INTERDISICPLINARIETÀ E SCIENZE ESATTE

Sarebbe buona cosa cercare di precisare che cosa si intenda con il termine *interdisciplinarietà*, che è stato inflazionato in modo notevole in questi ultimi anni. Per dare un'idea di ciò che intendiamo dire, ricordiamo che il termine è stato una specie di bandiera della contestazione studentesca, almeno in un certo periodo di essa; e che la pretesa di interdisciplinarietà degli insegnamenti è stata spesso avanzata come contrasto con il cosiddetto *nozionismo.* Evidentemente in queste richieste degli studenti vi sono delle radici delle quali vale la pena di tener conto. E di queste appunto vorremmo occuparci qui.

Mi occupo del livello universitario, perché è quello che meglio conosco: ma va da sé che ciò che dirò può anche essere applicato alle scuole ed agli insegnamenti di ogni livello scolastico. Invero si potrebbe dire che la scuola ha necessariamente una struttura sua peculiare che difficilmente può riflettere l’apprendimento per esperienza che è proprio dell'uomo; in questo la specie umana si differenzia dalle altre, nella possibilità di comunicazione verbale e quindi astratta; solo in questo si può ottenere il progresso scientifico, che si basa appunto sulla utilizzazione delle esperienze e delle conoscenze accumulate dalle generazioni precedenti, trasmesse sotto forma di informazione codificata (nella scrittura, nella informazione classificata, nella teoria costruita logicamente) ed utilizzate dalle generazioni successive.

Pertanto la scuola ha un suo determinato carattere che la qualifica come istituzione in cui avviene la trasmissione della conoscenza elaborata, e che non può essere diversa. Ogni critica a questo carattere della scuola, fatta magari in modo quasi intelligente (con quella intelligenza per esempio che è riconoscibile negli scritti di Ivan Illich), è destinata a urtarsi contro la natura stessa dell'uomo, che non vuole rifare tutte le esperienze del passato, ma che vuole utilizzarle per progredire. Si potrebbe ripetere qui che soltanto l'uomo ha storia, mentre le specie animali non ne hanno, oppure meglio ne hanno soltanto una incosciente e collegata con quella umana; hanno soltanto una evoluzione fisica e fisiologica. Detto questo verrei leggere un passo che ho trovato scritto e che potrebbe essere considerato sintomatico.

“*….La differenza fra noi e gli allievi affidati alle nostre cure sta solo in ciò, che noi abbiamo percorso un più lungo tratto della parabola della vita. Se gli allievi non capiscono, il torto è dell’insegnante che non sa spiegare. Né vale addossare la responsabilità alle scuole inferiori. Dobbiamo prendere gli allievi come sono, e richiamare ciò che essi hanno dimenticato, o studiato sotto altra nomenclatura. Se l’insegnante tormenta i suoi alunni, e invece di cattivarsi il loro amore, eccita odio contro sé e la scienza che insegna, non solo il suo insegnamento sarà negativo, ma il dover convivere con tanti piccoli nemici sarà per lui un continuo tormento. Ognuno si fabbrica da sé la sua fortuna, buona o cattiva. Chi è causa del suo mal, pianga se stesso. Così disse Giove, e lo riferisce Omero, Odissea I, 34”*.

Queste parole non sono di un giovane contestatore moderno, ma di un grande maestro della matematica, appassionato di problemi didattici, Giuseppe Peano, che le scriveva nella “Conclusione” di un suo libretto, scritto più di cinquanta anni fa, col titolo: *Giochi di aritmetica e problemi interessanti* (Torino, Paravia, 1925). La differenza tra lui ed i contestatori di oggi è che questi ultimi si limitano a criticare, anzi a protestare, mentre lui scrive queste parole a chiusura di un suo libro di esercizi di matematica, nel quale fornisce agli insegnanti gli strumenti e le occasioni per render questa interessante e anche in certo senso piacevole.

