



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DEPARTMENT OF PHYSICS AND ASTRONOMY "A. RIGHI."

SECOND CYCLE DEGREE

PHYSICS

**ABITARE IL CONFINE
PER ILLUMINARE I *BLIND SPOTS* NELLA RICERCA
SCIENTIFICA**

Supervisor
Prof.ssa Olivia Levrini

Defended by
Martina Capelli

Co-supervisors
Prof.ssa Paola Govoni
Dott.ssa Sara Satanassi

Graduation July 2026

Academic Year 2025/2026

*Alle mie compagne e sorelle, che camminano e lottano con me.
E a chi non può più farlo.*

Indice

Indice	3
Abstract.....	6
Introduzione.....	7
1. Stato dell'arte. Oltre i confini della fisica: epistemologie femministe, STS e interdisciplinarietà per ripensare la didattica.....	11
1.1. Rappresentazioni della fisica nell'educazione e processi di esclusione.....	13
1.1.1. Quale immagine della fisica? Il problema educativo come punto di partenza	13
1.1.2. Gender, equity e culture della fisica: dal “fixing the woman” al “fixing the knowledge”.....	14
1.2 Epistemologie femministe e STS per contrastare l'immagine neutrale della scienza	18
1.2.1. “Science is not sexless”: l'inizio della fine dell'innocenza scientifica	18
1.2.2. Il mito dell'oggettività: indagare dietro i fatti scientifici	19
1.2.3. Donne ai margini della scienza: una genealogia di assenze e presenze invisibili.....	24
1.2.4. Il femminismo ha cambiato la scienza?.....	26
1.3. Oltre le discipline: l'interdisciplinarietà come pratica e esperienza	27
1.3.1. Cosa si intende per interdisciplinarietà?.....	27
1.3.2. La didattica come pratica interdisciplinare: imparare fisica ai confini	28
1.4. Abitare il confine: trovare uno spazio creativo per affrontare la complessità.....	30
1.4.1. Saperi marginali per illuminare i BLIND SPOTS nella ricerca scientifica	32
1.4.2. Le confluenze e la “mestiza”: nuove parole per nuovi modi di conoscere	33

1.4.3. Esplicitazione delle domande di ricerca	34
2. PRIMO STUDIO: ANALISI DI UN CASO STORICO	37
2.1. Introduzione al caso storico: Barbara McClintock.....	37
2.2. Quadro metodologico per l'analisi	40
2.2.1. Feminist Standpoint Theory	40
2.2.2. Boundary Learning	41
2.2.3. La griglia analitica: costruzione e applicazione	42
2.3. Analisi del caso attraverso la griglia	46
2.3.1. Pratiche di confine	46
2.3.2. Meccanismi epistemici	49
2.3.3. Condizioni di possibilità.....	54
2.4. Traduzione delle categorie analitiche in domande di intervista	58
3. SECONDO STUDIO: ANALISI DI CASI DI RICERCA CONTEMPORANEI	61
3.1. Introduzione ai casi contemporanei.....	61
3.2. Metodologia di analisi	62
3.2.1. Approccio qualitativo e scelta del metodo	62
3.2.2. Scelta delle figure intervistate	63
3.2.3. Protocollo di intervista.....	63
3.2.4. Lettura critica e piloting del protocollo	67
3.2.5. Metodo di analisi dati	69
3.3. Analisi dei casi contemporanei attraverso la griglia	69
3.3.1. Prima intervista.....	70
3.3.2. Seconda intervista.....	80
3.3.3. Terza intervista	88
3.3.4. Quarta intervista	94
4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI E OBIETTIVI FUTURI	103
4.1. Sintesi comparativa per dimensioni	103
4.2. Risposte alle domande di ricerca.....	106
4.3. Obiettivi futuri: verso una didattica <i>mestiza</i>	109
Bibliografia	111
Appendice.....	115
Griglia di analisi	115

Protocollo di intervista	121
--------------------------------	-----

Abstract

La presente tesi si colloca nell'ambito della ricerca in didattica della fisica e nasce da una riflessione critica su un'immagine della fisica trasmessa nei contesti di formazione come disciplina neutrale ed esclusiva – supportata dagli ultimi dati sul bilancio di genere di She Figures e AlmaLaurea – interrogandosi su come ampliare le pratiche e le narrazioni che la caratterizzano.

Il quadro teorico integra contributi delle epistemologie femministe, degli Science and Technology Studies (STS) e della storia della scienza per ampliare l'idea di oggettività classica (disincarnata) in oggettività situata, mostrando l'importanza di inserire la produzione scientifica in un contesto storico, sociale e culturale. L'impianto teorico si appoggia poi sulla letteratura sull'interdisciplinarietà per infine analizzare il concetto di confine come luogo di vantaggio epistemologico per generare conoscenza capace illuminare i punti ciechi (*blind spots*) intrinseci nelle pratiche scientifiche.

La ricerca adotta una metodologia qualitativa articolata in due studi: l'analisi del caso storico di Barbara McClintock, attraverso l'interpretazione proposta da Evelyn Fox Keller, per generare una griglia interpretativa che analizzi le pratiche e i meccanismi epistemici di generazione di sapere ai confini e le condizioni che li hanno resi possibili; e l'analisi tematica attraverso la griglia di quattro interviste a ricercatrici in fisica.

I risultati mostrano come l'attraversamento dei confini disciplinari ed epistemologici (teorizzato da nuove terminologie) possa favorire l'emergere di nuove domande scientifiche, illuminare i *blind spots*, nascosti ai paradigmi dominanti, e offrire nuove prospettive per ripensare la didattica della fisica come spazio di creazione di conoscenza più riflessiva, inclusiva e rigorosa.

Introduzione

Questa tesi si colloca nel campo della ricerca in didattica della fisica e nasce da una domanda educativa: quali immagini della fisica rendiamo disponibili a chi si forma dentro questa disciplina? La domanda nasce dall'esigenza di riflettere criticamente sulla fisica dall'interno e dal desiderio di comprenderne più profondamente la ricchezza epistemica, storica e formativa.

La fisica ha costruito modi radicalmente nuovi di vedere il mondo: ha reso pensabile l'invisibile, ha formalizzato relazioni non immediatamente accessibili all'esperienza, ha immaginato entità, strutture e processi che eccedono la percezione ordinaria. La fisica educa a uno sguardo particolare, capace di astrazione, modellizzazione, precisione, immaginazione controllata, dialogo tra matematica ed esperienza. Proprio per questa sua forza, la fisica è un luogo privilegiato per interrogarsi su che cosa significhi conoscere.

Da un punto di vista didattico, questa domanda è cruciale. Ogni percorso educativo in fisica trasmette concetti, leggi, modelli e formalismi, e insieme comunica un'immagine della scienza: un'idea di oggettività, rigore, evidenza, creatività, intelligenza, competenza e appartenenza. Questa immagine può restare implicita, sedimentata nelle pratiche, nei linguaggi, negli esempi, nelle forme di valutazione e nei modi in cui si racconta la storia della disciplina. Oppure può diventare oggetto di riflessione educativa.

È in questo spazio che si inserisce il presente lavoro. La tesi assume la fisica come un sapere rigoroso e creativo, capace di produrre forme raffinate di oggettività. L'obiettivo è aprire dentro la disciplina nuove possibilità di pensiero, riconoscendo la varietà delle pratiche, dei soggetti e delle condizioni attraverso cui la conoscenza scientifica prende forma.

Per raggiungere questo obiettivo, si utilizzano le prospettive dell'epistemologia femminista come risorsa per pensare criticamente la scienza e la sua trasmissione. Il suo contributo consiste nel riflettere a quali condizioni l'oggettività possa diventare più forte, più consapevole, più capace di riconoscere le proprie assunzioni implicite. Interrogare la scienza come pratica situata non significa ridurla a opinione o a prodotto sociale arbitrario, ma prendere sul serio il fatto che

la conoscenza scientifica viene costruita attraverso pratiche, strumenti, comunità, linguaggi, corpi, istituzioni e immaginazioni (Latour, 1987).

Negli ultimi decenni, la ricerca in didattica della scienza e della fisica a livello internazionale ha mostrato quanto questa prospettiva sia feconda per la didattica della fisica (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, 2022).

Ci sono più livelli su cui si può ragionare sulla necessità di integrare queste prospettive nella ricerca e nella didattica. In primo luogo, esiste un importante problema di equità e opportunità, documentato da dati che mostrano una persistenza strutturale delle disuguaglianze di genere nei percorsi scientifici, nonostante i progressi registrati nell'accesso all'istruzione universitaria.

Un secondo livello di riflessione è quello della rappresentazione della scienza – e della fisica in particolare – nelle istituzioni scolastiche: la disaffezione per le discipline STEM che poi porta a una minore presenza nelle scelte universitarie, si costruisce già durante la formazione pre-universitaria: è lì che si formano le prime immagini di chi “è portata” o no a fare scienza (Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2010). La ricerca in didattica della fisica ha mostrato che la rappresentazione della scienza come prevalentemente maschile, rischia di rafforzare l'idea che alcune soggettività siano naturalmente “più portate” di altre, contribuendo a rafforzare gli stereotipi connessi (Cipriani & Pezzulli, 2023).

L'ultimo livello di analisi è ciò che viene definito “*fixing the knowledge*” (Picardi, 2020), che indica il miglioramento della generazione di conoscenza, per renderla più affine alla complessità reale, allargando le vedute e considerando valide anche le prospettive non convenzionalmente attribuite alla scienza. È questo il livello maggiormente indagato nel presente lavoro di tesi.

Questa tesi si colloca precisamente in questo spazio di riflessione. L'obiettivo non è mettere in discussione il rigore della fisica, ma ampliarne l'immagine: non è rigorosa perché priva di soggetti, corpi, storie e pratiche; lo è perché ha saputo costruire modi controllati, condivisibili e trasformabili per mettere alla prova le proprie idee sul mondo. Rendere visibili le condizioni attraverso cui questo accade può rafforzare la comprensione della disciplina e aiutare studentesse e studenti a vedere la fisica come impresa viva, storica, collettiva, capace di produrre conoscenza proprio perché attraversata da domande, vincoli, strumenti, immaginazione e forme di responsabilità.

La tesi si articola in tre capitoli centrali e uno conclusivo.

Il primo capitolo contestualizza la domanda nel settore di ricerca della didattica della fisica e della scienza per poi mettere a fuoco il problema attraverso le epistemologie femministe, gli STS (Science and Technology Studies) e gli studi sull'interdisciplinarietà. Da qui emerge il concetto di *blind spot*: ciò che una comunità fatica a vedere perché i suoi strumenti, linguaggi e criteri di legittimità non lo rendono immediatamente riconoscibile. Parlare di *blind spots* nella fisica significa comprendere meglio come funziona ogni sguardo scientifico: ciò che mette a fuoco, ciò che lascia ai margini, ciò che può diventare visibile da altre posizioni.

Il secondo capitolo è dedicato al caso storico di Barbara McClintock attraverso la lettura di Evelyn Fox Keller. Il caso viene assunto come strumento analitico (categorie) per riconoscere pratiche scientifiche di confine.

Il terzo capitolo utilizza queste categorie per analizzare casi contemporanei di ricercatrici in fisica. Quattro interviste permettono di esplorare come ricercatrici abitino oggi confini disciplinari, istituzionali e culturali, e in che modo tali posizioni possano generare nuove domande, nuovi linguaggi e nuove possibilità conoscitive.

Il quarto capitolo discute i risultati focalizzandosi sulla risposta alla domanda di ricerca principale: ***In che modo prospettive situate ai margini o nei confini della ricerca possono illuminare punti ciechi e offrire risorse per ripensare la formazione scientifica?***

La tesi torna così alla domanda educativa iniziale: come insegnare e abitare la fisica in modo da valorizzarne un sempre più fecondo valore conoscitivo, rendendo visibili anche le condizioni, i confini e le pratiche attraverso cui questa potenza prende forma?

1. Stato dell'arte. Oltre i confini della fisica: epistemologie femministe, STS e interdisciplinarità per ripensare la didattica

La scienza e la fisica, in particolare, è da sempre rappresentata come il luogo fondamentale dell'oggettività e della neutralità, distaccata dai contesti in cui è inserita.

In realtà questa rappresentazione è stata messa in discussione da una pluralità di voci provenienti da diversi ambiti della conoscenza – scienza, storia, filosofia, sociologia, antropologia, letteratura. Grazie a questa molteplicità di prospettive, è emerso come il sapere scientifico, non diversamente dagli altri saperi, sia profondamente radicato nella società e ne rispecchi i valori dominanti in ogni determinato periodo storico. Questo implica che, anche nella produzione della conoscenza scientifica, si ritrovino le stesse dinamiche di potere presenti nella società. Scienza e società si influenzano reciprocamente, scambiandosi e riflettendo pratiche e valori, e questo può avere un risultato sia positivo che negativo per entrambe.

Questo capitolo si inserisce all'interno di un dibattito che si sviluppa ormai da circa un secolo, con l'obiettivo di ricostruire un quadro teorico che permetta di ripensare l'immagine della fisica non come un sistema chiuso e autosufficiente, ma piuttosto come una pratica profondamente umana, in dialogo con la società e la natura. L'intento è rivalorizzare la fisica nella sua creatività e rigorosità, grazie all'inclusione di pratiche diverse.

Il percorso si sviluppa attraverso tre tematiche principali: il problema dell'immagine della fisica nella didattica e nella formazione, la critica dell'immagine classica di oggettività attraverso prospettive di radice femminista e il ruolo di pratiche interdisciplinari nella produzione di conoscenza. Questi temi portano alla riflessione sull'abitare i confini nella ricerca scientifica e al concetto di *blind spot*, su cui si costruisce la domanda di ricerca che guida il lavoro.

La prima sezione del capitolo si apre mostrando il problema dell'immagine della fisica attraverso la ricerca in didattica, ponendo questo tema come punto di partenza. Poi affronta, attraverso l'analisi di dati e studi in PER, i processi di esclusione dalla comunità scientifica di alcune soggettività storicamente marginalizzate, come le donne.

La seconda sezione affronta le epistemologie femministe che, storicamente, attraverso voci, come quelle di Donna Haraway e Sandra Harding, hanno contribuito a mettere in crisi il mito di una conoscenza scientifica neutrale, sostituendolo con l'idea di una conoscenza situata e incarnata. Al contempo, si ricostruisce una genealogia del rapporto problematico tra donne e scienza, e di come questo abbia contribuito a plasmare l'epistemologia scientifica stessa. Grazie agli studi STS, in particolare attraverso il lavoro di Bruno Latour, si è chiarito come la produzione dei fatti scientifici sia il risultato di processi sociali complessi.

La terza sezione è dedicata al tema dell'interdisciplinarietà, intesa come pratica necessaria per affrontare la complessità del mondo contemporaneo. L'interdisciplinarietà, qui, non è intesa semplicemente come integrazione tra discipline separate, ma come esperienza relazionale che coinvolge soggetti, linguaggi e modalità di conoscenza differenti. In questa parte si cerca di ricostruire una possibile metodologia di produzione interdisciplinare della conoscenza. Questa unità si conclude infine con uno sguardo all'implementazione didattica di tali pratiche.

Nella quarta sezione si affronta il tema del confine, analizzato nella sua ambivalenza: da un lato come dispositivo che ha storicamente marginalizzato donne e altre soggettività; dall'altro come spazio potenzialmente generativo, capace di produrre forme di conoscenza alternative e non convenzionali, nonché luogo di resistenza rispetto a una narrazione centrale e dominante. Questa doppia lettura è sostenuta, tra le altre, dall'analisi storica di Gianna Pomata, che configura il confine come spazio di conoscenza aperto dalle donne.

La sezione si chiude introducendo il nucleo teorico della ricerca: cosa significa e come sia possibile illuminare i *blind spots*, le zone d'ombra, nella ricerca scientifica. In questa parte vengono inoltre approfonditi i pensieri e le terminologie di Gloria Anzaldúa e Ailton Krenak, come fonti innovative per introdurre nuove parole – quali *confluenze* e *mestiza* – capaci di descrivere nuovi modi di pensare e di generare conoscenza.

Da qui emergono, infine, le domande di ricerca che guidano il lavoro dei capitoli successivi.

1.1. Rappresentazioni della fisica nell'educazione e processi di esclusione

1.1.1. Quale immagine della fisica? Il problema educativo come punto di partenza

“Mi ha insegnato la differenza tra l'educazione come pratica della libertà e l'educazione che si forza semplicemente di rafforzare il dominio” (hooks, 2020)

I percorsi di formazione scientifica non trasmettono soltanto leggi e concetti, ma contribuiscono a costruire in studentesse e studenti un'immagine della fisica e di chi la genera. Questo crea implicitamente in loro delle regole su chi può occuparsi di fisica e su quali forme di intelligenza e di attenzione vengono riconosciute come legittime all'interno della disciplina. Gli stereotipi che ne derivano, spesso lasciati sullo sfondo degli obiettivi espliciti dell'insegnamento, vengono rafforzati dalle pratiche didattiche, dagli esempi scelti, dai corpi e dalle voci che vengono presentati come modelli autorevoli. Le conseguenze diventano problematiche nel momento in cui tali immagini influenzano il modo in cui studentesse e studenti si relazionano alla disciplina, facendo sì che si sentano, oppure no, ricondotte a quella immagine, e decidano, anche in funzione di questo, se proseguire gli studi in direzione della fisica.

La citazione di hooks si inserisce perfettamente in questo quadro: l'educazione dovrebbe essere concepita come una pratica alla libertà, capace di incoraggiare all'esplorazione delle proprie inclinazioni e dei propri desideri, senza tagliare le ali rafforzando immagini convenzionali radicate nelle gerarchie di dominio.

La ricerca in didattica della fisica ha sviluppato strumenti per studiare questi fenomeni, tra cui il concetto di “*physics identity*” (Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2010) e come questa influenza le scelte future di intraprendere percorsi STEM. Viene sottolineato nello studio come la scuola giochi un ruolo decisivo nella costruzione dell'identità fisica e quali elementi ne favoriscono uno sviluppo più aperto: l'enfasi sulla comprensione concettuale, la possibilità di discutere temi scientifici attuali e rilevanti e il riconoscimento attivo delle studentesse e degli studenti come persone capaci di fare fisica.

Uno dei risultati più significativi dello studio è che le studentesse tendono a sentirsi maggiormente allineate con una *physics identity* quando viene loro esplicitato il tema della sotto-rappresentazione femminile nella scienza; mediamente, tuttavia, gli studenti presentano livelli più elevati di *physics identity* rispetto alle studentesse.

Connesso a questo tema si può nominare anche il test *Draw a Scientist* svolto su bambine e bambini per indagare la loro percezione rispetto alla figura di una persona impegnata nella scienza. La ricerca originaria, pubblicata nel 1985, è stata riproposta nel 2018 (Miller, Nolla, Eagly, & Uttal, 2018) con un campione di ventimila test realizzati negli Stati Uniti tra il 1985 e il 2016 su una fascia d'età che va dalla scuola primaria fino alla fine delle scuole superiori. Lo studio mostra che la percentuale di disegni raffiguranti scienziate è il 28% (nel 1985 era meno dell'1%), ma evidenzia anche come a disegnare scienziate siano prevalentemente le bambine, mostrando che lo stereotipo si consolida con l'età e tra le persone di genere maschile.

L'immagine dominante che sopravvive attraverso tutti i decenni della ricerca resta quella di *“un uomo dai tratti occidentali, per lo più anziano, con i capelli bianchi e spesso scompigliati che, protetto dalle mura di un laboratorio, vive isolato e lontano dalla società”* (Cipriani & Pezzulli, 2023). Questo dato conferma che nell'immaginario comune di studentesse e studenti esistono criteri impliciti per conformarsi a una *physics identity*, che finiscono per lasciare fuori una larga parte della popolazione.

Per questi motivi appare necessario allargare i criteri di appartenenza alla fisica, per non rischiare di perdere i contributi di tutte quelle soggettività che si sentono escluse da ciò che viene convenzionalmente associato a una *physics identity*. Questo implica rendere l'educazione alla fisica più inclusiva e mostrare la disciplina per ciò che realmente rappresenta: una pratica profondamente umana, collettiva e creativa, una pratica alla libertà piuttosto che un insieme di rigide e solitarie regole.

1.1.2. Gender, equity e culture della fisica: dal “fixing the woman” al “fixing the knowledge”

Questi stereotipi e immagini della fisica possono essere messe in relazione alla minore partecipazione ai percorsi universitari STEM da parte di persone che non si sentono appartenere a queste rigide rappresentazioni, come mostrato dai dati di SheFigures e AlmaLaurea.

A livello europeo, il rapporto *She Figures 2024* della Commissione Europea mostra un dato paradossale: le donne compongono la maggioranza tra le persone iscritte all'università nell'Unione Europea e raggiungono il 48% del totale al dottorato; la rappresentanza crolla tuttavia nella specificità nei campi STEM, in particolare nelle Scienze Fisiche solo il 36,8% dei dottorati è conseguito da donne (dato risalente al 2021, che è addirittura peggiorato dal 2018, in cui le donne rappresentavano il 38,2%). Procedendo lungo la carriera accademica, il divario

si amplifica progressivamente configurando il fenomeno noto come *leaky pipeline*¹. Questo viene mostrato nel grafico sottostante: la presenza delle donne, dopo aver raggiunto un picco nelle posizioni iniziali di ricerca (*Grade C*), diminuisce raggiungendo il 33% nei ruoli intermedi di professoresse associate o *senior researchers* (*Grade B*), per poi raggiungere il minimo in ruoli accademici apicali (*Grade A*); gli uomini invece percorrono una traiettoria inversa e simmetrica, passando dal 68% negli studi al 72% nelle posizioni più prestigiose.

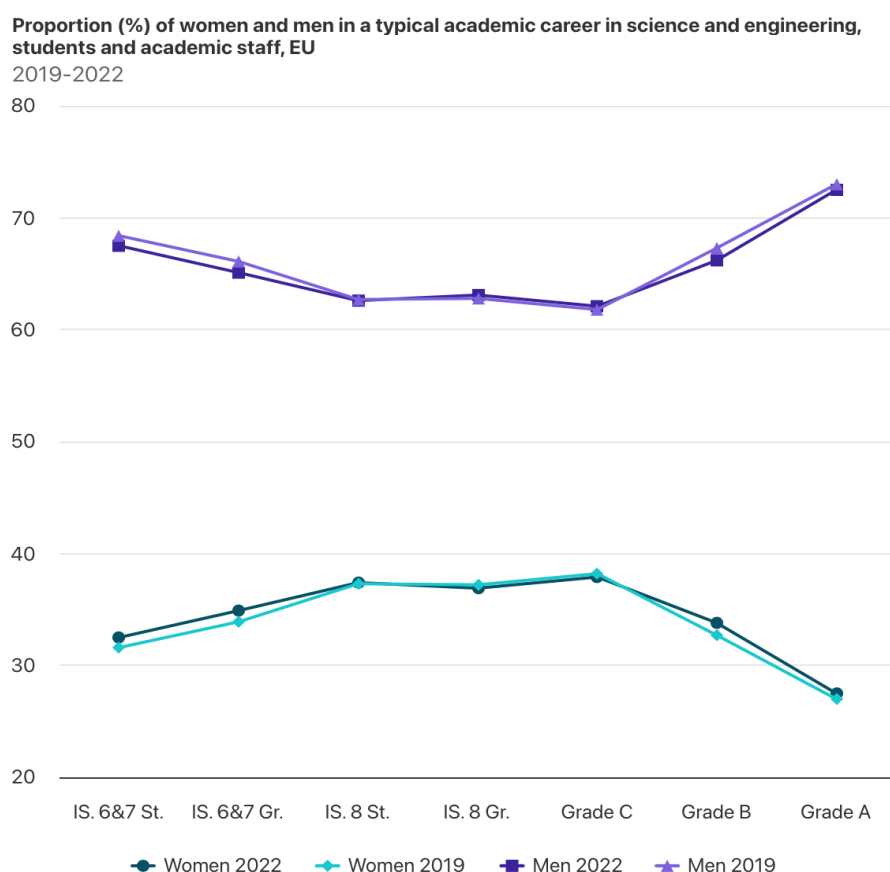


Grafico 1: Il grafico mostra la proporzione di donne e uomini in scienze e ingegneria lungo una tipica carriera accademica nell'UE, confrontando i dati del 2019 e del 2022 (*She figures 2024: Gender in research and innovation – Statistics and indicators*).

A livello italiano invece, si analizza il Rapporto di Genere 2026 del Consorzio Interuniversitario AlmaLaurea, che conferma e precisa il quadro europeo. In Italia, infatti, le donne rappresentano quasi il 60% delle persone laureate nel 2024 con performance accademiche sistematicamente

¹ Questo fenomeno descrive la progressiva diminuzione della presenza femminile lungo le tappe della carriera scientifica.

superiori agli uomini; tuttavia, tra i percorsi STEM la loro presenza rimane al 41,1%, invariata dal 2015. Nel passaggio al dottorato di ricerca la disparità si accentua: le donne rappresentano il 36,7% nella ricerca STEM (nelle altre aree superano il 50%). Nel mercato del lavoro, nonostante le persone che hanno conseguito percorsi STEM hanno retribuzioni maggiori, si conferma una penalizzazione delle donne sia sul piano retributivo (con una differenziale salariale del 15,4%), sia in termini di realizzazione; si conferma anche la maggior diffusione dei contratti di lavoro a tempo indeterminato tra gli uomini, a discapito di contratti a tempo determinato per le donne.

La ricerca di Ilenia Picardi sui percorsi di carriera nel sistema universitario italiano mostra che i processi di esclusione si distribuiscono attraverso meccanismi multipli e spesso invisibilizzati, che vengono definiti come “labirinti di cristallo” (Picardi, 2020). Questa metafora amplifica i concetti di “soffitto di cristallo” e di *leaky pipeline*, mostrando la complessità delle diverse difficoltà nella costruzione della propria carriera accademica che riscontrano quotidianamente persone che non sono uomini bianchi cis etero e di una certa classe sociale.

Per lungo tempo il problema è stato affrontato attraverso una prospettiva definita *fixing the women* (Picardi, 2020): l’attenzione era rivolta principalmente alle donne e a come spingerle a intraprendere carriere scientifiche. Le strategie proposte miravano quindi a incrementare la fiducia in sé, migliorare la preparazione matematica o rafforzare l’interesse verso la disciplina. Successivamente il focus è stato spostato verso il *fixing the institution*, ammettendo che il problema è strutturale, e poi verso un paradigma differente, sintetizzato dall’espressione *fixing the knowledge*: non sono le donne a dover essere adattate alla cultura della fisica, ma è la cultura stessa della fisica a dover essere interrogata.

Numerosi studi sulla cultura della fisica hanno mostrato come questi ambienti siano spesso caratterizzati da norme implicite costruite attorno a modelli di maschilità² considerati neutrali e universali. Uno studio in particolare evidenzia come episodi di sessismo e microaggressioni nei luoghi di fisica e astronomia non costituiscano eventi eccezionali, ma elementi ordinari dell’esperienza di molte persone appartenenti a gruppi sottorappresentati (Barthelemy,

² Il termine “maschilità” è qui inteso come storicamente associato, nella cultura occidentale, all’oggettività e alla ragione, in opposizione a una “femminilità” associata invece alla soggettività e all’emozione. Fox Keller analizza questa distinzione come costruito culturale e sociale: associare il pensiero oggettivo a una caratteristica prettamente maschile è un’ideologia di genere che ha storicamente plasmato la pratica scientifica (Keller E. , 1985).

McCormick, & Henderson, 2016). Tali pratiche non operano solo attraverso forme esplicite di discriminazione, ma tramite messaggi sottili che mettono continuamente in discussione il senso di appartenenza e la legittimità della propria presenza all'interno della comunità scientifica. Un altro studio americano in PER sottolinea come il 58% delle donne in ambito accademico STEM subisce molestie sessuali, configurandosi come secondo solo in relazione all'ambito militare in cui il rate è 69% (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, 2022).

Un'altra ricerca sottolinea come gran parte della letteratura PER abbia interpretato le differenze di partecipazione e rendimento attraverso le categorie rigide di uomini e donne, assumendo implicitamente gli uomini come termine unico di paragone (Traxler, 2016). Le autrici propongono invece di considerare il genere in modo più intersezionale, che si intreccia con altre componenti dell'identità, come classe sociale, etnia, orientamento sessuale e disabilità. In questo modo le esperienze individuali e le identità personali di studentesse e studenti non sono tenute sufficientemente in considerazione.

D'altra parte, una rassegna sistematica di un decennio di ricerca internazionale sul genere in fisica e in didattica della fisica, mostra che il 76,9% degli studi analizzati riducono il problema delle disuguaglianze di genere a un modello binario che problematizza unicamente la scarsa partecipazione delle donne, ponendo come soluzione implicita di attrarre e trattenere più ricercatrici (Vidor, Danielsson, Rezende, & Ostermann, 2020). Soltanto una minoranza di studi (circa il 22,3%) sposta l'attenzione sulle culture disciplinari, e solo uno, tra centotrenta esaminati, tratta il genere come una dimensione, tra tante, che condiziona la stessa produzione di conoscenza scientifica. È a questo terzo livello, ancora scarsamente esplorato dalla ricerca, che la presente tesi intende contribuire.

Comprendere come si sia consolidata questa immagine della scienza e della fisica, e come sia stato possibile metterla progressivamente in discussione, richiede uno sguardo che attraversi la sua storia e la sua epistemologia. Tra i diversi strumenti che la letteratura ha messo a disposizione per questo tipo di indagine, le epistemologie femministe e gli STS offrono alcune chiavi di lettura particolarmente utili per interrogare i presupposti di neutralità e autosufficienza della conoscenza scientifica, e sono quelle che questo lavoro ha scelto di approfondire.

1.2 Epistemologie femministe e STS per contrastare l'immagine neutrale della scienza

1.2.1. "Science is not sexless": l'inizio della fine dell'innocenza scientifica

"Science, it would seem, is not sexless, she is a man, a father, and infected too" (Woolf, *Three Guineas*, 1938, p. 127)

Si sceglie di aprire questa discussione con una citazione della scrittrice Virginia Woolf (che funge spesso da riferimento negli STS), poiché appare consapevole di uno dei nodi teorici centrali di questa prima sezione: la presunta neutralità della scienza.

L'affermazione è tratta da *Three Guineas*, pubblicato nel 1938, che non è un trattato scientifico né un saggio filosofico, ma una lettera aperta nella quale Woolf, rispondendo a un interlocutore immaginario che le chiede come prevenire la guerra, illustra che questa è supportata dalla stessa struttura patriarcale, di cui anche la scienza è detta essere parte integrante³.

La scrittrice afferma che la scienza "è un padre, ed è infetta" per sottolineare come il soggetto della conoscenza scientifica non sia universale, ma storicamente situato: maschile, bianco, europeo, portatore dei valori e delle gerarchie della cultura da cui proviene. L'"infezione" a cui fa riferimento indica la contaminazione dell'autorità scientifica con l'autorità sociale, ovvero il modo in cui la prima viene usata erroneamente dai gruppi dominanti per legittimare la seconda. L'autorità della Natura diventa uno strumento retorico, impiegato per giustificare ideologie culturali.

Un esempio famoso particolarmente eloquente di questo meccanismo viene dall'Italia di qualche decennio prima. Nel 1893 i medici criminologi Cesare Lombroso e Guglielmo Ferrero pubblicano *La donna delinquente, la prostituta e la donna normale*, in cui utilizzano – tra gli altri dati – uno studio sulle calvizie per sostenere la "minore attività psichica" delle donne.⁴ Ciò che colpisce non è soltanto la conclusione a cui giungono, ovviamente scientificamente insostenibile, ma il metodo: dati quantificabili, misurazioni corporee, argomentazioni biologiche.

Quello che appare come un solido apparato scientifico in realtà nasconde una funzione sociale ben precisa: uno strumento retorico utilizzato per sostenere gerarchie sociali storicamente costruite. La ricerca, attraverso meccanismi, come questi, non scopre l'inferiorità della donna, ma la produce, attribuendo all'argomento il sigillo della Natura e rendendolo così difficilmente

³ È importante precisare che Woolf, per quanto sia una voce lontana dai luoghi di competenza scientifici, seguiva con attenzione il dibattito sulla nuova fisica e sull'astronomia degli anni Venti e Trenta, soprattutto le opere divulgative di Jeans e Eddington (Henry, 2003).

⁴ Lombroso, C., & Ferrero, G. (1893). *La donna delinquente, la prostituta e la donna normale*. Torino: Roux.

contestabile, soprattutto grazie all'autorità conferita da tabelle, dati numerici, e formalizzazione matematica.⁵

Dell'uso dell'autorità della Natura parla la storica Gianna Pomata, che analizza il rapporto tra Natura e Cultura mettendone in luce l'irriducibile ambivalenza:

“Questo uso politico del determinismo biologico è giocato su una fondamentale ambivalenza del contrasto di natura e cultura: quando si vuole sottolineare l'aspetto attivo e trasformatore della società, la cultura appare in grado di trasformare e soggiogare illimitatamente la natura. Ma quando invece si vuole affermare l'immutabilità, il carattere non modificabile di certi rapporti sociali (in modo da proteggerli dalla minaccia del mutamento) allora è utile presentarli come “naturali”: la natura appare come un limite irriducibile della cultura.” (Pomata, 1983)

In questa prospettiva, la Natura non è un soltanto oggetto – o meglio soggetto – di indagine, ma diventa un argomento retorico che cambia funzione a seconda del contesto e degli interessi in gioco. Quando conviene la trasformazione della realtà o il dominio sull'ambiente, la Cultura trionfa sulla Natura; quando invece conviene bloccare il mutamento, lo sviluppo, è la Natura a imporsi come limite invalicabile. La scienza può diventare così il linguaggio attraverso cui questa alternanza viene formalizzata e resa legittima per scopi impropri.

Per questi motivi la scienza non può essere considerata una pratica neutrale, come viene sottolineato dalla filosofa della scienza Sandra Harding: *“Thus the sciences are left complicitous with the projects of the most powerful groups in society. The neutrality requirement is not just ineffective at maximizing objectivity; it is an obstacle to it.”* (Harding, 1992).

Al contrario, per avvicinarsi a una forma più rigorosa di oggettività – quella che Harding definisce *strong objectivity* – è necessario analizzare i valori, le prospettive e i gruppi sociali che partecipano alla sua costruzione (Harding, 1992).

