 2006* sono riportate le tre caratteristiche principali che emergono dall'analisi dell'immagine percepita della disciplina, che, se in contraddizione con quelle relative alla propria identità, conducono ad un rigetto nei confronti della fisica. In generale, l'immagine di un oggetto è costituita da assunzioni implicite, ovvero attivate in maniera automatica ed inconsapevole, in modo da incidere sulla selezione dell'informazione. Si tratta dunque di rappresentazioni cognitive simili agli stereotipi, in cui particolari aggettivi sono associati all'oggetto ad un livello prerazionale, ed in maniera stabile ma malleabile; è infatti possibile modificare queste assunzioni agendo dall'esterno, tramite l'introduzione di un elemento discorde al bias convenzionale riguardante l'oggetto.

Gli stereotipi associati alla fisica emersi in *Kessels et al., 2006* risultano essere: I) Mascolinità (probabilmente dovuta alla sovrarappresentanza del genere maschile tra le figure professionali associate alla disciplina, nel presente e soprattutto in passato); II) Difficoltà (derivanti dagli scarsi risultati ottenuti e dal conseguente timore di fallimento); III) Eteronomia (ovvero la minore libertà percepita di formare ed esprimere le proprie idee, rispetto ad altre discipline).

Saranno ora definiti due importanti costrutti, denominati *engagement* ed *autoefficacia*, che rappresentano tipiche grandezze prese in considerazione nelle ricerche sui vari aspetti legati ai processi di apprendimento, e trasversalmente rispetto alle diverse discipline. Anche in questo caso si tratta di misure indirette, per cui sono presenti in letteratura diversi indicatori delle dimensioni dei costrutti, a seconda delle varie interpretazioni delle stesse. Tali definizioni sono fornite in modo da poter successivamente analizzare le loro relazioni con le attitudini verso la fisica, così come definite in precedenza, in quanto ambito rimasto finora sostanzialmente inesplorato nella ricerca che riguarda questa disciplina (*Testa et al., 2021*).

1.4 Ricerche sull'engagement

L'*engagement* è un costrutto multidimensionale che misura l'intensità del coinvolgimento produttivo di uno studente in una data attività, innanzitutto in termini di partecipazione e persistenza (*Ben-Eliyahu et al., 2018*). A differenza di altre definizioni note in letteratura, la presente non include aspetti relativi all'impegno in quanto tale o alla motivazione, che rappresentano dei prerequisiti dell'*engagement*, piuttosto che suoi indicatori. L'applicazione di questo costrutto allo studio della fisica e delle discipline STEM è frequente in letteratura, e non necessita di modifiche strutturali (*Ben-Eliyahu et al., 2018; Fredricks et al., 2016*).

Esistono misure dell'*engagement* che sfruttano alcune strategie di apprendimento autoregolato come indicatori di una componente cognitiva di questo costrutto, seguendo l'assunto per il quale tali strategie implicino il coinvolgimento, anche se tale relazione non può essere provata come bidirezionale. Infatti, in quest'ottica l'*engagement* (o una sua componente) rappresenta un processo ciclico iterativo di monitoraggio e controllo, che conduce alla calibrazione degli obiettivi e delle strategie di apprendimento, per applicare le quali è appunto necessario un certo grado minimo di coinvolgimento. Inoltre, l'ipotesi che l'*engagement* debba essere allineato con i requisiti del compito in questione, comporta l'assenza nella sua concettualizzazione di contrapposizioni tra processi di elaborazione più o meno profondi. A questo proposito, la relazione tra studente ed attività proposta è quella sulla quale si focalizza la definizione del costrutto qui proposta, in quanto le relazioni sociali dello studente (ad esempio con compagni di classe, docenti e genitori) possono essere considerate come elementi predittivi dell'*engagement* rispetto ad alcune specifiche attività, ma non fanno parte della sua definizione.

È possibile adottare una tripartizione del costrutto in una dimensione cognitiva, una comportamentale ed una affettiva (cfr. *figura 1.2*). Infatti, il coinvolgimento di una di queste tre componenti in un'attività non implica in generale quello delle altre, anche se

molti studi mostrano come in diversi processi le prime due dimensioni agiscano come un unico fattore.

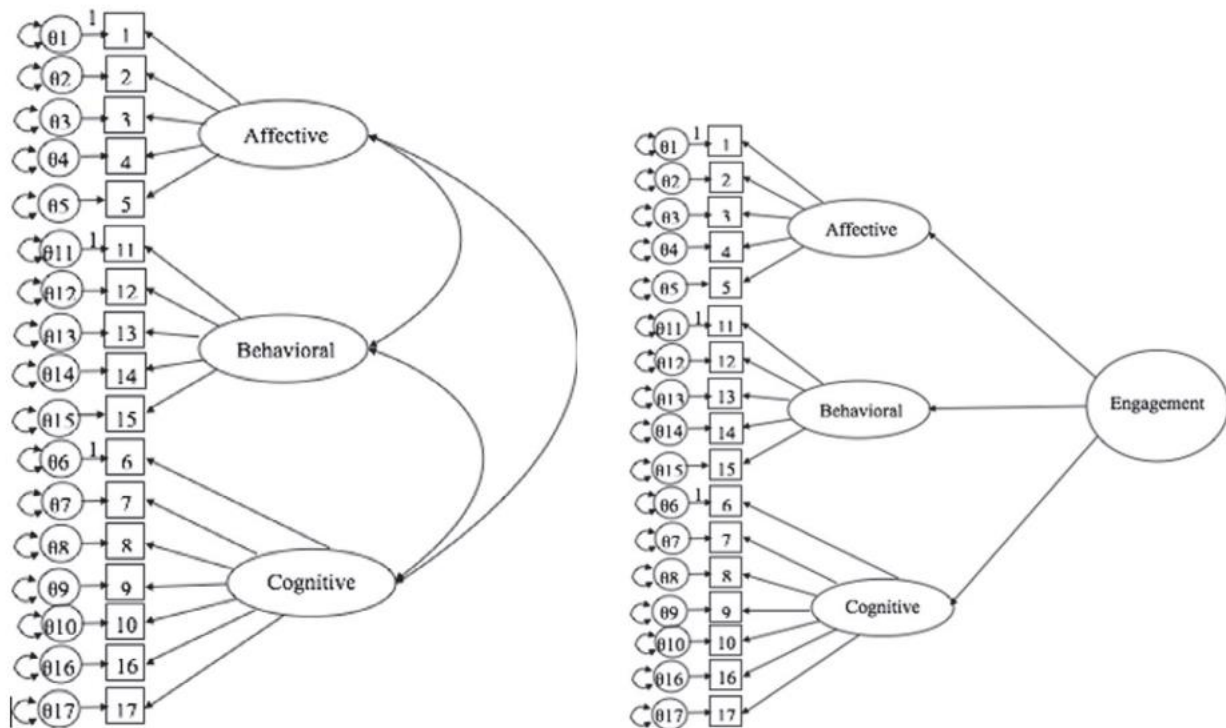


Figura 2.2: Due possibili modelli per strutture tridimensionali del costrutto dell'*engagement*: a sinistra una struttura non gerarchica, a destra un modello del secondo ordine (figure da *Ben-Eliyahu et al., 2018*).

La componente cognitiva rappresenta la misura in cui l'individuo riflette sull'attività di apprendimento o si focalizza su un certo compito. Ciò si differenzia dal genere di processi cognitivi coinvolti (ad esempio di verifica, elaborazione o riorganizzazione concettuale), in quanto questi variano nella loro intensità relativa a seconda delle richieste. La dimensione comportamentale si focalizza invece su ciò che gli studenti coinvolti in un'attività fanno o non fanno, in relazione ad alcuni atteggiamenti tipici ed alla loro frequenza (ad esempio chiedere chiarimenti durante una lezione o discutere di un argomento con i compagni). Infine, l'*engagement* affettivo valuta le emozioni percepite in relazione alla scuola, ai compagni ed agli insegnanti. Tali emozioni sono

classificabili in base al livello di attivazione implicato nell'individuo ed alla loro valenza (positiva o negativa), formando così quattro categorie: attivanti positive (es. entusiasmo), deattivanti positive (es. calma), attivanti negative (es. noia), deattivanti negative (es. stanchezza).

Si osservi che, mentre le dimensioni cognitiva e comportamentale sono in generale fortemente correlate tra loro, quella affettiva rende la questione più complessa. Infatti, sebbene in generale la definizione di valenza comporti una correlazione positiva tra tutti i fattori del costrutto, alcune emozioni negative attivanti (come la confusione) possono condurre a maggiori approfondimenti, essendo dunque associate ad un livello più elevato di coinvolgimento cognitivo. Esistono inoltre altre definizioni che considerano la dimensione affettiva sia un precursore che una conseguenza dell'engagement, piuttosto che una sua componente (*Eccles & Wang, 2012*).

In aggiunta alle tre dimensioni principali del costrutto spesso incluse negli studi, in alcuni casi viene presa in considerazione anche una componente sociale dell'engagement (*Wang et al., 2016*), che include la qualità delle interazioni con pari e adulti, così come la volontà di formare e mantenere i rapporti durante l'apprendimento. È chiaro che in questo caso vanno stabiliti dei criteri che rendono questa scala quantitativa, e la disomogeneità delle premesse e dei risultati ottenuti nei vari studi non permette di fare un'ipotesi forte circa la relazione della dimensione sociale con le altre individuate. A prescindere dai fattori individuati, c'è però un accordo generalizzato sul fatto che il costrutto presenti significative differenze di genere, sia riguardo il livello di engagement generale, che rispetto alle relazioni tra le sue componenti e con gli altri costrutti (*Christenson et al., 2012*).

Riguardo le relazioni con altri costrutti, è importante sottolineare che la motivazione, intesa come desiderio di imparare, rappresenta una forte condizione necessaria per l'attivazione dell'engagement. In un momento successivo, anche le dimensioni cognitiva, comportamentale ed affettiva possono poi dare effetti sulla motivazione,

definendo così la catena di interazioni che conduce ad effetti significativi sui risultati dei processi di apprendimento (*Ben-Eliyahu et al., 2018*).

Sarà ora introdotto il costrutto dell'autoefficacia, mostrando quanto finora validato in letteratura rispetto alle sue relazioni con l'engagement, e ciò su cui invece si differenziano diverse linee di ricerca.

1.5 Ricerche sull'autoefficacia

L'*autoefficacia* può essere definita come la percezione degli individui riguardo la propria capacità di riuscire adeguatamente in determinate attività (*Bandura, 2001*). È spesso considerato un costrutto unidimensionale, che non descrive una singola caratteristica dello studente, ma un insieme dinamico di convinzioni. Anche in questo caso l'utilizzo di tale costrutto è largamente diffuso nelle ricerche sull'apprendimento in fisica (*Sawtelle et al., 2012; Lin, 2021*).

In accordo con la teoria sociale cognitiva di A. Bandura (*Bandura, 1997*), il livello di autoefficacia è determinato dall'interpretazione di informazioni derivanti da quattro fonti fondamentali: I) precedenti esperienze personali, sia di successo che fallimentari, sullo svolgimento di attività simili; II) apprendimento vicario, ovvero l'osservazione delle performance altrui, particolarmente importante in assenza di esperienze personali; III) persuasione sociale, come incoraggiamenti che possono incrementare l'autoefficacia, anche se in questo caso l'impatto è significativo solo su chi possiede già un certo livello minimo, anche se non meglio specificato, di autoefficacia; IV) lo stato fisiologico, in quanto stati d'animo derivanti dal contesto extrascolastico (es. stress, ansia, etc.) influenzano la percezione delle proprie abilità. Si osservi che la persuasione può avere effetti particolarmente scoraggianti in seguito ad alcuni messaggi più o meno espliciti, riguardanti i ruoli tradizionali nella società, il che conduce a significative differenze di genere, anche a parità di performance ottenute.

In quest'ottica, il livello di autoefficacia influenza direttamente la quantità di energie impiegate nello svolgimento di un compito, e la durata dello sforzo sostenuto. In questo senso, questo è un importante elemento predittivo dei risultati scolastici o accademici, così come della persistenza nello studio. È dunque possibile ipotizzare una correlazione positiva tra engagement e autoefficacia, mentre non c'è accordo generalizzato su un eventuale relazione di causa-effetto tra i due costrutti.

Si osservi infine come questa misura è relativa a determinate attività o compiti (es. risolvere esercizi di cinematica), ma non a specifiche richieste (es. risolvere un particolare esercizio di cinematica), per le quali subentra il noto *effetto Dunning-Kruger*, che consiste nella sopravvalutazione delle proprie abilità ricorrente negli studenti che ottengono le performance peggiori (*Lindsey & Nagel, 2015*).

1.6 Domande di ricerca

Basandosi sui dati raccolti su un campione di ricerca, questo studio intende rispondere alle seguenti domande:

1. Quali sono i profili di attitudini verso la fisica individuabili nel campione coinvolto nell'analisi?
2. Quali sono le dimensioni dei costrutti dell'engagement e dell'autoefficacia individuabili per il campione coinvolto nell'analisi?
3. Quali relazioni intercorrono tra le attitudini verso la fisica e le dimensioni dell'engagement e dell'autoefficacia?
4. In che misura il genere e la precedente esperienza con la fisica influenzano le relazioni individuate?

La prima domanda riprende quella in *Testa et al., 2021*, mentre la seconda intende confermare le ipotesi basate sulla letteratura esposta in precedenza. Le ultime due domande permetteranno invece di valutare le relazioni tra le dimensioni individuate

dei costrutti, anche attraverso il ruolo di variabili moderatrici, componendo così un quadro teoricamente inedito.

Nel secondo capitolo sarà dunque presentato il campione della ricerca, gli strumenti di misura adoperati e le tecniche di analisi utilizzate per rispondere alle precedenti domande. Seguiranno nel terzo capitolo i risultati ottenuti, e nel quarto capitolo la discussione degli stessi e le conseguenti implicazioni.

Capitolo 2

Metodi

2.1 Campione della ricerca

Lo studio si basa su questionari somministrati online ad un campione di convenienza di 1971 studenti universitari e di scuola secondaria di secondo grado, appartenenti ad istituti italiani e partecipanti su base volontaria. Di questi, 1107 percepiscono di appartenere al genere maschile e 864 a quello femminile³. Il campione è suddividibile in quattro sotto-campioni, a seconda della precedente esperienza accumulata dagli studenti con la fisica:

1. 708 studenti frequentanti il PLS⁴ (50.6% appartenenti al genere femminile), considerato come campione rappresentativo di chi è probabile scelga una carriera legata alle discipline STEM, ed in particolare alla fisica.
2. 449 studenti frequentanti il PCTO⁵ (45.9% appartenenti al genere femminile), considerato come campione rappresentativo di chi è probabile non scelga una carriera legata alle discipline STEM.

³ Non ci sono state risposte mancanti a questa domanda. Lo stesso vale per tutti gli items dei questionari somministrati, in quanto i pochi studenti che hanno scelto di non rispondere a gran parte delle domande, non fanno parte del campione analizzato.

⁴ Il PLS (*Piano Lauree Scientifiche*) è un piano di intervento italiano istituito nel 2004, con l'obiettivo di promuovere le immatricolazioni ai corsi di laurea scientifici, ridurre gli abbandoni universitari, realizzare attività di autovalutazione per gli studenti e formazione per gli insegnanti. Cfr. <https://www.pianolaureescientifiche.it/pianolaureescientifiche/>

⁵ I PCTO (*Percorsi per le competenze trasversali e l'orientamento*) sono percorsi obbligatori per l'ultimo triennio della scuola secondaria di secondo grado italiana. Istituiti nel 2017, prevedono una riprogettazione della didattica a partire dalle competenze trasversali, nella definizione di un progetto concordato per la soluzione di un problema, e/o di impresa formativa simulata. Cfr. <https://www.miur.gov.it/documents/20182/1306025/Linee+guida+PCTO+con+allegati.pdf>

3. 427 studenti frequentanti (37.5% appartenenti al genere femminile) diversi corsi di laurea in ingegneria (informatica, delle telecomunicazioni, elettronica e biomedica), considerato come campione rappresentativo di chi ha scelto di perseguire l'obiettivo di una carriera legata alle discipline STEM, ma non strettamente alla fisica.
4. 387 studenti frequentanti corsi di laurea in fisica (36.2% appartenenti al genere femminile), considerato come campione rappresentativo di chi ha scelto di perseguire l'obiettivo di una carriera strettamente legata a questa disciplina.

Si osservi come la sottorappresentanza femminile degli ultimi due gruppi riflette quella dei corsi universitari relativi alle discipline STEM. Gli studenti appartenenti ai primi due sotto-campioni hanno compilato i questionari analizzati prima delle attività extra-curricolari pianificate. Si osservi che, a differenza dei partecipanti al PLS, gli studenti che hanno seguito i percorsi PCTO non hanno svolto in quest'ambito attività prettamente legate alla fisica.

2.2 Strumenti di misura

I dati analizzati consistono nelle risposte a quattro questionari a scala Likert⁶, ognuno dei quali rappresenta lo strumento di misura di uno o più costrutti:

1. Un questionario di 36 items, riguardante le visioni sulla fisica e sui fisici (VOP), che misura le attitudini verso la fisica (cfr. *appendice A.1*). La prima parte riguarda il valore percepito della fisica nella società attuale (4 items), il riconoscimento della difficoltà della fisica (6 items), l'interesse intrinseco verso la fisica (4 items), la rilevanza personale percepita di avere a che fare con la fisica in futuro (3 items), la rilevanza percepita di imparare fisica a scuola (4 items); la seconda parte riguarda

⁶ La scala Likert è una scala di accordo/disaccordo per ciascun item, nel caso dei questionari qui analizzati con cinque modalità (codificate da 1 a 5, o da 1 a 4 nel caso di alcuni item del secondo questionario) tra di loro equidistanti.

invece il riconoscimento del ruolo dei fisici nella società (9 items) ed il valore percepito della carriera dei fisici (6 items).

2. Un questionario di 29 items, riguardanti valutazioni di affidabilità sui servizi del luogo in cui si vive, e più in generale affermazioni sul contesto sociale (ovvero le cosiddette visioni di contesto, VOC; cfr. *appendice A.2*), che definiranno gli universi simbolici.
3. Un questionario di 7 items, che misura l'identificazione con la fisica (cfr. *appendice A.3*). In particolare, le sottodimensioni riguardano il riconoscimento del proprio valore (in quanto fisico) che deriva dal giudizio altrui (2 items), l'interesse (3 items) e l'utilità percepita (2 items) della fisica. Quest'articolazione del costrutto riprende, anche se solo parzialmente come già mostrato, quella riportata in *Hazari et al., 2010*.
4. Un questionario di 30 items, che misura l'autoefficacia (7 items) e l'engagement in fisica (cfr. *appendice A.4* e *A.5*). In particolare, l'engagement contempla aspetti riguardanti l'autoregolazione dello studio (5 items), l'elaborazione delle informazioni (10 items), la partecipazione alle lezioni (5 items) e la gestione di aspetti emotivi (2 items).

I primi tre questionari pongono delle affermazioni rispetto alle quali bisogna indicare un grado di accordo, mentre l'ultimo questionario chiede di rispondere alla domanda: “*Quanto ti senti capace di ?*”. Gli items, selezionati da diversi precedenti strumenti⁷, sono stati validati nel loro insieme tramite discussioni con docenti di fisica locali, universitari e della scuola secondaria. I dati per il secondo e per il terzo questionario non sono stati acquisiti su tutto il campione, bensì per coorti rispettivamente di 729 e 1135 studenti. In particolare, questi due gruppi sono così suddivisi in base ai sotto-campioni individuati: 177 del PLS, 190 ingegneri e 362 fisici (per il questionario n.2); 177 del PLS, 169 del PCTO, 427 ingegneri e 362 fisici (per il questionario n.3).

⁷ In particolare, il questionario n.1 riprende totalmente quello in *Testa et al., 2021*, mentre il questionario n.2 rappresenta una parte di quello utilizzato in *Salvatore et al., 2018*.

2.3 Analisi dati

Per l'analisi dati sono stati utilizzati i software *PASW Statistics 18* (per le analisi fattoriali esplorative e quelle della varianza), *SpadPlsx55* (per le analisi delle corrispondenze multiple e quelle dei clusters) e *Amos Graphics 20* (per le analisi confermativa e quelle strutturali). In seguito, sono descritti i diversi passi delle analisi eseguite per i vari questionari.

