

POLITECNICO DI TORINO

INAUGURAZIONE DELL'ANNO  
ACCADEMICO 1964-65

(106° DALLA FONDAZIONE)

RELAZIONE DEL RETTORE

PROF. ANTONIO CAPETTI

PROLUSIONE AI CORSI

DEL PROF. PIETRO BUZANO

NOVEMBRE 1964

POLITECNICO  
DI TORINO  
ARCHITETTURA

BCA

72.072

(45.21)

POL

SISTEMA   
BIBLIOTECARIO



72.072 (45021)ROL

POLITECNICO DI TORINO



INAUGURAZIONE DELL'ANNO  
ACCADEMICO 1964-65

(106° DALLA FONDAZIONE)

RELAZIONE DEL RETTORE

PROF. ANTONIO CAPETTI

PROLUSIONE AI CORSI

DEL PROF. PIETRO BUZANO

NOVEMBRE 1964



## RELAZIONE DEL RETTORE

PROF. DOTT. ING. ANTONIO CAPETTI

*Eccellenze, Autorità, Signore e Signori, Studenti e Voi,  
Colleghi carissimi,*

alla cui benevolenza debbo l'onore di essere ancora una volta sul podio rettorale a presiedere la cerimonia inaugurale del nuovo anno, vogliate gradire anzitutto una parola di benvenuti in questo auditorio consacrato alla memoria del primo nostro laureato honoris causa, auditorio che nonostante da soli sei anni abbia assunto la funzione di aula massima, già è entrato a far parte del patrimonio morale del Politecnico, per i ricordi delle tante solenni celebrazioni qui avvenute.

Purtroppo della più recente di esse, oggi alla nostra mente si presenta velata ormai di mestizia, l'immagine; mutata in accorato rimpianto la soddisfazione con cui or è un anno consegnammo all'Ing. Giovanni, Carlo Anselmetti le insegne di Benemerito della Scuola, della cultura e dell'arte. Alla memoria dell'impareggiabile Sindaco della Città, del docente nei nostri Corsi di perfezionamento, dell'affezionato ex-allievo, dedichiamo qualche istante di raccoglimento.

Ed ecco la mia relazione.

Nel corso dell'anno 1963-64, il corpo accademico si è arricchito di nuovi docenti in entrambe le Facoltà. Precisamente sono stati nominati professori straordinari in seguito a concorso nella Facoltà di Ingegneria il Dott. Cesare Brisi, di Tecnologia dei materiali e chimica applicata e l'Ing. Giacinto Zito di Elettronica applicata; nella Facoltà di Architettura, l'Ing. Giuseppe Ciribini di Elementi costruttivi e

l'Arch. Enrico Pellegrini di Elementi di architettura e rilievo dei monumenti. I miei rallegramenti a questi colleghi che hanno conquistato la cattedra, si estendono agli altri nostri collaboratori risultati vincitori di concorsi a cattedre universitarie: precisamente l'Ing. Giovanni Tournon, nominato professore straordinario di Idraulica agraria nell'Università di Torino, gli Ingegneri Biorci, Piglione, Rigotti e Soldi e l'Arch. Roggero, ternati ed ora in attesa di nomina in varie sedi.

Sempre nel corpo accademico, ricordo il trasferimento del Prof. Lorenzo Marenese dall'Università di Genova alla nostra seconda cattedra di Elettrotecnica e, viceversa, il trasferimento all'Università di Pisa del Prof. Renato Einaudi, ordinario della prima cattedra di Meccanica razionale nella nostra Facoltà di Ingegneria. La soddisfazione per la venuta del Prof. Marenese si accompagna al rammarico per l'allontanamento di un collega come Renato Einaudi che tanto ha operato a Torino a vantaggio dell'assistenza agli studenti, con la istituzione dei ben noti Collegi universitari.

Movimenti interni di docenti di ruolo sono quelli del Prof. Silvio Nocilla trasferito dalla cattedra di Aerodinamica della Scuola di Ingegneria Aerospaziale alla prima cattedra di Meccanica razionale della Facoltà di Ingegneria e del Prof. Cesare Bairati dalla cattedra di Elementi di composizione della Facoltà di Architettura alla cattedra di Composizione architettonica I della stessa Facoltà. Per la copertura delle altre sei cattedre ancora vacanti, attendiamo l'esito dei concorsi già banditi sia per nostra richiesta, sia per iniziativa di altri Atenei.

Un nuovo posto di ruolo, destinato alla cattedra di Topografia nella Facoltà di Ingegneria, è stato istituito mediante una convenzione con l'Amministrazione Provinciale e la Cassa di Risparmio, che hanno voluto riconoscere l'opportunità di potenziare anche con una maggiore stabilità di dirigenti il fiorentino Centro di fotogrammetria sorto in occasione delle feste centenarie nel 1959.

Desidero ripetere il ringraziamento del Politecnico ai due benemeriti Enti nelle persone dei rispettivi Presidenti, Prof. Giuseppe Grosso e Prof. Paolo Ricaldone.

In seguito al risultato delle votazioni svoltesi nella scorsa estate sono confermati nelle rispettive cariche per il triennio 1964-67 il Prof. Rolando Rigamonti, Preside della Facoltà di Ingegneria e chi vi parla.

\*  
\* \*

Per il biennio 1963-65 sono stati riconfermati nel Consiglio di amministrazione pressochè tutti i componenti del biennio precedente. Hanno infatti cessato di appartenervi soltanto l'Ing. Riccardo Berla per essere giunto al termine lo speciale contributo temporaneo che ci aveva concesso quattro anni prima la Società Olivetti per opera del compianto On. Ing. Adriano Olivetti ed il Prof. Antonio Cavinato per essere in conseguenza diminuita di un'unità la rappresentanza del corpo accademico nel Consiglio.

