

# Formazione al ruolo professionale e cultura matematico-scientifica

Michele Pellerey

## 1. La formazione al ruolo professionale

Vari progetti di curriculum formativo per fascia di professionalità fanno leva, nell'analisi della professionalità e della conseguente formazione professionale, su un cambiamento che implica il passaggio da una definizione di professionalità basata sull'idea di mansione (« insieme di operazioni elementari affidabili a un individuo »), a una fondata sul concetto di ruolo (« ciò che ciascuno fa nelle sue relazioni con gli altri, visto nel contesto del suo significato funzionale per il sistema sociale » o, più semplicemente, « ciò che si fa in relazione agli altri, visto nel suo significato funzionale »). Da questa assunzione di significato si traggono in genere parametri di riferimento fondamentali utili allo studio dei contenuti culturali, tecnici e operativi delle qualificazioni proposte. Ad esempio, nel progetto di formazione professionale per la fascia relativa all'industria grafica, tali parametri vengono individuati in: conoscenze, capacità tecnico-operative, capacità di controllo-regolazione, capacità di interazione.

Alla radice di questa scelta c'è lo sforzo di prefigurare un'organizzazione del lavoro più consona all'attuale tendenza evolutiva. L'azienda è vista come un complesso sistema sociale finalizzato alla realizzazione di un prodotto soggetto a mutamenti nel tempo e nello spazio e che assume, quindi, sempre più il carattere di industria di commessa, al suo interno soggetta a notevoli evoluzioni, sia come processo o ciclo di lavorazione, sia come tecnologia intesa in senso vasto, sia come strutturazione gestionale. Il ruolo

emerge proprio dalla condensazione di un insieme di attese circa la possibilità-capacità di rispondere, da parte di un individuo, alle esigenze di un sistema sociale dotato di queste caratteristiche.

Viene superata, così, la visione assai riduttiva propria di un'impostazione basata sul concetto di mansione. Nella piccola industria e nell'artigianato, però, soprattutto in alcuni settori, non è stato tanto un principio di organizzazione tayloristica del lavoro, principio più funzionale, d'altronde, a un'industria di serie, che ha determinato nel passato l'emergenza di mansioni parcellizzate e gerarchicamente strutturate, quanto una lenta evoluzione partita dalla figura dell'artigiano e quindi da una professionalità di mestiere, radicata in una elevata capacità individuale di intervento tecnico-operativo sull'oggetto e sulle modalità di una sua trasformazione. Nei Centri di formazione si può spesso constatare quanto sia presente ancora un'impostazione di formazione professionale di mestiere, più che di ruolo. L'assunzione di questa prospettiva viene giustificata con l'avvallo di molti datori di lavoro e di operatori di aziende locali sia artigiane che piccolo-industriali, con la constatazione che questa, appunto, è anche nel futuro la caratteristica della professionalità artigiana. Occorre quindi, proprio per la delicatezza del problema, approfondire un poco la questione.

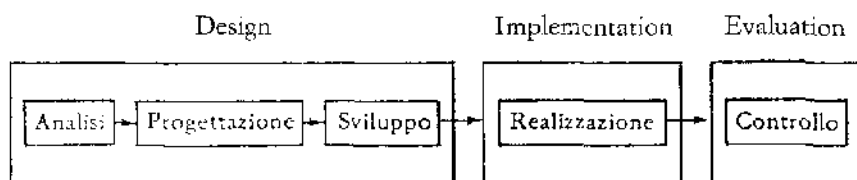
### *Tecnologia tradizionale e tecnologia moderna*

La tecnologia tradizionale era caratterizzata da un insieme di abilità di ordine pratico, prive però di una vera giustificazione teorica. Abilità basate sull'esperienza e la tradizione. L'acquisizione di questo complesso di capacità avveniva attraverso l'interazione sistematica con una persona competente, che possedeva quindi il suo mestiere e lo sapeva esercitare in maniera riconosciuta. Si passava di conseguenza progressivamente da uno stadio di noviziato a uno di competenza tecnico-operativa, tendenzialmente illimitata.

Tutto questo è certamente di più e più esigente di quanto richiesto dall'acquisizione di una mansione industriale. Ma ciò non è visto nel contesto di un concetto di ruolo, proprio perché centrato solo sulla competenza professionale dell'individuo e non sul sistema produttivo, visto sotto il profilo sociale.

La tecnologia moderna ha caratteri più sistematici e coscientemente controllati, soprattutto per quanto concerne le conoscenze scientifiche sottese. Conoscenze d'altronde di varia natura: naturalistiche, sociali, economiche, ecc. In genere questa tecnologia si distingue per il prevalere dell'istanza progettuale su quella esperienziale, cioè l'esigenza dichiarata e reale

di partire dall'elaborazione di un progetto, che prefiguri non solo il prodotto finale, ma anche il processo di produzione e il controllo/regolazione del processo stesso. È la logica del progetto che sottende tutte le fasi e i procedimenti che verranno messi in opera, logica, però, da assumere in senso flessibile, perché occorrerà saper valutare continuamente i risultati parziali ottenuti nelle varie fasi per adattare le azioni e le scelte alle esigenze che man mano emergeranno. Per questo si distinguono generalmente 3 momenti o livelli: quello del design (o del progetto), quello dell'implementation (o della realizzazione) e quello dell'evaluation, detta anche quality control, (valutazione/regolazione o controllo di qualità). In sintesi:



Al livello del design vanno poste anche altre due fasi: una precedente, dell'analisi; e una susseguente, dello sviluppo. La prima garantisce un'adeguata base informativa circa le reali esigenze progettuali, l'altra la prefigurazione di concreti procedimenti attuativi del progetto. In molti casi è probabile che la fase di analisi debba tener conto di un rapporto dialettico rivolto sia verso l'interno, e che tiene conto delle possibilità e delle limitazioni del sistema sociale produttivo, sia verso l'esterno, e che interagisce con la committenza. Quanto alla fase di sviluppo, essa implica una programmazione nei tempi e nelle forme dei vari momenti del processo di produzione. Questa fase deve tener conto anche dei modi di organizzazione concreta del lavoro, di una definizione abbastanza precisa dei caratteri, che l'oggetto in lavorazione dovrà avere in uscita/entrata dai diversi momenti lavorativi, più che di norme/divisioni operative di lavoro. Questo perché la tendenza in atto porta a una suddivisione in unità produttive gestionali per funzioni o cicli di lavorazione. All'interno di ogni unità produttiva e gestionale si manifesta una certa flessibilizzazione e rotazione dei lavoratori. Questo è vero a tutti i livelli di grandezza, sia artigianale, sia di piccola, media o grande impresa.