2.3.1 Analisi del questionario sulle attitudini verso la fisica

Per determinare le dimensioni del costrutto delle attitudini verso la fisica si è adottato il quadro della SCPT, effettuando l'analisi delle corrispondenze multiple del corrispondente questionario. Si tratta di una tecnica utilizzata in ricerche di psicologia che adottano lo stesso quadro teorico (*Salvatore et al., 2018; Testa et al., 2021*), in modo da trattare adeguatamente una scala categoriale (non quantitativa). Tutti i fattori estratti saranno tra loro ortogonali, ed a ciascun studente sarà associato un punteggio per ogni asse, in modo che la media dei punteggi sull'intero campione sia nulla. Come è d'uso per questa tecnica, ai fini dell'interpretazione dei risultati sono riportate solo le prime tre dimensioni estratte, ovvero quelle alle quali è associata la percentuale di varianza spiegata più elevata: queste costituiranno le linee di forza che modellano lo spazio semiotico del milieu culturale associato alla fisica.

L'interpretazione di queste componenti estratte è basata sulle modalità con *t-value* più elevato (in valore assoluto): tali valori misurano infatti la distanza di una modalità dall'origine, ovvero il suo contributo più o meno significativo all'asse fattoriale. Di conseguenza, ogni componente marcherà una dimensione latente di senso, interpretata in termini di un'opposizione generalizzata tra una polarità positiva ed una negativa. Il processo di interpretazione consiste nell'utilizzare connettivi logici per legare coerentemente le principali modalità emerse dall'analisi, giungendo appunto alla sintesi di un differenziale semantico, che identifica la principale caratteristica (in questo caso attitudine verso la fisica) rappresentata dall'asse fattoriale in questione.

In seguito, è stata effettuato un clustering del campione, con l'obiettivo di identificare i significati generalizzati nello spazio semiotico emerso. Come d'uso, le prime dieci dimensioni estratte dall'analisi delle corrispondenze multiple forniscono i criteri – di massima similarità dei punteggi sugli assi fattoriali all'interno di un gruppo, e massima dissimilarità degli stessi punteggi tra i vari gruppi – in base ai quali si definiscono i clusters. La tecnica adottata ha le seguenti caratteristiche: I) gerarchica divisiva, ovvero il campione è suddiviso in gruppi sempre più piccoli per passi successivi, mantenendo la struttura di un dendrogramma, che viene tagliato ad un certo step per individuare la soluzione ottimale; II) esclusiva e completa, ovvero ogni individuo appartiene ad uno ed un solo cluster; III) eterogenea, ovvero la distribuzione dei punteggi degli studenti fa sì che i gruppi individuati possano differire per forma, densità e dimensione, anche se in questo caso si adotterà una descrizione in prima approssimazione che concepisce i clusters come sfere nello spazio semiotico tridimensionale, dunque caratterizzate solo dal loro raggio (oltre che dal centro). Sono stati inoltre utilizzati due criteri per la scelta della soluzione ottimale (intesa come numero di clusters) che possono essere applicati in maniera esclusiva o contemporaneamente: I) un criterio qualitativo, secondo il quale la partizione migliore è quella per cui la successiva suddivisione nella sequenza del dendrogramma produrrebbe un incremento non significativo del rapporto *inerzia tra clusters/inerzia totale*⁸; II) un criterio quantitativo, secondo il quale la partizione migliore è quella per cui la successiva suddivisione nella sequenza del dendrogramma produrrebbe almeno un cluster con cardinalità inferiore al 5% dei casi totali. Tali criteri possono essere violati se la partizione acquista un significato più preciso ai fini della ricerca.

Anche nel caso dei clusters l'interpretazione si basa sulle modalità con *t-value* più elevato (ma questa volta solo quelli con segno positivo) in modo da ottenere un profilo di risposta che caratterizzi ciascun significato generalizzato nello spazio semiotico

⁸ L'inerzia rappresenta un'estensione del concetto di varianza all'ambito delle analisi per corrispondenze multiple (cfr. *Barbaranelli, 2003*).

della fisica. In particolare, questi acquistano rilevanza se interpretati in opposizione tra loro, in virtù della tecnica di analisi adottata.

È stata inoltre effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) per verificare un'eventuale differenza significativa tra i punteggi fattoriali dei quattro sottocampioni, così come tra il genere maschile e femminile. Infine, è stato effettuato un test del chi-quadro di Pearson per mostrare una possibile associazione tra i sottocampioni ed i clusters individuati nello spazio semiotico.

2.3.2 Analisi del questionario sugli universi simbolici

Per analizzare il questionario n.2 sono state utilizzate le stesse tecniche (corrispondenze multiple e clustering) del primo questionario, riprendendo la procedura riportata in *Salvatore et al., 2018*. In questo caso, trascurando le dimensioni dello spazio semiotico che modella il milieu socioculturale, sono stati identificati gli universi simbolici, ovvero i clusters emersi dall'analisi. Tramite questi, si è ricercata una validazione dei significati generalizzati della fisica, valutando tramite un test del chi-quadro l'associazione tra i diversi gruppi. Nell'ambito dello studio delle relazioni tra i costrutti oggetto di questo studio, tale associazione rappresenta un risultato secondario, e per questo motivo è stato scelto di utilizzare l'interpretazione degli universi simbolici già validata in *Salvatore et al., 2018*, purché i risultati ottenuti lo permettano.

2.3.3 Analisi del questionario sull'identificazione con la fisica

Per determinare le eventuali dimensioni del costrutto dell'identificazione con la fisica misurato tramite il questionario n.3, si è innanzitutto suddiviso in maniera randomica il campione a disposizione in due gruppi (*gruppo 1.A* e *gruppo 2.A*), di cardinalità rispettivamente pari a 593 e 542 studenti. In questo modo, si è effettuata un'analisi

fattoriale esplorativa (AFE)⁹ sul primo gruppo e, sul modello così emerso, un'analisi fattoriale confermativa (AFC) sul secondo gruppo. Infine, il modello finale emerso dalle correzioni per ottenere un fit accettabile, è stato ritestato tramite un ulteriore AFC sull'intero campione a disposizione, ottenendo così i risultati definitivi.

Per valutare la bontà di un'AFE, come d'uso ci si è basati sul test di adeguatezza campionaria di Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), che considera accettabili risultati superiori al valore 0.7, e sul test di sfericità di Bartlett¹⁰, che indica fit accettabili se il valore risultante del χ^2 è significativo ($p < 0.05$). Il risultato dell'analisi consiste poi nella *matrice dei modelli*, che riporta i *loadings* di ciascun item per ognuno dei fattori estratti. Di norma, il coefficiente più elevato indica la dimensione alla quale appartiene ciascun item; se tutti i loadings sono minori di 0.4, l'item in questione viene eliminato dall'analisi. A meno di accorgimenti dovuti ad osservazioni particolari, l'AFC successiva si baserà sul testare la bontà del modello di costruito così emerso, in cui ciascun item (a meno di quelli già eliminati) sarà associato in partenza ad una delle dimensioni individuate.

Per la verifica della bontà dell'adattamento del modello, sono stati calcolati i seguenti indici statistici [26]: il chi-quadro ridotto¹¹ (χ^2/df , valori accettabili ≤ 3), l'errore quadratico medio di approssimazione RMSEA (valori accettabili < 0.08), l'indice di adattamento confermativo CFI (valori accettabili > 0.95) e l'indice di adattamento TLI (valori accettabili > 0.95). Sono riportati anche gli indici, meno utilizzati, NFI e IFI (anch'essi presentano come soglia minima di accettabilità il valore 0.95). Per stabilire

⁹ Le analisi fattoriali esplorative effettuate in questo studio sfruttano la tecnica di estrazione della *fattorizzazione dell'asse principale*, la tecnica di rotazione *Promax* e l'*analisi parallela* per determinare il numero di fattori da estrarre.

¹⁰ Si osservi però che, per campioni ampi come in questo caso, tale test tende a sovrastimare la bontà del fit. Per questo motivo, anche in presenza di un valore del χ^2 significativo, è preferibile basare il giudizio anche sull'indice KMO, per cui la bontà del fit crescerà con il tendere ad 1 di questo valore.

¹¹ A differenza dell'AFE, nell'AFC il χ^2 è un indice molto restrittivo per campioni ampi, dunque può anche non essere preso in considerazione in questo caso.

invece la validità convergente e discriminante¹², si sono calcolati, per ogni fattore, la varianza estratta media (AVE, valori accettabili > 0.5) e l'affidabilità composita (CR, valori accettabili > 0.7).

Per giungere ad un fit accettabile in una AFC, possono essere necessari alcuni aggiustamenti, da motivare opportunamente su base teorica. La strada principale consiste nell'imporre covarianze tra gli errori (*residui*) degli items con *modification index* (M.I.)¹³ più elevato (Schreiber et al., 2006). In alcuni casi, quando ci sono più di due items che presentano in coppie valori molto elevati di questi indici, si può procedere ad un'operazione di *disaggregazione parziale* delle dimensioni latenti del costrutto: si sostituiscono dunque tali gruppi di items con nuove variabili (*parcels*) definite dalla media aritmetica delle variabili misurate direttamente (e così eliminate dall'analisi). Questi *parcels* possono essere interpretati in termini di sottodimensioni della variabile latente in questione (Barbaranelli, 2003).

In ogni caso, l'output di una AFC restituisce i coefficienti di regressione standardizzati degli items sulla dimensione di appartenenza prestabilita.

2.3.4 Analisi del questionario su engagement ed autoefficacia

Il questionario n.4 misura due diversi costrutti, che andranno analizzati distintamente, ma con alcuni accorgimenti. L'obiettivo è infatti quello di trovare le dimensioni dei costrutti di autoefficacia ed engagement, confrontandosi con le ipotesi dei quadri teorici riportate nei *paragrafi 1.4 e 1.5*, relative all'unidimensionalità dell'autoefficacia

¹² La validità convergente è una misura della consistenza interna della dimensione di un costrutto, mentre quella discriminante misura la distinzione di una dimensione rispetto alle altre, necessaria affinché esse non siano logicamente coincidenti.

¹³ Un *modification index* è il valore del χ^2 , associato ad 1 grado di libertà, di cui l'adattamento del modello migliorerebbe se fosse aggiunto un determinato vincolo. In generale, non esiste una soglia al di sopra della quale tali indici richiedono l'imposizione di vincoli aggiuntivi al modello, in quanto la scelta dipende dai valori più elevati che essi presentano sul modello stesso, e dal vantaggio che se ne trarrebbe in termini di bontà del fit e significato logico del costrutto.

ed alla tripartizione dell'engagement in una componente cognitiva, una comportamentale ed una affettiva. Si osservi che la misura è esplicitamente relativa allo studio della fisica nel contesto scolastico o universitario.

Il questionario misura però una componente cognitiva in termini di aspetti legati all'elaborazione ed all'autoregolazione dello studio, dunque con un'accezione diversa da quella riportata in *Ben-Eliyahu et al., 2018* (cfr. *paragrafo 1.4*); queste potrebbero dunque rappresentare due dimensioni distinte del costrutto. Inoltre, ponendo il questionario la domanda “*Quanto ti senti capace di?*” e non “*Quanto spesso fai le seguenti cose/ti senti in questo modo?*”, la misura è relativa ad una particolare percezione di engagement piuttosto che all'engagement in sé. Ciò implica che i due items classificati nella dimensione affettiva dell'*engagement*, in quanto riguardanti la gestione delle emozioni associata alle prove di valutazione, possono essere considerati una componente del costrutto dell'autoefficacia (denominabile *autoefficacia emotiva*) piuttosto che di quello dell'engagement. Questa è la scelta tenuta nelle analisi successive, anche se un adeguamento più fedele al quadro teorico esposto in precedenza rappresenterebbe una scelta altrettanto legittima. Questi aspetti rendono non scontata la verifica dell'ipotesi di lavoro, che assume in ogni caso questa particolare accezione.

La verifica di tale ipotesi avviene ancora una volta suddividendo il campione in due gruppi (tramite metodo randomico), denominati *gruppo 1.B* (di 982 studenti) e *gruppo 2.B* (di 989 studenti). Si ripete dunque la procedura di analisi illustrata nel paragrafo precedente, effettuando l'AFE sul *gruppo 1.B* per l'autoefficacia e sul *gruppo 2.B* per l'engagement (viceversa per l'AFC). Si osservi che tutti i modelli di AFC testati in questo studio si basano su una struttura non gerarchica (cfr. *figura 1.2*), in cui le varie dimensioni di un costrutto correlano tra loro, ed assumendo che ciascun item sia una funzione lineare pesata delle stesse. In alcuni casi, come quello dell'engagement, la presenza di alcuni elementi olistici nella definizione di un costrutto, e l'elevata correlazione tra alcune sue componenti rilevata in diversi studi, rende legittima la scelta di testare un modello di secondo ordine, in cui è presente un fattore latente che tiene

conto degli aspetti ricorrenti tra le varie dimensioni, e che regredisce sulle stesse. Tuttavia, le limitazioni di questo modello messe recentemente in risalto (*Ben-Eliyahu et al.*, 2018) e l'obiettivo di un'analisi strutturale tra i diversi costrutti analizzati in questo studio, non consigliano questa scelta.

Tramite un *test t* a campioni indipendenti, sono state infine valutate le differenze di genere per le dimensioni emerse dall'analisi di tali costrutti. L'eterogeneità del campione, in termini di precedente esperienza con la fisica, suggerisce invece di non valutare le differenze tra sotto-campioni rispetto a queste variabili quantitative¹⁴.

2.3.5 Analisi di modelli strutturali

L'ultimo step dell'analisi consiste nel valutare la bontà di diversi modelli di equazione strutturale (SEM), in modo da giungere a conclusioni sulle relazioni qualitative e quantitative tra i costrutti analizzati. Sono stati testati $n \times m$ modelli principali, dove n è il numero delle dimensioni estratte dell'*engagement* ed m il numero di dimensioni estratte dell'*autoefficacia*; a titolo di esempio in *figura 2.1* è riportato lo schema del primo modello.

¹⁴ Ciò che è ipotizzato essere indipendente dalla composizione del campione è infatti la struttura di questi costrutti, e non il livello medio associato ad una particolare parte della popolazione.

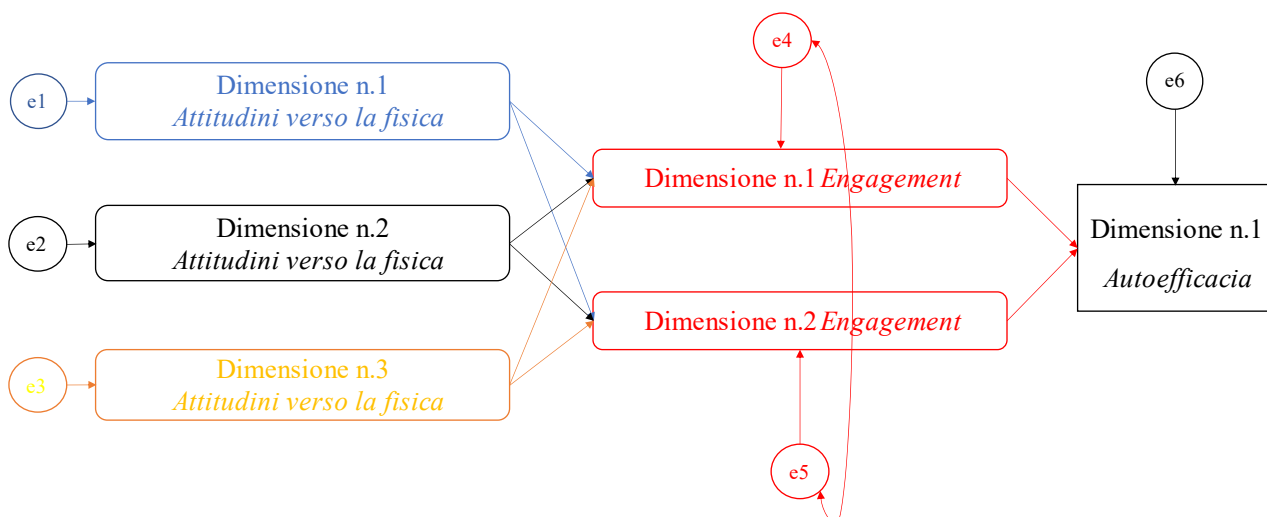


Figura 2.3: Modello n.1 di SEM, nello scenario di conferma dell'ipotesi di lavoro relativamente alla struttura bidimensionale del costrutto dell'engagement. Ognuna delle variabili latenti è caratterizzata da un proprio *residuo* (e1-e6), ed è imposto un vincolo di covarianza tra quelli delle dimensioni del costrutto mediatore.

Tutti i modelli presentano come variabili indipendenti le dimensioni del costrutto delle attitudini verso la fisica, mentre si alterano nei vari schemi le dimensioni di engagement ed autoefficacia con il significato di variabili mediatrici o dipendenti. In particolare, tra le componenti che mediano è imposto un vincolo di covarianza¹⁵, mentre la variabile dipendente è sempre unica.

La giustificazione teorica dei modelli testati risiede nel fatto che le attitudini verso la fisica, misurate tramite il questionario VOP, includono visioni qualitative della disciplina, relative anche ad aspetti extracurricolari, che per loro natura (cfr. *capitolo 1*) sussistono a priori, ed influenzano, i costrutti dell'engagement e dell'autoefficacia. D'altro canto, la relazione causa-effetto tra queste ultime due variabili non è ben

¹⁵ Questo vincolo supporta le evidenze teoriche precedentemente riportate, in particolare rispetto alla correlazione tra le dimensioni dell'engagement, mentre è assente per le dimensioni delle attitudini verso la fisica (che sono tre per costruzione) in quanto tra loro ortogonali.

determinata in letteratura, soprattutto nel contesto della fisica ed in relazione alle attitudini, per cui i diversi modelli testati servono ad esplorare quale sia la soluzione giusta (ammesso che i risultati forniscano una ed una sola soluzione). Ulteriori considerazioni, riguardo l'insieme dei meccanismi di apprendimento nell'ambito della fisica, dovranno eventualmente derivare dai risultati ottenuti. Si osservi inoltre che le attitudini prese in considerazione tramite lo strumento di misura, includono aspetti legati ad altre variabili esposte nei quadri teorici alternativi esplorati, come la motivazione (cfr. *paragrafo 1.2*) e l'engagement sociale (cfr. *paragrafo 1.4*), a supporto della relativa completezza dei processi psicologici analizzati.

È necessaria la seguente precisazione: nel caso in cui emerga dalle analisi precedenti una componente emotiva dell'autoefficacia, in virtù di quanto detto nel paragrafo precedente, essa non verrà inclusa in queste analisi strutturali, in quanto potenzialmente legata in modo forte alla specificità dello strumento di misura adoperato, ed alla mancanza di un solido supporto teorico.

Gli indici che permettono di valutare la bontà di una SEM sono gli stessi di una AFC, così come allo stesso modo l'output consiste nei coefficienti di regressione (standardizzati) che regolano le relazioni del modello. Nel caso della SEM è però importante considerare anche la significatività¹⁶ di un effetto, distinguendo in particolare tra effetti diretti ed indiretti: questi ultimi sono quelli della variabile indipendente su quella dipendente, e sono pari al prodotto degli effetti diretti (*Barbaranelli, 2003*).

Se il fit di un modello risulta adeguato, si procede ad analizzare tutti i percorsi possibili, ovvero tutte le coppie di relazioni che permettono di giungere, da una delle tre variabili indipendenti, alla variabile dipendente. Ogni percorso sarà caratterizzato da una significatività ed una stima dell'effetto totale di regressione, che permetterà di inferire

¹⁶ Tutti i test di significatività in questo studio sono regolati dal valore dell'indice di probabilità p , secondo la seguente scala: $p > 0.05 \rightarrow$ effetto non significativo, $0.01 \leq p \leq 0.05 \rightarrow$ effetto significativo, $p < 0.01 \rightarrow$ effetto molto significativo.

quali sono le principali catene di relazioni che intercorrono tra i costrutti individuati. Inoltre, l'analisi di questi percorsi è stata effettuata anche in termini delle differenze per genere e sotto-campione; nel secondo caso si è inteso valutare il ruolo della precedente esperienza con la fisica, in quanto variabile moderatrice nello stabilire la forza della relazione tra variabile dipendente ed indipendente, misurando per ciascun percorso la presenza di eventuali differenze significative tra i gruppi presi in considerazione.

Infine, sono stati esplorati dei modelli secondari, che differiscono dai principali esclusivamente per la sostituzione delle dimensioni del costrutto delle attitudini verso la fisica con quelle del costrutto dell'identificazione con la fisica, in modo da verificare l'eventuale sovrapponibilità, in questo contesto, tra i due quadri alternativi esplorati.

Capitolo 3

Risultati

3.1 Risultati sulle attitudini verso la fisica

In *tabella A.1.1.1-A.1.1.2* (cfr. *appendice A.1*) sono riportate le statistiche descrittive degli items del questionario *VOP*. L'analisi delle corrispondenze multiple ha estratto 133 dimensioni fattoriali. Relativamente alle prime tre, in *tabella A.1.2.1-A.1.2.3* (cfr. *appendice A.1*) sono riportate le 15 modalità con valore assoluto del *t-value* più elevato per ciascuna delle polarità (positiva e negativa). Queste tre dimensioni rappresentano cumulativamente il 15.15% dell'inerzia totale (rispettivamente il 6.93%, 5.26%, 2.96%): anche se si tratta di percentuali non elevate, questo rappresenta comunque un risultato soddisfacente, in considerazione dell'elevato numero di dimensioni estratte. La descrizione ed interpretazione dei tre assi fattoriali è riportata in *tabella 3.1.1* (cfr. *Testa et al., 2021*).