\*  
\* \*

*Professori Incaricati.* Nell'elenco dei docenti di questa categoria sempre numeroso, ed in gran parte, vorrei aggiungere, necessariamente numeroso per la natura stessa di alcuni insegnamenti, si sono aggiunti quest'anno i nomi della Dott. Maria Luisa Einaudi Vigitello, dell'Ing. Armando Monte, dei professori Aurelio Robotti ed Aurelio Vaccaneo, non appartenenti al personale del Politecnico e quelli dei nostri assistenti od aiuti Dott. Anna Rosa Abete Scarafiotti, Arch. Maria Gabriella De Cristofaro Rovera, Prof. Ennio Mattioli, Dott. Flavio Previale, Prof. Alberto Russo Frat-tasi. A corsi ormai pressochè terminati una dolorosa inattesa circostanza ci ha obbligati a sostituire con altro docente nella cattedra di Macchine I il Prof. Giuseppe Ferraro Bologna che da quattro anni ne era incaricato. Non posso citare questo nome, senza la profonda commozione di chi lo ebbe vicino per quasi 30 anni, come allievo prima, come assistente, aiuto, incaricato di una parte del corso, poi. La modestia ed il forte spirito di autocritica avevano tenuto il Ferraro Bologna lontano dalle competizioni per le cattedre: la morte lo

colse improvvisamente mentre la possibilità di raggiungere la pienezza della dignità accademica finalmente gli si prospettava.

Il ricordo di questo lutto mi suggerisce di aprire una breve parentesi nella mia relazione per enumerare altre dolorose perdite subite nell'anno: la Prof. Emma Hausner vedova Gelosi, già incaricata fino al 1956 di lingua tedesca nella Facoltà di Architettura, il tecnico capo Otello Beltrami, ed infine lo studente Vittorio Andreis, perito insieme col padre in un grave incidente alpinistico.

Dal principio di questo mese ha cessato dall'incarico di Urbanistica I per aver raggiunto i limiti di età, il Prof. Arch. Alessandro Molli Boffa dopo 31 anni di insegnamento, iniziato nella Scuola Superiore di Architettura e proseguito nella nostra Facoltà di Architettura, succeduta a quella Scuola. All'illustre docente rivolgo come rettore e se mi è permesso anche come antico compagno dei primi studi universitari, il grazie del Politecnico per la lunga feconda collaborazione.

\*  
\* \*

*Liberi docenti.* Hanno ottenuto la conferma della libera docenza i professori Carlo Bertolotti, Franco Fava, Andrea Ferro Milone e Pier Giorgio Perotto, per la Facoltà di Ingegneria; Roberto Gabetti e Giampiero Vigliano per quella di Architettura.

Nuove abilitazioni hanno conseguito gli ingegneri Giovanni Fiorio Belletti in Elettrotecnica, Giovanni Giachino in Elettronica applicata e Luciano Orsoni in Fisica del reattore nucleare.

\*  
\* \*

*Assistenti.* Sono stati nominati assistenti ordinari in seguito a concorso gli ingegneri Antona, Cappa Bava, Chiaraviglio, Mussino, Pent, Piola, Pozzolo, Quori, Sassi Perino, Zeglio e Zich, l'architetto Picco, i dottori Appendino, Borreani Ostanello, Chiadò Piat, Lombardi, Marcante Longo, Minetti e Vacca.

Gli assistenti liberi docenti Ugo Rossetti e Maria Lucco Borlera sono stati promossi aiuti.

Qualche nuovo posto di assistente ci è stato annunziato dal Ministero per l'anno attuale in base all'applicazione dell'ultima annualità della Legge 1073, quella del cosiddetto piano quadriennale. Il numero di essi (undici appena) è però poco più di una goccia d'acqua caduta sul terreno sitibondo delle cattedre, sovra affollate di allievi da esercitare e degli istituti che cerchiamo di sempre meglio attrezzare per la ricerca. Non ripeterò ora quello che già altre volte osservai a proposito degli assistenti volontari, utili anch'essi quando non siano soltanto onorari, ma non sufficienti a compensare la carenza di assistenti di ruolo. Comunque un apporto notevole per soddisfare o integrare le esigenze economiche degli assistenti, di ruolo o meno, hanno dato il contributo di 20 milioni per premi e borse concesso anche lo scorso anno dall'Amministrazione Comunale ed il contributo di 5 milioni per altrettante borse ad assistenti concesso dall'Amministrazione Provinciale.

Ci auguriamo che questi contributi temporanei ci siano rinnovati e ne ringraziamo anticipatamente i prossimi futuri reggitori delle due amministrazioni.

Dal canto nostro, alla integrazione suddetta provvediamo anche con premi attribuiti in base all'operosità scientifica dimostrata dal numero e dal valore delle pubblicazioni. Ne hanno fruito 47 assistenti (circa 1/3 del totale) per complessive lire 4.450.000. Contributi sono stati pure erogati ad assistenti per viaggi di istruzione all'estero.

\*  
\* \*

*Studenti.* Sono stati iscritti complessivamente 4257 studenti, dei quali 3011 regolari (2486 alla Facoltà di Ingegneria compresi i corsi di perfezionamento e la Scuola di Ingegneria Aerospaziale e 525 alla Facoltà di Architettura, compresa la Scuola di scienze ed arti grafiche) e 1246 fuori corso (1011 di ingegneria e 235 di architettura). Confrontando questi numeri con gli analoghi dell'anno accademico precedente, si nota un aumento medio del 5,7%, risultante di un aumento

del 9,4% degli studenti iscritti regolarmente e d'una diminuzione del 12% dei fuori corso. Analizzando più partitamente gli stessi numeri vediamo che ad un notevole aumento degli iscritti al triennio di ingegneria ( $\sim 20\%$ ) si oppone una diminuzione quasi altrettanto notevole ( $\sim 14\%$ ) degli iscritti al primo anno, non saprei dire se solo in conseguenza della scarsa natalità degli anni di guerra da cui proveniva la maggioranza degli iscritti, o per una più riflessiva scelta della carriera da parte dei giovani.

La ripartizione degli studenti tra 8 vari corsi di laurea va via via meglio adeguandosi a quelli che riteniamo i bisogni dell'industria, con una forte maggioranza nella sezione meccanica (il 30% del totale nel terz'anno) ed una quota di civili (circa il 14%) non più così esigua come in un recente passato. Effetto quest'ultimo aumento assoluto e relativo di quote anche del rafforzamento attuato dalla Facoltà, del corpo dei docenti di ruolo particolarmente dedicati alla sezione civile ed allo zelo spiegato dagli uomini chiamati ad occupare questi posti.