1.2.2. Il mito dell'oggettività: indagare dietro i fatti scientifici

L'oggettività della scienza è uno dei pilastri su cui si fonda il valore autorevole della conoscenza scientifica. Tuttavia, la richiesta di oggettività non significa necessariamente tradurre la pratica scientifica in un processo in cui la natura è un oggetto passivo da scoprire, le cui leggi

⁵ Dell'uso dei dati a sproposito per costruire una retorica forte negli articoli scientifici, ne parla approfonditamente Bruno Latour in *Science in Action* (Latour, 1987).

devono essere individuate da scienziate e scienziati solo attraverso l'osservazione empirica dei fatti.

In questa prospettiva, infatti, si crea una dicotomia tra il soggetto conoscente e l'oggetto da conoscere: lo scienziato detiene il potere dell'osservatore, mentre la natura viene semplicemente indagata, senza poter partecipare in alcun modo. Tra le discipline scientifiche, la fisica appare come la branca della scienza in cui è più facile applicare questa idea di neutralità.

Questa idea di oggettività è stata efficacemente criticata da Donna Haraway attraverso la nozione di *view from nowhere*, cioè l'illusione di uno sguardo che osserva il mondo senza essere situato in esso. Secondo la stessa Haraway:

"I would insist on the embodied nature of all vision and so reclaim the sensory system that has been used to signify a leap out of the marked body and into a conquering gaze from nowhere. [...] all seems not just mythically about the god trick of seeing everything from nowhere, but to have put the myth into ordinary practice." (Haraway, 1988)

Con questo concetto, Haraway mette in luce come la *view from nowhere* non elimini il punto di vista, ma lo nasconda, facendolo apparire come una visione neutrale e universale, quasi divina – quello che lei definisce il *god trick*. Il problema, come evidenzia in questo frammento, è che questo mito dell'oggettività è stato trasferito nella pratica scientifica, diventando un presupposto implicito.

La separazione netta tra soggetto e oggetto della conoscenza si inserisce nel discorso più ampio, già accennato, della dicotomia tra cultura e natura: la prima associata all'attività razionale di ricerca – e quindi allo scienziato, storicamente maschio e bianco – la seconda concepita come dominio passivo da osservare, classificare, controllare. Questa separazione non è neutrale, riflette una visione del mondo legata a quella che molte autrici – tra cui (Haraway, 1988) e (Merchant, 1980) – hanno definito una politica del dominio. Come emerge anche nelle riflessioni di Ailton Krenak (Krenak, 2025)⁶ – che saranno approfondite più avanti – e negli studi raccolti in *Ripensare l'Antropocene* (Govoni, Belcastro, Bonoli, & Guerzoni, 2024), questa concezione si fonda su una frattura profonda tra ciò che viene considerato umano e ciò che

⁶ Uno dei temi principali che Krenak affronta nel suo *Futuro Ancestrale* è l'unione, l'interdipendenza tra soggetto umano e natura: *"Non c'è confine tra gli esseri umani e gli organismi che li circondano"*.

viene considerato non-umano, che ha storicamente legittimato pratiche di controllo e sfruttamento.

In questo quadro, l'oggettività diventa sinonimo di distanza, disinteresse, controllo e neutralizzazione del soggetto.

La fisica moderna stessa però, ha messo in discussione questa separazione, in particolare con l'avvento della fisica quantistica, in cui soggetto e oggetto della conoscenza si intrecciano tra loro.

A partire dalla seconda metà del Novecento, gli Science and Technology Studies (STS) hanno ulteriormente messo in discussione questo modello, proponendo un'inversione metodologica, suggerendo di studiare la scienza non solo attraverso i suoi risultati, ma come pratica sociale.

In particolare, propongono di osservare la scienza *mentre accade*, prima che i fatti scientifici diventino stabili, quando ancora sono oggetto di controversie. Questo significa osservare ciò che succede nei laboratori, nelle istituzioni, nei contesti in cui la conoscenza viene generata.

Tra i principali esponenti di questo approccio si può citare Bruno Latour oltre a Donna Haraway, Londa Schiebinger e Margaret Rossiter e tante altre studiose.

Nel suo lavoro *Science in Action* (1987), Latour formalizza questo approccio attraverso alcune regole metodologiche per studiare, appunto, la scienza in azione; la prima di queste recita:

"We study science in action and not ready made science or technology; to do so, we either arrive before the facts and machines are blackboxed or we follow the controversies that reopen them." (Latour, 1987)

Nel linguaggio di Latour, una *black box* è un fatto o meccanismo che è diventato così consolidato da non richiedere più giustificazione – ad esempio, la formula chimica dell'acqua. Il successo di una teoria o di un concetto rende invisibile il lavoro che l'ha generato; tuttavia, ogni *black box* in momenti precedenti è stata aperta: c'è stato un tempo in cui era contestata, in cui le ipotesi erano in competizione, in cui il risultato dipendeva non solo dai dati ma da chi aveva risorse, alleati, strumenti e autorità per far prevalere la propria interpretazione.

In questa prospettiva, i fatti scientifici non appaiono più come dati immediati della realtà, ma come il risultato di un lavoro collettivo e situato.

Latour invita inoltre a non considerare la natura come causa ultima delle affermazioni scientifiche, che sono diventate scatole nere, come illustrato nella sua terza regola di metodo:

“Since the settlement of a controversy is the cause of Nature's representation, not its consequence, we can never use this consequence, Nature, to explain how and why a controversy has been settled.” (Latour, 1987)

Studiare la scienza mentre accade permette anche di osservare come i confini che separano la “vera scienza” da tutto il resto non siano tracciati dai fatti stessi. Il sociologo Thomas Gieryn definisce questo processo *boundary-work*: gli scienziati e le scienziate partecipano attivamente alla definizione di ciò che è considerato scientifico (Gieryn, 1983). Questi confini non sono stabiliti in modo permanente da criteri logici, ma vengono continuamente negoziati in relazione a interessi, risorse e dinamiche di potere. Questo riguarda anche le persone a cui è conferita l'autorità di parlare di scienza, quali metodi sono considerati legittimi e quali conoscenze sono riconosciute come valide.

Un caso esemplare è quello raccontato da David Kaiser nel suo libro *Come gli hippie hanno salvato la fisica* (2011), in cui racconta la vicenda del Fundamental Fysik Group, un gruppo di fisici e fisiche che, negli anni Settanta, operava ai margini dell'accademia americana, esplorando i fondamenti della meccanica quantistica attraverso strumenti considerati non convenzionali della pratica scientifica, come la filosofia e le pratiche spirituali. Da quella posizione periferica *“il Fundamental Fysik Group ha dato nuovo spazio al pensiero libero e a quel tipo di speculazione filosofica diretta ai fondamentali della fisica che la Guerra Fredda aveva imbastito”*. Questo ha permesso di ragionare su problemi quali la nonlocalità e l'interpretazione del teorema di Bell, che durante il periodo di grande tensione della Guerra Fredda non erano considerati priorità nella ricerca.

Un altro esempio di *boundary-work* molto importante riguarda l'esclusione, dalla definizione di scienza, dei lavori artigianali, manuali, o considerati “noiosi”, svolti da donne nella loro storia della scienza. Aver escluso queste pratiche dalla definizione convenzionale di attività scientifica ha contribuito a escludere queste donne dalla storia della scienza e dalla costruzione della conoscenza scientifica. Questo tema, particolarmente florido, verrà approfondito nei prossimi capitoli.

A questa prospettiva si collega il lavoro di Helen Longino, che introduce il concetto di *background assumptions*, assunzioni di fondo, cioè credenze condivise dalla maggior parte dei membri di una comunità scientifica, che rimangono implicite e quindi non vengono mai messe in dubbio. A proposito, scriveva:

“If we recognize, however, that knowledge is shaped by the assumptions, values and interests of a culture and that, within limits, one can choose one's culture, then it's clear that as scientists/theorists we have a choice.” (Longino, 1987)

Questo discorso sottolinea la responsabilità di chi genera scienza, invece di sollevarla, come accade quando si assume una *view from nowhere*.

Le assunzioni di fondo non sono necessariamente false, sono situate, cioè riflettono l'esperienza, i valori e le priorità di chi le ha costruite. Se la comunità scientifica è demograficamente omogenea – come lo è stata la fisica per la maggior parte della sua storia, composta prevalentemente da uomini cis, occidentali⁷ e bianchi – le assunzioni di fondo ricalcheranno i valori di questo gruppo. Il fatto che nelle pratiche scientifiche queste assunzioni spesso non vengano esplicitate è in contrasto con una buona metodologia scientifica: nella ricerca in fisica quando si affronta un problema, il primo passo consiste proprio nell'esplicitare le assunzioni, le condizioni di partenza.

Questo mette in luce il punto da cui siamo partite, cioè l'oggettività: una vera oggettività, una *strong objectivity*, si raggiunge attraverso una comunità più diversificata. Questo perché la diversità di posizionamento aumenta la probabilità che le assunzioni di fondo vengano identificate e messe in discussione. Come scrive Sandra Harding:

“Scientific communities that are designed (intentionally or not) to consist only of like-minded individuals lose exactly that economic, political, and cultural diversity that is necessary to enable those who count as peers to detect the dominant culture's values and interests.” (Harding, 1992)

Se questo discorso vale per la scienza in generale, diventa particolarmente significativo nel caso della fisica. Considerata tradizionalmente la disciplina più oggettiva e universale, la fisica viene presentata come indipendente da qualsiasi contesto e condizionamento sociale. Per questo, essa rappresenta un caso limite per la critica epistemologica femminista, un caso che viene ancora poco analizzato e particolarmente resistente.

Come osserva Francesca Vidotto:

⁷ Il termine “occidentali” è qui utilizzato in senso operativo e semplificato per indicare l'appartenenza a quell'insieme di paesi (europei e nordamericani in primo luogo) che hanno storicamente occupato una posizione di centralità e potere nella produzione e legittimazione del sapere scientifico moderno. Per approfondimenti riguardo la costruzione delle categorie “Occidente” e “Oriente” si rimanda al lavoro di Edward Said (Said, 1978).

“Credo che l'errore di coloro che rifiutano qualsiasi discussione sul genere nelle hard Sciences sia un errore filosofico riguardo alla filosofia della scienza. Quando pensiamo che il compito dello scienziato sia quello di "dare un'occhiata alle carte di Dio" o di esplorare un mondo di forme platoniche che aspettano solo di essere scoperte, stiamo facendo delle ipotesi metafisiche che irrigidiscono il nostro cammino verso la scoperta del mondo e potrebbero portarci fuori strada.” (Vidotto, 2023)

1.2.3. Donne ai margini della scienza: una genealogia di assenze e presenze invisibili

“Più investighiamo la storia della scienza, più troviamo la presenza nascosta delle donne. [...] Queste storie ci fanno ripensare alle fondamenta di ciò che intendiamo come scienza.” (Vidotto, 2023)

Questa osservazione, presa come punto di partenza per il tema di questo paragrafo, esplicita la necessità di ricercare e ricostruire una genealogia delle scienziate. In primo luogo, per mostrare a quelle che saranno le future scienziate che la scienza è un luogo che appartiene anche a loro; in secondo luogo, per validare e legittimare pratiche e soggettività che la cultura dominante ha escluso dalle narrazioni e da ciò che viene convenzionalmente riconosciuto come scienza.

Per ritrovare questa genealogia è necessario riguardare alla storia della scienza con occhi nuovi, liberati dagli stereotipi e dalle regole implicite che definiscono cosa è e cosa non è scienza. Di questo processo parla la poetessa e saggista Adrienne Rich riferendosi alla storia della letteratura: *“Re-vision - the act of looking back, of seeing with fresh eyes [...] is for us more than a chapter in cultural history: it is an act of survival.”* (Rich, 1972)

Questa sopravvivenza di cui parla Rich è la sopravvivenza a una tradizione che ha escluso e reso illegittime le scienziate e il loro duro lavoro. I casi di queste esclusioni sono numerosi e documentati, ma non devono essere raccontati come “casi speciali di donne speciali” perché, sempre nelle parole di Rich, *“men would tolerate, even romanticize us as special, as long as our words and actions didn't threaten their privilege of tolerating or rejecting us according to their ideas of what a special woman ought to be”*. Il rischio è, infatti, di trasformare le storie di queste scienziate in episodi straordinari, togliendo attenzione ai meccanismi che hanno prodotto l'invisibilizzazione.

Un esempio di scienziata invisibilizzata è Anna Morandi Manzolini, anatomista bolognese del XVIII secolo, che costruiva modelli anatomici in cera di precisione straordinaria, utilizzati per l'insegnamento medico.

Un altro caso è quello delle donne che lavoravano all'Osservatorio Astronomico di Harvard alla fine dell'Ottocento, che catalogarono l'intera volta celeste: tra loro Antonia Maury e Annie Jump Cannon fondamentali per lo sviluppo delle classificazioni spettrali, e Henrietta Swan Leavitt, che stabilì la relazione tra luminosità e periodo delle Cefeidi, ponendo le basi per le misurazioni delle distanze astronomiche e per gran parte degli sviluppi successivi dell'astrofisica.

Un ultimo esempio particolarmente emblematico è quello dell'ENIAC, uno dei primi computer della storia, la cui creazione è generalmente attribuita a due ingegneri, oscurando il contributo fondamentale delle sei programmatrici – Betty Holberton, Kay McNulty, Marlyn Meltzer, Ruth Teitelbaum, Frances Spence e Jean Bartik – che svilupparono autonomamente ciò che oggi riconosciamo come linguaggi di programmazione (Light, 1999).

In questi ultimi due casi il lavoro delle scienziate era svalutato come attività di “computer” o “calcolatrici umane”; nel primo esempio, invece, era considerato come un semplice lavoro di precisione manuale femminile. Ciò che accomuna queste storie è che le competenze esercitate dalle donne erano essenziali per la generazione di conoscenza, ma non venivano riconosciute come pratiche prettamente scientifiche.

Ancora più interessante è osservare come ciò che era definito come un “compito da donne”, la programmazione, ora è il campo in cui la loro presenza è minore (She figures 2024: Gender in research and innovation – Statistics and indicators, 2024). Questo fenomeno suggerisce un meccanismo ricorrente nella storia della scienza: gli spazi aperti dalle donne, nel momento in cui vengono riconosciuti come importanti culturalmente ed economicamente, tendono a ristrutturarsi in modo da ridurre o eliminare la loro presenza.

I casi in cui i contributi delle donne vengono dimenticati e/o attribuiti ai loro partner – lavorativi e non – configurano un meccanismo sistemico a cui la storica della scienza Margaret Rossiter ha dato il nome di *effetto Matilda* (Rossiter, 1993), riprendendo il nome di Matilda Joslyn Gage, attivista e suffragista che sperimentò l'effetto in prima persona nel diciannovesimo secolo. Proprio nelle parole di Gage, estremamente attuali, si coglie con chiarezza il funzionamento di questo meccanismo: *“While, as has been shown, many of the world's most important inventions are due to woman, the proportion of feminine inventors is much less than of masculine [...] No assertion in reference to woman is more common than that she possesses*

no inventive or mechanical genius. [...] tradition, history, and experience alike prove her possession of these faculties in the highest degree.” (Gage, 1883)

La genealogia che emerge da questo percorso rappresenta una mappa dei meccanismi attraverso cui la conoscenza scientifica è stata selettivamente attribuita e riconosciuta. Comprimerli e riconoscerli è il punto di partenza per capire come recuperare questi metodi e come introdurli nella produzione scientifica contemporanea.

1.2.4. Il femminismo ha cambiato la scienza?

La domanda che dà il titolo a questo capitolo non è retorica, ma è stata esplicitamente posta da diverse ricercatrici nel corso degli anni. Tra queste, Evelyn Fox Keller offre una risposta: *“I want to make the provocative claim that there are some ways in which we did change science, [...]. To support this claim I will list a number of shifts, [...] that took place roughly contemporaneous both with the influx of women in science and the emergence of a feminist critique of science.”* (Keller E. F., 2004)

Il cambiamento più immediatamente visibile è quantitativo: la presenza delle donne nelle istituzioni scientifiche è cresciuta significativamente dall’avvento dei movimenti femministi ad oggi. La trasformazione però più importante è da riconoscere nelle fondamenta epistemologiche della scienza: l’ingresso di nuovi punti di vista ha fatto luce su aspetti che seguivano una tradizione dominante spesso errata.

Un caso emblematico, citato da Fox Keller, è un lavoro svolto dall’antropologa Emily Martin sul linguaggio dei manuali di biologia e degli articoli scientifici sulla fecondazione. Martin mostra come le assunzioni culturali di genere avevano modellato il linguaggio e quindi il programma scientifico: lo spermatozoo veniva narrato come soggetto attivo, capace di “penetrare” e “conquistare”, mentre l’ovocita appariva come entità passiva in attesa di essere fecondata. Questa narrazione – che rimanda all’immaginario fiabesco della *“Sleeping Beauty”* – aveva trascurato completamente l’importante ruolo attivo dell’ovocita nei processi di selezione e fecondazione e aveva ancora una volta rafforzato stereotipi di genere culturali: *“The stereotypes imply not only that female biological processes are less worthy than their male counterparts but also that women are less worthy than men. Part of my goal in writing this article is to shine a bright light on the gender stereotypes hidden within the scientific language of biology.”* (Martin, 1991)

Questo esempio mostra chiaramente come il femminismo ha cambiato e può cambiare la scienza, non perché le donne portano con loro una “natura femminile”, ma perché soggettività diverse portano posizionamenti diversi e producono domande diverse, rendendo visibili assunzioni che la comunità tradizionale e dominante tende a dare per scontato.

Sempre nelle parole di Fox Keller: *“my aim was not to make science either more subjective or more ‘feminine’, but rather, to make it more truly objective, and, necessarily, ‘gender-free.’ I sought, in a word, a better science. A better science, I argued, would inevitably be a more inclusive science, more accessible to women.”* (Keller E. F., 2004)

Si ritorna ancora alla necessità della *strong objectivity* di Harding che non elimina le soggettività ma che si costruisce attraverso le molteplicità dei punti di vista per riflettere la reale complessità del mondo.

Per questo motivo si è scelto in questo lavoro di adottare prospettive femministe nell’analisi dei processi scientifici: per assumersi le responsabilità delle domande che si scelgono di perseguire, dei metodi che si adottano, delle voci che si includono e di quelle che si escludono, e delle immagini che si trasmettono nella cultura.

Una scienza che sa di essere situata non è meno rigorosa, al contrario, è una scienza potenzialmente migliore, perché capace di interrogare criticamente i propri limiti e di rendere visibili i propri punti ciechi.

1.3. Oltre le discipline: l’interdisciplinarità come pratica e esperienza

1.3.1. Cosa si intende per interdisciplinarità?

L’interdisciplinarità è da intendersi non come un semplice affiancamento di discipline diverse, ma come una pratica che richiede certe competenze specifiche come il dialogo attivo, la costruzione di concetti e metodi condivisi, nonché uno scambio reciproco e non gerarchico di idee.

In questo senso, Bethany Laursen definisce il concetto di *Collaborative Interdisciplinary Reasoning* (CIR), definendolo come la costruzione di un ragionamento condiviso tra persone che pensano e lavorano in modi differenti. In una prospettiva realmente interdisciplinare non basta affiancare competenze provenienti da campi diversi: le collaboratrici e i collaboratori devono

essere in grado di “*co-apply, co-revise, or co-create*” all’interno del progetto condiviso (Laursen, 2021).

Questo implica che le pratiche interdisciplinari richiedono competenze dialogiche, capacità di traduzione tra linguaggi disciplinari diversi, flessibilità cognitiva e consapevolezza delle differenti culture epistemiche che orientano i modi di generare conoscenza: differenti modi di intendere evidenza, metodo, validità e inferenza. In questo processo diventano centrali la capacità di esplicitare assunzioni implicite, affrontare incomprensioni sul piano epistemologico e quindi sviluppare forme di intersoggettività che permettano la costruzione di un terreno comune di significati.

È chiaro che per affrontare questo tipo di pratica è necessario sviluppare anche competenze relazionali. Katherine Sweet sottolinea come la collaborazione interdisciplinare autentica richieda lo sviluppo di una “*empersonal inquisitiveness*”, ovvero una disposizione a conoscere le proprie collaboratrici e i propri collaboratori, il loro background, i framework metodologici di riferimento e i possibili bias. Nelle parole dell’autrice: “*We must learn about the person, how she thinks, how she works, and who she is as a researcher. When we are disposed to do this, we are at the starting point of good interdisciplinary research.*” (Sweet, 2022)

In questa prospettiva, la collaborazione interdisciplinare non può essere ridotta a una semplice divisione del lavoro tra specialiste e specialisti, ma implica la costruzione di processi di ragionamento condiviso: “*Truly collaborative research, unlike divide-and-conquer strategies of interdisciplinary research, requires shared reasoning.*” (Sweet, 2022)

In assenza di tali competenze, il rischio che si incontra è quello limitarsi ad accostare idee, strumenti o metodi provenienti da discipline diverse, che però, non integrandosi in modo nuovo, non riescono a generare nuove forme di comprensione o conoscenza.

1.3.2. La didattica come pratica interdisciplinare: imparare fisica ai confini

La ricerca in didattica della fisica ha prodotto diversi studi che analizzano l’utilità di applicare pratiche interdisciplinari nell’insegnamento, mostrando come queste fungano da risposta alla complessità delle sfide contemporanee.

In uno studio dedicato ai corsi di fisica per le scienze della vita, Descamps, Moore e Pollard evidenziano come studentesse, studenti e docenti attribuiscono valore alle pratiche interdisciplinari quando queste permettono di comprendere in che modo concetti e strumenti appartenenti

alla fisica contribuiscono alla comprensione di problemi reali (Descamps, Moore, & Polland, 2020). L'interdisciplinarietà viene concepita come un processo attraverso cui si sviluppa una comprensione più integrata dei fenomeni naturali.

In questa direzione è significativo il movimento dei *nature study*, che utilizzava un curriculum integrato di scienze, arte, letteratura e geografia, ed era fondato sull'osservazione diretta e sull'esperienza concreta e intuitiva di bambini e bambine: “*They focused on activating children’s inner potential for observation and reason and on linking all the sciences to and through life experiences*” (Prestes, 2014) L'apprendimento secondo questo movimento dovrebbe essere radicato nell'esperienza e aperto al mondo.

Questa apertura ha implicazioni che vanno oltre l'efficacia didattica e toccano la dimensione etica e politica della formazione scientifica, considerando la scienza come uno strumento per affrontare le sfide quotidiane del mondo contemporaneo.

Aikenhead, ripercorrendo i dibattiti sul curriculum scientifico scolastico, individua due orientamenti: la prospettiva tradizionale, focalizzata su insegnamenti rigorosi per preparare i futuri scienziati e scienziate; e una prospettiva umanistica, orientata all'inclusività e alla preparazione di una partecipazione responsabile alla vita comune in cui i temi scientifici siano veramente rilevanti. Integrare la seconda prospettiva nella prima non significa togliere importanza ai contenuti disciplinari, ma dare loro un senso nelle questioni extra-scolastiche.

Questo ha diverse implicazioni, tra cui l'integrazione di saperi diversi da quelli eurocentrici, che possano mostrare una scienza diversa da quella che la narrazione dominante propone.

A questo proposito è importante citare il lavoro di Jesper Sjöström, che propone un'espansione dei modelli tradizionali di *scientific literacy*, che prepari studentesse e studenti a una *glocal action*: la didattica della scienza deve essere una pratica trasformativa, critica e orientata all'azione, fondata su una visione della scienza come strumento globale e locale, situato, culturale e politico. (Sjöström, 2025)

Questo rimanda esattamente a ciò che a inizio capitolo hooks chiamava “educazione come pratica della libertà”, che è ciò che viene sottolineato nel libro Ripensare l'Antropocene: “*Il ruolo dell'educazione nell'insegnare tecniche interdisciplinari [...] L'educazione è il grande potere di cui disponiamo: essere ibridi ci rende plastici e libere di scegliere.*” (Govoni, Belcastro, Bonoli, & Guerzoni, 2024)

Sempre in questo testo si legge l'importanza della didattica in questo senso: *“Gran parte della responsabilità dell’atteggiamento distruttivo nei confronti dell’ambiente, a nostro parere, è frutto di un’educazione che ci illude di poter dominare la nostra vita e ciò che ci circonda a suon di formule matematiche o sociologiche, filosofiche o economiche, fisiche, filosofiche o politiche. Ci educano a rispettare dogmi e principi di autorità e zittiscono così le nostre domande impertinenti, che sarebbero invece indispensabili per orientarci in modo autonomo.”* (Govoni, Belcastro, Bonoli, & Guerzoni, 2024)

La scienza come strumento di azione deve essere orientata ad affrontare le sfide ambientali del mondo contemporaneo, per capirle e contribuire a risolverle.

1.4. Abitare il confine: trovare uno spazio creativo per affrontare la complessità

“Questo terreno di confine è il campo conoscitivo dischiuso dagli studi sulle donne. Esso sembra configurare, forse per la prima volta, la possibilità di una conoscenza più fedele alla complessità della esperienza umana: “naturale” e “culturale”, mentale e corporea, degli uomini e delle donne.” (Pomata, 1983)

Questa sezione intende esplorare l'idea che il confine possa essere considerato come un luogo di continuo attraversamento e di potenziale creazione di nuova conoscenza. Per farlo si richiamano, tra le altre, autrici quali la storica Gianna Pomata (già brevemente citata all'inizio del capitolo) e la filosofa Rosi Braidotti, le cui nozioni vengono utilizzate per analizzare l'esperienza di abitare e attraversare il confine, in vista di una sua riconcettualizzazione nell'ambito della ricerca in fisica.

Pomata, attraverso un'analisi della posizione delle donne e della loro generazione di conoscenza nel corso della storia, mostra come la loro sia stata considerata una storia silenziosa. Questo non significa che le donne non siano state fonte di conoscenza, ma che, come esplicitato nel capitolo 1.2.3, la loro conoscenza non veniva riconosciuta come legittima dai paradigmi dominanti.

Per Pomata, fare la storia delle donne ha significato rimettere in discussione alcuni confini tra le scienze: i confini disciplinari non sono infatti soltanto epistemici, ma riflettono classificazioni sociali: *“Per questa ragione, la storia delle donne è parte importante del complesso processo intellettuale di ridefinizione dei confini tra natura e cultura, e quindi tra le scienze stesse, che*

è in corso oggi. [...] Superare i confini intellettuali, ridefinire classificazioni troppo rigide, può essere fecondo: è forse la condizione stessa dell'acquisizione di nuove conoscenze." (Pomata, 1983)

Essere state ai margini delle istituzioni ha portato molte donne a sviluppare approcci ibridi e trasversali, costruendo ponti tra saperi che il paradigma centrale tendeva a mantenere separati: *"Le donne hanno attraversato confini tra saperi in conseguenza del loro essere rifiutate o accettate temporaneamente da istituzioni educative e di ricerca. [...] Grazie a una nuova prospettiva, autoreferenziale e politica, le donne hanno offerto spunti che hanno condotto – in laboratorio – a una migliore comprensione di chi siamo come umani, tra natura e cultura."* (Govoni, 2022)

Questo è ciò che ha fatto anche Barbara McClintock, che si è trovata ad attraversare confini tra discipline differenti, costruendo un tipo di sapere ibrido e generativo, che sarà studiato nel capitolo seguente.

L'attraversamento dei confini è uno strumento necessario non solo per la storia delle donne, ma per quella di tutte le soggettività che non sono considerate nelle narrazioni *mainstream* della scienza.

In questa direzione, Deepanwita Dasgupta, attraverso il caso di C.V. Raman, mostra come i contributi alla conoscenza scientifica possano emergere anche attraverso percorsi alternativi rispetto a quelli raccontati dalle narrazioni dominanti: Raman, vincitore del Premio Nobel per la Fisica nel 1930, all'inizio della sua carriera conduceva le sue ricerche nel tempo libero e lontano dai principali centri della fisica europea. *"Margins and borderlands [...] can thus serve as important sites for revisionary scientific practice. People from such backgrounds can bring sensitivity to new problems, or see solutions to old problems that have been long resistant to traditional research approaches."* (Dasgupta, 2019)

Braidotti offre una riflessione sul valore epistemico del nomadismo, non percepito solo come uno spostamento geografico, ma come una pratica di attraversamento continuo dei confini. Questa posizione rifiuta identità stabili e prospettive universalizzanti a favore dell'emergere della creatività come capacità di allontanarsi da forme dominanti di identificazione (Braidotti, 2010). La trasformazione che ne deriva rende possibile l'emergere di nuove forme di soggettività e di conoscenza, capaci di aprire spazi ibridi e alternativi.

“The point of nomadic subjectivity is to identify lines of flight, that is to say a creative alternative space of becoming that would fall not between the mobile/immobile, the resident/the foreigner distinction, but within all these categories. The point is neither to dismiss nor to glorify the status of marginal, alien others, but to find a more accurate, complex location” (Braidotti, 2014)

Un ultimo tema fondamentale, brevemente introdotto da Braidotti nella precedente citazione, riguarda la necessità di non romanticizzare queste posizioni liminali. Riconoscere il potenziale generativo dei margini non deve trasformarsi in una celebrazione della sofferenza prodotta dalla marginalizzazione, ma piuttosto in un tentativo di recuperare visioni che sono state escluse o silenziate, restituendo voce a chi non ha avuto la possibilità di esprimerla.

1.4.1. Saperi marginali per illuminare i BLIND SPOTS nella ricerca scientifica

“Just as binocular vision restores complete sight by integrating information from the visual fields of both eyes, examining an issue using an alternative methodology can unveil aspects previously concealed in the blind spot of the scientific theory that initially framed the investigation.” (Vanney, 2025)

Questo è il punto di partenza di questo lavoro di tesi: è qui che confluiscono tutte le riflessioni svolte fino ad ora.

La scienza come tutte le discipline ha dei punti ciechi dovuti alla struttura intrinseca di ogni visione. In particolare, Vanney analizza come la prospettiva scientifica dominante costruita a partire da una visione impersonale in terza persona – la *view from nowhere* criticata da Haraway – tenda inconsciamente a creare dei *blind spots* e a nasconderli.

Avere la consapevolezza che esistono più visioni, più metodologie e più approcci che possono dialogare tra loro per illuminare questi punti ciechi è il punto di partenza per costruire una pratica scientifica più vicina alla complessità del reale.

Vanney si concentra molto sulla necessità di introdurre una prospettiva in seconda persona, che tenga conto del soggetto e della sua relazione con l’oggetto di ricerca: questo concetto sarà particolarmente presente nell’analisi del caso studio storico.

Ciò che il presente lavoro di ricerca si propone di fare è interrogare approcci differenti alla generazione di conoscenza nella ricerca – marginali, non convenzionali – che possano contribuire a rendere visibili i *blind spots* e a illuminarli.

1.4.2. Le confluenze e la “mestiza”: nuove parole per nuovi modi di conoscere

A seguito delle riflessioni presentate fino ad ora è emersa la necessità di trovare un nuovo vocabolario che possa descrivere le pratiche che questa tesi intende analizzare.

Le parole qui proposte sono state ricercate nel vocabolario di Gloria Anzaldúa e Ailton Krenak. Vengono introdotte nel loro significato originario, e sarà un obiettivo di questo lavoro elaborarne una nuova concettualizzazione nell’ambito della ricerca scientifica.

Gloria Anzaldúa è una scrittrice e teorica chicana che ha abitato la frontiera, sia geograficamente – tra Messico e Stati Uniti – sia culturalmente e linguisticamente. Riguardo la sua riflessione epistemologica sull’abitare questo luogo di confine scrive: *“Vivere sui confini e nei margini, mantenendo intatta la propria identità e integrità cangiante e molteplice, è come cercare di nuotare in un nuovo elemento, un elemento «alieno». [...] Ho la sensazione che vengano attivate, risvegliate certe «facoltà» e certe aree addormentate della coscienza – non solo in me, ma in ogni residente di frontiera”* (Anzaldúa, 2023)

Da questa condizione nasce per l’autrice la necessità di costruire un proprio spazio simbolico: *“E se tornare a casa mi è negato, allora devo alzarmi per reclamare il mio spazio, costruendo una nuova cultura – una cultura mestiza – col mio legname, i miei mattoni e il mio mortaio e la mia architettura femminista”*.

Il termine *mestiza* è concettualizzato da Gloria Anzaldúa come ridefinizione dell’identità ibrida come strumento di liberazione e resistenza.

Ailton Krenak, pensatore e attivista indigeno brasiliano, introduce riflessioni sull’abitare in un legame più profondo con la natura, ispirandosi alle conoscenze indigene. In particolare, attraverso l’immagine di fiumi che si incontrano, riprende l’espressione “confluenza” coniata dal pensatore quilombola Nêgo Bispo: *“stiamo lavorando per operare una trasfigurazione, desiderando quelle che Nêgo Bispo chiama «confluenze», e non questa euforia esorbitante della monocultura. Diversamente da quanto accade oggi, la parola confluenze evoca un contesto in cui mondi diversi possono influenzarsi reciprocamente. È un termine coniato artigianalmente e localmente da un quilombola, un brillante pensatore emarginato in questo universo coloniale, un critico delle tendenze politiche sempre pacato e bonario.”* (Krenak, 2025)

Krenak introduce anche il concetto di “forestanza” per esprimere l’importanza di coabitare con la natura: *“Possiamo favorire l’emergere di un’esperienza di «forestanza» iniziando a sfidare l’ordine.”*

Lo scrittore richiama la necessità di ritrovare questo equilibrio, fondamentale per ricentrare gli obiettivi non solo sull’essere umano, ma sulla natura. Questo tema è approfondito anche nel volume *Ripensare l’Antropocene*: *“La capacità di intrecciare i principi ecologici e ambientali con quei valori umani di convivenza comunitaria. Un procedere interessante, oltre i confini ideologici. [...] Natura e politica in dialogo attraverso la scienza per offrire immagini alternative a quelle della lotta e del dominio.”* (Govoni, Belcastro, Bonoli, & Guerzoni, 2024)

La forestanza diventa quindi la possibilità di costruire narrazioni alternative rispetto a quelle mainstream della potenza e del controllo umano sulla natura.

Mestiza e confluenze diventano le parole attraverso cui questo lavoro tenta di nominare uno spazio ancora da esplorare di attraversamento dei confini nella ricerca scientifica, il cui significato sarà trovato elaborando infine i casi analizzati.