Dimensione	Opposizione generalizzata (- → +)	Interpretazione
Fattore 1	<u>Rilevanza → Passività</u>	La polarità negativa di questo differenziale semantico esprime una connotazione estremamente positiva della fisica così come studiata a scuola, interessante e per nulla astratta. Ciò si accompagna ad una elevata fiducia nei confronti dei fisici, evidenziando la probabilità di avere a che fare con la fisica in futuro. La polarità positiva rappresenta invece una connotazione non negativa, ma nemmeno troppo positiva, del ruolo dei fisici nella società odierna, mentre la fisica non viene considerata molto interessante.
Fattore 2	<u>Rifiuto → Accettazione</u>	La polarità negativa esprime una visione fortemente negativa della fisica appresa a scuola, che conduce quindi alla volontà di

		non avere relazioni con essa in futuro, né personalmente né attraverso il lavoro dei fisici. Per quanto riguarda invece la polarità positiva, la fisica gioca un ruolo importante per risolvere i problemi più attualmente pressanti. Allo stesso tempo, anche se i fisici sono considerati affidabili e rappresentano figure professionali richieste dal mercato del lavoro, a ciò non corrisponde la volontà di intraprendere una carriera ad essa legata.
Fattore 3	<u>Desiderio di essere → Fuori portata</u>	Dalla polarità negativa emerge il desiderio di essere coinvolti nello studio della fisica, in quanto considerata interessante ed importante, desiderio che è però associato a frustrazione, poiché la società attuale non apprezza abbastanza il lavoro dei fisici. Al contrario, la polarità opposta esprime una visione positiva del ruolo, delle carriere e delle opportunità di lavoro dei fisici, ma allo stesso tempo la fisica è considerata difficile, impegnativa ed astratta, dunque fuori portata.

Tabella 3.1.1: Interpretazione dei primi tre fattori estratti tramite l'analisi delle corrispondenze multiple del questionario VOP.

In base ai fattori estratti dall'analisi delle corrispondenze multiple, la partizione ottimale risulta essere quella in quattro clusters, caratterizzata da un rapporto fra inerzia tra gruppi ed inerzia totale pari a: $0.3532/1.0323 = 0.3422$; un'ulteriore suddivisione del campione avrebbe condotto ad un gruppo di numerosità inferiore alla soglia limite prestabilita. Le cardinalità dei clusters identificati sono rispettivamente: 539, 131, 810 e 491. In *tabella A.1.3.1-A.1.3.4* (cfr. *appendice A.1*) sono riportate, per ciascuno dei quattro gruppi emersi dall'analisi, le 15 modalità con valore più elevato del *t-value*. Queste hanno condotto alle interpretazioni in termini di descrizione dei profili di risposta, riportate in *tabella 3.1.2* (cfr. *Testa et al., 2021*).

Cluster	Significato generalizzato	Interpretazione
Cluster 1 (27.4%)	<u>Disciplina di nicchia</u>	Questo cluster è caratterizzato da opinioni estremamente positive sulla fisica e sui fisici, considerati una risorsa fondamentale sia per la vita personale che per la società. La fisica non è complicata, né astratta; al contrario, la sua importanza risiede sia negli aspetti teorici che nelle applicazioni tecnologiche. È dunque necessario conoscere la fisica in quanto influenza la nostra vita quotidiana, ma anche per poter perseguire una carriera ad essa legata, obiettivo che sembra chiaramente presente per gli studenti appartenenti a questo cluster.
Cluster 2 (6.6%)	<u>Disciplina difficile ed irrilevante</u>	Gli studenti appartenenti a questo gruppo sono caratterizzati da una visione della fisica come qualcosa di difficile da imparare, che suscita poco interesse e di scarsa importanza per la società. Dunque, i fisici sono poco richiesti dal mercato del lavoro e mal pagati. Altre caratteristiche contribuiscono alla loro visione profondamente stereotipata della fisica, come il fatto che sia troppo astratta e che richieda troppe nozioni preliminari per essere compresa.
Cluster 3 (41.1%)	<u>Disciplina accettata</u>	Questo cluster esprime una visione sostanzialmente positiva della fisica, anche se non ai livelli del primo gruppo. Infatti, essa risulta sostanzialmente intrigante ed importante per la società, sia dal punto di vista culturale che per le possibili applicazioni tecnologiche. La società può dunque fare affidamento sul significativo contributo dei fisici al progresso collettivo.
Cluster 4 (24.9%)	<u>Disciplina indefinita</u>	L'ultimo gruppo considera la fisica come una disciplina tra le altre, incapace di suscitare un interesse significativo in quanto non produce effetti tangibili nella vita quotidiana. La fisica sembra essere meno attraente di altre discipline, anche in vista di futuri sviluppi e considerando le opportunità di occupazione lavorativa. Da

		tale atteggiamento consegue l'idea che i fisici non giochino un ruolo specifico nella società.
--	--	--

Tabella 3.1.2: Interpretazione dei quattro clusters identificati tramite l'analisi del questionario VOP. Tra parentesi sono riportate le cardinalità dei clusters in percentuale.

In *figura 3.1.1-3.1.2* si riporta la posizione dei significati generalizzati della fisica identificati, all'interno dello spazio semiotico formato dalle prime tre dimensioni precedentemente descritte. La posizione è determinata dai punteggi medi relativi ai fattori estratti per i quattro clusters. Per semplicità, lo spazio tridimensionale è mappato in due spazi bidimensionali, tralasciando la combinazione meno significativa tra le tre possibili. La linea di opposizione *Rilevanza* → *Passività* differenzia i significati generalizzati di *disciplina di nicchia* e *disciplina indefinita*, con il primo che è l'unico cluster posizionato sul lato sinistro dello spazio semiotico, quasi completamente sovrapposto al polo negativo: i punteggi medi su questa dimensione sono pari rispettivamente a -0.62 ± 0.01 e 0.54 ± 0.01 , mentre per i due restanti gruppi risultano essere, nell'ordine, 0.23 ± 0.03 e 0.05 ± 0.01 . Il significato generalizzato di *disciplina accettata* si oppone invece a quello di *disciplina difficile ed irrilevante* nella direzione *Rifiuto* → *Accettazione*, con il primo leggermente associato alla polarità positiva, mentre il secondo è fortemente spinto verso il polo del rifiuto: i punteggi medi sono pari rispettivamente a 0.27 ± 0.01 e -1.14 ± 0.04 , mentre per i due restanti gruppi risultano essere quasi uguali (-0.06 ± 0.01 e -0.07 ± 0.01). Infine, l'asse *Desiderio di essere* → *Fuori portata* divide simmetricamente il gruppo *disciplina accettata* da quelli di *disciplina di nicchia* e *disciplina indefinita* (con punteggi medi pari rispettivamente a 0.05 ± 0.01 , -0.08 ± 0.02 e -0.06 ± 0.01); il significato generalizzato *disciplina difficile ed irrilevante* sembra invece quello più significativamente polarizzato rispetto a questa dimensione, verso il polo *fuori portata* (punteggio medio: 0.27 ± 0.03). Si osservi che i confronti multipli del test ANOVA mostrano come le uniche differenze

non significative si hanno tra i punteggi dei gruppi *disciplina di nicchia* e *disciplina indefinita*, relativamente alla seconda ed alla terza dimensione.

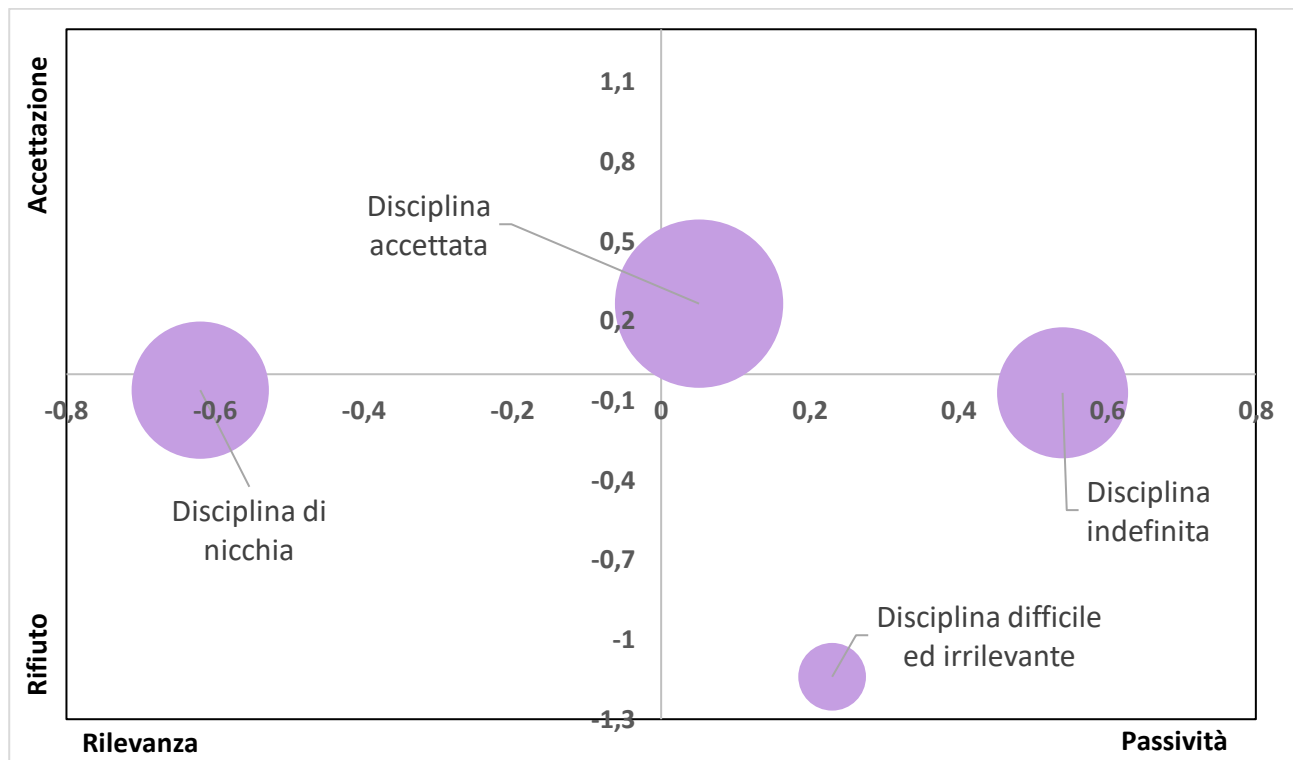


Figura 3.1.1: Locazione dei 4 clusters nello spazio semiotico formato dalle prime due dimensioni estratte tramite l'analisi del questionario VOP. I raggi delle circonferenze sono proporzionali alla cardinalità dei gruppi stessi.

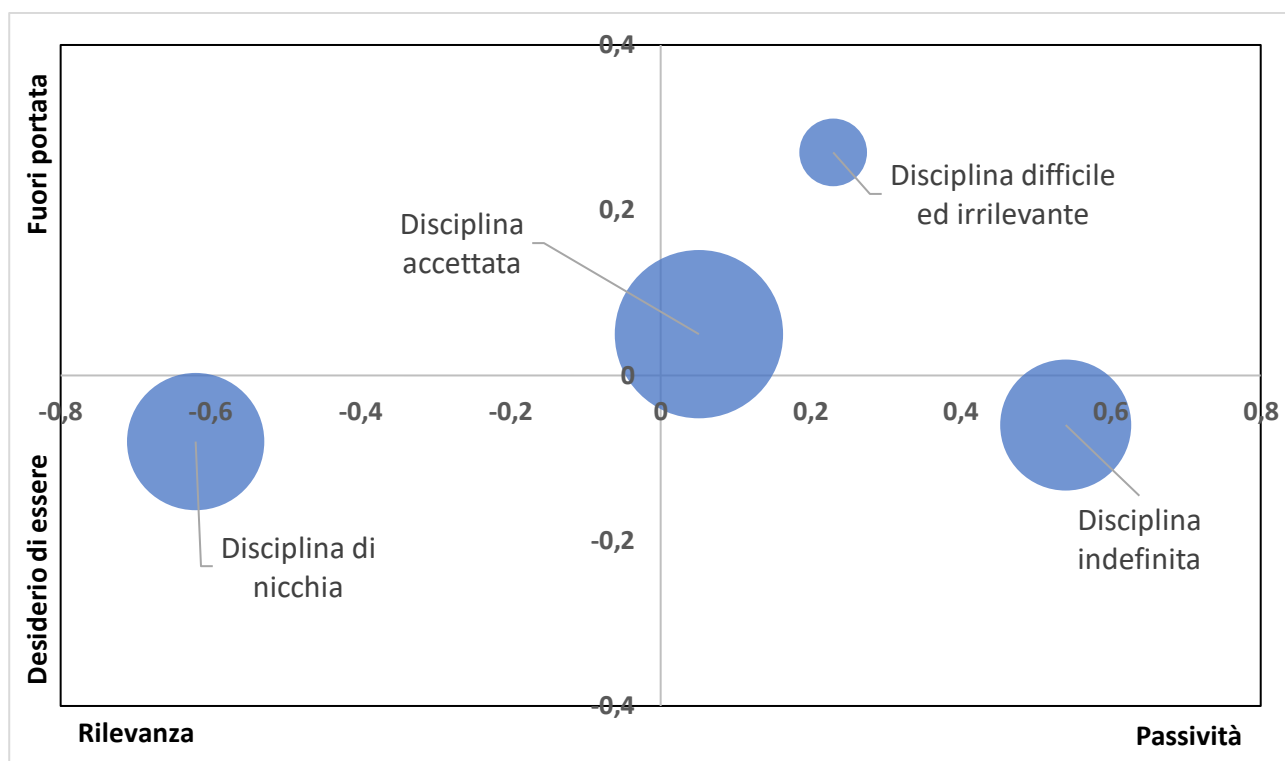


Figura 3.1.2: Locazione dei 4 clusters nello spazio semiotico formato dalla prima e dalla terza dimensione estratte tramite l'analisi del questionario VOP. I raggi delle circonferenze sono proporzionali alla cardinalità dei gruppi stessi.

In figura 3.1.3 sono riportate le differenze tra i punteggi relativi alle dimensioni estratte per i quattro sotto-campioni. Le differenze sono significative per tutti i fattori ($F[3] > 54$, $p < 10^{-3}$), ma i confronti multipli mostrano risultati disomogenei. Per la dimensione *Rilevanza* $\rightarrow$ *Passività* il gruppo dei fisici non si differenzia significativamente né da quello degli ingegneri né da quello del PLS (i punteggi medi sono pari rispettivamente a -0.06 ± 0.02 , -0.01 ± 0.02 e -0.12 ± 0.02), tanto da poter concludere che il primo fattore separa in maniera significativa solo il gruppo del PCTO dagli altri sotto-campioni (punteggio medio: 0.25 ± 0.02). Per la dimensione *Rifiuto* $\rightarrow$ *Accettazione* le differenze sono tutte molto significative ($p < 10^{-3}$), ad esclusione di quella tra i gruppi PLS e PCTO: dunque, il secondo fattore è quello che più differenzia i diversi sotto-campioni (con punteggi medi dati nell'ordine da -0.08 ± 0.02 , -0.13 ± 0.03 , 0.20 ± 0.01 e 0.08 ± 0.01). Infine, per la dimensione *Desiderio di essere* $\rightarrow$ *fuori portata*, le differenze sono ancora molto significative, ad esclusione di quella tra ingegneri e

PCTO (i punteggi medi sono nell'ordine 0.01 ± 0.01 , 0.09 ± 0.01 , 0.12 ± 0.01 e -0.25 ± 0.02). Anche l'associazione tra gruppi e clusters identificati risulta di conseguenza significativa ($\chi^2[9] = 235.970$, $p < 10^{-3}$), come mostra la *tabella 3.1.3*: ciò è dovuto soprattutto alla presenza del cluster *disciplina difficile ed irrilevante*, per il quale risulta molto elevata la percentuale di studenti del gruppo PCTO, e molto basse quelle dei gruppi degli studenti di fisica ed ingegneria.

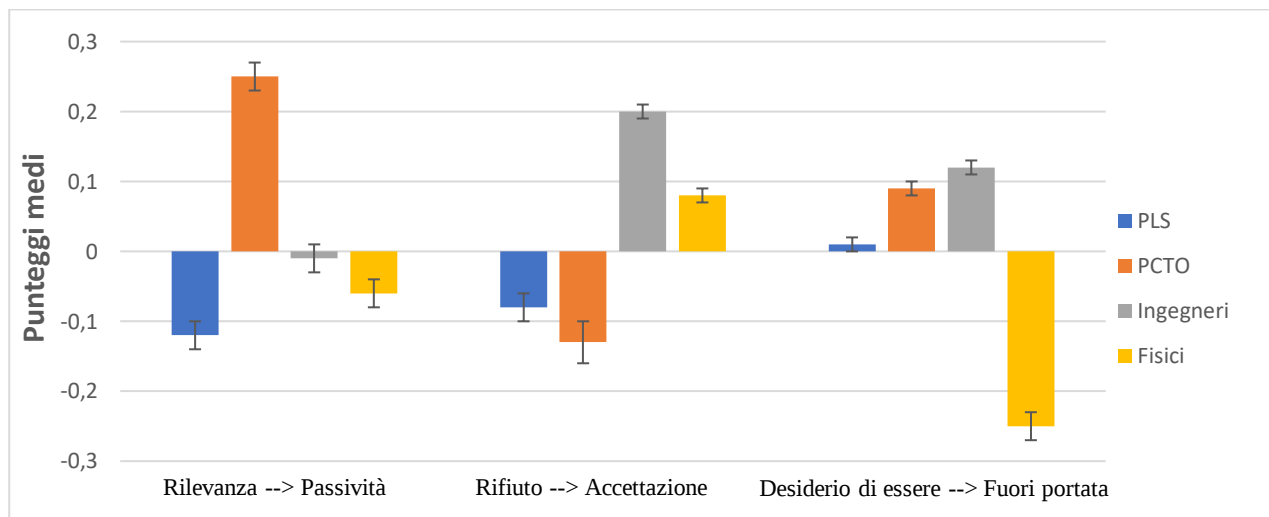


Figura 3.1.3: Punteggi medi dei 4 sotto-campioni sulle dimensioni estratte dal questionario VOP. Le barre rappresentano gli errori standard delle medie.

	<i>Disciplina di nicchia (%)</i>	<i>Disciplina difficile ed irrilevante (%)</i>	<i>Disciplina accettata (%)</i>	<i>Disciplina indefinita (%)</i>
<i>PLS (35.9)</i>	46.4	45.8	30.3	31.2
<i>PCTO (22.8)</i>	11.5	45.8	17.0	38.5
<i>Ingegneri (21.7)</i>	19.7	4.6	27.8	18.3
<i>Fisici (19.6)</i>	22.4	3.8	24.9	12.0
Totale	100	100	100	100

Tabella 3.1.3: Associazione tra i significati generalizzati della fisica individuati e i gruppi che costituiscono il campione (le cifre sono riportate in termini percentuali). Tra parentesi si riportano le percentuali attese in assenza di associazione.

Le differenze di genere risultano molto significative per la dimensione *Rifiuto* → *Accettazione* ($t[1744.440] = 3.659, p < 10^{-3}$) e significative per quella *Rilevanza* → *Passività* ($t[1969] = -1.973, p = 0.49$), ma non significative per il terzo fattore (si veda la *figura 3.1.4*). In particolare, riguardo la prima dimensione il punteggio medio del genere femminile (0.03 ± 0.02) risulta più elevato di quello maschile (-0.02 ± 0.02), viceversa per quanto riguarda la seconda dimensione (maschile: 0.03 ± 0.01 ; femminile: -0.04 ± 0.02).