E qui rientro nella discussione della interdisciplinarietà che riguarda le scienze esatte. Parlerò soprattutto della

Matematica, perché ritengo che questa sia la materia principale, nel senso che con il suo metodo caratterizza in certo modo tutta la scienza esatta del nostro tempo, fornendo ad essa i caratteri ideali, se non sempre il linguaggio preciso. Invero se volessimo tentare di descrivere (non di definire) ciò che cerchiamo di dare ai nostri scolari insegnando la matematica, vorrei dire che sostanzialmente vorremmo tentare di dare un linguaggio simbolico, astratto e rigoroso. Ed in queste caratteristiche appunto vorrei riconoscere nella matematica lo schema teorico di ogni scienza esatta. Linguaggio simbolico anzitutto: è invero abbastanza chiaro che il linguaggio della matematica è distaccato dal linguaggio naturale e che esso consiste in simboli artificiali per lo più, i quali pertanto hanno un significato univoco e preciso che deriva loro dalla definizione stessa dei simboli che è stata data da chi li ha inventati o scelti. Tuttavia, in questo ordine di idee, vorrei osservare che questo atteggiamento non è della sola matematica, ma di tutta la scienza di oggi; pensiamo alla fisica, alla chimica, ma anche alle scienze mediche, alle scienze giuridiche. Queste scienze costruiscono delle parole artificiali, con radici prese dalle lingue morte (greco e latino) per assicurare la corrispondenza precisa del concetto al simbolo linguistico.

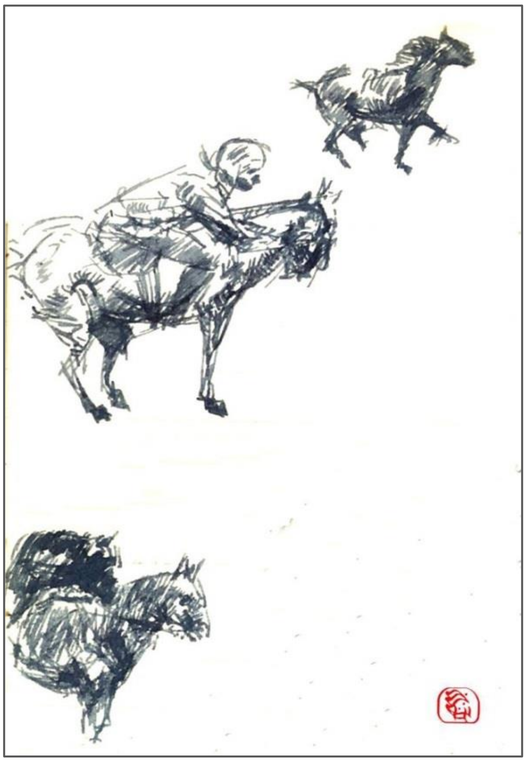
Ma per poter assicurare la rappresentabilità di un concetto con un simbolo, occorre che il concetto sia chiaro e non equivoco. E qui mi sovviene la citazione di J. Fourier, secondo il quale “ *...la matematica non ha simboli per le idee confuse*”. La rappresentabilità di un concetto preciso con un simbolo non è legata al carattere grafico o fonetico del simbolo stesso: può essere la disposizione dei denti di una calcolatrice meccanica, o dei circuiti elettronici di una macchina elettronica, oppure la simbolizzazione rudimentale del numero con il pallottoliere, o con sassolini, oppure anche i rapporti di relativa posizione e grandezza che si ottengono con la rappresentazione mediante figure. Hilbert diceva che le figure sono formule disegnate, come le formule sono figure scritte in formule. Scaturisce di qui un primo carattere formativo delle scienze esatte carattere che è fornito dalla necessità di chiarire bene i concetti che si vogliono rappresentare e di utilizzare bene i simboli linguistici adottati o inventati per lo scopo. Per questo io dico sempre che il professore di matematica insegna l'italiano come il suo collega di lingua, perché dovrebbe pretendere l’uso preciso e chiaro della lingua e della espressione. Naturalmente questa formazione alla chiarezza di espressione ed alla semplicità di linguaggio dovrebbe mirare alla formazione di una personalità piuttosto che di un tecnicismo. Non posso fare a meno di pensare che se nella nostra scuola fosse data chiaramente questa formazione non assisteremmo alle orge di parole senza senso, alle quali siamo purtroppo abituati.