1.4.3. Esplicitazione delle domande di ricerca

A partire dal quadro teorico delineato nei capitoli precedenti, questo lavoro di tesi si propone di indagare in che modo prospettive situate ai margini – disciplinari, istituzionali e culturali – possano contribuire ad affrontare la complessità della ricerca in fisica.

La domanda di ricerca principale che guida questo lavoro è la seguente:

RQ1: In che modo prospettive situate ai margini o nei confini della ricerca possono illuminare i blind spots e offrire risorse per ripensare la formazione scientifica?

Per articolare e approfondire questa domanda, la ricerca si sviluppa attraverso una serie di domande ausiliarie, che permettono di esplorare le diverse prospettive del fenomeno.

La prima riguarda le caratteristiche concrete delle pratiche scientifiche attuate in una ricerca che si possa considerare marginale:

RQ2: *Quali caratteristiche assume la pratica scientifica di chi opera in luoghi di confine – in termini di metodi, relazione con la propria ricerca e posizionamento nella comunità scientifica?*

Una seconda linea di indagine si concentra sul ruolo dei contributi da altri saperi:

RQ3: *Quali tipi di contaminazioni sono epistemicamente feconde per generare conoscenza, per una scienza migliore?*

Un ulteriore aspetto riguarda l'identificazione dei limiti della ricerca scientifica contemporanea:

RQ4: *Quali sono attualmente i blind spots che una ricerca scientifica di confine potrebbe illuminare?*

A queste si aggiunge una riflessione sulle condizioni che rendono possibili, o ostacolano, l'attraversamento dei confini epistemici:

RQ5: *Quali condizioni (personali, istituzionali, culturali) rendono possibile o ostacolano l'attraversamento dei confini?*

Infine, la ricerca si interroga sulle implicazioni formative di queste pratiche:

RQ6: *Come queste pratiche di confine possono essere riconosciute, valorizzate e trasmesse nella formazione di future ricercatrici e ricercatori in fisica?*

Nel loro insieme, queste domande permettono di articolare un'indagine che non si limita a delineare pratiche marginali ma mira a comprendere e sottolineare il potenziale creativo e trasformativo rispetto alla produzione di conoscenza scientifica, in particolare nel campo della fisica.

2. PRIMO STUDIO: ANALISI DI UN CASO STORICO

2.1. Introduzione al caso storico: Barbara McClintock

Questo capitolo si avvale del caso studio di Barbara McClintock come caso strumentale, così come definito da Robert E. Stake (Stake, 2003), ovvero come uno strumento analitico attraverso cui costruire categorie interpretative da applicare allo studio contemporaneo. L'obiettivo è analizzare in che modo le sue pratiche di confine, non convenzionali abbiano generato una conoscenza creativa, che è riuscita a mettere in crisi i paradigmi dominanti.

Prima di procedere con l'analisi è importante comprendere brevemente chi è Barbara McClintock e perché è un utile caso studio da analizzare per gli obiettivi di questo lavoro.

Barbara McClintock è una scienziata statunitense attiva tra gli anni Trenta e Ottanta del Novecento; il contributo più importante della sua carriera scientifica è stata la scoperta degli elementi trasponibili – i trasposoni – per cui ricevette il Premio Nobel nel 1983, tre decenni dopo l'effettiva scoperta e formulazione. Il riconoscimento istituzionale e accademico, avvenuto così tardi rispetto alla scoperta, è indice di un lavoro, di una ricerca e di una scienziata che rimasero ai margini della comunità scientifica per molti anni¹. Le ragioni di questa marginalità sicuramente non risiedono nella mancanza di rigore della scoperta, ma, in parte, nella difficoltà di tradurre quest'ultima – erede di un diverso modo di fare scienza – nei linguaggi e nei paradigmi dominanti della genetica molecolare emergente.

¹ Questa lettura, qui presentata nella sua forma più diffusa, è stata in realtà messa in discussione dalla storiografia successiva. Uno studio mostra come la trasposizione genetica fosse stata accettata rapidamente dalla comunità dei genetisti; ciò che incontrò resistenza fu piuttosto l'interpretazione di McClintock degli elementi mobili come parte di un sistema di controllo genetico dello sviluppo, respinta dalla comunità quando negli anni Sessanta si affermò il modello alternativo dell'operone di Jacob e Monod (Comfort, 1999). Uno studio più recente, riprendendo questo quadro, sostiene che il fattore di genere non vada escluso ma collocato a un livello più sottile, cioè non nel riconoscimento sociale, ma nel modo in cui il suo specifico contributo teorico fu recepito (o meno) dalla comunità scientifica (Wu, 2024).

Per comprendere in che modo McClintock è riuscita a illuminare i *blind spots* strutturali del paradigma dominante, è necessario chiarire il problema scientifico che stava affrontando e perché, nel contesto della genetica degli anni Cinquanta, esistevano determinati *blind spots*.

La genetica del primo Novecento si basava sul modello mendeliano-cromosomico. Secondo questo modello, i caratteri ereditari dipendono da unità discrete, i geni, collocati in posizioni fisse sui cromosomi e trasmessi secondo regolarità statistiche. Il gene era considerato un'entità stabile, passiva, fundamentalmente inerte tra un evento di mutazione e l'altro. Negli anni Quaranta, l'emergere della biologia molecolare aveva aggiunto un altro strato a questo quadro, formalizzato nel *dogma centrale della biologia molecolare*: l'informazione genetica fluisce in modo unidirezionale, dal DNA all'RNA, alle proteine; i geni sono iscritti nella sequenza del DNA come un codice fisso, non modificabile da fattori esterni.

In questo contesto, Barbara McClintock, studiando le anomalie nei pattern di pigmentazione delle cariossidi di mais, identificò elementi genetici – chiamati *Ds* (*Dissociation*) e *Ac* (*Activator*) – che si spostavano da una posizione all'altra del cromosoma. Questi spostamenti non erano casuali, ma rispondevano a segnali provenienti dall'interno della cellula stessa. Il concetto prese il nome di trasposizione e introdusse un'immagine di gene come entità dinamica, inserita in un sistema di regolazione più complesso di quanto il paradigma dominante fosse in grado di concepire.

Le implicazioni di questa scoperta erano profonde: i geni non apparivano più come unità immobili, l'organismo sembrava partecipare attivamente alla regolazione della propria architettura genetica e il rapporto tra DNA, organismo e ambiente risultava più dinamico e contestuale di quanto la genetica molecolare presupponesse.

Per l'analisi di questo caso è stato utilizzato il volume *In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock* scritto da Evelyn Fox Keller (Keller E. F., 2020). La scelta di questa fonte è intenzionale: non si tratta di una semplice biografia della scienziata, ma un'analisi epistemologica della sua pratica scientifica, condotta da una delle principali esponenti del pensiero femminista nella scienza, a partire anche da colloqui diretti con McClintock.

L'approccio di Fox Keller mette in relazione, evidenziandole, dimensioni spesso trattate separatamente o che rischierebbero di rimanere invisibili: pratiche scientifiche, posizionamento del soggetto, contesto istituzionale, marginalità.

Il caso McClintock, quindi, presenta in modo particolarmente chiaro i fenomeni al centro delle domande di ricerca: pratiche scientifiche non convenzionali, meccanismi di produzione di

conoscenza di confine e condizioni – istituzionali, materiali e personali – che rendono tali pratiche possibili o, al contrario, le ostacolano.

Inoltre, la biografia si colloca in un contesto storico in cui biologia e fisica condividono una cultura scientifica comune, orientata al riduzionismo e all'aspirazione a una conoscenza capace di dominare e controllare la natura: *“Il quadro che si era venuto delineando rivelava forti somiglianze col quadro generale dell'universo che avevano tracciato i fisici newtoniani. Entrambi erano estremamente meccanicisti e sembrava che mancassero soltanto i dettagli. In entrambi, i principi essenziali erano espressi nei termini del sistema più semplice possibile: per i fisici si era trattato di una interazione tra i due punti di una massa; per i biologi, si trattava dell'organismo vivente più piccolo e semplice, un batteriofago o, ancor meglio, un batterio.”* (Keller E. F., 2020)

Proprio in relazione a questo paradigma, il lavoro di McClintock si configura come una voce fuori dal coro, che può essere studiata per poi applicarla a casi studio di fisica.

Assumere la lettura di Fox Keller come fonte principale significa quindi adottarne il posizionamento epistemologico: *“Lo spirito di un'epoca scientifica non possa essere compreso unicamente dalla letteratura scientifica e storica, abbiamo bisogno di conoscere da vicino la vita e la personalità degli uomini e delle donne che hanno fatto la scienza”*. (Keller E. F., 2020)

Questo tipo di analisi riflette il tipo di approccio al caso studio definito da Stake come *thick description* (Stake, 2003), ossia una descrizione che include il contesto, le sfumature emotive, le strutture sociali che gli danno senso. In questo sistema, la ricercatrice non è un soggetto passivo, ma interpreta e sottolinea dei passaggi che aiutano a illuminare le questioni centrali per l'analisi.

Il capitolo si sviluppa in tre nuclei principali. Nella sezione successiva viene introdotto il quadro metodologico che orienta l'analisi, articolato attorno a due riferimenti teorici principali: la *Feminist Standpoint Theory* (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, 2022) e il framework del *Boundary Learning* (Akkerman & Bakker, 2011). Successivamente viene presentata l'analisi tematica del caso, strutturata attraverso una griglia di categorie costruita a partire dalle domande di ricerca. Infine, il capitolo si conclude con una sintesi delle categorie emerse e con la loro traduzione in strumenti operativi per lo studio contemporaneo.

2.2. Quadro metodologico per l'analisi

L'analisi del caso McClintock è supportata da un quadro metodologico che opera su due piani distinti.

Il primo è teorico: la *Feminist Standpoint Theory*, che fornisce gli strumenti per analizzare il rapporto tra posizione sociale e generazione di conoscenza; e il framework del *Boundary Learning*, che permette di leggere l'attraversamento dei confini disciplinari come vantaggio epistemico.

Il secondo piano è quello operativo: la griglia analitica, che traduce i concetti in categorie operative a partire dal testo in esame.

2.2.1. *Feminist Standpoint Theory*

La *Feminist Standpoint Theory* – FST – è il primo quadro teorico di riferimento per l'analisi. Nasce tra gli anni Settanta e Ottanta grazie al contributo di pensatrici quali Sandra Harding, Donna Haraway e Patricia Hill Collins, ed evolve a partire da filosofie marxiste, che evidenziano l'importanza di generare conoscenza a partire dallo *standpoint* delle persone oppresse. In particolare, le autrici dell'articolo in esame *Critical race and feminist standpoint theories in physics education research: A historical review and potential applications* (2022), sottolineano “*how understanding can be produced from the perspective of women's lives without comparisons to, or opinions of, men.*” (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, p. 3) .

La FST è uno strumento utile sia come epistemologia che come quadro teorico per la ricerca qualitativa e quantitativa. Come epistemologia, suggerisce che la conoscenza sia socialmente situata nelle esperienze vissute delle persone, e che un particolare privilegio epistemico appartenga alle persone marginalizzate, in quanto possono vedere il sistema dall'esterno con un approccio critico, senza interesse nella sua perpetuazione.

Questo tema viene concettualizzato attraverso la figura dell' “*outsider within*”, formulata a partire dall'esperienza delle donne nere nelle istituzioni accademiche bianche. L' “*outsider within*” è chi appartiene a un gruppo istituzionale senza dividerne pienamente cultura, pratiche e assunzioni implicite; questa posizione produce quella che le autrici dell'articolo chiamano una “*double vision*”, cioè la capacità di vedere sia come membro del gruppo sia come estranea ad esso, generando una prospettiva epistemica che le persone integrate nel gruppo dominante difficilmente possono sviluppare.

Questi concetti risultano particolarmente coerenti con l'analisi del caso McClintock, in quanto la sua posizione in relazione alla comunità scientifica è precisamente quella di *outsider within*. Come quadro teorico la FST richiede di porre tre domande fondamentali: “*From who is the knowledge being produced?, who has to pay the costs of the research?, and who will get the benefits of the research?*” (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, p. 11). Un esempio della prima richiesta, che questo lavoro di ricerca cerca di rispettare, è espresso chiaramente dalle autrici: “*When studying underserved groups in physics you should talk to those groups.*” (Rodriguez, Barthelemy, & McCormick, p. 11).

Infine, bisogna porre particolare attenzione ai rischi e limiti del framework teorico. In primo luogo, come già accennato, non si deve romanticizzare la prospettiva delle persone marginalizzate: “*there also lies a serious danger of romanticizing and/or appropriating the vision of the less powerful [...] To see from below is neither easily learned nor unproblematic*”. (Haraway, 1988). La posizione marginale non genera automaticamente conoscenza feconda, ma una prospettiva diversa, che può o meno tradursi in conoscenza più ricca a seconda delle condizioni – materiali e non.

Un'altra critica riguarda il fatto che la FST, concentrandosi sulla generazione di conoscenza collettiva di gruppo, rischi di oscurare le esperienze individuali. Per affrontare questa tensione, il presente lavoro usa il framework non come affermazione generale su “le soggettività marginalizzate nella scienza”, ma per analizzare come la posizione strutturale specifica di soggetti specifici – McClintock e le ricercatrici intervistate – abbia influenzato la loro generazione di conoscenza.

2.2.2. *Boundary Learning*

Il framework del *Boundary Learning* è stato scelto come secondo strumento teorico poiché fornisce gli strumenti analitici per analizzare cosa succede epistemicamente quando vengono attraversati i confini tra discipline, pratiche, linguaggi e comunità scientifiche differenti. Il quadro teorico deriva dal lavoro di Akkerman e Bakker, intitolato *Boundary Crossing and Boundary Objects* (2011): il testo propone di considerare i confini non soltanto come luoghi di separazione, ma anche come luoghi privilegiati in cui si possono generare nuove forme di conoscenza, “*Learning at the boundaries is necessary if communities of practice do not want to lose their dynamism and become stale. [...] boundaries are seen as vital forces for change and development*” (Akkerman & Bakker, p. 136)

In particolare, Akkermann e Bakker identificano quattro meccanismi tramite cui l'attraversamento dei confini può produrre apprendimento e trasformazione.

Il primo è l'*identificazione*, che esplicita il riconoscimento delle differenze tra prospettive separate dal confine.

Il secondo meccanismo è la *coordinazione*, che comprende lo sviluppo di pratiche, routine e linguaggi condivisi, che servono a creare uno spazio comunicativo in cui prospettive diverse possono incontrarsi. Questo concetto è anche descritto da ciò che Peter Galison chiama *trading zone* (Galison, 2010), spazi di interazione tra comunità scientifiche differenti in cui vengono costruiti linguaggi locali, parzialmente condivisi. Questo spazio è ciò che è mancato nel caso McClintock: lo squilibrio di potere tra la prospettiva dominante e quella della scienziata era tanto ampio da far sì che la prima non necessitasse di negoziare il suo paradigma in favore di un approccio diverso.

Il terzo meccanismo è la *riflessione*, che funge come sistema per produrre consapevolezza sulle assunzioni di sfondo delle prospettive diverse. In questo senso, il confine diventa un luogo privilegiato per osservare criticamente il paradigma di partenza e per individuare i *blind spots* strutturali. La riflessione è quindi particolarmente importante, in quanto "*reflection involves [...] perspective making, that is, making explicit one's understanding and knowledge of a particular issue.*" (Akkerman & Bakker, p. 145)

L'ultimo meccanismo è la *trasformazione*, che spiega l'obiettivo ultimo del *boundary crossing*: la generazione di nuove pratiche epistemiche ibride, che nessuna delle prospettive originarie avrebbe potuto generare autonomamente.

Questo framework risulta particolarmente utile in relazione al caso McClintock. Il suo lavoro si colloca infatti in una posizione di attraversamento continuo dei confini disciplinari tra citologia, genetica, embriologia e naturalismo. Il suo approccio non consisteva in una semplice somma di pratiche provenienti da discipline diverse, ma nella generazione di un metodo ibrido, costruito in uno spazio complesso abitato dal dialogo di questi saperi diversi.

2.2.3. La griglia analitica: costruzione e applicazione

Per rendere operativi i quadri teorici introdotti è stato necessario costruire uno strumento analitico capace di tradurre concetti teorici in categorie osservabili nel testo. Questo strumento è rappresentato dalla griglia analitica, che costituisce il dispositivo metodologico centrale di questo capitolo e che servirà come punto di partenza per quello successivo.

La griglia serve non per classificare rigidamente il materiale in categorie, ma per orientare lo sguardo, illuminando dimensioni della pratica scientifica che altrimenti rischierebbero di rimanere implicite o nascoste. In questo senso, la griglia funziona come un sistema interpretativo, empatico e situato – in accordo con l’approccio definito da Stake (Stake, 2003) – che si colloca tra teoria e dato, poiché utilizza dei quadri teorici per focalizzarsi sui dati che sono rilevanti per lo studio.

Il processo di costruzione della griglia e dell’individuazione delle categorie si è articolato in diverse fasi, in linea con una logica di analisi tematica (Braun & Clarke, 2006), operando su due direzioni simultanee in costante dialogo: dall’alto verso il basso (*top-down*) e dal basso verso l’alto (*bottom-up*).

La prima fase è stata di tipo *top-down*: a partire dalla domanda di ricerca principale ([RQ1](#)), e dalle domande secondarie – o operative – che approfondiscono le diverse dimensioni del fenomeno ([RQ2](#), [RQ3](#), [RQ4](#), [RQ5](#)) sono state definite tre dimensioni operative:

1. Le pratiche scientifiche di confine;
2. I meccanismi epistemici che generano conoscenza;
3. Le condizioni di possibilità – materiali, istituzionali e personali – che rendono tali pratiche sostenibili.

Le tre dimensioni possono essere sintetizzate con tre domande distinte che le guideranno il lavoro di analisi: come si abita il confine e con quali processi (pratiche); come da quel confine nasce conoscenza generativa (meccanismi); cosa rende sostenibile questo modo di lavorare (condizioni). Si tratta di tre piani concettualmente distinti ma, come emergerà dall’analisi, costantemente interdipendenti.

Queste dimensioni rappresentano le aree tematiche in cui ci si aspetta che il caso McClintock produca materiale analitico rilevante.

La seconda fase ha seguito un approccio *bottom-up*: il testo in esame è stato letto utilizzando come lenti orientative le tre dimensioni. Questo passaggio ha prodotto dei temi provvisori emersi dal materiale sotto forma di passaggi significativi, ma ancora non organizzati in categorie stabili.

Nella terza fase i temi provvisori sono stati raggruppati e selezionati in base alla loro coerenza con le dimensioni e interna. Il criterio di costruzione delle categorie finali è stato la loro solidità

nel testo; quindi, che ciascuna fosse supportata da almeno tre evidenze testuali distinte, così da evitare interpretazioni eccessivamente speculative.

Questo processo ha prodotto dieci categorie distribuite nelle tre dimensioni, che vengono esplicitate nel paragrafo sottostante.

La prima dimensione – **pratiche di confine** – comprende tre categorie: la conoscenza incorporata e la fusione tra soggetto e oggetto (1.1); l’approccio olistico contro il riduzionismo (1.2); marginalità e libertà istituzionale (1.3).

La seconda dimensione – **meccanismi epistemici** – comprende tre categorie: il dettaglio anomalo come evidenza (2.1); la conoscenza non formalizzabile e il problema della comunicazione (2.2); l’illuminazione dei *blind spots* strutturali del paradigma dominante (2.3).

La terza dimensione – **condizioni di possibilità** – comprende quattro categorie: l’indipendenza materiale come prerequisito (3.1); la rete minima di riconoscimento (3.2); l’autosufficienza epistemica costruita nel tempo (3.3); la doppia marginalità, di genere e di metodo (3.4).

La categoria 3.4 necessita di una nota metodologica: è una categoria che è emersa nel corso dall’analisi del libro; questo dimostra che questo strumento è aperto e plasmabile alla luce delle evidenze emergenti. Leggendo Fox Keller attraverso la lente della terza dimensione, è diventato evidente che le condizioni istituzionali che hanno ostacolato la carriera di McClintock non potevano essere spiegate solo dalla marginalità di metodo o di genere: la spiegazione era nella complessità della loro interazione.

Una versione sintetica della griglia è presentata nella tabella sottostante, mentre la versione estesa, comprensiva di alcuni passaggi testuali evidenziati, è riportata in [Appendice](#).

Categoria	Nome	Traduzione delle categorie per le interviste
D1 — Pratiche di confine		
1.1	Conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto	Momenti in cui la ricercatrice descrive un rapporto non distaccato o di dominazione con l’oggetto di ricerca. Esempi di intuizioni che precedono la formalizzazione, senso di “essere dentro” il fenomeno, forme di attenzione non esclusivamente razionali.
1.2	Approccio olistico contro riduzionismo	Come la ricercatrice si posiziona rispetto al paradigma dominante: se mantiene sguardi trasversali, se

		considera l'oggetto come sistema, se usa contaminazioni da diversi luoghi del sapere.
1.3	Marginalità e libertà istituzionale	Rapporto tra posizionamento istituzionale e libertà di ricerca. Come la ricercatrice vive il proprio essere dentro o fuori dalle reti dominanti della disciplina, se questo ha portato a integrazioni da altri saperi; se percepisce la propria posizione come vincolo, come risorsa, o come entrambi.
D2 — Meccanismi epistemici		
2.1	Il dettaglio anomalo come evidenza	Momenti in cui la ricercatrice ha prestato attenzione a qualcosa che il paradigma dominante tendeva a scartare – anomalie, risultati inattesi – e come ha deciso di non ignorarli.
2.2	Conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione	Esperienze di difficoltà comunicativa. Momenti in cui la ricercatrice ha faticato a spiegare qualcosa che per lei era evidente, o in cui ha sentito che il linguaggio disponibile non bastava a descrivere ciò che stava facendo o vedendo.
2.3	Illuminazione dei <i>blind spots</i> strutturali del paradigma	Momenti in cui la ricercatrice ha generato o visto generare conoscenza che il paradigma dominante non riusciva a leggere, perché non aveva strumenti concettuali per incorporarla.
D3 — Condizioni di possibilità		
3.1	Indipendenza materiale come prerequisito	Rapporto tra condizioni materiali e libertà di ricerca. Come la ricercatrice ha trovato o costruito gli spazi che rendevano possibile il suo lavoro, quali compromessi ha dovuto fare.
3.2	Rete minima di riconoscimento	Presenza o assenza di reti informali di riconoscimento – persone che hanno visto e validato il lavoro della ricercatrice in modi che le strutture formali non facevano, come queste reti si sono formate.

3.3	Autosufficienza epistemica costruita nel tempo	Rapporto con la validazione esterna – come la ricercatrice ha imparato a fidarsi del proprio giudizio indipendentemente dal riconoscimento istituzionale.
3.4	Doppia marginalità: genere e metodo	Come la ricercatrice vive l’intersezione tra la propria posizione non convenzionale e le altre dimensioni della propria identità – di genere, culturale, disciplinare – e se queste si rinforzano o si contraddicono.

Tabella 1: Griglia di analisi costruita a partire dal caso storico ².

Nella tabella, la terza colonna rappresenta una traduzione operativa delle categorie, utilizzata come supporto per la costruzione delle domande di intervista. Questa trattazione verrà affrontata nella sezione 2.4. di questa tesi.

2.3. Analisi del caso attraverso la griglia

2.3.1. Pratiche di confine

“«Io comincio con la piantina, ancora piccola, e non voglio lasciarla. Non ho la sensazione di conoscerne la storia se non ho avuto modo di osservarla durante la sua crescita. Così conosco ogni pianta del campo. Le conosco intimamente, e ricavo un immenso piacere dalla loro conoscenza»”. (Keller E. F., p. 212)

Così parlava McClintock delle sue piante di mais, il suo oggetto – o meglio, soggetto – di studio. Questa connessione intensa è ben espressa dal titolo stesso dell’opera: *In sintonia con l’organismo*. La fusione tra soggetto e oggetto dello studio, questa conoscenza incarnata, non è una scelta metodologica teorizzabile o formalizzata, ma una necessità intrinseca, che la stessa McClintock descrive con sorpresa e che fatica nel tentativo di formalizzarla.

Questo è il nucleo della categoria 1.1 – **la conoscenza incorporata**. Questa pratica epistemica rifiuta la separazione tra soggetto conoscente e oggetto conosciuto: McClintock non trattava le sue piante di mais come un oggetto passivo da classificare e dominare, ma come interlocutori

² La struttura tabellare della griglia analitica e della matrice di allineamento è stata realizzata con il supporto di Claude (Anthropic, 2025), assistente di intelligenza artificiale. L’impostazione metodologica, le categorie analitiche e le scelte interpretative sono dell’autrice.

attivi, che parlano se si ha la pazienza di ascoltare: *“occorre avere il tempo di guardare, la pazienza di «ascoltare ciò che le cose hanno da dire», occorre avere l’apertura mentale di «lasciarle venire da te»”*. (Keller E. F., p. 211)

Questo sentimento si incarnava in un profondo rispetto per tutti gli esseri viventi: *“le piante devono star ferme e fare le stesse cose, con meccanismi ingegnosi [...] Le piante sono straordinarie. [...] Ma per il fatto di stare ferme, chiunque passi per la strada si sente autorizzato a considerarle come un pezzo di plastica, e non come se fossero veramente vive”*. (Keller E. F., p. 213)

L’approccio epistemico di McClintock era la fonte della sua creatività e della sua capacità di generare conoscenza: costitutiva un elemento fondamentale della sua pratica scientifica.

Durante un breve periodo trascorso a Stanford, studiando i cromosomi della *Neurospora* – un fungo microscopico – descrisse il proprio rapporto con la conoscenza come un’esperienza quasi extracorporea: *“«Mi accorsi che più lavoravo con loro, più essi mi apparivano grandi, e quando veramente ero con loro, non ero più qualcosa di esterno che li osservava, ma ero lì con loro. [...] Restai sorpresa io stessa, perché davvero mi sentivo come se fossi là in mezzo e mi trovassi tra amici»”*. (Keller E. F., p. 137)

L’incorporamento con l’organismo studiato implica anche un rapporto specifico con il corpo come strumento di conoscenza. Questo rapporto si articola in modo duplice: da un lato, il desiderio di liberarsi dal proprio corpo per essere completamente assorbita nell’organismo studiato; dall’altro, una forma di conoscenza profondamente incarnata, per cui *“McClintock sapeva col vedere e vedeva col sapere”*. (Keller E. F., p. 167)

In questa prospettiva, è utile richiamare anche le parole di Primo Levi, chimico e scrittore, che in *Dialogo* (1984), conversando con Tullio Regge, fisico e matematico, sottolinea l’importanza del corpo nella pratica conoscitiva: *“L’analisi manuale, come tutti i lavori manuali, ha un suo valore formativo, è troppo simile alle nostre origini di mammiferi per essere trascurata. Dobbiamo pur saper usare le nostre mani, i nostri occhi, il nostro naso.”* (Levi & Regge, 1984)

Il corpo, in quanto mezzo attraverso cui la specie ha sviluppato la capacità di conoscere il mondo (legato alle “origini di mammiferi”), secondo Levi, è uno strumento epistemico fondamentale, che la scienza istituzionale tende a marginalizzare.

Un ultimo elemento da sottolineare in relazione a questa categoria, è che questa conoscenza incarnata, pur apparendo distante da un ideale di oggettività classico, si avvicina piuttosto a una forma di oggettività incarnata, più aderente alla complessità del reale.

La categoria 1.2 – **approccio olistico contro riduzionismo** – emerge direttamente da questa postura epistemica, ma è radicata anche nelle scelte di vita – volute o obbligate – di McClintock. La sua formazione si colloca in una tradizione ibrida – citologia, genetica, naturalismo, con una forte influenza dell’embriologia – in un momento storico in cui queste tradizioni stavano divergendo rapidamente. La biologia molecolare, infatti, stava costruendo la sua autorità sull’abilità di ridurre la complessità biologica a sistemi sempre più semplici. McClintock resisteva a questo riduzionismo e criticava così i colleghi: “*«così intenti a tradurre tutto in numeri», che spesso finivano per non vedere ciò che invece andava visto.*” (Keller E. F., p. 117)

Il suo metodo, divergente rispetto al paradigma dominante, consisteva nel “*«vedere che una cariossidi di mais era diversa dall’altra, e nel rendere questa diversità comprensibile»*” (Keller E. F., p. 117). Questa attenzione alla globalità dell’organismo e alle sue differenze le permetteva di avere una visione che altri scienziati e scienziate non erano in grado di avere.

Un esempio emblematico della fedeltà a questa posizione è la scelta del mais come organismo di studio: grande, lento, soggetto alle variazioni del clima, ma capace di rendere visibili fenomeni che la drosophila o il batteriofago non mostravano, cioè l’intera storia di vita della pianta, con le sue variazioni fenotipiche visibili a occhio nudo nelle cariossidi colorate. Come afferma McClintock: “*«Mi sembrava che, guardando l’organismo intero e il suo modo di svilupparsi, quelle cose che chiamiamo geni dovessero in qualche modo essere controllate».* La sua lunga familiarità con il ciclo vitale visibile delle piante di granoturco e con i cicli di replicazione dei loro cromosomi le aveva insegnato a guardare e a pensare in termini di processi.” (Keller E. F., p. 143)

Nel considerare questo approccio non si può omettere che la scelta del mais, come le altre influenze e la formazione ibrida di McClintock, non sono separabili dal percorso istituzionale. All’università Cornell – una delle prime a consentire l’ammissione alle donne – i corsi di genetica erano comunque loro preclusi: McClintock si iscrisse quindi al Dipartimento di Botanica e si specializzò in citogenetica.

Il posizionamento disciplinare e istituzionale si producono reciprocamente: questo è ciò di cui tratta la categoria 1.3 – **marginalità e libertà istituzionale**.

Questa marginalità ha due sfumature: da un lato, la liminalità garantiva una certa libertà intellettuale, svincolata dall’appartenenza a qualsiasi tipo di comunità scientifica dominante, come è spiegato nel libro, “*Il suo modo di pensare è segnato da interessi molteplici [...] da una relativa mancanza di legami con una qualsivoglia scuola.*” (Keller E. F., p. 111). Dall’altro

lato, questa condizione non può essere romanticizzata, poiché comportava isolamento ed esclusione dovute alla marginalizzazione accademica.

Questa tensione emerge chiaramente in due momenti della sua vita: all'Università del Missouri e a Cold Spring Harbor.

All'Università del Missouri fu creato un incarico apposta per lei da un collega amico che ammirava il suo lavoro, che le garantiva una certa libertà di dedicarsi al suo lavoro di ricerca senza avere l'obbligo di insegnare, era *“molto più libera di tanti altri di coltivare esclusivamente i propri interessi e le proprie inclinazioni.”* (Keller E. F., In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock, p. 108) Contemporaneamente però, descrivendo quel periodo McClintock racconta: *“mi resi conto che non era un posto in cui avrei potuto restare veramente. Mi portavo dietro la mia inadeguatezza, quella di essere sempre da sola. Non avevo possibilità di carriera, ero esclusa dagli incontri della facoltà e da altre occasioni simili, non partecipavo di fatto».* (Keller E. F., In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock, p. 102)

Una dinamica simile caratterizzò anche la sua permanenza a Cold Spring Harbor: da una parte, *“nella sua idilliaca reclusione, Cold Spring Harbor poteva essere considerata anche dal lato opposto: piccola, lontana, e come tagliata fuori dalle normali rotte della circolazione scientifica.”* (Keller E. F., p. 129). Lì aveva il suo campo di mais e la possibilità di lavorare senza dover giustificare ogni scelta di ricerca. Si può dire che fu il suo periodo più fecondo per quanto riguarda lo studio – a Cold Spring Harbor elaborò la teoria della trasposizione – ma anche uno dei più solitari, *“era troppo piccola per offrire qualcosa che si avvicinasse all'atmosfera di una comunità con cui condividere i propri interessi”* (Keller E. F., p. 130)

Le tre categorie di questa dimensione sono, come mostrato, profondamente interconnesse, manifestazioni di una stessa posizione di confine, osservata con tre sfumature diverse. La conoscenza incorporata richiedeva tempo e continuità, che era resa possibile dall'indipendenza istituzionale, a sua volta prodotto della marginalità. L'approccio olistico era il risultato della formazione ibrida, a sua volta risultato dell'esclusione dalla genetica come disciplina principale.

2.3.2. Meccanismi epistemici

Nel 1951, Barbara McClintock presenta al Simposio di Cold Spring Harbor i risultati di sei anni di lavoro intenso, durante i quali aveva formulato la teoria della trasposizione genetica, che metteva in discussione due assunzioni fondamentali della genetica: la fissità dei geni e la

casualità delle variazioni genetiche. La risposta a questa presentazione fu, nelle sue stesse parole, *“un muro di silenzio”*. Alcuni colleghi la definirono “matta”, addirittura *“un distinto genetista la chiamò «una vecchia stracciona che si è vista in giro a Cold Spring Harbor per anni».*” (Keller E. F., p. 160).

Il Premio Nobel arrivò solo trentadue anni dopo. Negli anni intermedi, McClintock visse una forma di esclusione accademica che non si sarebbe mai aspettata: era infatti nota per il rigore scientifico nel suo lavoro e, nonostante la sua costante marginalità istituzionale, era una scienziata stimata nel suo campo.

Il suo rigore scientifico e la sua pazienza nel collezionare tutti i dati possibili erano indiscutibili: *“Era essenziale perciò che i suoi dati fossero in grado di anticipare ogni possibile obiezione. «Tornai alla superficie collezionando prove in grado di dimostrare che si trattava di un processo che doveva aver luogo, finché non ci fu più assolutamente nessun dubbio».*” (Keller E. F., p. 156). Eppure, *“Aveva rivelato la propria creazione, un modello esplicativo di rara bellezza completamente dimostrabile, l’oggetto di sei anni di attenzione amorevole e lavoro sfiabrante, e i suoi colleghi le avevano girato le spalle.”* (Keller E. F., p. 159)

Il cuore epistemologico di questo paradosso è che i risultati e il linguaggio con cui esprimerli erano incompatibili con il paradigma dominante, che non disponeva degli strumenti concettuali per accoglierli.