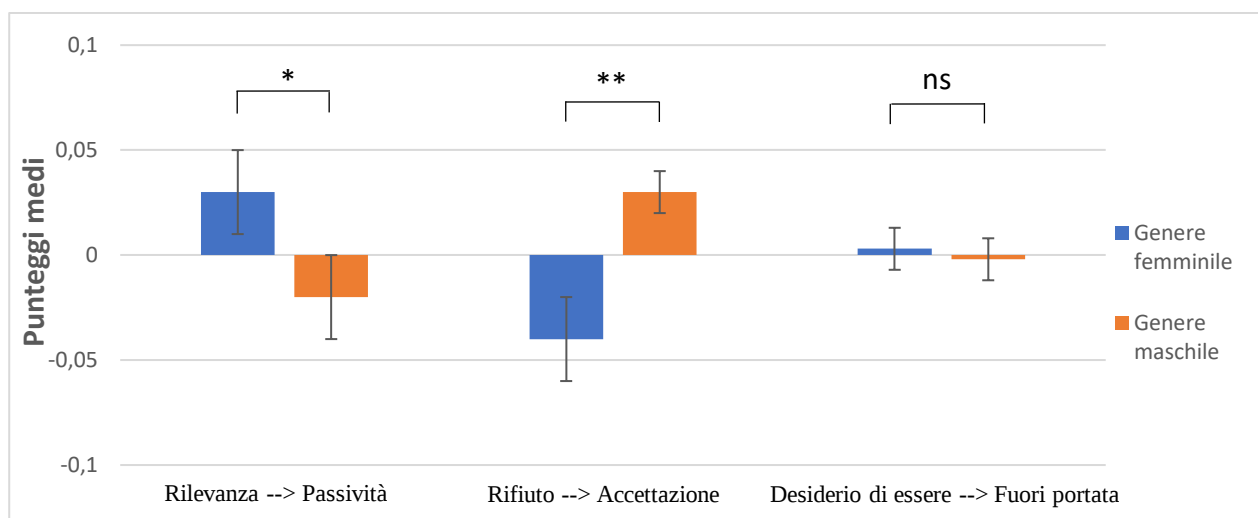


Figura 3.1.4: Punteggi medi del genere maschile e femminile sulle dimensioni estratte dal questionario VOP. Le barre rappresentano gli errori standard delle medie. È stata adottata la seguente legenda per la significatività delle differenze di genere: *ns* = differenza non significativa ($p > 0.05$), * = differenza significativa ($0.1 \leq p \leq 0.5$), ** = differenza molto significativa ($p < 0.01$).

3.2 Risultati sugli universi simbolici

In *tabella A.2.1* (cfr. *appendice A.2*) sono riportate le statistiche descrittive degli items del questionario sugli universi simbolici. In base ai fattori estratti dall'analisi delle corrispondenze multiple, la partizione ottimale è risultata essere quella in cinque clusters, caratterizzata da un rapporto fra inerzia tra gruppi ed inerzia totale pari a: $0.2249/0.7449 = 0.3020$; un'ulteriore suddivisione del campione non avrebbe condotto ad un incremento significativo di tale rapporto. Le cardinalità dei clusters identificati sono rispettivamente: 258, 143, 30, 208 e 90. In *tabella A.2.2.1-A.2.2.5* (cfr. *appendice A.2*) sono riportate, per ciascuno dei cinque gruppi emersi dall'analisi, le 15 modalità con valore più elevato del *t-value*. Queste hanno condotto alle interpretazioni in termini di descrizione dei profili di risposta, riportate in *tabella 3.2.1* (cfr. *Salvatore et al., 2018*).

Cluster	Significato generalizzato	Interpretazione
Cluster 1 (35.4%)	<u>Legame interpersonale</u>	Al primo cluster appartengono studenti che mostrano una visione ottimistica del mondo, visto come un luogo appagante in riferimento ai legami interpersonali, ed in particolare alla loro componente emotiva. Appartenere a questo mondo rappresenta di per sé un obiettivo: adattabilità e conformismo sono sacrifici necessari, ripagati in termini di sicurezza ed appagamento, oltre che nel promuovere un moderato senso di rappresentanza, fiducia e apertura alle novità.
Cluster 2 (19.6%)	<u>Nicchia di appartenenza</u>	Questo gruppo condivide un ancoraggio simile al primo cluster rispetto alla rete primaria di legami sociali. In questo caso però, ciò è combinato con una connotazione negativa e generalizzata del mondo al di fuori di tale rete, in termini di pessimismo riguardo il futuro, fatalismo, inaffidabilità dei servizi e delle istituzioni. Per questo, la rete primaria non rappresenta più esclusivamente un piacere fine a sé stesso, ma anche una necessità, che risponde al bisogno di trovare riparo dall'assenza di regole del mondo esterno. Questa comunità ristretta va dunque protetta a tutti i costi, se necessario anche venendo meno a delle regole sociali, o creando alleanze di comodo con chi sta al di fuori da questa cerchia.
Cluster 3 (4.1%)	<u>Mondo altrui</u>	Il profilo di questo cluster delinea una visione del mondo completamente negativa, persino disperata, in termini di inaffidabilità generalizzata, senso di impotenza, mancanza di arbitrio e totale assenza di regole. Il mondo appartiene a coloro che hanno il potere; gli sconfitti hanno solo la possibilità di provare a sopravvivere, non potendosi dunque concedere il lusso di far guidare la propria azione da valori morali.

Cluster 4 (28.5%)	<u>Universo ordinato</u>	Questo gruppo è caratterizzato da due aspetti rilevanti: da un lato, un atteggiamento positivo e generalizzato verso il mondo esterno (istituzioni e servizi, le persone, il luogo in cui si vive, il futuro), che è considerato affidabile e ricettivo degli sforzi compiuti per migliorarlo. D'altra parte, c'è identificazione con valori e ideali trascendenti (es. giustizia, moralità, solidarietà; rifiuto dell'opportunismo, del conformismo e del potere) che favoriscono l'impegno per cercare di migliorare le cose, dove tale impegno è inteso come un valore in sé. La combinazione di questi due aspetti delinea la fede nell'ordine intrinseco del mondo. Dunque, ciò che è giusto è anche efficace nel rendere le cose migliori, in quanto l'universo segue il suo disegno armonioso.
Cluster 5 (12.4%)	<u>Società premurosa</u>	L'ultimo cluster è caratterizzato da una visione della società come fornitrice affidabile di servizi e beni comuni (es. istruzione, salute, sicurezza, sviluppo), e ricettrice rispetto ai bisogni delle persone in generale. Ciò favorisce una sensazione generalizzata di fiducia, ottimismo nel futuro e senso di rappresentanza: ciò che spetta al singolo è non violare le regole del gioco, che viene gestito al meglio da altri. La fiducia nelle istituzioni in questo caso non conduce dunque a passività, ma al sentirsi capaci di perseguire i propri obiettivi grazie al sostegno della società.

Tabella 3.2.1: Interpretazione dei cinque clusters identificati tramite l'analisi del VOC. Tra parentesi sono riportate le cardinalità dei clusters in percentuale.

In *tabella 3.2.2* è riportata l'associazione, statisticamente significativa ($\chi^2[9] = 235.970$, $p < 10^{-3}$), tra i significati generalizzati della fisica e gli universi simbolici individuati. In particolare, il cluster *disciplina di nicchia* presenta una frequenza

significativamente più elevata tra gli individui appartenenti all'*universo ordinato*, ed al contrario una frequenza significativamente meno elevata tra gli appartenenti al gruppo *legame interpersonale*.

	<i>Disciplina di nicchia (%)</i>	<i>Disciplina difficile ed irrilevante (%)</i>	<i>Disciplina accettata (%)</i>	<i>Disciplina indefinita (%)</i>
<i>Legame interpersonale</i> (35.4)	18.3	0	45.6	39.4
<i>Nicchia di appartenenza</i> (19.6)	20.0	12.5	17.6	25.2
<i>Mondo altrui</i> (4.1)	4.3	37.5	2.7	5.5
<i>Universo ordinato</i> (28.5)	40.4	50.0	22.8	22.0
<i>Società premurosa</i> (12.4)	17.0	0	11.3	7.9
Totale	100	100	100	100

Tabella 3.2.2: Associazione tra i significati generalizzati della fisica e gli universi simbolici individuati (le cifre sono riportate in termini percentuali). Tra parentesi si riportano, per ciascuna riga, le percentuali attese in assenza di associazione.

3.3 Risultati sull'identificazione con la fisica

In *tabella A.3.1* (cfr. *appendice A.3*) sono riportate le statistiche descrittive degli items del questionario sull'identificazione con la fisica. L'AFE¹⁷ condotta sul *gruppo 1.A* ha riportato un buon fit ($KMO = 0.81$; $\chi^2[21] = 2541$, $p < 10^{-3}$) per una soluzione ottimale a due fattori (che spiegano rispettivamente il 58.82% e 16.30% della varianza totale). In particolare, sul primo fattore caricano i tre items relativi all'interesse ed i due items relativi all'utilità percepita, mentre i restanti due items sul riconoscimento caricano sul

¹⁷ Cfr. *appendice A.3* (*tabella A.3.2*) per la matrice dei modelli.

secondo fattore. Il modello così emerso è stato poi confermato con una AFC sul *gruppo* 2.A, riportando inizialmente un fit non adeguato. Il M.I. tra i due items sull'utilità risulta infatti molto elevato (pari a 224), per cui si è ripetuta l'analisi dopo aver parcellizzato le due variabili (in quanto appartenenti allo stesso costrutto teorizzato a priori). In questo modo, si è ottenuto un buon fit ($\chi^2/df = 3.219$, $p = 0.001$; RMSEA = 0.064; CFI = 0.989, TLI = 0.979). Si è dunque potuto procedere col testare il modello sull'intero campione; in *figura 3.3* sono riportati i risultati ottenuti, con gli indici di fit (tutti con valori ottimali) in *tabella 3.3*. I nomi dei fattori emersi riflettono le sottodimensioni dello strumento di misura, anche se due di esse (interesse ed utilità percepita) risultano riunite in un unico fattore.

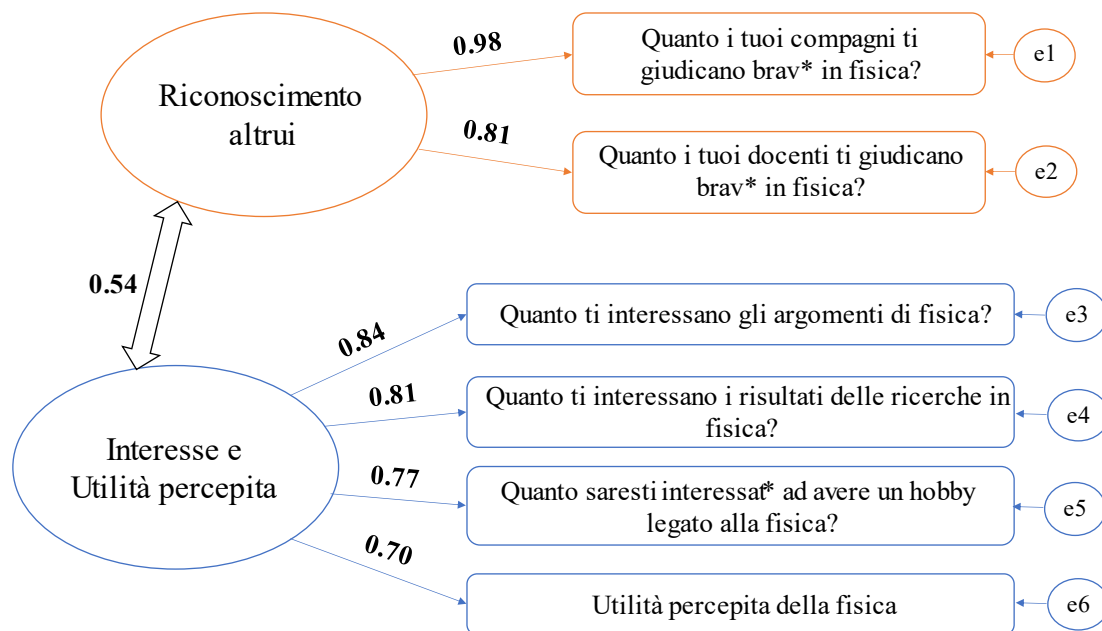


Figura 3.3: Risultati della AFC sul modello emerso per il questionario sull'identificazione con la fisica. La correlazione tra i due fattori è pari a 0.54. Sono riportati i coefficienti di regressione standardizzati (tutti > 0.7). La variabile *Utilità percepita della fisica* è definita dalla parcellizzazione degli items: I) *Quanto pensi sia utile per il tuo futuro studiare fisica?* II) *Quanto pensi sia utile per il tuo futuro imparare argomenti di fisica?*

									Ricon.	Int.&Ut.
χ^2 [8]	22.270	p	0.004	CFI	0.996	NFI	0.994	AVE	0.804	0.611
$\chi^2_{\min}$	2.784	RMSEA	0.040	TLI	0.992	IFI	0.996	CR	0.890	0.862

Tabella 3.3: Indici della AFC sul modello emerso per il questionario sull'identificazione con la fisica.

3.4 Risultati sull'autoefficacia

In *tabella A.4.1* (cfr. *appendice A.4*) sono riportate le statistiche descrittive degli items del questionario sull'autoefficacia. L'AFE¹⁸ condotta sul *gruppo 1.B* ha riportato un fit accettabile ($KMO = 0.79$; $\chi^2[36] = 3016$, $p < 10^{-3}$) per una soluzione ottimale a tre fattori (che spiegano rispettivamente il 41.64%, 14.55% e 12.66% della varianza totale). I tre items relativi agli esperimenti caricano sul primo fattore, mentre i due riguardanti la dimensione emotiva appartengono al terzo fattore; tre restanti items – i) *Avere buoni voti alla fine del quadrimestre*; ii) *Esporre adeguatamente in forma orale gli argomenti che ho studiato*; iii) *Risolvere correttamente semplici problemi ed esercizi* – caricano invece sul secondo fattore, mentre *Risolvere correttamente problemi complicati* non appartiene a nessuna delle dimensioni individuate. Il modello così emerso è stato poi confermato con una AFC sul *gruppo 2.B*, riportando inizialmente un fit non adeguato ($RMSEA > 0.08$). Si è dunque deciso di eliminare dal modello l'item – *Svolgere esperimenti guidati dai docenti* – che presenta il più basso coefficiente di regressione (valore standardizzato < 0.6)¹⁹. In questo modo, si è ottenuto un buon fit ($\chi^2/df = 3.887$, $p < 10^{-3}$; $RMSEA = 0.054$; $CFI = 0.985$, $TLI = 0.971$). Si è dunque potuto procedere col testare il modello sull'intero campione; in *figura 3.4.1* sono riportati i risultati ottenuti, con gli indici di fit (tutti con valori accettabili) in

¹⁸ Cfr. *appendice A.4* (*tabella A.4.2*) per la matrice dei modelli.

¹⁹ Procedere diversamente, imponendo covarianze tra items con *modification index* più elevato, avrebbe invece condotto a correlazioni negative tra le stesse variabili, che non rispecchiano i dati reali acquisiti sul campione.

tabella 3.4. Emerge dunque una netta distinzione tra l'autoefficacia relativa alle attività sperimentali e quella relativa ad altre attività.

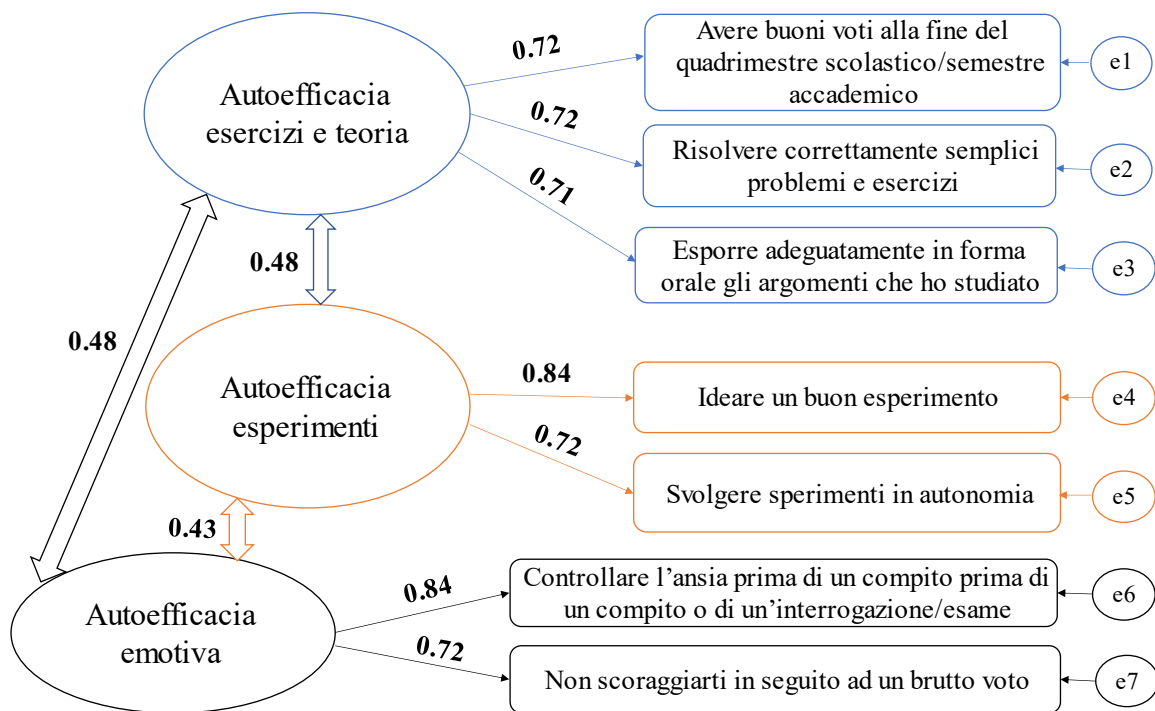


Figura 3.4.1: Risultati della AFC sul modello emerso per il questionario sull'autoefficacia. Sono riportati i coefficienti di regressione standardizzati.

									Es.&Teo.	Esp.	Aff.
$\chi^2[11]$	92.984	p	$< 10^{-3}$	CFI	0.979	NFI	0.977	AVE	0.515	0.614	0.607
$\chi^2_{\min}$	8.453	RMSEA	0.062	TLI	0.961	IFI	0.980	CR	0.761	0.760	0.754

Tabella 3.4: Indici della AFC sul modello emerso per il questionario sull'autoefficacia.

Si osservi infine che le differenze di genere (cfr. figura 3.4.2) risultano molto significative per tutti i tre fattori in gioco ($t[1969] > 3.4$, $p < 10^{-3}$), con il con il genere maschile che presenta in tutti i casi punteggi medi più elevati (nell'ordine: 3.06 ± 0.02 vs 2.96 ± 0.02 ; 2.85 ± 0.02 vs 2.57 ± 0.03 ; 2.70 ± 0.02 vs 2.30 ± 0.03).

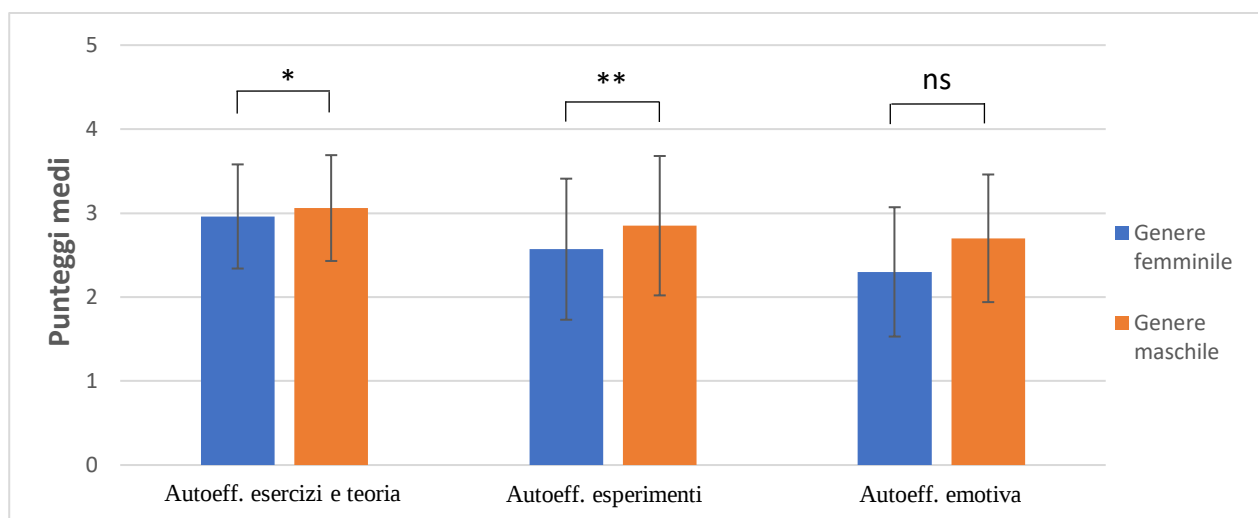


Figura 3.4.2: Punteggi medi del genere maschile e femminile sulle dimensioni dell'autoefficacia. Le barre rappresentano le deviazioni standard. È stata adottata la seguente legenda per la significatività delle differenze di genere: *ns* = differenza non significativa ($p > 0.05$), * = differenza significativa ($0.1 \leq p \leq 0.5$), ** = differenza molto significativa ($p < 0.01$).