Il secondo carattere che ritengo fondamentale della mentalità scientifica è quello della astrazione: questa è garanzia di chiarezza e di generalità. Anche in questo campo la matematica offre un esempio chiarissimo, perché quando per esempio si utilizza lo schema matematico per studiare il moto di un pendolo, si giunge immediatamente alla concezione generale del fenomeno periodico astratto, che coinvolge qualunque accadimento concreto di questo tipo: dalla corrente alternata, alla successione delle stagioni, alle maree, ai fenomeni acustici ecc. È la similarità delle strutture teoriche che permette di unificare tutti questi fenomeni dai contenuti diversissimi e di conoscerli sotto un’unica formula ed un unico schema.

Infine il rigore della deduzione, che è affidata alla struttura linguistica dei simboli adottati: dall'esempio rudimentale del pastore analfabeta, che rappresenta le pecore con sassolini, ai più sofisticati modelli matematici degli avvenimenti fisici o sociali, sempre la deduzione avviene per calcolo, realizzando ciò che diceva Leibnitz, quando intendeva inventare una logica simbolica.

Come sia possibile realizzare questi valori con l'insegnamento delle scienza nella nostra scuola è una cosa che si può dire soltanto in generale, che dipende dall'insegnante purché sia conscio del valore culturale della materia che insegna, materia cioè che non dovrebbe essere puramente strumentale, ma diretta alla formazione dell’uomo e del cittadino razionante e responsabile. Perché insomma a mio parere la cultura significa indipendenza di giudizio, capacità di critica, dominio degli strumenti, anche di quelli concettuali e teorici, e quindi libertà interiore. Ci sono tuttavia dei problemi didattici che vorrei toccare perché non intendo dare delle conoscenze puramente astratte e distaccate dalla realtà concreta. Come ho detto a proposito di Peano, anche nella matematica tradizionale è possibile trovare degli esercizi che interessino ad anche addirittura appassionino i nostri ascoltatori. A questo proposito vorrei dire che è di moda oggi parlare di una matematica molto astratta, che viene presentata come "matematica moderna"; su questo argomento vorremmo dire qualche parola per evitare che si radichino delle opinioni forse poco esatte, che si risolvono in definitiva in difficoltà ed in perdite di tempo e fatica per i discenti ed anche per i docenti.

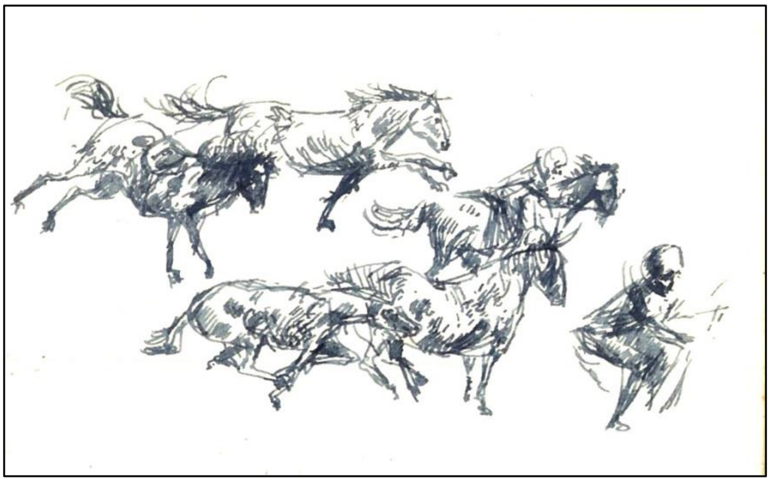
Intanto vorremmo dire che a nostro parere non esiste una matematica moderna, intesa come un insieme di contenuti, diversi da quelli che erano insegnati nella scuola da decenni. A nostro parere sarebbe meglio parlare di una visione moderna della matematica, visione che dovrebbe mirare a mettere in evidenza le struttura della scienza matematica ed a rendere più facile e semplice il suo apprendimento. Invero la visione moderna della matematica ha portato alla ribalta le grandi analogie che sussistono tra capitoli apparentemente diversi, ha messo in evidenza dei concetti e delle strutture di grande generalità e quindi giudicate come di grande semplicità.