La categoria 2.1 – **il dettaglio anomalo come evidenza** – descrive il meccanismo che ha reso possibile la scoperta. McClintock, grazie alla sua attenzione e alla cura per il soggetto di studio, al suo interesse verso il ciclo vitale delle piante, era particolarmente sensibile alle differenze e alle variazioni: *“È attraverso l’eccezione che quasi sempre si riesce a stabilire la regola. Mentre McClintock proseguiva nello studio di questi schemi stabiliti di instabilità, si imbatté in alcuni casi che rappresentavano l’eccezione all’eccezione.”* (Keller E. F., p. 143). Mentre i colleghi, ancorati alle logiche dominanti, tendevano a trattare le anomalie – come le cariossidi aberranti – come rumore statistico da ignorare o come contaminazioni accidentali, McClintock le considerava parte integrante della vita dell’organismo, potenziali evidenze di fenomeni ancora sconosciuti: *“Questi loci mutabili non erano forse degni di attenzione solo per la loro anormalità? McClintock non era di questo parere. I patterns di variegazione che l’avevano condotta su questo cammino lungo e arduo non rappresentavano, come si potrebbe credere, l’espressione di una frattura in un processo altrimenti normale. Piuttosto, li si poteva considerare «semplicemente come un esempio del normale processo di differenziamento che avviene in un momento anomalo dello sviluppo».*” (Keller E. F., p. 155)

Questo posizionamento – “*se il materiale ti suggerisce “le cose stanno in questo modo”, occorre dargli credito. Non bisogna rifiutarlo chiamandolo un’eccezione, un’aberrazione, un contaminante*” (Keller E. F., p. 196) – è strettamente intrecciato all’approccio incorporato, di cura (categoria 1.1) e a quello olistico (categoria 1.2).

Questo tipo di meccanismo epistemico non è nuovo nella storia della scienza: Albert Einstein, nel celebre paragrafo introduttivo di *Sull’elettrodinamica dei corpi in moto* (1905), parte da un’asimmetria apparentemente marginale che i fisici del suo tempo trattavano come irrilevante – il diverso modo in cui viene spiegata la generazione di corrente a seconda che si muova il magnete o il conduttore – per spiegare che la spiegazione di questo fenomeno deve essere unitaria. La struttura del gesto epistemico è analoga a quella di McClintock: non ignorare il dettaglio ma riconoscerlo come evidenza di un meccanismo più profondo.

La differenza tra i due casi è tuttavia significativa: Einstein pubblica nel 1905 e nel giro di pochi anni la sua teoria viene accolta e celebrata dalla comunità fisica. McClintock presenta la teoria della trasposizione nel 1951 e aspetta trent’anni prima del riconoscimento. Questo confronto evidenzia come il valore epistemico di un gesto scientifico e il suo riconoscimento istituzionale siano due dimensioni distinte, e come la seconda richieda un’analisi delle condizioni di possibilità, oggetto di studio della terza dimensione della griglia.

La categoria 2.2 – **conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione** – cerca di indagare uno dei motivi per cui è stato così difficile far comprendere la scoperta di McClintock alla comunità scientifica. Fox Keller descrive bene questa tensione: “*Solo quando usciamo da una “sfera consensuale” di questo genere – quando ci poniamo ai margini di una comunità che condivide un linguaggio comune – solo allora cominciamo a notare le premesse sottintese, le comprensioni reciproche, e i modi di fare accettati dal gruppo. [...] Quando manca un “linguaggio” comune di questo genere, gli argomenti perdono di efficacia, anche se le equazioni sono impeccabili.*” (Keller E. F., p. 165)

Il linguaggio della comunità scientifica dominante era analitico, il linguaggio di McClintock era pittorico, incarnato, legato alla sua soggettività. Inoltre, la scienziata era abituata a lavorare in relativa solitudine, quindi senza avere un costante dialogo, generativo di uno spazio comune tra mondi linguistici e di approccio diversi.

Fox Keller introduce qui il concetto di “soggettività comune”: “*“vedere” nella scienza non è dissimile dal “vedere” in arte. Fondato su di una visione, sul nostro senso più pubblico e più privato, questo “vedere” dà origine a un tipo di conoscenza che richiede qualcosa di più di*

una pratica comune per essere comunicabile: richiede una soggettività comune.” (Keller E. F., p. 168)

Nel caso di McClintock, comprendere la sua teoria implicava imparare a vedere come lei: i suoi meccanismi epistemici si basavano sulla complicità con il soggetto da studiare, per questo la soggettività comune diventa ancora più necessaria per comprendere e credere alle sue scoperte. Evelyn Witkin – collaboratrice e amica di McClintock – per comprendere la teoria della trasposizione dovette imparare a vedere come lei, a *“condividere la visione interiore”* (Keller E. F., p. 168). In questo modo, *“Una volta appreso il “linguaggio”, Witkin poté affermare che gli argomenti presentati da McClintock erano altrettanto convincenti e le prove altrettanto rigorose di qualunque altra teoria scientifica nota.”* (Keller E. F., p. 168)

Il silenziamento di McClintock, quindi, può essere interpretato come il risultato di un fallimento comunicativo radicato in una incompatibilità epistemica. Il linguaggio scientifico, apparentemente universale, si rivelò insufficiente: *“Proprio il compito della validazione consensuale, del “fare appello all’evidenza” richiede un grado di intersoggettività, di visione comune come di un linguaggio comune, sulle quali si accorse di non poter contare.”* (Keller E. F., p. 170)

La categoria 2.3 – **l’illuminazione dei *blind spots* strutturali** – rappresenta l’altra faccia dello stesso fenomeno. Riguarda il meccanismo epistemico per cui il lavoro di McClintock riesce a generare conoscenza che solo allontanandosi dal paradigma dominante si poteva generare.

Questo è il cuore della questione epistemologica del caso McClintock: l’importanza del suo posizionamento. *“Nessuno più della McClintock era consapevole della differenza di visuale. In parte, quella differenza rifletteva la continua divergenza tra i suoi interessi e quelli dei suoi colleghi in genetica. Lei era principalmente interessata alla funzione e all’organizzazione; a loro interessava principalmente il meccanismo.”* (Keller E. F., p. 206)

Il *blind spot* che McClintock riesce a illuminare grazie metodologie e approcci diversi e marginali, è una proprietà strutturale del paradigma dominante, fondato su assunzioni tacite che delimitano il campo del visibile, e arginano nuove prospettive.

“Secondo McClintock questa era uno di quei casi che lei chiama di «tacite assunzioni» – di adesione implicita a modelli dati, che impedisce alla gente di guardare a elementi nuovi con mente fresca.” (Keller E. F., p. 195).

Questa struttura rimanda a ciò che Latour chiamava “scatola nera” (Latour, 1987): la genetica molecolare degli anni Cinquanta ne aveva costruito diverse, tipo il gene come unità fissa e discreta, la casualità delle variazioni genetiche. McClintock, al contrario, stava cercando di dimostrare una realtà diversa: i geni si muovono, rispondono all’ambiente, regolano altri geni, le

variazioni genetiche non sono casuali ma controllate dall'organismo. *“Per lei, il gene non era qualcosa che si potesse risolvere, come un problema di matematica, ma era «semplicemente un simbolo».”* (Keller E. F., p. 177) ; o ancora, *“«Mi sembrava che, guardando l'organismo intero e il suo modo di svilupparsi, quelle cose che chiamiamo geni dovessero in qualche modo essere controllate»”* (Keller E. F., p. 143)

L'approccio olistico – analizzato nella categoria 1.2 – era fondamentale per rendere visibile ciò il paradigma dominante escludeva: la complessità dell'organismo nella sua totalità, i suoi processi vitali, le variazioni individuali. Questi elementi non erano invisibili alla ricerca per caso, ma perché situati al di fuori del campo di attenzione legittimato.

McClintock era estremamente consapevole dei limiti dei modelli scientifici e quindi dei problemi del paradigma centrale: *“L'inconsueto diventa sempre più impensabile, e la gente dimentica che la propria interpretazione dei dati può cambiare; dimentica che le teorie e i modelli vanno e vengono. [...] Nell'entusiasmo, si scambia il modello per la realtà.”* (Keller E. F., p. 196)

La sua marginalità le permetteva di mantenere un occhio critico e resistente ai metodi dominanti: *“Dal suo punto di vista, una fiducia troppo angusta nella metodologia scientifica finisce invariabilmente per metterci in difficoltà. [...] Il ritmo della ricerca attuale sembra escludere una posizione contemplativa del genere.”* (Keller E. F., p. 220)

Nel caso McClintock, il concetto di *boundary-work* (Gieryn, 1983) si tradusse anche in una stigmatizzazione linguistica: “maclintockiano” divenne un termine in codice per “non-scientifico” tra gli scienziati che non sapevano come leggere la sua teoria. Eppure, *“Che esistano mezzi validi di conoscenza oltre a quelli convenzionalmente adottati dalla scienza è una convinzione di lunga data per McClintock.”* (Keller E. F., p. 216) Ed è proprio in questi metodi ibridi e in queste ispirazioni che si apre la possibilità di illuminare i *blind spots*, come dimostra il suo lavoro: *“è orgogliosa della sua diversità. Con orgoglio, si definisce una «mistica». [...] è orgogliosa della propria abilità di attingere a queste altre forme di conoscenza nel suo lavoro di scienziato.”* (Keller E. F., p. 218)

La dimensione dei meccanismi epistemici può essere quindi sintetizzata dall'analisi svolta per quest'ultima categoria: McClintock, dal suo posizionamento marginale, era in grado di cogliere dettagli che il paradigma dominante non riusciva a vedere, perché facevano parte dei *blind spots* strutturali; tuttavia, proprio per questo non riusciva a comunicarlo, per la mancanza di un linguaggio condiviso.

Come già sottolineato, è importante non romanticizzare questa marginalità. La dimensione successiva si occupa di analizzare le condizioni materiali e istituzionali che hanno al tempo stesso ostacolato e reso possibile la sopravvivenza in questo spazio di confine.

2.3.3. Condizioni di possibilità

Se le prime due sezioni si sono occupate delle pratiche e dei meccanismi epistemici di McClintock, questa si concentra su ciò che li ha resi possibili o, dall'altro lato, difficili. Le condizioni di possibilità non costituiscono un semplice contorno biografico del caso: sono parte integrante della struttura epistemica.

La categoria 3.1 – **l'indipendenza materiale** – descrive la condizione più concreta. McClintock necessitava di una posizione particolare per fare ricerca, di un contesto in cui venisse permesso e lasciato libero il suo lavoro di ricerca.

Già Virginia Woolf, in *Una stanza tutta per sé* (1929), aveva ampiamente discusso questo tema: *“A woman must have money and a room of their own if she is to write fiction. [...] Intellectual freedom depends upon material things.”* (Woolf, 1929). Questo è un tema ricorrente nella storia delle donne, tanto nella letteratura quanto nella scienza: il prerequisito dell'indipendenza materiale è necessario per poter esercitare una libertà di pensiero, per riuscire a generare conoscenza libera dalle aspettative dominanti.

Il periodo alla Cornell rappresenta perfettamente questo concetto, nella sua complessa dualità. Da un lato, è stato un periodo florido per la libertà intellettuale, in quanto McClintock aveva accesso al laboratorio, colleghi e colleghe con cui lavorare che la stimavano, e una gestione relativamente autonoma dei tempi e dei metodi di ricerca: *“Era stato un periodo libero, indipendente e produttivo, durante il quale aveva fatto quello che desiderava ed era andata dove voleva.”* (Keller E. F., p. 89) Dall'altro lato, però, la sua posizione istituzionale era fortemente precaria, a causa della mancanza di prospettive di carriera in un dipartimento che non prevedeva posizioni stabili per donne. Fu proprio questa sottrazione di condizioni materiali che la portò ad abbandonare quel contesto.

A Cold Spring Harbor si ritrova questa libertà paradossale, con sfumature leggermente diverse. *“Alla vigilia di Pearl Harbor, Barbara McClintock era alle prese con preoccupazioni di sopravvivenza personale. [...] se voleva continuare a fare la biologa aveva bisogno di un posto dove poter continuare il proprio lavoro, di un campo in cui coltivare ancora il suo mais.”* (Keller E. F., p. 127) Questo bisogno trovò realizzazione a Cold Spring Harbor, dove

McClintock aveva un campo in cui coltivare il suo mais e la possibilità di seguire la propria agenda di ricerca: *“Non so bene cosa avessi voglia di fare [...] non mi andava di dipendere da qualcuno, mi piaceva troppo quello stato di libertà, e avevo paura di perderlo».*” (Keller E. F., p. 128) Questa ritrovata libertà e indipendenza, tuttavia, non era priva di costi: comportava isolamento intellettuale, la mancanza di quella che lei stessa descriveva come *“la giusta dose di divertimento”* che avrebbe desiderato in una comunità scientifica viva, come aveva trovato alla Cornell.

La fisicità del mais può essere quindi vista come la sua condizione di indipendenza materiale: la stanza di Woolf e il campo di mais di McClintock sono, epistemologicamente, la stessa cosa.

La categoria 3.2 – **la rete minima di riconoscimento** – descrive la dimensione relazionale delle condizioni di possibilità. Nonostante il continuo isolamento che McClintock visse nel corso della sua vita per la sua posizione marginale e, in particolare, l’isolamento istituzionale crescente dopo il 1951, la scienziata ebbe una rete minima di connessioni che la supportarono durante tutta la sua carriera.

Innanzitutto, George Beadle e Marcus Rhoades, compagni di dottorato durante gli anni alla Cornell, hanno costituito presenze costanti di riconoscimento. Alcuni riferimenti sottolineano questo supporto: *“Ricorda Rhoades e Beadle come le persone che riuscirono a darle gli stimoli che altrimenti le sarebbero mancati. «Stavamo aprendo una nuova strada, noi tre».*” (Keller E. F., p. 72); *“Rhoades dice che il suo talento meritava un riconoscimento più grande di quello che in effetti riceveva.”* (Keller E. F., p. 94).

Lewis Stadler, invece, fu colui che creò la posizione apposta per lei all’Università del Missouri, credendo fermamente nelle sue capacità: *“Tra i sostenitori di Barbara McClintock, Lewis Stadler era forse il più energico nella ricerca di una posizione adeguata alle sue abilità di scienziata.”* (Keller E. F., p. 99).

Evelyn Witkin, la sola persona che aveva imparato a “vedere” ciò che McClintock vedeva, rappresentava qualcosa di diverso: non solo una sostenitrice, ma un’interlocutrice capace di validare la visione dall’interno. Per questo il suo supporto lavorativo e relazionale era particolarmente importante: *“«Evelyn era l’unica a capire veramente quello che stavo facendo».*” (Keller E. F., p. 157).

La funzione di questa rete – soprattutto del rapporto con Witkin – in assenza di validazione pubblica, era confermare che la visione di McClintock fosse reale, poiché condivisibile: *“Una volta appreso il “linguaggio”, Witkin poté affermare che gli argomenti presentati da*

McClintock erano altrettanto convincenti e le prove altrettanto rigorose di qualunque altra teoria scientifica nota.” (Keller E. F., p. 168)

La rete minima di riconoscimento non compensava l’isolamento, ma lo rendeva epistemicamente abitabile.

La categoria 3.3 – **l’autosufficienza epistemica** – descrive i processi che possono svilupparsi quando, per lungo tempo, manca un qualche tipo di riconoscimento. Fox Keller racconta come McClintock avesse costruito, nel tempo, una fiducia nel proprio metodo e nella propria visione, che era sostanzialmente indipendente dalla validazione esterna. *“Il suo rispetto per l’insondabile lavoro della mente andava di pari passo con quello per il complesso lavoro della pianta, con una fiducia immutata nel fatto che, usando la dovuta attenzione, ci si poteva fidare delle intuizioni che l’una ha sulla vita dell’altra. Negli anni a venire, questa fiducia sarebbe diventata l’elemento decisivo che le avrebbe permesso di andare avanti.”* (Keller E. F., p. 126). Questa estrema fiducia non deve essere interpretata come una forma di arroganza, ma piuttosto come un meccanismo di sopravvivenza epistemica.

Fin da piccola aveva vissuto questo stato di marginalità: *“L’autonomia, e la conseguente indifferenza alle aspettative convenzionali, è il suo “marchio di fabbrica”. [...] Barbara crebbe come una bambina solitaria e indipendente.”* (Keller E. F., p. 46); e rimase una costante durante tutta la sua vita: *“Orgogliosa come sempre, aveva voluto chiarire subito le cose. Aveva la sua personalità e portava avanti il suo lavoro, chiedendo poco o niente al mondo esterno.”* (Keller E. F., p. 95)

Fox Keller documenta, in relazione a ciò, la strategia che McClintock aveva sviluppato per affrontare la solitudine emotiva e istituzionale che il non-riconoscimento prolungato produceva: *“«Mi dovevo immergere in qualcosa d’altro, in qualche nuovo sapere [...] per evitare di stare troppo a rimuginare su me stessa». [...] una forma di comunicazione con una parte della natura lontana dal regno delle relazioni umane.”* (Keller E. F., p. 106)

Questa strategia, oltre ad essere una risposta psicologica individuale, aveva anche una funzione epistemica importante: manteneva viva la curiosità intellettuale, la fonte della sua creatività, impedendo che il non-riconoscimento la portasse ad abbandonare le domande che nessun altro riteneva importanti.

“Questo suo «sentirsi in sintonia con l’organismo» [...] l’ha sostenuta per una vita intera di sforzi compiuti in completa solitudine, senza il conforto dell’intimità di rapporti umani e priva dell’accettazione all’interno della sua stessa professione.” (Keller E. F., p. 212).

La categoria 3.4 – **la doppia marginalità** – è l'ultima categoria analizzata, ed è quella trattata con maggiore prudenza e che ha richiesto particolare riflessività metodologica nell'analisi. McClintock partiva dal presupposto di non voler essere analizzata come una donna nella scienza, ma semplicemente come *a scientist*, senza considerazioni di genere. *“Sicuramente lei non si sarebbe definita un'eroina femminista e forse non era affatto femminista. [...] Per lei, il genere non aveva alcuno spazio nella scienza.”* (Keller E. F., p. 8). Questa sua volontà, però, dovette scontrarsi con una realtà molto diversa: la posizione istituzionale di McClintock era determinata, tra le altre cose, anche dal suo genere, *“Più acutamente che mai prima d'allora, stava prendendo coscienza dei molti modi in cui, nel mondo reale, il problema del sesso non può essere dimenticato. «Fuori di te, quel problema è sempre lì, sempre pronto a darti fastidio». Nessuno dei suoi sforzi poteva cancellare il fatto che era una donna in una professione tradizionalmente riservata agli uomini.”* (Keller E. F., p. 95)

Fox Keller esplicita il malessere di McClintock nel dover affrontare un sistema di ingiustizie per lei non comprensibile, ciò che lei stessa definiva *“barriere illogiche”*: *“Di fatto, lei si rifiutava di accettare un posto da donna. Non sarebbe stata uno “scienziato donna” più di quanto volesse essere una “donna” in senso convenzionale. Insisteva sul suo diritto ad essere valutata con lo stesso metro dei suoi colleghi uomini. [...] Insisteva perché i meriti fossero uguali ai diritti.”* (Keller E. F., p. 96)

Ma questa marginalizzazione, come suggerisce il nome stesso della categoria, è doppia e più complessa di quanto appaia: *“Il giudizio che a questo proposito esprime McClintock è che nei confronti di un collega uomo il margine di tolleranza sarebbe stato maggiore, ma che permettersi di essere donna ed eccentrica era davvero troppo.”* (Keller E. F., p. 104)

La posizione istituzionale marginale era determinata sia dalla sua non convenzionalità metodologica sia dal suo genere, in modo difficilmente separabile. Uno scienziato eccentrico, negli stessi anni, probabilmente poteva permettersi l'eccentricità perché aveva alle spalle una carriera universitaria stabile, che la sua non convenzionalità minacciava ma non eliminava. McClintock, invece, quella carriera non l'aveva, perché il sistema universitario americano degli anni Trenta e Quaranta non prevedeva posizioni per donne con le sue caratteristiche, nonostante la sua indiscussa bravura: *“«la sua convinzione che, se fosse stata un uomo, avrebbe avuto, come ricercatore, una prospettiva molto più libera» [...] La possibilità di ottenere una posizione adeguata poteva essere scarsa, ma per gli altri questi impieghi venivano comunque trovati”.* (Keller E. F., p. 94)

Questa categoria mostra quindi che le condizioni di possibilità del lavoro di McClintock non possono essere analizzate separando la dimensione di metodo da quella di genere, ma devono

essere analizzate tenendo conto dell'intersezionalità³ della sua marginalizzazione. La libertà che le istituzioni le concedevano era il prodotto di una precarietà che era, in parte, conseguenza del sessismo strutturale presente nelle fondamenta scientifiche del suo tempo.

Le quattro categorie di quest'ultima dimensione formano un sistema. L'indipendenza materiale crea lo spazio-tempo fisico in cui le pratiche ai confini possono svilupparsi. La rete minima di riconoscimento aiuta il sapere marginale a rendersi epistemicamente valido e condivisibile. L'autosufficienza epistemica permette di sostenere il lavoro in assenza di validazione istituzionale. E la doppia marginalità mostra che queste condizioni non possono essere concettualizzate in modo banale: per McClintock, lo spazio che la marginalità le aveva concesso era costruito su un'esclusione che non aveva scelto.

2.4. Traduzione delle categorie analitiche in domande di intervista

L'analisi del caso McClintock costituisce una base per la formulazione delle domande di intervista che verranno utilizzate per analizzare il caso contemporaneo. In questa sezione viene descritto il passaggio che consente di tradurre le categorie emerse dallo studio nelle domande, operando una trasformazione dal linguaggio accademico a un linguaggio accessibile, che non significa semplificazione, ma adattamento rispetto alla dimensione conversazionale dell'intervista.

Un ulteriore elemento a cui è necessario prestare attenzione è che la griglia analitica è stata costruita a partire da un caso specifico, situato in un contesto storico, sociale, culturale specifico. Per poterla utilizzare per definire le domande delle interviste – collocate in un altro contesto storico, culturale e sociale – è stato necessario tradurre le categorie attentamente evitando di incorporare aspettative sulle risposte che potrebbero emergere, rischiando di non rispettare la differenza di contesto.

³ Qui il termine intersezionalità è usato in senso esteso per indicare l'intreccio tra marginalità di genere e marginalità di metodo. Il termine, in origine, è stato coniato dalla giurista e teorica femminista Kimberlé Crenshaw nel 1989, per analizzare come le donne nere nei tribunali americani fossero discriminate in un modo che nessuna delle due categorie riusciva a spiegare separatamente. Il termine oggi è usato per descrivere situazioni in cui più assi di marginalizzazione – genere, etnia, classe, disabilità, orientamento sessuale – si intrecciano producendo effetti che non sono riducibili alla somma delle parti. (Kimberlé, 1989)

Alla luce di queste considerazioni, e in coerenza con il framework IPR (Castillo-Montoya, 2016), seguito per la creazione del protocollo di intervista, sono stati adottati alcuni principi guida nella traduzione delle categorie in domande. In primo luogo, le categorie sono state tradotte in domande che sollecitassero il racconto di esperienze specifiche invece di valutazioni generali: questo approccio è stato pensato per favorire la narrazione e ridurre il rischio di ottenere risposte che confermassero semplicemente il quadro teorico di partenza.

Un secondo principio seguito è l'assenza del linguaggio teorico nelle domande: i termini come *saperi situati*, *standpoint*, *boundary learning* non compaiono nel protocollo.

La categoria 3.4 – doppia marginalità – che ha richiesto una specifica nota metodologica nella fase di costruzione della griglia, ha reso necessario, anche in questo caso, un trattamento specifico. Le domande riguardanti questa categoria sono state formulate in modo tale da non chiedere esplicitamente se le ricercatrici hanno vissuto esperienze di marginalità di genere, poiché una domanda diretta su questo argomento avrebbe potuto creare risposte performative o introdurre bias, o chiusura sull'argomento. Per questo motivo sono stati previsti follow-up progressivi: si crea prima un contesto ampio in cui riflettere sul rapporto con la comunità scientifica e sulle forme di riconoscimento; solo nel caso in cui emergono riferimenti a dinamiche di esclusione legate al genere, allora si va a indagare questo aspetto specifico.

Le domande finali riguardano la didattica e la trasmissione e colgono un aspetto della ricerca che non è emerso nelle categorie della griglia, in quanto non presente nel caso storico analizzato. La dimensione didattica è tuttavia fondamentale ai fini della ricerca, poiché costituisce l'oggetto diretto di una delle domande operative di ricerca (RQ6); per questo motivo viene ricercata durante le interviste e trattata come una categoria a parte, indipendente dalle tre dimensioni della griglia.

I meccanismi di traduzione e le domande associate sono riportati in una tabella in [Appendice](#).

3. SECONDO STUDIO: ANALISI DI CASI DI RICERCA CONTEMPORANEI

3.1. Introduzione ai casi contemporanei

Lo studio svolto nel capitolo precedente aveva l'obiettivo di analizzare un caso storico per individuare delle categorie analitiche da poter adoperare nell'analisi dei casi contemporanei.

Il presente capitolo si occupa di questa seconda analisi: le domande di fondo, a cui si cerca di rispondere attraverso le interviste, rimangono quelle formulate inizialmente nelle domande di ricerca ([RQ1](#) e seguenti).

Il rapporto lo studio storico e quello contemporaneo non è di tipo comparativo: non intende misurare quanto le ricercatrici intervistate “assomiglino” a McClintock. Si tratta piuttosto di utilizzare le categorie emerse dal caso storico come lenti orientative da applicare ai casi empirici. Questo aspetto è particolarmente importante, poiché l'attenzione viene posta anche sulla presenza, nelle interviste, di temi emergenti che non sono pienamente colti dalle categorie già definite.

È inoltre evidente che i casi contemporanei si collocano in un contesto storico differente rispetto a quello vissuto da McClintock; per questo motivo le categorie quando si ritroveranno potranno avere sfumature diverse da quelle originali.

Il presente capitolo è strutturato nel modo seguente: la sezione 3.2 descrive le scelte metodologiche – l'approccio qualitativo, la selezione del campione, il protocollo di intervista e il metodo di analisi dati; l'ultima sezione è dedicata all'analisi delle singole interviste, sviluppate in modo analogo a quanto fatto per il caso storico nel paragrafo 2.3.

Sarà poi il capitolo 4, quello conclusivo, a trarre le fila dell'analisi, mettendo in dialogo e discutendo i risultati emersi dalle analisi delle diverse interviste.

3.2. Metodologia di analisi

3.2.1. Approccio qualitativo e scelta del metodo

L'approccio scelto per condurre questa analisi è quello della ricerca qualitativa, attraverso interviste individuali semi-strutturate.

La scelta di un metodo qualitativo è una necessità epistemologica, legata al fatto che le domande operative che guidano la ricerca necessitano di risposte narrative, capaci di approfondire i significati delle esperienze personali. Per questo motivo, le interviste qualitative costituiscono lo strumento più adeguato, in quanto, *“At the root of in-depth interviewing is an interest in understanding the lived experience of other people and the meaning they make of that experience.”* (Seidman, 2006)

Questa scelta metodologica è coerente con il quadro teorico della *Feminist Standpoint Theory*, descritto nel capitolo precedente. Quando si impiega questo framework nella ricerca qualitativa, è fondamentale che la produzione di conoscenza emerga direttamente dalla vita e dall'esperienza del gruppo studiato, nella propria specificità. Questo implica una fiducia nella narrazione fornita dalle intervistate e nei significati che esse attribuiscono alle proprie esperienze, che costituiscono effettivamente i dati da analizzare in seguito. Per questo motivo, nell'analisi delle interviste si è scelto di inserire fedelmente parti della trascrizione, per ridurre il più possibile la mediazione interpretativa della ricercatrice di questa tesi.

Nella costruzione della ricerca qualitativa si è scelto di utilizzare l'intervista individuale semi-strutturata. Rispetto all'intervista strutturata, questa permette di mantenere il collegamento con le domande di ricerca, lasciando al tempo stesso spazio alla narrazione della persona intervistata, e quindi a percorsi inaspettati, esempi che emergono spontaneamente, formulazioni personali. D'altro canto, rispetto all'intervista non strutturata, questa metodologia garantisce che il materiale raccolto sia comparabile tra i diversi casi. Il metodo di costruzione dell'intervista viene approfondito nel paragrafo 3.2.3.

Per garantire il rigore metodologico della ricerca qualitativa, si adottano i quattro criteri di *truthworthiness* proposti da Yvonna Lincoln e Egon Guba nel loro lavoro *Naturalistic Inquiry* (1985): credibilità, trasferibilità, dipendenza, confermabilità (Lincoln & Guba, 1985). La credibilità, che rappresenta la validità interna, è rafforzata dal privilegiare le voci delle intervistate come fonte primaria di conoscenza, riportando nelle analisi citazione dirette, come già fatto per l'analisi del caso storico. La trasferibilità, che rappresenta invece la validità esterna, è sostenuta

da una descrizione dettagliata del contesto – la *thick description* – e delle procedure metodologiche seguite, come la costruzione del protocollo di intervista. La dipendenza, corrispondente all'affidabilità, viene supportata dalla documentazione analitica del processo, corredata dagli strumenti utilizzati – la matrice di allineamento, la griglia di analisi costruita a partire dal caso storico e lo script dell'intervista, tutti riportati in [Appendice](#). Infine, la confermabilità, intesa come alternativa all'oggettività dei risultati ottenuti dalla ricerca, è supportata dalla ricostruzione trasparente delle metodologie adottate, e, in particolare, dal modo in cui è stato costruito il protocollo, attraverso domande formulate il più possibile in modo distaccato dal linguaggio teorico della ricerca, così da evitare possibili risposte eccessivamente orientate.

3.2.2. Scelta delle figure intervistate

Il campione di questa ricerca è un campione teorico (*theoretical sampling*), che non mira a essere statisticamente rappresentativo della comunità scientifica generale, ma piuttosto, come sostengono Juliet Corbin e Anselm Strauss: “*In qualitative investigations, researchers are not so much interested in how representative their participants are of the larger population. The concern is more about representativeness of concepts and looking for incidents that further develop them.*” (Corbin & Strauss, 2015). In questa prospettiva, le figure intervistate sono state scelte perché ritenute potenzialmente capaci di approfondire e sviluppare le categorie concettuali emergenti.

Le figure intervistate sono un ricercatore e tre ricercatrici italiane, che operano nell'ambito della fisica, ognuno e ognuna con specializzazioni diverse e interessi interdisciplinari.

Un limite legato alla scelta di questo campione è che, essendo tutte le ricercatrici italiane, la trasferibilità dei risultati non può essere estesa a contesti con strutture istituzionali, culture disciplinari e dinamiche di genere significativamente diverse. Tuttavia, questo tipo di generalizzazione non rientra tra gli obiettivi del presente lavoro di tesi.

3.2.3. Protocollo di intervista

La costruzione del protocollo di intervista adottato in questa ricerca segue il framework IPR – *Interview Protocol Refinement* – sviluppato da Milagros Castillo-Montoya (Castillo-Montoya, 2016). Il framework si articola in quattro fasi: l'allineamento tra domande di intervista e domande di ricerca, la costruzione di una conversazione *inquiry-based*, la ricezione di feedback

sul protocollo, e il *piloting*. L'obiettivo di ciascuna fase è rafforzare l'affidabilità del protocollo come strumento di ricerca.

Il primo passo nella costruzione del protocollo è stato verificare che le domande di intervista fossero allineate con le domande operative di ricerca ([RQ2](#), [RQ3](#), [RQ4](#), [RQ5](#), [RQ6](#)) interpretate attraverso le tre dimensioni della griglia analitica ([D1](#), [D2](#), [D3](#)), e la dimensione della didattica ([D4](#)).

È stata, quindi, costruita una matrice di allineamento seguendo il modello IPR: i temi delle domande di intervista sono disposti in righe, le dimensioni della griglia in colonne, e, per ciascuna cella, viene indicato con un simbolo se la domanda associata ha del potenziale di generare informazioni rilevanti per quella dimensione. Nella colonna più a destra invece è riportata la tipologia di domanda: di introduzione, di transizione, chiave o di chiusura. Le domande più centrali per la ricerca sono collocate nella parte centrale dell'intervista dopo aver costruito un rapporto di base con l'intervistata (Castillo-Montoya, 2016).

La matrice di allineamento viene presentata nella tabella sottostante.

Domanda di intervista	D1 Pratiche	D2 Meccanismi	D3 Condizioni	D4 Didattica	Tipo
1. Percorso di ricerca	X		X	X	Intro
2. Descrizione del lavoro attuale	X				Intro
3. Confini disciplinari nel lavoro	X	X			Transizione
4. Relazione con l'oggetto di ricerca	X	X			Chiave
5. <i>Blind Spots</i> strutturali		X			Chiave
6. Comunicabilità e nuovi linguaggi	X	X			Chiave
7. Momento di svolta epistémica		X			Chiave

8. Resistenze e ostacoli			X		Chiave
9. Cosa ha reso possibile il percorso			X		Chiave
10. Comunità e riconoscimento		X	X		Chiave
11. Didattica e trasmissione			X	X	Chiave
12. Cosa cambieresti		X	X	X	Chiusura
13. Spazio aperto	X	X	X	X	Chiusura

Tabella 2: Matrice di allineamento per le interviste.

Il protocollo è stato progettato come una conversazione strutturata in quattro sezioni – già accennate nel paragrafo sovrastante – ciascuna con una funzione specifica all'interno del percorso dell'intervista.

Prima delle sezioni vere e proprie dell'intervista è prevista una parte di introduzione al lavoro di tesi e al tema che ha guidato la costruzione della domanda di ricerca.

La prima sezione ha carattere introduttivo. Le domande invitano l'intervistata a raccontare il proprio lavoro e il proprio percorso di ricerca in modo narrativo e non strutturato: l'obiettivo è avere un racconto personale sulle scelte di vita che hanno delineato il percorso di studi e lavorativo.

Lo scopo di queste prime domande è duplice: da un lato mettere a proprio agio l'intervistata, aprendo uno spazio narrativo accogliente; dall'altro raccogliere informazioni sul contesto che orienteranno le domande successive. Queste domande corrispondono alla funzione delle *introductory questions* descritte da Castillo-Montoya, cioè: "*Question was non-threatening and provided the participants the opportunity to get used to describing experiences*". (Castillo-Montoya, 2016)

La seconda sezione vuole introdurre il tema dei confini disciplinari attraverso domande che chiedono all'intervistata di descrivere se e come si muove tra discipline diverse nel proprio lavoro e se esistono contaminazioni non convenzionali che supportano la pratica scientifica,

rendendola di confine. Le domande di transizione servono a collegare le domande introduttive a quelle chiave, mantenendo la continuità della conversazione.