Abbiamo conferito 40 lauree in Architettura e 215 in Ingegneria. Dei 255 laureati, 58 hanno ottenuto i pieni voti legali, 25 i pieni voti assoluti e 5 oltre ai pieni voti la lode. Cito a titolo d'onore i nomi di questi ultimi: ingegnere chimico Francesco Cazzulo; ingegneri elettronici Valentino Castellani, Vittorio Eccettuato e Giovanni Perona; ingegnere meccanico Maurizio Pandolfi.

All'Ing. Castellani viene aggiudicato il premio « Prof. Ing. Salvatore Chiaudano » istituito dalla Società SILO per ricordare il nostro compianto docente e suo fondatore. Il premio consiste nella somma di lire 300.000 ed in una medaglia d'oro; è destinato al laureato in ingegneria che abbia riportato il più alto voto medio ed abbia compiuto il corso di studi nei cinque anni regolamentari, tutti nel nostro Politecnico.

Il premio « Giuseppe Bisazza » di lire 150.000 istituito dall'Azienda Elettrica Municipale di Torino per il migliore laureato in Elettrotecnica o Elettronica, essendo fuori causa l'Ing. Castellani, è stato attribuito all'Ing. Perona. Infine il premio « S. Ten. Pilota Ing. Federico Vallauri » di L. 180.000 destinato ad un laureato che ai meriti scolastici aggiunga la qualità di pilota di aeroplano, è stato vinto dall'Ing. Carlo Ferrarin.

Un cenno alle provvidenze in favore degli studenti

L'esenzione dalle tasse è stata concessa dal Consiglio di amministrazione per un ammontare di lire 17.463.500 a 308 studenti, il 95% dei richiedenti, circa la metà dei quali iscritti al primo anno.

Rette di posti in Collegio, borse e sussidi sono stati deliberati dall'Opera Universitaria del Politecnico per un complesso di lire 21.815.000.

La seconda applicazione della legge istitutiva dell'assegno di studio, estesa quest'anno agli studenti del secondo corso, ha portato alla distribuzione di ben 57.080.000 lire. La frazione di iscritti al biennio che ne ha fruito è del 13,1%, media fra il 16,1% del primo anno ed il 9,7% del secondo. Il primo di questi numeri coincide quasi con quella percentuale del 17% che nelle linee generali del piano quinquennale di sviluppo della scuola presentate dal Ministro al Parlamento, è indicato come meta da raggiungere verso il 1970. Abbastanza confortevole è pure il fatto che, nonostante il consueto forte esodo di studenti nel passaggio dal primo al secondo anno e la notoria difficoltà dei nostri studi, circa un terzo dei beneficiari del 1962-63 abbia conservato l'assegno nel 1963-64.

Il meccanismo di valutazione del merito sembra quindi aver funzionato non troppo male. Non voglio con ciò approvare senza riserve l'attuale ordinamento degli assegni di studio, ordinamento, che a mio parere presenta specialmente difetti circa l'accertamento delle condizioni di bisogno e circa la misura dell'assegno insufficiente per i più bisognosi, se non possono fruire di posti in collegio. Riconosco che si tratta di difetti non facilmente eliminabili, date le nostre abitudini tributarie il primo e data la scarsità di mezzi del bilancio statale, il secondo.

Oltre ai benefici della esenzione dalle tasse e delle somme erogate a vario titolo dall'Opera Universitaria, gli studenti hanno fruito di borse istituite per determinate categorie da enti pubblici e privati per un totale di lire 15.007.000.

In complesso le provvidenze a favore degli studenti hanno raggiunto la somma di lire 111.364.500, pari ad una media di 37.000 lire per ogni iscritto regolarmente, con un aumento del 32% rispetto alla media del 62-63.

Per i giovani che intendevano dedicarsi alla ricerca scientifica abbiamo avuto a disposizione anche quest'anno 5 borse ministeriali da 1 milione ed una borsa Shell da 750.000 lire.

I corsi di perfezionamento in Elettrotecnica hanno ricevuto 1.800.000 da: Azienda Elettrica Municipale, Enel, Fiat, Ceat, Cogne; (Azienda Elettrica Municipale, L. 1.000.000; Enel, L. 500.000; Fiat, L. 100.000; Ceat, L. 100.000; Cogne, L. 100.000;) il corso di specializzazione nella Motorizzazione 3.250.000 da: Ministero della Difesa-Esercito, Fiat, Pirelli, Ceat; (Ministero Difesa-Esercito, L. 1.600.000; Fiat, 950.000; Pirelli, L. 600.000; Ceat, L. 100.000;) la Scuola di Ingegneria Aerospaziale lire 7.200.000 dal Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione civile e dalla Fiat (Ministero Trasporti e Aviazione civile, L. 6.000.000; Fiat, L. 1.200.000).

\*  
\* \*

Contributi straordinari in danaro hanno dato al bilancio generale del Politecnico, come al solito, la Cassa di Risparmio, l'Istituto di San Paolo, l'Amministrazione Provinciale, l'Amministrazione Comunale e le Camere di Commercio di Torino e di Cuneo; (all'Istituto di Chimica industriale, la Società Bemberg e l'Associazione Piemontese Industriali chimici); a vari Istituti segnalati da noi stessi, la benemerita Fondazione Politecnica Piemontese, per un ammontare, quest'ultima, di ben 8.983.000 lire. Desidero rivolgere insieme col dovuto grazie, un particolare saluto al nuovo Presidente Dott. Ing. Agostino Daniele Derossi che continua nel fattivo interessamento per il nostro Politecnico la tradizione del suo predecessore, l'indimenticato Ing. Biagio Beria.

Si aggiungono contributi in natura: ricordo tra i più cospicui un banco per prove idrauliche donato dal Cavaliere del lavoro Ing. Ermenegildo Magnaghi ed un motore d'aviazione Cappa, che l'illustre progettista aveva concepito 40 anni fa con caratteristiche di assoluta avanguardia, motore donato alla nostra collezione storica di questo genere dalla Ditta SALM.

\*  
\* \*

Questa la relazione, dirò così, amministrativa.