L'apprendimento…

Occorre dire subito che il giudizio è vero, ma che esso nasconde un equivoco nei riguardi della didattica della scienza in generale e della matematica in particolare. Invero lo svolgimento della storia della scienza e lo stesso sviluppo delle idee nel bambino e dell'adolescente mostra che l'idea generale e semplice viene conquistata soltanto dopo un lungo travaglio, che organizza le conoscenze disperse e frammentarie che nascono dalla esperienza concreta e dalla soluzione dei problemi singoli. È chiaro che non si pretende che l'insegnamento faccia percorrere ad ogni soggetto il cammino faticoso e travagliato che è stato percorso dall'umanità per conquistare le leggi della fisica, della chimica, della biologia. Va osservato tuttavia che la conquista delle idee generalissime e vastamente sintetiche deve andare di pari passo con la conquista della sintassi formale dei simboli artificiali che sono utilizzati dalla scienza per esprimere queste idee. Ora esiste a questo riguardo una difficoltà didattica fondamentale, che è rappresentata dal fatto che la sintassi dei simboli utilizzati viene considerata come "astratta" e "difficile", quando il discente non venga adeguatamente motivato e stimolato dalla constatazione contemporanea o quasi della efficacia del simbolismo che viene adottato.

Per fare un parallelo, vorremmo osservare che un caso analogo si presenta per quanto riguarda l'insegnamento delle strutture formali della lingua materna, che viene utilizzata nelle vita quotidiana È un fatto tradizionale che la giustificazione dello studio delle strutture formali della lingua (grammatica, sintassi, analisi logica e così via) si realizza quando si matura, e via via il bisogno di esprimersi diventa sempre maggiore; in altre parole quando il patrimonio di idee, di sentimenti, di rapporti umani è diventato talmente ricco da richiedere mezzi espressivi sempre più potenti e precisi. Ovviamente se il patrimonio di idee resta rudimentale, il discente non sente il bisogno di apprendere le strutture formali di una lingua organizzata e - per così dire – ufficiale, quando i suoi bisogni espressivi sono completamente soddisfatti dal dialetto locale usato nella vita quotidiana e nei rapporti famigliari. Sappiamo bene che il fenomeno che stiamo



...non è mai lineare.

esaminando non è così semplice come si potrebbe pensare dopo un'analisi superficiale; infatti il possesso di un patrimonio linguistico potente stimola anche la formazione di idee e facilita i rapporti umani che a loro volta rendono necessario il possesso di uno strumento linguistico potente; si tratta quindi di un fenomeno psicologico complicato, come abbiamo detto, e sarebbe imprudente dare dei giudizi definitivi in proposito. È chiaro tuttavia che il fenomeno dell'analfabetismo di ritorno, che si verifica dopo l'acquisizione di un patrimonio linguistico formale, giustifica anche le considerazioni che stiamo svolgendo.