Queste domande sono formulate in modo più concreto, chiedendo esempi tratti dall'esperienza personale, al fine di evitare risposte astratte e favorire la narrazione di episodi specifici, che costituiscono un ricco materiale per l'analisi.

La terza sezione è il cuore del protocollo e contiene la maggior parte delle *key questions*. Sono state progettate sei domande per questa sezione, che esplorano: le domande trascurate e gli approcci non riconosciuti dalle pratiche disciplinari dominanti ([D2](#)); la difficoltà nell'usare i linguaggi standard della scienza e la necessità di nuovi ([D1,D2](#)) i momenti di svolta epistemica in cui l'intervistata ha colto dettagli che non sarebbero emersi restando all'interno di un unico campo disciplinare ([D2](#)); le resistenze istituzionali e culturali incontrate ([D3](#)); cosa e chi ha reso possibile il percorso ([D3](#)); il senso di riconoscimento all'interno della comunità scientifica ([D2, D3](#)).

Ciascuna domanda è accompagnata da una serie di possibili domande di *follow-up*, progettate per approfondire aspetti specifici delle risposte, seguire il flusso della conversazione e recuperare sfumature che la risposta iniziale potrebbe aver lasciato in ombra.

La quarta sezione chiude l'intervista con domande definite, appunto, di chiusura, che possono generare risposte significative, ma il cui scopo è di accompagnare le intervistate verso una conclusione riflessiva dell'esperienza dell'intervista (Castillo-Montoya, 2016).

In questo protocollo, le domande di chiusura riguardano una riflessione critica sul proprio percorso e sulle istituzioni, sulla trasmissione delle pratiche di confine e conclude con uno spazio aperto in cui l'intervistata può aggiungere aspetti ritenuti rilevanti che le domande non hanno toccato.

Il protocollo di intervista, comprensivo di tutte le domande e follow-up è presentato in [Appendice](#).

Il protocollo include anche uno *script* che aiuta a guidare l'intervista e renderla più fluida, segnalando anche all'intervistata i cambi di tema. Lo script non viene letto parola per parola durante l'intervista, ma serve a gestire i passaggi tra temi senza interruzioni brusche.

Prima di utilizzare lo strumento, il protocollo viene sottoposto a una lettura critica che deve verificare la chiarezza e la qualità delle domande; l'assenza di un linguaggio eccessivamente accademico che possa complicare la fluidità della conversazione; la coerenza della struttura con gli obiettivi della ricerca; la presenza di domande che possano percepibili come giudicanti o invasive; l'adeguatezza dei *follow-up* rispetto alle domande principali.

L'ultima fase del framework IPR è il *piloting* del protocollo: la messa alla prova dello strumento attraverso l'intervista di una ricercatrice con un background simile alle figure che saranno poi intervistate per lo scopo della ricerca. Questo rappresenta un ulteriore strumento di controllo della qualità e dell'accessibilità delle domande, e consente di verificare la durata effettiva dell'intervista e la fluidità delle transizioni tra le diverse sezioni.

Queste due fasi e i loro risultati verranno approfondite nel paragrafo successivo.

3.2.4. Lettura critica e piloting del protocollo

Si è deciso di condurre un'intervista di prova e successivamente analizzarla, affiancando questa fase alla lettura critica del protocollo. L'intervista è stata eseguita con una ricercatrice in Didattica della Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna, scelta perché il suo approccio di ricerca risulta particolarmente affine alle tematiche affrontate in questo lavoro di tesi.

L'intervista si è articolata seguendo la prima bozza del protocollo, che è stata progressivamente adattata in funzione della fluidità del dialogo e dei temi emergenti.

La durata complessiva è stata di circa un'ora e un quarto, una lunghezza che è sembrata adeguata a consentire risposte approfondite senza produrre affaticamento nell'intervistata.

Già nel corso dell'intervista è emerso come alcune domande avessero generato risposte particolarmente feconde. La domanda sugli approcci trascurati nella ricerca scientifica dominante – domanda 5 – ha generato una risposta densa e articolata, in cui l'intervistata ha identificato con precisione alcune zone d'ombra strutturali del paradigma dominante. Questo ha confermato che la domanda fosse ben calibrata rispetto alla categoria 2.3 della griglia – l'illuminazione dei *blind spots* strutturali del paradigma dominante.

Analogamente, le domande sulle resistenze istituzionali e sulle condizioni di possibilità hanno prodotto materiale ricco, che ha validato la pertinenza delle categorie della terza dimensione della griglia.

Dalla lettura critica, svolta dopo l'intervista, sono emerse alcune indicazioni precise per la revisione del protocollo:

- Stabilità della domanda principale e flessibilità dei follow-up. Un primo elemento emerso ha riguardato il bilanciamento tra rigidità e apertura nella conduzione delle domande. È stato osservato che le domande principali devono essere formulate in modo stabile e riconoscibile, così da garantire la comparabilità tra le diverse interviste, mentre i *follow-up* possono essere adattati in funzione di come l'intervistata sviluppa la propria narrazione. A partire da questa osservazione, è seguita una revisione della formulazione scritta delle domande principali, adattandole a come sono state formulate nell'intervista di prova.
- La domanda sull'oggetto di ricerca. La domanda relativa al rapporto tra la ricercatrice e il proprio oggetto di ricerca – ispirata alla categoria 1.1 della griglia, la conoscenza incorporata e la fusione tra soggetto e oggetto – è risultata collocata in una posizione poco adeguata, poiché tendeva a inserirsi in un passaggio del discorso in cui non appariva pertinente. Per questo, si è deciso di spostarla dopo la domanda 3b.
- Il nodo del genere come dimensione di sottofondo. Una delle questioni metodologicamente più delicate emerse dalla lettura critica riguarda se e come introdurre esplicitamente la dimensione del genere nell'intervista. Nel protocollo originale rimaneva aperta la tensione tra l'inserire una domanda specifica sull'argomento oppure mantenerlo come elemento di sottofondo. Quest'ultima soluzione è risultata più funzionante.
- La domanda sull'educazione alle pratiche di confine. La domanda relativa alla possibilità di insegnare un approccio ibrido – domanda 11 – ha generato, durante l'intervista pilota, una risposta in cui l'intervistata ha dichiarato di sentirsi parzialmente “bloccata”, poiché risultava difficile ragionare su cosa si intendesse con “educare”, in quanto la domanda appariva piuttosto astratta. Si è quindi deciso di riformularla ancorandola maggiormente all'esperienza personale dell'intervistata, così da evitare una riflessione troppo generale sulla didattica.

3.2.5. Metodo di analisi dati

L'analisi dei dati ricavati dalle interviste segue la metodologia dell'analisi tematica riflessiva proposta da Virginia Braun e Victoria Clarke (2006), in modo coerente a quanto è stato fatto per analizzare il caso storico.

Questo tipo di approccio permette di combinare una codifica *top-down* – guidata dalle categorie della griglia analitica già costruita – con una codifica *bottom-up*, aperta ai temi emergenti che i dati possono produrre al di là del quadro teorico preesistente.

Il processo di analisi inizia dalla trascrizione delle interviste registrate, che corrisponde alla fase di familiarizzazione con i dati (Braun & Clarke, 2006), seguita poi dalla lettura attenta del materiale e, quando necessario, dalla sua rilettura.

L'analisi tematica prosegue seguendo gli step presentati da Braun e Clarke, descritti nel sottocapitolo 2.2.3, con la differenza che, nella fase di definizione e denominazione dei temi, viene verificata una possibile corrispondenza con le categorie della griglia analitica. Qualora un tema non sembri essere adeguatamente rappresentato dalle categorie esistenti, esso viene definito come tema emergente, e descritto attraverso una nuova denominazione.

Come già spiegato, le ipotesi tratte dal caso McClintock, integrate nelle categorie della griglia, vengono portate nel materiale empirico come domande aperte e non come conclusioni da confermare. I risultati dell'analisi dei dati potranno confermarle, modificarle, o contraddirle: tutte e tre le possibilità possiedono un valore epistemico rilevante ai fini degli obiettivi della ricerca.

Dopo aver svolto e redatto l'analisi tematica dell'intervista, questa viene condivisa con l'intervistata per una revisione, in coerenza con il framework *Feminist Standpoint Theory* e con la necessità di mantenere il processo di ricerca il più trasparente possibile.

3.3. Analisi dei casi contemporanei attraverso la griglia

Le analisi che seguono applicano dapprima la griglia nelle sue tre dimensioni ([D1](#), [D2](#), [D3](#)), la dimensione della didattica ([D4](#)) successivamente si concentrano sui temi emergenti, cioè sulle categorie che il caso ha prodotto in modo induttivo.

Le citazioni presenti sono riportate fedelmente dalle trascrizioni svolte delle interviste, vengono rese semplicemente più leggibili rispetto al linguaggio parlato.

3.3.1. Prima intervista

La prima ricercatrice intervistata si occupa di Didattica della Fisica. Nell'ambito della sua ricerca, si occupa di fondamenti e filosofia delle scienze e tecnologie quantistiche, interdisciplinarietà tra fisica, matematica e informatica, e analizza criticamente le narrazioni dominanti attorno alle tecnologie quantistiche con lo scopo di ripensare alla Seconda Rivoluzione Quantistica, in primis, come una rivoluzione culturale.

Il percorso che ha condotto la ricercatrice inizia con una laurea in fisica applicata, orientata da un interesse per i modelli matematici e fisici applicati alla biologia e anche agli aspetti cognitivi e ai modelli di apprendimento, per poi virare verso la ricerca in didattica della fisica.

A questo nucleo disciplinare si affiancano una serie di influenze da ambiti quali le epistemologie femministe, gli studi STS, gli urban studies e il design partecipativo. Questi sono strumenti concettuali che si orientano e si integrano nella ricerca disciplinare in didattica e filosofia della fisica quantistica.

Pratiche di confine – D1

La prima categoria della griglia – 1.1, **conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto** – emerge in modo diverso rispetto al caso McClintock.

Appare un forte collegamento con il sentire, con la sensorialità, intesi come modalità di orientamento delle scelte di ricerca e di vita, che spesso non seguono un piano rigidamente determinato, ma ascoltano piuttosto una tensione interna che precede la formalizzazione.

Nelle parole dell'intervistata: *“Il punto non è inseguire, ma è sentire... Nell'antica Grecia c'era la metis, una forma di intelligenza diversa dal logos, dalla ratio. Una forma di intelligenza pratica, di sensibilità... è questo... seguirla e darle spazio...”*.

Questo concetto del seguire, del lasciarsi trasportare dalle sensazioni è un tema che emerge in modo così forte e ricorrente che si è scelto di approfondirlo successivamente come tema emergente.

Un altro momento in cui questa categoria si manifesta è nella descrizione di un corso svolto dall'intervistata al MAXXI di Roma. Il laboratorio esplorava il rapporto tra arte contemporanea, dati e intelligenza artificiale. Tra le attività proposte, ai partecipanti veniva chiesto di descrivere la propria percezione del tempo e dello spazio di fronte a un'opera d'arte. Queste percezioni

diventavano poi il materiale per costruire, attraverso l'intelligenza artificiale, una sorta di autobiografia dell'opera, intesa come l'insieme delle relazioni e delle esperienze generate nell'incontro con il pubblico: *“qual è la tua percezione di tempo? Qual è la tua percezione dello spazio? [...] come le persone anche un'opera d'arte ha un'autobiografia, [...] e i dati attorno cui si costruisce un'autobiografia algoritmica, non sono solo la data di realizzazione, dove, con quale materiale... ma si popola anche di tutte le esperienze che le persone fanno, le sensazioni che sentono con e attraverso quell'opera d'arte lì, come noi”*.

La categoria 1.2 – **approccio olistico contro riduzionismo** – si esplicita nel modo in cui la ricercatrice si rapporta alle contaminazioni esterne al proprio lavoro e le utilizza per costruire alternative alle narrazioni dominanti.

Un primo esempio, direttamente collegato all'esperienza appena descritta, riguarda il ruolo delle influenze derivanti dalla disciplina dell'arte: *“per me l'arte non è un modo per comunicare più efficacemente e efficientemente la fisica, [...] è una disciplina, con le proprie pratiche, metodi e idee, valori che mi aiutano a guardare la fisica, riconcettualizzarla, rivalorizzarla e darle un altro respiro”*.

Il ruolo che assumono le contaminazioni non è di tipo strumentale o gerarchico; non servono a “decorare” la fisica, ma partecipano a un processo di reciproca influenza.

Questo schema si ripete a proposito degli altri interessi dell'intervistata: gli urban studies, il design partecipativo, l'ecofemminismo, il cyberfemminismo di Haraway, gli studi STS, la poesia di Szymborska, Merini, Gualtieri. *“Questo mio amore per gli urban studies, per il design partecipativo, sta entrando nella ricerca con l'idea di provare a co-progettare delle narrazioni alternative intorno alle tecnologie quantistiche. Proprio come metodologia... Il design partecipativo è adottato per esempio per ripensare agli spazi di una città come luoghi abitati da persone. Quando si parla di tecnologie quantistiche si usano spesso espressioni come “quantum race”, “quantum supremacy”, “sovranità tecnologica”, “competitività globale”, “quantum workforce” ... Narrazioni alternative possono essere co-progettate coinvolgendo le cittadine... ovvero altre persone che potrebbero abitare il dibattito pubblico sulle tecnologie quantistiche. Il processo consiste in questo: vado da un'altra parte, in un'altra disciplina, prendo un artefatto, una metodologia che ritengo importante e la riconcettualizzo nella mia ricerca, come nuova pratica nel mio lavoro”; o ancora, “Quando si parla di scienze e tecnologie quantistiche... oltre la fisica ci sono anche la matematica, l'informatica... ma c'è anche la riflessione critica che viene dagli STS, dai future studies, il discorso sui fondamenti, sulla struttura epistemologica della fisica quantistica. Pensa al ruolo dell'incertezza in fisica quantistica*

e come cambia rispetto alla fisica classica... Questi aspetti per me attivano riflessioni estremamente profonde su cosa vuole dire conoscere, su quali sono i limiti del nostro conoscere come processo relazionale facendo saltare la dicotomia uomo-natura. La struttura epistemica della fisica quantistica diventa anche una forma di pensiero che può essere sviluppata per abitare la società contemporanea [...]”.

Questa necessità di varie contaminazioni si riflette anche in una riflessione critica verso i programmi universitari di fisica, percepiti come intrinsecamente rigidi: *“Per la mia esperienza, l'attuale struttura dei corsi è spesso poco aperta. Non metto in dubbio l'importanza della disciplina, di conoscere le equazioni di Maxwell. Però credo che potremmo porci qualche domanda in più. La fisica del '900 è un'importante risorsa perché ha intrinsecamente degli elementi, dei concetti che possono sviluppare un modo di pensare “fruitful” per abitare il mondo contemporaneo... Talvolta è proprio guardando alla fisica da un'altra prospettiva che ci si rende conto di queste possibilità e, quindi, dell'importanza di aprire e aprirsi alla contaminazione con altri saperi.”*

In questa prospettiva, la limitata contaminazione tra discipline viene letta come un ostacolo alla costruzione di uno sguardo trasversale, capace di mettere in dialogo saperi differenti. Al tempo stesso, limita la possibilità di riconoscere e valorizzare la fisica come una risorsa per pensare e abitare il mondo contemporaneo.

La categoria 1.3 – **marginalità e libertà istituzionale** – emerge come tensione costante nell'abitare questi spazi di confine, dovendo trovare un equilibrio tra il confronto con la propria comunità di appartenenza e la necessità di contaminazioni esterne.

La marginalità rispetto ai paradigmi dominanti può risultare in fatica, sia nel ritagliarsi autonomamente un proprio spazio, *“per quanto io ami la fisica, mi piace la matematica, mi piace stare dentro la fisica, dovevo sempre lavorarci io e trovarmi e ritagliarmi quello spazio”*; sia nel mantenere un dialogo con la propria comunità di appartenenza, *“però faccio parte di una comunità che è quella della ricerca in didattica della fisica. [...] Bisogna capire sempre qual è l'ambito di confronto e dove il dialogo non si blocca, perché se no sono la matta ai margini, per modo di dire, quella che tanto su cosa contribuisce non si capisce.”*

Allo stesso tempo, però, la marginalità viene descritta anche come una condizione di libertà: *“Se mi chiedessi, ma vorresti fare quella roba lì? Non ne sono così sicura perché comunque non avrei le mie forme di libertà che mi sono tanto creata e queste zone di confine da abitare a cui tengo tanto, ecco, quindi ...”*

Questa ambivalenza – marginalità come costo e come risorsa – rappresenta una convergenza significativa tra il caso contemporaneo e quello storico, pur tenendo conto delle profonde differenze di contesto.

Meccanismi epistemici – D2

La prima categoria della seconda dimensione è la 2.1 – **il dettaglio anomalo come evidenza**; nell'intervista questo approccio emerge in modo particolarmente evidente nel racconto di un'esperienza vissuta dall'intervistata.

Nel 2023 si è verificata un'importante alluvione sull'Appennino tosco-romagnolo, che ha causato notevoli danni in tutta la zona colpita. La ricercatrice, originaria di quelle zone, ha organizzato un evento e si è trovata ad analizzare il dibattito pubblico riguardante l'alluvione e in particolare il ruolo che avrebbe potuto avere un lago, nei pressi del territorio interessato, nell'attenuare i danni a valle.

“E mi sono messa a studiare delle cose completamente diverse... Per esempio, in quel periodo il lago era diventato un tema politico, quindi ho iniziato a studiare questo lago. Il dibattito ruotava attorno all'ipotesi che, se il lago avesse mantenuto la sua capienza originaria e fosse stato privo della gran parte della vegetazione che oggi lo caratterizza, avrebbe potuto trattenere un volume maggiore d'acqua, contribuendo a ridurre il picco di piena a valle. È diventato fondamentale ragionarci in termini di ecosistema, chi sono gli abitanti del lago? che cos'è una risorsa, cosa non è una risorsa? Quando un lago è considerato una risorsa? Quali sono gli interessi che ci sono dietro? Organizzare questo evento mi ha portato a conoscere un sacco di persone, a costruire una rete. Il processo è stato abbastanza strano, perché all'inizio non ti risponde nessuno, poi ad un certo punto sono riuscita a comunicare la portata del lavoro nel territorio, e ho ricevuto e-mail da parte anche di persone con un incarico istituzionale che erano incuriosite dal lavoro e che avevano voglia di contribuire. Anche a seguito dell'evento mi hanno scritto per sapere come era andata e se c'erano sviluppi futuri.”

Approcciarsi allo studio di questo lago attraverso categorie interpretative diverse – di risorsa, ecosistema, infrastruttura politica – può essere letto come un caso di dettaglio anomalo trasformato in evidenza. Un elemento apparentemente marginale viene osservato attraverso uno sguardo capace di riconoscerne implicazioni più ampie, guidato da una sensibilità personale e da pratiche interpretative di confine. L'evidenza, inizialmente visibile solo a chi la sta indagando, acquisisce progressivamente rilevanza sociale, nel momento in cui altre persone iniziano a riconoscere l'importanza del problema e del lavoro svolto.

Un aspetto interessante di questa vicenda è che non è strettamente collegata all'ambito di ricerca dell'intervistata, cioè la didattica della fisica. Questo dimostra come le competenze di confine, siano estremamente trasversali e generative anche in contesti apparentemente lontani dal proprio campo disciplinare.

La categoria 2.2 – **conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione** – emerge soprattutto nella sua seconda accezione, cioè quella del problema del linguaggio.

La complessità affiora nella ricerca di un linguaggio che rispecchi la necessità di abitare zone di confine, che sia quindi contaminato dalle influenze esterne, ma che al contempo riesca a rimanere condivisibile con la propria comunità di appartenenza.

“Per me la complessità sta nel riuscire a respirare anche attraverso le altre discipline, parlarci, trovare un linguaggio, anche per portare fuori il linguaggio della fisica dalla fisica. E allo stesso tempo tornare con un linguaggio rinnovato che è anche questa un po' una forma di complessità.”; o ancora *“da una parte mi è complesso trovare delle forme di linguaggio che non mi facciano sentire come quella strana, dall'altra, quando parlo con esperti in discipline diverse, non posso portare tutto il discorso sui fondamenti, che per me è fondamentale perché è quello che sento che dà solidità a quello che dico”*.

Questa doppia difficoltà comunicativa produce un senso di straniamento sia nei confronti della propria comunità di riferimento – Didattica della Fisica – sia rispetto a comunità più ampie, come quella della Science Education Research.

Emerge qui chiaramente la necessità di trovare, o meglio creare un nuovo linguaggio, che possa diventare comunicabile e condivisibile con comunità diverse: *“riuscire a trovare le parole giuste per non essere né marginalizzata da quella comunità, ma per farti capire dagli altri”*.

La terza categoria – 2.3, **illuminazione dei blind spots strutturali** – è forse quella che emerge nel modo più netto e significativo: *“secondo me le persone che sono dentro le narrazioni dominanti, per esempio la tecnologia come promessa di un futuro migliore per tutti... spesso non si rendono pienamente conto delle possibili implicazioni del lavoro che stanno facendo”*.

Il tema dei *blind spots* compare in modo estremamente coerente con il significato teorico della categoria: l'intervistata individua alcune questioni che, secondo la sua lettura, vengono sistematicamente trascurate dalle narrazioni dominanti.

Il primo *blind spot* individuato riguarda la formazione dei “tecnici del futuro” per le tecnologie quantistiche, senza una riflessione critica su quali valori orientino tale sviluppo. *“Il punto per parte della comunità è formare i tecnici del futuro, ma non abbiamo ancora computer*

quantistici funzionanti. [...] Ci possiamo fermare un secondo e non inseguire soltanto l'aspetto economico? [...] L'approcciare la ricerca da un punto di vista interdisciplinare, abitare questi confini in qualche modo, mette luce a degli aspetti e anche delle implicazioni che questa narrazione dominante ha, non soltanto rispetto al valore dell'educazione, ma anche alle disuguaglianze.”

Il secondo *blind spot* riguarda il modo in cui vengono affrontate le disuguaglianze. Una prima questione interessa l'approccio stesso al problema: *“parliamo di uguaglianza oppure di gender equality [...] è dagli anni ottanta che si dimostra che non c'è nessun cambiamento, cioè pochissimi, forse è l'approccio che è sbagliato”.*

Una seconda sfumatura di questo *blind spot* riguarda la retorica delle “buone pratiche” inclusive, che raramente arrivano a mettere in discussione i fondamenti epistemici della disciplina stessa: *“però la buona pratica non va a toccare un aspetto importante ovvero i fondamenti della disciplina stessa e come vengono insegnati, cioè che tipo di immagine, struttura di potere si vuole perpetuare attraverso quell'aspetto lì?”.*

La risposta proposta dall'intervistata a questi *blind spot* è creare alternative attraverso contaminazioni disciplinari e aperture interpretative. *“Devi andare contro dei paradigmi dominanti di un certo tipo. In realtà non mi piace il ‘contro’... non è tanto una questione di vincere. Richiamando l'approccio di Haraway, è importante creare alternative, possibilità altre e orientarsi su quelle.”*

Le contaminazioni non vengono descritte come un'aggiunta accessoria, ma come il processo attraverso cui si sono costruiti nuovi modi di osservare e affrontare le questioni problematiche: *“Questo modo di vedere non mi è nato all'improvviso, ma è proprio attraverso queste contaminazioni che ho iniziato piano piano a sviluppare delle lenti sempre più fini, che poi adesso stanno orientando anche il mio modo di fare ricerca e il mio interesse di ricerca.”*

Questo passaggio viene reso ancora più esplicito quando l'intervistata si collega al suo personale processo di apertura: *“tutto l'aspetto di sviluppare una riflessione critica rispetto alle narrazioni dominanti è venuto fuori quando ho iniziato ad allargare... quando i miei riferimenti culturali non erano più gli articoli del Physical Review, sia di ricerca dura, sia di ricerca in didattica, ma dei tipi di dibattiti più ampi, specialmente quelli degli STS. Questi studi sono stati fondamentali perché forniscono una riflessione critica su che tipo di tecnologie si stanno producendo oggi, toccando anche tutta questa dimensione della RRI, Responsible Research Innovation. L'RRI si intreccia al discorso dell'etica e del futuro, ponendo domande su quali sono le traiettorie di sviluppo future e come poterle rendere responsabili e sostenibili.”*

Condizioni di possibilità – D3

La categoria 3.1 – **l'indipendenza materiale** – in questo studio contemporaneo assume una forma diversa, rappresentata da una metafora che attraversa tutta l'intervista: la libertà di respirare, intesa come necessità di navigare ed esplorare discipline e luoghi del sapere differenti. *“L'opera di Oriana Persico, PNEUMOS, è stata molto importante per riconcettualizzare ... ha risuonato con una mia esperienza personale. L'opera datapoietica di Oriana è stata fatta con il comune di Ravenna, l'idea è “rendere visibile” ai sensi, si parla di macchina senso-abile, qualcosa che di solito è invisibile o diamo per scontato, ovvero l'aria e il respiro... Questa idea di respiro davvero è sempre più fondamentale, di respiri più che respiro, non ce n'è uno solo. E di sincronia tra respiri, che possiamo anche non andare a tempo e non essere all'unisono, però sentirsi bene in questa cosa. Invece ho visto che più sto dentro puramente a una comunità e meno forme di respiro ho [...] è una necessità stare in quella zona di confine in qualche modo.”*

Si tratta di una condizione molto diversa da quelle da cui si era iniziato a ragionare: l'indipendenza del campo di mais di McClintock, o ancora la stanza tutta per sé di Virginia Woolf. È chiaramente indice di contesti storici differenti e di diverse necessità materiali; tuttavia, poiché questo aspetto non è emerso nell'intervista, non verrà sviluppato ulteriormente, anche in relazione al fatto che eccederebbe gli obiettivi di questo lavoro di tesi.

Questa metafora così forte del respiro è un indicatore di rilevanza epistemica: il corpo segnala dove è possibile pensare.

La necessità di respirare viene ripresa anche in una critica al sistema istituzionale dei dipartimenti di fisica: *“quello che secondo me ha più senso fare è creare questi spazi in cui poi ci si sente legittimate a portare sé stesse, le proprie tensioni, le proprie idee ... degli spazi aperti”*.

Lo stesso concetto viene poi riformalizzato alla luce della metafora del respiro: *“Per me manca una forma di flessibilità. E i polmoni, quando non hanno flessibilità e non hanno il loro modo di espandersi in una cassa toracica di un certo tipo, si bloccano; oppure quando si riempiono di fibre perdono elasticità”*.

Questa metafora ha un valore così forte nel corso dell'intervista che verrà poi trattata come un tema emergente.

La categoria 3.2 – **rete minima di riconoscimento** – emerge in modo molto chiaro da questa intervista. La necessità di avere una minima rete di persone che riconosca il proprio lavoro rimane una condizione fondamentale.

In un racconto relativo a una partecipazione a una conferenza, l'intervistata descrive: *“andavo alla disperata ricerca delle persone, riconoscevo che c'erano delle persone leggermente ai margini, e mi ci agganciavo perché non sapevo come arrivare alla fine di quella esperienza. È stata davvero molto complessa”*.

La necessità di trovare una collettività con cui condividere è espressa ancora una volta attraverso una metafora molto forte: il concetto di risonanza: *“trovare delle persone con cui risuoni e che ti restituiscono. Essere in sintonia, delle vibrazioni che tu senti, che loro sentono”*.

La categoria 3.3 – **autosufficienza epistemica** – emerge anch'essa molto chiaramente dalle risposte dell'intervistata.

“Ho lavorato per riuscire a sentirmi sicura e avere il linguaggio per stare sui fondamenti della fisica [...] ho trovato un modo di starci, un tipo di linguaggio che mi piace, che sento che è mio, che mi permette di contaminarmi [...] questi ponti, queste connessioni tra i linguaggi, i concetti, le idee, che mi permettono di abitare, ed essere solida”.

Questa autosufficienza costruita nel tempo è consapevole delle problematiche che affronta: dell'essere non capita, dell'essere una voce scomoda per alcuni; ma, nelle sue parole, *“a volte anche è lo stesso, no?”*

“Quella che sto costruendo come la mia identità di ricercatrice scientifica che vuole continuare ad avere un certo tipo di voce, la voce la si ha e ci si prende tutte le responsabilità che quella voce crea, quindi anche il discomfort verso gli altri, da parte degli altri”

Quando si raggiunge la consapevolezza di questa identità, si riesce a vivere uno spazio di libertà importantissimo: *“a un certo punto quando ci sei, smetti anche un po' di cercare e lo spazio di libertà proprio diventa n-dimensionale a quel punto lì”*.

L'ultima categoria della terza dimensione – 3.4, **doppia marginalità** – era una categoria emergente dal caso storico; in questo caso viene ritrovata con sfumature diverse.

La marginalità che emerge dalla narrazione della ricercatrice è una duplice marginalità tra comunità scientifiche diverse: da una parte quella della ricerca in Didattica della Fisica, dall'altra quella della Science Education Research. *“Se vado a una conferenza di ricerca in didattica della fisica, nessuno fa mai davvero risuonare di fronte ad altre cento persone qualcosa. Quindi ‘vince’ sempre la critica da parte di chi non apprezza o non capisce bene il tuo approccio. [...] Nell'altro tipo di comunità che io frequento, che è quella di science education research, tutto il discorso sui fondamenti è molto complesso da far arrivare. Per cui in qualche modo mi sento a casa e estranea allo stesso tempo in una comunità e nell'altra”*.

Questa doppia marginalità è intrinsecamente complessa da affrontare, in termini di risonanze con la collettività: *“In tutto ciò, sei abbastanza percepita come un po' al di fuori da una comunità e dall'altra. Quindi questo vuol dire anche a volte starci male”*.

Didattica e Trasmissione – D4

Questo argomento è stato brevemente affrontato nell'analisi della categoria 3.1, dove si è espressa la necessità di creare spazi aperti e liberi affinché le persone possano trovare la libertà di esprimersi nelle proprie tensioni personali.

In modo più pratico e personale, la ricercatrice descrive alcune modalità attraverso cui ha cercato di rendere la didattica più ibrida: *“a livello proprio puramente didattico a me piace tanto capire con chi ho a che fare. [...] X persona sta manifestando questa cosa qua, come l'aggancio? Come creo uno spazio? [...] Quello che faccio io è proporre di leggere sempre cose molto variegate”*.

L'attenzione non è quindi rivolta alla trasmissione di un metodo unico e standardizzato, ma alla costruzione di condizioni che permettano alle persone di sviluppare percorsi personali, plurali, aperti a contaminazioni che rappresentino le proprie inclinazioni.

L'intervistata chiarisce infatti che i luoghi di confine sono intrinsecamente personali: *“la zona del confine, secondo me è una cosa che uno si costruisce perché i miei interessi possono non essere i tuoi, [...] delle competenze per starci ci vogliono”*

Le competenze richieste per abitare questi spazi sono precisamente ciò che verrà affrontato nei temi emergenti del paragrafo successivo.

Temi emergenti

L'analisi attraverso la griglia restituisce un quadro coerente e articolato dei significati presenti nella narrazione dell'intervistata. Vi è però una dimensione del discorso che emerge con una potenza tale da necessitare di un trattamento a parte. Si tratta del **sistema metaforico del respiro e della risonanza** che attraversa l'intera intervista e costituisce di fatto una teoria implicita dell'esperienza di abitare il confine: il respiro come forma di indipendenza, il sentire e la risonanza come metodo di orientamento nella ricerca.

Il **respiro** è la metafora che indica la necessità di abitare spazi di confine; rappresenta una forma di indipendenza così fondamentale, che la sua assenza provoca, seguendo il registro semantico della metafora, una forma di “soffocamento”.

Questa immagine compare in diversi momenti dell'intervista, sempre associata alla necessità di abitare spazi di confine in cui sia possibile contaminarsi.

Innanzitutto, emerge quando la ricercatrice racconta di come si è affacciata alla comunità di Didattica della Fisica: *“è la prima volta che mi sembra di respirare nuovamente a livello di tipologia di pensiero e di spazi di pensiero”*.

Ricorre poi quando l'intervistata tenta di spiegare l'importanza che assumono le contaminazioni da altri luoghi del sapere: *“determinati ambiti del sapere invece diventano quelli che ti permettono di respirare, per me queste cose qua sono quelle che mi permettono di respirare dentro al dipartimento di fisica”*.

La metafora si ritrova in seguito nella descrizione della necessità di stare in luoghi di confine, nonostante la loro complessità: *“è più importante star bene e viverci questi spazi e essere rigenerati da questi spazi e respirare. [...] Io ho visto che più sto dentro puramente a una comunità e meno forme di respiro ho”*.

Infine, emerge nella critica alla rigidità istituzionale, *“per me manca una forma di flessibilità. E i polmoni, quando non hanno flessibilità e non hanno il loro modo di espandersi in una cassa toracica di un certo tipo, si bloccano”*.

Questo tema, che descrive la necessità di abitare uno spazio di confine, è strettamente legato al secondo nucleo emergente: **seguire il proprio sentire e le risonanze**. L'intervistata spiega infatti che trovare questi spazi di confine ha richiesto di seguire il proprio sentire, le proprie emozioni, lasciandosi trasportare in quei luoghi in cui esisteva una possibilità di risonanza con la propria identità, i propri pensieri e i propri interessi.

Questo aspetto emerge chiaramente nel racconto della scelta di intraprendere il percorso nella ricerca in Didattica della Fisica: *“ho detto ‘ci sono delle pensatrici, dei pensatori che si stanno muovendo in una dimensione che mi emoziona e non mi emozionavo più da tempo’. E ho scelto di seguire quella forma di emozione”*.

Questa forma di emozione compare anche nel racconto di due esperienze formative nella vita della ricercatrice: l'esperienza con un ragazzo paraplegico durante le ripetizioni, che l'ha costretta a elaborare modalità alternative per far apprendere concetti apparentemente banali, come il piano cartesiano; e l'esperienza di insegnamento a persone immigrate e alle loro figlie e figli, che ha introdotto una dimensione sociale e politica nell'idea della didattica. *“Stavo facendo una delle cose più belle della mia vita quando sono capitata in questo percorso [...] era complicato però è stato un'esperienza stupenda, [...] c'erano degli aspetti sociali che mi hanno portato in quella direzione lì, però non è che mi sono avvicinata per dire ‘Oddio, voglio fare questa cosa’*,

però mi ha emozionato talmente tanto, sono risuonata talmente tanto, mi ha restituito una forma di senso che ho detto ‘okay, qui ci vorrei investire’”.

