

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI  
BOLOGNA

---

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI  
Corso di Laurea in Matematica

**LE *LEARNING PROGRESSIONS*  
NELL'EDUCAZIONE  
SCIENTIFICA:  
ELABORAZIONE DI CRITERI DI  
CONFRONTO FRA DIVERSI  
APPROCCI DI RICERCA**

Tesi di Laurea in Insegnamento della Fisica:  
aspetti teorici e aspetti sperimentali

Relatore:  
Prof.ssa Barbara Pecori

Presentata da:  
Sara Baruzzi

Terza Sessione  
2009/2010

*A tutti quei sorrisi.*



*La Scienza è molto più un modo di pensare,  
che un corpo di conoscenze.*

Carl Sagan



# Indice

Introduzione	3
1 Rassegna della letteratura sulle <i>Learning Progressions</i>	7
2 Criteri per confrontare gli approcci alle <i>Learning Progressions</i>	21
2.1 Ricerca di criteri e metodologie . . . . .	21
2.2 Esempi di utilizzazione dei criteri . . . . .	32
Considerazioni conclusive	47
Bibliografia	51



# Introduzione

Importante tema di dibattito nel settore della ricerca nell'educazione scientifica, le Learning Progressions rappresentano una struttura orientata a colmare il divario tra la ricerca che si preoccupa di capire come le persone acquisiscono conoscenza e quella sui metodi di insegnamento e di valutazione. Esse hanno rapidamente suscitato interesse da parte delle comunità di ricerca in didattica delle scienze ma, altrettanto velocemente, è nato un dibattito sulle caratteristiche alle quali le Learning Progressions dovrebbero rispondere. Per rendere possibile un confronto diretto tra le diverse posizioni e poter ipotizzare soluzioni ai problemi emersi, nell'estate del 2009 è stata organizzata una conferenza a Iowa City (Iowa, Stati Uniti D'America) dal titolo "Learning Progressions in Science Conference". Oltre a fornire un'occasione di incontro e di confronto per i leader nel settore, per i ricercatori nuovi a questo ambito ha rappresentato un'importante opportunità per esplorare le sfide che si troveranno ad affrontare.

Ma cosa si intende esattamente con il termine *Learning Progressions*? Esistono una serie di definizioni presenti nella letteratura di ricerca nell'educazione scientifica, fra le quali ad esempio possiamo ricordare le seguenti<sup>1</sup>:

- *Le Learning Progressions sono progressive mappe verticali che forniscono una descrizione della sequenza di sviluppo delle abilità di compren-*

---

<sup>1</sup>Heritage M. (2008), "Learning Progressions: supporting instruction and formative assessment", Paper prepared for the Formative Assessment for Teachers and Students (FAST) State Collaborative on Assessment and Student Standards (SCASS) of the Council of Chief State School Officers (CCSSO), Washington.

- sione e delle conoscenze: un'immagine di che cosa significa 'migliorare' in un'area d'apprendimento (Masters & Forster, 1997)*
- *Le Learning Progressions sono una descrizione di modi di pensare sempre più sofisticati relativi ad un tema, che accompagnano l'apprendimento di ogni singolo studente: spiegano attraverso parole ed esempi che cosa significa muoversi verso una comprensione più specializzata (Wilson & Bertenthal, 2005)*
  - *Le Learning Progressions sono descrizioni di come gli studenti acquisiscono maggiori competenze all'interno di una disciplina. Non solo rappresentano come la conoscenza e la comprensione si sviluppano, ma spiegano anche come si costruisce il sapere col passare del tempo (Stevens, 2007)*
  - *Le Learning Progressions descrivono lo sviluppo di modi sempre più sofisticati di ragionare riguardo ad un concetto che accompagna il processo di apprendimento degli studenti (Smith, 2006)*

Caratteristica comune ad ognuna di queste definizioni è l'idea di uno sviluppo verticale lungo un periodo di tempo: l'apprendimento viene raffigurato come un aumento progressivo del livello di sofisticazione dei concetti e delle abilità relativi ad un settore di conoscenza. Inoltre si può osservare come ciascuna di esse delinei un'idea di progressione, cioè una sequenza lungo cui gli studenti possono muoversi verso prestazioni sempre più specializzate. Dentro l'idea di progressione è implicita la nozione di continuità e coerenza: l'apprendimento non è osservato come serie di eventi discreti, ma piuttosto come una traiettoria di sviluppo che si collega alla conoscenza, ai concetti ed alle abilità già possedute. Un altro aspetto importante è che, al contrario, nessuna delle precedenti definizioni contiene riferimenti per formulare le aspettative di tale progressione in relazione alle varie età degli studenti, contrariamente a quanto avviene per i tradizionali programmi di studi. Questi ultimi, infatti, definiscono per ogni livello di scolarità il corpo di conoscenze che lo studente dovrebbe acquisire, individuando quindi una modalità di apprendimento

orizzontale.

Questa tesi si propone di analizzare articoli, contributi a volumi e a congressi riguardanti le Learning Progression al fine di elaborare criteri di confronto tra diversi approcci di ricerca. Essi potrebbero costituire la base di una futura ricerca sulle Learning Progressions, in quanto rappresentano un primo passo verso una risposta ai problemi ancora oggi aperti.



# Capitolo 1

## Rassegna della letteratura sulle *Learning Progressions*

Il lavoro presentato in questa testi è stato sviluppato attraverso l'analisi di articoli, di contributi a volumi e a congressi riguardanti le Learning Progressions. Nella seguente sezione si riporterà una breve sintesi critica dei lavori presi in esame, ponendo l'attenzione sugli elementi che hanno consentito di evidenziare alcune categorie di analisi e di confronto che saranno argomento del prossimo capitolo.

I lavori presi in esame sono nell'ordine:

- *“Learning Progressions” in Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8* (Eds: Duschl R.A., Schweingruber H.A., Shouse A.W., 2007)
- *The Evolution of Design Studies as Methodology* (Confrey J., 2006)
- *The Construction, Refinement, and Early Validation of the Equipartitioning Learning Trajectory* (Confrey J., Maloney A., 2010)
- *L'educazione alla conoscenza scientifica: un percorso che parte da lontano* (Gagliardi M., Grimellini Tomasini N., Pecori B., 1999)

- *“Dalla Terra all’Universo: linee di un percorso dalla scuola dell’infanzia al termine della scuola secondaria superiore”* in *Approcci e proposte per l’insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario* (Giordano E., Lanciano N., Pantano O., Rossi S., a cura di Guidoni P. e Levrini O., 2008)
- *“Lo studio delle onde dalla scuola dell’infanzia al termine della scuola secondaria superiore”* in *Approcci e proposte per l’insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario* (Balzano E., Gagliardi M., Giordano E., Guidoni P., Minichini C., Tarsitani C., a cura di Guidoni P. e Levrini O., 2005)
- *Validation of a Learning Progression: Relating Empirical Data to Theory* (Duncan R.G., Shea N., 2010)
- *Reflections on Learning Progressions* (Shavelson R.J., 2009)
- *Learning Progressions in Science Education: two approaches for development* (Salinas I., 2009)
- *A critique of how Learning Progressions research conceptualizes sophistication and progress* (Hammer D., Sirkorski T.R., 2010)

Riporto innanzitutto una sintesi degli articoli che permettono di individuare un quadro di riferimento sul concetto di Learning Progression all’interno del quale collocare esempi e riflessioni critiche.

***“Learning Progressions” in Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*** (Duschl R.A. et al., 2007)

Si tratta di una pubblicazione che ha avuto grande risonanza nel panorama della ricerca educativa anche al di fuori degli Stati Uniti dove è stata prodotta; in particolare essa rappresenta un punto di riferimento

---

privilegiato quando si parla di Learning Progressions. Il capitolo dedicato a questo tema si divide in due parti principali: nella prima vengono discusse le caratteristiche fondamentali delle Learning Progressions, contrapponendole ai metodi di insegnamento correnti, mentre nella seconda ne viene riportato un esempio.

Gli autori sottolineano come attualmente la maggior parte delle decisioni riguardanti l'istruzione e le sequenze curriculari nell'insegnamento della scienza non sono guidate da un approccio longitudinale all'apprendimento, cioè non sono collegate ai risultati della ricerca attuale sull'insegnamento e l'apprendimento della scienza. Le Learning Progressions, invece, sono percorsi a lungo termine caratterizzati da un uso dei risultati di ricerca sull'apprendimento degli studenti al fine di una migliore comprensione di come lo sviluppo concettuale può evolvere, dall'interazione fra i fili di conoscenza scientifica nella costruzione del sapere, da un'organizzazione di conoscenze concettuali intorno ad un'idea principale e dal riconoscimento di sequenze multiple di conoscenza che si sviluppano e si intrecciano come una ragnatela.

Per esplicitare meglio l'idea che sta alla base, viene presentata una Learning Progression sulla teoria atomico-molecolare della materia come esempio sia dei problemi che delle possibilità che caratterizzano questo approccio. A livello K-2<sup>1</sup> lo scopo è di chiarire, ampliare e or-

---

<sup>1</sup>Nel sistema scolastico americano i bambini vengono assegnati in dodici gruppi chiamati *grade* (dal 1<sup>st</sup> grade al 12<sup>th</sup> grade) che seguono la scuola dell'infanzia e corrispondono agli anni di studio che partono dall'inizio della *Elementary School* fino alla fine della *High School*. Elementary School: 1<sup>st</sup> grade corrisponde ad un'età media di 6-7 anni, 2<sup>nd</sup> grade corrisponde ad un'età media di 7-8 anni, 3<sup>rd</sup> grade corrisponde ad un'età media di 8-9 anni, 4<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 9-10 anni, 5<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 10-11 anni. Middle School: 6<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 11-12 anni, 7<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 12-13 anni, 8<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 13-14 anni. High School: 9<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 14-15 anni, 10<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 15-16 anni, 11<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 16-17 anni, 12<sup>th</sup> grade corrisponde ad un'età media di 17-18 anni.