Pensiamo che considerazioni analoghe possano essere svolte anche a proposito della scienza e del suo linguaggio, in particolare della matematica che, come abbiamo detto, si presenta in certo modo come la struttura ideale della scienza e dei suoi mezzi espressivi. Ad un primo esame, l'insegnamento delle strutture generalissime e perciò astratte appare come la massima semplificazione dell'insegnamento, perché mette il discente in possesso di mezzi espressivi generalissimi. Ma la contropartita può anche essere rappresentata dalla scarsa motivazione del discente all'apprendimento di strutture formali astratte, quando non ne percepisce l'utilità e la potenza e quindi quando non ne esperimenta la economia di pensiero e di fatica mentale che esse possono consentire.

In questo ordine di idee si potrebbe dire che la grande generalità delle strutture viene percepita come astrattezza eccessiva, e distacco dalla realtà. Si pensi per esempio a certe trattazioni in cui si fa quasi tutta la teoria dei gruppi, in particolare dei gruppi abeliani, e poi si indica come solo contenuto concreto la teoria dei numeri interi (relativi). Oppure si pensi alla trattazione che riguarda i principi della geometria: appare chiaro che le cosiddette geometrie affini sono concettualmente molto più 'semplici' della geometria euclidea classica, nel senso che si basano su un numero minore di assiomi, e si sviluppano in modo logicamente chiaro e semplice. Ma si potrebbe anche osservare che la geometria euclidea trae la sua origine psicologica dalla manipolazione dei corpi rigidi, manipolazione che è parte delle esperienze elementari dell'uomo. In questa esperienza entra anche la possibilità di trasportare un segmento unità di misura (per esempio un “metro” rigido di venditore di stoffe, oppure un compasso aperto ad una apertura fissa) con la massima libertà, mentre in una geometria affine il segmento di confronto dovrebbe essere trasportato soltanto parallelamente a se stesso, e pertanto la maggiore 'semplicità' sarebbe percepita come una limitazione di libertà di movimento e quindi come una costrizione esteriore ed artificiale, della quale il discente non vede la ragione o gli scopi. Si otterrebbe così di far giudicare quello che è il sistema concettualmente più semplice come quello che invece è più complicato e non ha ragioni reali nella sua scelta e nella sua fondazione.

E si potrebbe osservare che non a caso l'umanità ha accettato la geometria euclidea classica per circa tremila anni come la sola “geometria” che esistesse; e che le altre “geometrie” siano nate soltanto dopo una lunga elaborazione critica e dopo un radicale cambiamento della visione del significato e della natura della geometria.

L'esempio trattato, ed altri moltissimi che si potrebbero portare, mostra abbastanza chiaramente il fatto che il problema della didattica della matematica non è risolubile semplicemente con il trasferire a tutti i livelli di età e di sviluppo mentale le strutture astratte che la matematica di oggi ha elaborato. Si presenta infatti il pericolo che tali strutture, pur essendo in se stesse semplici e generalissime, siano recepite come astratte e conseguentemente distaccate dalla realtà concreta che il discente dovrebbe conoscere e dominare, con un processo di razionalizzazione del comportamento che è l'inizio della conoscenza scientifica e il fondamento della manipolazione tecnica della realtà che ci circonda.

Per spiegare meglio ciò che intendiamo dire, vorremmo analizzare brevemente il fenomeno dell'apprendimento e della formazione di una conoscenza razionale e causalmente concatenata nell'uomo. Senza pretendere di fare qui un'analisi completa ed esauriente dal punto di vista psicologico e filosofico, vorremmo concentrare la nostra attenzione su quattro fasi di questo procedimento, che intendiamo presentare qui distinte anche se di fatto non sono sempre cronologicamente separate. Vorremmo presentare schematicamente tali fasi nel diagramma seguente:

Osservazione → schematizzazione → linguaggio → metalinguaggio.