Come relazione morale aggiungerò solo che alla normale attività didattica ed a quella di ricerca, di cui si trova l'eco nelle pubblicazioni e negli interventi di nostri docenti ai congressi scientifici e tecnici, ed il riconoscimento nelle distinzioni concesse ad alcuni di essi (ricordo fra queste la laurea honoris causa conferita dalla Scuola di Acquisgrana al collega Gabrielli), anche quest'anno si sono affiancate altre manifestazioni culturali, per conferenze tenute sia da docenti stranieri venuti qui come professori visitanti o per altri motivi, sia da docenti nostri. In particolare ricordo la partecipazione del Politecnico alle celebrazioni del centenario di Galileo, con la dotta conferenza tenuta in quest'aula dal Prof. Cesare Codegone.

Lezioni ed esercitazioni si sono svolte regolarmente, malgrado il gran numero di frequentanti ed il moltiplicarsi dei corsi opzionali. Nulla da eccepire sulla disciplina degli studenti: cordiale e fattiva la collaborazione dei loro rappresentanti nel Consiglio dell'Opera.

\*  
\* \*

Tutto bene dunque? Studenti, finanziamento, locali? No, certo. L'assiduità degli allievi è ottima se paragonata a quella di alcune altre Facoltà, ma minore sarebbe il numero dei fuori corso se tutti si persuadessero dell'utilità di una frequenza completa. Procuriamo che non manchi allo studente l'assistenza nelle aule di esercitazione, ma il rapporto studenti-assistente è ancora troppo alto, nè sempre le esercitazioni sono forse organizzate in modo da ottenere la massima efficacia compatibile con quel rapporto.

Il finanziamento degli Istituti è aumentato, per la sola parte costituita dalle dotazioni a carico diretto del nostro bilancio, di undici volte in cinque anni, e ciò grazie non solo al maggior contributo governativo, ma anche alla politica di rigida economia in tutte le spese necessarie e di astensione da tutte le spese non strettamente necessarie, nonchè alla rinuncia ad accantonare riserve, salvo quelle prescritte dalla legge.

Tuttavia dobbiamo lesinare e talora rifiutare i fondi a colleghi che ce li chiedono, esponendo suggestivi programmi di sviluppo. Costretti dalle pastoie del bilancio, saremmo tentati qualche volta di rallegrarci della minor intraprendenza di altri colleghi, ma tosto prevale il pensiero che, affinché il Politecnico mantenga quella posizione di prestigio in Italia ed all'estero, che si è conquistata nella sua vita ultracentenaria, è necessario che le capacità degli uomini di cui dispone (e degli altri che potrà attirare nella sua compagine) possano svilupparsi liberamente senza limitazioni di mezzi materiali, di collaboratori, di locali.

E questa dei locali è una nota che sta diventando proprio dolente. Era certo difficile prevedere quando si iniziò la fase concreta della costruzione della nuova sede, che la popolazione scolastica, stabilizzatasi nel settennio 1950-57 intorno ai 1000 iscritti regolarmente, si sarebbe triplicata nel settennio successivo, che i corsi di laurea in ingegneria sarebbero passati dai tre tradizionali, civile, industriale e minerario, agli otto attuali e prevedere quanti e quali laboratori avrebbero richiesto le nuove tecniche.

Ora poi si affacciano all'orizzonte riforme che esigeranno altre aule, ad esempio per quegli istituti di formazione di diplomati di primo livello, uno dei quali sarà, pare, aggregato al nostro Politecnico.

Il Governo si appresta ad uno sforzo finanziario notevolissimo per assicurare il necessario progresso dell'edilizia universitaria (si parla di 65 miliardi all'anno), ma il Politecnico rischia di rimanere pressochè escluso dal godimento di questi benefici, essendo prossime all'esaurimento le possibilità edilizie di quest'area.

D'altra parte troppo sono interconnessi soprattutto sul piano didattico i vari Istituti per poter pensare ad un lontano dislocamento di alcuni di essi. Qualche soluzione del problema si intravede e ne abbiamo tempestivamente sottoposto le linee generali alle autorità competenti.

\*  
\* \*

Era nostra consuetudine a questo punto far qualche commento all'opportunità di riforme sia didattiche sia degli

organi universitari. Non lo farò quest'anno perchè la materia è in questo momento oggetto di troppe, appassionate e non sempre nè dovunque serene, discussioni nella stampa generica e specializzata e nelle riunioni di ogni specie, da parte di singoli e di associazioni culturali e di categoria, mentre l'autorità politica si prepara a tradurre in concreti disegni di legge le linee programmatiche di sviluppo della scuola già additate al Parlamento.

Alcune delle attese riforme, come quella dei titoli finali di vario livello, riguardano soprattutto l'ingegneria e sembrano necessarie anche se non di facile attuazione. Altre riguardano specialmente istituzioni universitarie più complesse della nostra ed auspichiamo che il legislatore sappia distinguere le diverse situazioni.

Nel coro delle critiche alla Università, notiamo con piacere qualche voce discordante che riconosce la bontà degli studi impartiti finora nel Politecnico; ciò che non autorizza l'immobilismo e non esclude prospettive di progresso.

Nell'augurio che in questo senso agiscano le imminenti riforme, dichiaro aperto l'anno accademico 1964-65, centesimosesto dalla fondazione della Scuola da cui ebbe origine il Politecnico, e prego il prof. Pietro Buzano, ordinario di Analisi matematica nella Facoltà di Ingegneria di pronunciare il discorso che ha preparato sul tema:

*Algoritmi ed automi.*



## PROLUSIONE AI CORSI

DEL PROF. PIETRO BUZANO

Discorso Inaugurale dell'anno accademico 1964-65

### ALGORITMI ED AUTOMI

La data di nascita dei vocaboli « algoritmo » ed « automa » non è facilmente precisabile, ma è certo assai remota: tuttavia solo in epoca piuttosto recente si è sentito il bisogno di ridimensionare il loro significato precisando i concetti, prima assai vaghi, adombrati in tali termini.