Con la sigla "K-*i*" si considerano tutti i grades compresi tra il 1<sup>st</sup> grade e il *i*<sup>th</sup> grade.

ganizzare le conoscenze riguardo ai materiali comuni ed alle grandezze fisiche più importanti, ai grades 3-5 si sollecita una prima comprensione del concetto di materia a livello macroscopico mentre ai grades 6-8 si sviluppa una vera e propria comprensione della teoria atomico-molecolare. I risultati delle sperimentazioni hanno mostrato che le pratiche d'istruzione più efficaci, sia a livello K-2 che all'8<sup>th</sup> grade, sono quelle che mirano a sviluppare la comprensione facendo partecipare gli studenti in varie attività, compreso l'esperimento e la raccolta dei dati, il ragionamento a livello individuale o di gruppo sul significato di un particolare dato/elemento sfruttando le risorse di ogni studente e l'applicazione di idee chiave a nuove situazioni.

***The Evolution of Design Studies as Methodology (Confrey J., 2006)***

Con il termine *Design Studies* l'autore indica studi volti a fornire conoscenza sistematica riguardo all'apprendimento, producendo indicazioni teoriche per guidare le scelte didattiche verso una migliore comprensione da parte degli studenti. Lo scopo di un *Design Study* è indagare la relazione fra due concetti: corridoio concettuale e traiettoria concettuale. Il corridoio concettuale è un costrutto teorico che descrive lo spazio concettuale navigabile con successo al fine di imparare un particolare contenuto. Durante l'insegnamento gli studenti percorreranno diverse traiettorie particolari lungo il corridoio. Gli insegnanti hanno bisogno di avere un'idea di quali possibili traiettorie uno studente può seguire per orientare gli studenti ad entrare nel corridoio. L'indagine sperimentale quindi richiede di raccogliere dati che documentino la natura delle diverse traiettorie, poiché lo scopo della ricerca è quello di modellizzare il corridoio concettuale come descrizione di tutte le possibili traiettorie concettuali. In questa prospettiva l'efficacia dell'insegnamento dipende dalla qualità del corridoio concettuale costruito, in modo tale da aumentare la probabilità che le traiettorie seguite abbiano successo.

---

***The Construction, Refinement, and Early Validation of the Equipartitioning Learning Trajectory (Confrey J., Maloney A., 2010)***

Gli autori descrivono la ricerca che ha portato alla costruzione di una *Learning Trajectory* per la costruzione del concetto di numero razionale e alla sua sperimentazione con gli studenti di scuola elementare e media. La traiettoria è stata rifinita e validata attraverso un processo iterativo che può servire come prototipo per la costruzione di altre *Learning Trajectories*.

Il concetto base individuato per la costruzione della progressione è quello di “equipartizione”. Esso comprende tutti i comportamenti conoscitivi che hanno lo scopo di dividere equamente una collezione di elementi o dividere in parti uguali una singola unità; viene evidenziata, quindi, la differenza che intercorre tra il concetto racchiuso da questo termine ed i concetti delineati dai termini “rottura”, “segmentazione” o “partizione” in quanto nessuno di questi prevede una divisione in gruppi o parti di egual misura. La traiettoria prevede una serie di attività ed una continua interazione con gli studenti destinate a suscitare una gamma di ragionamenti, rappresentazioni, pratiche matematiche e ad evidenziare sia proprietà emergenti sia misconcezioni presenti.

***L'educazione alla conoscenza scientifica: un percorso che parte da lontano (Gagliardi M. et al., 1999)***

Il lavoro vuole illustrare con esempi di risultati di ricerca la posizione degli autori riguardo al significato della formazione scientifica. In particolare tale significato emerge attraverso l'analisi delle elaborazioni dei concetti e dei metodi in una prospettiva di continuità nell'insegnamento delle scienze ai diversi livelli dell'obbligo scolastico. Viene descritto il passaggio da forme di conoscenza comune a forme di conoscenza sempre più orientate disciplinarmente in relazione ad una specifica area di conoscenza fisica, lo studio del movimento in termini di cinematica, fornendo un esempio di che cosa può rappresentare un percorso educativo

in grado di far integrare la costruzione di modi di guardare scientifici con lo sviluppo spontaneo della conoscenza.

Nella scuola di infanzia e nei primi due anni della scuola elementare gli allievi possono essere coinvolti in attività che si presentano come attività di gioco, caratterizzate da una forte componente percettiva (in questo caso particolare si tratta di un processo di esplorazione a livello motorio). Passando ad alunni di terza e quarta elementare l'insieme delle attività possono essere inquadrare non più semplicemente come una sequenza di giochi che si assomigliano tra loro ma dentro uno schema unitario di studio del movimento: le attività da proporre possono essere, almeno inizialmente, molto simili ad alcune di quelle considerate precedentemente ma indirizzate alla individuazione delle "forme del movimento" e delle "forme delle relazioni fra spazio, tempo e velocità" nel caso del moto uniforme. Anche a livelli di età superiori sono sempre i movimenti degli oggetti il punto di partenza per proseguire nello studio, ma considerata l'abilità già raggiunta nella gestione di formule/relazioni fra diversi fattori, si può ora operare una generalizzazione dei risultati ottenuti finora.

Questo lavoro sottolinea tre importanti aspetti nell'apprendimento delle scienze: il confronto con i fatti, il confronto con gli altri ed il confronto con il processo spontaneo di costruzione. Il primo è necessario per appropriarsi, all'interno di un approccio fenomenologico allo studio della natura, di modi di guardare, descrivere e interpretare i fenomeni naturali, il secondo è importante perchè ogni studente si possa sentire direttamente coinvolto nel processo di insegnamento-apprendimento e possa meglio cogliere il significato della scienza come costruzione di conoscenza condivisa, ed il terzo, infine, permette a ciascuno di identificare, mediante la riflessione personale, il modo nel quale la conoscenza individuale e collettiva si è andata costruendo e ristrutturando.

Gli articoli che seguono forniscono esempi specifici di Learning Progressions e permettono quindi di valutare il significato attribuito al termine dai

---

ricercatori attraverso la sua messa in pratica.

***“Dalla Terra all’Universo: linee di un percorso dalla scuola dell’infanzia al termine della scuola secondaria superiore”***  
**(Giordano E., Lanciano N., Pantano O., Rossi S., 2008)**

Questo contributo delinea un percorso che si pone l’obbiettivo di guidare gli studenti a riconoscere la nostra collocazione sulla Terra, della Terra nel Sistema Solare, nella nostra Galassia e nell’Universo, partendo da un approccio fenomenologico basato sulla raccolta di dati di osservazioni ed esperienze articolati sulla base di una prospettiva longitudinale d’insegnamento in tre livelli L1, L2 e L3<sup>2</sup>. L’osservazione e la raccolta dei dati proposte sono sistematiche e, se effettuate per tempi sufficientemente lunghi, permettono di rilevare la ciclicità degli eventi. Alla registrazione delle principali variabili che caratterizzano gli oggetti celesti si affianca un’attività di modellizzazione che parte dalle simulazioni col corpo (livello L1) e prosegue con la costruzione di modelli interpretativi su supporti concreti che permettono di rappresentare i fenomeni osservati da punti di vista diversi (livello L2) e di correlare il piano dell’osservazione con quello dell’interpretazione (livello L3). Queste attività hanno lo scopo di guidare l’alunno al riconoscimento dei cicli della natura (notte e dì, stagioni, fasi lunari), alla distinzione tra fenomeni astronomici ed atmosferici, al legame tra cicli naturali ed organizzazione ciclica del tempo (giorno, settimana, anno).

Al di là degli aspetti strettamente concettuali, è importante sottolineare la pratica di condivisione dei dati presente in questo approccio, che consente di mettere in relazione anche osservatori con patrimoni culturali differenti e di aprire gli alunni alla multiculturalità della società attuale

---

<sup>2</sup>Per dare continuità verticale dei percorsi, gli autori hanno individuato tre intervalli di maturazione concettuale corrispondenti a diversi intervalli di scolarità: scuola dell’infanzia, primaria e secondaria di primo grado (L1), primo biennio della scuola secondaria (L2) e triennio finale della scuola secondaria (L3).

attraverso il confronto di miti, domande, spiegazioni ed osservazioni del cielo fatte in contesti geografico-storico-culturali differenti.

***“Lo studio delle onde dalla scuola dell’infanzia al termine della scuola secondaria superiore”*** (Balzano E., Gagliardi M., Giordano E., Guidoni P., Minichini C., Tarsitani C., 2005)

Questo contributo propone un percorso longitudinale sul tema delle onde, che procede dall’individuazione di modelli percettivi, descrittivi, fenomenologici, fino a modelli astratti formalmente più sofisticati.

A livello L1 è importante una fase iniziale di esplorazione libera che permette di riconoscere sul piano percettivo, quale che sia il mezzo considerato, forme d’onda di diverso tipo mettendole in relazione “operativa” con le caratteristiche dell’azione che consente di generarle, permette di capire che la stessa azione produce onde diverse in mezzi diversi e permette di riconoscere che qualsiasi onda, quando cessa l’azione che l’ha provocata, è destinata a svanire. Nella fase successiva, quella dell’esplorazione sistematica, vengono invece analizzate situazioni riproducibili di realizzazione di onde, con controllo di variabili separate, in mezzi che lo consentono (acqua, corde, molle) approfondendo lo studio di aspetti già emersi nella fase precedente. A livello L2 e L3, invece, vengono presentati due itinerari caratterizzati entrambi dal ruolo fondamentale giocato dall’esperienza e dalla conoscenza accumulata individualmente nel corso del tempo che permette di analizzare lo studio delle onde attraverso diverse chiavi di lettura.