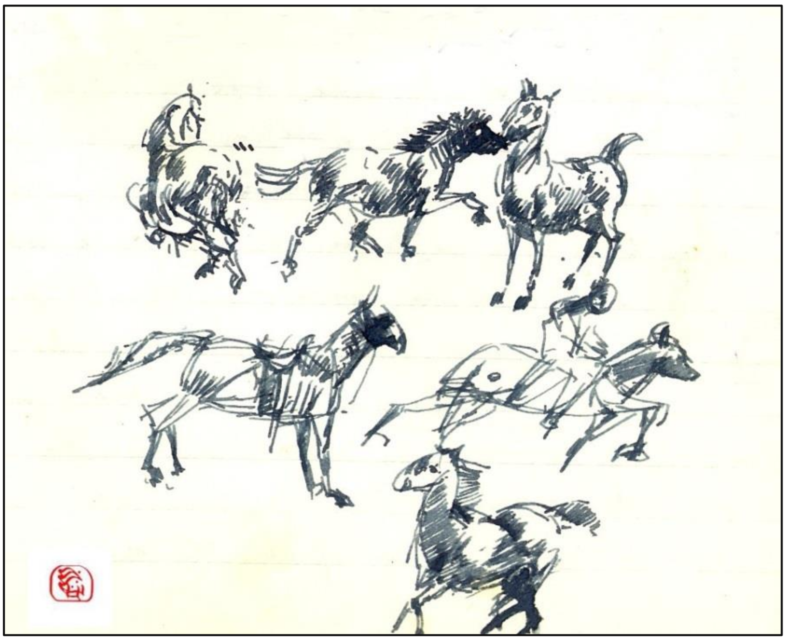
Prendiamo per esempio il problema aritmetico di misurare una pezza di stoffa e di determinarne il prezzo globale. Ovviamente occorre anzitutto schematizzare l'oggetto in esame, fissando l'attenzione su una sola delle sue dimensioni: la lunghezza. Poi mediante opportune operazioni convenzionali e mediante un linguaggio determinato (quello della matematica) si esprime ciò che si è osservato e schematizzato. Si utilizzano poi le conoscenze del metalinguaggio (proprietà delle operazioni sui numeri) per poter calcolare il prezzo del pezzo di stoffa che ci interessa. Ovviamente ciascuno di questi stadi ammette anche un ritorno agli stadi precedenti e stimola questo ritorno, così come abbiamo detto prima a proposito del linguaggio comune.

Consegue di qui che il problema didattico fondamentale potrebbe essere formulato dicendo che si deve cercare quel livello di astrazione e di generalità che consenta di stimolare il discente all'apprendimento del metalinguaggio, cioè allo studio del linguaggio considerato come oggetto di una scienza, proprio per poter meglio conoscere il linguaggio e poter meglio conoscere la realtà da cui si parte. È chiaro che per fare questo non è strettamente necessaria la matematica moderna, ma che questo scopo può essere raggiunto, come già osservava Peano, anche con la matematica classica, purché il docente non rallenti mai l'attenzione ad utilizzare la matematica come linguaggio che è provvisto di quelle qualità di rigore, di generalità e di certezza di deduzione di cui abbiamo detto all'inizio. Ovviamente ad un docente attento tutte le occasioni saranno propizie. Si può fare della matematica formalizzando la operazione di ricerca di un portone in una strada, come si può dimenticare il significato culturale della fisica a livello più alto e sofisticato, se si danno le conoscenze come ricette di cucina.

In questo ordine di idee la teoria delle grandezze, che si utilizzava nella matematica classica, era di una grandissima utilità per mettere in evidenza l'isomorfismo tra certe proprietà della realtà che si manovra e certe proprietà del linguaggio che si utilizza per rappresentarla, attraverso la operazione comunissima della misura. Qui i collegamenti con la fisica elementare e con la geometria tradizionale (euclidea) forniscono una miniera di occasioni per dare questa idea di matematica come linguaggio generale della scienza e quindi per stabilire di fatto il valore interdisciplinare delle scienze esatte, valore che è alla base della loro nascita e la razione della loro esistenza. Naturalmente, ripeto ancora una volta, molto dipende dall'insegnante e dal modo in cui concepisce la propria materia e il proprio ufficio nella scuola.

