

# La didattica della Matematica: substrato teorico e contestualizzazione storica

Roberto Capone

26 settembre 2011

Il punto di partenza della nostra analisi epistemologica relativa alla didattica delle scienze, in particolare della Matematica, della Fisica e della Chimica è la società del cambiamento, della tecnocrazia, del  $\pi\alpha\nu\tau\alpha \rho\epsilon\iota$ . I mutamenti sociali hanno indubbiamente influenzato - e continuano a farlo oggi più di ieri - il modo di approcciarsi all'insegnamento spostando gli assi della speculazione pedagogica dal docente alla disciplina, in un primo tempo, e dalla disciplina al discente successivamente, creando una contestualizzazione paradigmatica e non più programmatica degli elementi del trinomio fondamentale dell'educazione.

Un'analisi della riforma del sapere che parte da un'attenta analisi sociologica è stata fatta dal sociologo dell'educazione Edgar Nahoum detto Edgar Morin.

L'autore ha dedicato gran parte della sua opera ai problemi di una "riforma del pensiero", affrontando le questioni centrali che pone alla base delle sue riflessioni sull'umanità e sul mondo: la necessità di una nuova conoscenza che superi la separazione dei saperi presente nella nostra epoca e che sia capace di educare gli educatori ad un pensiero della complessità.

Morin sostiene che "la cultura, ormai, non solo è frammentata in parti staccate, ma anche spezzata in due blocchi": da una parte la cultura umanistica "che affronta la riflessione sui fondamentali problemi umani, stimola la riflessione sul sapere e favorisce l'integrazione personale delle conoscenze", dall'altra, la cultura scientifica che "separa i campi della conoscenza, suscita

straordinarie scoperte, geniali teorie, ma non una riflessione sul destino umano e sul divenire della scienza stessa". A ciò va aggiunta la sfida sociologica: "l'informazione è una materia prima che la conoscenza deve padroneggiare e integrare", una conoscenza "costantemente rivisitata e riveduta dal pensiero", il quale a sua volta "è oggi più che mai il capitale più prezioso per l'individuo e la società". L'indebolimento di una percezione globale conduce all'indebolimento del senso della responsabilità, poiché ciascuno tende a essere responsabile solo del proprio compito specializzato, così come all'indebolimento della solidarietà, poiché ciascuno percepisce solo il legame con la propria città: "la conoscenza tecnica è riservata agli esperti" e "mentre l'esperto perde la capacità di concepire il globale e il fondamentale, il cittadino perde il diritto alla conoscenza".

Secondo Morin è necessario raccogliere queste sfide attraverso la riforma dell'insegnamento e la riforma del pensiero: "è la riforma di pensiero che consentirebbe il pieno impiego dell'intelligenza per rispondere a queste sfide e che permetterebbe il legame delle due culture disgiunte. Si tratta di una riforma non programmatica ma paradigmatica, poiché concerne la nostra attitudine a organizzare la conoscenza". Per spiegare questo concetto Morin richiama una frase di Michel de Montaigne: "È meglio una testa ben fatta che una testa ben piena". Egli perciò distingue tra "una testa nel quale il sapere è accumulato e non dispone di un principio di selezione e di organizzazione che gli dia senso" e una "testa ben fatta", che comporta "un'attitudine generale a porre e a trattare i problemi; principi organizzatori che permettano di collegare i saperi e di dare loro senso".

Secondo Morin, una "testa ben fatta", mettendo fine alla separazione tra le due culture, consentirebbe di rispondere alle formidabili sfide della globalità e della complessità nella vita quotidiana, sociale, politica, nazionale e mondiale.

"Una testa ben fatta e una testa atta a organizzare le conoscenze così da evitare la loro sterile accumulazione. Ogni conoscenza è una traduzione e nello stesso tempo una ricostruzione (a partire da segnali, segni, simboli), sotto forma di rappresentazioni, idee, teorie, discorsi. L'organizzazione delle conoscenze [...] comporta operazioni di interconnessione (congiunzione, inclusione, implicazione) e di separazione (differenziazione, opposizione,

selezione, esclusione). Il processo è circolare, passa dalla separazione al collegamento, dal collegamento alla separazione, e poi, dall'analisi alla sintesi, dalla sintesi all'analisi. In altri termini, la conoscenza comporta nello stesso tempo separazione e interconnessione, analisi e sintesi.”