***Validation of a Learning Progression: Relating Empirical Data to Theory*** (Duncan R.G., Shea N., 2010)

L’articolo definisce le Learning Progressions come modelli teorici dell’apprendimento in un determinato dominio che descrivono progressivamente i livelli di ragionamento che uno studente raggiunge mentre sviluppa conoscenza, sottolineando il fatto che non si tratta di uno sviluppo spontaneo ma di un percorso che richiede programmi di studio

mirati. Vengono poi presentati due esempi di Learning Progressions: la prima riguarda la natura delle informazioni genetiche mentre la seconda riguarda il ruolo svolto dalle proteine come intermediario tra i geni e i caratteri. Dal confronto fra i due esempi si può riscontrare che le due Learning Progressions si differenziano principalmente nel numero di livelli previsti; uno dei principali problemi aperti è, infatti, quello di determinare quale sia la separazione tra i livelli più adatta alla costruzione di diversi concetti. La determinazione del numero di livelli richiede di effettuare esperimenti in cui le Learning Progressions possono essere convalidate, controllando l'effettivo sviluppo concettuale degli studenti e i livelli di prestazione raggiunti. Le Learning Progression inoltre differiscono nel numero di idee o costruzioni concettuali che prevedono e nei modi in cui il progresso è relazionato ad esse. Per esempio il progresso lungo due costruzioni può avvenire in parallelo oppure in sequenza, cioè le costruzioni possono essere collegate in modo che il progresso possa svilupparsi contemporaneamente sia su una che sull'altra oppure che possa invece cominciare in una costruzione soltanto dopo il raggiungimento di un certo livello di sofisticazione dell'altra.

Infine gli articoli che seguono sviluppano una riflessione critica sul concetto di Learning Progression e rappresentano il punto di arrivo attuale della riflessione teorica sull'argomento.

***Reflections on Learning Progressions* (Shavelson R.J., 2009)**

L'articolo propone una prima definizione di Learning Progression, descrivendola come una sequenza di modi successivamente più complessi di ragionamento riguardo ad una serie di idee. Le progressioni non prefigurano uno sviluppo obbligatorio ma dipendono dall'interazione tra la conoscenza accumulata a livello individuale nel corso del tempo e la "nuova" conoscenza. Viene specificato inoltre che non esiste un "ordine corretto" della progressione: l'apprendimento si evolve in una successione di cambiamenti che hanno luogo simultaneamente in varie forme

interconnesse. In seguito l'autore riporta una seconda enunciazione, definendo le progressioni come ipotesi riguardanti lo sviluppo della comprensione degli studenti (ed una successiva abilità nell'usarla) riguardo i concetti, le spiegazioni e le pratiche scientifiche, caratterizzato dalla crescente sofisticazione che si può ottenere mediante un'istruzione appropriata. Entrambe le definizioni caratterizzano le Learning Progressions come una sequenza o una crescita di modi successivamente più complessi di ragionamento, entrambe riconoscono la centralità dell'istruzione nell'evoluzione delle progressioni, entrambe sottolineano che tale crescita non è lineare ed entrambe le definizioni evidenziano il carattere ipotetico delle Learning Progressions e l'esigenza di una forte base di ricerca in grado di valutare l'efficacia di tali progressioni. Esse rappresentano però due diverse "strade" percorribili. La prima, definita dall'autore *the curriculum and instruction road*, basa la Learning Progression sull'analisi logica della struttura del contenuto; tale analisi si combina con quello che egli definisce *psychologizing*, cioè ipotesi su come gli studenti potrebbero sviluppare la propria conoscenza. Tale operazione sembra avere dei limiti, che appaiono evidenti quando la varietà e l'ampiezza della conoscenza costruita dagli studenti è tale da sorprendere l'interlocutore. La seconda strada, *the cognition and instruction road*, ha alla base l'idea di tracciare la crescita della conoscenza di ogni singolo studente. Poiché questo approccio sembra comportare risposte ad hoc alle esigenze dei singoli studenti, il problema qui sollevato è se veramente sia possibile seguire lo sviluppo della cognizione di ogni individuo, in quanto diversa da persona a persona. Dal confronto delle due proposte e degli aspetti che le caratterizzano, secondo l'autore nasce la sfida di riuscire ad unificare queste due strade.

***Learning Progressions in Science Education: two approaches for development* (Salinas I., 2009)**

Il seguente lavoro presenta un'analisi della letteratura sulle Learning Progressions ponendo a confronto due approcci: i così detti *esclated*

---

*approach* e *landscape approach*. Secondo il primo di essi la progressione si costruisce in termini di livelli, compresi tra i due estremi *lower anchor* e *upper anchor*, che evidenziano l'idea di un progressivo aumento di conoscenza, definito appunto *escalation*. Tale approccio prevede un processo di comprensione degli studenti principalmente lineare e crescente ed è caratterizzato da una operazione analitica, che definisce e costruisce la progressione, ipotizzando come si sviluppi la conoscenza degli studenti nelle varie fasi. L'idea che sta dietro al secondo approccio è, invece, quella di un paesaggio composto da un ricco insieme di elementi collegati l'un l'altro che modellano la situazione cognitiva.

I collegamenti fra tali elementi sono descritti come i fili che relazionano i fenomeni, le osservazioni o gli insiemi di abilità: questi fili mostrano le connessioni necessarie affinché gli studenti avanzino nella progressione. Grazie a questa sua natura esplorativa, esso risulta da un lato più elastico ma dall'altro non chiarisce come avanzi la progressione, cioè non permette di individuare quali siano gli elementi che conducono a una migliore comprensione.

***A critique of how Learning Progressions research conceptualizes sophistication and progress (Hammer D. et al., 2010)***

L'articolo presenta un riassunto critico di tre Learning Progressions riguardanti diversi argomenti (l'eredità genetica, la forza e il moto, la materia), analizzando come ciascuno di essi valuti la sofisticazione e concettualizzi la dinamica di progresso.

Nella prima Learning Progression la sofisticazione del progresso concettuale si basa su quello che viene definito "buonsenso educativo", ovvero si costruisce la conoscenza partendo dalle idee più semplici e fondamentali: le idee scientificamente accreditate costituiscono il punto di riferimento dell'apprendimento e sono loro a condurre verso una comprensione sempre più completa. Ci sono però parecchie ragioni per mettere in discussione il fatto che l'apprendimento si sviluppi come una sequenza lineare di obiettivi concettuali, tra le quali è importante ricordare che

il progresso all'interno della scienza non è generalmente caratterizzato da una simile sequenza (le idee scientifiche di base hanno subito radicali cambiamenti nel corso dei secoli, si pensi ad esempio alla relazione tra velocità, spazio e tempo prima e dopo la scoperta della relatività). Questo approccio alla progressione, prendendo in considerazione solo i concetti corretti, omette sistematicamente la possibilità di produrre conoscenza a partire da un'idea sbagliata. La seconda Learning Progression, invece, sviluppa una progressione di apprendimento che non si basa sulle idee scientificamente accreditate, ma sulle idee degli studenti, sia che esse siano corrette, sia che esse siano errate. In questo caso, quindi, si include la possibilità di costruire conoscenza a partire da un'idea sbagliata, descrivendo tale processo come una sequenza di ipotesi che porta alla conoscenza corretta col passare del tempo. L'ultima Learning Progression è costruita esplicitamente sulla base di una teoria conoscitiva in cui il movimento lungo una progressione d'apprendimento è molto più dell'acquisizione lineare di un numero sempre maggiore di elementi della teoria. Qui, infatti, il movimento lungo la progressione è definito dal cambiamento della "posizione" in cui gli studenti si trovano ad analizzare il problema: maggiori saranno gli elementi di teoria acquisiti dagli studenti e maggiori saranno le possibili "posizioni" dalle quali potranno studiare l'argomento. Se confrontiamo invece le Learning Progressions in base alla concettualizzazione della dinamica del progresso si distinguono due tipi di struttura: la prima fornisce un'organizzazione attraverso livelli dove ognuno di essi è qualitativamente distinto da quello precedente e da quello successivo, tracciando quindi una strada che dovrebbe portare alla comprensione, mentre la seconda non descrive se gli studenti "hanno" o "non hanno" un particolare livello di conoscenza, ma definisce la conoscenza degli studenti come multiforme, sensibile al contesto e relazionata sia all'ambito sociale che all'ambito fisico.

Il lavoro evidenzia che una progressione a livelli non può descrivere

esattamente le idee degli studenti. Tali livelli infatti sono internamente coerenti e qualitativamente differenti ma uno studente può trovarsi simultaneamente su due livelli distinti, oppure ne può “saltare” alcuni, arrivando quindi a posizioni non giustificabili con il percorso di sviluppo cognitivo previsto (come può stare in piedi un muro al quale mancano file di mattoni?). D'altra parte nel caso del secondo di tipo di strutturazione non si ha una chiara comprensione di quali siano i diversi fattori che portano al progresso degli studenti, rendendo così difficile tracciare la dinamica di questo processo.



## Capitolo 2

# Criteri per confrontare gli approcci alle *Learning Progressions*

### 2.1 Ricerca di criteri e metodologie

Nel quadro di una riflessione complessiva, al di là della diversità delle terminologie utilizzate nelle singole concettualizzazioni, l'analisi della letteratura in riferimento agli articoli sulle Learning Progressions citati nel capitolo precedente ha permesso di individuare cinque categorie di criteri di confronto che dovrebbero caratterizzare le Learning Progressions stesse. Tali categorie si riferiscono, sinteticamente, alla flessibilità, al punto di partenza, agli elementi di dinamica cognitiva, al ruolo attribuito alla conoscenza sviluppata ed ai tipi di valutazioni previsti.

Nelle seguenti pagine verranno analizzati i criteri di confronto fra i diversi approcci di ricerca analizzandone la problematicità interna, fermo restando che la loro utilizzazione non può essere di tipo addizionale-lineare, ma deve prevedere un'integrazione strutturale.

Flessibilità della Learnig Progression
Il punto di partenza della progressione
Elementi di dinamica cognitiva
Conoscenza sviluppata
Tipi di valutazioni previsti

Tabella 2.1: Criteri di confronto fra differenti Learning Progression

**(a) Flessibilità della Learnig Progression**

Questa categoria permette di distinguere tra approcci alle Learning Progressions costruiti sull'idea di un percorso unico di apprendimento per l'intera classe e approcci costruiti per consentire agli studenti la costruzione di percorsi concettuali individuali. Quest'ultima tipologia mira all'individuazione di percorsi che si muovano nell'ottica della massima valorizzazione della diversità individuale prevedendo strutturalmente la possibilità di scegliere cammini e indirizzi paralleli per consentire a tutti gli studenti di raggiungere un medesimo obiettivo. Ma come è possibile costruire dei percorsi formativi diversi che, però, giungono tutti ad un medesimo obiettivo?