3.5 Risultati sull'engagement

In *tabella A.5.1* (cfr. *appendice A.5*) sono riportate le statistiche descrittive degli items del questionario sull'engagement percepito riguardo la fisica. L'AFE²⁰ condotta sul *gruppo 2.B* ha riportato un ottimo fit ($KMO = 0.94$; $\chi^2 (210) = 12158$, $p < 10^{-3}$) per una soluzione ottimale a due fattori (che spiegano rispettivamente il 47.42% e 6.43% della varianza totale). In *tabella A.5.2* (cfr. *appendice A.5*) è riportata la matrice dei modelli completa associata a questa soluzione. Facendo riferimento al quadro teorico adottato, ovvero alla suddivisione del costrutto dell'engagement nelle due componenti cognitiva e comportamentale, si è deciso di modificare leggermente il modello emerso, per sottoporlo poi ad analisi confermativa. Di fatto, è stata ripristinata la suddivisione degli item nelle due dimensioni teorizzate a priori, essendo questa scelta giustificata da due considerazioni: I) dall'AFE sono emersi lo stesso numero di fattori previsti in ipotesi; II) gli items per cui è stata cambiata la dimensione di appartenenza presentano coppie di *loadings* non elevati (minori di 0.6), ma entrambi positivi. Si osservi che due items

²⁰ Cfr. *appendice A.5* (*tabella A.5.2*) per la matrice dei modelli.

– *Adeguare il modo di relazionarti al docente che hai davanti e Creare collegamenti e individuare analogie e differenze nei diversi materiali che sto studiando* – non saturano su nessun fattore.

Dunque, il modello a priori teorizzato è stato confermato con una AFC sul *gruppo 1.B*, riportando inizialmente un fit non adeguato ($RMSEA > 0.08$). Ciò era prevedibile, considerata anche l'eccessivo divario tra il numero di items appartenenti ai due fattori (14 per il primo, 5 per il secondo). Seguendo la guida dei M.I. più elevati e delle sottodimensioni individuabili per la dimensione cognitiva, si è dunque deciso di effettuare una media tra alcune variabili, secondo quanto riportato in *tabella 3.5.1*. I nomi degli items parcellizzati derivano dall'interpretazione seguita per effettuare tale operazione.

Interpretazione <i>parcel</i>	Items parcellizzati
<u>Programmazione studio</u>	1. Rispettare sempre il programma di studio stabilito 2. Mantenere un ritmo costante di studio lungo tutto l'anno scolastico/accademico 3. Organizzare il tempo di studio a casa in maniera efficace 4. Programmare lo studio in base alla difficoltà degli argomenti
<u>Strategie studio</u>	1. Rielaborare adeguatamente in forma scritta gli argomenti studiati 2. Fare uso di adeguate ed efficaci strategie di apprendimento (es. schemi, mappe)
<u>Prendere appunti</u>	1. Prendere appunti chiari quando il docente spiega 2. Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di una lezione 3. Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di un esperimento

Tabella 3.5.1: Items parcellizzati del questionario sull'engagement.

È stato inoltre necessario eliminare i 4 items con i valori più bassi dei coefficienti di regressione (valore standardizzato < 0.6)²¹ per ottenere un fit accettabile ($\chi^2/df = 6.039$, $p < 10^{-3}$; RMSEA = 0.072; CFI = 0.971, TLI = 0.960). Si è dunque potuto procedere col testare il modello sull'intero campione; in *figura 3.5.1* sono riportati i risultati ottenuti, con gli indici di fit (tutti con valori accettabili) in *tabella 3.5.2*.

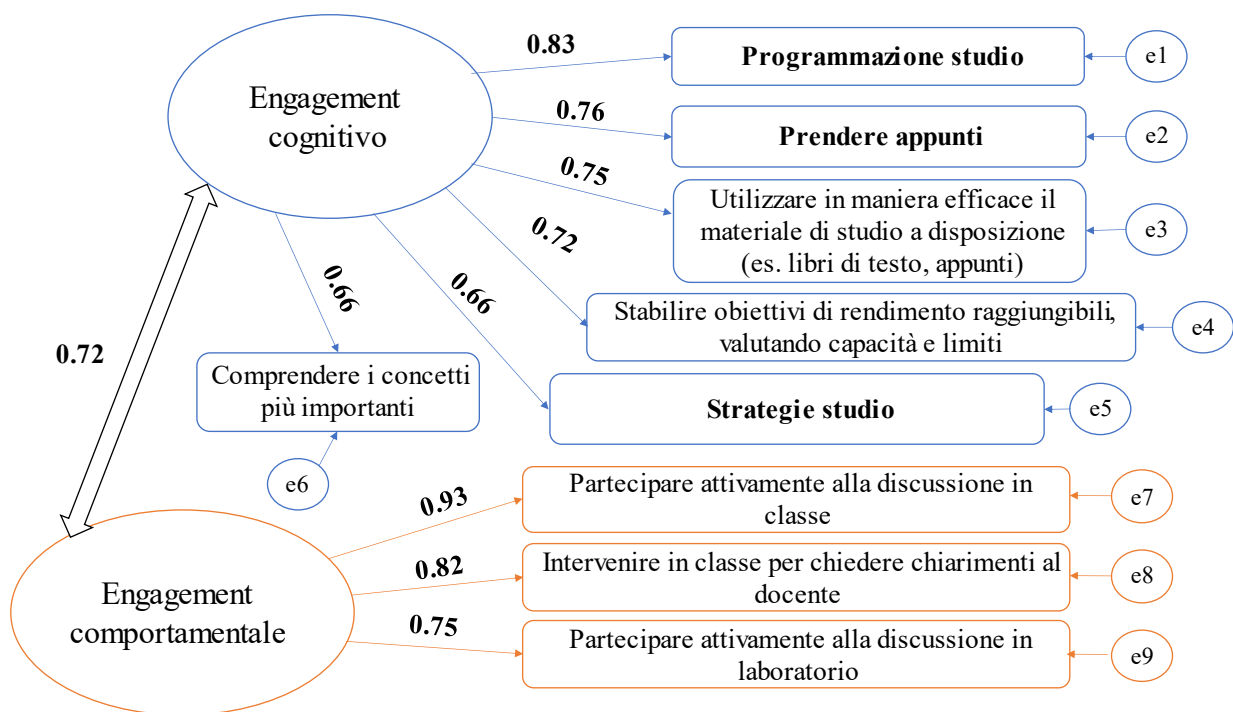


Figura 3.5.1: Risultati della AFC sul modello emerso per il questionario sull'engagement percepito in fisica. La correlazione tra i due fattori è pari a 0.72. Sono riportati i coefficienti di regressione standardizzati. I nomi dei *parcels* sono riportati in grassetto.

									Cog.	Beh.
$\chi^2 [26]$	323.443	p	$< 10^{-3}$	CFI	0.969	NFI	0.966	AVE	0.537	0.695
$\chi^2_{\min}$	12.440	RMSEA	0.076	TLI	0.957	IFI	0.969	CR	0.874	0.872

Tabella 3.5.2: Indici della AFC sul modello emerso per il questionario sull'engagement.

²¹ I quattro items in questione sono i seguenti: I) concentrarmi soprattutto sui concetti principali; II) saper trovare collegamenti con altre materie; III) mantenere alta la concentrazione durante la lezione, anche quando i tuoi compagni disturbano; IV) frequentare con costanza.

Si osservi infine che le differenze di genere (cfr. *figura 3.5.2*) risultano significative solo per la componente cognitiva ($t[1969] = -2.479$, $p = 0.13$), con il genere femminile che presenta un punteggio medio (3.56 ± 0.02) più elevato di quello maschile (3.48 ± 0.02). Per la dimensione comportamentale i punteggi risultano invece 3.30 ± 0.03 (per il genere femminile) e 3.35 ± 0.03 (per il genere maschile).

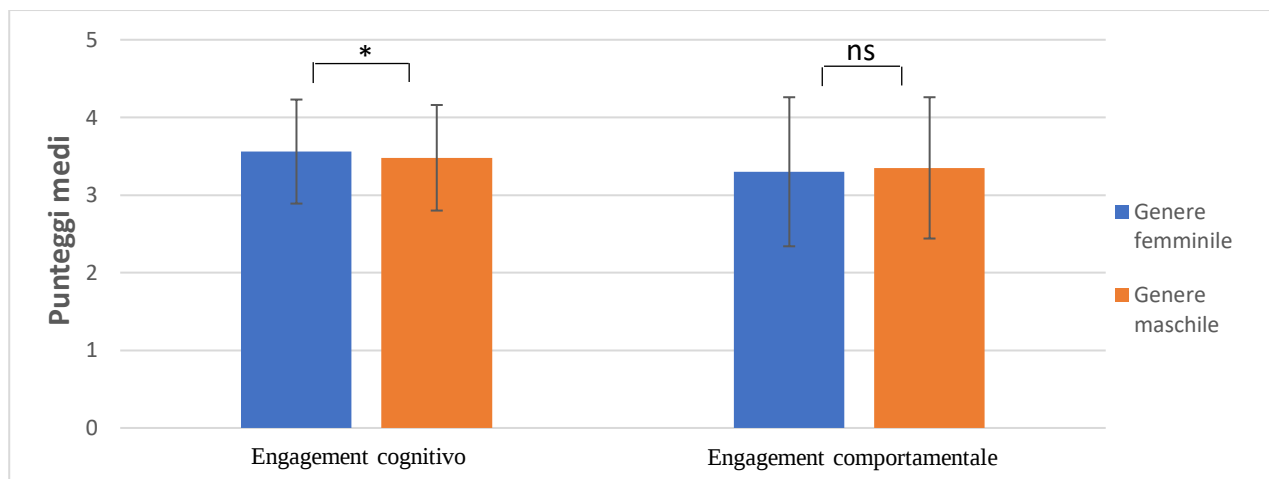


Figura 3.4.2: Punteggi medi del genere maschile e femminile sulle dimensioni dell’engagement. Le barre rappresentano le deviazioni standard. È stata adottata la seguente legenda per la significatività delle differenze di genere: *ns* = differenza non significativa ($p > 0.05$), * = differenza significativa ($0.1 \leq p \leq 0.5$), ** = differenza molto significativa ($p < 0.01$).

3.6 Risultati sulle equazioni strutturali

Sono stati dunque esplorati quattro modelli di SEM, di cui stabiliamo innanzitutto la nomenclatura (da n.1 a n.4). I primi due modelli sono quelli che presentano l’engagement come costrutto mediatore, viceversa per gli altri due. In particolare, le variabili dipendenti delle diverse SEM sono rappresentate nell’ordine dalle seguenti dimensioni: *autoefficacia esperimenti*, *autoefficacia esercizi e teoria*, *engagement cognitivo ed engagement comportamentale*. Solo il *modello n.2* presenta un fit

adeguato ($\chi^2_{\min}[6] = 7.299$, $p < 10^{-3}$; RMSEA = 0.057; CFI = 0.992, TLI = 0.979)²². Per tale modello, sono riportati in *tabella 3.6* tutti i coefficienti di regressione standardizzati. Da lì, si evince che gli effetti diretti sono tutti significativi, ad esclusione di quelli associati alla dimensione *Desiderio di essere* → *Fuori portata*. Sono inoltre presenti gli effetti indiretti, ma ancora una volta quelli associati al terzo fattore estratto dall'analisi del questionario VOP non risultano significativi.

	<i>Rilevanza</i> → <i>Passività</i>	<i>Rifiuto</i> → <i>Accettazione</i>	<i>Desiderio di</i> <i>essere</i> → <i>Fuori portata</i>	<i>Engag.</i> <i>comport.</i>	<i>Engag.</i> <i>cognit.</i>
<i>Engag. comport.</i>	-0.400*	0.187*	0.022 ^{ns}		
<i>Engag. cognit.</i>	-0.492*	0.240**	0.015 ^{ns}		
<i>Autoeff. eserc.&teo.</i>	-0.383*	0.186**	0.013 ^{ns}	0.115*	0.685**

Tabella 3.6: Coefficienti di regressione standardizzati associati agli effetti diretti ed indiretti del *modello 2* di equazione strutturale. È stata adottata la seguente legenda per la significatività dei coefficienti: *ns* = non significativo; * = significativo ($0.01 \leq p \leq 0.05$); ** = molto significativo ($p < 0.01$).

I restanti 4 possibili percorsi risultano tutti significativi; in *tabella 3.7* si riportano le stime dei coefficienti ad essi associati. La negatività dei coefficienti stimati per i primi due percorsi riflette la polarità del fattore *Rilevanza* → *Passività*, mentre dal loro valore assoluto si evince che la mediazione della dimensione cognitiva dell'engagement è più forte rispetto a quella della componente comportamentale.

²² Si osservi che il *modello 1* ed il *modello 3* hanno riportato valori dell'indice RMSEA maggiori di 0.08, mentre per il *modello 4* l'indice TLI è minore di 0.95 ed altri indici sono molto vicini alle soglie critiche.

Percorsi	Stima	Inf.	Sup.	p
Rilevanza/Passività → Cog. Eng. → Autoeff. eserc.&teo.	-,419	-,452	-,384	,008
Rilevanza/Passività → Comp. Eng. → Autoeff. eserc.&teo.	-,057	-,075	-,029	,020
Rifiuto/Accettazione → Cog. Eng. → Autoeff. eserc.&teo.	,235	,190	,286	,006
Rifiuto/Accettazione → Comp. Eng. → Autoeff. eserc.&teo.	,031	,015	,043	,016

Tabella 3.7: Stime dei coefficienti associati ai 4 percorsi significativi del *modello 2* di equazione strutturale. Sono inoltre riportati i valori inferiori e superiori degli intervalli di confidenza, e le probabilità associate alle stime.

Da quest'analisi emergono alcune differenze di genere: infatti, per quello maschile i due percorsi mediati dalla componente comportamentale non sono significativi, diversamente da quello femminile (anche se in questi casi le differenze non risultano significative). Inoltre, per i due percorsi mediati dalla componente cognitiva, solo uno (associato al fattore *Rifiuto* → *Accettazione*) presenta differenze significative, con il genere maschile associato ad un coefficiente di stima totale dell'effetto di regressione maggiore rispetto a quello femminile ($\Delta[F-M] = -0.102$, $p = 0,2$). In *tabella A.6.1* (cfr. *appendice A.6*) si riportano tutti i coefficienti stimati dall'analisi dei percorsi differenziati per genere.

Anche tra le 4 suddivisioni del campione emergono notevoli differenze riguardo l'analisi dei percorsi. Innanzitutto, sono stavolta in generale presenti anche gli effetti diretti ed indiretti dati dalla dimensione *Desiderio di essere* → *fuori portata*. In particolare: I) per il gruppo PLS tutti i percorsi risultano significativi; II) per il gruppo PCTO risultano significativi tutti e soli i percorsi in cui la variabile mediatrice è rappresentata dalla componente cognitiva dell'engagement; III) per il gruppo degli studenti di ingegneria sono significativi i percorsi mediati dalla componente cognitiva, ad esclusione di quello associato alla dimensione *Desiderio di essere* → *fuori portata*; IV) per il gruppo degli studenti di fisica il solo percorso significativo è quello associato alla dimensione *Rilevanza* → *Passività*, ed ancora una volta mediato dalla componente cognitiva. L'insieme completo di tutti i coefficienti stimati tramite quest'analisi è riportata in *tabella A.6.2* (cfr. *appendice A.6*). Da questa tabella si evince anche che le

differenze dei percorsi tra coppie di gruppi sono significative ($p < 0.05$) in 11 casi su 36, e tra questi molto significative ($p < 0.01$) in soli due casi; questi ultimi riguardano entrambi le differenze tra il gruppo PLS e quello dei fisici, e rappresentano entrambi percorsi mediati dalla componente comportamentale dell'engagement.

Infine, si osservi come le stesse equazioni strutturali, in cui le dimensioni individuate dall'analisi del questionario VOP sono sostituite dai fattori del costrutto dell'identificazione con la fisica, non conducono a fit adeguati per ognuno dei quattro modelli esplorati.

Capitolo 4

Discussione

4.1 Discussione sulle attitudini verso la fisica

La prima dimensione estratta dal questionario VOP – *Rilevanza* → *Passività* – indica che la principale linea di forza dello spazio semiotico riguardante le attitudini verso la fisica è rappresentata dalla percezione del suo livello di astrazione, inteso come grado di capacità di rappresentazione degli oggetti della realtà. Questa scala è stata interpretata in termini di rilevanza percepita della disciplina, in modo da rendere chiaro quale sia la polarità verso la quale sia auspicabile tendano gli studenti. Quest'interpretazione segue l'assunto per cui un qualsiasi linguaggio, a prescindere dal suo grado di complessità e completezza, perde di importanza se non è in qualche modo utile alla risoluzione di problemi pratici.

Ciò implica la necessità che l'azione didattica abbia in ogni caso come presupposto il tentativo di risolvere il cosiddetto *justification problem*, ovvero non limitarsi a chiarire gli obiettivi specifici di un certo percorso disciplinare, ma esplicitare innanzitutto quelli collegati al contesto più generale dell'apprendimento. Queste considerazioni includono sia la sfera individuale (il motivo per cui il singolo studente, a prescindere dalle proprie aspirazioni, deve confrontarsi con alcuni specifici argomenti) che quella sociale (i benefici ricavati dalla società nello studiare quel tipo di problematiche). Tale questione diventa ancora più urgente all'interno di un quadro in cui la matematica rappresenta un presupposto irrinunciabile per lo studio della fisica, e l'efficacia del linguaggio simbolico nel rappresentare la realtà diviene quasi irragionevole. Si possono individuare diverse linee lunghe le quali agire per modificare la percezione del livello di astrazione della fisica: ad esempio, l'espedito dell'*unpacking*, ovvero dell'anticipazione di risultati non direttamente dimostrabili, in quanto relativi ad applicazioni pratiche o evoluzioni della teoria in esame, può risultare utile in tal senso.

A questo proposito, è anche importante esplicitare la differenza tra processi di generalizzazione e di astrazione, fornendo alla platea studentesca gli strumenti adeguati che consentano di percepire caso per caso gli opposti significati di tali metodi (ampliamento della classe di fenomeni a cui una certa teoria può fare riferimento in un caso, tendenza ad evadere dal riferimento nell'altro). Ciò permetterebbe anche di mettere in evidenza anche un altro aspetto che spesso si accompagna e deriva dalla confusione riguardo il concetto di astrazione: sottintendere il passaggio della creazione del modello che rappresenta il sistema in esame, ovvero ridurre la risoluzione di un problema fisico ad un mero esercizio matematico, rende l'ingannevole idea dell'assenza del processo di creatività intrinseco nella disciplina, considerata dunque come un insieme di regole ed algoritmi predeterminati e generali, anche quando viene riconosciuta la sua capacità di avere notevoli applicazioni pratiche.

L'esperienza scolastica (ed universitaria) accumulata riguardo la fisica sembra però giocare un ruolo più decisivo nel determinare la posizione lungo la dimensione *Rifiuto* → *Accettazione*. È infatti questo tipo di esperienza a determinare in misura predominante, secondo l'interpretazione fornita, il livello secondo il quale si è disposti ad interfacciarsi con la disciplina. Questo livello è da intendersi in maniera quantitativa (es. quanto tempo si è disposti a spendere nello studio della fisica), specialmente in confronto ad altre discipline. Ne consegue una caratterizzazione della fisica come ambito nel quale la polarizzazione in termini di questa linea di forza è più estrema, anche se questo tipo di analisi non permette di individuare quali specifici elementi dell'azione didattica determinino questo grado di rifiuto.

È importante sottolineare come, per quanto in precedenza specificato riguardo la tecnica di analisi, i due poli ideali (rifiuto totale ed accettazione totale), non risultano equidistanti dall'origine dell'asse fattoriale: il campione in esame risulta mediamente polarizzato verso il polo negativo di questa dimensione, così come accade anche per il primo fattore estratto. Infine, il differenziale semantico *Desiderio di essere* → *Fuori portata* rappresenta il grado di repulsione percepita che la fisica esercita nei confronti di sé stessi, caratterizzando dunque una relazione tra disciplina ed individuo diretta nel

verso opposto rispetto alla precedente dimensione fattoriale. Tale repulsione è determinata non solo dal grado percepito di impegno richiesto nello studio, ma soprattutto dal conseguente riconoscimento sociale, anche in termini pratici di opportunità lavorative. Dunque, la percezione del riconoscimento dell'importante ruolo dei fisici da parte della società si accompagna alla frustrazione dovuta alla repulsione esercitata nei propri confronti, e viceversa l'appagamento dovuto al buon rapporto con la disciplina convive con, e probabilmente causa, una richiesta di più opportunità per chi intraprende un percorso strettamente legato alla fisica.