« Algoritmo » è una strana parola che suole farsi derivare dal nome del matematico arabo del IX secolo Muhammed ibn Musa, nato a Khowarezm, la moderna Khiwa dell'Uzbekistan, e detto comunemente Al Khowarizmi. La sua opera principale consiste in due trattati, uno di aritmetica e uno di algebra, che ebbero grande diffusione in tutto il medio evo tanto che in Europa il nome dell'Autore deformato in « algoritmo » — forse per interferenza della parola greca « aritmòs » — passò ad indicare il contenuto dell'opera, ossia l'insieme delle regole di calcolo basate sull'uso della numerazione decimale. Quando si parla per esempio di algoritmo della moltiplicazione o della divisione s'intende la nota disposizione delle cifre che ancor oggi si usa per effettuare tali operazioni. Successivamente il significato del termine si andò sempre più allargando e la parola « algoritmo » finì coll'indicare qualsiasi procedimento di calcolo.

Abbiamo detto « procedimento » di calcolo e non « metodo » di calcolo perchè è opportuno mantenere una distinzione fra questi due termini indicando con il secondo le caratteristiche concettuali della via seguita nel risolvere un problema e riservando al primo l'ufficio di descrizione dettagliata dei singoli passi che bisogna compiere lungo quella determinata via per eseguire materialmente e ordinatamente tutte le operazioni che ci condurranno al risultato finale.

Se ad esempio intendiamo occuparci della risoluzione numerica di un sistema di equazioni lineari avremo a nostra disposizione vari metodi risolutivi: metodo di Banachiewicz, metodo di Gauss-Seidel, metodo di rilassamento, metodo di Cimmino e tanti altri. Ma una volta scelto uno di questi metodi, esso darà luogo ad un algoritmo ossia ad un insieme di regole pratiche e ben dettagliate, osservando scrupolosamente le quali, qualsiasi persona anche se all'oscuro del problema che è chiamata a risolvere, purchè sappia eseguire le quattro operazioni dell'aritmetica deve essere posta in grado di condurre a termine il calcolo della soluzione, a prescindere dal tempo impiegato.

Così per esempio nel problema della ricerca del massimo comun divisore fra due numeri interi, il metodo delle divisioni successive, ove si tenga conto che una divisione è sempre riducibile ad una successione di sottrazioni, dà luogo ad un algoritmo che può esprimersi nelle quattro istruzioni seguenti:

*1<sup>a</sup> Istruzione* - Prendi in considerazione due numeri in un dato ordine - Passa all'istruzione successiva.

*2<sup>a</sup> Istruzione* - Confronta i due numeri. Se risultano uguali ciascuno dei due è il M.C.D. cercato ed il calcolo è terminato. Se sono disuguali passa all'istruzione successiva.

*3<sup>a</sup> Istruzione* - Se il 1<sup>o</sup> numero è maggiore del 2<sup>o</sup> passa alla istruzione successiva. Se invece il 1<sup>o</sup> numero è minore del 2<sup>o</sup> scambia fra loro i due numeri e poi passa all'istruzione successiva.

*4<sup>a</sup> Istruzione* - Sottrai il 2<sup>o</sup> numero dal 1<sup>o</sup> e ritorna quindi alla 1<sup>a</sup> istruzione sostituendo il 1<sup>o</sup> numero con la differenza trovata.

Si stabilisce in questa maniera un *ciclo* di quattro istruzioni che bisognerà continuare a percorrere finchè ad un certo punto non si otterranno due numeri uguali — cosa che dovrà sicuramente verificarsi dopo un numero finito di passi — ed allora sarà soddisfatta la condizione dell'istruzione 2<sup>a</sup> e il calcolo avrà automaticamente termine.

La prima impressione che si riporta da un'enunciazione così dettagliata è quella di un inutile eccesso di pedanteria. Però un esame meno superficiale del nostro algoritmo può rivelare alcuni aspetti interessanti. Se il rinvio dall'ultima istruzione alla prima appare indispensabile perchè il procedimento abbia il suo naturale sviluppo, può sembrare invece superfluo il rinvio da ciascun'altra istruzione a quella immediatamente successiva, ma ciò è dovuto all'estrema semplicità dell'esempio prescelto. Infatti in problemi più complessi possono presentarsi situazioni che esigono il passaggio ad un'istruzione non immediatamente successiva. In un algoritmo comprendente per esempio venti istruzioni, dopo di aver eseguito la decima e ottenuto come risultato un certo numero, potremmo trovarci di fronte ad una triplice alternativa di questo tipo: se il numero trovato è positivo passa all'istruzione successiva, se è zero arresta il calcolo, se è negativo *salta* all'istruzione numero 15. Avremmo così un caso di « salto condizionato » nella sequenza delle istruzioni. Proseguendo poi nell'esame dell'esempio prescelto osserviamo che il nostro modo di enunciare le quattro istruzioni presuppone che la persona a cui esse sono dirette sia già stata preventivamente addestrata a fare determinate cose e precisamente: confrontare due numeri, scambiare due numeri, sottrarre un numero da un altro, passare da un'istruzione ad un'altra. È chiaro però che alcune di queste che noi veniamo ad assumere come *operazioni elementari*, dandole per acquisite, potrebbero invece a loro volta essere descritte in maniera più dettagliata determinando così l'inclusione di un algoritmo *secondario* entro l'algoritmo *principale*. Per esempio l'esecuzione della differenza fra due numeri potrebbe comportare l'enunciazione dettagliata delle comuni regole che s'insegnano ai nostri ragazzi nelle scuole elementari allo scopo di ridurre la sottrazione di un numero da un altro alla sottrazione di un numero minore di 10 da un numero minore

di 20, operazione questa che si suol fare a memoria ma che comunque si potrebbe ridurre alla lettura di una tabella.

Infine un'ultima caratteristica del nostro algoritmo è di essere formulato in modo da consentire la risoluzione non di un solo problema bensì di una classe di problemi. Non abbiamo infatti fatto riferimento ad una determinata coppia di numeri di cui si voglia il M.C.D. proponendoci per esempio di trovare il M.C.D. di 18 e 210, ma li abbiamo invece chiamati 1° numero e 2° numero evitando qualsiasi richiamo alle particolari cifre che li compongono. Ciò spiega anche perchè si siano dovute annotare nelle istruzioni certe operazioni come « confronta i due numeri » « scambia fra loro i due numeri » la cui enunciazione potrebbe apparire superflua se volessimo riferirci solo ad un determinato caso particolare.