Se una testa ”ben fatta” è una testa come quella descritta nel sopraccitato brano di E. Moria dal titolo Organizzazione delle conoscenze, allora una matematica ”ben fatta” deve essere una matematica intesa come motore di conoscenza.

Una matematica ”ben fatta” oltre a sviluppare competenze particolari, specifiche della materia, dovrebbe contribuire a sviluppare competenze più generali quali saper leggere e interpretare problemi di qualsiasi natura, saper analizzare situazioni, saper confrontare e sapersi raffrontare con gli altri, saper fare congetture, saper fare critiche, saper dubitare. Queste competenze sono costantemente messe in gioco nella vita di ogni individuo e la matematica può contribuire a stimolarle e svilupparle.

Una matematica ”ben fatta” dovrebbe sviluppare quella intelligenza che i Greci chiamavano  $\mu\acute{\epsilon}\tau\iota\varsigma$ , ovvero un insieme di attitudini mentali che combinano intuizione, sagacia, previsione, elasticità mentale, capacità di cavarsela, attenzione vigile e senso di opportunità. Queste finalità generali sono troppo spesso ignorate nell'insegnamento della matematica.

Una matematica ”ben fatta” deve insegnare l'arte dell'argomentazione e della discussione e deve stimolare il dubbio, lievito di ogni attività critica – scrive Morir – così da incoraggiare gli studenti ad essere liberi pensatori e non meri ricettacoli di regole e formule mnemoniche inculcate nella loro testa e mai digerite (ovvero mai capite e mai assimilate). La matematica-ricettario ”nuoce gravemente alla salute” mentale dei nostri studenti poiché non lascia traccia alcuna nel loro bagaglio culturale e spesso fornisce un'immagine distorta e terribile della disciplina: un ”cocktail letale” fatto di mancate comprensioni, arrabbiature, delusioni e fallimenti.

Una matematica ”ben fatta” deve quindi, a mio avviso, aiutare a formare persone competenti nella vita perché non tutti potranno o vorranno essere competenti nella disciplina.

Forse questa è un'immagine un po' troppo romantica e anche un po'

esasperata della matematica, ma nasce dalla, grande amarezza che provo nel constatare che, nonostante oggi giorno vi sia un'ampia letteratura di didattica della matematica nella quale sono abbondantemente illustrati i rischi e le conseguenze di un insegnamento "per ricette" si continua ad adottare questo tipo d'insegnamento in molte scuole.

Più di ogni altra disciplina presente nel percorso scolastico pre-universitario, la matematica è sottoposta alla faticosa domanda, da parte degli studenti "a cosa mi serve nella vita quotidiana?", domanda che provoca sempre un certo risentito imbarazzo per chi la riceve, ed è forse essa stessa un sintomo di un fallimento nell'insegnamento della disciplina e di come, di conseguenza, questa sia percepita da chi la sta apprendendo. Non è un caso se intellettuali contemporanei dichiarino fieramente di non conoscerla o di averla "dimenticata", sottintendendo l'irrilevanza culturale della stessa e la sua natura prettamente mnemonica. Eppure fino a qualche secolo fa un intellettuale, un pensatore, non poteva dirsi tale se non conosceva anche la matematica, nella riconosciuta consapevolezza della sua importanza culturale e filosofica; la matematica storicamente è infatti sempre stata "parte rilevante del pensiero umano ed elemento motore dello stesso pensiero filosofico", sia come strumento per la lettura della realtà che ci circonda, secondo la visione galileiana, che come disciplina a se stante, con riflessioni che riguardano la portata, il significato e la consistenza delle sue stesse costruzioni culturali. Non conosco quale sia stato il processo culturale che ha portato Gentile a definire, ai tempi della sua famosa riforma scolastica intorno agli anni '20, la matematica "morta, infeconda, arida come un sasso" ma sostengo che molto si sia fatto in questi anni, soprattutto a livello di scuola superiore, per avvalorare tale affermazione, rendendo lo studio della matematica una catena di nozioni, esercizi e dimostrazioni mnemoniche, ripetitive, percepite spesso come incoerenti e prive di collegamenti alla vita reale, tanto che ad un certo punto della carriera scolastica è quasi naturale porsi la domanda riportata qualche riga più in alto. Con questo non intendo affermare che per restituire fulgore alla disciplina sia sufficiente renderla meno endogena, collegandola al quotidiano o ad altre discipline, anche se sarebbe forse un primo decisivo passo per renderla meno avulsa ad uno studente medio; occorre anche far sì che il suo svolgi-