All'interno dello spazio semiotico delle attitudini verso la fisica così costruito, la dimensione *Rilevanza* → *Passività* distingue nettamente i significati generalizzati denominati *disciplina di nicchia* e *disciplina indefinita*, che relativamente agli altri fattori presentano invece punteggi medi molto vicini alla media dell'intero campione. Questi due clusters presentano una cardinalità simile (rispettivamente il 27.4% e 24.9%) e sono dominati rispettivamente dalle modalità *completamente* ed *abbastanza*. In particolare, il significato del termine “nicchia” è da intendersi come esemplificatore di una fiducia assoluta nei confronti della ristretta comunità dei fisici, che protegge e deve a sua volta essere protetta: questa è intesa dunque come un sistema chiuso, che prima fornisce agli studenti gli strumenti necessari per entrare a farvi parte, per poi sfruttare le risorse fornite dagli stessi per poter progredire. L'autoreferenzialità di questo sistema consiste dunque nella naturale, non costruita, convergenza di obiettivi tra le richieste degli studenti e l'impostazione didattica degli insegnanti, o più in generale della comunità che fornisce gli strumenti conoscitivi. Inoltre, ciò si accompagna ad un atteggiamento conservatore riguardo la fisica, intesa come disciplina guida nell'ambito delle scienze naturali, con uno status più elevato, e con la quale dunque deve coerentemente risultare un approccio più complicato.

La validazione di questo gruppo, e dunque del significato di nicchia, può essere riferita anche agli universi simbolici individuati, per i quali questo termine era invece riferito alla rete primaria di legami sociali, e non ad una comunità inizialmente estranea. Infatti, la sovrapposizione con l'*universo ordinato* mostra come l'atteggiamento positivo e

generalizzato verso la comunità da proteggere è giustificato dalla percezione che essa sia ricettiva degli sforzi compiuti dall'individuo per migliorarla, attraverso un impegno che ha uno specifico valore intrinseco. D'altro canto, la scarsa sovrapposizione con il cluster *legame interpersonale* mostra la mancanza apertura al nuovo che caratterizza questo gruppo, oltre al fatto che il senso di rappresentanza ed appagamento è di matrice naturale, e non richiede sacrifici in termini di adattabilità e conformismo.

Gli studenti identificati con il cluster *disciplina indefinita* mostrano invece come l'atteggiamento di passività sia associato ad una sorta di strategia di sopravvivenza, vale a dire tentare di convivere con le difficoltà generate dallo studio della fisica in assenza di una spinta verso il miglioramento, non essendo percepita una significativa rilevanza della stessa. Questo aspetto contrappone tale gruppo al cluster *disciplina difficile ed irrilevante*, il meno numeroso tra quelli identificati (cardinalità del 6.6%) e dominato dalla modalità *per niente*. Per tali studenti le esperienze negative e le difficoltà nello studio sembrano infatti implicare esclusivamente un senso di impotenza, che conduce ad un rifiuto totale: questo agisce in entrambi i versi della relazione tra individuo e disciplina, come evidente dallo spostamento del cluster dall'origine verso i poli fattoriali *rifiuto* e *fuori portata*. Questi punteggi evidenziano però un effetto maggiore dell'azione da parte dell'individuo, che considera la fisica elitaria non solo dal punto di vista delle competenze richieste, ma anche per il livello di ambizione necessario ad avere successo. Questo aspetto, unito al non significativo spostamento verso il polo della *passività*, suggerisce che gli studenti identificabili con questo gruppo riescano comunque a mantenere una sorta di controllo riguardo l'esperienza con la fisica.

Infine, il cluster più numeroso è stato denominato *disciplina accettata* (cardinalità del 41.1%). Esso risulta dominato dalla modalità *molto*, ed in entrambi i sottospazi semiotici ha una posizione vicina all'origine del sistema di riferimento, con un leggero spostamento verso il polo dell'accettazione.

4.2 Discussione su engagement ed autoefficacia

La bidimensionalità della soluzione ottimale per il costrutto dell'engagement mostra come gli aspetti di autoregolazione e quelli di elaborazione rappresentino in questo caso un'unica componente. È stato dunque possibile adottare la suddivisione nei fattori cognitivo e comportamentale, con le specifiche discusse in precedenza nell'ambito del quadro teorico. Il primo è suddividibile in ulteriori sottodimensioni, come mostra l'operazione di parcellizzazione degli items. È interessante osservare come la componente autoregolativa dello studio risulti sostanzialmente compatta e presenti il coefficiente di regressione più elevato, mentre gli aspetti relativi all'elaborazione sembrano preservare una maggiore indipendenza reciproca. In particolare, gli items relativi all'interdisciplinarietà, ovvero alle capacità di sintesi ed estrazione dei concetti principali, che consentono poi i collegamenti tra diversi materiali e diverse discipline, sono stati eliminati dalla regressione finale in quanto associati a pesi non elevati. Allo stesso tempo, per la componente comportamentale la partecipazione alle attività di laboratorio risulta avere un peso minore nella determinazione del punteggio fattoriale. Ciò non implica che il campione in esame presenti una scarsa capacità percepita di svolgere tali attività²³, ma piuttosto che esse non siano sufficientemente esplorate a livello didattico, e dunque percepite dagli studenti in modo qualitativamente diverso dalle restanti. È d'altronde noto che le attività di sperimentazione in fisica siano spesso assenti sia a livello scolastico che universitario, così come non siano enfatizzati i possibili sbocchi interdisciplinari derivanti dalle applicazioni della stessa. In ogni caso, la correlazione elevata tra le componenti cognitiva e comportamentale mostra che sarebbe accettabile anche un'analisi in termini di una struttura unidimensionale dell'engagement.

Per quanto riguarda invece il costrutto dell'autoefficacia, la supposta esistenza di un'unica dimensione non risulta verificata, in quanto l'analisi esplorativa suggerisce

²³ Al contrario, ad eccezione di *Frequentare con costanza*, i punteggi medi degli altri items risultano tra loro simili, e racchiusi nell'intervallo [3.43, 3.96].

che le capacità riguardanti le attività sperimentali appartengano ad una componente diversa rispetto alle capacità relative alla risoluzione di problemi ed esposizione orale. Ciò è ancor più vero se si considera che le correlazioni tra i tre fattori non risultano elevate (< 0.5), confermando dunque quanto detto in precedenza per l'engagement, riguardo le attività di laboratorio percepite in modo qualitativamente diverso. Inoltre, l'assenza dell'item *svolgere esperimenti guidato dai docenti* fa sì che questa prima dimensione sia caratterizzata anche da un'associazione con una maggiore richiesta di iniziativa individuale, poiché l'attività autonoma di laboratorio non segue delle regole prestabilite, a differenza della risoluzione di esercizi o esposizioni standardizzate.

4.3 Discussione sui modelli di equazione strutturale

Il fatto che uno solo tra i modelli di equazione strutturale determini un fit accettabile sui dati del campione in esame, rafforza il significato della soluzione, oltre ad indurre alcune considerazioni. Innanzitutto, il costrutto delle attitudini verso la fisica, così come qui inteso, mostra in tal senso un maggiore potere predittivo rispetto al costrutto dell'identificazione con la fisica: ciò potrebbe riflettere la maggiore adeguatezza dell'utilizzo di scale categoriali nel primo livello di un modello strutturale, rispetto a scale ordinali.

In secondo luogo, è stato dimostrato che il ruolo di variabile mediatrice spetta all'engagement, attraverso le sue due componenti; ciò mostra che il livello percepito riguardo le abilità di autoregolazione, elaborazione delle informazioni e partecipazione influenza la capacità percepita nello svolgere un generico compito standard. Tale livello percepito di performance ha ovviamente un riscontro diretto nei risultati ottenuti dallo studente, ovvero attraverso i feedback giunti dall'esterno, e principalmente dai docenti. Questo meccanismo di retroazione fa sì che si possa ipotizzare una correlazione tra il costrutto misurato di autoefficacia ed il livello di performance, intesa come relazione bidirezionale di causa-effetto. Questa interpretazione è anche coerente con il fatto che il costrutto mediatore sia costituito dall'engagement e non

dall'autoefficacia. Inoltre, il fatto che il modello non regga quando la variabile dipendente è rappresentata dalla componente dell'autoefficacia relativa agli esperimenti, mostra ancora una volta come questo schema non si possa applicare ad attività percepite come qualitativamente diverse da quelle standard.

Si osservi che, essendo gli effetti (sia diretti che indiretti) associati alla dimensione *Desiderio di essere* → *Fuori portata* non significativi, si potrebbe anche escludere tale variabile dall'equazione strutturale (mentre nei modelli qui esplorati si è deciso di conservarla per ragioni di bontà dei fit). In tal senso, è possibile concludere che nel determinare il ruolo di questa dimensione nell'equazione strutturale, risulta predominante l'aspetto riguardante il riconoscimento del ruolo della fisica e dei fisici da parte della società, piuttosto che gli altri ai quali si è in precedenza fatto riferimento, in modo che questo fattore non influenzi il livello di autoefficacia. Per quanto riguarda invece le prime due componenti del costrutto delle attitudini verso la fisica, si ritrova l'atteso risultato per cui gli spostamenti verso i poli denominati *rilevanza* ed *accettazione* inducono un maggiore livello di engagement, che a sua volta implicata un'autoefficacia più elevata; è però importante sottolineare come la componente cognitiva produca effetti maggiori e più significativi rispetto a quella comportamentale. Questo non è un risultato scontato, in quanto si potrebbe pensare che attitudini qui interpretate in termini di passività e rifiuto conducano innanzitutto ad una minore partecipazione, ma evidentemente a farne le maggiori spese sono invece le abilità percepite di elaborazione e autoregolazione, probabilmente perché esse richiedono un'attivazione del soggetto a livello ancor più fondamentale.

4.4 Discussione sulle differenze per sotto-campione e per genere

Dalle analisi condotte sono emerse importanti differenze tra i gruppi di appartenenza, ovvero a seconda della precedente esperienza con la fisica. Innanzitutto, il fatto che gli studenti di fisica riportino un punteggio medio inferiore a quelli di ingegneria sulla dimensione *Rifiuto* → *Accettazione*, rinforza l'interpretazione della polarità positiva di

questo differenziale semantico in termini di maggiore attenzione alle sole applicazioni pratiche della disciplina, e non di specifica volontà di intraprendere una carriera strettamente legata ad essa. Per quanto riguarda invece la dimensione *Desiderio di essere* → *Fuori portata*, si osservi che gli studenti di fisica sono gli unici associati alla polarità negativa, mentre quelli di ingegneria riportano il punteggio medio più elevato: questo risultato può sembrare per certi versi sorprendente, ma è probabilmente dovuto al fatto che l'esperienza universitaria di questi ultimi li ha condotti ad approfondire lo studio della disciplina, e dunque a riconsiderare il loro rapporto con la fisica in termini di un maggiore distacco, rispetto al momento del loro incontro con essa durante il percorso scolastico. Il risultato più atteso è invece rappresentato dal forte spostamento del gruppo PCTO verso il polo della *passività*, insieme con la sua significativa associazione con il cluster *disciplina difficile ed irrilevante*.

Dall'analisi dei percorsi dell'equazione strutturale, emerge inoltre che quelli mediati dalla componente cognitiva dell'engagement non presentano differenze particolarmente significative tra i vari gruppi, e nello specifico la sequenza *Rilevanza/Passività* → *Engagement cognitivo* → *Autoefficacia esercizi e teoria* è l'unica significativa in tutti i quattro casi. Il fatto che le differenze principali si presentino invece attraverso la componente comportamentale, può essere spiegato dal fatto che la differenza fondamentale nel passaggio tra ambiente scolastico ed universitario è data dalla variazione del contesto, e non dell'individuo, motivo per il quale ci possono essere cambiamenti significativi nel livello di partecipazione, e più in generale a base comportamentale, piuttosto che riguardo tutto ciò che concerne la sfera cognitiva. Questa ipotesi è rafforzata dal fatto che le differenze più significative si evincono per due percorsi tra il gruppo del PLS e quello degli studenti di fisica, che è probabile condividano un simile background scolastico, ma hanno indubbiamente un diverso livello di esperienza con la fisica.

Si può anche osservare come per uno dei quattro percorsi esplorabili (*Rifiuto/accettazione* → *Engagement cognitivo* → *Autoefficacia esercizi e teoria*) ci siano anche significative differenze di genere, con l'effetto totale di regressione che

risulta più debole per quello femminile, ma ciò non permette di giungere a conclusioni rilevanti riguardo il modello strutturale. È importante però sottolineare il fatto che la componente cognitiva è significativamente più elevata per il genere femminile, nonostante i punteggi sulle prime due dimensioni del costrutto delle attitudini verso la fisica indichino uno spostamento significativo del genere maschile verso i poli denominati *rilevanza* ed *accettazione*: ciò indica infatti un effetto discorde a quello evidenziato dall'equazione strutturale, mostrando una riduzione dell'effetto totale del modello per il genere femminile.

Conclusioni

In conclusione, è possibile affermare che la struttura ipotizzata dei costrutti di engagement ed autoefficacia è stata sostanzialmente confermata dai risultati ottenuti sul campione in esame. Inoltre, il costrutto delle attitudini verso la fisica, analizzato nel quadro della SCPT, ha permesso di validare un modello in cui visioni qualitative sulla disciplina (in particolare quelle interpretate in termini delle opposizioni generalizzate *Rilevanza* → *Passività e Rifiuto* → *Accettazione*) influenzano l'autoefficacia (almeno se si esclude la parte relativa agli esperimenti), essendo mediate dalle dimensioni cognitiva e comportamentale dell'engagement.

Questo quadro permette inoltre di mettere in evidenza alcune significative differenze tra le relazioni individuate in termini della precedente esperienza con la fisica, oltre che differenze di genere. In particolare, si osservi che tale studio concepisce il genere come variabile binaria (maschile/femminile), ponendosi in prima approssimazione l'obiettivo di valutare le differenze tra gli individui che percepiscono di appartenere ad uno di questi due gruppi. Ulteriori approfondimenti in questo senso sarebbero necessari, poiché l'identità di genere non si limita ai casi considerati, oltre a poter mutare nel tempo (*Amodeo et al., 2020*).

Inoltre, ulteriori studi analoghi sono necessari per indagare la stabilità del modello che si è affermato su tale campione, in particolare in un contesto internazionale. Ad esempio, il significato generalizzato *disciplina di nicchia* potrebbe in altri casi risultare di numerosità inferiore, dato il particolare distacco percepito in Italia tra il dominio della fisica e quello delle altre scienze naturali (*Cinquini et al., 1994*).

Più in generale, le dimensioni dei clusters individuati nello spazio semiotico associato al milieu culturale della fisica, riflettono attitudini mediamente positive nei confronti della disciplina, aspetto che riflette a sua volta la particolare composizione e scarsa stratificazione del campione. Tuttavia, ciò non invalida i risultati ottenuti, data la

valenza generalizzata delle dimensioni individuate (*Testa et al., 2021*). In riferimento all'eterogeneità del campione, l'ipotesi più forte consiste invece nella sua trattazione come un'unica entità culturale, necessaria per assumere il quadro della SCPT. Ulteriori sforzi sono necessari per indagare la validità di questo assunto, ad esempio considerando una misura del capitale socioculturale degli studenti.

Un altro aspetto da sottolineare risiede nell'importanza della profilazione resa possibile dall'individuazione di clusters nello spazio semiotico della cultura fisica, che permette una discretizzazione dello stesso ed il possibile sviluppo di un focus sulle traiettorie tra i vari gruppi, che per natura della SCPT possono contemplare anche aspetti relativi alla cultura della disciplina che non sono stati attivati dallo strumento di misura (cfr. *paragrafo 1.1*). Tutto ciò costituisce importanti elementi di semplificazione, ma può anche condurre ad un eccessivo appiattimento e semplificazione delle ipotesi che stanno alla base di costrutti alternativi; per questo motivo, tale tipo di analisi è consigliata solo per campioni abbastanza ampi.

Allo stesso tempo, la concezione dinamica dell'identità nel quadro della SCPT si presta a studi longitudinali: la loro esplorazione servirebbe anche a verificare l'ipotesi per cui il sotto-campione degli studenti che hanno partecipato al PLS è sovrapponibile, ad un istante successivo, a quello degli studenti che hanno intrapreso un percorso universitario nel campo STEM. Tuttavia, la difficoltà risiede in questo caso nella progettazione della ricerca, in quanto si tratterebbe di testare gli stessi studenti più volte a distanza di molto tempo, e non semplicemente all'inizio ed al termine di un percorso didattico, come avviene usualmente in questo tipo di studi.

Al di là dei limiti esposti, il ruolo predominante del contesto culturale premia l'approccio della SCPT. Infatti, anche se i significati generalizzati individuati non sono sorprendenti, essi potrebbero risultare utili per la segmentazione di nuovi campioni, così da definire in modo più completo il ruolo delle diverse esperienze con la fisica nel determinare l'evoluzione di alcuni aspetti riguardanti i processi di apprendimento, e

adottare dunque precise strategie didattiche che conducano ad un sufficiente livello di persistenza nello studio di questa disciplina.

Appendici

A.1 Scala delle attitudini verso la fisica

Items	Media	SE	Curt.	As.
Ci sono molti lavori che possono svolgere	3.62	0.02	-0.32	-0.32
Ho molta fiducia in loro	3.99	0.02	0.08	-0.64
La carriera è remunerativa e di alto livello	3.41	0.02	-0.36	-0.16
La nostra società non può fidarsi di loro	1.68	0.02	1.77	1.61
La nostra società può farne a meno	1.36	0.02	7.32	2.62
Le loro ricerche producono risultati sempre corretti	2.83	0.02	-0.22	-0.09
Nella società attuale c'è grande attenzione nel loro impiego in diverse industrie	3.29	0.02	-0.41	-0.12
Nella società attuale c'è un'altissima richiesta	3.08	0.02	-0.31	0.04
Nella società attuale hanno la possibilità di guadagnare molto dal punto di vista economico	3.01	0.02	-0.23	0.06
Nella società attuale hanno un'ampia scelta di carriere possibili da intraprendere	3.21	0.02	-0.30	-0.05
Nella società odierna godono di un'altissima considerazione	3.05	0.02	-0.46	0.01
Nella società odierna sono molto stimati	3.25	0.02	-0.41	-0.02
Possono risolvere molti problemi della società attuale	3.61	0.02	-0.41	-0.31
Provocano gravi problemi all'ambiente con le loro ricerche	1.76	0.02	1.03	1.09
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	4.11	0.02	0.00	-0.75

Tabella A.1.1.1: Statistiche descrittive (media, errore standard della media, asimmetria e curtosi) degli items sulla parte del questionario VOP riguardante i fisici (N = 1971), attuando la seguente codifica delle risposte: *Per niente* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4, *Completamente* = 5.

Items	Media	SE	Curt.	As.
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	3.92	0.02	-0.27	-0.62
È importante per il progresso tecnologico	4.36	0.02	0.99	-1.21
La sua importanza risiede nell'applicazione alla risoluzione di problemi pratici	3.77	0.02	-0.35	-0.40
È importante per lo sviluppo del nostro paese	4.04	0.02	-0.08	-0.65
Usando le conoscenze apprese a scuola, posso spiegare i fenomeni naturali alle persone	3.48	0.02	-0.34	-0.29
Le domande presenti nei compiti sono importanti perché riguardano problemi legati al mondo reale	3.04	0.02	-0.55	0.03
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	3.22	0.02	-0.61	-0.08
Penso sia interessante	4.04	0.02	0.51	-0.99
Stimola la mia curiosità	4.01	0.02	0.30	-0.93
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	3.44	0.02	-0.51	-0.23
La preferisco alle altre materie	3.27	0.03	-0.82	-0.23
Ne sono entusiasta quando la studio	3.39	0.03	-0.65	-0.29
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	3.29	0.03	-0.90	-0.26
Sono interessato a fare ricerca	3.14	0.03	-1.10	-0.12
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	3.10	0.03	-1.08	-0.10
Le conoscenze e i contenuti da conoscere per diventare un esperto sono troppe	3.01	0.02	-0.46	0.12
C'è bisogno di conoscere troppe cose per impararla bene	3.06	0.02	-0.65	0.05
Richiede molte conoscenze e abilità matematiche	4.12	0.02	0.07	-0.74
È necessario molto più impegno di quanto sia richiesto per altre materie	3.53	0.02	-0.45	-0.38
I contenuti sono troppo astratti	2.21	0.02	0.13	0.70
È difficile da imparare	2.96	0.02	-0.38	0.10

Tabella A.1.1.2: Statistiche descrittive (media, errore standard della media, asimmetria e curtosi) degli items sulla parte del questionario VOP riguardante la fisica (N = 1971), attuando la seguente codifica delle risposte: *Per niente* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4, *Completamente* = 5.