#### *Un concetto di ruolo più ricco e comprensivo*

Il ruolo va visto, quindi, nell'ambito di una assunzione collettiva di responsabilità, in ordine alla produzione in tempi e costi competitivi di un

oggetto (finito o semilavorato), che soddisfi alle caratteristiche del progetto e dello sviluppo predisposti all'interno di una unità operativa e gestionale. Alla base di questa assunzione di responsabilità sta una capacità di diagnosi continua e corretta del processo e del prodotto in lavorazione per prevenire e riportare i parametri del processo e del funzionamento degli impianti e quelli del prodotto a norma. Ciò a sua volta implica capacità e atteggiamenti adeguati nella prefigurazione del processo e del prodotto, in un'azione-controllo-adattamento efficiente ed efficace.

Come già accennato, invece, un concetto di tecnologia tradizionale implica una professionalità di mestiere, intesa, certo, in senso ampio e profondo, come quello proprio di una tradizione artigiana che in Italia ha una lunghissima storia. In questa fase di transizione verso una tecnologia moderna, occorrerà porre attenzione a tale trasformazione per accoglierla in maniera adeguata nel processo formativo. D'altra parte è facile cogliere un compito di simulazione e di analogia che deve assumere il Centro di formazione professionale: accettare cioè nella sua stessa organizzazione formativa e gestionale i principi fondamentali di una tecnologia moderna e di un decentramento organizzativo del processo per unità operative-gestionali e per momenti lavorativi unitari, che prefigurano parametri prestabili, sia per il prodotto che per il processo, tenuto conto delle risorse interne e delle richieste esterne e di un continuo controllo/regolazione del processo formativo.

Abbiamo già ricordato come per ruolo professionale si intenda spesso il complesso di attese, che un sistema sociale e/o produttivo complesso ha nei riguardi di chi si deve assumere il compito di organizzare e controllare un segmento della sua realtà; e come altri, contrapponendo l'idea di mansione (o di insieme di mansioni elementari affidabili a un individuo) a quella di ruolo professionale, abbiano definito quest'ultimo come: « ciò che ciascuno fa nelle sue relazioni con gli altri, visto nel contesto del suo significato funzionale per il sistema sociale ». Da questa definizione appare già un elemento centrale: il cogliere l'attività lavorativa nel contesto più generale del sistema produttivo e in riferimento al sistema di relazioni sia istituzionali che interpersonali in esso presente. Tuttavia un ruolo professionale per essere inteso in senso pieno deve includere tre componenti fondamentali.

a) Il compito, o i compiti lavorativi affidabili a un soggetto, visti in relazione alla totalità dei compiti lavorativi presenti nel sistema produttivo. Ciò implica da parte del lavoratore la capacità di comprendere il sistema e cogliere se stesso come una sua componente essenziale, discriminandone la specificità (funzioni professionali).

b) *Le relazioni sia interpersonali che istituzionali che il soggetto deve essere in grado di sviluppare e gestire per portare a termine in modo valido e fecondo i suoi compiti lavorativi (relazioni professionali).*

c) *Il sistema di significati che il soggetto lavorativo deve essere in grado di dominare e attribuire alla sua attività, alle persone con cui entra in rapporto, al sistema produttivo e sociale di cui fa parte, colto nella complessità della situazione storica, sociale e territoriale (senso e motivazioni professionali).*

È utile aggiungere che tutto questo va posseduto in maniera cosciente, e ciò è evidentemente incluso nelle esigenze sopra delineate, e flessibile, in quanto dinamicamente aperto all'adattamento progressivo, alle trasformazioni sociali e tecnologiche.

Un processo di formazione professionale al ruolo assume quindi il significato di progressivo passaggio da una situazione di orientamento e di apertura fondamentale verso la professionalità a un'assunzione degli attributi, che congiunti in modo valido e fecondo, permettono l'acquisizione e l'esplicazione di un ruolo professionale vero e proprio. Questi attributi vengono denominati competenze professionali.

#### *Ruolo, competenze professionali e conoscenze scientifiche*

Una competenza professionale, d'altronde, è, in estrema sintesi, la capacità di compiere una certa attività lavorativa, o un compito lavorativo globale, in modo tecnologicamente e operativamente valido e produttivo, in modo socialmente congruo e fluido, in modo cognitivamente e affettivamente adeguato e aperto. Una competenza professionale assume cioè le stesse dimensioni, o componenti, del ruolo professionale, ma contestualizzato in modo più pertinente e preciso.

A sua volta una competenza professionale deriva dall'integrazione dinamica di conoscenze, abilità e di atteggiamenti. Conoscenze relative a fatti, concetti, principi e teorie; abilità di natura pratica e intellettuale; atteggiamenti riferiti sia al lavoro inteso nella sua globalità e specificità, sia alle relazioni sociali, interpersonali e istituzionali, sia alla percezione di sé, del gruppo e della comunità più vasta.