Questo approccio non deve essere percepito come una forma di passività, ma piuttosto come una forma di intelligenza, che l’intervistata definisce come *metis*, che permette di riconoscere la rilevanza di un incontro, di un’esperienza, di una lettura, prima ancora che essa sia pienamente formalizzata. In questo senso, il tema amplia e approfondisce la categoria 1.1.

“Non avevo il controllo di niente [...] bisogna un attimo mollarci e abitare questo spazio in cui dici ‘basta sento che c’è una potenzialità, cioè sento che lì c’è qualcosa’. E prendendosi il rischio seguire quella via lì”.

Questo tema ha una rilevanza diretta per le domande di ricerca di questo lavoro, in quanto contribuisce a definire quali siano le pratiche e le competenze necessarie per abitare spazi di confine, e renda possibile la loro costruzione e il loro riconoscimento, anche in relazione alle istituzioni.

Sarà da valutare se questi temi emergenti vengono ritrovati anche nelle interviste successive, per essere considerati un dato importante ai fini della ricerca.

3.3.2. Seconda intervista

La seconda ricercatrice intervistata è una professoressa associata di Fisica della Materia. Il suo percorso scientifico ha attraversato diversi ambiti: dalla superconduttività ad alta temperatura critica, ai super fluidi di atomi fermionici ultrafreddi e ai condensati di Bose-Einstein, fino alle tecnologie quantistiche applicate a campi quali quantum biology, le scienze della vita, l’astrofisica e la cosmologia, l’informatica e videogiochi, la musica, la didattica e la filosofia. È attiva anche in diverse associazioni di attivismo tra genere e scienza.

Il suo percorso biografico, inseparabile da quello scientifico, è segnato da una formazione classica, seguita da una scientifica di laurea in Fisica e dal PhD in Fisica, ma sempre attraversato da molteplici interessi, tra cui musica, sport e politica. Durante il suo percorso formativo ha anche svolto un ruolo nell’amministrazione politica locale e nazionale e frequenta la scuola di Labodif, che è stata fondamentale per la sua crescita e valorizzazione personale.

Pratiche di confine– D1

La prima categoria della griglia – 1.1, **conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto** – emerge come metodo di approccio alle intuizioni creative.

“Mi ritrovo molto spesso a partorire idee di fisica che in realtà vengono [...] da un sentire [...] che mi fa fare delle connessioni che poi trasferisco nell’oggetto scientifico vero e proprio”.

La ricercatrice spiega come applicare questo “sentire” al processo di generazione della conoscenza scientifica, cercando di contrastare quella resistenza interna che le suggerisce *“a volte mi sento molto colonizzata, penso ‘ma questo non si può fare, non è scientifico’”*.

Spiega quindi che prima viene l’esperienza, poi l’astrazione di essa, che può trasformarsi in intuizione; successivamente, a questa intuizione si dà forma attraverso metodi, strumenti e concetti scientifici e poi *“se è smentita è scienza, se è validata è scienza, è sempre scienza”*.

La categoria 1.2 – **approccio olistico contro riduzionismo** – è quella più densamente argomentata. La ricercatrice, infatti, coltiva molteplici interessi – disciplinari e non – al di fuori della disciplina di background (la fisica della materia) che dialogano costantemente con il suo lavoro scientifico. Il suo pensiero è esplicitamente critico nei confronti del riduzionismo e dell’iper-specializzazione: *“è stato stabilito che l’unico modo per essere bravi è di sapere una cosa in grande profondità, dove quella grande profondità significa tipicamente anche grande tecnicità”*. Questo fa sì che chi si occupa di ricerche interdisciplinari venga svalutato; questo argomento verrà approfondito nelle categorie successive.

La ricerca interdisciplinare è così consolidata nel lavoro quotidiano dell’intervistata, che viene teorizzata nelle sue metodologie: *“Io porto la mia disciplina, vedo qual è l’altra disciplina che arriva e quindi [...] cominciamo insieme a gettare dei ponti disciplinari, che sono, per cominciare, ponti di linguaggio. [...] Bisogna risignificare le parole, perché quando io parlo di coerenza, per la neuroscienziata la coerenza può essere un’altra cosa. [...] Poi bisogna anche entrare nel modo di pensare.”*

Questo, secondo l’intervistata, non si traduce necessariamente in una padronanza delle tecnicità dell’altra disciplina, ma nella fiducia verso la persona con cui si collabora che padroneggia quella disciplina, *“in questo senso ti devi cercare bene i compagni e le compagne di viaggio”*. Uno dei tanti momenti in cui la ricercatrice ha applicato il pensiero interdisciplinare nella sua ricerca è nell’unire metodi politici e scientifici: *“Quando facevo amministrazione politica usavo il metodo scientifico, [...] mi costruivo strumenti di misura, di validazione delle politiche [...]. Adesso utilizzo la politica per la scienza e anche l’altra cosa insieme”*.

Questo sottolinea anche il carattere non gerarchico e non strumentale del suo approccio alla ricerca interdisciplinare, in cui le diverse competenze si influenzano e si sostengono reciprocamente.

La categoria 1.3 – **marginalità e libertà istituzionale** – si manifesta in modo concreto in un passaggio della vita dell'intervistata. Emerge quando decide di accettare un incarico che avrebbe comportato un passo indietro di carriera: *“ho fatto questo passo indietro di carriera, ma mi sono liberata e ho continuato a fare la mia ricerca in maniera autonoma”*. Questo indietreggiamento, reso possibile dall'offerta dell'incarico da parte di una professoressa, ha permesso alla ricercatrice di riprendersi la libertà di dedicarsi alla sua ricerca e alle sue passioni.

Meccanismi epistemici - D2

La prima categoria della seconda dimensione – **il dettaglio anomalo come evidenza** – non emerge in modo significativo in questa intervista, quindi non verrà trattata.

La categoria 2.2 – **conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione** – emerge in due momenti distinti.

In primo luogo, emerge la difficoltà di caratterizzare le ricerche interdisciplinari, che tendono a essere svalutate come ricerche poco approfondite proprio perché mancano i linguaggi e criteri per formalizzarle: *“Il problema è [...] quando ti chiedono ‘qual è il tuo campo?’ [...] Quello che io vorrei dire [...] è che io ho una specializzazione e la mia specializzazione è la ricerca interdisciplinare [...] Per fare ricerca interdisciplinare [...] il fatto che tu devi costruire un linguaggio, un metodo e devi fare il doppio della fatica, non è considerato di valore.”*. Questa problematica verrà poi approfondita nella categoria 2.3.

L'altra riflessione sul linguaggio emerge quando la ricercatrice cerca di colmare quelli che identifica come deficit linguistici nella ricerca e nella didattica scientifica.

Nella ricerca, questa riflessione prende forma nei lavori interdisciplinari: *“Mi sono trovata in condizioni di deficit di technicalità e quindi mi sono attrezzata [...] studiando di più gli aspetti tecnici, se mi erano necessari, se potevo farne a meno, li andavo a cercare [...] in una collaborazione, dove io mettevo magari l'idea, dall'altra parte arrivava la parte tecnica.”* Questo segna chiaramente le metodologie esplicitate nella categoria 1.2.

D'altra parte, la ricercatrice ragiona sulla didattica della meccanica quantistica: *“mi sono accorta che c'è un grosso problema di deficit di linguaggio didattico [...] quindi mi sono inventata di utilizzare i linguaggi dell'arte per sostituire o compensare oppure supportare, a seconda del grado di conoscenza del linguaggio della matematica dall'altra parte.”* Questa integrazione linguistica funziona perché *“i linguaggi dell'arte come la matematica sono linguaggi della sintesi [...] e quindi sono perfetti per fare il lavoro di induzione dell'ipotesi e poi anche di formalizzazione”*.

La terza categoria – **illuminazione dei *blind spots* strutturali** – come nella prima intervista, è quella che emerge in modo più netto e significativo. Vengono individuate tre problematiche all'interno della comunità scientifica.

La prima, introdotta nell'analisi della categoria precedente, riguarda il modo in cui la ricerca interdisciplinare viene valutata dal sistema accademico: *“Se tu dici ‘io faccio ricerca interdisciplinare’, la prima cosa che verrà pensata dall'altra parte molto probabilmente è che tu non sei esperta né di una disciplina né di quell'altra”*. Questo si collega alla necessità di sostenere tali forme di ricerca: *“i grandi misteri dell'umanità necessariamente richiedono un approccio interdisciplinare, non capisco come non si possa dare un valore almeno a questo.”*

Il secondo *blind spot* riguarda l'esclusione dalla ricerca degli studi sul funzionamento di mente e coscienza: *“Questa è una domanda che viene lasciata alla filosofia [...] Chi da un punto di vista delle scienze sperimentali volesse lavorare in questo ambito più probabilmente sarebbe fortemente bollato sin dall'inizio come persona poco rigorosa scientificamente [...] Trovo questo atteggiamento innanzitutto molto incoerente, perché la scienza, quella rigorosa, è per definizione quella in cui tu fai osservazioni, dalle osservazioni fai delle inferenze, formalizzi e quindi validi sperimentalmente le tue inferenze; mentre questa risposta è una risposta a priori, [...] è disconoscere il processo di pensiero scientifico.”* Questa riflessione è molto interessante, in quanto la ricercatrice non solo riconosce il *blind spot*, ma individua anche un errore epistemologico nell'esclusione a priori di un certo tipo di ricerca.

La terza problematica riguarda la svalutazione della ricerca didattica: *“Ricerca didattica è [...] svaloriizzata e sminuita [...] Si occupa di come permettere a tutti e a tutte di accedere a quella conoscenza, [...] l'educazione cambia il mondo e quindi è una delle cose più rivoluzionare che uno potrebbe immaginare.”* La svalutazione della ricerca in didattica comporta ignorare domande fondamentali: *“a me sembra che ci siano alcune domande di ricerca che sono sminuite [...] un po' perché consapevolmente o inconsapevolmente sono domande molto rivoluzionarie e alla fine della fiera l'Accademia, che dovrebbe essere il luogo dove si fanno le rivoluzioni, invece vuole molto preservare se stessa in molti modi. [...] Va da sé che poi diventa in media un sistema molto respingente per certe categorie di persone.”*

Quest'ultimo spunto di riflessione costituisce il collegamento diretto con la terza dimensione dell'analisi.

Condizioni di possibilità - D3

La categoria 3.1 – **l'indipendenza materiale** – in questa intervista emerge in un modo così personale che verrà poi approfondita come tema emergente.

L'intervistata riconosce che le condizioni che le hanno permesso di condurre la ricerca in modo libero sono legate a un percorso molto personale, fondato sul legame e sulla fiducia nei confronti della propria bambina interiore: *“Ho iniziato a creare condizioni di sicurezza per quella bambina tanto tempo fa e per cui lei si potesse sentire in agio a uscire fuori”*. Questa rappresenta una condizione fondamentale per conservarsi all'interno del mondo accademico, che la ricercatrice descrive come ancora basato su logiche patriarcali: *“Se tu vuoi far sopravvivere il tuo desiderio di quando eri bambina, allora hai tre strade: ti puoi adattare, ti puoi ribellare, oppure puoi fare la terza cosa, cioè ritirare fuori quella bambina”*.

La categoria 3.2 – **rete minima di riconoscimento** – si articola attorno al tema del riconoscimento tra donne. La ricercatrice lo descrive come un processo necessario e fondamentale sia per il suo percorso sia per quello delle future scienziate.

“Ogni volta che mi sono tirata fuori da queste secche è stato sempre grazie ad una donna e non c'è alcun dubbio e non so come sia accaduto, ma è sempre stato così.”

Questa rete ha rappresentato un aiuto imprescindibile innanzitutto sul piano dell'ispirazione, per orientare lo sguardo nella ricerca: *“Io guardo subito ad altre donne, noi in Labodif le chiamiamo madri, che magari posso anche non aver mai conosciuto nella mia vita, però so che hanno magari fatto una cosa che in quel momento per me è una specie di driver, cioè qualcosa che davvero mi porta avanti”*.

In secondo luogo, tali figure hanno costituito un supporto concreto alla ricerca nel suo percorso accademico, sia nell'episodio raccontato nella categoria 1.3, sia in un altro momento: *“Ho incominciato a inventarmi nuove cose da fare, tirando fuori la bambina dall'armadio, la prima che mi ha detto ‘sì questa cosa si fa [...]’ è stata una scienziata che mi ha detto ‘questa cosa qui è divertentissima, facciamola’.”*

Le scienziate hanno dunque rappresentato una rete di riconoscimento e validazione della ricerca non convenzionale, generando una forma di legittimità interiore che eccede qualsiasi valutazione istituzionale.

Per questo motivo l'intervistata suggerisce questo sistema alle future scienziate e ricercatrici: *“Mi si chiedeva ‘che consiglio daresti a ragazze giovani che vogliono fare scienza?’ Uno dei consigli è cercare altre donne, [...] perché è oggettivamente e soggettivamente il nostro modo di funzionare bene e in agio”*.

La categoria 3.3 – **autosufficienza epistemica** – emerge in modo strettamente connesso alla categoria precedente. Infatti, l'autosufficienza epistemica nasce come conseguenza del riconoscimento in altre donne e nella propria bambina interiore.

“Da qualche anno ho deciso che faccio esattamente quello che mi pare, [...] se viene bollata come ricerca di poco valore, per esempio perché interdisciplinare o altro, me ne importa il giusto. [...] Per me fare quella ricerca interdisciplinare è esattamente fare uscire quella bambina dall'armadio [...] e questa cosa qui è il più grande valore della ricerca e dell'attività scientifica che io adesso sto facendo, e perché questo valore è così grande? [...] Perché questa cosa qui è stata autorizzata da altre donne [...], che lo rende una foresta impenetrabile.”

Questa rivendicazione non deve essere interpretata come indifferenza al giudizio esterno, ma come una ridefinizione della scala di valore e di fiducia. La valutazione accademica è sempre presa in considerazione e utilizzata per migliorare il proprio lavoro, ma senza che acquisisca il potere di determinarne il valore intrinseco.

Questo rientra in una dinamica interna della ricercatrice, che vive una tensione tra il bisogno di riconoscimento esterno e la libertà raggiunta: *“La bambina che viene fuori dall'armadio dice ‘non ho bisogno di questo riconoscimento’ [...] L'altra però è colonizzata e ne sente molto il bisogno e quindi è una continua dinamica tra queste due. Il mio più grande sforzo in questa fase della mia vita è dare tutto lo spazio possibile alla piccolina”*.

L'ultima categoria – **doppia marginalità** – emerge in modo molto simile alla sua formulazione originaria. Si manifesta infatti sia come marginalità legata alla ricerca interdisciplinare sia come marginalità di genere.

La prima emerge nelle forme di svalutazione della ricerca interdisciplinare: *“Mi capita che miei pari non valutino bene la mia ricerca interdisciplinare, pensando che faccio troppe cose e non mi specializzo in niente. [...] La mia carriera è stata molto non convenzionale e le carriere non convenzionali [...] finiscono con l'essere ostacolate”*.

Questa situazione alimenta quella tensione interna, affrontata nella categoria precedente. Prima di maturare la consapevolezza della necessità di dare ascolto alla propria bambina interiore, infatti, la ricercatrice mette in luce questa tensione: *“Fino a qualche anno fa mi nascondevo, quindi facevo lo stesso queste cose, [...] cioè me le studiavo, ma magari non le pubblicavo.”*

La marginalità di genere nei luoghi della scienza emerge come una forte consapevolezza dell'intervistata: *“quando ho avuto mia figlia ho iniziato anche a lavorare nei movimenti e nelle associazioni di donne, proprio perché riconoscevo tutti questi vincoli e queste forme patriarcali*

che per me non potevano andare bene. [...] Lavoro nella fisica e tecnologie quantistiche, però stiamo cercando di fare delle trasformazioni in un terreno che appunto è molto maschilizzato.” Infine, l’intervistata sottolinea come la marginalità riguarda anche altre soggettività: *“molto più spesso le donne, ma anche molte altre categorie di scienziate e di scienziati che possiamo considerare marginalizzati [...] ce ne sono per ragioni geografiche, ce ne sono per ragioni di orientamento sessuale [...] ci sono colleghi uomini che al sistema patriarcale non si adattano, tendono a essere marginalizzati anche loro”*. Questa riflessione nasce come conseguenza del discorso – affrontata nella categoria 2.3 – sul mondo della ricerca che sottovaluta certe domande e certi approcci, in favore di *“dove ci sono cose ben stabilite, [...] molti soldi e un alto livello di conflitto”*.

Didattica e Trasmissione – D4

La dimensione didattica emerge nella necessità di apportare alcuni cambiamenti al modo in cui l’educazione scientifica viene concepita e praticata.

In primo luogo, viene esplicitato il bisogno di personalizzare l’intervento educativo, per rivalorizzare i diversi modi di apprendimento: *“dare valore al modo con cui una persona impara perché i modi ancora più che le competenze sono standardizzati, soltanto uno o due sono considerati veramente possibili.”*

Viene poi sottolineata l’importanza di riconoscere e dare valore all’intelligenza del sentire: *“L’intelligenza che viene insegnata, che viene valorizzata è il logos, ma in Labodif si insegna anche la metis di greca memoria, che è l’intelligenza dell’esperienza, l’intelligenza del sentire, quella duttile. [...] Me l’hanno insegnata in maniera deprezzata, quindi quello che io cerco di fare adesso è insegnarla invece come un valore.”*

L’intervistata riflette anche sulla gestione del tempo educativo, distinto tra tempo cronologico (*kronos*) e tempo opportuno (*kairos*): *“Nell’educazione il tempo è sempre un vincolo, è sempre quello cronologico, molto di rado si usa il tempo opportuno, che è quello che ti permetterebbe [...] di scegliere soltanto quelle cose che siano davvero importanti e prioritarie e dedicare a quelle tutto il tempo che serve.”*

Un ultimo tema che emerge è quello dell’autorità nell’educazione: *“Un altro modo di ripensare l’autorità, [...] come dal latino augere che significa crescere [...] che è una cosa leggermente diversa rispetto a quello che succede molto spesso in certi sistemi di istruzione.”*

Temi emergenti

Il filo conduttore di tutta l'intervista è il rapporto della ricercatrice con la sua bambina interiore, cioè quella parte di sé che ritorna alla bambina che era e che custodisce una forma di conoscenza intuitiva e pura con cui è necessario rimanere in contatto.

“Io riconosco che è ancora quella bambina che mi guida nelle scelte. Mi guida nelle scelte scientifiche e mi guida anche su da chi farmi accompagnare nelle avventure scientifiche.”

La presa di coscienza di questa necessità si riflette nelle scelte di ricerca: *“Ho deciso di dare una svolta alla mia ricerca, [...] ho fatto uscire la bambina dall'armadio e da allora [...] ho cominciato ad aprire una serie di finestre, [...] ma non era inconsapevole, c'era un pezzettino dentro di me che sapeva cosa fare.”*

Come conseguenza l'intervistata ha iniziato a perseguire linee di ricerca che ricalcano esattamente le sue passioni di bambina e ragazza: *“mi sono ritrovata a usare videogiochi per risolvere problemi di meccanica quantistica e sono sempre stata una giocatrice accanita. [...] Ho cominciato a occuparmi di ricerca didattica in fisica perché ho sempre adorato insegnare. [...] Prima pensavo di iscrivermi a scienze della vita e indovina adesso cosa sto facendo? Sto usando network quantistici per simulare problemi di scienze della vita. [...] Ero appassionata di astronomia, [...] sono in un network europeo che lavora sull'uso di interferometri atomici per rivelare onde gravitazionali. [...] Suonavo strumenti musicali, adesso uso la musica, gli accordi sospesi [...] per sonorizzare la funzione d'onda quantistica. [...] Ho fondato la mia prima associazione a cinque anni, perché avevo un senso della responsabilità di ciascuno di noi nel trasformare il mondo, [...] adesso trovo il modo di trasformare il mondo intorno a me facendo sostanzialmente politica anche senza fare quella politica.”*

E questo, come già emerso nelle categorie precedenti, ha legittimato le ricerche interdisciplinari contro le svalutazioni esterne: *“Fare quella ricerca interdisciplinare [...] non è più un ponte tra discipline, ma è un ponte tra la me degli anni che ho e la me che si sbucciava le ginocchia.”*

In relazione all'analisi della prima intervista, si nota che c'è una forte continuità tra la risonanza e il sentire emersi nel primo caso, e la *metis* e la fiducia nella bambina interiore che caratterizzano il secondo: entrambi rappresentano forme di conoscenza intuitiva che guidano le scelte di ricerca non convenzionali, nonostante il costante rischio di marginalizzazione e svalutazione.

3.3.3. Terza intervista

La terza ricercatrice intervistata si occupa di cosmologia quantistica e gravità quantistica, in particolare di *Loop Quantum Gravity*, e di filosofia e fondamenti della fisica, sempre in dialogo con gli studi di epistemologie femministe.

Il percorso biografico dell'intervistata è segnato da una formazione fin da subito improntata allo studio della fisica, affiancato da un percorso di attivismo politico e di studio personale della filosofia, in particolare delle filosofie femministe. Questa duplice formazione l'ha portata a specializzarsi e a ottenere una cattedra congiunta di Fisica e Filosofia.

Pratiche di confine– D1

La prima categoria della griglia – **conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto** – emerge proprio nella descrizione del rapporto con la sua ricerca, che accompagna la ricercatrice nella totalità della sua vita: *“La cosa particolare del fare fisica teorica, nel bene e nel male, è che il lavoro, che è la tua passione, la tua ossessione, non ti lascia mai. [...] I problemi di ricerca li hai con te anche mentre dormi, nei tuoi sogni, per cui c'è questo aspetto di catturare l'ispirazione in qualsiasi cosa, in qualsiasi momento.”*

La categoria 1.2 – **approccio olistico contro riduzionismo** – emerge in modo particolarmente articolato. La ricercatrice esplicita chiaramente come il suo lavoro si fondi sulla collaborazione tra le diverse discipline che fanno parte della sua formazione. In particolare, sottolinea l'importanza della filosofia nella sua ricerca in fisica teorica: *“Nel momento in cui si fa fisica di frontiera c'è questa necessità di nutrirsi di tutto, in particolare di nutrirsi sia delle domande della filosofia, ma anche dei metodi concettuali della filosofia, che permettono di analizzare i problemi, di avere una concettualizzazione più chiara di tutti i nuovi concetti.”*

La ricercatrice descrive il processo con cui svolge questa ricerca interdisciplinare come basato sul possesso di identità disciplinari multiple che possano emergere, solide e riconoscibili, nelle diverse collaborazioni.

“Per metterti in relazione con l'altro serve che tu ti proponi con una tua identità forte che ti permette di offrire qualcosa. Perché se io voglio parlare con un filosofo in quanto fisica, devo in qualche modo assumermi la mia identità di fisica e devo avere qualcosa di fisica da poter dire al filosofo.”

Un secondo elemento a sostegno di questa prospettiva emerge in un esempio di interdisciplinarietà tra scienza e arte: *“Quello che secondo me è interessante nel mondo dell'arte è non tanto*

il fatto di prendere qualcosa della scienza e metterlo dentro un'opera d'arte, [...] è nel momento in cui la scienza [...] si integra dentro di te e viene incanalata nel tuo fare arte.”

Questa concezione di interdisciplinarità come assimilazione e ritorno alla propria disciplina identitaria costituisce il nucleo concettuale che emerge più volte nel corso dell'intervista, e che quindi verrà approfondito come tema emergente.

La categoria 1.3 – **marginalità e libertà istituzionale** – emerge come tematica molto chiara e consapevole nell'esperienza dell'intervistata.

Viene esplicitato come la comunità di fisica di appartenenza della ricercatrice risulti marginalizzata rispetto ad altri settori di ricerca di fisica teorica, che beneficiano storicamente di maggiori finanziamenti anche in ragione dei potenziali sviluppi in ambito tecnologico e militare, che sono quindi generalmente più affini al celebre motto *"shut up and calculate"*.

“La mia comunità è stata storicamente mangiata e oppressa da quest'altra comunità, in termini di finanziamenti, ma anche in termini culturali. [...] Io mi sono inserita nella comunità che reagiva a questo, sia sul fatto di partire dalla relatività generale per quantizzare la gravità e sia di valorizzare i fondamenti della fisica per trovare una teoria nuova. [...] Però essere una minoranza oppressa, ha anche il vantaggio di trovarsi in uno standpoint cognitivo che ti permette di vedere [...] quello che veramente dovrebbe essere il percorso per costruire una nuova teoria, una teoria che mette insieme, appunto gravità e meccanica quantistica.”

Questo ragionamento è pienamente coerente con la categoria, ma anche con il tema generale della tesi, per cui trovarsi fuori dal mainstream scientifico permette di osservare sotto una luce diversa alcuni problemi fondamentali.

Meccanismi epistemici - D2

La prima categoria della seconda dimensione, la 2.1 – **il dettaglio anomalo come evidenza** – emerge nella descrizione che la ricercatrice fa del processo attraverso cui le influenze diventano strumenti utili alla metodologia di ricerca.

Lo studio interdisciplinare serve per cogliere quei dettagli che poi diventano evidenze per la propria ricerca specifica: *“questo bagaglio di influenze che vengono dalle cose più diverse [...] dalla filosofia, dalla matematica, dall'arte, dalla propria formazione o dal proprio background culturale, [...] ti permettono di dire ‘ok qui vedo che c'è qualcosa di interessante, posso usare questa cosa che il mio collega sta facendo, la posso usare in un modo diverso’.”*

In altre parole: *“l'interdisciplinarietà non è semplicemente andare a prendere qualcosa dell'altro, ma soprattutto è come usare una lente per scoprire qualcosa di originale, di nuovo, in qualcosa che esiste già e però sembrava come inerte, esaurito.”*

La categoria 2.2 – **conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione** – emerge nella necessità di importare termini dalla filosofia per spiegare concetti di fisica, assumendo una prospettiva ambivalente.

“Nel mio lavoro c'è quest'idea di costruire qualcosa di nuovo, e quindi spesso ci troviamo a dover importare dei termini, [...] l'idea, per esempio, in gravità quantistica che lo spazio-tempo emerga. L'emergenza è qualcosa che è stato discusso tantissimo dai filosofi. I fisici l'hanno importato nel contesto della gravità quantistica in un modo inesatto per descrivere qualcosa che facevano e non era descritto. [...] E adesso questo termine si è arricchito di nuovi significati che vanno al di là di quelli che erano originariamente intesi in filosofia.”

Un secondo esempio di questo meccanismo è il concetto di *intra-action*, sviluppato dalla filosofia e successivamente ripreso nell'interpretazione relazionale della meccanica quantistica nota come *QBism*: *“è stato prima utilizzato da Karen Barad, quindi in un ambito più filosofico, però poi è tornato indietro alla fisica. [...] quindi anche lì un dialogo, un'osmosi tra fisica e filosofia.”*

Un secondo aspetto di questa categoria, invece, viene colto nella difficoltà di comunicazione tra comunità che si occupano di gravità quantistica ma adottano metodi e principi differenti (Loop Quantum Gravity e Teoria delle Stringhe): *“c'è proprio un'incomprensione tra quello che facciamo noi e quello che altre comunità fanno in gravità quantistica [...] abbiamo obiettivi diversi e anche metodi diversi [...] principi imprescindibili su cui costruire la teoria proprio diversi, per cui c'è proprio un problema di comunicazione tra due comunità che sulla carta dicono entrambe di fare gravità quantistica, in realtà stanno facendo due cose diverse.”*

La terza categoria – **illuminazione dei blind spots strutturali** – emerge in modo estremamente significativo in un episodio in cui la ricercatrice riesce effettivamente a comprendere qualcosa che i suoi colleghi non riuscivano a vedere, grazie alla sua formazione ibrida.

“Nel lavoro di interpretazione della meccanica quantistica [...] non riuscivo a capire quale fosse il problema che i miei colleghi si ponevano rispetto alla molteplicità e a una definizione di oggettività, che ovviamente alla luce dei risultati della meccanica quantistica richiedeva una forma di flessibilità rispetto all'oggettività ottocentesca. Per tanto tempo vedevo delle cose che mi sembravano ovvie e non capivo perché non erano altrettanto ovvie a certi miei colleghi.”

Il merito della risoluzione di quello che è evidentemente un *blind spot* è della formazione di matrice femminista: *“Mi sono resa conto che tutto il percorso che avevo fatto di filosofia, in particolare di tipo marxista e femminista, mi aveva dato un'impronta che mi guidava verso certe interpretazioni della meccanica quantistica, piuttosto che rimanere imbrogliata nei problemi che altri colleghi si pongono rispetto alla meccanica quantistica, che vengono dall'avere una nozione molto rigida di oggettività, di cos'è un osservatore.”*

La ricercatrice, inoltre, esplicita in modo consapevole il significato stesso di *blind spot* nella propria esperienza: *“ho trovato gli strumenti per capire che il fatto che certe domande e una certa metodologia non erano supportate dalla maggioranza, non è perché non fossero quelle giuste, quelle buone, ma semplicemente per motivi storici e sociologici.”* Questo ragionamento riprende direttamente il tema affrontato nella categoria 1.3 riguardo alle gerarchie tra comunità scientifiche.

Condizioni di possibilità - D3

La categoria 3.1 – **l'indipendenza materiale** – emerge come condizione fondamentale di avere tempi adeguati per una ricerca che sia realmente interdisciplinare.

“Il lavoro interdisciplinare prende più tempo, [...] le nostre strutture attuali di supporto alla ricerca non permettono veramente lo sviluppo su tempi molto lunghi di progetti di ricerca con riflessione sulla scienza fondamentale. [...] Penso che dobbiamo interrogarci perché tanta della scienza migliore è stata prodotta dalla libertà che veniva data agli scienziati e dalla fiducia che veniva data nello sviluppare le loro ricerche, svilupparle a lungo termine.”

La categoria 3.2 – **rete minima di riconoscimento** – viene esplicitata attraverso il bisogno di trovare e riconoscere una “famiglia accademica” che possa essere un supporto durante la ricerca.

“Andare a trovare le persone che risuonavano col mio modo di fare scienza. [...] Per me è stato importante scoprire che potevo andare a cercare io le persone con cui volevo lavorare. [...] Se la famiglia accademica funziona bene, ti può dare quel supporto, quella fiducia, anche quella libertà per poi esplorare il mondo accademico della ricerca, però sapere di avere appunto una famiglia accademica che ti vuole bene, che ti supporta e che ti nutre.”

La categoria 3.3 – **autosufficienza epistemica** – emerge in modo duplice: come riflessione sul percorso personale di scienziata e come riflessione sulle comunità scientifiche.

Nel primo caso, la ricercatrice descrive il percorso attraverso cui ha costruito un riconoscimento autonomo della propria identità scientifica, contrastando quella che definisce una forma di sindrome dell'impostore¹¹: *“dire ‘Io sono una fisica’ è una cosa che mi ha preso tipo 15 anni, perché pensavo ‘ma tutti si laureano in fisica, però se non sei il professore, sei solo un laureato, non sei veramente uno che ha fatto della fisica la tua professione’. [...] Nel momento in cui finalmente ho riconosciuto che questa mia identità non poteva più essermi presa, che era la mia e non avevo bisogno di un altro certificato per poter dire questa sono io. E allora a quel punto lì l'essere fisica e tutte le altre cose, l'essere femminista e l'essere anche appassionata di filosofia”*.

La seconda riflessione riguarda invece il raggiungimento di una forma di autosufficienza epistemica da parte delle comunità scientifiche minoritarie: *“La società non valorizza abbastanza la scienza che noi facciamo o una parte della comunità scientifica non capisce quello che noi facciamo. Noi, come comunità scientifiche, possiamo anche emanciparci da questo, usare gli strumenti che abbiamo, che possono essere anche di tipo politico e sociologico, per cercare di comprendere che siamo parte [...] di una continua contrattazione in cui dobbiamo cercare di trovare la nostra voce.”*

L'ultima categoria della terza dimensione – **doppia marginalità** – si ritrova non tanto nella sua duplice formulazione originaria, quanto nella marginalità associata alla ricerca interdisciplinare.

“Ci dev'essere una conversazione per quel che riguarda la valorizzazione dell'interdisciplinarietà [...] In Italia nel contesto in cui io sono cresciuta, fare il lavoro interdisciplinare non era ben visto e non era supportato. [...] molte persone mi dicevano ‘ma guarda che in questo modo non hai mai una comunità che ti sostiene, poi per avere un posto permanente’”.

Il rischio descritto non è soltanto quello di vedere svalutato il proprio lavoro, ma anche di non appartenere pienamente a nessuna comunità scientifica consolidata.

¹¹ Il termine fu introdotto dalle psicologhe Clance e Imes in uno studio del 1978 per descrivere donne di successo che, nonostante risultati oggettivi, continuavano a percepirsi come fraudolente e a temere di essere “scoperte” come inadeguate (Clance & Imes, 1978).

Didattica e trasmissione - D4

Il tema della didattica emerge attraverso due nuclei concettuali distinti. Il primo è espresso attraverso il consiglio che l'intervistata rivolge a studenti e studentesse: scegliere con attenzione la propria famiglia accademica, come esplicitato nella categoria 3.2.

Il secondo nucleo riguarda un approccio educativo, di mentoring, centrato sul riconoscimento dei talenti individuali:

“Cercare di capire qual è il talento di quella persona, qual è la capacità, il superpotere che questa persona ha e in risposta cercare di offrire come utilizzare questo superpotere per fare gravità quantistica o per fare filosofia della scienza”.

Temi emergenti

Innanzitutto, è doveroso sottolineare come anche in questo caso emerga il termine *risonanza*, utilizzato per descrivere il modo con cui si costruiscono le relazioni fondanti delle reti di riconoscimento.

Il vero nucleo tematico che attraversa l'intera intervista è però la concezione dell'interdisciplinarietà come un movimento verso l'interno e non verso l'esterno della propria disciplina.