mento in classe risulti meno ripetitivo, motivare l'introduzione di argomenti spiegandone i motivi che ci spingono ad affrontarli, le modalità e le cause per cui la matematica si è sviluppata, come l'argomento che si sta affrontando ha cambiato il mondo, la sua filosofia. In particolare, "richiamare importanti aspetti del passato non è solo una operazione di archeologia culturale: la matematica e la scienza, come la filosofia e l'arte, del passato, sono ancor oggi parte vitale della nostra cultura" (Speranza, 1997). Si eviterebbe, se non altro, il rischio di formare una concezione della matematica come qualcosa di statico, a-storico ed a-temporale, e di assoluto.

Mi è capitato di sentire giustificare lo studio della matematica in quanto disciplina che più di altre "allena la mente", argomentazione che ho sempre trovato inconsistente e vaga, adattabile, a mio avviso, a qualsiasi processo di apprendimento non spontaneo e che sottintende, anche in questo caso, una visione mnemonica della disciplina. Occorre quindi precisare meglio asserendo che la matematica allena la mente al pensiero scientifico", ovvero promuove lo sviluppo di facoltà sia intuitive che logiche, incrementa le capacità di astrazione e di formazione dei concetti, esercita il ragionamento deduttivo ed induttivo, sviluppa la capacità di sintesi ed il gusto per la ricerca di soluzioni a situazioni problematiche, mediante argomentazioni coerenti ed un linguaggio preciso. Educa quindi a quel pensiero matematico che non può e non deve esaurirsi all'interno delle mura scolastiche, ma deve contribuire alla crescita personale degli allievi fornendo strumenti di pensiero con cui affrontare il mondo quotidianamente; finalità, quest'ultima, comune a tutti gli indirizzi di studio che concorrono, in ideale armonia, alla promozione culturale ed alla formazione umana dei giovani. (cfr. D'Amore)

Oggi la parcellizzazione del sapere è quanto mai evidente, non si riescono a superare le barriere tra i saperi sia a livello di progettazione della didattica sia a livello di curricularità delle discipline. La progettazione nelle scuole secondarie di secondo grado, in attinenza a recenti disposizioni ministeriale viene fatta per assi culturali. nonché della corrispondenza della tecnologia a problemi concreti con soluzioni appropriate.

L'apprendimento deve essere centrato sull'esperienza e l'attività di laboratorio. L'apprendimento dei saperi e delle competenze avviene per ipotesi e

verifiche sperimentali, raccolta di dati, valutazione della loro pertinenza ad un dato ambito, formulazione di congetture in base ad essi, costruzioni di modelli. L'adozione di strategie d'indagine, di procedure sperimentali e di linguaggi specifici costituisce la base di applicazione del metodo scientifico che ha il fine anche di valutare l'impatto sulla realtà concreta di applicazioni tecnologiche specifiche.

Le abilità di pensiero che gli alunni devono acquisire comprendono sia le abilità di base (classificare, comparare, descrivere, trovare le ragioni) che quelle di livello più elevato: dalla inferenza normale al ragionamento analogico, dal problem – solving al problem – posing, dalla capacità di scoprire alternative possibili a quella di organizzare modelli di significato più generale.