Nei parametri di definizione del ruolo professionale determinati dai vari progetti si ha, in genere, una sottovalutazione delle componenti culturali e scientifiche del processo formativo, mentre vengono messe bene in evidenza quelle tecnologiche, tecnico-operative e di interazione. Soprattutto per queste ultime due componenti, è stata ben individuata l'esigenza di un lavoro

di gruppo, di un rapporto a monte e a valle della fase-sottofase con altre unità operative-gestionali, di capacità di controllo-regolazione-manutenzione ordinaria. Quanto all'insegnamento della tecnologia, viene dato un modello discendente progressivo, che parte da una visione generale e dinamica a una più particolare e specifica, relative alle operazioni incluse nell'attività della propria specializzazione. Tuttavia occorre precisare che non si tratta di una progressione temporale, prima l'una e poi l'altra, bensì di una continua interazione tra comprensione e controllo del processo generale e attività produttiva, gestionale e di controllo-regolazione della fase in cui si esplica la propria professionalità di ruolo.

Uno dei caratteri fondamentali della tecnologia moderna, lo abbiamo già accennato, è la sua stretta connessione con la scienza. Senza entrare nei dettagli di un'analisi di queste due realtà, occorre però dire che sebbene esista tra esse una differenza di natura (la scienza ha come obiettivo il progresso della conoscenza, la tecnologia, la trasformazione della realtà data), tuttavia le loro interazioni sono assai strette. Ambedue procedono per operazioni (vere e proprie trasformazioni), dipendono da schemi formali, le loro operazioni sono ancora tematizzabili (cioè possono formare oggetto di studio ulteriore), sono generalizzabili e interdipendenti. La scienza d'altronde avanza per l'apporto tecnologico a lei necessario e la tecnologia per le nuove informazioni e conoscenze che la scienza le mette a disposizione e che essa inserisce nei sistemi materiali e sociali. E questo è l'ultimo elemento che vorremmo sottolineare. La scienza e la tecnologia non si occupano solo di fatti e fenomeni e sistemi materiali, ma anche sociali, economici e culturali. Le basi scientifiche della tecnologia sono assai più ampie di quelle tradizionalmente supposte; esse si estendono non solo alle scienze formali (logica, matematica e, oggi, informatica e telematica) e sperimentali (come fisica e chimica), ma anche alle nuove scienze, quelle appunto che studiano i sistemi sociali, culturali, economici, ecc. Se la formazione è al ruolo, e il ruolo si definisce a partire dal sistema sociale produttivo in oggetto, è essenziale allora l'apporto di conoscenze relative ai sistemi sociali produttivi, e quindi ai sistemi sociali, economici, culturali che ne fanno da sfondo e contesto.

Nei Centri di formazione professionale, tuttavia, si ha l'impressione che l'impostazione dell'insegnamento della matematica, della fisica e della chimica, ma anche quella della cultura generale, sia poco coerente rispetto a questa stretta connessione e interdipendenza tra scienza e tecnologia. Le varie discipline sembrano più essere un trasferimento, spesso materiale, di programmi e metodi, tradizionalmente presenti nei corsi degli Istituti Pro-

fessionali e Tecnici, e oggi del tutto superati nel loro valore culturale e formativo.

Finora nel discorso non si è tenuto conto, se non implicitamente, dell'impatto che l'informatizzazione della società, dei sistemi di produzione, di gestione e di organizzazione del lavoro ha sulle competenze professionali e di conseguenza sul ruolo professionale. Basti qui accennare all'influsso, che il concetto di informatica distribuita, sta avendo sulla strutturazione delle aziende. Si tratta della costituzione di una rete interconnessa di unità autonome periferiche, che vengono coordinate e gestite da un riferimento centrale, oppure che trovano nel rapporto reciproco una dinamica integrazione. La tendenza al decentramento e al coordinamento dinamico porterà a una diminuzione del numero degli operatori presenti in ciascuna azienda, che sarà economicamente e giuridicamente autonoma, e di conseguenza a una loro perdita di potere contrattuale e sindacale. Questa frammentazione in aziende di consistenza più ridotta è resa possibile dalla rete di interconnessione fornita dalla telematica. Questo sommario panorama sottolinea alcune esigenze nuove poste al sistema di qualificazione professionale. In particolare occorre qui ricordare quello che diverrà sempre più un obiettivo formativo di estrema importanza, obiettivo alla base di ogni possibile ulteriore processo educativo. L'uso delle macchine automatizzate a controllo digitale porterà inevitabilmente a frapporre tra attrezzature e uomo il momento rappresentativo del processo di trasformazione degli oggetti, siano essi pezzi propri di un ciclo di produzione meccanica o grafica. Non si interagisce direttamente con le macchine, controllandole e regolandole in modo continuo, bensì con un sistema regolativo formalizzato e dotato di un suo linguaggio. Si predispose un programma esecutivo, lo si verifica, e quindi lo si introduce nel processo produttivo realizzato dalla macchina. Occorre cioè impostare un processo seguendo la logica propria dell'automa esecutivo e interagendo secondo il linguaggio formalizzato che tale automa è in grado di comprendere. Si comunica mediante istruzioni formalizzate, sempre più complesse, istruzioni che devono essere interconnesse in un procedimento efficiente ed efficace. Il punto focale della competenza, direi di buona parte delle competenze professionali, sta proprio nella capacità di rappresentare il processo di trasformazione, che dovrà fare la macchina, nel modificarlo fino a renderlo ottimale e nel tradurlo in un linguaggio formalizzato.

Questa competenza non può essere sviluppata solo da un docente o da una disciplina di studio. È l'insieme del processo formativo che deve essere attento e sensibile a questa esigenza. Dalla matematica, alla tecnologia, alla stessa cultura generale.

## 2. Quale formazione matematica

Il discorso precedentemente avviato ci porta direttamente a trattare della matematica. Essa è stata fin dall'antichità uno dei caposaldi educativi della capacità di pensare il modo astratto e rigoroso. Tuttavia occorre, specialmente in questo contesto, rileggere anche questa disciplina dal nostro punto di vista. Un'impostazione dinamica, costruttiva e applicativa della matematica, d'altra parte, non è affatto contraddittoria rispetto alla sua natura interna, tutt'altro. Vediamo il perché.