“Il modo in cui io vedo l'interdisciplinarietà per il tipo specifico di ricerca che faccio non è un'interdisciplinarietà che si apre [...] a spizzichi e bocconi all'esterno, ma è più un movimento interno verso le fondamenta, verso quello che è veramente il cuore della scienza che faccio. Ed è lì che trovo il ponte, cioè non è aggiungendo cose che trovo la connessione con le altre discipline. Trovo la connessione andando al cuore stesso della mia disciplina e scoprendo che questo cuore in realtà è condiviso con le altre discipline.”

Questo, come esplicitato nella categoria 1.2, implica una solida identità disciplinare di partenza che a sua volta necessita di un tempo prolungato per portare avanti il giusto approfondimento:

“Il lavoro interdisciplinare prende più tempo perché secondo me è un lavoro che invece che andare verso l'esterno richiede una riflessione verso i fondamenti della propria disciplina.”

Questo ragionamento permette anche di comprendere perché, secondo l'intervistata, il lavoro interdisciplinare non dovrebbe necessariamente generare difficoltà di comunicazione o risultare estraneo alla disciplina di appartenenza: *“se scrivo un articolo di fisica teorica in cui appunto integro idee di filosofia, di matematica, eccetera, se lo faccio bene dovrebbe andare verso il cuore della mia disciplina in realtà più che fuori”.*

3.3.4. Quarta intervista

L'ultimo intervistato è un ricercatore pluridimensionale, attualmente impegnato in diversi progetti. Ha compiuto una formazione in astronomia e astrofisica teorica, specializzandosi in dinamica delle galassie attraverso un dottorato di ricerca. In parallelo ha coltivato interessi interdisciplinari, approfondendo temi quali la filosofia della mente, la psicologia, la fenomenologia e le scienze cognitive. Durante gli anni del dottorato ha sviluppato un progetto di comunicazione scientifica dedicato al dialogo tra astronomia e disabilità intellettiva. Contemporaneamente partecipa a una ricerca sullo sviluppo di narrazioni capaci di raccontare la complessità della ricerca scientifica, attraverso l'analisi del film *"The Edge of All We Know"* di Peter Galison.

Pratiche di confine – D1

La prima categoria della griglia – 1.1, **conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto** – emerge in modo particolarmente rilevante. Il ricercatore propone una ricca riflessione sulla connessione tra la scienza e la soggettività, in particolare in relazione al suo progetto: *"cercare una connessione tra il cosmo e la terra e strutturare questa connessione da un punto di vista fisico, quindi scientifico [...] per valorizzare la soggettività delle persone che sono dentro questo mondo, questo cosmo e lo percepiscono in maniera diversa, cioè sentono degli aspetti, anche a livello corporeo, emotivo, immaginario, diversi. [...] L'esplorazione di un cosmo un po' più interiore o di come appunto tu persona ti rapporti a questo cosmo anche se hai una soggettività che o non viene valorizzata o comunque ha subito dei traumi, delle rotture"*. Si tratta di un aspetto fondamentale nella sua ricerca in didattica e comunicazione dell'astronomia: entrare in contatto con le soggettività delle persone, che sono uniche, per restituire una relazione incarnata con il cosmo anche per chi ha, come spiega l'intervistato, una *"soggettività frammentata"*.

Un'altra sfumatura della categoria emerge nella riflessione sulla motivazione alla ricerca: *"È come davanti a un quadro, tu non vedi solo il soggetto, non vedi solo la tecnica pittorica, ma inizia a costruire dei mondi. [...] E questi aspetti influenzano la ricerca, perché poi ti danno la motivazione o magari ti scoraggiano se senti un allontanamento in negativo a proseguirla"*. Infine, la categoria si manifesta nella forma più vicina alla definizione originaria, cioè come esperienza corporea e sensoriale: *"abbiamo creato un sacco di spazi, di contesti, in cui avere la possibilità di porsi queste domande, rifletterci insieme, usare degli strumenti, magari meno convenzionali come l'arte o in generale l'esplorazione dello spazio, anche proprio la percezione"*

sensoriale, della natura del cielo, cioè esperienze più corporee, che creano un legame forte con l'ambiente".

Il cosmo non è solo qualcosa che si studia o che si ricerca, ma si abita quotidianamente; per questo motivo diventa fondamentale un approccio epistemologico così incarnato e incorporato. Questa riflessione poi verrà ampliata nell'esplorazione dei *blind spots* strutturali e nella dimensione dedicata alla didattica.

La categoria 1.2 – **approccio olistico contro riduzionismo** – si esplicita in diversi modi.

Innanzitutto, emerge nella necessità, espressa dal ricercatore, di cercare percorsi interdisciplinari e influenze esterne che possano aiutarlo a raccontare la complessità della ricerca scientifica e a produrre narrazioni alternative. Questo aspetto viene chiarito nella descrizione della propria ricerca: *"analisi e sviluppo di narrazioni che raccontano la complessità della ricerca scientifica, quindi aspetti non solo disciplinari, ma anche sociali, istituzionali, emotivi, legati a come scienziati e scienziate abitano il contesto della scienza"*.

Le contaminazioni principali provengono dalla psicologia, dalla filosofia della mente e della scienza, oltre che da persone attive nell'ambito dell'arte e dello spettacolo. Questi interessi, coltivati durante tutto il percorso formativo, mostrano un rifiuto della specializzazione riduzionistica: *"avevo questa idea di studiare fisica e astrofisica, però cercare un percorso interdisciplinare, cioè non focalizzarmi su un tema di ricerca, [...] ma ampliare un po' gli orizzonti, anche su altri saperi, connessi o meno a questo tema."*

È importante sottolineare che, nel suo caso, questa necessità di contaminazioni emerge soprattutto nella ricerca in didattica e comunicazione della fisica, come elemento costitutivo della pratica stessa. Tuttavia, viene sostanzialmente esclusa quando si parla della sua ricerca in astrofisica teorica: *"anche rimanendo nell'ambito astrofisico, al massimo confrontandoti con chi fa osservazioni o con chi fa simulazioni nel mio caso, riesci a trovare le tue ispirazioni, le tue risposte, cioè non ti serve, per la ricerca che ho fatto io, un appiglio dall'esterno"*.

Rimane comunque significativo che, nel suo campo attuale – la ricerca in didattica e comunicazione della fisica – prevalga un approccio fortemente intrecciato alle sue contaminazioni, distante dall'immagine della fisica come scienza neutrale e impersonale: *"chi sei rispetto a come percepisci la relazione, il tempo, il lutto, i sentimenti, però non tanto come etichette, ma proprio come percezione del vissuto personale. E questa è una cosa che mi ha molto ispirato proprio in generale, perché la vedo come una cosa molto totale, proprio una visione del mondo, quasi. Quindi è qualcosa che poi ho in parte riportato anche nella ricerca, perché quando si*

parla di narrazione della scienza c'è l'aspetto del vissuto. Quindi mi interessa molto capire le persone come vivono la scienza come esperienza.”

La categoria 1.3 – **marginalità e libertà istituzionale** – emerge come elemento costituente del progetto divulgativo dell'intervistato. La marginalità istituzionale, in questo caso, si presenta con la sfumatura di un progetto non retribuito che tuttavia genera contaminazioni estremamente fertili: *“[nome del progetto] che comunque io identifico come parte della mia ricerca, anche se non vengo stipendiato per questo, [...] dal punto di vista personale, conoscitivo, culturale per me è una cosa che va in parallelo. E lì mi sono interfacciato con educatori psichiatri, psicologi, artisti che lavorano anche con la disabilità, quindi veramente persone che vengono da mondi molto diversi”*.

Questa situazione chiaramente presenta caratteristiche molto diverse rispetto al caso McClintock, per ragioni storiche, culturali e di genere. Tuttavia, non per questo va trascurata, poiché costituisce comunque un dato significativo che illumina aspetti importanti riguardo la ricerca contemporanea italiana.

Meccanismi epistemici - D2

La prima categoria della seconda dimensione, la 2.1 – **il dettaglio anomalo come evidenza** – emerge in modo significativo nella ricerca comunicativa, come scoperta di un nodo concettuale fondamentale che poi ha guidato la ricerca stessa.

“Senza il dialogo con gli educatori, gli psicologi, le figure del mondo dell'educazione, della salute mentale e della disabilità nello specifico, effettivamente non mi sarei reso conto di come certi fenomeni e certe narrazioni hanno effetto sulla persona. Le avrei sempre percepite come magari un effetto legato alla conoscenza, cioè, tu sai di più di un fenomeno, perché impari magari delle nozioni, dei concetti, ma non vedi una trasformazione più personale.”

L'identificazione del dialogo come spunto fondamentale può essere inserita bene in questa categoria, come dettaglio che nell'educazione alla fisica genera una differenza sostanziale.

Questo tema viene approfondito ulteriormente nell'importanza del riconoscimento, che rappresenta esso stesso una forma di dialogo, come *“tassello di volta”* per costruire relazioni di senso con le persone con disabilità. Questa sfumatura verrà sviluppata nell'analisi della categoria 3.2.

La categoria 2.2 – **conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione** – emerge attraverso una riflessione sui linguaggi utilizzati nella scienza.

Essa si manifesta in due accezioni distinte. In primo luogo, emerge quella forma di conoscenza non formalizzabile, che racchiude gli aspetti emotivi e le domande di senso che guidano la ricerca; questa conoscenza, per quanto sia fondamentale nel processo di ricerca, secondo l'intervistato, non necessita di essere riconosciuta accademicamente: *“non scriveremo, penso, tutto ciò che c'è stato a livello di parlare con delle persone, andare a degli eventi o andare al cinema per effettivamente guardare il film, andare al planetario, [...] secondo me ci sta che rimanga un attimo celato, perché è impossibile poi esplicitare tutti i processi e le fonti che hanno contribuito a quello che è un po' un condensato”*.

Questo, però, non diminuisce l'importanza di tali processi: *“questa è una domanda di senso, che quindi non scrivi nell'articolo, neanche in nessun punto dell'articolo tecnico, però poi dentro di te e quando comunichi con la ricerca, secondo me devi sempre sollevarla come punto di partenza e punto di arrivo.”*

In secondo luogo, la categoria si esplicita nella necessità di integrazione di linguaggi differenti: *“Il linguaggio matematico ha questa capacità di cogliere magari degli aspetti legati al fenomeno, poi da lì derivare delle leggi, delle predizioni, quindi è un aspetto sicuramente che il linguaggio verbale non ha. Però non copre tutti gli aspetti che sono dietro quel lavoro, che non si esauriscono nella scrittura di quel modello. [...] La visione è poliedrica, non è sostitutiva, [...] secondo me è più un affiancamento di questi linguaggi diversi, ciascuno che coglie una sfaccettatura dello stesso fenomeno.”*

La terza categoria – 2.3, **illuminazione dei blind spots strutturali** – come nella prima intervista, è quella che emerge in modo più netto e significativo.

Il *blind spot* principale, legato alla categoria 1.1, riguarda il legame profondo che si costruisce con il cosmo, che sta, nella società contemporanea, venendo progressivamente perso: *“il cosmo è un mondo in cui noi abitiamo e con cui noi stiamo perdendo la relazione, perché innanzitutto c'è l'inquinamento luminoso e quindi non abbiamo più un legame diretto spontaneo col cielo, [...] non ci si sofferma [...] sul fatto che senza il cosmo e senza degli equilibri legati alle stelle, al posizionamento del pianeta e così via, noi non ci saremmo. Cioè, né come materia, né come vita.”*

Questa riflessione ne apre un'altra, ancora più profonda: *“specialmente con l'astronomia, che ha questo senso anche di distanza, che sta venendo persa nel mondo della ricerca, in cui si ragiona [...] proprio sulla potenza di calcolo, il concetto di 'vedo di più col telescopio, ho più ore di calcolo, ho più infrastrutture, però dietro che bisogno c'è?' Umano. E questo secondo me è l'aspetto che deve essere un po' recuperato.”*

Il *blind spot* riguardante la perdita della domanda di senso e del legame più profondo con il cosmo viene approfondito ulteriormente attraverso un'analisi delle sue cause: *“la scienza ha tutto un mercato dietro. La scoperta scientifica è di fatto un prodotto. [...] Ti portano secondo me, naturalmente, a delle dinamiche di performatività. Appunto, chi ha il telescopio più performatante vince quel progetto, chi ha un gruppo di ricerca più grosso o più competitivo a livello di articoli vince quei fondi.”*

La risposta proposta a questa dinamica inevitabile della ricerca contemporanea viene esplicitata in questo modo: *“affiancarci una riflessione che quantomeno pareggi un po' le cose, che non lasci proprio alla deriva questo aspetto legato alla performatività, alla tecnica, ma che appunto in contesti di comunicazione, educazione, riflessione col pubblico [...] metta l'accento sulle questioni più fondamentali.”*

In conclusione a questo discorso, emerge anche un altro aspetto *blind spot* altrettanto rilevante: *“garantire l'accesso di queste risorse a comunità svantaggiate [...] ci sono organizzazioni nell'IAU che danno dei fondi [...] mettere un po' più l'accento su queste iniziative nonostante il mainstream della ricerca che è progetti, fondi, bandi, concorsi, eccetera”.*

Questa riflessione si traduce infine nella necessità di ripensare anche la didattica, tema che verrà approfondito nella sezione dedicata.

Condizioni di possibilità - D3

La categoria 3.1 – **l'indipendenza materiale** – in questa intervista emerge sotto forma di strutture concrete che hanno permesso di coltivare una libertà di interessi fondamentale per quella che poi è diventata la ricerca dell'intervistato.

Una struttura formativa in particolare ha rappresentato la condizione di indipendenza materiale più significativa: *“nel mio caso è stato veramente la possibilità di spaziare su ambiti diversi e conoscere persone che avevano anche la predisposizione a farlo. [...] mi ha sempre dato anche un po' l'autorizzazione, tra virgolette, a percorrere questi fronti, perché in qualche modo era anche un mio obbligo didattico farlo.”*

Si tratta di una forma importante di indipendenza materiale, poiché questo spazio, fungendo da compensazione rispetto a una formazione più tradizionale, ha reso istituzionalmente riconoscibili gli interessi e le contaminazioni dell'intervistato.

Viene inoltre sottolineato il ruolo dell'azione personale come gesto necessario per costruire le proprie condizioni di possibilità: *“c'è la contingenza di essere in un contesto che comunque ti offre queste strade, poi devi essere tu ad agire. Perché se non avessi fatto io certe scelte a quest'ora non sarei in questa posizione.”*

Un'altra struttura fondamentale per la riuscita del progetto divulgativo è stata: *“questa associazione di persone con disabilità, che ha creduto in questo progetto, e ha abbracciato questa sfida che, anche parlando con la comunità, in pochi hanno scelto di abbracciare, soprattutto da una prospettiva scientifica.”* Questa condizione si intreccia direttamente con la categoria successiva e con il valore che viene attribuito alle forme di riconoscimento.

La categoria 3.2 – **rete minima di riconoscimento** – emerge in modo molto forte durante l'intervista: *“io penso che il riconoscimento sia proprio un pilastro della persona.”*

Il riconoscimento non è inteso necessariamente come pratica istituzionalizzata, ma piuttosto come pratica relazionale: *“Con le persone, anche con disabilità, vediamo che è il tassello di volta perché senza il riconoscimento dell'altro, del suo punto di vista, tu non riesci ad avviare il dialogo [...] Invece se tu riconosci la validità e la possibilità dello scambio crei anche la possibilità di una relazione.”*

Questa riflessione richiama direttamente alcuni temi trattati nella ricerca in didattica della fisica, secondo cui è fondamentale riconoscere la validità del punto di vista della persona con cui ci si interfaccia, contribuendo alla costruzione della sua *physics identity*.

Un ulteriore momento in cui viene confermata l'importanza delle reti riguarda il valore attribuito alla pratica del dialogo, come meccanismo epistemico di generazione di conoscenza: *“il punto di partenza è proprio il dialogo con le persone [...] parlando di sguardi, secondo me, la testimonianza di una persona con cui puoi dialogare è molto più viva, è molto più forte”*

Infine, la rete più significativa viene individuata nel contesto della ricerca educativa: *“in questo contesto più educativo comunicativo, sento più la percezione di rete, di gruppo. In qualche modo il riconoscimento forse ti viene più naturale sentirlo perché vedi che riesci a dialogare, a scambiarti queste pratiche, questi saperi in modo un po' più facile.”*

La categoria 3.3 – **autosufficienza epistemica** – in questo caso non emerge in modo particolarmente rilevante; per correttezza rispetto alla trasparenza dei contenuti dell'intervista, non verrà quindi trattata.

L'ultima categoria della terza dimensione – 3.4, **doppia marginalità** – si ritrova in modo chiaramente diverso rispetto al caso storico.

Emerge la percezione, da parte dell'intervistato, che il contesto non ritenga compatibili i diversi interessi di ricerca che porta avanti: *“in alcune occasioni ho avvertito una percezione che magari mi stessi disperdendo [...] Dispersione mi dà l'idea un po' di moto browniano [...] nel*

percorso ho sentito che quasi ci rimanevano male a vedermi non sempre focalizzato [...] Perché non ne vedevano il senso, perché per loro quello non è un senso da ricercare.”

Un'altra sfumatura con cui è vissuta questa tensione riflette la necessità di restituire forma alla complessità della ricerca: *“Però c'è un aut-aut, [...] una sorta di binarismo. Invece secondo me non riflette appunto la vera complessità della ricerca.”*

Didattica e trasmissione - D4

Per quanto riguarda la didattica delle pratiche di confine, l'intervistato esprime posizioni molto chiare.

In primo luogo, emerge la necessità di introdurre più temi trasversali e approcci esperienziali nel contesto accademico, sia a livello di scuola secondaria – *“non ho avuto laboratori chissà quanto innovativi. Però poi a posteriori, sono una forma mentis che ti porta a integrare col giusto indirizzo dei saperi”* – sia a livello universitario – *“nell'ottica di dare gli strumenti, le lenti, gli sguardi per esaminare vari aspetti della disciplina, magari almeno un corso di epistemologia o di didattica, di filosofia della fisica secondo me andrebbe incluso nel curriculum standard”*.

In secondo luogo, ritorna un elemento già emerso con forza nelle categorie 1.1 e 2.3: la necessità di recuperare, anche sul piano didattico, il rapporto con il cosmo: *“l'osservazione, l'esperienza del cielo, dovrebbe essere il punto di partenza, secondo me. Io farei che la prima settimana di lezione si va in osservatorio [...] senza sapere niente di cos'è una stella o un pianeta eccetera, ma tu innanzitutto hai esperienza di quel fenomeno. Invece la prima volta che vedi, che senti parlare di stella, lo leggi come classificazione sul libro di testo con degli schemini. Neanche la foto, neanche l'immagine, vedi la palla disegnata con le varie scale.”*

L'esperienza diretta che precede la formalizzazione concettuale rappresenta una condizione fondamentale per costruire una relazione di senso con il sapere scientifico e con la natura che viene descritta da questo.

Temi emergenti

Durante questa intervista è interessante osservare come ritorni il tema emergente nato nelle interviste precedenti: **seguire il proprio sentire e le risonanze**.

Il lasciarsi guidare dai propri interessi emerge nella descrizione della nascita del progetto sulla divulgazione: *“da una prospettiva di scienza dura [...] è stata una sfida dire ‘okay cerchiamo un contatto tra questi mondi e vediamo cosa salta fuori’, perché all'inizio nessuno sapeva cosa sarebbe saltato fuori.”*

Emerge anche nella prima necessità di seguire le alternative che si percepiscono come proprie: *“devi essere tu che ti metti anche un po' in crisi nel dire 'okay ho questo fronte, però sento questa urgenza, questa esigenza di cercare anche altro e quindi di percorrere dei progetti, delle strade alternative.’*

Il tema della risonanza invece emerge in modo più esplicito come quadro teorico da cui trarre ispirazione, probabilmente anche perché sia la prima intervistata che l'ultimo intervistato partecipano a progetti di ricerca caratterizzati da background molto simili: *“questa risonanza [...] cercare degli aspetti che in qualche modo ti accendono e poi ti permettono di appropriarti di quello di cui stai parlando.”*

È interessante osservare che anche in questo caso la risonanza costituisce una modalità fondamentale di costruzione del rapporto con la conoscenza. In questo senso si riconferma come un tema trasversale rispetto ai casi analizzati, che sembra accompagnare la costruzione di percorsi e pratiche di confine.

4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI E OBIETTIVI FUTURI

4.1. Sintesi comparativa per dimensioni

Alla luce della quattro interviste svolte e analizzate attraverso la griglia analitica, emergono dei temi dominanti.

Il primo, con sfumature diverse legate al contesto storico e culturale diverso, riguarda l'ambivalenza della marginalità, vissuta come costo e come risorsa (categoria 1.3). Nei casi analizzati è emersa come legata allo sviluppo di pratiche di confine, spesso vittime di processi di svalutazione, ma che potevano fornire la libertà di poter studiare fisica ai confini con altre discipline e metodi.

Un secondo tema è l'importanza di avere attorno una rete comunitaria (categoria 3.2), che possa sostenere e riconoscere il lavoro non sempre convenzionale delle ricercatrici; questo valore ha attraversato tutte le interviste svolte, sotto forma del concetto di risonanza. Con sfumature leggermente diverse, tutte le persone intervistate hanno descritto come sia necessario trovare persone e comunità con cui risuonare e con cui fare risuonare la propria ricerca.

Inoltre, tutte le interviste hanno mostrato, attraverso l'analisi della categoria 2.3, una forte consapevolezza dell'esistenza di *blind spots* strutturali nella ricerca in fisica, proponendo possibili modalità per riconoscerli e affrontarli attraverso prospettive marginali, e fornendo anche esempi di questo processo.

Anche il tema della didattica è stato affrontato in modo molto simile da tutte le persone intervistate, che hanno proposto forme di educazione più aperte e trasversali, che siano in grado di riconoscere e valorizzare i contributi personali e le diverse modalità di apprendimento.

Infine, il tema emergente che compare con maggiore frequenza, assente solo nella terza intervista, e che in qualche modo amplia la categoria 1.1, è l'importanza di seguire forme di conoscenza intuitive: una *metis* che orienta lo sguardo e permette di ritrovare una connessione più profonda con i temi di ricerca affrontati.

Tenendo presente questo sfondo, la tabella seguente offre una sintesi qualitativa di come le quattro dimensioni analizzate si sono manifestate nei quattro casi contemporanei analizzati nel capitolo precedente.

Riprendendo la griglia [T1](#) del capitolo 2, la tabella seguente offre una sintesi qualitativa di come si sono manifestate nei quattro casi contemporanei le quattro dimensioni:

D1 – Pratiche di confine : *come la ricercatrice abita concretamente il confine*;

D2 – Meccanismi epistemici : *che cosa produce conoscenza da quella posizione e da quel modo di stare al confine*;

D3 – Condizioni di possibilità : *che cosa rende possibile o sostenibile quel modo di abitare il confine*;

D4 – Didattica e trasmissione : *come quell'esperienza può diventare formativa*.

Dimen- sione	Prima Intervista	Seconda Intervista	Terza Intervista	Quarta Intervista
D1 – Pratiche di con- fine	Il confine è abitato attraverso una conoscenza incorporata esplicita, vicina alla <i>metis</i> , fondata sull'attenzione al contesto e sul sentire. Le confluenze sono vissute in modo non gerarchico e non strumentale. La marginalità è insieme costo, esposizione e spazio di libertà.	Il confine è abitato come spazio di traduzione e costruzione di ponti tra discipline. La conoscenza incorporata è legata al sentire e alla capacità di teorizzare connessioni tra linguaggi diversi. La libertà epistemica è conquistata al prezzo di un downgrade o di un minore riconoscimento istituzionale.	Il confine è abitato a partire da una forte identità disciplinare. L'immersione totalizzante nella ricerca teorica diventa la base da cui aprirsi ad altri saperi. La marginalità rispetto alla comunità scientifica dominante diventa una posizione di vantaggio per guardare alle questioni ritenute davvero importanti.	Il confine è abitato come spazio per ricostruire relazioni tra scienza, corpo, complessità e cosmo. L'interdisciplinarietà è vissuta come pratica per restituire relazionalità alla scienza. Le confluenze nascono spesso in spazi fragili, laterali o non retribuiti, ma generativi.
D2 – Meccanismi epi- stemici	Un dettaglio anomalo, emerso da un evento extra-scientifico, diventa epistemicamente rilevante. La posizione di confine genera una doppia difficoltà comunicativa tra comunità diverse, ma permette anche di	La collaborazione tra linguaggi scientifici e non consente di riformulare ciò che conta come ricerca rigorosa. Emergono <i>blind spots</i> legati all'esclusione degli studi sulla coscienza, alla svalutazione della ricerca in didattica e alla	Il dettaglio diventa evidenza grazie all'attivazione di sguardi interdisciplinari; la fisica teorica richiede nuovi linguaggi, anche presi dalla filosofia, per pensare ciò che il linguaggio disciplinare non riesce a dire. Le	Il dettaglio diventa evidenza grazie al lavoro con la disabilità e alla trasformazione dello sguardo sull'esperienza. La collaborazione tra linguaggi non è sostitutiva, ma

	illuminare <i>blind spots</i> relativi alla formazione tecnica e all'idea di uguaglianza.	difficoltà di valutare la ricerca interdisciplinare.	epistemologie femministe permettono di illuminare il <i>blind spot</i> dell'oggettività relazionale.	generativa. Emergono <i>blind spots</i> relativi alla mercificazione della scienza e alla perdita dell'esperienza diretta con il cosmo.
D3 – Condizioni di possibilità	L'indipendenza è vissuta come libertà di respirare tra saperi. La rete funziona come spazio di risonanza e riconoscimento. L'autosufficienza deriva da una solidità linguistica e concettuale. La doppia marginalità tra due comunità scientifiche è insieme vulnerabilità e risorsa.	L'indipendenza nasce dalla possibilità di far emergere la "bambina interiore", cioè una forma di desiderio, curiosità e autenticità. La rete di donne offre riconoscimento e cura. L'autosufficienza si costruisce come fiducia nel proprio valore. La marginalità è doppia: di genere e di metodo.	L'indipendenza richiede soprattutto tempo: tempo per pensare, sostare, elaborare. La rete di riconoscimento passa attraverso una famiglia accademica. L'autosufficienza viene conquistata contro la sindrome dell'impostore. La marginalità rimane un rischio per chi lavora in modo interdisciplinare.	L'indipendenza è anche concreta e istituzionale: possibilità di scegliere progetti, tempi e direzioni. Il riconoscimento è un pilastro per sostenere e valorizzare la posizione ai confini. La marginalità si manifesta come rischio di dispersione tra più progetti, spesso non pienamente riconosciuti.
D4 – Didattica e Trasmissione	Propone la creazione di spazi aperti, percorsi trasversali e letture interdisciplinari, capaci di legittimare forme diverse di accesso alla conoscenza.	Suggerisce una didattica attenta alla personalizzazione dei modi di apprendere, alla valorizzazione esplicita della <i>metis</i> e del tempo <i>kairos</i> , e a una ridefinizione dell'autorità educativa.	Invita a valorizzare i talenti individuali e le traiettorie singolari, riconoscendo che l'accesso alla fisica può avvenire attraverso forme diverse di intelligenza, profondità e desiderio conoscitivo.	Sottolinea la necessità di restituire alla didattica un'esperienza diretta con il cosmo e con la complessità del mondo. Propone inoltre l'introduzione di corsi di epistemologia nel curriculum di fisica.

Tabella 3: Sintesi delle quattro interviste attraverso le dimensioni.

4.2. Risposte alle domande di ricerca

RQ1: *In che modo prospettive situate ai margini o nei confini della ricerca possono illuminare i blind spots e offrire risorse per ripensare la formazione scientifica?*

I risultati mostrano che abitare il confine può generare pratiche scientifiche capaci di illuminare i *blind spots* della ricerca in fisica. Questo non avviene per effetto della marginalità in sé, ma perché alcune posizioni di confine permettono attraversamenti continui tra linguaggi, discipline, esperienze diverse, aprendo lo spazio a contaminazioni epistemicamente feconde – come mostrano, con sfumature diverse, tutte le interviste analizzate: dalle epistemologie femministe applicate all’oggettività relazionale nella meccanica quantistica, alle contaminazioni con gli STS nelle riflessioni sulle tecnologie quantistiche, fino al dialogo con educatrici ed educatori nella didattica della fisica.

L’analisi e la discussione dei casi consentono di precisare i concetti di *mestiza* e di *confluenza*, trasformandoli da immagini teoriche e metafore generative a costrutti analitici per lo studio di pratiche ai confini nella ricerca scientifica. La *mestiza* si definisce come una specifica modalità di abitare il confine, fatta di conoscenza incorporata, traduzione tra saperi, attraversamento non gerarchico e capacità di sostare in posizioni non pienamente riconosciute. La *confluenza* indica invece l’incontro trasformativo tra prospettive e saperi diversi, capace di rendere visibili dettagli, domande e problemi che il paradigma dominante tende a lasciare fuori campo.

A questi due costrutti si affianca un terzo elemento, emerso induttivamente dalle analisi: la presenza ricorrente di un registro affettivo e corporeo – nominato dalle persone intervistate attraverso immagini quali la *metis*, la risonanza o il respiro – che sembra precedere e orientare la formalizzazione intellettuale delle scelte di *confluenze* feconde e di ricerca *mestiza*.

Da questa analisi, quindi, emerge un ulteriore contributo della tesi: proporre la *mestiza*, la *confluenza* e l’importanza della dimensione affettivo-intuitiva come categorie per analizzare la conoscenza scientifica – in particolare in fisica, ambito in cui questi concetti non risultano, a oggi, impiegati in modo sistematico come strumenti di analisi epistemologica.

RQ2: *Quali caratteristiche assume la pratica scientifica di chi opera in luoghi di confine – in termini di metodi, relazione con la propria ricerca e posizionamento nella comunità scientifica?*

Sul piano metodologico, la caratteristica più condivisa è l'affiancamento dei linguaggi scientifici con altri linguaggi provenienti soprattutto dalla filosofia e dall'arte, che emerge come una effettiva competenza dell'abitare il confine. Le persone intervistate sottolineano però che non si tratta di una sostituzione, poiché il rigore tecnico-scientifico continua a essere considerato funzionale e necessario.

Per quanto riguarda il rapporto con la propria ricerca, la concezione più condivisa è la presenza di una dimensione intuitiva che orienta il lavoro scientifico, che si declina in diverse sfumature per le diverse interviste: il respiro come forma di libertà epistemica, il sentire della bambina interiore, la ricerca totalizzante che accompagna la quotidianità, il legame profondo e di senso con il cosmo.

Sul piano del rapporto con la comunità scientifica, il tema più rilevante è la tensione di una doppia appartenenza: da un lato alla comunità disciplinare dominante, dall'altro alla propria comunità di confine. Questa tensione assume forme differenti a seconda delle specificità delle persone intervistate, ma attraversa trasversalmente tutti i casi.

***RQ3:** Quali tipi di contaminazioni sono epistemicamente feconde per generare conoscenza, per una scienza migliore?*

Emerge dalle interviste svolte che le influenze più feconde sono quelle che risuonano con il proprio interesse di ricerca, suggerendo che quando una risonanza è significativa sul piano personale tende a esserlo anche sul piano epistemico.

Un secondo elemento è che le contaminazioni sono legate alla specificità dei *blind spots* che intendono illuminare. Le epistemologie femministe, centrali nei primi tre casi, appaiono particolarmente generative perché offrono strumenti per superare una nozione classica di oggettività e per interrogare criticamente i valori che attraversano la ricerca scientifica. Nell'ultima intervista, invece, la filosofia, e in particolare la fenomenologia, emerge come strumento indispensabile per recuperare la soggettività e la complessità dell'esperienza scientifica.

Un ultimo punto riguarda il tempo necessario all'integrazione dei saperi interdisciplinari: la terza intervistata sottolinea che per rendere feconde le influenze è necessario un approfondimento prolungato, capace di raggiungere il cuore della propria disciplina, che viene concepito come un luogo già intrinsecamente ibrido.

***RQ4:** Quali sono attualmente i blind spots che una ricerca scientifica di confine potrebbe illuminare?*

Dall'analisi delle quattro interviste emergono tre nuclei ricorrenti attorno ai quali si articolano i *blind spots* individuati: la formazione tecnica priva di una riflessione sui valori e sulle domande di senso; le forme di valutazione e finanziamento della ricerca, interdisciplinare e didattica, che non dispongono degli strumenti necessari per riconoscere ciò che eccede la specializzazione disciplinare singola; l'esclusione o la marginalizzazione di alcuni temi di ricerca per ragioni storiche e sociologiche più che di rilevanza epistemologica.

In particolare, si nota che, nonostante i percorsi biografici e formativi diversi, ci sia una convergenza rispetto alla consapevolezza della difficoltà del sistema scientifico istituzionale contemporaneo di valutare, finanziare e legittimare ciò che non è riconducibile a una singola casella disciplinare. Questo risultato richiama direttamente un tema emerso nella terza intervista: l'interdisciplinarità come lavoro di approfondimento verso le fondamenta condivise della propria disciplina. Tale prospettiva suggerisce che le pratiche di confine vengano spesso interpretate erroneamente come una semplice giustapposizione di saperi diversi, che allontana chi fa ricerca dal proprio nucleo disciplinare, quando in realtà sembra essere proprio il contrario.

RQ5: Quali condizioni – personali, istituzionali, culturali – rendono possibile o ostacolano l'attraversamento dei confini?

In tutti i casi analizzati emerge come la presenza di una rete minima di riconoscimento costituisca una condizione fondamentale del percorso formativo. Questa rete può assumere la forma di relazioni interpersonali dirette oppure di spazi istituzionali dedicati, capaci di fungere da luogo sicuro e da famiglia accademica di supporto alla ricerca. Tale elemento risulta particolarmente rilevante ai fini della ricerca per contrastare l'immagine stereotipata della ricerca scientifica come attività individuale e isolata.

Un'ulteriore condizione di possibilità è legata a fattori identitari, quali il rispetto e la fiducia nel proprio sé più profondo e la capacità di riconoscere la propria competenza.

Le condizioni che ostacolano l'attraversamento dei confini sono invece principalmente legate alla richiesta di una specializzazione univoca come criterio di legittimità e alla svalutazione delle competenze di confine – tema che converge con il *blind spot* emerso nelle varie interviste.

RQ6: Come queste pratiche di confine possono essere riconosciute, valorizzate e trasmesse nella formazione di future ricercatrici e ricercatori in fisica?