Per conquistare le capacità mentali superiori l'insegnamento dell'area scientifico-tecnologica può dare importanti contributi. La manipolazione diretta di oggetti, che si realizza in laboratorio, può favorire il pensiero critico. Le attività pratiche tradizionali e, ancora meglio, le attività che comportano la risoluzione di problemi sperimentali (problem-solving) promuovono il pensiero critico e la creatività perché:

- stimolano la curiosità;
- permettono di riflettere sui dettagli sperimentali;
- promuovono la discussione fra pari;

L'area scientifico tecnologica deve far acquisire agli alunni le abilità (capacità) per chiarire un'idea (classificare, comparare, ordinare in sequenza, scoprire le assunzioni, descrivere le parti di un sistema), le quali hanno il pregio di esaltare la comprensione e l'utilizzo corretto delle informazioni; le abilità (capacità) necessarie a valutare la ragionevolezza di un'idea (spiegare le cause, ragionare per analogie, ragionare in maniera condizionale "se...allora", generalizzare); le abilità che generano idee che sviluppano il pensiero creativo e l'immaginazione. La risoluzione di problemi (problem-solving), specialmente in ambito sperimentale, comporta l'utilizzazione coordinata di più abilità mentali, fra quelle descritte.

Le competenze dell'area scientifico-tecnologica, nel contribuire a fornire la base di lettura della realtà. Esse concorrono a potenziare la capacità dello studente di operare scelte consapevoli ed autonome nei molteplici contesti, individuali e collettivi, della vita reale.

In particolare la progettazione delle discipline scientifiche afferisce all'asse scientifico tecnologico.

L'asse scientifico - tecnologico ha l'obiettivo di facilitare lo studente nell'esplorazione del mondo circostante, per osservarne i fenomeni e comprendere il valore della conoscenza del mondo naturale e di quello delle attività umane come parte integrante della sua formazione globale. Ha l'obiettivo di far acquisire metodi, concetti, osservare e comprendere il mondo e, misurarsi con l'idea di molteplicità, problematicità e trasformabilità del reale.

Obiettivo determinante è rendere gli alunni consapevoli dei legami tra scienza e tecnologie, della loro correlazione con il contesto culturale e sociale con i modelli di sviluppo e con la salvaguardia dell'ambiente.

L'attività di ricerca si colloca, dunque, in questo scenario socio-culturale ed ha come substrato teorico la pedagogia costruttivista e la sociologia di Morin.

Lo scopo è quello di contestualizzare le conoscenze della Matematica, della Fisica e della Chimica, rimodulare la progettazione didattica per un rinnovamento della scuola che non parta dalla forma ma dalla struttura. Non si tratta, a mio avviso, di fornire nuovi contenuti ma di adattare la disciplina all'allievo fornendo gli strumenti attraverso il rigore formale proprio delle scienze "dure" ma attraverso metodologie che conducano l'allievo ad essere protagonista della conoscenza e non fruitore passivo.

Un aspetto fondamentale per costruire un contenuto è quello di riscoprire gli aspetti storici della disciplina fin troppo tralasciati; si focalizza l'attenzione sul mero formalismo, sul nozionismo sterile e si riesce poco a stimolare l'allievo alla ricerca del perché delle cose, alla scoperta epistemologica del sapere.

La storia delle matematiche diviene motore essenziale del nuovo sapere scientifico, alla scoperta del nuovo "arrampicati sulle spalle dei giganti".

Posto saldamente, come premessa, un fermo interesse per la matematica-

ca, ogni aspetto della sua storia, anche il più minuto, anche un dettaglio biografico diviene rilevante.

“Quale matematico non vorrebbe conoscere su Archimede di più del ruolo che si suppone egli abbia avuto nella difesa di Siracusa? La nostra comprensione della teoria dei numeri di Eulero sarebbe la stessa se noi avessimo solamente i suoi scritti a nostra disposizione? La vicenda non diviene infinitamente più interessante quando leggiamo del suo stabilirsi in Russia, dello scambio di lettere con Goldbach, dell’acquisire familiarità, quasi per caso, con le opere di Fermat e poi, assai più tardi nella sua vita, dell’inizio di una corrispondenza con Lagrange sulla teoria dei numeri e sugli integrali ellittici? Non dovremmo provare piacere nel fatto che, attraverso queste lettere, un tal uomo divenga un nostro intimo conoscente?”