La matematica è stata vista nel corso dell'ultimo secolo secondo diverse e per molte ragioni contrapposte prospettive. La prima di queste, che ha avuto tanta fortuna negli anni sessanta, afferma che tutta la matematica riposa sulla logica, e che quest'ultima è la vera radice di tutto l'edificio matematico e in essa esplicita le stesse leggi del pensiero rigoroso. Tutta la matematica è fondata sull'aritmetica, e questa a sua volta trova le sue basi nella logica.

È la tesi logicista, dalla quale si è sviluppata una variante che affida alla Teoria degli insiemi questo valore fondante. L'insiemistica diffusasi nella scuola tra la fine degli anni sessanta e l'inizio degli anni settanta è una filiazione, talora assai ingenua, di questa prospettiva. Tale impostazione logicista, d'altra parte, partiva dal presupposto di poter costruire in questo modo un edificio matematico coerente, completo, nel quale ogni affermazione derivata dalle premesse iniziali trovava un suo preciso valore di verità.

Questo sogno si è infranto a partire dagli anni trenta, ma la presa di coscienza riflessa delle conseguenze delle scoperte realizzate da Goedel, da Turing e da altri è stata assai lenta. Una di queste conseguenze concerne il metodo di lavoro e di verifica delle conclusioni raggiunte che caratterizza la matematica.

Sembrava chiaro, infatti, dopo le scoperte sulle geometrie non euclidee, che l'impostazione della matematica dovesse essere di natura assiomatico-deduttiva. Essa doveva, cioè, muoversi da enunciati arbitrariamente posti e da regole di deduzione chiaramente definite, per sviluppare poi a poco a poco le catene di ragionamenti e conclusioni che da tali premesse si potevano derivare. In realtà si è constatato che in questo paradiso logico, un po' artificiale, non solo non siamo in grado di decidere sempre se una proposizione è vera o falsa, ma la stessa sensatezza e significatività delle varie affermazioni non può essere sempre ricavata partendo dal suo interno. Il metodo da solo porta, infatti, a un'esplosione tumorale di enunciati, non a un organismo vivo e funzionale.



Una seconda impostazione esaspera quella precedente, aggiungendo l'esigenza di una rappresentazione simbolica formale di tutto quanto entra a far parte dell'impianto assiomatico-deduttivo. È la tesi formalista. Nella sua forma più chiara essa priva di qualsiasi significato i vari simboli matematici e i vari enunciati vengono ridotti a pure formule, quale  $a + b = b + a$ . Formule vuote, non appoggiabili né all'intuizione, né alla costruzione. In questo modo matematici come D. Hilbert credevano di salvare la matematica da alcune sue difficoltà interne e darle coerenza come sistema formale, cioè come insieme di formule, catene di segni, e di regole di manipolazione, considerato indipendentemente da ogni significato potesse essere loro attribuito. La matematica in questo modo è un linguaggio formalizzato, i cui aspetti grammaticali e sintattici ne costituiscono l'ossatura.

Il progetto di Hilbert è naufragato insieme alla tesi logicista. Ma restano tante negative conseguenze anche sul piano didattico. Tra queste la soverchia attenzione data alla manipolazione corretta di formule senza significato per l'allievo e la puntigliosa esigenza di definizioni precise, stereotipate, espresse spesso in modo inutilmente astratto.

### *Una concezione della matematica costruttiva e sostanziale*

Contro queste due impostazioni sta l'affermazione che ciò che importa della matematica non è la formula, l'espressione astratta, bensì la sostanza dei suoi concetti, il significato dei suoi principi, il senso e il perché dei suoi procedimenti. La formalizzazione delle definizioni e delle affermazioni può essere utile, talvolta è necessaria; ma non può sovrapporsi alla costruzione dei concetti, dei principi e dei procedimenti in modo chiaro, pregnante, ricco di ricadute sulla realtà esterna ed interna dell'uomo. D'altra parte lo stesso linguaggio naturale è più ricco, complesso e fecondo di un qualsiasi linguaggio formalizzato, anche se quest'ultimo è più controllato e controllabile. Esso è certamente indispensabile per discutere, verificare e comunicare le varie conquiste matematiche e le loro formulazioni astratte. Ma credere di ridurre la ricchezza, complessità e varietà del pensiero matematico alla sua sola componente esprimibile in modo logico-formale è privarlo della sua parte più preziosa e creativa.

La matematica va vista così come una costruzione ricca di significato, lenta e progressiva, che parte da alcune intuizioni fondamentali: quella del numero naturale o del discreto e quella dello spazio o del continuo. Nessuna di queste due intuizioni può essere eliminata. I matematici prima di Pitagora tentarono di costruire la matematica basandosi solo sull'intuizione del

discreto o del numero naturale; ma nella scuola pitagorica ci si scontrò con un ostacolo insuperabile: come descrivere lo spazio e gli oggetti geometrici mediante i numeri naturali. La scoperta dell'incommensurabile, cioè dell'esistenza di grandezze geometriche, che non hanno un sottomultiplo comune per quanto piccolo, portò al prevalere dell'intuizione del continuo. Così la matematica greca seguente cercò di risolvere anche le questioni aritmetiche mediante la geometria; l'intuizione spaziale sembrava ormai un più serio fondamento per ogni sviluppo successivo. Di questa tendenza fa fede l'opera di Euclide. Einstein in un suo ultimo scritto del 4 aprile 1955 parla ancora di « antico contrasto continuità contro discontinuità ».

Oggi si accetta sempre più, anche in matematica, il principio di complementarità di Bohr, principio per cui il continuo e il discreto sono visti come due differenti aspetti di un unico e medesimo mondo fisico, entrambi concorrenti a formare il punto di vista della teoria fisica. A seconda cioè del tipo di problemi che si affrontano in matematica, ci si impegna a impostare il discorso sulla base dell'esistenza del continuo geometrico, o a considerare l'esistenza e la computabilità nel senso del discreto numerico.