Attraverso l'analisi della quarta dimensione sono emersi, per ciascun caso, alcuni possibili orientamenti per la didattica e la formazione.

Nella prima intervista emerge la necessità di creare spazi aperti e inclusivi; nella seconda spiccano la valorizzazione delle modalità di apprendimento personali, la legittimazione della forma d'intelligenza del sentire (la *metis*) e l'attenzione a tempi educativi più flessibili; nella terza viene evidenziata l'importanza del riconoscimento e della valorizzazione dei talenti individuali, insieme alla difesa di percorsi formativi che richiedono tempi lunghi; nell'ultima emerge invece la necessità di una didattica più esperienziale e che includa più tematiche trasversali.

Si può osservare come i principali punti di convergenza riguardino la valorizzazione delle intelligenze individuali, il riconoscimento dei tempi non rigidamente imposti e la costruzione di percorsi formativi inclusivi.

È importante sottolineare che dalle interviste non emergono specifici contenuti da insegnare, quanto piuttosto condizioni che rendono liberi e libere di abitare la propria zona di confine.

4.3. Obiettivi futuri: verso una didattica *mestiza*

I risultati discussi in questo capitolo conclusivo convergono sul tema che ha aperto questo lavoro di tesi: quali immagini della fisica rendiamo disponibili a chi si forma dentro questa disciplina?

Se le pratiche *mestize* non sono un metodo rigido da insegnare ma piuttosto una condizione che rende possibile l'esplorazione di confluenze diverse e il riconoscimento e valorizzazione di apprendimenti diversi all'interno della disciplina, allora l'obiettivo della didattica della fisica non è solo aggiungere contenuti interdisciplinari al curriculum, quanto trasformare l'immagine della disciplina come aperta e inclusiva.

Questo significa lavorare sui temi emersi nei casi analizzati: la legittimazione di una conoscenza incorporata e intuitiva, la *metis*; la costruzione di spazi epistemici aperti, inclusivi, accoglienti che permettano a studentesse e studenti di entrare in risonanza con qualcosa; una riforma dei criteri di valutazione che riconosca il valore dell'interdisciplinarità contrastando l'iper-specializzazione e il progressivo allontanamento delle discipline tra loro.

Questo risponde alla domanda che concludeva l'introduzione di questa tesi: come insegnare e abitare la fisica in modo da valorizzarne un sempre più fecondo valore conoscitivo, rendendo visibili anche le condizioni, i confini e le pratiche attraverso cui questa potenza prende forma?

Si tratta quindi di un progetto che tende a rivoluzionare l'idea stessa di cosa significhi fare e insegnare fisica. Serve costruire un'immagine della fisica che si allontani da quella dominante e si riavvicini al suo significato più vero, che possa accogliere chi la abita in modo non convenzionale, senza richiedere la rinuncia alla propria identità plurale per conformarsi a un tipo di rigore che necessita di essere ripensato.

È proprio questo movimento di trasgressione dei confini che può rendere la didattica della fisica più umana e più libera. Bell hooks, che aveva aperto il primo capitolo, lo esprime in modo magistrale:

“Esortando tutte e tutti noi ad aprire le nostre menti e i nostri cuori, in modo da sviluppare una conoscenza che vada al di là dei confini di ciò che è considerato accettabile. Celebro l'insegnamento che rende possibili le trasgressioni – un movimento contro e oltre i confini – per poter pensare, ripensare e creare nuove visioni. È quel movimento che rende l'educazione la pratica della libertà.” (Insegnare a trasgredire: L'educazione come pratica della libertà)

Abitare la *mestiza* è stata per tutti i casi analizzati – storici e contemporanei – una pratica di libertà. Renderla possibile, riconoscibile e trasmissibile nelle nostre aule scolastiche è l'obiettivo più necessario che questa tesi lascia in eredità alla ricerca futura.

Bibliografia

- Aikenhead, G. (2012). Humanistic Perspective of Science education. *Aboriginal Education Research Centre, University of Saskatchewan*.
- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169.
- Anzaldúa, G. (2023). *Terre di confine / La Frontera: La nuova meticcia*. (P. Zaccaria, Ed.) Black Coffee.
- Barthelemy, R. S., McCormick, M., & Henderson, C. (2016). Gender discrimination in physics and astronomy: Graduate student experiences of sexism and gender microaggressions. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2).
- Braidotti, R. (2010). Nomadism: against methodological nationalism. *Policy Futures in Education*, 8(3-4), 408-418.
- Braidotti, R. (2014). Writing a nomadic subject. *Comparative Critical Studies*, 11(2-3), 163-184.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Castillo-Montoya, M. (2016). Preparing for interview research: The interview protocol refinement framework. *The Qualitative Report*, 21(5), 811-831.
- Cipriani, N., & Pezzulli, E. (2023). *Oltre Marie. Prospettive di genere nella scienza*. Le plurali editrice.
- Clance, P. R., & Imes, S. A. (1978). The impostor phenomenon in high achieving women: Dynamics and therapeutic intervention. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice*, 15(3), 241-247.
- Comfort, N. C. (1999). "The real point is control": The reception of Barbara McClintock's controlling elements. *Journal of the History of Biology*, 32(1), 133-162.
- Consorzio Interuniversitario AlmaLaurea. (2026). *Rapporto di genere AlmaLaurea 2026*. Bologna.
- Corbin, J., & Strauss, A. (2015). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Sage.

- Dasgupta, D. (2019). Making research more diverse: How peripheral members join a scientific community. *Physics in Perspective*, 21(2), 93-107.
- Descamps, I., Moore, T., & Polland, B. (2020). Views from students and professors in a nonmajor introductory physics course: What is interdisciplinarity? *Physical Review Physics Education Research*, 16(2).
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. (2024). *She figures 2024: Gender in research and innovation – Statistics and indicators*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Gage, M. J. (1883). Woman as an Inventor. *The North American Review*, 136(318), 478-489.
- Galison, P. (2010). Trading with the Enemy. In M. E. Gorman, *Trading Zones and Interactional Expertise: Creating New Kinds of Collaboration* (pp. 25-52). Cambridge: The MIT Press.
- Gieryn, T. (1983). Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists. *American Sociological Review*, 48(6), 781-795.
- Govoni, P. (2022). Liminali in sé. Studi di donne, natura e scienza. *Storia delle Donne*, 185-202.
- Govoni, P., Belcastro, M. G., Bonoli, A., & Guerzoni, G. (2024). *Ripensare l'antropocene: Oltre natura e cultura*. Carocci.
- Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, 14(3), 575-599.
- Harding, S. (1992). After the neutrality ideal: Science, politics, and "strong objectivity". *Social Research*, 59(3), 567-587.
- Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 978-1003.
- Henry, H. (2003). *Virginia Woolf and the discourse of science: The aesthetics of astronomy*. Cambridge University Press.
- hooks, b. (2020). *Insegnare a trasgredire: L'educazione come pratica della libertà*. Meltemi.
- Kaiser, D. (2012). *Come gli hippie hanno salvato la fisica*. Garzanti.
- Keller, E. (1985). *Reflections on gender and science*. Yale University Press.
- Keller, E. F. (2004). What impact, if any, has feminism had on science? *Journal of Biosciences*, 29(1), 7-13.

- Keller, E. F. (2020). *In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock*. Castelvechi.
- Kimberlè, C. (1989). Demarginalizing the intersection of race and sex. *University of Chicago Legal Forum*, 1989(1), 139-167.
- Krenak, A. (2025). *Futuro ancestrale*. (D. Merlini, Ed.) NERO Editions.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.
- Laursen, B. (2021). Collaborative interdisciplinary reasoning. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 24, 75-106.
- Levi, P., & Regge, T. (1984). *Dialogo*. Torino: Einaudi.
- Light, J. (1999). When computers were women. *Technology and Culture*, 40(3), 455-483.
- Lincoln, Y., & Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- Longino, H. (1987). Can there be a feminist science? *Hypatia*, 2(3), 51-64.
- Martin, E. (1991). The egg and the sperm: How science has constructed a romance based on stereotypical male-female roles. *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, 16(3), 485-501.
- Merchant, C. (1980). *The death of nature: Women, ecology, and the scientific revolution*. Harper & Row.
- Miller, D., Nolla, K., Eagly, A., & Uttal, D. (2018). The development of children's gender-science stereotypes: A meta-analysis of 5 decades of U.S. Draw-A-Scientist studies. *Child Development*, 89(6), 1943-1955.
- Picardi, I. (2020). *Labirinti di cristallo. Strutture di genere nell'accademia e nella ricerca*. . Franco Angeli.
- Pomata, G. (1983). La storia delle donne: una questione di confine. In G. De Luna, P. Ortoleva, M. Revelli, & N. Tranfaglia, *Il mondo contemporaneo. Gli strumenti della ricerca-2: Questioni di metodo* (pp. 1434-1464). La Nuova Italia.
- Prestes, M. E. (2014). Sally Gregory Kohlstedt: Teaching children sciences: Hands-on nature study in North America, 1890-1930. *University of Chicago Press*.
- Rich, A. (1972). When we dead awaken: Writing as Re-Vision. *College English*, 34(1), 18-30.
- Rodriguez, M., Barthelemy, R., & McCormick, M. (2022). Critical race and feminist standpoint theories in physics education research: A historical review and potential applications. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1).
- Rossiter, M. W. (1993). The Mathhew Matilda Effect in science. *Social Studies of Science*, 23(2), 1171-1175.

- Said, E. W. (1978). *Orientalism*. Pantheon Books.
- Seidman, I. (2006). *Interviewing as qualitative research: A guide for researchers in education and the social sciences*. Teachers College Press.
- Sjöström, J. (2025). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 6(12), 239-274.
- Stake, R. E. (2003). Case Studies. In N. Denzin, & Y. Lincoln, *Strategies of qualitative inquiry* (pp. 134-164). Sage Publications.
- Sweet, K. (2022). Empersonal research practices: Getting to know our interdisciplinary collaborators. *Scientia et Fides*, 10(2), 237-258.
- Traxler, A. L. (2016). Enriching gender in physics education research: A binary past and a complex future. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2).
- Vanney, C. (2025). Interdisciplinarity to leave the science blind spot behind. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*.
- Vidor, C. D., Danielsson, A., Rezende, F., & Ostermann, F. (2020). What are the problem representations and assumptions about gender underlying research on gender in physics and physics education? A systematic literature review. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1133-1168.
- Vidotto, F. (2023). Searching for a path, looking for guidance. In S. D. Bianchi, *The value of science: Between knowledge and aspirations* (pp. 71-80). Springer.
- Woolf, V. (1929). *Una stanza tutta per sé* (2016 ed.). Einaudi.
- Woolf, V. (1938). *Three Guineas*. Hogarth Press.
- Wu, Q. (2024). Controlling systems and controlling legacies: Barbara McClintock's 1961 conversation with two bacterial geneticists. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 46.

Appendice

Griglia di analisi

La tabella seguente documenta il processo analitico completo: per ciascuna categoria sono riportate la descrizione del fenomeno epistemico identificato, le evidenze testuali dirette dal testo in esame di Fox Keller (Keller E. F., In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock, 2020), la traduzione operativa per le interviste contemporanee e la corrispondenza con le domande del protocollo di. Questa versione costituisce la documentazione metodologica del passaggio dal caso storico alla griglia, e dalla griglia alle domande di intervista, seguendo il framework IPR di Castillo-Montoya (Castillo-Montoya, 2016).

Categoria	Descrizione	Evidenze testuali (Keller E. F., In sintonia con l'organismo: La vita e l'opera di Barbara McClintock, 2020)	Traduzione operativa + domande associate
D1 — Pratiche di confine			
1.1 Conoscenza incorporata e fusione tra soggetto e oggetto	Il modo di conoscere di McClintock dissolve la separazione tra osservatrice e osservato. La conoscenza passa attraverso il corpo e richiede una forma di identificazione con l'oggetto di studio che precede la formalizzazione.	<i>"Quando osservo una cellula, è come se ci entrassi e mi guardassi intorno"</i> <i>"Non ero più qualcosa di esterno che li osservava, ma ero lì con loro. Ero io stessa parte del sistema"</i> <i>"McClintock sapeva col vedere e vedeva col sapere [...] Il "Libro della natura" andava letto simultaneamente con gli occhi del corpo e con quelli della mente. (Fox Keller)"</i> <i>"gli oggetti del suo studio sono diventati dei veri e propri soggetti"</i>	Verificare se nella fisica contemporanea – in particolare, nell'esperienza delle intervistate – esiste ancora uno spazio per forme di conoscenza incorporata, non di dominazione, o se la cultura disciplinare le rende invisibili o illegittime – e se le ricercatrici le riconoscono come tali nel proprio lavoro. → Domanda 4, 3b

1.2 Approccio olistico contro riduzionismo	McClintock resiste alla tendenza a ridurre l'organismo alle sue parti più semplici. La scelta di analizzare il mais ne è un esempio. La sua formazione ibrida – citologa, genetista, naturalista, embriologia – con anche confluenze dal pensiero orientale le permette di mantenere uno sguardo sul sistema nella sua totalità mentre lavora sul dettaglio più piccolo.	<i>"Così intenti a tradurre tutto in numeri che spesso finivano per non vedere ciò che invece andava visto"</i> <i>"Più precisa fosse la focalizzazione [...] maggiormente avrebbe potuto accostarsi alla conoscenza dei principi generali"</i> <i>"Grazie al suo coinvolgimento con l'organismo nella sua globalità, [...] Ciò che lei inseguiva non era altro che la comprensione del funzionamento dell'intero organismo."</i> <i>"Con orgoglio, si definisce una «mistica». [...]"</i> <i>è orgogliosa della propria abilità di attingere a queste altre forme di conoscenza nel suo lavoro di scienziato."</i>	Esplorare se e come le ricercatrici si posizionano rispetto al paradigma dominante – se mantengono sguardi trasversali, se usano contaminazioni da diversi luoghi del sapere, e quali sono. → Domande 3, 7
1.3 Marginalità e libertà istituzionale	La marginalità istituzionale non era solo un costo. L'assenza di appartenenza a una scuola e la libertà dai programmi di ricerca dominanti permettevano a McClintock di seguire domande che nessun altro riteneva generative e creative.	<i>"Molto più libera di tanti altri di coltivare esclusivamente i propri interessi e le proprie inclinazioni"</i> <i>"Da una relativa mancanza di legami con una qualsivoglia scuola (Fox Keller)"</i> <i>"Non mi andava di dipendere da qualcuno, mi piaceva troppo quello stato di libertà"</i> <i>"Barbara McClintock era primariamente una citologa ma, allo stesso tempo, anche una genetista, una naturalista e ancora qualcosa di più.(Fox Keller)"</i>	Indagare se la marginalità istituzionale nella fisica contemporanea – che può assumere forme diverse rispetto al caso McClintock, come la precarietà contrattuale o l'interdisciplinarietà non riconosciuta – produce ancora forme di libertà epistemica e di possibilità di contaminazioni, e a quali condizioni. → Domande 3, 3a, 8, 10

2.1 Il dettaglio anomalo come evidenza	Il meccanismo epistemico centrale è la capacità di non scartare le anomalie. Dove i colleghi vedevano rumore o eccezioni trascurabili, McClintock vedeva segnali di un meccanismo più profondo – direttamente connesso al suo approccio olistico.	<i>"È attraverso l'eccezione che quasi sempre si riesce a stabilire la regola"</i> <i>"Se il materiale ti suggerisce 'le cose stanno in questo modo', occorre dargli credito. Non bisogna rifiutarlo chiamandolo un'eccezione, un'aberrazione"</i> <i>"Se solo lasciassero parlare il materiale..."</i> <i>"Per lei sono i dettagli più piccoli quelli che forniscono la chiave di accesso al più vasto insieme. (Fox Keller)"</i>	Verificare se le ricercatrici sviluppano una sensibilità verso ciò che il paradigma dominante tende a scartare come irrilevante, e se questa sensibilità è connessa alla loro posizione ai confini – se queste particolari attenzioni non sono state ignorate. → Domande 7 + follow-up
2.2 Conoscenza non formalizzabile e problema della comunicazione	La conoscenza di McClintock era reale e rigorosa, ma richiedeva una forma di visione condivisa che non poteva essere trasmessa attraverso il solo linguaggio scientifico standard. Fox Keller analizza questo come il limite strutturale della sua posizione ai margini.	<i>"Quando manca un 'linguaggio' comune di questo genere, gli argomenti perdono di efficacia, anche se le equazioni sono impeccabili"</i> <i>"Per 'vedere' quello che McClintock 'vedeva', Witkin dovette condividere la visione interiore della McClintock"</i> <i>"Richiede qualcosa di più di una pratica comune per essere comunicabile: richiede una soggettività comune"</i>	Indagare se nella ricerca scientifica contemporanea c'è bisogno di nuovi linguaggi per descrivere pratiche e conoscenze che il vocabolario disciplinare standard non riesce a catturare – e se le ricercatrici ai confini vivono questo come una necessità attiva o come un problema irrisolto. → Domande 3b, 6, 11
2.3 Illuminazione dei blind spots strutturali del paradigma	La scoperta dei geni trasposoni era impensabile per ragioni paradigmatiche, non tecniche. McClintock vedeva ciò che il paradigma non permetteva di vedere perché la sua	<i>"Solo un citogenetista con la sua particolare ricchezza di interessi avrebbe potuto coglierne il significato potenziale."</i> <i>"Gli anni passati a leggere solo pubblicazioni del proprio campo rendevano sempre più difficile diventare consapevoli delle proprie assunzioni tacite"</i>	Esplorare se le ricercatrici riconoscono <i>blind spots</i> strutturali nella loro disciplina – domande che non vengono poste, approcci che non vengono presi sul serio – e se la loro posizione ai confini le rende più capaci di vederle. Indagare se ci sono stati momenti di svolta epistemica in cui hanno generato conoscenza che la

	posizione ai margini la rendeva immune dalle sue assunzioni tacite.	<i>"Nell'entusiasmo, si scambia il modello per la realtà. «Il dogma centrale», dice, «è uno di questi»"</i> <i>"per loro 'maclintockiano' è diventato un termine in codice per 'non-scientifico'"</i> <i>"Nessuno più della McClintock era consapevole della differenza di visuale"</i> <i>"Forse è questa fedeltà alla propria esperienza che le permette di essere più aperta della maggior parte degli altri scienziati circa le sue credenze tutt'altro che convenzionali."</i>	ricerca dominante non riusciva a cogliere. → Domande 5, 6, 7, 12
D3 — Condizioni di possibilità			
3.1 Indipendenza materiale come prerequisito	La libertà epistemica aveva basi materiali precise. Cold Spring Harbor garantiva un campo e la possibilità di lavorare senza dover giustificare ogni domanda di ricerca. Questa indipendenza era fragile e precaria, ma importante.	<i>"Non mi andava di dipendere da qualcuno, mi piaceva troppo quello stato di libertà, e avevo paura di perderlo"</i> <i>"Se voleva continuare a fare la biologa aveva bisogno di un posto dove poter continuare il proprio lavoro, di un campo in cui coltivare ancora il suo mais"</i> <i>" Nella sua idilliaca reclusione, Cold Spring Harbor poteva essere considerata anche dal lato opposto: piccola, lontana, e come tagliata fuori dalle normali rotte della circolazione scientifica. "</i>	Verificare se e come le ricercatrici contemporanee costruiscono le condizioni materiali che rendono possibile la libertà di ricerca indipendente e ai confini. → Domande 8, 9, 12
3.2 Rete minima di riconoscimento	Nonostante l'isolamento, McClintock aveva alcune figure — Rhoades, Beadle, Stadler, Witkin —	<i>"Tra i sostenitori di Barbara McClintock, Lewis Stadler era forse il più energico nella ricerca di una posizione adeguata alle sue abilità di scienziata."</i>	Indagare se esistono e sono apprezzate reti informali di riconoscimento — persone che vedono e validano il lavoro prima che le strutture formali lo

	che riconoscevano il valore del suo lavoro. Questa rete minima era una condizione necessaria per continuare senza il rinforzo del riconoscimento istituzionale.	<i>"aveva l'appoggio di Marcus Rhoades, che nutriva verso di lei una fiducia totale"</i> <i>"Evelyn era l'unica a capire veramente quello che stavo facendo"</i> <i>"era lei che me lo rendeva visibile. Era capace di rendere la cosa reale (Witkin)"</i>	facciano — e che forma assumono nella ricerca contemporanea. → Domanda 9
3.3 Autosufficienza epistemica costruita nel tempo	La capacità di lavorare per trent'anni senza riconoscimento non era un tratto psicologico innato — era un atteggiamento costruito attraverso l'esperienza ripetuta dell'esclusione, ma supportato da una fiducia profonda nel proprio metodo.	<i>"Fin da quando era bambina aveva imparato che avrebbe dovuto pagare per le sue scelte"</i> <i>"Il suo rispetto per l'insondabile lavoro della mente andava di pari passo con quello per il complesso lavoro della pianta, con una fiducia immutata nel fatto che, usando la dovuta attenzione, ci si poteva fidare delle intuizioni che l'una ha sulla vita dell'altra. Negli anni a venire, questa fiducia sarebbe diventata l'elemento decisivo che le avrebbe permesso di andare avanti."</i> <i>"«Mi dovevo immergere in qualcosa d'altro, in qualche nuovo sapere [...] per evitare di stare troppo a rimuginare su me stessa». "</i> <i>"L'unico modo per rimanere coerente con me stessa era seguire quella strada"</i> <i>"Orgogliosa come sempre, aveva voluto chiarire subito le cose. Aveva la sua personalità e portava avanti il suo lavoro, chiedendo poco o niente al mondo esterno.."</i>	Esplorare il rapporto tra le ricercatrici e la comunità scientifica — se e come le ricercatrici imparano a fidarsi del proprio giudizio in assenza di validazione istituzionale. → Domanda 10

3.4 Doppia marginalità: genere e metodo	McClintock era marginale sia per il suo metodo sia per il suo genere, e le due cose si rinforzavano e rendevano questa marginalità più complessa. Fox Keller analizza questa tensione con ambivalenza, poiché McClintock stessa non si definiva femminista.	<i>"Nei confronti di un collega uomo il margine di tolleranza sarebbe stato maggiore, ma permettersi di essere donna ed eccentrica era davvero troppo"</i> <i>"in quanto donna aveva due alternative: o comportarsi da 'signora' o da 'eccentrica'"</i> <i>"Barbara non desiderava essere «più uomo che donna», ma intendeva trascendere ogni ruolo determinato dal sesso."</i> <i>"Si rifiutava di accettare un posto da donna. Non sarebbe stata uno "scienziato donna" più di quanto volesse essere una "donna" in senso convenzionale. Insisteva sul suo diritto ad essere valutata con lo stesso metro dei suoi colleghi uomini."</i> <i>"Quasi certamente non può bastare una spiegazione basata semplicemente su una discriminazione di sesso. [...]lei voleva «fare le cose che gli altri non facevano, ma non me ne ero mai resa conto»."</i>	Verificare come l'intreccio tra marginalità epistemica e marginalità di genere opera ancora nella fisica contemporanea – in che forme rispetto a quelle del caso McClintock – e se le ricercatrici lo riconoscono come tale o tendono a separare le due dimensioni. → Domande 8, 10 + follow-up
---	--	---	--

D4 – Didattica e Trasmissione

Riflessioni sulla trasmissione delle pratiche ai confini	/	/	Verificare se, a parere delle ricercatrici, è possibile insegnare e tradurre questi approcci nella didattica. → Domande 11, 12
--	----------	----------	---

Protocollo di intervista

Il protocollo è strutturato in quattro sezioni. Lo script in corsivo è destinato all'intervistatrice e non viene letto integralmente alle intervistate – serve a mantenere la coerenza del tono e delle transizioni tra sezioni, seguendo il framework IPR (Castillo-Montoya, 2016).

Script introduttivo

Grazie per aver accettato di partecipare a questa intervista. La mia ricerca si occupa di come la posizione di chi lavora ai confini tra discipline – o in contesti non convenzionali rispetto alla fisica mainstream – influenzi il modo in cui si costruisce conoscenza scientifica.

L'intervista durerà circa 60 minuti. Con il suo consenso, la registrerò per poterla trascrivere in seguito – la registrazione sarà utilizzata solo per scopi di ricerca. In qualsiasi momento può scegliere di non rispondere a una domanda o di interrompere l'intervista.

[avviare la registrazione]

SEZIONE 1 — Percorso e posizionamento

Obiettivo: mettere a proprio agio l'intervistata, raccogliere informazioni di contesto, aprire lo spazio narrativo.

Domanda 1 Mi racconta un po' del suo percorso – come è arrivata a fare quello che fa oggi?

Follow-up:

- *C'è stato un momento o un incontro che ha cambiato la direzione del suo lavoro?*
- *Ha sempre saputo che avrebbe fatto fisica, o il percorso è stato meno lineare?*

Domanda 2 Di cosa si occupa attualmente?

Transizione: 'Grazie per le risposte molto chiare. Vorrei ora spostarmi su alcune domande più specifiche sul suo modo di lavorare e sul rapporto con i confini tra discipline.'

SEZIONE 2 — Pratiche ai confini

Obiettivo: esplorare come l'intervistata lavora concretamente, quali strumenti usa, come si muove tra discipline.

Domanda 3 Nel suo lavoro, si trova spesso a muoversi tra discipline diverse, a interloquire con professionisti e professioniste provenienti da altre discipline e/o a usare strumenti e linguaggi che vengono da ambiti diversi dal suo ambito (fisica)?

Follow-up:

- *Può farmi un esempio concreto di una situazione in cui questo è accaduto?*
- *Quale era il fattore aggregante e/o il motivo che aveva spinto a stare in questo contesto di confine?*
- *Quali discipline erano coinvolte?*
- *Come ha imparato a muoversi in quell'altro campo – è stato un processo formale o informale?*
- *Ci sono momenti in cui sente la tensione tra quello che la fisica si aspetta da lei e quello che sta facendo?*

Domanda 3a Nel suo lavoro – nella fase in cui sta cercando di trovare nuove ispirazioni, inquadrare un problema, capire qualcosa, o in cui si trova bloccata – ci sono fonti di ispirazione o di orientamento che non vengono dalla letteratura scientifica o dalla sua formazione disciplinare? Possono essere letture di altro tipo, esperienze, interessi che coltiva fuori dalla ricerca, o anche semplicemente modi di guardare le cose che ha sviluppato altrove.

Follow-up:

- *Può farmi un esempio concreto di una volta in cui qualcosa di "esterno" alla scienza ha influenzato il suo modo di affrontare un problema?*
- *È qualcosa di cui parla con colleghi e colleghe, o è rimasto nel dominio privato?*
- *Ha mai avuto la sensazione che queste connessioni fossero considerate non pertinenti o poco serie nel contesto accademico?*

Domanda 3b C'è qualcosa che fa – nel suo modo di approcciare la ricerca, di osservare, di ragionare – che non rientrerebbe nel protocollo standard della sua disciplina, o che farebbe fatica a descrivere nei termini del metodo scientifico ufficiale (nella “*sezione methods*” di un articolo scientifico o in un CV professionale)?

Follow-up:

- *Come descriverebbe questa pratica – è qualcosa di cui è consapevole, o l'ha riconosciuta solo raccontandola?*
- *Pensa che abbia influenzato i risultati del suo lavoro, o la tiene separata dalla produzione scientifica formale?*
- *C'è qualcuna o qualcuno con cui ne ha mai parlato in modo esplicito?*

Domanda 4 Come descriverebbe il suo rapporto con l'oggetto della sua ricerca – con i fenomeni fisici che studia? In questa relazione è presente una dimensione intuitiva, sensoriale, non formalizzabile interamente?

Follow-up:

- *Ci sono momenti in cui sente che capisce qualcosa non solo razionalmente, ma in modo più diretto o incorporato?*
- *Pensa che questo modo di rapportarsi all'oggetto di ricerca influenzi i risultati che ottiene?*

Transizione: 'Quello che ha descritto è molto interessante. Vorrei ora chiederle qualcosa di più specifico su come il suo posizionamento influenza la ricerca – e poi sulle condizioni che lo hanno reso possibile'

SEZIONE 3 — Meccanismi epistemici e condizioni

Obiettivo: esplorare come la posizione ai confini produce conoscenza diversa, e quali condizioni lo rendono possibile o difficile.

Domanda 5 Nel suo campo, ci sono domande che sente che vengono trascurate e/o approcci che faticano a essere presi sul serio dalla comunità scientifica dominante?

Follow-up:

- *Come lo spiega – è una questione di metodo, di linguaggio, di chi fa le domande?*

- *Ha mai scelto di non seguire una direzione di ricerca perché sapeva che non sarebbe stata riconosciuta?*
- *Come gestisce questa tensione nel quotidiano?*

Domanda 6 C'è stato un momento in cui il linguaggio che aveva a disposizione – i termini, i concetti, i modelli della sua disciplina – non bastava per descrivere quello che stava vedendo o facendo?

Follow-up:

- *Le è capitato di trovarsi davanti a una scoperta, ma non sapere come comunicarla?*
- *Come ha gestito quella situazione – ha cercato termini in altri campi, ha inventato qualcosa, ha lasciato la cosa non detta?*
- *Quella ricerca di un nuovo modo di dire le ha cambiato qualcosa anche nel modo di pensare il problema?*
- *Se risponde con riferimenti a linguaggi di altri campi → Da dove ha preso quegli strumenti – come ci è arrivata?*

Domanda 7 C'è un momento nella sua ricerca in cui ha visto qualcosa – una connessione, un problema, un risultato – che le ha fatto pensare: ‘questo non l'avrei visto se fossi rimasta dentro un solo campo’ ?

Follow-up:

- *Riesce a descrivermi come è successo – cosa stava facendo, cosa ha notato?*
- *Riesce a ricordare come si sentiva? Quali sono state le sensazioni che hanno indicato questa scoperta?*
- *Come è riuscita a non ignorare questa connessione/spunto/anomalia?*
- *Come ha reagito la comunità intorno a lei quando ha condiviso questa scoperta o questa prospettiva?*
- *Pensa che quella visione fosse legata al suo percorso specifico, o chiunque avrebbe potuto vederla?*

Domanda 8 Nel suo percorso, ha incontrato resistenze – istituzionali, culturali, relazionali – legate al fatto di lavorare in modo non convenzionale o in posizioni marginali?

Follow-up:

- *Può descrivermi una situazione concreta?*
- *Come ha risposto a quella resistenza – si è adattata, ha cambiato strategia, ha insistito?*
- *C'è qualcosa che avrebbe voluto avere – un supporto, una struttura, una persona – che avrebbe reso le cose più facili?*

Domanda 9 Al contrario – cosa ha reso possibile il suo percorso? Cosa o chi l’ha sostenuta nel lavorare in questo modo?

Follow-up:

- *C’è stata una persona, un contesto istituzionale, un incontro che ha fatto la differenza?*
- *Pensa che ci siano condizioni strutturali – nei dipartimenti, nei finanziamenti, nella formazione – che renderebbero più facile lavorare ai confini?*

Domanda 10 Come vive il rapporto con la comunità scientifica più ampia – si sente riconosciuta come fisica, come esperta, come ricercatrice?

Follow-up:

- *Ritiene necessario questo riconoscimento per la stabilità e serenità nel suo lavoro di ricerca?*
- *Come ha imparato a valutare il proprio lavoro indipendentemente dalla validazione esterna?*
- *Ci sono contesti in cui si sente più o meno legittimata?*
- *Percepisce la sua posizione come vincolo o come libertà?*
- *Ha mai dovuto scegliere come presentarsi – più 'fisica' in certi contesti, più 'interdisciplinare' in altri?*
- *Questo ha influenzato le sue scelte di ricerca?*
- *Ripensando al suo percorso, ci sono state situazioni in cui ha avuto la sensazione che il giudizio sul suo lavoro fosse influenzato da qualcosa che non riguardava il lavoro stesso?*
- *Se risponde con riferimenti al genere → Come ha imparato a navigare quella situazione – ha sviluppato strategie, ha cambiato qualcosa nel modo in cui si presenta o lavora?*
- *La fisica è ancora una delle discipline con la minor presenza femminile nei ruoli di ricerca avanzata. Nella sua esperienza quotidiana, questa asimmetria è qualcosa che si sente, o è rimasta sullo sfondo?*
- *C’è qualcosa che avrebbe voluto che qualcuno le dicesse all’inizio del suo percorso, che nessuno le ha detto?*

Transizione: ‘Siamo quasi alla fine. Le farò delle domande conclusive per poi lasciarle spazio se vuole aggiungere qualcosa che non abbiamo ancora toccato.’

Obiettivo: raccogliere riflessioni sulla trasmissione delle pratiche; chiudere l'intervista con spazio aperto.

Domanda 11 C'è qualcosa che avrebbe voluto incontrare durante la sua formazione o che le è mancato? E oggi, nel suo lavoro con studentesse, studenti o collaboratrici più giovani, cerca di creare spazi per questo tipo di apprendimento?

Follow-up:

- *Ci sono state figure – non necessariamente nella formazione accademica formale – che l'hanno aiutata a capire come stare in questi spazi? Come descriverebbe quel tipo di trasmissione?*
- *C'è qualcosa di questo modo di lavorare che cerca attivamente di coltivare nelle persone con cui lavora? E c'è invece qualcosa che lascia che scoprano da sole?*
- *Secondo lei, questo tipo di approccio – stare ai confini, contaminare le discipline – è qualcosa che si può insegnare in modo strutturato, o richiede necessariamente un percorso esperienziale che ognuno costruisce per sé?*
- *Ci sono aspetti di questo percorso che ha provato a trasmettere e che invece non riescono a passare – cose che si imparano solo abitandole?*

Domanda 12 Se potesse cambiare qualcosa – nella struttura della ricerca scientifica, nella formazione delle fisiche e fisici, nella cultura dei dipartimenti – cosa cambierebbe per rendere più facile lavorare in modo marginale o non convenzionale?

Follow-up:

- *Pensa che stia già cambiando qualcosa, o che la resistenza sia ancora forte?*

Domanda 13 C'è qualcosa del suo percorso o del suo modo di fare ricerca che non le ho chiesto e che pensa sia importante per quello di cui abbiamo parlato oggi?

Chiusura: 'Grazie mille – è stato un racconto molto ricco e mi ha dato molto su cui lavorare. Se nel tempo volesse aggiungere qualcosa, o se avesse curiosità su come procede la ricerca, sono disponibile. Le invierò la trascrizione dell'intervista così da poterla revisionare.'