Dall'analisi dei lavori esposti precedentemente è emerso un importante ruolo giocato dal modo in cui vengono individuati i vari elementi che interessano la Learning Progression presa in esame e le relazioni che intercorrono fra di essi. Davanti ad un problema, ogni studente può porre l'attenzione su sfaccettature diverse e da queste può partire un ragionamento logico che può richiamare differenti *prior-knowledge* (vedi punto (c)) e, queste, a loro volta possono collegarsi a conoscenze appropriate precedentemente. Iterando tale procedimento, via via aumentano il numero di elementi presi in considerazione e i legami che legano l'un l'altro, elementi e legami che, appunto, sono differenti da studente a studente. In alcuni articoli è chiaramente affermato che la discussione ed il confronto tra i ragionamenti logici seguiti dai vari studenti sono

molto importanti in quanto nascondono una doppia funzionalità: stimolare la crescita di un percorso nel caso in cui uno studente non riesca a trovare “punti di appoggio” sui quali basarsi per partire/proseguire nel proprio cammino ed evitare che vengano considerati elementi o relazioni fra elementi che non abbiano un’importanza rilevante ai fini di raggiungere l’obiettivo di partenza, ovvero di cercare di dare una spiegazione scientifica al problema presentato. Infatti, da quanto riportato nei vari esempi di Learning Progressions presentate negli articoli, è facile che uno studente durante la costruzione di un cammino logico richiami elementi o relazioni che non influiscano in modo significativo sulla comprensione del problema preso in analisi, soprattutto se consideriamo la scuola d’infanzia o i primi anni di scuola elementare.

In questo tipo di Learning Progression l’idea presente alla base è, quindi, quella di tracciare la crescita della conoscenza di ogni singolo studente. Sebbene questo approccio sembri racchiudere risposte ad hoc alle esigenze dei singoli individui, il problema qui sollevato è se veramente esso riesca a riflettere lo sviluppo della cognizione di ogni studente, in quanto diversa da persona a persona: la progressione fornisce un modo valido e utile di illustrare la via dello sviluppo conoscitivo dei singoli allievi?

Come accennato precedentemente tale opportunità non è una caratteristica comune a tutte le Learning Progressions. Esistono alcuni approcci, infatti, che si basano sull’idea che la progressione sia un processo univoco che va avanti passo-passo. Qui essa si costruisce in termini di livelli, compresi tra due estremi (*lower anchor* e *upper anchor*), che evidenziano l’idea di un progressivo aumento di conoscenza (*escalation*): tale approccio prevede, quindi, un processo di comprensione degli studenti principalmente lineare e crescente caratterizzato da una forte componente analitica che definisce e costruisce la progressione. I livelli di comprensione sono internamente coerenti e qualitativamente differenti, ma non sono ancora in grado di dare una spiegazione del come è

avvenuto il passaggio da un livello ad un altro. Può accadere, quindi, che alcuni individui risultino avere “saltato” un livello di progressione previsto dalla Learning Progression o che, addirittura, si trovino a cavallo tra due livelli, in un livello “intermedio”, arrivando quindi in posizioni in contraddizione con il percorso dello sviluppo di cognizione considerato. Appare chiaro che, in questo tipo di Learning Progression, gli elementi e le relazioni tra di essi vengono individuati in un modo univoco, quello previsto dalla successione dei livelli, senza consentire agli studenti un processo autonomo di costruzione della conoscenza.

Considerando quanto appena discusso, quale deve essere quindi il ruolo dell'insegnante? Nel primo caso considerato è evidente che gli insegnanti, per sostenere la crescita dei percorsi che si muovono nell'ottica della massima valorizzazione della diversità individuale al fine di un miglior sviluppo di conoscenza dei singoli allievi, hanno bisogno di avere un'idea di quali possibili cammini concettuali uno studente può percorrere (il *corridoio concettuale*), essendo difficile sapere esattamente come essa progredisce, mentre nel secondo, al contrario, devono affrontare la progressione passo-passo seguendo un chiaro schema rappresentante il percorso concettuale, negando però la possibilità agli studenti di costruirsi cammini concettuali diversi.

Le due tipologie di Learning Progression sopra analizzate rappresentano gli estremi di uno spettro di diverse tipologie di approcci, ognuna contraddistinta da una sua flessibilità, ma a prescindere dalle possibilità di scelta che vengono offerte, va ricordato che alla base di ogni modellizzazione cognitiva articolata resta un problema di fondo. Se, infatti, è opportuno e necessario distinguere elementi e relazioni qualitativamente differenti all'interno della struttura complessiva, non è di fatto possibile separare funzioni e contributi diversi se non si vogliono perdere o mistificare proprio le relazioni-fra-relazioni che caratterizzano la dinamica cognitiva d'insieme. Questo gioco che “per capire bisogna separare, ma non si può capire il separato se non rimettendo insieme”

è un meccanismo di base della stessa percezione, a partire dai sensi che si sono specializzati in diversi canali ma le cui informazioni vengono però automaticamente confrontate ed aggiustate.

(b) ***Il punto di partenza della progressione***

Con questo termine si intende il richiamo a conoscenze già possedute. Ovviamente nella scuola dell'infanzia e nei primi anni di scuola elementare si tratterà di conoscenze spontanee e dell'esperienza quotidiana che ogni individuo possiede, ma, via via crescendo, il punto di partenza può raggiungere reti di conoscenze sempre più lontane dal senso comune e dall'esperienza immediata.

Spesso il punto di partenza di un approccio viene associato alle conoscenze e alle competenze che un individuo dovrebbe possedere per poter affrontare la progressione, cioè viene associato ai “prerequisiti”. Essi costituiscono, quindi, la base di partenza per avviare un processo formativo concettuale, individuale e/o di gruppo, ed assumeranno via via forme sempre più dense di concetti. Non si pensi però che le Learning Progressions trattabili negli anni della scuola secondaria adottino come punto di partenza soltanto la *prior-knowledge* appropriata/acquisita negli anni; è possibile, infatti, avviare un processo formativo concettuale sulla stessa base di partenza di una Learning Progression sviluppata per studenti di scuola d'infanzia. Ma perchè adottare un punto di partenza così semplice? Certamente un approccio pratico permette a qualsiasi studente di mettersi in gioco in quanto viene riporato in una situazione ben nota ed, inoltre, iniziare da un punto di partenza già sperimentato permetterà poi di applicare diverse chiavi di lettura ad una stessa situazione.

Infine è importante sottolineare che alcune Learning Progressions all'aumentare del livello di maturazione concettuale associano un punto di partenza caratterizzato sempre più da una capacità di sintesi astratta e formalmente sviluppata, mentre altre caratterizzano il processo di

maturazione associando un numero via via crescente di elementi concettuali e di relazioni che intercorrono tra di essi.

Risulta evidente che l'utilizzazione dei due criteri appena analizzati non può essere di tipo addizionale-lineare ma deve prevedere un'integrazione strutturale, in quanto il punto di partenza della Learning Progression ha un grosso riscontro nella flessibilità della Learning Progression stessa.

(c) ***Elementi di dinamica cognitiva***

Dall'analisi della letteratura di ricerca nelle didattiche disciplinari, risulta cruciale il fare riferimento ad elementi di dinamica cognitiva affinché l'apprendimento sia significativo. Ad esempio, un articolo di Hammer argomenta in modo particolarmente convincente l'importanza delle risorse cognitive ed epistemologiche degli studenti per l'apprendimento della fisica (Hammer, 2000). Secondo l'autore i risultati di ricerca hanno permesso di mettere in evidenza che:

- non tutte le preconcezioni sono misconcezioni ma esistono risorse positive e costruttive anche nella conoscenza spontanea;
- esistono alcuni concetti ai quali ancorarsi sui quali la comprensione degli studenti si accorda particolarmente bene con quella dei fisici, mostrando come questi concetti possono servire come riferimento da cui partire per costruire analogie-ponte per aiutare gli studenti ad applicare la stessa comprensione ad altri contesti;
- l'"intuizione spontanea" rappresenta per gli studenti la materia prima per la costruzione della comprensione;
- le dinamiche cognitive sono il risultato di una risonanza (attivazione) di tante risorse diverse.

Dall'analisi della letteratura sulle Learning Progressions emerge che soltanto alcuni approcci sono esplicitamente costruiti sulla base di un modello cognitivo. In particolare, focalizzando sugli approcci che ne

fanno riferimento, è stato possibile individuare sette elementi di dinamica cognitiva ai quali gli autori fanno riferimento per costruire una Learning Progression. Tali elementi rappresentano una serie di atti cognitivi che potrebbe essere interpretata in maniera lineare, ma che è in realtà quanto mai non lineare e complessa. Si può infatti ritrovare più volte ognuno di questi elementi all'interno del processo di costruzione di una conoscenza.

- (i) *Cognizione sensitiva*: indica un processo di esplorazione sensoriale che può essere motoria, visiva, uditiva, ecc, che avviene attraverso una manipolazione, reale o virtuale, dell'oggetto di ricerca. E' dunque grazie ad una "sistematizzazione razionalizzata e guidata dall'esperienza" della cognizione sensitiva, ossia della manipolazione di una serie di dati, che si generano metodi, protocolli e modelli che costituiscono strumenti efficaci, in quanto garantiscono ripetibilità e quindi scientificità all'osservazione e al rapporto con il reale
- (ii) *Acquisizione di un modo di guardare*: indica il processo cognitivo per cui si passa da una situazione di osservazione indifferenziata ("guardo ma non vedo") ad una di osservazione consapevole (l'individuazione di un "modo di guardare"). E' interessante notare che a diverse situazioni di partenza corrispondono particolari modi di guardare che permettono di formulare nuove ipotesi di studio, come ad esempio modi di guardare per selezione (hanno come scopo mettere in risalto e distinguere facilmente determinate sequenze) o modi di guardare per misurazione (hanno come scopo arrivare ad ottenere dei dati quantitativi partendo da osservazioni e/o confronti di dati visuali o strutturali).
- (iii) *Prior-knowledge*: indica la conoscenza accumulata a livello individuale nel corso del tempo. Contenuto e contesto possono interagire nel determinare il ruolo svolto dalla conoscenza precedente: la qualità dei processi di riconoscimento e assimilazione determina la

decisione di accettare la nuova conoscenza, di combinarla con la conoscenza già posseduta al fine di trovare soluzione al problema trattato. Come evidenziato da Hammer, un'ampia base di prior-knowledge favorisce l'attivazione di più risorse e, quindi, amplia le possibilità di trovare una soluzione ad un problema che si intende affrontare (Hammer, 2000).

