

DIDATTICA DELLE SCIENZE

Bimestrale per l'insegnamento delle scienze e della matematica

Direttore Mauro Laeng, docente di Pedagogia nell'Università di Roma

Numero 103 - gennaio 1983

Sommario

- 3 DARIO ANTISERI, Epistemologia, storia della scienza e insegnamento delle scienze - Relazione tenuta al Corso « L'area scientifica » - Roma, 6-10 settembre 1982
- 10 ANDREINA CAVADI GERARDINI, Principi dell'educazione scientifica - Relazione tenuta al Corso « L'area scientifica » - Roma, 6-10 settembre 1982
- 14 GIUSEPPE FESTA, Dai vecchi ai nuovi programmi di matematica nella scuola elementare e media - Relazione tenuta al Corso « L'area scientifica » - Roma, 6-10 settembre 1982
- 17 CARLO FELICE MANARA, Il linguaggio della scienza. Parte seconda
- 21 ALVERO VALETTI, Le stelle doppie e multiple
- 25 MICHELE FRANCESCHINI - NEVIO LO MARTIRE - MARCELLO SCURRIA, Educazione scientifica e recupero di abilità minimali
- 35 ANGELO BRESSAN, A scuola col microcomputer. Proposte di sperimentazione didattica
- 37 AMELIO PEZZETTA, Realizzazione di un sommatore binario nella Scuola Media
- 39 ORIANO MODENINI, Applicazioni delle isometrie: uso ragionato del cubo di Rubik e del quadrato del 15
- 46 Notiziario
- 47 Recensioni

In copertina

Immagine degli anelli di Saturno visti da una distanza di circa 40 milioni di chilometri. La fotografia è stata scattata dal Voyager 1 il 13 ottobre 1980.

Le incisioni riprodotte su questo fascicolo sono tratte dal *De re metallica* di Giorgio Agricola, Basilea, 1556. (Biblioteca Nazionale di Torino - Foto Giorcelli).

Publicazione bimestrale - Anno XVII - **Direttore Responsabile:** Vittorino Chizzolini - Autorizzazione del Tribunale di Brescia n. 228 del 31 Marzo 1965 - Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV/70 - **Direzione, Redazione, Amministrazione:** Editrice La Scuola - S.p.A. - 25186 Brescia, Via Luigi Cadorna, 11 - Conto corrente postale n. 11353257 - Tel. centr. (030) 47-461 - Telex 300836 SCUOLA.

Filiali: 40131 Bologna (Via L. Cipriani, 5, tel. (051) 521090 - telex 531141 SCUOBO); 20136 Milano (Viale Bligny, 7, tel. (02) 8370271 - telex 331836 SCUOMI); 00193 Roma (Via Crescenzo, 23, tel. (06) 655179 - 653989 - telex 614259 SCUORO); 80137 Napoli (Via S. Elia ai Miracoli, 19/21, tel. (081) 441934 - telex 720399 SCUONA); 70124 Bari (Via Giulio Petroni, 21 A/E, tel. (080) 228647 - telex 810391 SCUOBA).

Abbonamento annuo 1982-83: L. 14.000 (estero L. 17.000) - Sconto 10% ai soli abbonati di SCUOLA E DIDATTICA - Un fascicolo L. 2.500 (artrato il doppio).

Stampa: OFFICINE GRAFICHE LA SCUOLA - 25186 BRESCIA.