E qui sono necessarie due considerazioni particolari: l'una riguarda lo sviluppo attuale della matematica sotto la spinta dell'informatica; l'altra il posto ove collocare la teoria degli insiemi, e più in generale la logica, sia essa più o meno formalizzata. Uno degli effetti che lo sviluppo vistoso dell'informatica può avere sulla matematica sta nel sottolineare, e forse esasperare, i suoi aspetti algoritmici. Buona parte dei concetti matematici, infatti, può essere definita in termini di procedimenti mentali, traducibili e rappresentabili in successioni ordinate e finite di operazioni. È questa una nuova spinta alla valorizzazione dell'intuizione del discreto. Questa, se accompagnata alla svalutazione operata negli anni cinquanta e sessanta dell'intuizione geometrica dello spazio, nel favorire un approccio algebrico, potrebbe squilibrare in modo non indifferente non solo l'impianto della matematica, ma soprattutto quello del suo insegnamento. Occorre allora insistere sull'importanza di dare un adeguato spazio alla geometria e all'intuizione spaziale.

Quanto all'insiemistica, e in genere alla formalizzazione dell'analisi del pensiero matematico dal punto di vista logico, la visione complementarista sopra ricordata, pone la teoria degli insiemi e tutta la logica come scienza normativa, che regola, cioè, l'uso del linguaggio matematico e fornisce un efficace controllo critico alla costruzione ed elaborazione delle conoscenze matematiche. Logica e insiemistica, così, non sono più fondamento della matematica, ma strumento di analisi del discorso matematico e guida al suo progressivo sviluppo verso livelli di astrazione più elevati.

## *Una matematica per l'uomo e il lavoratore*

L'approccio alla matematica, sopra esposto nelle sue grandi linee, ha però un ulteriore risvolto sul quale occorre soffermarsi. In esso si parte dall'ipotesi che l'edificio matematico nei suoi concetti, definizioni, principi, proposizioni ecc., venga a poco a poco costituendosi a partire dalle due intuizioni fondamentali di discreto e di continuo. Questo suppone che la matematica non esista fuori dell'uomo, né in un cielo empireo, né nascosta nelle pieghe dell'universo fisico. Il pensare questo edificio già esistente in se stesso, significa che si può solo scoprirlo pazientemente, ma che nella sua architettura e sostanza esso è già dato. È una concezione della matematica che può definirsi descrittivista, in quanto l'attività matematica consiste nell'esplorare l'edificio matematico e nel descriverlo mano a mano che esso viene alla luce. Spesso questa posizione viene chiamata anche platonismo, con evidente riferimento a quanto a suo tempo affermò Platone circa l'esistenza di un mondo di idee, autonomo e ideale. Esiste però anche la variante terrestre, che non accetta l'esistenza della matematica in un mondo empireo, bensì in quello fisico. L'universo contiene in sé gli oggetti matematici, che l'uomo può scoprire studiandolo attentamente.

Nell'esposizione precedente viene completamente privilegiata, invece, l'identificazione della matematica con una costruzione umana, un corpo di conoscenze a poco a poco elaborato nei secoli, via via sempre meglio controllato e organizzato, progressivamente espresso in modo più coerente e sistematico, ma sempre aperto a nuove conquiste.

Dal punto di vista didattico il risvolto sta nel fatto che una vera conoscenza matematica è data solo, se è l'alunno stesso che compie questo percorso, che costruisce a poco a poco il suo edificio matematico, superando talora ostacoli né piccoli né semplici, veri e propri ostacoli di natura epistemologica e psicologica. È ovvio che tale percorso va guidato e reso agevole dall'insegnante. Non è neppure lontanamente pensabile, infatti, che egli possa da solo rifare un cammino di millenni.

Tutto questo vale per l'educazione matematica in generale. Nel caso della formazione professionale, però, occorre accentuare una componente, che troppo spesso è del tutto trascurata, soprattutto nella prassi didattica italiana: le applicazioni della matematica. Non basta infatti favorire la costruzione di concetti, di principi e di procedimenti matematici, occorre anche avviare a un loro uso sistematico e produttivo nell'interpretare, rappresentare e risolvere problemi scientifici, tecnologici e pratici. La formazione al ruolo, come più volte ribadito, implica una stretta inter-connessione tra

scienza e tecnologia; strumento di questo rapporto è la comune base di rappresentazione e di elaborazione matematica. L'informatica, nata da una lenta evoluzione di idee logiche e matematiche, rappresenta oggi il più elevato e compiuto progetto di interscambio a livello conoscitivo e operativo tra crescita del sapere matematico-scientifico e sviluppi tecnologici. D'altra parte va ricordato come gran parte della conoscenza scientifica si riassume nella costruzione, controllo e applicazione di modelli matematici di fenomeni e situazioni naturalistici, sociali o economici.

### 3. Quale formazione scientifica

Nella conclusione del paragrafo precedente abbiamo accennato al ruolo della matematica nell'elaborazione dei modelli di situazioni o fenomeni, oggetto delle scienze sperimentali. Ora dobbiamo esplicitare il carattere e il ruolo della scienza nel processo formativo al ruolo. Per far questo è inevitabile premettere alcune riflessioni critiche generali, anche a causa di una concezione assai popolare e diffusa, che ha le sue radici nella rivoluzione scientifica del diciassettesimo secolo. Essa può essere così riassunta: « La conoscenza scientifica è conoscenza provata: le sue teorie derivano rigorosamente dai fatti empirici acquisiti mediante l'osservazione e l'esperimento. La scienza si basa su ciò che è possibile vedere, udire, toccare; il pensiero speculativo, le opinioni personali o le preferenze non vi trovano posto perché la scienza è oggettiva. La conoscenza scientifica è attendibile appunto perché oggettivamente dimostrata » (A. F. Chalmers).

Due sono i punti rilevanti di questa impostazione. Primo: il metodo scientifico parte dall'osservazione. Secondo: l'osservazione costituisce una solida base da cui derivare la conoscenza scientifica. Tuttavia ambedue i punti non sono sostenibili. Ma vediamo le cose con ordine.