(iv) *Esperienza*: indica il processo del “fare esperienza” mediante continue riflessioni che partendo da diversi punti di vista, metodi e discipline di riferimento, permettono di “verificare” la validità di una conoscenza. L'esperienza è strettamente legata alla prior-knowledge, la quale può svolgere diversi ruoli nell'operazione del “fare esperienza”, in particolare, quelli individuati durante l'analisi degli articoli sono

- di ancoraggio preliminare della conoscenza;
- di costruzione e riorganizzazione in itinere della conoscenza.

(v) *Idea*: indica il processo per cui emerge un'ipotesi teorica di lavoro non direttamente correlata ad un dato percepito. E' la creazione di un'ipotesi che dovrà essere validata per essere accettata come possibile spiegazione scientifica; per diventare una vera e propria ipotesi l'idea deve essere ancorata a delle conoscenze scientifiche pregresse (prior-knowledge) che possano giustificare ulteriori studi sull'argomento. L'emergere di un'idea è un processo altamente creativo che chiama in causa fattori difficilmente spiegabili razionalmente; essa, inoltre, sembra avere una forte dipendenza da caratteristiche personali dell'individuo come la costanza, la perseveranza e l'interesse. E' importante osservare che il pensare “errato” deve essere considerato produttivo se serve a sviluppare risorse per un successivo pensare “corretto”.

(vi) *Interpretazione*: indica il passaggio dal dato alla conoscenza vera e propria e svolge un ruolo fondamentale nel processo di costruzione delle conoscenze. Il termine infatti indica quel processo cogniti-

vo che permette di organizzare i dati, le informazioni, e generare delle conoscenze. In questa definizione viene incluso anche il concetto di rappresentazione inteso come riorganizzazione secondo un diverso quadro interpretativo degli elementi che costituiscono la conoscenza scientifica.

(vii) *Condivisione*: indica il processo di messa in comune e comunicazione di conoscenze sia all'interno del gruppo di lavoro che con comunità scientifiche esterne.

E' importante osservare che i diversi approcci alle Learning Progressions differiscono tra di loro per il ruolo e l'importanza attribuita a tali elementi di dinamica cognitiva nella costruzione di un percorso di insegnamento/apprendimento. Mentre alcuni approcci si concentrano essenzialmente sull'organizzazione disciplinare della conoscenza, altri organizzano la progressione assumendo che tali elementi influiscano in modo cruciale sulla qualità e significatività della conoscenza. Dare spazio e valorizzare questi elementi di dinamica cognitiva significa assumere come fondamentale la flessibilità di una Learning Progression, in quanto essi si basano su conoscenze o caratteristiche specifiche dell'individuo singolo e permettono quindi una "personalizzazione" del processo di costruzione di conoscenza.

(d) ***Conoscenza sviluppata***

Tutte le Learning Progressions indicano esplicitamente la conoscenza che un percorso di apprendimento intende sviluppare e, quindi, che l'individuo dovrebbe possedere al termine del percorso stesso; essa comprende anche l'appropriazione di un linguaggio che permette una più approfondita sofisticazione concettuale.

Solo alcuni approcci, però, si pongono come obiettivo anche lo sviluppo di una sensibilità metacognitiva (o metacognizione). Questa riguarda la propensione di un individuo a riflettere sulle proprie risorse cognitive ed al riconoscimento di situazioni in cui esse giocano ruoli essenziali.

Conoscenza e sensibilità metacognitiva sono ritenute, da questi autori, entrambe importanti nello sviluppo culturale degli individui, ma rappresentano due concetti ben distinti. Il primo termine racchiude un concetto di acquisizione, cioè venire a conoscenza di qualcosa, mentre il secondo delinea un'idea di appropriazione, cioè fare propria una conoscenza rielaborandola ed utilizzandola consapevolmente ogni volta che si sente la necessità.

(e) *Tipi di valutazioni previsti*

La valutazione fa parte integrante del processo formativo. Le forme più conosciute sono di tipo sommativo e misurano con test ed esami il grado di apprendimento degli studenti o valutano l'insegnamento scolastico secondo i risultati ottenuti dagli studenti. La valutazione tuttavia può assumere anche una dimensione formativa quando è basata su frequenti valutazioni interattive dei progressi compiuti dagli studenti e delle loro capacità di comprensione.

La valutazione formativa differisce da quella sommativa in quanto la raccolta delle informazioni è usata per favorire migliori performance e non per fornire un mero bilancio del rendimento dello studente; essa è quindi molto importante per migliorare i risultati degli studenti e per sviluppare le loro capacità di "imparare ad imparare".

E' fondamentale non dimenticare in questa ricerca di criteri di confronto fra diverse Learning Progressions il ruolo che il tempo riveste nella relazione fra allievo e successo scolastico, sebbene questo non sia mai stato apertamente discusso negli articoli analizzati. Anche il tempo risente infatti dell'influenza dell'ambiente culturale e degli stili cognitivi individuali. Ci si può chiedere quale valore deve essere dato al tempo di esecuzione di un compito e se il valore positivo che viene attribuito alla rapidità di esecuzione di un compito possa mettere in difficoltà un allievo che per cultura, invece, è stato educato alla ricerca della perfezione, della completezza e non della velocità di esecuzione. Si vuole attribuire una lettura diversa rispetto a quella di "velocità" come sinonimo di

“bravura ed efficienza” e di “lentezza” come sinonimo di “impreparazione, ignoranza” e “difficoltà”; la velocità può provocare trascuratezza e superficialità, mentre la lentezza può essere intesa come ricerca dell’accuratezza, di una migliore problematizzazione rispetto al compito dato, di necessità di approfondimento.

Anche in questo caso non si tratta di decidere che cosa sia meglio in assoluto, ma si tratta di prendere coscienza dell’esistenza di punti di vista diversi rispetto al fattore tempo per individuare in quali casi esso possa svolgere un ruolo d’ostacolo o di facilitazione all’apprendimento.

## 2.2 Esempi di utilizzazione dei criteri

Verranno riportati qui di seguito esempi presenti negli articoli analizzati che possano aiutare una miglior comprensione di quanto esposto nella sezione precedente.

### (a) *Flessibilità delle Learning Progressions*

I due esempi di costruzione di Learning Progressions proposte da Duncan & Shea (2010) sono entrambi caratterizzati da una divisione della progressione in livelli (vedi Tabella 2.2 e Tabella 2.3).

Level 1	I geni sono particelle associate ai caratteri
Level 2	I geni sono particelle attive che “definiscono” i caratteri
Level 3	I geni sono istruzioni che “dicono” alle cellule o al corpo di eseguire determinate funzioni
Level 4	I geni hanno informazioni riguardo alle entità biologiche ed alle funzioni a più livelli di organizzazione
Level 5	I geni sono istruzioni per le molecole (alcune delle quali sono proteine) che definiscono funzioni all’interno dell’organismo. Tutti gli organismi utilizzano lo stesso linguaggio genetico per le loro istruzioni
Level 6	Il codice genetico è tradotto in una sequenza di aminoacidi che compone le proteine. Quasi tutti gli organismi utilizzano lo stesso codice genetico

Tabella 2.2: Livelli della Learning Progression che riguarda la natura delle informazioni genetiche.

Level 1	Le cellule sono uno dei livelli base di organizzazione nel corpo. Esse determinate eseguono funzioni
Level 2	Le proteine servono a garantire un benessere generale; senza di esse le condizioni di salute degenerano
Level 3	Le proteine sono richieste per una salute ottimale. Le funzioni associate alle proteine dipendono dalla struttura delle proteine stesse.
Level 4	Le proteine rivestono un ruolo centrale nei fenomeni genetici

Tabella 2.3: Livelli della Learning Progression che riguarda le proteine.

La strutturazione della Learning Progression nei livelli sopra riportati deriva, a detta degli autori, dai risultati di ricerca circa le dinamiche cognitive individuali e di gruppo che possono stimolare l'innescarsi di processi di apprendimento a partire dal pensiero spontaneo. Tuttavia l'organizzazione a livelli presuppone l'idea che il processo di crescita (*progression*) sia lo stesso per tutti gli studenti.

Anche la Learning Progression presentata da Confrey & Maloney (2010) è caratterizzata da una progressione dalla conoscenza spontanea, ma non è contraddistinta da una crescita lineare di livello, bensì da un parallelismo tra diversi casi di uno stesso problema. Agli studenti, infatti, sono state proposte quattro tipi diversi di attività:

Caso 1: dividere equamente una collezione di  $m$  oggetti tra  $p$  persone, dove  $m$  è un multiplo di  $p$ .

Esempio di attività presentata: un tesoro composto da 15 gettoni d'oro deve essere equamente diviso tra 3 pirati.

Caso 2: dividere equamente una singola unità tra  $p$  persone.

Esempio di attività presentata: una torta a forma rettangolare deve essere equamente divisa tra 4 persone.

Caso 3: dividere equamente  $m$  unità tra  $p$  persone, dove  $m < p$  (frazione propria).

Esempio di attività presentata: tre torte a forma circolare devono essere equamente divise tra 4 persone.

Caso 4: dividere equamente  $m$  unità tra  $p$  persone, dove  $m > p$  (frazione impropria).

Esempio di attività presentata: 9 pizze devono essere equamente divise tra 4 persone.

Ogni studente ha mostrato una migliore capacità di ragionamento in almeno una di queste voci e, dopo che aveva esposto le sue motivazioni per le scelte effettuate, gli sono state presentate domande per stimolare l'individuazione di elementi base comuni ad ognuna delle attività proposte che hanno permesso poi di sottolineare le analogie tra i quattro casi sopra citati.