IL LINGUAGGIO DELLA SCIENZA

Parte seconda

4 - La scienza moderna nella quale risulta più evidente e radicale il fenomeno della adozione di un linguaggio simbolico ed artificiale è senza dubbio la fisica; invero si potrebbe dire che questa scienza adotta quasi esclusivamente il linguaggio della matematica, la quale, in questo ordine di idee, si presenta appunto sotto l'aspetto di un linguaggio; un linguaggio che adotta dei simboli artificiali, che hanno significato strettamente convenzionale e che presenta in modo per così dire puro e tipico quei caratteri del linguaggio scientifico di cui abbiamo detto ripetutamente: la univocità di designazione e la sicurezza e facilità della deduzione, che si riduce, ad un calcolo. Vale quindi la pena di soffermarci ad analizzare con qualche attenzione il fenomeno storico della matematizzazione della scienza. Ma prima di fare questo vorremmo precisare, a scanso di ogni equivoco, che la artificialità dei simboli della matematica non vuole significare che gli oggetti di questa siano da parte loro totalmente artificiali o radicalmente inventati, e che la possibilità di applicare il simbolismo della matematica agli enti della fisica implica che si suppongano — con ragioni più o meno buone — verificate certe ipotesi di cui diremo in seguito. E dedicheremo una certa attenzione alla analisi di queste ipotesi che sono a nostro parere fondamentali, anche se spesso vengono adottate e si presumono soddisfatte senza troppi dubbi critici.

Ma prima vorremmo anzitutto ripetere e ribadire il nostro parere che la matematizzazione della fisica costituisce uno dei fenomeni più importanti, e forse il fenomeno fondamentale che caratterizza la rivoluzione scientifica avvenuta con Galileo.

Invero spesso questo fenomeno viene quasi trascurato dagli storici, i quali preferiscono spesso dedicare la loro attenzione alla adozione del metodo sperimentale come metodo fondamentale della scienza della natura; a nostro parere questo atteggiamento, anche se rispetta una parte della verità, ne lascia tuttavia in ombra un'altra notevole parte, che pare a noi estremamente importante per comprendere l'origine della concezione moderna della scienza.

Si può dire infatti che il metodo sperimentale, anche se in forma embrionale ed involuta, era stato preconizzato e raccomandato da secoli, perfino dalla scienza greca. Ma riteniamo che soltanto con Galileo si trovi proclamato in modo così preciso e chiaro il fatto che la matematica è la lingua della scienza, perché « ... il gran libro della natura » è scritto « in caratteri matematici ».

Una breve riflessione permette di convincersi del fatto che anzitutto la descrizione della natura, fatta con linguaggio matematico, è molto più precisa ed univoca di quella fatta con l'impiego del linguaggio comune.

È questo un argomento che Galileo mette spesso in bocca ai personaggi dei suoi *Dialoghi*; ed è infatti del tutto evidente il fatto che la misura di un peso, di un volume, di una lunghezza, di una grandezza qualunque dà informazioni molto più chiare e precise di ogni descrizione che si possa pensare di fare utilizzando i mezzi espressivi del linguaggio comune.

Analogamente l'altezza di un suono viene descritta in modo assolutamente preciso assegnandone la frequenza, ed un colore viene dato dalla lunghezza d'onda della luce che lo produce, con una precisione che forse

nessun occhio di pittore potrebbe uguagliare.

Ma vorremmo anche osservare che l'impiego della matematica permette di soddisfare in modo egregio anche alla seconda delle richieste che la scienza pone al linguaggio che essa vuole impiegare. Sappiamo infatti che, quando si rappresentino gli oggetti della scienza mediante la matematica, in sostanza mediante i numeri, le leggi dei simboli adottati permettono di trarre le conseguenze delle ipotesi enunciate, di espletare in modo sicuro e preciso le operazioni di deduzione, in modo per così dire meccanico ed automatico.

Invero le operazioni di elaborazione e di trasformazione delle espressioni linguistiche, operazioni che a pieno titolo ricevono il nome di « calcoli » possono essere affidate a macchine o in generale ad elaboratori meccanici o elettronici di informazione.

Pertanto si potrebbe riassumere il nostro pensiero dicendo che l'impiego della matematica nella scienza della natura permette non soltanto di rappresentare le cose, ma anche le relazioni tra di esse e le operazioni su di esse; in una parola permette di rappresentare le cose della natura e le leggi che le reggono.

Queste circostanze spiegano quindi il successo della fisica, ed in generale di ogni scienza che adotti il linguaggio matematico; si spiega inoltre la tendenza fondamentale di ogni scienza alla matematizzazione, proprio a causa dei vantaggi nella rappresentazione e nella deduzione, che sono offerti dall'impiego della matematica, dei suoi simboli e dei suoi procedimenti deduttivi.