« Il semplice accertamento dei fatti — scriveva Claude Bernard — non arriverà mai a costruire una scienza. Si ha un bel moltiplicare i dati e le osservazioni; tutto questo non insegnerà mai nulla ». E P. B. Medawar: « Immaginatoci a vagare per un mondo silvano e pastorale intenti a osservare e a prender nota delle nostre osservazioni. Evidentemente non potremmo osservare tanto da dare un sostanzioso apporto all'aumento della scienza. Potremmo, per esempio, passare la vita intera nell'osservazione della natura, senza vedere una volta sola due rametti secchi sfregati l'uno contro l'altro, o senza vedere la luce solare rifratta attraverso un cristallo, o senza assistere alla distillazione di un liquore fermentato ». L'immaginazione di Medawar

non era tanto distante dalle tendenze ecologico-osservazioniste rilevabili in molte scuole.

K. Popper, per convincerci, ci invita a un esperimento. « Il mio esperimento consiste nel chiedervi di osservare qui e ora. Spero che tutti stiate cooperando, ed osserviate! Ma temo che qualcuno di voi, invece di osservare, provi il forte impulso a chiedermi: "che cosa vuoi che osservi?" ». Lo stesso C. Darwin si domandava: « Come è strano che nessuno veda che ogni osservazione non può essere pro o contro qualche teoria... ».

Ma se non si parte dall'osservazione, cioè dal mondo fisico, da dove inizia il processo conoscitivo? Ecco allora la proposta di K. Popper. Occorre distinguere fra tre mondi diversi:

a) il mondo 1: quello degli oggetti e dei fenomeni fisici (il mondo reale);

b) il mondo 2: quello del pensiero e della coscienza di ciascuno (il mondo della cultura come patrimonio personale);

c) il mondo 3: quello della conoscenza che è stata codificata e viene trasmessa per mezzo di documenti (il mondo della cultura codificata).

Nella prospettiva di Popper il pensiero scientifico parte dal mondo 3, cioè dalle teorie scientifiche, che esistono nella cultura codificata e che vengono messe in discussione, che entrano in crisi per qualche fatto nuovo. La scienza è costituita da un complesso di teorie che hanno il compito di spiegare fatti e fenomeni noti e di prevedere fatti e fenomeni non ancora noti. Queste teorie, o alcuni dei loro pezzi, possono entrare in crisi, se non riescono a spiegare alcuni fatti e fenomeni nuovi e se alcune delle loro previsioni risultano errate. Nasce così un problema scientifico. La molla del procedimento scientifico quindi non è l'osservazione, ma il problema.

« Potete (...) ottenere qualche risultato di rilievo scientifico, se dite: "queste sono le teorie sostenute oggi da alcuni scienziati. Esse pretendono che determinati eventi siano osservabili in determinate condizioni. Vediamo se è proprio così. In altre parole, solo se scegliete le osservazioni da compiere tenendo presenti i problemi scientifici, e la situazione generale della scienza, sarete forse in grado di dare un contributo a quest'ultima. E l'insegnante, il quale suggerisse al giovane scienziato desideroso di fare scoperte: "vai in giro e osserva", darebbe un cattivo consiglio; mentre lo guiderebbe correttamente se gli dicesse: "cerca di imparare quali sono i temi dibattuti oggi dalla scienza e di scoprire dove insorgano delle difficoltà e interessati delle divergenze di opinione. Sono questi i problemi che devi affrontare" » (K. Popper).

La conclusione a cui sembriamo sollecitati è questa: la teoria precede

l'osservazione; le osservazioni e gli esperimenti sono realizzati, per controllare o far luce su una teoria determinata e perciò vanno tenute in conto solo le osservazioni che sono pertinenti a quello scopo; queste osservazioni possono confermare o rendere falsa la teoria (o un suo pezzo): una osservazione che contraddice a una teoria genera un problema, mette in crisi la teoria, costringe a ripensare. Il conflitto è tra mondo 3 e mondo 1.

Il secondo punto, precedentemente ricordato, su cui si fonda una impostazione osservativo-induzionista è questo: l'osservazione costituisce una solida base da cui derivare la conoscenza scientifica. Si può sostenere ciò? È possibile cioè trovare delle leggi o dei principi di natura scientifica, a partire dall'osservazione? La prima questione che si pone è: quante osservazioni sono necessarie perché si abbia il diritto di affermare che un qualche principio o una qualche legge vale sempre? Ma per quanto grande sia il numero delle osservazioni concordi e differenziato l'insieme delle circostanze di queste osservazioni, non è possibile ottenere mai una vera certezza. Conferme a una ipotesi derivante da osservazioni ripetute se ne possono trovare sempre, ma da questo a trarre delle conclusioni definitive ce ne passa. B. Russel ha fornito una pungente caricatura di questo modo di procedere. È l'aneddoto del tacchino induttivista.

Fin dal primo giorno questo tacchino constatò che nell'allevamento, dove era stato portato, gli veniva dato il cibo alle 9 di mattina. Da buon induttivista, però, non volle trarre nessuna conclusione. Attese finché non ebbe collezionato un gran numero di osservazioni intorno al fatto che veniva nutrito alle 9 di mattina ed eseguì queste osservazioni in una vasta gamma di circostanze, di mercoledì e di giovedì, nei giorni caldi e nei giorni freddi, sia che piovesse sia che splendesse il sole. Ogni giorno arricchiva il suo elenco di una nuova proposizione osservativa. Finalmente, la sua coscienza induttivista fu soddisfatta e concluse: « Mi danno sempre il cibo alle nove di mattina ». Ma purtroppo questa conclusione si rivelò incontestabilmente falsa la vigilia di Natale, quando invece di essere nutrito venne sgozzato.

Ma allora come procedere? Come raggiungere una certezza? K. Popper non ha esitazioni: il tribunale della realtà è inappellabile, solo se condanna una teoria o un suo frammento. La falsificazione di una conclusione invalida le premesse. Se l'esperienza contraddice le ipotesi, queste debbono cadere. Occorre rimettersi in marcia.