Nell'approccio allo studio delle onde di Balzano et al. (2005) presentato nel libro a cura di Guidoni e Levrini è proposto un ulteriore tipo di flessibilità della Learning Progression: gli studenti vengono lasciati liberi di esplorare nei contesti più vari la formazione di onde, manipolando in molteplici modi diversi mezzi in cui si propagano onde, senza preoccuparsi di evitare situazioni difficilmente riconducibili alle forme ondulatorie più semplici. L'ampio panorama di esperienze che ne deriva consente di identificare problemi di esplorazione/interpretazione che costituiscono il primo passo nella costruzione di modi scientifici di guardare alla fenomenologia considerata. Tali attività consentono all'insegnante di operare le scelte successive circa le situazioni da esaminare seguendo esigenze cognitive che nascono dagli allievi stessi invece di adeguarsi ad una linearizzazione del percorso concettuale operata a priori dall'insegnante e non padroneggiabile da parte degli studenti stessi. In questo caso, quindi, la costruzione della conoscenza scientifica avviene seguendo i fili che si tessono collettivamente nel corso delle attività stesse.

(b) *Il punto di partenza della progressione*

Nel percorso longitudinale presentato da Balzano et al. (2005) si individua chiaramente una maturazione del punto di partenza in relazione al livello di scolarità preso in esame. A livello L1 troviamo le conoscenze spontanee e l'esperienza quotidiana che ogni studente ha sulle onde, a livello L2 il punto di partenza è l'oscillatore singolo (ad esempio pendolo, sistema massa-molla orizzontale e verticale, lamina vibrante diapason) trattato sia nel caso libero (o quasi libero) quanto in quello in cui si riconoscono effetti dissipativi (presenza di attrito, indipendente o dipendente dalla velocità), mentre a livello L3 il punto di partenza è rappresentato dai sistemi di oscillatori linearmente accoppiati.

In un'altra occasione, invece, lo stesso Guidoni presenta un percorso longitudinale caratterizzato da un unico punto di partenza per i vari livelli di scolarità: la fiaba di "Riccioli d'oro ed i tre Orsi".

*C'erano una volta tre Orsi che vivevano in una casina nel bosco, uno era minuscolo, un altro grande e uno grandissimo, e ciascuno aveva nella casina oggetti in relazione alle proprie dimensioni. Una mattina, dopo aver preparato il latte e averlo versato nelle ciotole, i tre Orsi andarono a fare una passeggiata nel bosco in attesa che il latte si raffreddasse. Mentre camminavano nel bosco, una bambina che si chiamava Riccioli d'Oro giunse alla loro casa. Guardò prima dalla finestra, poi dal buco della serratura e, non vedendo nessuno nella casa, fece scorrere il catenaccio ed entrò. Vide allora la colazione pronta sul tavolo: prima si avvicinò alla sedia dell'Orso grandissimo ma era troppo dura per lei, poi si avvicinò alla sedia dell'Orso minuscolo ma sotto il suo peso si ruppe, quindi infine si avvicinò alla sedia dell'Orso grande sulla quale salì ed iniziò a bere il latte [...]*

Alla scuola primaria può essere utilizzata come punto di partenza per

introdurre le proporzioni, alla scuola secondaria di primo grado per introdurre il peso, al biennio della scuola secondaria per introdurre il peso specifico ed al triennio della scuola secondaria per introdurre il calcolo differenziale. Anche l'articolo di Gagliardi et al. (1999) presenta un unico punto di partenza comune a tutti i livelli di scolarità, ovvero i movimenti degli oggetti.

(c) *Elementi di dinamica cognitiva*

Come anticipato, in diversi approcci non è specificato a quale modello di dinamica cognitiva ci si riferisca e non è possibile, pertanto, individuare i riferimenti agli elementi cognitivi individuati.

Esempi di riferimento/valorizzazione di elementi di dinamica cognitiva sono invece riscontrabili in: Hammer, Sirkorski (2010); Giordano, Lanciano, Pantano, Rossi (2008); Gagliardi, Grimellini Tomasini, Pecori (1999); Duschl, Schweingruber, Shouse (2007); Balzano, Gagliardi, Giordano, Guidoni, Minichini, Tarsitani (2005); Confrey, Maloney (2010); Duncan, Shea (2010). Nell'esemplificazione si entrerà nel merito di alcune sfumature presenti in ogni elemento in modo da sottolineare la complessità intrinseca dei percorsi cognitivi.

(i) *Cognizione sensitiva*: entrambi i percorsi longitudinali proposti dal libro a cura di Guidoni e Levrini (2008) sono contraddistinti da una componente di esplorazione sensoriale visiva: nell'approccio relativo alle onde è presente in particolar modo a livello L1, dove gli studenti devono riconoscere la crezione di onde in mezzi materiali diversi, mentre nell'approccio dello studio dell'Universo si identifica con l'osservazione dei corpi celesti.

La vista è il principale elemento sensitivo individuabile nelle Learning Progressions prese in esame, ma è possibile identificare anche altre cognizioni sensitive, come ad esempio il movimento, presente nell'articolo di Gagliardi et al. (1999). Qui, infatti, è presente un processo di esplorazione motoria dovuto alla riproduzione di

particolari movimenti ed all'esecuzione di particolari traiettorie di percorsi che rappresenta la base sulla quale si appoggerà la progressione.

Infine nel percorso di apprendimento proposto da Duschl et al. (2007), oltre alla vista, anche il tatto rappresenta un elemento di esplorazione sensoriale utile ai fini di chiarire, ampliare e organizzare le conoscenze riguardo ai materiali comuni come legno, plastica e vetro.

(ii) *Acquisizione di un modo di guardare*: sia nel percorso longitudinale presentato da Balzano et al. (2005) che nell'approccio presentato nel lavoro proposto da Gagliardi et al. (1999) il processo cognitivo per cui si passa da una situazione di osservazione indifferenziata ad una di osservazione consapevole è dovuto ad un modo di guardare per selezione. Essa ha lo scopo mettere di in risalto e permettere di distinguere facilmente determinate sequenze della propagazione delle onde o dei movimenti che si vogliono produrre/riprodurre. Nel percorso longitudinale presentato da Giordano et al. (2008), invece, il passaggio dall'osservazione indifferenziata all'osservazione consapevole del movimento dei corpi celesti è dovuto all'utilizzo di un modo di guardare per misurazione: qui tale percezione non è direttamente riconducibile ai singoli dati, ma è conseguenza delle osservazioni e dei confronti dei dati registrati nel tempo.

(iii) *Prior-knowledge*: nelle quattro proposte longitudinali analizzate (lo studio delle onde, lo studio dell'Universo, lo studio della teoria atomico-molecolare e lo studio dei movimenti) è ben esposto come ad ogni livello di scolarità si possano sfruttare le conoscenze precedentemente acquisite. Ad esempio, nell'approccio riguardante le onde, è chiaro come le variabili che caratterizzano un'onda periodica individuate a livello L1 (ampiezza, frequenza/periodo, velocità di propagazione, lunghezza d'onda) e le relazioni tra esse siano parte della conoscenza pregressa quando si considera il livello

L2, conoscenza sulla quale gli studenti possono trovare importanti risorse per lo studio dell'oscillatore singolo. Anche a livello L1, però, si può osservare come la conoscenza delle forme geometriche e delle relative proprietà possa aiutare gli studenti nell'individuazione di forme d'onda e delle loro caratteristiche (Balzano et al., 2005). Analogamente osserviamo che nel lavoro presentato da Gagliardi et al. (1999) e da Confrey et al. (2010) la conoscenza pregressa delle forme geometriche e delle relative proprietà risulta altrettanto utile nelle attività proposte.

(iv) *Esperienza*: sia Balzano et al. (2005) che Giordano et al. (2008) presentano approcci che si basano sull'esperienza diretta. Nel primo caso, a livello L1, viene presentata una fase di esplorazione sistematica in cui si analizzano situazioni riproducibili con controllo di variabili separate in mezzi che lo consentano (acqua, corde, molle), mentre nel secondo viene presentata una fase di osservazione e raccolta di dati che, in tempi lunghi, permetterà di riconoscere la ciclicità dei fenomeni astronomici.

Anche il lavoro di Gagliardi et al. (1999) riporta esempi di esperienza diretta, in particolar modo presenti nella scuola elementare, come dimostra la seguente discussione tra studenti:

*“La ruota più piccola è più veloce perchè fa più giri.”*

*“No, è più piccola, non più veloce. E' solo più piccola. Quando noi facevamo le corse se io facevo un pezzo più piccolo arrivavo prima, ma non è detto che ero più veloce.”*

*“Io muovo la mano (parla il bambino che faceva girare la manovella) e ci metto lo stesso tempo a fare un giro, ma le ruote si muovono in maniera diversa: una fa più giri ed una meno. Allora una va più veloce ed una più piano.”*

*“Se nelle corse io facevo il pezzo più lungo tu fai due o tre volte quello corto, ci mettiamo lo stesso tempo, ma tu*

*sei più veloce perchè hai fatto il pezzo due o tre volte.”*  
*“Non avete capito niente! Devi vedere la differenza di lunghezza fra il pezzo lungo ed il pezzo corto. Se tre volte il corto è più lungo del pezzo lungo e lo fai nello stesso tempo, allora sei più veloce. Se io mi metto qua in punta (indica il bordo della ruota che gira) è diverso che se mi metto vicino vicino qua (centro della ruota). Perchè se facciamo una fila a tre, io che sto in mezzo giro molto piano, quello che sta fuori corre più veloce e tutti e due facciamo un giro soltanto”.*

Nelle proposte qui citate l'esperienza svolge un lavoro di costruzione e riorganizzazione in itinere della conoscenza. Se però consideriamo i livelli L2 ed L3 dell'approccio relativo alle onde osserviamo che l'esperienza svolge ancora un ruolo di ancoraggio preliminare della conoscenza, così come vale per i livelli di scolarità più alti del percorso longitudinale sullo studio del movimento.

(v) *Idea*: sebbene sia assodato che l'emergere di un'idea è un processo altamente creativo che chiama in causa fattori difficilmente spiegabili razionalmente, Duncan et al. (2010) riportano interessanti esempi che dimostrano come i collegamenti tra due costruzioni possano influenzare le idee degli studenti.