Ancora una volta ripeto che a mio parere le scienze esatte devono far parte della cultura del cittadino e non essere insegnate come pure ricette di cucina, per applicazioni tecniche senza motivazioni e senza radici. A questo proposito occorre che non solo l'insegnante tenga sempre presenti i problemi che sono oggetto di esercitazione, ma tenga anche presente quale sia il significato della risoluzione di un problema. Nella concezione volgare si tratta di applicare delle formule stabilite e non motivate, tanto che molto spesso i discenti ripetono che "non sanno risolvere" un problema perché nessuno glielo ha mai insegnato. Invece il problema matematico presenta delle ricerche di informazioni ulteriori piuttosto che di applicazione di formule. In questo ordine di idee si potrebbe dire che ogni procedimento razionale è buono e deve essere accettato nei limiti di determinati ordini di approssimazione. Quindi appare assurda l'applicazione di formule trigonometriche quando una misura su carta millimetrata potrebbe condurre a risultati dell'ordine di approssimazione considerato. Appare anche assurda l'applicazione di formule di risoluzione di equazioni di II° grado quando un tracciato di grafica conduce allo scopo, ecc. Gli esempi si potrebbero moltiplicare. Vi sono tanti problemi matematici (e sono i più interessanti) nei quali non esistono formule risolutive, ma procedimenti per dedurre informazioni dai dati e quindi procedimenti di approssimazione dei risultati. Il che non è diverso da ciò che si ha con la regola della radice quadrata. Vi sono altri problemi nei quali il solo comportamento razionale è quello che conduce alla enumerazione esatta di tutti i casi possibili ed al calcolo diretto. Del resto non soltanto la ricerca della radice quadrata, ma tutte le operazioni inverse della aritmetica e della matematica sono rette da regole che si riducono alla programmazione di tentativi ragionevoli (vedi il "flow chart" della divisione..).

Per concludere questa esposizione vorrei ricordare che la matematica ha una dimensione umanistica, che è messa in evidenza dal suo sviluppo storico. Il che presenterebbe un'ulteriore occasione per altri legami interdisciplinari. Questo aspetto della matematica è spesso trascurato nella esposizione e noi troviamo per esempio nella geometria dei capitoli che risalgono ad Euclide accanto a dei capitoli che hanno trovato la sistemazione soltanto nel secolo scorso. Non sarebbe male dare qualche cenno della motivazione storica di certi fenomeni culturali, per far vedere che la matematica è sempre stata attaccata alla realtà storica del proprio tempo e non ha mai formato quel complesso di astrazioni che molti pensano. Si pensi all'Arenario di Archimede ed ai problemi linguistici che sono risolti in esso; si pensi all'importanza dell'opera di Leonardo Pisano, ecc.



Ma si ricomincia…

LICEO SCIENTIFICO STATALE
Piazza S. Antonio - Tel. (0342) 602.541
23017 MORBEGNO

Morbegno, li 21 gennaio 1978

Prot. N. ....

Risposta a nota N. ....

del ....

OGGETTO: CORSO DI AGGIORNAMENTO PER DOCENTI (C.M. n.275 del 27/9/1977)

"L'INTERDISCIPLINARIETA' NELLA SCUOLA MEDIA"

Calendario e programma:

Prof.	ALDO AGAZZI	"Cultura ed interdisciplinarità" - 27/2/1978; ore 15.
Prof.ssa	ROSA CALZECCHI ONESTI	"Metodologia del lavoro interdisciplinare" - 6/3/1978; ore 15.
Prof.	ADRIANO GALLIA	"STORIA ed interdisciplinarietà" - 13/3/1978; ore 15.
Prof.	CARLO FELICE MANARA	"Scienze esatte ed interdisciplinarietà" - 20/3/1978; ore 15

IL DIRETTORE DEL CORSO
Prof. Emilio Zuccalli

LICEO SCIENTIFICO STATALE - MORBEGNO -