Ma, è stato obiettato, anche le falsificazioni possono essere poco attendibili. È bene dare fiducia a una sola osservazione contraria? O ce ne vogliono di più? E quante allora? Non è forse vero che ai tempi di Galileo la teoria tolemaica aveva più prove di quante non ne avesse quella coper-

nicana? E Galileo stesso quante volte si è imbattuto in prove contrarie alla sua teoria del moto: avrebbe dovuto abbandonarla? Probabilmente né le verifiche, né le falsificazioni da sole bastano a spiegare la scienza e il suo progresso. Che cosa garantisce allora la conquista scientifica? Che cosa è il metodo scientifico?

Non è utile, né necessario sviluppare oltre il discorso. La conclusione che sembra possibile avanzare è questa: non è possibile descrivere in maniera compiuta, né prescrivere in maniera assoluta un metodo scientifico. Non esiste il tanto sbandierato metodo scientifico. L'unica cosa che si può affermare è che esistono alcuni principi, che permettono di giudicare se un metodo è più o meno scientifico. Essi offrono alcune garanzie irrinunciabili.

### *Principi di metodo scientifico*

Quali possono essere, allora, i principi atti a caratterizzare un procedimento che può definirsi scientifico? A mio avviso essi sono principalmente: il principio di rilevanza, quello di consistenza e quello di pubblicità.

a) Il principio della rilevanza. Esso riguarda i fatti e i fenomeni che si prendono in considerazione. O meglio ancora, perché tale è sempre il punto di partenza di un autentico processo di pensiero, i problemi che si devono affrontare. Rilevanza significa importanza, risonanza, ricchezza di relazioni e di riferimenti, connessione con teorie e ipotesi ricche di informazioni, applicabilità e capacità di previsione, o con situazioni, oggetti, esperienze che sollecitano vivamente l'uomo e la società. Muoversi a mezz'aria, staccati dalla realtà o da significati ricchi e pregnanti, legati a pure formule o a questioni peregrine, non è di certo un buon indizio.

b) Il principio della consistenza. Si tratta di consistenza del modo di procedere e della bontà delle soluzioni. Non dico verità. Sarebbe troppo. Abbiamo visto quanto è complesso il problema della prova della verità di un'affermazione che riguardi la realtà esterna all'uomo. La storia ci ha educato a un sano scetticismo. Ogni teoria, per quanto corredata da prove, è stata superata nel corso dei secoli, talvolta degli anni. Tale consistenza è migliorata se il ragionamento fatto, l'argomentazione sviluppata, è coerente e completo e, d'altra parte, se l'affermazione, soprattutto se audace e ricca di informazione, riesce a trovare conferme e a superare tentativi di falsificazione. Sia la coerenza interna, sia il controllo sperimentale aiutano ad aumentare la consistenza di una soluzione, di una spiegazione, di una teoria.

c) Il principio della pubblicità. La nostra teoria, la nostra spiegazione, la nostra previsione possono essere comunicate e sottoposte al giudizio altrui.

Diventano cioè di pubblico dominio e possono essere sottoposte a controllo critico da parte di tutti. Esse potranno essere accettate, o rifiutate. La loro validità viene esposta alla severa analisi della contraddizione. Il principio può essere esteso fino ad affermare che la scienza è un bene di tutti, una proprietà comune. Tutti e tre i principi concorrono a qualificare come scientifica una conoscenza. Da solo ciascuno di essi è insufficiente. Tuttavia essi possono trovarsi applicati a livelli più o meno esigenti ed elevati. Il pensiero scientifico, la conoscenza scientifica si possiede a diversi livelli, ci sono sfumature, gradi differenti. Questo vale per la scienza nel suo sviluppo storico, questo vale per ciascun uomo, che si avvicina alla scienza. Dall'infanzia all'età adulta si passa attraverso varie immagini del mondo, di sé e della società, ciascuna a un suo grado di rilevanza, consistenza e pubblicità.

Tra il modo di procedere degli scienziati e il modo di procedere degli insegnanti e degli allievi nel processo formativo esistono analogie e differenze, anche notevoli. La cosa sarà più chiara utilizzando i tre mondi di cui parla K. Popper e che prima abbiamo ricordato.

Lo scienziato parte dal mondo delle teorie scientifiche, dalla conoscenza scientifica già codificata e consolidata. Anzi parte dai problemi che questa conoscenza scientifica porta in sé, cioè da un dato di crisi interno alle teorie o fra teorie e fatti e fenomeni. Crisi all'interno del mondo 3 o tra mondo 3 e mondo 1, il mondo della realtà fisica esterna.

Il problema viene poi messo in luce e circoscritto nella sua portata e nel suo significato. Attraverso un attento confronto, con il contributo già dato sia storicamente che sociologicamente, il pensiero tenta vie nuove, si apre a nuovi orizzonti, ipotizza nuovi principi esplicativi. Si tratta di un dialogo interiore tra mondo 3 e mondo 2, quello della coscienza e del pensiero soggettivo.

Si cerca quindi nella realtà fisica esterna un responso alle proprie congetture. L'interazione è tra mondo 2 e mondo 1. Il tribunale della realtà può dare conferme o falsificazioni. Conferme e falsificazioni più o meno incisive e ricche di risonanza.

### *Apprendere il pensiero scientifico*

Nel caso dell'apprendimento delle scienze le cose però stanno un poco diversamente. L'inizio del processo non è in un contrasto interno al mondo 3, o tra mondo 3 e mondo 1. Esso deve venirsi a creare all'interno del mondo 2 degli allievi, il mondo delle loro teorie e immagini personali, o tra questo mondo 2 e il mondo 1.



Di qui nasce lo stato problematico, che con l'aiuto dell'insegnante deve essere ben delineato e identificato. Va distinto cioè chiaramente qual è l'origine del problema e in quali condizioni potremo affermare di averlo superato, almeno a un livello di plausibilità accettabile.