La storia delle matematiche deve essere intesa come storia delle idee ed è in questo senso che storia e matematica si identificano. In A. Weil comprendere profondamente l’evoluzione delle idee matematiche si identifica con il favorirne il progresso. Se si accetta passivamente ciò che è accaduto, il lavoro storico si riduce all’aggiunta di qualche abbellimento ad una melodia già formata.

“In effetti è evidente che l’abilità di riconoscere le idee matematiche in forma oscura o incipiente, e di seguirne le tracce nei molti travestimenti che esse possono assumere prima di manifestarsi nella piena luce del giorno, è verosimilmente unita ad un talento matematico migliore di quello medio. Ma ancor più di questo, è una componente essenziale di questo talento... Più spesso di quanto non si creda, ciò che rende la matematica interessante è esattamente il primo manifestarsi di concetti e metodi destinati ad emergere solo successivamente nella mente cosciente dei matematici; il compito dello storico è quello di liberarli e di rintracciare la loro influenza o la mancanza di influenza sugli sviluppi successivi”.

La lettura delle fonti può rinverdire lo studio della matematica, rinnovarlo senza depauperare gli obiettivi didattici della disciplina, piuttosto rafforzar-



doli per meglio potersi protendere verso il futuro.

Ed è proprio questa la sfida di questa ricerca: fondere come in un ibrido connubio il rigore e il formalismo con il gusto della scoperta delle fonti e rivisitare il crogiuolo di questi nuovi stimoli didattici servendosi della tecnologia.

Penso che solo così si riesca a dare un senso applicativo alle tecnologie didattiche, le quali, se non adeguatamente e criticamente veicolate rischiano di impoverire le discipline di studio piuttosto che favorirne l'apprendimento.

Le nuove tecnologie devono offrire” l'occasione affinché la scuola possa ridefinire il suo impianto culturale, la sua forma di insegnamento, le sue modalità di interazione. La multimedialità non è semplicemente un nuovo supporto entro il quale far veicolare i vecchi contenuti di conoscenza. È qualche cosa di più, è qualche cosa di radicalmente diverso: è la revisione di questi contenuti, la revisione di questi impianti; è la mobilitazione di energie e di creatività in direzioni assolutamente nuove per la scuola. Ne risulta allora l'esigenza, per una scuola che effettivamente voglia prendere sul serio la multimedialità, di ripensare la propria identità, ridefinendo i propri ambiti di sapere e il proprio rapporto con i giovani”.

Ecco la ricetta per una Matematica rinnovata, per una Fisica più appetibile, una Chimica più “concreta”:

- Costruzione dei saperi partendo dalle fonti;
- Supporto delle tecnologie informatiche (uso del PC, uso della Lavagna Interattiva Multimediale, uso di ipertesti);
- Rinnovamento del processo di insegnamento/apprendimento a partire dalle metodologie didattiche (LEARNING BY DOING, PROJECT WORK, ROLE PLAYING, BRAIN STORMING, PROBLEM SOLVING, E-LEARNING);

Per molti studenti il primo contatto con la matematica ma, ancora di più, con la fisica e la chimica non sempre si rivela un felice esordio: le capacità di astrazione non completamente sviluppate, il bagaglio matematico ancora ridotto, lo scarso collegamento tra la realtà quotidiana, pur ricca di stimoli in

relazione ai fenomeni fisici e l'attività scolastica, anche di laboratorio, sono fattori che rendono a volte difficoltoso l'approccio.