Dopo queste varie osservazioni sarà forse il caso di ritornare sulla definizione di algoritmo osservando che la frase « procedimento di calcolo » non coglie gli aspetti essenziali di questo modo di operare. È forse più rispondente dire che un algoritmo è un *procedimento risolutivo di una classe di problemi*, procedimento che deve possedere il requisito della *generalità* che lo rende applicabile a situazioni iniziali diverse e della esatta *definibilità* che lo rende comunicabile ad altri sotto forma di un numero finito di istruzioni.

Fissatone in tal modo il significato, il termine « algoritmo » risulta applicabile anche al di fuori delle procedure numeriche. Così nella teoria dei giochi esso viene ad identificarsi con il termine « strategia » che nel caso di due soli giocatori A e B sta ad indicare il complesso delle istruzioni a cui deve attenersi il giocatore A per conseguire la vittoria. Nel giuoco detto degli « undici oggetti » si dispongono sul tavolo per esempio undici fiammiferi. Le regole del giuoco sono queste: il giocatore A prende a sua scelta uno, due oppure tre fiammiferi; quindi il giocatore B fra i fiammiferi rimasti ne prende a sua volta non più di tre. Poi torna a scegliere A e quindi B e così di seguito, potendosi ogni volta prendere al massimo tre fiammiferi. Chi prende l'ultimo fiammifero perde. Si domanda se è possibile indicare una strategia per il giocatore A la quale obblighi l'avversario a prendere l'ultimo fiammifero. Ebbene uno studio un pò approfondito del problema prova che questa strategia esiste e si esprime in due sole

istruzioni, che non starò ad indicare per non togliere ai miei cortesi uditori la soddisfazione di trovarle da sè (\*).

L'esistenza di un algoritmo che conferisce al giocatore A una strategia vincente può sembrare una circostanza fortuita relativa a questo particolarissimo gioco, ma non è così perchè si dimostra il seguente Teorema « In qualsiasi gioco a due giocatori, esente da elementi aleatori, esiste una strategia vincente per uno dei giocatori ». Per la verità occorre dire che la strategia vincente è espressa in molti casi da un algoritmo astrattamente concepibile, ma praticamente non realizzabile in quanto le alternative da esaminare ad ogni mossa per decidere circa la mossa successiva sono talmente numerose e crescono così vertiginosamente che diventa impossibile per la mente umana il prenderle in considerazione tutte quante. Ciò spiega perchè, nonostante il teorema enunciato, il gioco degli scacchi continui ad essere basato sulla destrezza e intelligenza dei giocatori. Tuttavia nel problema dei giochi l'esistenza di un algoritmo, anche se praticamente non realizzabile, costituisce un fatto notevolissimo rispetto a quanto avviene in altri problemi per i quali nè si conosce un algoritmo che li risolva nè si è saputo stabilire se tale algoritmo possa essere trovato. Tale è ad esempio il celebre « problema di Fermat » riguardante l'esistenza di soluzioni intere di un'equazione aritmetica che generalizza la nota equazione pitagorica. Si pone pertanto la domanda se esista o no un metodo generale per la costruzione di un algoritmo risolutivo per ogni classe di problemi. E poichè la risoluzione di un problema matematico si può precisare come affermazione che una certa espressione è deducibile da certe premesse, l'algoritmo cercato dovrà esser tale da consentire di *decidere* mediante un numero finito di passi, consistenti in operazioni elementari ben precisate, se una certa espressione è o meno conseguenza di un dato insieme di espressioni: il che a sua volta presuppone l'esistenza di un algoritmo che consenta la successiva enumerazione di tutte le conseguenze di un

---

(\*) Esse sono:

- 1 - Primo colpo: A prende due fiammiferi;
- 2 - Colpi successivi: se B ha preso  $n \leq 3$  fiammiferi (e se ne restano ancora) A ne prende  $4-n$ .

dato insieme di espressioni. Si è così andata sviluppando nell'ultimo trentennio una *teoria della decisione* che considera *decidibili* quei problemi per i quali si può assegnare un algoritmo ossia un procedimento effettivo di risoluzione. Così per esempio il problema di stabilire, dall'esame dei coefficienti se un'equazione di 2° grado possiede o non radici reali è un problema decidibile perchè esiste un procedimento effettivo per risolverlo e precisamente quello notissimo basato sull'esame del segno del discriminante.

È stato osservato che non vi è una differenza essenziale fra l'azione che compie il chimico per decidere circa una sostanza da analizzare, se ad esempio essa contenga o no del cloro, e l'azione che compie il matematico per decidere se un dato numero intero è oppure no un numero primo: in entrambi i casi le operazioni da compiere consistono nell'esecuzione di alcune ben dettagliate istruzioni che possono essere affidate anche a persone di scarsa competenza; in particolare non sarà necessario sapere che cos'è il cloro o che cos'è un numero primo. Diremo dunque che una teoria formalizzata è decidibile se esiste un procedimento, articolato in un numero finito di passi, il quale consenta di stabilire se una formula qualsiasi (scritta nei simboli di quella teoria) è oppure no un teorema della teoria stessa: se l'algoritmo esiste, qualsiasi individuo potrà dare la risposta, anche senza conoscere la teoria di cui si tratta, limitandosi ad applicare scrupolosamente e macchinalmente tutte le istruzioni in cui l'algoritmo si articola.

L'intervento dell'intelligenza dell'uomo si richiede per la costruzione dell'algoritmo, ma non per l'esecuzione di esso la quale può dunque essere affidata ad un « automa ». Questa parola che nel linguaggio comune viene ancora talvolta usata col vecchio significato di meccanismo costruito per imitare i movimenti dell'uomo o degli animali, è entrata da poco più di un decennio nel linguaggio scientifico per indicare qualsiasi apparecchiatura capace di ricevere, conservare, elaborare e restituire l'*informazione* in base ad un piano prestabilito di istruzioni.