*Intervistatore: Pensi che le proteine possano fare qualcosa quando ci feriamo?*

*Studente: Penso che dovrebbero inviare un messaggio alle cellule vicino alla lesione affinché si duplichino e la ferita si possa così chiudere.*

*Intervistatore: Perfetto! E riguardo i geni invece cosa pensi?*

*Studente: I geni possiedono informazioni da poter dare a determinate proteine, ma se non forniscono le informazioni esatte, o non le forniscono proprio, le proteine*

*non inviano il messaggio alle cellule per poter riparare la ferita.*

In questo primo esempio lo studente fornisce comprensioni collegate alle costruzioni di Learning Progressions proposte dall'articolo definendo il ruolo della proteina (che induce la cellula a subire mitosi per chiudere la ferita), il ruolo del gene (che si preoccupa di fornire istruzioni alla proteina) e fornendo un'idea corretta al problema proposto.

*Intervistatore: Pensi che le proteine riguardino i problemi di elasticità della pelle?*

*Studente: Penso che il corpo non stia producendo la proteina dovuta.*

*Intervistatore Ok, e perchè non la starebbe producendo?*

*Studente: Probabilmente perchè c'è una mutazione nel codice che glielo impedisce.*

*Intervistatore: Cioè la mutazione sta rovinando la proteina?*

*Studente: Sì.*

*Intervistatore: Così la proteina non fa il suo lavoro. Quale pensi che sia il lavoro della proteina in questo caso?*

*Studente: Rendere la pelle soda e flessibile.*

In questo caso lo studente non riesce a spiegare il collegamento tra un cambiamento di gene ed un risultante cambiamento di proteina in quanto i collegamenti tra le due costruzioni trattate sono deboli. Un ulteriore esempio di idee non corrette è presentato nel lavoro di Hammer et al. (2010) dove la Learning Progression inerente al moto ed alla forza riporta la seguente situazione:

*Gli studenti credono che il movimento implichi una forza nella direzione del moto e l'assenza di movimento implichi l'assenza di forze; inversamente gli studenti credo-*

*no che la forza implichi il moto in direzione della forza.*

*Precisamente:*

- *Forza: se una forza sta agendo su un oggetto allora esso si muove; se una forza sta agendo su un oggetto allora essa potrebbe essere la forza iniziale che è portata con l'oggetto e può dissipare con il passare del tempo*
- *Nessuna forza: se nessuna forza sta agendo sull'oggetto allora esso non si muove*
- *Movimento: se l'oggetto si muove allora c'è una forza che agisce sull'oggetto*
- *Nessun movimento: se l'oggetto non si muove allora non agisce nessuna forza sull'oggetto*

Il pensare “errato” deve essere però considerato produttivo se serve a sviluppare risorse per un successivo pensare “corretto”, come viene mostrato nell’articolo di Hammer (2000) che riporta esempi nella storia della scienza in cui idee inizialmente sviluppate per un certo obiettivo abbiano fallito il loro scopo originale ma siano diventate produttive successivamente quando sono state utilizzate in altri modi, come le trasformazioni di Lorentz, che dovevano inizialmente servire la teoria dell’etere, o gli strumenti matematici per la comprensione dei nodi, che sembravano potersi applicare alla teoria delle particelle.

(vi) *Interpretazione:* l’esempio della fiaba “Riccioli d’oro e dei tre Orsi” proposta da Guidoni è quello che meglio racchiude l’idea di interpretazione che si intende. A seconda delle informazioni che si possiedono (nel caso in esame proporzioni, peso, peso specifico, calcolo differenziale) si può osservare ed analizzare il problema sotto punti di vista diversi, identificando le relazioni presenti tra i dati. Si riconosce quindi un concetto di rappresentazione inteso come riorganizzazione secondo un diverso quadro interpretativo

degli elementi che costituiscono la conoscenza scientifica.

Questo tipo di interpretazione si riscontra anche in altre proposte di percorsi d'apprendimento, come ad esempio quella presentata da Duschl et al. (2007): a livello K-2 si parla di peso dei materiali, ai grades 3-5 di peso specifico dei materiali mentre ai grades 6-8 viene trattato il peso atomico. E' chiaro come i percorsi proposti vogliano ogni volta scuire le reti della conoscenza per poi ritesserle introducendo nuovi elementi, invece di cercare semplicemente di sostituire alla vecchia conoscenza una conoscenza "più adatta" al modo di vedere scientifico.

(vii) *Condivisione*: entrambi i percorsi longitudinali proposti dal libro presentato da Guidoni e Levrini (2008) attribuiscono importanza alla condivisione dei risultati delle osservazioni e/o delle esperienze ottenuti: nell'approccio relativo alle onde la condivisione dei dati è individuabile dal confronto fra osservazioni sperimentali e ricostruzioni schematizzate al computer (filmati reali o simulazioni interattive), mentre nel secondo approccio riguarda la condivisione dei dati registrati con altri Paesi e, quindi, con altre comunità scientifiche.

(d) ***Conoscenza sviluppata***

Il pezzo di intervista sul percorso d'apprendimento riguardante le proteine riportato nella sezione precedente "Elementi di dinamica cognitiva - Idea" è un esempio fornito dagli autori (Duncan et al., 2010) per monitorare il livello di conoscenza sviluppato nella Learning Progression: nell'intervista lo studente mostra, utilizzando un linguaggio appropriato ("geni", "proteine", "codice genetico"), di aver acquisito quanto era stato previsto dal percorso di apprendimento. Quest'esempio fornisce inoltre un'idea di che cosa si possa intendere per sviluppo di sensibilità metacognitiva: lo studente non solo dimostra di aver ampliato la sua conoscenza in campo genetico, ma è in grado di ragionare su un problema nuovo (nel caso specifico problemi di coagulazione) basandosi sulla

conoscenza appena sviluppata. Nel secondo esempio esposto, invece, non si ha un completo sviluppo della conoscenza in quanto lo studente non riesce a spiegare il collegamento tra un cambiamento di gene ed un risultante cambiamento di proteina, nè tanto meno un evidente sviluppo della sensibilità metacognitiva rispetto al problema proposto di flessibilità della pelle. Nel lavoro di Duncan et al. (2010) è infine riportato che, considerando la totalità degli studenti intervistati (24 alunni), 5 alunni hanno dimostrato di aver compreso in modo chiaro e stabile i collegamenti tra geni e proteine, 8 alunni hanno dimostrato di non aver compreso alcun collegamento ed i restanti 11 alunni hanno dimostrato una buona comprensione nonostante la presenza di alcuni punti deboli tra i vari collegamenti. In questo articolo è evidente come gli autori abbiano potuto monitorare la conoscenza sviluppata nelle Learning Progressions grazie all'utilizzo dei livelli con cui la progressione era stata costruita.

Per gli approcci alle Learning Progressions nei quali la progressione non si costruisce in termini di livelli, è intuibile il problema di come poter monitorare l'acquisizione/appropriazione delle conoscenze. Sebbene gli articoli che trattano queste tipologie di Learning Progressions affermano di aver ottenuto buoni successi per la maggioranza degli studenti intervistati (come ad esempio riportano Confrey et al. (2010)), non è però possibile individuare con precisione quale sia (o dove sia) il punto di rottura della progressione per quegli alunni che non hanno parzialmente o completamente raggiunto la conoscenza prevista dal percorso di apprendimento. Infatti analizzando il terzo esempio riportato nella stessa sezione "Elementi di dinamica cognitiva - Idea", inerente alla forza ed il moto, osserviamo che la conoscenza non ha raggiunto i risultati desiderati (gli studenti affermano che se un oggetto non si muove allora non c'è forza su di esso, mentre se l'oggetto è in movimento allora c'è una forza nella direzione del moto e che si potrebbe fermare perchè tale forza piano piano può essere dissipata) ma gli autori non sono in grado

di individuare quale sia il punto di separazione tra ciò che gli studenti hanno appreso e ciò che non hanno appreso.

(e) *Tipi di valutazioni previsti*

Sebbene nessun lavoro esplicito apertamente i tipi di valutazioni adottati, è evidente l'importanza che la maggior parte delle Learning Progressions proposte attribuisce alle valutazioni interattive dei progressi compiuti dagli studenti e delle loro capacità di comprensione.

La raccolta di tali informazioni viene usata soprattutto per creare migliori performance di ogni studente, migliorare l'equità nei risultati degli alunni e sviluppare le loro capacità di "imparare ad imparare". A prova di ciò riporto le due strutturazioni in livelli della Learning Progression che riguarda la natura delle informazioni genetiche proposte nel lavoro di Duncan e Shea (2010), presentandole rispettivamente prima e dopo l'interazione con gli studenti (vedi Tabella 2.4 e Tabella 2.5). Si può facilmente osservare come gli autori abbiano sentito la necessità di introdurre nuovi livelli in risposta agli elementi e alle relazioni che gli studenti hanno o non hanno colto durante la fase di sperimentazione. Il Livello 1 della strutturazione iniziale presupponeva l'esistenza di informazioni sui geni, ma, dato che gli allievi non avevano ricevuto alcuna precedente istruzione genetica, è emerso che la conoscenza della maggior parte di essi non era in risonanza con questo primo livello. Al fine di muovere gli studenti da una visione non basata sulle informazioni genetiche verso una visione basata sulle informazioni genetiche, nella seconda strutturazione della progressione gli autori hanno considerato un livello iniziale che definisce apertamente quest'aspetto (Livello 1 - i geni sono particelle associate ai caratteri).

Molti studenti hanno presentato difficoltà nel passaggio verso una prospettiva basata sulle informazioni genetiche, e per questo gli autori hanno sentito l'esigenza di catturare un livello intermedio di conoscenza che potesse semplificare questa comprensione di transizione e che potesse definire i geni come istruzioni attive. Nella sperimentazione è

emerso però un ulteriore problema: diversi studenti avevano sì acquisito una visione basata sull'informazione genetica, ma credevano che fra le informazioni genetiche ed i caratteri fosse richiesto un processo di "traduzione". Al fine di evitare tale situazioni, gli autori hanno ritenuto importante scindere tale livello intermedio in due livelli distinti: il primo specifica che i geni sono particelle attive che "definiscono" i caratteri (Livello 2), mentre il secondo specifica che i geni sono istruzioni che "dicono" alle cellule o al corpo di eseguire determinate funzioni (Livello 3).