Vale tuttavia la pena di osservare che l'ampiezza e l'importanza del fenomeno della matematizzazione della

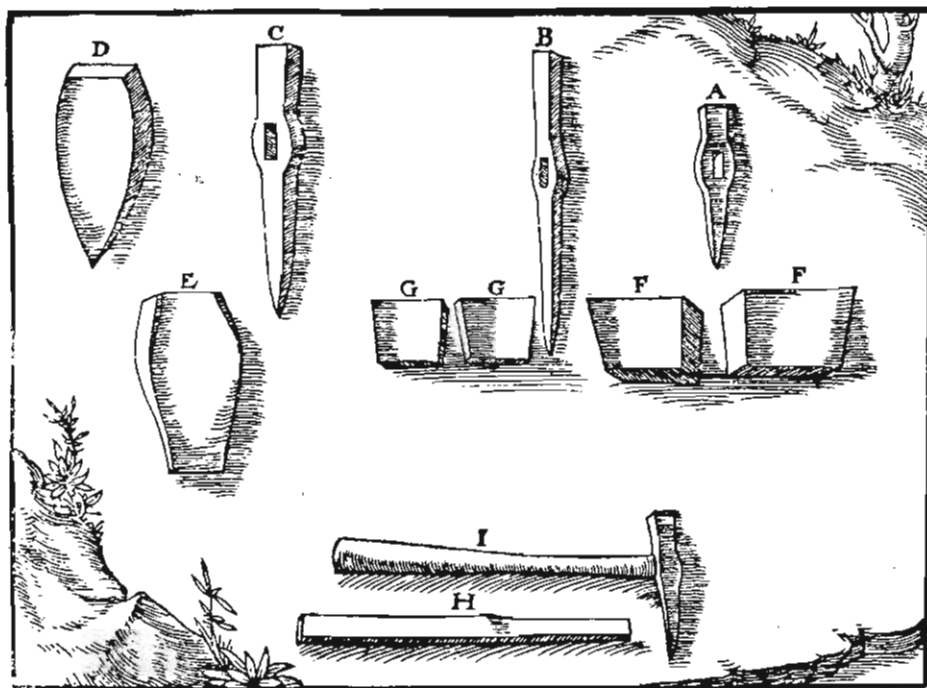
scienza meritano che si dedichi loro una breve riflessione, e che si cerchi di analizzare i vari livelli di matematizzazione della scienza e le ipotesi implicite che questa comporta e che stanno alla base dei successi più o meno importanti di questo procedimento. Da questa analisi si potranno anche trarre gli elementi per le riflessioni che riguardano la ulteriore matematizzazione e formalizzazione del linguaggio delle scienze, formalizzazione che giunge fino alla logica ed ai suoi procedimenti, almeno nella parte che riguarda la deduzione formale.

5 - Vorremmo anzitutto identificare un primo livello di impiego del linguaggio matematico nella sua utilizzazione per la semplice designazione di cose, con simboli univoci e comodi. In altre parole, con questa utilizzazione il numero diventa una specie di etichetta, univoca e comoda, per le cose; ciò avviene, per esempio, quando il numero viene utilizzato per designare convenzionalmente le linee tramviarie di una città.

Un secondo livello si potrebbe individuare nell'impiego del numero con una primitiva utilizzazione delle proprietà formali del linguaggio numerico. Per spiegarci meglio, potremmo additare per esempio l'impiego del numero di matricola per designare le reclute, o gli studenti di una università, o per altri usi consimili.

In questo caso infatti la utilizzazione del linguaggio numerico permette di dedurre dai « nomi » che si danno alle cose anche alcune proprietà delle cose designate. Infatti sappiamo che l'insieme dei numeri naturali possiede un ordinamento totale; e da tale ordinamento è possibile, per esempio, dedurre se uno studente si è immatricolato prima oppure dopo un altro; analogamente si può ragionare nel caso delle targhe automobilistiche di una provincia ed in molti altri casi; in altre parole l'ordinamento dei « nomi » riflette un certo ordine nelle « cose » che i nomi stessi designano.