Fattore 1	Modalità	t-value
Penso sia interessante	Completamente	-27.96
Stimola la mia curiosità	Completamente	-26.64
È importante per il progresso tecnologico	Completamente	-26.45
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	Completamente	-26.07
Ne sono entusiasta quando la studio	Completamente	-25.87
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Completamente	-25.63
Ho molta fiducia in loro	Completamente	-25.43
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Completamente	-25.34
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Completamente	-24.61
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Completamente	-23.25
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Completamente	-23.11
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Completamente	-22.14
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	Completamente	-21.67
Usando le conoscenze apprese a scuola, posso spiegare i fenomeni naturali alle persone	Completamente	-21.20
Sono interessato a fare ricerca	Completamente	-21.14
ZONA CENTRALE		
La nostra società non può fidarsi di loro	Poco	12.97
Nella società odierna sono molto stimati	Abbastanza	13.11
Nella società attuale c'è grande attenzione nel loro impiego in diverse industrie	Abbastanza	13.56
È importante per il progresso tecnologico	Molto	14.04
Ne sono entusiasta quando la studio	Abbastanza	14.09
La sua importanza risiede nell'applicazione alla risoluzione di problemi pratici	Abbastanza	14.70
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Abbastanza	15.38
Ci sono molti lavori che possono svolgere	Abbastanza	15.74
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Abbastanza	16.77
Stimola la mia curiosità	Abbastanza	16.87
È importante per il progresso tecnologico	Abbastanza	16.93
Penso sia interessante	Abbastanza	17.81
Ho molta fiducia in loro	Abbastanza	18.62
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Abbastanza	18.77
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	Abbastanza	18.90

Tabella A.1.2.1: Principali modalità (in base al *t-value*) del primo fattore estratto tramite l'analisi delle corrispondenze multiple del questionario VOP.

Fattore 2	Modalità	t-value
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Per niente	-26.57
La preferisco alle altre materie	Per niente	-26.11
Ne sono entusiasta quando la studio	Per niente	-25.61
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Per niente	-25.48
Penso sia interessante	Per niente	-22.70
Stimola la mia curiosità	Per niente	-21.86
Sono interessato a fare ricerca	Per niente	-21.08
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Per niente	-19.90
Nella società odierna godono di un'altissima considerazione	Per niente	-19.46
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	Per niente	-19.38
Nella società attuale c'è un'altissima richiesta	Per niente	-18.75
Nella società attuale hanno un'ampia scelta di possibili carriere da intraprendere	Per niente	-18.13
Ci sono molti lavori che possono svolgere	Per niente	-17.21
La carriera è remunerativa e di alto livello	Per niente	-16.71
È difficile da imparare	Completamente	-16.69
ZONA CENTRALE		
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Molto	10.36
Le domande presenti nei compiti sono importanti perché riguardano problemi legati al mondo reale	Molto	10.37
Sono interessato a fare ricerca	Molto	10.99
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Molto	11.06
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	Molto	11.28
La preferisco alle altre materie	Molto	11.32
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Molto	11.70
Ci sono molti lavori che possono svolgere	Molto	12.17
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Molto	12.45
Ho molta fiducia in loro	Molto	12.50
Penso sia interessante	Molto	12.54
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Molto	12.88
Stimola la mia curiosità	Molto	12.91
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Molto	13.27
Ne sono entusiasta quando la studio	Molto	13.72

Tabella A.1.2.2: Principali modalità (in base al *t-value*) del secondo fattore estratto tramite l'analisi delle corrispondenze multiple del questionario VOP.

Fattore 3	Modalità	t-value
Nella società attuale hanno la possibilità di guadagnare molto dal punto di vista economico	Poco	-19.44
Nella società odierna godono di un'altissima considerazione	Poco	-18.26
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Completamente	-17.35
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Completamente	-17.22
Nella società odierna sono molto stimati	Poco	-16.65
Sono interessato a fare ricerca	Completamente	-16.50
Nella società attuale c'è un'altissima richiesta	Poco	-16.12
Nella società attuale c'è grande attenzione nel loro impiego in diverse industrie	Poco	-14.78
Le conoscenze e i contenuti da conoscere per diventare un esperto sono troppe	Poco	-14.69
La carriera è remunerativa e di alto livello	Poco	-14.61
La preferisco alle altre materie	Completamente	-14.44
Stimola la mia curiosità	Completamente	-14.14
Penso sia interessante	Completamente	-14.07
Ne sono entusiasta quando la studio	Completamente	-13.19
C'è bisogno di conoscere troppe cose per impararla bene	Poco	-12.19
ZONA CENTRALE		
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Per niente	9.49
Le conoscenze e i contenuti da conoscere per diventare un esperto sono troppe	Molto	9.69
C'è bisogno di conoscere troppe cose per impararla bene	Molto	9.79
La carriera è remunerativa e di alto livello	Molto	9.80
È difficile da imparare	Completamente	9.86
Nella società attuale hanno un'ampia scelta di possibili carriere da intraprendere	Molto	9.94
C'è bisogno di conoscere troppe cose per impararla bene	Completamente	10.43
La carriera è remunerativa e di alto livello	Completamente	10.47
I contenuti sono troppo astratti	Abbastanza	10.90
Nella società attuale hanno la possibilità di guadagnare molto dal punto di vista economico	Completamente	10.94
Nella società attuale c'è grande attenzione nel loro impiego in diverse industrie	Molto	12.43
Nella società attuale c'è un'altissima richiesta	Molto	13.96
Nella società attuale hanno la possibilità di guadagnare molto dal punto di vista economico	Molto	15.69
Nella società odierna sono molto stimati	Molto	16.12
Nella società odierna godono di un'altissima considerazione	Molto	17.70

Tabella A.1.2.3: Principali modalità (in base al *t-value*) del terzo fattore estratto tramite l'analisi delle corrispondenze multiple del questionario VOP.

Cluster 1 (27.4%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Ne sono entusiasta quando la studio	Completamente	23.67	78.42	55.29
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Completamente	22.98	74.33	56.96
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Completamente	22.45	58.54	74.40
Penso sia interessante	Completamente	22.38	53.81	81.26
Stimola la mia curiosità	Completamente	21.82	53.99	79.04
Ho molta fiducia in loro	Completamente	21.55	58.80	70.69
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	Completamente	21.08	52.61	78.66
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Completamente	20.97	56.00	72.73
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Completamente	20.40	72.24	49.72
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Completamente	19.60	68.69	50.46
Sono interessato a fare ricerca	Completamente	19.40	68.81	49.54
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Completamente	19.10	70.94	46.20
È importante per il progresso tecnologico	Completamente	19.00	43.59	88.31
La preferisco alle altre materie	Completamente	18.84	69.42	46.75
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	Completamente	18.13	76.81	37.48

Tabella A.1.3.1: Modalità caratterizzanti il primo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOP. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 2 (6.6%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Ne sono entusiasta quando la studio	Per niente	20.24	68.94	69.47
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Per niente	19.57	47.51	80.15
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Per niente	18.62	36.88	84.73
La preferisco alle altre materie	Per niente	18.00	48.94	70.23
Penso sia interessante	Per niente	16.80	94.64	40.46
Stimola la mia curiosità	Per niente	15.98	89.47	38.93
Sono interessato a fare ricerca	Per niente	15.08	32.27	69.47
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Per niente	14.29	66.67	39.69
Quel che studio a scuola influenza ed è importante per le attività di tutti i giorni	Per niente	13.95	52.21	45.04
Le domande presenti nei compiti sono importanti perché riguardano problemi legati al mondo reale	Per niente	10.25	31.68	38.93
È difficile da imparare	Completamente	9.94	29.82	38.93
Usando le conoscenze apprese a scuola, posso spiegare i fenomeni naturali alle persone	Per niente	9.89	46.67	26.72
Nella società attuale c'è un'altissima richiesta	Per niente	9.81	41.30	29.01
Ci sono molti lavori che possono svolgere	Per niente	9.53	60.00	20.61
Stimola la mia curiosità	Poco	9.53	35.34	31.30

Tabella A.1.3.2: Modalità caratterizzanti il secondo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOP. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 3 (41.1%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Molto	16.28	67.41	52.59
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Molto	16.25	64.12	59.14
Stimola la mia curiosità	Molto	15.24	65.72	51.36
Ho molta fiducia in loro	Molto	14.53	61.08	58.52
Penso sia interessante	Molto	14.14	63.98	50.00
Ne sono entusiasta quando la studio	Molto	13.85	65.94	44.69
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Molto	13.75	68.28	40.12
Sono interessato a fare ricerca	Molto	12.95	68.19	36.79
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	Molto	12.92	61.04	50.86
Sono interessato ad intraprendere una carriera legata ad essa	Molto	12.01	66.99	34.57
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Molto	11.99	59.22	50.74
La preferisco alle altre materie	Molto	11.97	63.67	40.25
Richiede molte conoscenze e abilità matematiche	Molto	11.08	56.89	52.47
La conoscenza appresa a scuola può essere applicata alla vita quotidiana	Molto	10.43	59.08	42.59
La sua importanza risiede nell'applicazione alla risoluzione di problemi pratici	Molto	9.79	55.11	50.62

Tabella A.1.3.3: Modalità caratterizzanti il terzo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOP. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 4 (24.9%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Penso sia interessante	Abbastanza	20.07	68.00	51.93
Stimola la mia curiosità	Abbastanza	19.40	66.49	50.92
È importante per il progresso tecnologico	Abbastanza	18.04	74.03	38.90
È importante per lo sviluppo del nostro paese	Abbastanza	17.33	58.70	51.53
Sono importanti per lo sviluppo della società attuale	Abbastanza	16.19	57.56	48.07
Abbiamo bisogno di comprenderla perché ha effetti non trascurabili sulla nostra vita	Abbastanza	16.12	53.33	53.77
Ho molta fiducia in loro	Abbastanza	16.10	55.04	51.12
Ne sono entusiasta quando la studio	Poco	13.69	59.79	34.83
La sua importanza risiede nell'applicazione alla risoluzione di problemi pratici	Abbastanza	12.81	45.04	52.75
La preferisco alle altre materie	Poco	12.32	53.87	35.44
Sono interessato a svolgere un lavoro in un settore che ne richiede la conoscenza approfondita	Poco	12.15	55.29	32.99
Richiede molte conoscenze e abilità matematiche	Abbastanza	12.05	50.53	38.70
Possono risolvere molti problemi della società attuale	Abbastanza	12.00	42.25	54.99
Ci sono molti lavori che possono svolgere	Abbastanza	11.20	40.42	55.40
La nostra società non può fidarsi di loro	Abbastanza	10.02	59.30	20.77

Tabella A.1.3.4: Modalità caratterizzanti il quarto cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOP. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

A.2 Scala degli universi simbolici

Items	Media	SE	Curt.	As.
1. Trasporto pubblico	2.37	0.03	-0.56	0.09
2. Sanità	2.89	0.02	0.63	-0.47
3. Forze dell'Ordine	2.79	0.03	0.76	-0.69
4. Scuole	2.91	0.02	1.45	-0.58
5. Pubblica Amministrazione	2.41	0.02	-0.46	-0.42
6. Imprese	2.78	0.02	1.37	-0.84
7. Immagina il luogo dove vivi, tra cinque anni. Come ci si starà?	3.23	0.03	0.38	-0.08
8. A dispetto di quello che alcuni dicono, le condizioni delle persone comuni stanno peggiorando, non migliorando	2.68	0.02	0.01	-0.24
9. A volte è necessario venir meno alle regole per aiutare le persone a noi care	2.63	0.03	-0.47	-0.22
10. Al giorno d'oggi la gente non sa su chi poter contare	2.86	0.03	-0.30	-0.36
11. Al giorno d'oggi le persone sono costrette a vivere giorno per giorno, senza pensare al domani	2.29	0.03	-0.55	0.27
12. Chi ottiene successo nella vita deve ringraziare la fortuna	1.85	0.03	-0.42	0.50
13. Considerando come si prospetta il futuro, mettere al mondo dei figli è ingiusto	1.72	0.03	0.56	1.05
14. È inutile affannarsi, tanto non è possibile influire su ciò che accade	1.56	0.03	0.71	1.08
15. È inutile rivolgersi a chi ricopre ruoli pubblici, perché spesso queste persone non sono veramente interessate ai problemi della gente comune	2.34	0.03	-0.54	0.03
16. Gli immigrati sono una fonte di arricchimento culturale	3.16	0.02	0.22	-0.50
17. La mia vita è controllata in gran parte dal caso	1.90	0.03	-0.23	0.37
18. La mia vita è determinata dalle mie azioni	3.37	0.02	0.04	-0.42
19. La mia vita è sotto il controllo di persone influenti	1.88	0.03	-0.39	0.46
20. Le persone non sono capaci di cambiare	2.06	0.03	-0.49	0.34
21. Non è possibile fare previsioni sul futuro	2.41	0.03	-0.28	0.16
22. Acquisire conoscenza	3.82	0.01	5.68	-2.33
23. Adeguarsi alle tendenze prevalenti	2.61	0.03	-0.46	-0.12
24. Allearsi con i più forti	2.51	0.03	-0.44	-0.05
25. Capire il mondo	3.65	0.02	3.12	-1.72
26. Condividere	3.29	0.03	-0.27	-0.61
27. Non farsi troppi scrupoli	2.64	0.03	-0.54	-0.23
28. Rispettare le regole	3.14	0.03	-0.03	-0.64
29. Pensa infine ai prossimi anni. Il tuo futuro sarà	3.12	0.02	0.88	-0.22

Tabella A.2.1: Statistiche descrittive degli items del questionario VOC (N = 729), attuando la seguente codifica delle risposte: *Per niente affidabile* = 1, *Non molto affidabile* = 2, *Abbastanza affidabile* = 3, *Molto affidabile* = 4 (items da n.1 a n.6); *Molto peggio* = 1, *Abbastanza peggio* = 2, *Né meglio né peggio* = 3, *Abbastanza meglio* = 4, *Molto meglio* = 5 (item n.7); *Fortemente in disaccordo* = 1, *Abbastanza in disaccordo* = 2, *Abbastanza d'accordo* = 3, *Fortemente d'accordo* = 4 (items da n.8 a n.21); *Per niente* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4 (items da n.22 a n.28); *Molto peggiore* = 1, *Piuttosto peggiore* = 2, *Piuttosto migliore* = 3, *Molto migliore* = 4 (item n. 29).

Cluster 1 (35.4%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Forze dell'ordine	Abbastanza affidabile	8.04	45.82	82.95
Imprese	Abbastanza affidabile	7.63	44.01	86.82
Sanità	Abbastanza affidabile	7.60	45.53	81.01
La mia vita è controllata in gran parte dal caso	Abbastanza in disaccordo	7.58	48.05	71.71
Condividere	Abbastanza	7.46	50.15	63.57
La mia vita è determinata dalle mie azioni	Abbastanza d'accordo	7.09	47.06	71.32
Pensa infine ai prossimi anni. Il tuo futuro sarà	Piuttosto migliore	6.78	43.52	83.33
Trasporto pubblico	Abbastanza affidabile	6.71	51.97	51.16
Gli immigrati sono una fonte di arricchimento culturale	Abbastanza d'accordo	6.61	46.00	71.32
Chi ottiene successo nella vita deve ringraziare la fortuna	Abbastanza in disaccordo	6.57	48.47	61.24
Capire il mondo	Abbastanza	6.03	53.97	39.53
Pubblica amministrazione	Abbastanza affidabile	5.87	46.51	62.02
È inutile affannarsi, tanto non è possibile influire su ciò che accade	Abbastanza in disaccordo	5.76	49.42	49.61
Immagina il luogo dove vivi, tra cinque anni. Come ci si starà?	Né peggio né meglio	5.73	45.24	66.28
Scuole	Abbastanza affidabile	5.55	41.76	82.56

Tabella A.2.2.1: Modalità caratterizzanti il primo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOC. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 2 (19.6%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Forze dell'ordine	Non molto affidabile	8.90	48.28	48.95
La mia vita è controllata in gran parte dal caso	Abbastanza d'accordo	7.79	47.93	40.56
Scuole	Non molto affidabile	7.60	47.86	39.16
Allearsi con i più forti	Molto	7.20	57.35	27.27
Pubblica amministrazione	Non molto affidabile	6.87	31.70	67.83
Rispettare le regole	Poco	6.64	45.05	34.97
Sanità	Non molto affidabile	6.61	41.13	40.56
Non farsi troppi scrupoli	Molto	6.21	43.93	32.87
Chi ottiene successo nella vita deve ringraziare la fortuna	Abbastanza d'accordo	6.11	40.94	36.36
Imprese	Non molto affidabile	6.01	38.16	40.56
Al giorno d'oggi la gente non sa su chi poter contare	Fortemente d'accordo	5.96	37.91	40.56
È inutile affannarsi, tanto non è possibile influire su ciò che accade	Abbastanza d'accordo	5.63	50.82	21.68
È inutile rivolgersi a chi ricopre ruoli pubblici, perché spesso queste persone non sono veramente interessate ai problemi della gente comune	Abbastanza d'accordo	5.44	30.57	56.64
A volte è necessario venir meno alle regole per aiutare le persone a noi care	Fortemente d'accordo	5.29	41.67	27.97
Considerando come si prospetta il futuro, mettere al mondo dei figli è ingiusto	Abbastanza d'accordo	5.09	44.59	23.08

Tabella A.2.2.2: Modalità caratterizzanti il secondo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOC. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 3 (4.1%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Immagina il luogo dove vivi, tra cinque anni. Come ci si starà?	Molto peggio	99.99	50.00	30.00
Forze dell'ordine	Per niente affidabile	9.70	51.22	70.00
Scuole	Per niente affidabile	8.98	87.50	46.67
Pubblica amministrazione	Per niente affidabile	8.25	30.88	70.00
Trasporto pubblico	Per niente affidabile	5.75	16.98	60.00
Sanità	Per niente affidabile	5.17	40.91	30.00
È inutile rivolgersi a chi ricopre ruoli pubblici, perché spesso queste persone non sono veramente interessate ai problemi della gente comune	Fortemente d'accordo	4.97	24.44	36.67
Rispettare le regole	Poco	3.20	10.81	40.00
A dispetto di quello che alcuni dicono, le condizioni delle persone comuni stanno peggiorando, non migliorando	Fortemente d'accordo	2.94	13.56	26.67

Tabella A.2.2.3: Modalità caratterizzanti il terzo cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOC. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-2}$), ma sono solo 9 le modalità con valore positivo del *t-value*. Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 4 (28.5%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Chi ottiene successo nella vita deve ringraziare la fortuna	Fortemente in disaccordo	10.91	53.23	67.31
È inutile affannarsi, tanto non è possibile influire su ciò che accade	Fortemente in disaccordo	10.40	43.86	84.13
La mia vita è controllata in gran parte dal caso	Fortemente in disaccordo	10.15	55.87	57.21
La mia vita è determinata dalle mie azioni	Fortemente d'accordo	9.62	47.70	69.71
Considerando come si prospetta il futuro, mettere al mondo dei figli è ingiusto	Fortemente in disaccordo	7.38	41.69	68.75
Allearsi con i più forti	Per niente	6.71	65.71	22.12
La mia vita è sotto il controllo di persone influenti	Fortemente in disaccordo	6.31	43.85	51.44
Rispettare le regole	Molto	6.30	43.19	53.37
Al giorno d'oggi le persone sono costrette a vivere giorno per giorno, senza pensare al domani	Fortemente in disaccordo	6.21	52.34	32.21
A volte è necessario venir meno alle regole per aiutare le persone a noi care	Fortemente in disaccordo	6.05	62.32	20.67
Adeguarsi alle tendenze prevalenti	Per niente	5.47	61.67	17.79
Condividere	Molto	5.07	38.64	57.21
Pensa infine ai prossimi anni. Il tuo futuro sarà	Molto migliore	5.04	44.85	35.58
Scuole	Abbastanza affidabile	4.61	33.53	82.21
È inutile rivolgersi a chi ricopre ruoli pubblici, perché spesso queste persone non sono veramente interessate ai problemi della gente comune	Fortemente in disaccordo	4.31	46.79	24.52

Tabella A.2.2.4: Modalità caratterizzanti il quarto cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOC. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

Cluster 5 (12.4%)	Modalità	t-value	Cl./mod. (%)	Mod./Cl. (%)
Sanità	Molto affidabile	12.95	57.94	68.89
Scuole	Molto affidabile	11.74	60.47	57.78
Forze dell'ordine	Molto affidabile	11.40	63.16	53.33
Imprese	Molto affidabile	9.07	69.77	33.33
Trasporto pubblico	Molto affidabile	8.82	56.45	38.89
Pubblica amministrazione	Abbastanza affidabile	5.73	19.77	75.56
È inutile rivolgersi a chi ricopre ruoli pubblici, perché spesso queste persone non sono veramente interessate ai problemi della gente comune	Fortemente in disaccordo	5.42	30.28	36.67
Condividere	Molto	4.64	19.16	65.56
La mia vita è controllata in gran parte dal caso	Fortemente in disaccordo	4.11	20.66	48.89
Immagina il luogo dove vivi, tra cinque anni. Come ci si starà?	Abbastanza meglio	3.74	20.20	45.56
Chi ottiene successo nella vita deve ringraziare la fortuna	Fortemente in disaccordo	3.69	18.63	54.44
Pensa infine ai prossimi anni. Il tuo futuro sarà	Molto migliore	3.62	21.21	38.89
La mia vita è sotto il controllo di persone influenti	Fortemente in disaccordo	3.58	18.85	51.11
Immagina il luogo dove vivi, tra cinque anni. Come ci si starà?	Molto meglio	3.46	32.56	15.56
Rispettare le regole	Molto	3.42	18.29	52.22

Tabella A.2.2.5: Modalità caratterizzanti il quinto cluster (la cui cardinalità è riportata in termini percentuali) emerso dall'analisi del questionario VOC. I valori riportati dei *t-value* sono tutti significativi ($p < 10^{-3}$). Sono anche riportate le percentuali di casi (associati alle modalità) che appartengono al cluster, e le frequenze delle modalità all'interno del gruppo (in termini percentuali rispetto alla numerosità del gruppo stesso).