L'informazione consiste in un certo insieme di istruzioni e di dati, che si esprimono ordinariamente in parole e numeri e registrabili perciò coi caratteri dell'alfabeto ordinario. L'in-

formazione tuttavia per essere trasmessa e conservata deve essere affidata ad un supporto fisico che prende il nome di « memoria ». Con tale nome può essere designato in senso lato qualunque sistema fisico capace di assumere un numero finito di stati ben determinati e distinti: in tal senso anche il classico nodo al fazzoletto è un tipo di memoria. È prevalsa la tendenza a comporre la memoria mediante un numero convenientemente grande di unità elementari capaci ciascuna di assumere *due soli* stati fisici ben determinati: tali sono ad esempio i due diversi stati di magnetizzazione che possono presentarsi nelle componenti di una memoria a nuclei di ferrite. Un sistema costituito da  $N$  componenti binarie può assumere  $2^N$  configurazioni diverse, corrispondenti a tutte le possibili combinazioni di detti stati. La registrazione dell'informazione esterna avviene facendo corrispondere all'insieme di simboli alfanumerici in cui essa è espressa una determinata configurazione della memoria e poichè questa è strutturata in componenti binarie si rende opportuno *codificare* preventivamente l'informazione esterna col sostituire ai caratteri alfanumerici delle combinazioni di due soli caratteri, ordinariamente lo « zero » e l'« uno », analogamente a quanto si fa nella trasmissione telegrafica coi segnali « tratto » e « punto ». Dunque l'informazione esterna, opportunamente codificata, viene introdotta nella memoria e le parti di essa registrate dalle singole componenti binarie della memoria costituiscono le *unità di informazione* o « bits ». Nella restituzione dell'informazione si opera in certo senso il processo inverso. L'elaborazione dell'informazione consiste nella modifica del contenuto della memoria sulla base delle istruzioni già introdotte nella memoria stessa e implicanti l'esecuzione sia di operazioni aritmetiche che di operazioni logiche: essa è ordinariamente strutturata in un sistema di ordini elementari, i soli che la macchina sia in grado di eseguire e perciò i soli che essa riconosca.

Messo di fronte ad un'istruzione che non è in grado di riconoscere, un elaboratore automatico o si arresta o impazzisce. L'insieme delle istruzioni che l'automa è in grado d'interpretare, espresse in forma codificata, costituisce il cosiddetto « linguaggio-macchina ». La differenza fra un algoritmo la cui esecuzione è affidata all'uomo e un algoritmo la cui

esecuzione è affidata ad un automa sta essenzialmente nel fatto che il primo può essere redatto nel linguaggio ordinario mentre il secondo deve essere redatto in linguaggio-macchina e per questo stesso fatto deve risultare estremamente più particolareggiato: esso prende il nome di « programma » che significa dunque « algoritmo per la macchina ». La programmazione può mirare anche alla risoluzione di problemi non aventi specifico carattere aritmetico. Si può per esempio affidare all'automa il compito di condurre avanti una partita contro un altro giocatore in un determinato gioco: compito da non sottovalutare perchè un gioco può anche diventare un « modello » di competizioni economiche o militari nel qual caso il comportamento dell'automa « simulerà » ciò che potrebbe accadere nella realtà effettiva.

Fra le applicazioni di un elaboratore automatico, fuori del settore numerico, non può essere taciuta quella della traduzione automatica di una lingua in un'altra: impresa affascinante per il suo carattere audace e paradossale, la quale comporta la risoluzione di una serie di importanti problemi. Alla Conferenza Internazionale sul trattamento dell'informazione che ebbe luogo a Parigi nel 1959 un'intera sezione fu dedicata a questo argomento e nella relazione generale svolta dallo scienziato russo D. Panov si afferma che il problema della traduzione automatica appartiene alla categoria di quelli per cui i mezzi di realizzazione pratica sono venuti a trovarsi in anticipo rispetto alle ricerche teoriche. In effetti ci si è accorti che una scienza vecchia e rispettata come la linguistica si trovava in ritardo rispetto alle nuove esigenze. Dopo lunghi anni di pacifica esistenza dedicata allo studio di gravi problemi come quelli delle forme verbali dell'islandese antico o dell'impiego dei pronomi nel sanscrito i glottologi furono abordati da alcuni energici costruttori di calcolatrici elettroniche con un discorso di questo genere: « Noi vogliamo costruire una macchina per tradurre: diteci quali caratteristiche deve possedere e quali operazioni deve saper eseguire ». I linguisti cercarono di cavarsela dicendo che di macchine loro non se ne intendevano affatto. Al che i costruttori replicarono: « Non occorre che ve ne intendiate. Saremo noi a progettare la macchina: diteci solo quali regole bisogna applicare per ottenere una tra-

duzione esatta». È risultato così che le nostre lingue vive non erano state ancora sufficientemente studiate, in ogni caso non abbastanza per poter stabilire un sistema di regole di traduzione tale da consentire l'elaborazione di un algoritmo per l'esecuzione automatica di detta operazione. Ne è derivata la formazione di speciali gruppi di ricerca i quali si propongono di realizzare algoritmi concreti di traduzione approfondendo l'analisi comparativa della struttura grammaticale e sintattica delle varie lingue. Alcuni notevoli risultati sono già stati raggiunti e quando i problemi algoritmici saranno completamente risolti non saranno certo le difficoltà tecnologiche a ritardare la realizzazione dei traduttori automatici. È comunque interessante notare come proprio mentre nell'insegnamento delle lingue moderne si va sempre più affermando la tendenza verso forme dirette di apprendimento al di fuori dei tradizionali schemi sintattici e grammaticali, questi classici procedimenti trovino una forma di rivalutazione nella tecnica della traduzione automatica.

Le cose dette fin qui hanno messo in rilievo lo stretto legame che intercorre fra algoritmi ed automi: qualsiasi processo le cui tappe successive siano realizzabili da un elaboratore automatico può essere descritto sotto forma di algoritmo e viceversa tutti gli algoritmi da noi conosciuti appaiono realizzabili mediante macchine automatiche. Talvolta però questa realizzabilità deve essere intesa in senso astratto a causa dell'eccessiva estensione di memoria che essa richiederebbe per una pratica attuazione: comunque questo è un particolare a cui non conviene attribuire troppa importanza perchè i progressi tecnologici in questo campo sono rapidissimi e già oggi si dispone di tipi di memoria di minimo ingombro, di grande capacità e di facile accesso.