Level 1	I geni hanno informazioni riguardo alle entità biologiche ed alle funzioni a più livelli di organizzazione
Level 2	I geni sono istruzioni per le molecole (alcune delle quali sono proteine) che definiscono funzioni all'interno dell'organismo. Tutti gli organismi utilizzano lo stesso linguaggio genetico per le loro istruzioni
Level 3	Il codice genetico è tradotto in una sequenza di aminoacidi che compone le proteine. Quasi tutti gli organismi utilizzano lo stesso codice genetico

Tabella 2.4: Livelli della Learning Progression che riguarda la natura delle informazioni genetiche prima dell'interazione con gli studenti.

Level 1	I geni sono particelle associate ai caratteri
Level 2	I geni sono particelle attive che “definiscono” i caratteri
Level 3	I geni sono istruzioni che “dicono” alle cellule o al corpo di eseguire determinate funzioni
Level 4	I geni hanno informazioni riguardo alle entità biologiche ed alle funzioni a più livelli di organizzazione
Level 5	I geni sono istruzioni per le molecole (alcune delle quali sono proteine) che definiscono funzioni all’interno dell’organismo. Tutti gli organismi utilizzano lo stesso linguaggio genetico per le loro istruzioni
Level 6	Il codice genetico è tradotto in una sequenza di aminoacidi che compone le proteine. Quasi tutti gli organismi utilizzano lo stesso codice genetico

Tabella 2.5: Livelli della Learning Progression che riguarda la natura delle informazioni genetiche dopo l’interazione con gli studenti.

# Considerazioni conclusive

Molti studi di storia e filosofia della scienza narrano di un'epistemologia riduzionista sottesa alla nascita e allo sviluppo della scienza moderna iniziata alla fine del cinquecento, dove, ricordiamo, per "epistemologia" si intende quella branca del campo di ricerche che si occupa delle condizioni sotto le quali si può costruire conoscenza scientifica e dei metodi per raggiungere tale conoscenza. Questi studi mostrano come l'avvento della rivoluzione scientifica porti ad una vera e propria rivoluzione concettuale, una riorganizzazione radicale dei modi di concepire il mondo della natura entro modelli semplici che riescano a spiegare i meccanismi con cui il mondo funzionerebbe. In linea con ciò, l'epistemologia "classica" ha sempre rivolto la sua attenzione all'unico strumento in grado di garantire la veridicità e l'oggettività a tale approccio: il cosiddetto metodo scientifico. Esso è stato inteso come un rigoroso metodo di indagine della realtà che porterebbe ad una conoscenza vera perchè giustificata.

La seguente tesi, invece, in accordo con gli sviluppi degli studi sulla complessità, intende oggetto dell'epistemologia quale lo "studio sulla scienza e sulla conoscenza", ossia su tutte le forme di conoscenza e sui loro processi di costruzione in quanto, come sosteneva Piaget,

*i più grandi nemici della scienza sono coloro che semplificano  
eccessivamente i risultati<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup>Citato in Confrey J. (2006), "The Evolution of Design Studies as Methodology", in *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Cambridge University Press.

L'ipotesi su cui si basa la tesi è che il paradigma riduzionista che ha storicamente guidato lo sviluppo delle riflessioni della ricerca in ambito di educazione scientifica non riesca più a spiegare le dinamiche complesse con cui la stessa scienza è appresa. Secondo quest'ottica, infatti, bisogna estendere l'ambito di indagine ai modi complessi con cui la scienza è appropriata dagli studenti. Le Learning Progressions, oggetto di studio nella tesi, rappresentano uno strumento di progettazione di percorsi didattici che non tengono conto soltanto della conoscenza scientifica ma anche del suo sviluppo perchè sia presentata in modo "risonante" ai modi di capire degli studenti.

Lo studio ha cercato di individuare criteri per confrontare approcci diversi alle Learning Progressions e, alla luce di tale studio, ritengo che l'approccio alle Learning Progressions debba considerare la conoscenza come un processo dinamico in continua evoluzione che si esplica secondo modalità sempre uniche ed imprevedibili, sottolineando che qualunque *conoscenza particolare* non può che partire dalla *conoscenza comune* che caratterizza le radici di ogni cultura, come già Eraclito aveva anticipato:

*il saggio sa che per arrivare alla conoscenza si deve partire dal comune di tutti*<sup>2</sup>

Essa non può che appoggiarvisi continuamente nello sviluppo, non può che tornarci ogni volta per essere convalidata ed integrata ad altre conoscenze particolari, innestrandovi al tempo stesso nuovi modi di conoscere e/o nuovi elementi di sapere, perchè, come affermò Parmenide

*non importa da dove si parte, perchè poi ci si dovrà comunque passare di nuovo*<sup>2</sup>

Per concludere ritengo che la sfida sia quella di andare a studiare sempre meglio le dinamiche di costruzione delle conoscenze in relazione alla loro genesi e ai contesti in cui sono immerse. E penso che per rispondere a questo

---

<sup>2</sup>Citato in Guidoni P., Levrini O. (2008), *Approcci e proposte per l'insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario*, Forum Editrice Universitaria Udinese.

compito essa debba avvalersi di strumenti interdisciplinari che possano permettere, ognuno grazie al suo peculiare e sempre unico punto di vista da cui osserva il mondo, di comprendere i vari aspetti che dipingono la nostra realtà e le sue plurime sfaccettature. In quest'ottica si pone il seguente lavoro di ricerca, che ha cercato di inquadrare la complessità dell'educazione scientifica e dei processi di costruzione delle conoscenze scientifiche attraverso l'analisi ed il confronto di particolari approcci di ricerca, prendendo spunto da essi per riflettere sui problemi legati alla nascita e alla costruzione del pensiero scientifico in relazione alla società in cui esso stesso prende forma.

*La Scienza intera non è altro che un modo più sofisticato  
del pensare quotidiano.*

Albert Einstein.



# Bibliografia

- [1] Confrey J. (2006), “The Evolution of Design Studies as Methodology”, in *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Cambridge University Press.
- [2] Confrey J., Maloney A. (2010), “The Construction, Refinement, and Early Validation of the Equipartitioning Learning Trajectory”, in *ICLS '10 Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 1*, International Society of the Learning Sciences.
- [3] Duncan R.G., Shea N. (2010), “Validation of a Learning Progression: Relating Empirical Data to Theory”, in *ICLS '10 Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 1*, International Society of the Learning Sciences.
- [4] Duschl R.A., Schweingruber H.A., Shouse A.W. (2007), “Learning Progressions”, in *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*, National Academies Press.
- [5] Gagliardi M., Grimellini Tomasini N., Pecori B. (1999), “L’educazione alla conoscenza scientifica: un percorso che parte da lontano”, in *La Fisica nella Scuola - Volume XXXII*, 121-134.
- [6] Guidoni P., Levrini O. (a cura di) (2008), *Approcci e proposte per l’insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario*, Forum Editrice Universitaria Udinese.

- 
- [7] Hammer D. (2000), “Students resources for learning physics”, in *American Journal of physics*, Volume 68, Issue S1, Pages S52-S59, Society of the Learning Sciences.
- [8] Hammer D., Sirkorski T.R. (2010), “A critique of how Learning Progressions research conceptualizes sophistication and progress”, in *ICLS '10 Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences* - Volume 1, International Society of the Learning Sciences.
- [9] Heritage M. (2008), “Learning Progressions: supporting instruction and formative assessment”, Paper prepared for the Formative Assessment for Teachers and Students (FAST) State Collaborative on Assessment and Student Standards (SCASS) of the Council of Chief State School Officers (CCSSO), Washington.
- [10] Salinas I. (2009), “Learning Progressions in Science Education: two approaches for development”, Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa City.
- [11] Shavelson R.J. (2009), “Reflections on Learning Progressions”, Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa City.

# Ringraziamenti

In primo luogo vorrei ringraziare la Professoressa Barbara Pecori e la Professoressa Olivia Levrini non solo per avermi permesso di concludere insieme a loro il mio percorso universitario, ma anche per avermi dato la possibilità di effettuare questo elaborato che per me rappresenta il primo vero passo nel mondo della didattica.

Ringrazio i miei genitori per avermi sempre sostenuta, sia economicamente che moralmente, per tutte le mattine che si sono svegliati prima di me preparandomi la colazione ed il pranzo da consumare in università, per tutte le volte che mi hanno accompagnata in stazione, per le mie lamentele che si sono dovuti sorbire, per i festeggiamenti dei miei successi e per aver sempre avuto una parola di conforto anche quando io non ne vedevo.

Ringrazio poi mia sorella che, oltre ad avermi consolata ed incoraggiata non solo in questo mio percorso universitario, è compagna di complotti, avventure e litigi, con la quale da oltre ventidue anni condivido ogni singolo momento del mio vivere quotidiano. A breve, però, inizierà un nuovo capitolo della sua vita che non potremo più condividere sotto lo stesso tetto, e per questo colgo l'occasione per augurarle *buona fortuna!*

Ringrazio Marco per essersi adattato anche alle situazioni più estreme che si sono create in questi tre anni, per aver sopportato tutti i miei problemi, universitari e non, per aver sempre saputo come trattarmi, per tutte le sorprese, per tutti i momenti di svago, per tutte le risate ed le dormite, ma soprattutto per non aver mai cambiato quegli occhi che mi hanno saputo incantare.

Ringrazio i miei due “patatini” che mi hanno accompagnata in questo mio

percorso, fisicamente e non, e che ogni giorno mi regalano un motivo per sorridere.

Ringrazio le mie compagne di corso con le quali ho condiviso appunti e risate, ringrazio i miei colleghi di lavoro per aver ascoltato mille e mille volte il motivo per cui due più due non fa sempre quattro, ma che ancora non hanno capito, e ringrazio anche chi ha sempre sostenuto che questo giorno per me non sarebbe mai arrivato: le critiche, a volte, sanno essere un ottimo trampolino di lancio.

Ed infine vorrei porgere un ringraziamento anche a me stessa, una piccola ricompensa a tutti gli sforzi fatti durante questo cammino intrapreso per arrivare dove ho sempre desiderato: grazie Sara.