Analoghe considerazioni si possono fare nel caso della utilizzazione dei numeri interi per designare i portoni delle case di una via cittadina; tali numeri indicano non soltanto l'ordinamento dei portoni lungo la strada, ma anche, con la loro parità, indica-



no su quale lato della strada stessa si trova un certo portone che corrisponde al numero.

Considerazioni analoghe valgono quando i numeri vengano adottati per indicare le temperature dei corpi: infatti l'ordinamento totale dei numeri reali riflette una certa proprietà dei corpi nei riguardi dei fenomeni del calore; tale ordinamento ci dice per esempio in quale direzione si muove il calore spontaneamente.

Questo impiego dei numeri per indicare uno stato fisico come la temperatura viene spesso chiamato « misura »; in particolare si trova spesso scritto e si sente dire che « si misura » una temperatura. Naturalmente ciascuno può utilizzare il linguaggio come gli piace, purché faccia conoscere le proprie convenzioni, in modo che il linguaggio assolva alla sua funzione fondamentale di comunicare univocamente certe informazioni. Ma nel caso in esame noi preferiamo riservare il termine « misura » ad un numero che si ottiene con altre procedure e basandosi su ben altre ipotesi supposte valide negli oggetti che si considerano. Invero una analisi fisica più precisa di quella abituale permette di riconoscere nella utilizzazione del linguaggio matematico diverse accezioni, distinguendo per esempio tra « misure » ed « indici di stato ». Questi secondi, come nel ca-

so della temperatura, permettono non soltanto di utilizzare i numeri per designare univocamente certe situazioni, ma anche per dare ulteriori informazioni, e quindi per conoscere meglio la realtà fisica che si studia.

Oltre alla temperatura, altri esempi di indici di stato sono i valori delle varie funzioni potenziali che si utilizzano in fisica (potenziale gravitazionale, potenziale elettrostatico, ecc.) ed anche i valori di altre funzioni, per esempio le funzioni indici di utilità introdotte da V. Pareto in economia matematica.

Questi indici, ripetiamo, forniscono delle informazioni utili per i fenomeni che via via si studiano, ma non sono ancora delle « misure » nel senso proprio che qui vorremmo attribuire al termine. Infatti riteniamo che la utilizzazione dei numeri per quelle che vorremmo chiamare nel senso proprio delle misure richiede che gli oggetti studiati posseggano (o si ritengano dotati) di certe proprietà che vengono abitualmente richiamate dicendo che gli oggetti stessi costituiscono una classe di grandezze.

Il concetto di « grandezza » viene abitualmente descritto in forma approssimativa dicendo per esempio che « ... si chiama classe di grandezze ogni insieme di enti per i quali sia possibile il confronto e la somma » o con altre frasi dello stesso tipo, u-

gualmente generiche. A nostro parere invece la descrizione esatta del concetto di grandezza richiederebbe che si precisassero le proprietà della operazione di « somma » di cui si parla, proprietà che conferiscono all'insieme degli enti considerati la struttura algebrica di un monoide. La cosa non viene fatta abitualmente, forse perché in moltissimi casi la matematica viene applicata nella vita reale in relazione a certi oggetti che sono delle grandezze: volumi, pesi, lunghezze, quantità di denaro, durata, ecc. Ciò porta a considerare come « naturali » oppure « evidenti » certe proprietà degli oggetti che invece dovrebbero essere precisate e rigorosamente enunciate. Comunque sia, quando si suppone (con buone o cattive ragioni, basandosi su ipotesi ben fondate o su controlli o dimostrazioni) che gli enti considerati appartengano ad una classe di grandezze omogenee, è possibile una utilizzazione molto più feconda del linguaggio matematico; invero in questo caso tale linguaggio permette non solo di rappresentare univocamente gli enti, ma anche di rappresentare, in qualche modo, le operazioni che noi eseguiamo su di essi; per esempio, in questo caso si ha che la misura della grandezza « somma » di altre due è il numero che si ottiene sommando i numeri che danno le misure delle due grandezze.