Una didattica learning by doing in cui lo studente impara facendo, derivando dall'esperienza quotidiana ancorché riproposta virtualmente in laboratorio, può costituire lo stimolo a comprendere, a conoscere. "L'intelligenza è un sistema di operazioni... L'operazione non è altro che azione: un'azione reale, ma interiorizzata, divenuta reversibile. Perché lo studente giunga a combinare delle operazioni, si tratti di operazioni numeriche o di operazioni spaziali, è necessario che abbia manipolato, è necessario che abbia agito, sperimentato non solo su disegni ma su un materiale reale, su oggetti fisici" (cfr. Piaget "Avviamento al calcolo"). Tuttavia, è bene precisare che non si apprende attraverso il mero fare e che la semplice attività deve essere accompagnata dal pensiero, dalla riflessione. Infatti, attraverso le semplici azioni si memorizzano azioni meccaniche ma per comprendere deve intervenire la riflessione, il pensiero. Le azioni, cioè, debbono essere interiorizzate, eseguite mentalmente e poiché all'azione si deve accompagnare il pensiero è importante, a mio parere un primo approccio learning by doing, ma esso diventa fruttuoso solo se accompagnato, in una seconda fase dal learning by thinking: è necessario operare pensando, riflettendo, discutendo con se stessi e con gli altri attraverso una azione di cooperative learning. Non è un caso se oggi si insiste molto, ed opportunamente, sulla metacognizione: non basta agire, manipolare, operare, fare; è necessario riflettere, pensare. E, tuttavia, non ci può essere una fase dell'azione e del pensiero senza la motivazione. È questa, secondo me, la sfida della didattica: coinvolgere e suscitare "curiositas" affinché il binomio doing-thinking possa divenire trinomio con l'aggiunta del learning by loving.

"Ogni essere che agisce, agisce per un fine. Ora, per ogni essere, il fine è il bene che si desidera e si ama. Da ciò è manifesto che ogni essere che agisce, qualunque sia questo essere, compie ogni sua azione, qualunque sia questa sua azione, mosso da qualche amore" (Bastien "Psicologia dell'apprendimento") Non si tratta di una ricetta miracolosa, né si tratta di abbandonare sentieri e percorsi didattici largamente battuti ma si tratta di fare le stesse cose meglio. Fare le stesse cose meglio vuol dire svolgerle in minor tempo, in

modo più interessante per gli studenti, con facile allestimento sperimentale e raccolta dati, con maggiore semplicità nella elaborazione, con la possibilità di modellizzare i fenomeni.

Intendo perseguire una azione didattica che parte dalla fase sperimentale, ripercorrendo, anche dal punto di vista storico e di svolgimento cronologico le tappe salienti della evoluzione della fisica. Ultimo aspetto per una didattica rinnovata che superi la parcellizzazione dei saperi cercando di fornire il nesso tra i saperi è la didattica interdisciplinare.

Nell'organizzazione disciplinare scandita in moduli, devono trovare la loro collocazione organica unità didattiche concepite nell'ottica della transdisciplinarietà e della interdisciplinarietà i cui obiettivi essenzialmente mirino a trasmettere saperi maturi, aggiornati e attuali, ripensati a stretto contatto con le epistemologie e le loro trasformazioni.

Infatti il progetto/percorso di apprendimenti pensato come organico, come finalizzato, come esemplare deve trovare spazio sia nelle discipline (con accenni, con richiami), sia tra le discipline, disponendosi così a creare occasioni di approfondimento specifico, reso possibile dalla evidenza e autonomia che alcuni dispositivi hanno assunto oggi e così un ruolo nettamente e consapevolmente trasversale. Nell'azione didattica vanno disposte occasioni in tal senso collocandole oltre e tra le discipline, pur legandole più ad una di esse che può o deve fare da contenitore e da traino.

In particolare, ove sarà possibile, lo studio delle discipline dovrà essere affrontato anche in lingua inglese attraverso lo svolgimento di esercizi che mirino a coniugare il sapere scientifico alla capacità di analisi e di comprensione di un testo in lingua inglese.

Il progetto di ricerca, insomma, partendo da una analisi concreta della realtà scolastica, servendosi dell'esperienza sul campo, vuole offrire lo scenario di possibili sviluppi di una didattica rinnovata delle discipline scientifiche, in particolare della matematica, della fisica e della chimica, una rianalisi del substrato teorico e la sua contestualizzazione storica.