A.3 Scala dell'identificazione con la fisica

Items	Media	SE	Curt.	As.
Quanto ti interessano gli argomenti di fisica?	3.86	0.03	0.33	-0.58
Quanto ti interessano i risultati delle ricerche in fisica?	3.79	0.03	-0.24	-0.40
Quanto saresti interessat* ad avere un hobby legato alla fisica?	3.31	0.03	-0.57	-0.15
Quanto i tuoi compagni ti giudicano brav* in fisica?	3.30	0.03	0.15	-0.18
Quanto i tuoi docenti ti giudicano brav* in fisica?	3.34	0.02	0.15	-0.08
Quanto pensi sia utile per il tuo futuro studiare fisica?	3.97	0.03	0.22	-0.70
Quanto pensi sia utile per il tuo futuro imparare argomenti di fisica?	3.95	0.03	0.14	-0.67

Tabella A.3.1: Statistiche descrittive (media, errore standard della media, asimmetria e curtosi) degli items del questionario sull'identificazione con la fisica (N = 1135), attuando la seguente codifica delle risposte: *Per niente* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4, *Del tutto* = 5.

Items	Fattore 1	Fattore 2
Quanto pensi sia utile per il tuo futuro imparare argomenti di fisica?	0.86	-0.09
Quanto pensi sia utile per il tuo futuro studiare fisica?	0.84	-0.04
Quanto ti interessano gli argomenti di fisica?	0.76	0.06
Quanto saresti interessat* ad avere un hobby legato alla fisica?	0.72	0.06
Quanto ti interessano i risultati delle ricerche in fisica?	0.68	0.10
Quanto i tuoi compagni ti giudicano brav* in fisica?	0.00	0.96
Quanto i tuoi docenti ti giudicano brav* in fisica?	0.01	0.82

Tabella A.3.2: Matrice dei modelli ottenuta dall'AFE effettuato per il questionario sull'identificazione con la fisica, sul *gruppo 1.A* (N = 593). Per ciascun item sono riportati entrambi i *loadings* associati ai due fattori, con quello maggiore riportato in grassetto (solo se > 0.4).

A.4 Scala dell'autoefficacia

Items	Media	SE	Curt.	As.
Esporre adeguatamente in forma orale gli argomenti che ho studiato	3.72	0.02	0.01	-0.57
Risolvere correttamente semplici problemi ed esercizi	3.78	0.02	-0.13	-0.50
Svolgere esperimenti in autonomia	2.85	0.03	-0.69	0.05
Svolgere esperimenti guidato dai docenti	3.69	0.02	0.00	-0.63
Ideare un buon esperimento	2.81	0.02	-0.61	0.08
Risolvere correttamente problemi complicati	3.16	0.02	-0.40	-0.13
Avere buoni voti alla fine del quadrimestre scolastico/semestre accademico	3.76	0.02	-0.06	-0.54
Controllare l'ansia prima di un compito o un'interrogazione/esame	3.05	0.03	-0.98	-0.08
Non scoraggiarti in seguito ad un brutto voto	3.17	0.03	-0.93	-0.11

Tabella A.4.1: Statistiche descrittive (media, errore standard della media, asimmetria e curtosi) degli items del questionario sull'autoefficacia (N = 1971), attuando la seguente codifica delle risposte (alla domanda quanto ti senti capace di ...?): *Per nulla* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4, *Del tutto* = 5.

Items	Fattore 1	Fattore 2	Fattore 3
Svolgere esperimenti in autonomia	0.92	-0.12	-0.07
Ideare un buon esperimento	0.74	-0.05	0.14
Svolgere esperimenti guidati dai docenti	0.49	0.20	-0.13
Avere buoni voti alla fine del quadrimestre scolastico/semestre accademico	-0.11	0.76	0.04
Esporre adeguatamente in forma orale gli argomenti che ho studiato	-0.07	0.75	-0.03
Risolvere correttamente semplici problemi ed esercizi	0.17	0.66	-0.05
Risolvere correttamente problemi complicati	0.35	0.38	0.14
Non scoraggiarti in seguito ad un brutto voto	-0.01	-0.06	0.78
Controllare l'ansia prima di un compito o un'interrogazione/esame	-0.04	0.06	0.76

Tabella A.4.2: Matrice dei modelli ottenuta dall'AFE effettuato per il questionario sull'autoefficacia, sul *gruppo 1.B* (N = 982). Per ciascun item sono riportati entrambi i *loadings* associati ai tre fattori, con quello maggiore riportato in grassetto (solo se > 0.4).

A.5 Scala dell'engagement

Items	Media	SE	Curt.	As.
Rispettare sempre il programma di studio stabilito	3.52	0.02	-0.45	-0.32
Utilizzare in maniera efficace il materiale di studio a disposizione (es. libro di testo, appunti)	3.85	0.02	-0.11	-0.56
Mantenere un ritmo costante di studio lungo tutto l'anno scolastico/accademico	3.50	0.02	-0.56	-0.40
Organizzare il tempo di studio a casa in maniera efficace	3.49	0.02	-0.50	-0.38
Programmare lo studio in base alla difficoltà degli argomenti	3.49	0.02	-0.47	-0.37
Stabilire obiettivi di rendimento raggiungibili, valutando capacità e limiti	3.60	0.02	-0.08	-0.46
Creare collegamenti e individuare analogie e differenze nei diversi materiali che sto studiando	3.56	0.02	-0.27	-0.38
Rielaborare adeguatamente in forma scritta gli argomenti studiati	3.60	0.02	-0.28	-0.42
Fare uso di adeguate ed efficaci strategie di apprendimento (es. schemi, mappe)	3.43	0.03	-0.73	-0.32
Adeguare il modo di relazionarti al docente che hai davanti	3.72	0.02	-0.08	-0.54
Concentrarmi soprattutto sui concetti principali	3.78	0.02	0.05	-0.48
Intervenire in classe per chiedere chiarimenti al docente	3.51	0.03	-0.70	-0.39
Partecipare attivamente alla discussione in classe	3.46	0.03	-0.79	-0.30
Partecipare attivamente alla discussione in laboratorio	3.47	0.03	-0.59	-0.38
Mantenere alta la concentrazione durante la lezione, anche quando i tuoi compagni disturbano	3.56	0.02	-0.48	-0.44
Frequentare con costanza	4.13	0.02	0.72	-1.09
Prendere appunti chiari quando il docente spiega	3.78	0.02	-0.15	-0.71
Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di una lezione	3.81	0.02	-0.02	-0.60
Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di un esperimento	3.62	0.02	-0.03	-0.55
Saper trovare collegamenti con altre materie	3.60	0.02	-0.15	-0.41
Comprendere i concetti più importanti	3.96	0.02	0.08	-0.55

Tabella A.5.1.: Statistiche descrittive (media, errore standard della media, asimmetria e curtosi) degli items del questionario sull'engagement (N = 1971), attuando la seguente codifica delle risposte (alla domanda quanto ti senti capace di ...?): *Per nulla* = 1, *Poco* = 2, *Abbastanza* = 3, *Molto* = 4, *Del tutto* = 5.

Items	Fattore 1	Fattore 2
Organizzare il tempo di studio a casa in maniera efficace	0.88	-0.13
Mantenere un ritmo costante di studio lungo tutto l'anno scolastico	0.82	-0.07
Programmare lo studio in base alla difficoltà degli argomenti	0.75	-0.08
Rispettare sempre il programma di studio stabilito	0.74	0.02
Utilizzare in maniera efficace il materiale di studio a disposizione (es. libro di testo, appunti)	0.69	0.10
Stabilire obiettivi di rendimento raggiungibili, valutando capacità e limiti	0.66	0.08
Prendere appunti chiari quando il docente spiega	0.59	0.11
Fare uso di adeguate ed efficaci strategie di apprendimento (es. schemi, mappe)	0.56	-0.02
Frequentare con costanza	0.55	0.15
Rielaborare adeguatamente in forma scritta gli argomenti studiati	0.53	0.14
Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di una lezione	0.52	0.28
Mantenere alta la concentrazione durante la lezione, anche quando i tuoi compagni disturbano	0.48	0.25
Concentrarmi soprattutto sui concetti principali	0.41	0.23
Adeguare il modo di relazionarti al docente che hai davanti	0.37	0.24
Partecipare attivamente alla discussione in laboratorio	-0.16	0.89
Partecipare attivamente alla discussione in classe	-0.07	0.87
Intervenire in classe per chiedere chiarimenti al docente	-0.01	0.76
Saper trovare collegamenti con altre materie	0.17	0.52
Cogliere e rielaborare i contenuti essenziali di un esperimento	0.24	0.47
Comprendere i concetti più importanti	0.33	0.44
Creare collegamenti e individuare analogie e differenze nei diversi materiali che sto studiando	0.34	0.38

Tabella A.5.2: Matrice dei modelli ottenuta dall'AFE effettuato per il questionario sull'engagement, sul *gruppo 2.B* (N = 989). Per ciascun item sono riportati entrambi i *loadings* associati ai due fattori, con quello maggiore riportato in grassetto (solo se > 0.4).

A.6 Appendice sulle equazioni strutturali

Percorsi	Stima	Inf.	Sup.	p
F_Rilevanza/Passività → Cog. eng. → Autoefficacia	-,448	-,518	-,407	,005
F_Rilevanza/Passività → Beh. Eng. → Autoefficacia	-,063	-,092	-,023	,018
F_Rifiuto/Accettazione → Cog. eng. → Autoefficacia	,199	,147	,255	,008
F_Rifiuto/Accettazione → Beh. Eng. → Autoefficacia	,028	,013	,046	,008
M_Rilevanza/Passività → Cog. eng. → Autoefficacia	-,434	-,482	-,387	,007
M_Rilevanza/Passività → Beh. Eng. → Autoefficacia	-,035	-,060	-,005	,071
M_Rifiuto/Accettazione → Cog. eng. → Autoefficacia	,300	,248	,384	,005
M_Rifiuto/Accettazione → Beh. Eng. → Autoefficacia	,022	,003	,038	,072
$\Delta(F-M)$ Rilevanza/Passività → Cog. eng. → Autoefficacia	-,014	-,097	,053	,812
$\Delta(F-M)$ Rilevanza/Passività → Beh. Eng. → Autoefficacia	-,028	-,077	,022	,378
$\Delta(F-M)$ Rifiuto/Accettazione → Cog. eng. → Autoefficacia	-,102	-,202	-,021	,020
$\Delta(F-M)$ Rifiuto/Accettazione → Beh. Eng. → Autoefficacia	,006	-,017	,035	,561

Tabella A.6.1: Stime dei coefficienti di regressione associati ai 4 percorsi significativi del *modello n.2* di equazione strutturale, differenziati tra il genere femminile (F) e maschile (M). Le stime $\Delta(F-M)$ rappresentano le differenze riguardo un dato percorso, valutato per il genere femminile e quello maschile. Sono inoltre riportati i valori inferiori e superiori degli intervalli di confidenza, e le probabilità associate alle stime. Con "Autoefficacia" ci si riferisce esclusivamente alla dimensione relativa a teoria ed esercizi.

Percorsi	Stima	Inf.	Sup.	p
PL_Rilevanza/Passività → Cog. Eng. → Autoeff.	-,383	-,452	-,318	,012
PL_Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,100	-,149	-,061	,004
PL_Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,239	,173	,315	,006
PL_Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,068	,043	,108	,003
PL_Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,240	-,311	-,163	,015
PL_Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,079	-,121	-,042	,006
PC_Rilevanza/Passività → Cog. Eng. → Autoeff.	-,525	-,611	-,456	,005
PC_Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,059	-,118	,012	,208
PC_Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,291	,225	,389	,004
PC_Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,033	-,006	,068	,191
PC_Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,134	-,208	-,016	,037
PC_Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,018	-,044	,002	,159
I_Rilevanza/Passività → Cog. Eng. → Autoeff.	-,457	-,550	-,393	,005
I_Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,031	-,069	,014	,237
I_Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,277	,118	,439	,006
I_Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,030	-,005	,084	,152

Percorsi	Stima	Inf.	Sup.	p
I_Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,084	-,176	,041	,305
I_Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,010	-,049	,001	,140
F_Rilevanza/Passività → Cog. Eng. → Autoeff.	-,352	-,450	-,260	,012
F_Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,029	-,073	-,007	,058
F_Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,014	-,132	,183	,980
F_Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,007	-,059	,004	,268
F_Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,086	-,195	,023	,215
F_Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,005	-,032	,003	,277
Δ(PL-PC) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,142	,049	,270	,016
Δ(PL-I) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,074	-,016	,190	,191
Δ(PL-F) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,031	-,155	,086	,653
Δ(PC-I) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,067	-,162	,047	,475
Δ(PC-F) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,173	-,301	-,070	,011
Δ(I-F) Rilevanza/Passività --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,106	-,211	,026	,175
Δ(PL-PC) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,042	-,120	,021	,238
Δ(PL-I) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,069	-,133	-,012	,040
Δ(PL-F) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,071	-,125	-,015	,040
Δ(PC-I) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,028	-,104	,041	,584
Δ(PC-F) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,029	-,085	,066	,797
Δ(I-F) Rilevanza/Passività ---> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,002	-,055	,048	,983
Δ(PL-PC) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,052	-,164	,061	,461
Δ(PL-I) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,037	-,229	,140	,745
Δ(PL-F) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,225	,036	,416	,076
Δ(PC-I) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,014	-,162	,197	,908
Δ(PC-F) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,277	,121	,432	,020
Δ(I-F) Rifiuto/Accettazione --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,263	,012	,447	,070
Δ(PL-PC) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,035	-,003	,086	,111
Δ(PL-I) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,037	-,011	,090	,180
Δ(PL-F) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,074	,045	,116	,004
Δ(PC-I) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,003	-,052	,065	,895
Δ(PC-F) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,040	-,006	,077	,154
Δ(I-F) Rifiuto/Accettazione --> Beh. Eng. --> Autoeff.	,037	-,006	,097	,145
Δ(PL-PC) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog.Eng.--> Autoeff.	-,228	-,305	-,149	,013
Δ(PL-I) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,157	-,275	-,024	,050
Δ(PL-F) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,155	-,295	-,029	,047
Δ(PC-I) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,051	-,191	,084	,588
Δ(PC-F) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	-,048	-,188	,084	,504
Δ(I-F) Desiderio di ess./Fuori port. --> Cog. Eng. --> Autoeff.	,002	-,155	,130	,937
Δ(PL-PC) Desiderio di ess./Fuori port. -->Beh. Eng.-->Autoeff.	-,061	-,120	-,024	,025

Percorsi	Stima	Inf.	Sup.	p
$\Delta(\text{PL-I})$ Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,069	-,114	-,023	,025
$\Delta(\text{PL-F})$ Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,074	-,122	-,034	,005
$\Delta(\text{PC-I})$ Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,008	-,042	,016	,643
$\Delta(\text{PC-F})$ Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,014	-,041	,015	,421
$\Delta(\text{I-F})$ Desiderio di ess./Fuori port. --> Beh. Eng. --> Autoeff.	-,006	-,031	,019	,616

Tabella A.6.2: Stime dei coefficienti di regressione associati ai 4 percorsi significativi del *modello 2* di equazione strutturale, differenziati per gruppi (PL = PLS, PC = PCTO, I = Ingegneri, F = Fisici). Le stime Δ rappresentano le differenze riguardo un dato percorso valutato tra i vari gruppi. Sono inoltre riportati i valori inferiori e superiori degli intervalli di confidenza, e le probabilità associate alle stime. Con "Autoefficacia" ci si riferisce alla dimensione relativa a teoria ed esercizi.

Bibliografia

- Amodeo A. L., Esposito C., Bacchini D. (2020). Heterosexist microaggressions, student academic experience and perception of campus climate: Findings from an Italian higher education context. *Plos ONE* 15(4): e0231580.
- Bandura A. (1997). In S. F Brennan & C. Hastings (Eds.), *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, NY: *W.H. Freeman and Company*.
- Bandura A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26.
- Barbaranelli C. (2003). *Analisi dei dati con SPSS*, vol. I e II.
- Ben-Eliyahu A., Moore D., Dorph R., Schunn C. D. (2018). Investigating the multidimensionality of engagement: Affective, behavioral, and cognitive engagement across science activities and contexts, *Contemporary Educational Psychology*.
- Cajas F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715–729.
- Christenson S., Reschy A. L., Wylie C. (2012). *Handbook of Student Engagement*.
- Cinquini V., Robutti O., Vincenzi A. B., Violino P. (1994). An investigation on the effectiveness of physics teaching in Italy, *International Journal of Science Education*, 16, 1, 45 — 61.
- Crano W. D. & Prislin R.. Attitudes and persuasion. *Annu. Rev. Psychol.* (2006), 57 :345–74.
- Eccles J. S. & Wang M. T. (2012). Part I Commentary: So What Is Student Engagement Anyway? In S. Christenson, A. L. Reschy, C. Wylie (Eds.). *Handbook of research on student engagement*. New York, NY: Springer.
- Eurydice. (2012). *Key data on education in Europe 2012*. Eurydice.
- Fredricks J. A., Wang M., Schall Linn J., Hofkens T. L., Sung H., Parr A., Allerton J. (2016). Using qualitative methods to develop a survey measure of math and science engagement. *Learning and Instruction* 43, 5-15.
- Guido R. M. D. (2013). Attitude and Motivation towards Learning Physics. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 2 Issue 11, November – 2013.

- Hazari Z., Sonnert G., Sadler P. M., Shanahan M. (2010). Connecting High School Physics Experiences, Outcome Expectations, Physics Identity, and Physics Career Choice: A Gender Study. *Journal of research in science teaching*, vol. 47, no. 8, pp. 978–1003.
- Kaur D. & Zhao Y. (2017). Development of Physics Attitude Scale (PAS): An instrument to measure students' attitudes towards Physics, *Asia-Pacific Edu Res*.
- Kessels U., Rau M., Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 76, 761–780.
- Lin T. (2021). Multi-dimensional explorations into the relationships between high school students' science learning self-efficacy and engagement, *International Journal of Science Education*, DOI: 10.1080/09500693.2021.1904523.
- Lindsey B. A., Nagel M. L. (2015). Do students know what they know? Exploring the accuracy of students' self-assessments. *Physical review special topics—physics education research* 11, 020103.
- OECD. (2008). *Encouraging student interest in science and technology studies*. Paris: Global Science Forum.
- Predazzi E. & De Bortoli A. (2005) L'Italia e la disaffezione verso gli studi scientifici, *Quaderni di Sociologia*, 38, 103-112.
- Salvatore S., Fini V., Mannarini T., Veltri G. A., Avdi E., Battaglia F., et al. (2018) Symbolic universes between present and future of Europe. First results of the map of European societies' cultural milieu. *Plos ONE* 13(1): e0189885.
- Sawtelle V., Brewe E., Kramer L. H. (2012). Exploring the Relationship Between Self-Efficacy and Retention in Introductory Physics. *Journal of research in science teaching*, vol. 49, NO. 9, PP. 1096–1121.
- Sax L. J., Lehman, K. J., Barthelemy, R. S., & L. Gloria (2016) Women in physics: A comparison to science, technology, engineering, and math education over four decades. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 12, 020108.
- Schreiber J. B., Nora A., Stage F. K., Barlow E. A., King J. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *Journal of Educational Research*, 99(6), 323-338. Doi: 10.3200/ joer.99.6.323-338.

Testa I., De Luca Picione R., Scotti di Uccio U., (2021). Patterns of Italian high school and university students' attitudes towards physics: an analysis based on semiotic-cultural perspective. *European Journal of Psychology of Education*.

Tonti, M. & Salvatore S. (2015). The homogenization of classification functions measurement (HOCFUN): A method for measuring the salience of emotional arousal in thinking. *American Journal of Psychology*, 128, 4, 469–483.

Veltri G. A., Redd R., Mannarini, T., Salvatore, S. (2019). The identity of Brexit: A cultural psychology analysis. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 29(1), 18–31. Doi:10.1002/casp.2378.

Wang M., Fredricks J. A., Ye F., Hofkens T. L., Schall Linn J. (2016). The Math and Science Engagement Scales: Scale development, validation, and psychometric properties. *Learning and Instruction* 43,16-26.