Il momento successivo è quello del dialogo tra pensiero soggettivo e mondo 3. Cioè occorre che il giovane entri in contatto con le spiegazioni, le teorie, le ipotesi che sono state avanzate, o storicamente o sociologicamente, oppure che sono diffuse nella comunità umana di appartenenza. Ma senza accettarle acriticamente. Esse vanno accolte come ipotesi di lavoro, come congetture da sottoporre a un ulteriore controllo. Questo controllo avviene mettendosi in contatto con il mondo -. Ad esso si pone una domanda, da esso si attende una risposta. Una conferma o una falsificazione. A un livello definito di affidabilità e di consistenza.

I principi di metodo scientifico non variano, varia il processo. Perché nel primo caso si tratta di scoprire davvero qualcosa, nel secondo caso di conquistare una conoscenza ricostruendola personalmente. La prima è un'avventura dell'umanità, la seconda un'avventura personale. Non illudiamo i nostri allievi di poter scoprire tutta la scienza da capo.

Traiamo ora alcune prime conclusioni dal discorso fatto.

La prima riguarda il partire dall'osservazione. Già Dewey rifiutava un certo andazzo dell'attivismo delle scuole « progressive » americane: « Non c'è da meravigliarsi che questo zelo entusiastico manchi di chiedersi come e perché l'osservazione abbia valore ... educativo, e che quindi cada nell'errore di fare dell'osservazione un fine a sé stante, accontentandosi, di conseguenza, di una qualsiasi specie di materiale in qualsiasi tipo di condizione ». D'altronde: « Il pensiero non tratta con le nude cose, ma con i loro significati, le loro suggestioni. Senza significati, le cose sono nient'altro che ciechi stimoli, brutte cose, oppure fonti occasionali di piaceri e di pene... » e questi significati « hanno origine nelle comunicazioni ».

Ma nell'educazione scientifica, come d'altronde in ogni tipo di educazione sistematica, occorre partire da quanto gli allievi già possiedono, da quello che hanno già costruito. Essi infatti, a qualsiasi livello di scolarità si affacciano, portano con sé un insieme di conoscenze, di capacità, di atteggiamenti e stati emozionali, collegati tra loro e strutturati ad un certo grado di sviluppo, sia nel senso della ricchezza che in quello della incisività. Questo bagaglio lo hanno costruito, a partire dalle esperienze scolastiche, dagli influssi dell'ambiente familiare e sociale, dagli stimoli della televisione e dagli altri mezzi di comunicazione. D'altra parte il livello raggiunto deve essere superato, e in ciò sta l'apprendimento. Occorre che la situazione cognitiva degli

allievi venga oltrepassata, trasformata, collocata a livelli superiori di profondità e di articolazione. Il mezzo per far ciò è di norma una crisi, o disagio, che emerge di fronte a una nuova esperienza, una nuova comunicazione, una riflessione più attenta, che si pone in qualche modo in contrasto con quanto già coagulato, con gli schemi interpretativi già elaborati, con le teorie già formate. Si genera così uno stato problematico, di incertezza, analogo alla scoperta della falsità di un'asserzione e della non applicabilità di una legge, di una teoria. Ogni nuova conoscenza, ogni nuova strutturazione dell'esperienza nasce da una situazione problematica, da una rimessa in discussione di ciò che già si possiede.

Queste affermazioni richiamano un altro problema.

Nella formazione di base il pensiero scientifico deve essere visto in una prospettiva di continuità nei riguardi del cosiddetto senso comune. Esso è infatti come una evoluzione del senso comune e del suo principale strumento di comunicazione, il linguaggio orale, per mezzo di un'azione di ritorno che critica e supera quanto precedentemente acquisito a causa del lavoro di riflessione. Già perché non è tanto l'agire che produce scienza, quanto il riflettere sull'agire.

Azione e pensiero devono cioè integrarsi in maniera continua. Si può rimanere prigionieri della manipolazione, come del puro verbalismo. Pensare e agire possono essere sviluppati e acquistare una validità e produttività nuove, se a poco a poco acquistano sempre più marcatamente i caratteri della rilevanza, della consistenza e della pubblicità. Se cioè evolvono verso forme integrate di competenza scientifica. Competenza, questa, che risulta intrisa di concetti, capacità e atteggiamenti.

In ciò sta la principale potenzialità educativa della scienza. Questa, d'altra parte, oggi, nell'elaborare i suoi progetti di ricerca, non può fare a meno di interrogarsi sugli apporti, che a essa può dare la tecnologia, intesa nel suo senso più vasto, soprattutto quella segnata dall'informatica. In un certo senso il cammino dello scienziato è simmetrico a quello dell'operatore nel mondo della produzione. Quegli, infatti, cerca nella tecnologia il supporto tecnico e organizzativo per il suo lavoro di ricerca, questi cerca nella scienza il fondamento delle sue trasformazioni dei percorsi e delle strutture produttive.

#### **4. Conclusione**

Si giunge così sempre allo stesso punto di convergenza: senza un'adeguata conoscenza e competenza matematico-scientifica è inconcepibile oggi

acquisire una competenza tecnica e tecnologica, ma soprattutto aprirsi in modo serio, responsabile e cosciente all'assunzione di un ruolo professionale, non rigido e cristallizzato, bensì dinamico ed evolutivo. Non sembra però che le impostazioni sopra delineate siano sempre e adeguatamente presenti a quanti sono impegnati, sia nella costruzione del percorso formativo della scuola dell'obbligo, sia di quello postobbligatorio. I curricoli, che via via vengono prefigurati per la formazione professionale di fascia, sottovalutano, spesso, l'apporto determinante di matematica e scienze alla preparazione tecnologica e pratica. E non si può certo pensare che i programmi di scienze della Scuola media siano sufficienti a questo scopo; e questo per due ordini di motivi: il primo riguarda la loro consistenza interna e la loro apertura alle applicazioni; il secondo l'età degli allievi e il metodo di insegnamento generalmente adottato. Di qui la necessità di un congruo periodo di sviluppo, consolidamento e integrazione della formazione matematico-scientifica dopo la Scuola Media.