Molte altre cose si potrebbero dire, per esempio in relazione allo schema ideale della continuità, che fonda l'applicazione alle grandezze del concetto matematico di « numero reale » ed è pure il fondamento sul quale si basa la utilizzazione nella fisica e nelle altre scienze dei metodi dell'analisi matematica; ma non vogliamo insistere su questo argomento, che richiederebbe tra l'altro anche troppi sviluppi di carattere tecnico per essere trattato in modo soddisfacente. Ed inoltre pensiamo che vi siano anche altre cose da dire a proposito del linguaggio della scienza.

6 - Le considerazioni che abbiamo svolto fin qui miravano a mettere in evidenza un aspetto importantissimo della matematica: l'aspetto di un linguaggio, che permette una designazione molto precisa degli enti che interessano la scienza (quando siano

soddisfatte certe ipotesi) ed una deduzione rigorosa ed in certo modo automatica.

In questo ordine di idee ci appare particolarmente importante l'opinione del grande matematico G. Peano, il quale affermava che la matematica è una forma di logica superiore.

A questo proposito, e sempre nello stesso ordine di idee, ci pare che sia giunto il momento di ricordare che la matematica non è soltanto la scienza della quantità o la scienza dei numeri, come una opinione diffusa, ma approssimata vorrebbe far credere.

Questo modo di vedere la matematica ci pare ormai superato, anche se si riattacca ad una visione classica di questa scienza; visione che è dura a morire, anche presso le persone di una certa cultura, le quali non tengono conto del fatto che la matematica ha ormai cambiato il suo assetto e il suo dominio, il quale si estende oggi ben al di là del campo del misurabile e del quantificabile, nel senso generico e classico del termine.

A titolo di esempio, possiamo ricordare che il dominio della logica formale simbolica è strettamente collegato con quella dell'algebra astratta; e che questa scienza fornisce quotidianamente alla fisica teorica i mezzi concettuali e formali per la enunciazione delle ipotesi e per la costruzione delle teorie che permettono di guardare a fondo nei misteri della materia. Vorremmo anche ricordare la teoria della informazione, la teoria dei linguaggi, la teoria dei sistemi; tutte branche nuovissime della matematica che hanno esteso il dominio di questa scienza in un modo che sarebbe stato impensabile anche soltanto qualche decennio fa. Possiamo quindi ritenere fondata e giustificata l'opinione che la matematica sia, in modo elettivo, il linguaggio della scienza della natura e di ogni scienza che aspiri ad essere rigorosa.

La prima parte dell'articolo è stata pubblicata sul fascicolo n. 102, novembre 1982, di « Didattica delle Scienze ».

Aldo Moro

Al di là della politica

« Studium » 1942-1952

A cura di G. Campanini - introduzione di G. B. Scaglia
Ed. Studium - 23470 - pp. 324, L. 10.000

Fra il 1942 e il 1952 Aldo Moro ha offerto a « Studium » una collaborazione continuativa, impegnata, estesa ad una serie di temi diversi ma tutti in qualche modo riconducibili all'essenziale rapporto tra fede e politica. In questi scritti Moro si rivela non solo come un laico estremamente attento ai problemi della Chiesa e come un intellettuale lucidamente aperto alla comprensione della nuova fase che si apriva alla democrazia italiana, ma come « moralista » nel senso più nobile della parola.

Gabriele De Rosa

Sturzo mi disse

Ed. Morcelliana - 22155 - pp. 224, L. 18.000

L'A., che ha scritto la più esauriente biografia di Luigi Sturzo, offre dal vivo, le numerose interviste che il grande statista siciliano gli concesse per la costruzione di quella sua « vita ». Qui sono riprodotte nella loro immediatezza, ricca di umori spesso vivacemente risentiti: ne spiccano giudizi politici, riflessioni sociologiche, ricordi pieni di colore su uno scenario che s'arota dalla Sicilia d'inizio secolo all'Inghilterra, all'America, all'Italia in crescita tumultuosa nel dopoguerra.

Le edizioni Studium e Morcelliana sono distribuite in esclusiva dalla

editrice La Scuola - Brescia