La stretta parentela fra algoritmi ed automi fa sì che nessuno di questi due termini possa essere rigorosamente precisato senza ripercussioni sull'altro. Una data classe di algoritmi può servire a definire un automa come macchina idonea a realizzarli e viceversa un dato tipo di automa circoscrive, entro l'insieme degli algoritmi astrattamente concepibili, la ben precisa classe di quelli che esso è in grado di eseguire.

Pertanto lo studio dell'accoppiamento algoritmo-automa può essere ulteriormente approfondito partendo da uno qualunque dei suoi due costituenti. Ed effettivamente entrambe le vie sono state tentate con pari successo.

Si è già detto come la nozione di algoritmo sia legata a quella di decidibilità di un sistema formale. A sua volta la nozione di *decidibilità*, con procedimenti che non è qui il caso di esporre, è stata ricondotta dai logici matematici a quella di *computabilità*: si dice che una funzione di più variabili è *computabile* ovvero *effettivamente calcolabile* se esiste un procedimento mediante cui sia possibile in un numero finito di passi calcolare il valore della funzione per ogni sistema di valori delle variabili. È una definizione che lascia intendere qualche cosa ma che presenta ancora dei lati oscuri e che ha quindi bisogno di essere ulteriormente precisata allo stesso modo delle nozioni di algoritmo e di decidibilità. Il chiarimento completo di quel che s'intenda per «effettivamente calcolabile» è stato poi definitivamente raggiunto ed ha portato alla formazione di una nuova teoria detta delle «*funzioni ricorsive*» che sono funzioni, ad argomenti e valori interi, nella cui costruzione ha parte notevole il procedimento definitorio «per ricorrenza» il quale rimanda il calcolo della funzione per un valore dell'argomento al calcolo per il valore immediatamente precedente e così di seguito fino ad un valore iniziale assegnato.

La teoria delle funzioni ricorsive ha consentito di compiere importanti progressi nella risoluzione dei problemi di decisione: in particolare da essa si può dedurre il celebre teorema di Gödel che afferma l'*indecidibilità dell'aritmetica*.

Più allettante per i non-matematici è però la via che approfondisce lo studio del binomio algoritmo-automa partendo dalla precisazione del termine «automa». Ciò è stato fatto cercando di schematizzare al massimo il modo di lavorare di una macchina calcolatrice, che si suppone però con capacità illimitata di memoria: così, imitando ciò che in circostanze analoghe fanno frequentemente fisici e ingegneri, si è pervenuti alla descrizione di una *macchina ideale* che accoppia il requisito della massima generalità a quello della massima semplicità. Essa prende il nome di *macchina di*

*Turing* dall'inglese che la ideò nel 1937, ossia ancor prima della creazione dei calcolatori elettronici.

La macchina di Turing è stata ideata in modo da poter riprodurre nei suoi aspetti essenziali il comportamento computistico dell'uomo. Che cosa facciamo noi quando calcoliamo con carta e matita? Partiamo da certi dati, ossia da una combinazione finita di simboli e, attenendoci ad un certo insieme finito di istruzioni, eseguiamo delle letture, scritturazioni, cancellazioni, sempre in numero finito pervenendo ad una nuova combinazione di simboli che rappresenta il risultato del nostro lavoro. La macchina di Turing disporrà dunque in primo luogo di un « alfabeto esterno » costituito da un numero finito di caratteri, uno dei quali consisterà semplicemente in uno spazio vuoto. L'informazione esterna si suppone registrata sopra un *nastro illimitato* nei due sensi e suddiviso in una successione di « campi » ciascuno dei quali può accogliere un unico segno alfabetico e può quindi in particolare anche risultare vuoto. Si ipotizza poi un *organo di lettura* alla cui osservazione può essere sottoposto un solo campo per volta, allo scopo di conoscerne il contenuto. L'insieme del nastro con un certo contenuto e dell'organo di lettura indirizzato su un certo campo costituisce la « configurazione esterna » della macchina. Si suppone che tale configurazione possa variare per effetto delle seguenti operazioni elementari:

1 - *Scritturazione*: ossia modifica del contenuto del nastro sostituendo il segno alfabetico impresso nel campo osservato con un altro segno alfabetico (eventualmente con uno spazio vuoto).

2 - *Spostamento*: ossia passaggio sotto l'organo di lettura di un nuovo campo immediatamente a destra o a sinistra di quello prima osservato.

Il funzionamento della macchina avviene per passi successivi ed è regolato da una *matrice logica* che può essere rappresentata mediante una tabella a doppia entrata come l'usuale tavola Pitagorica. Le righe corrispondono ai segni dell'alfabeto esterno che cadono sotto l'organo di lettura: le colonne corrispondono invece a quelli che si chiamano

gli « stati interni » dell'unità logica. L'incrocio di una riga con una colonna rappresenta una possibile « situazione » della macchina ossia la combinazione di una certa configurazione esterna con un certo stato interno. Ebbene, la matrice logica contiene per ciascuna situazione l'indicazione della azione che deve compiere la macchina. Tale azione consiste in una eventuale scritturazione, in un eventuale spostamento e in un eventuale passaggio ad un nuovo stato interno. L'effetto di tale azione sarà un cambiamento eventuale sia della configurazione esterna che dello stato interno, ossia il *rinvio ad una nuova situazione* nella quale la matrice fornirà nuove indicazioni che rinverranno ad un'altra situazione e così di seguito. Si tratta dunque di una macchina *deterministica* nel senso che la sua situazione iniziale ne determina completamente il comportamento successivo. L'*arresto* della macchina si verifica quando si perviene ad una situazione che contempla il rinvio alla situazione stessa. Ma la macchina può anche non arrestarsi mai ed in particolare può entrare in un *ciclo* che continua a percorrere indefinitamente.

Dopo questi cenni sommari possiamo ritornare alla teoria della decisione e supporre assegnato un determinato problema. Si pone la domanda: « esiste oppure no un algoritmo risolutivo per quel problema? ». La difficoltà di rispondere sta proprio nel caso negativo: perchè se l'algoritmo è stato costruito, il fatto che esso risolva effettivamente quel problema potrà essere accertato con una facile verifica materiale. Ma se invece l'algoritmo che si desidera non è stato finora trovato, che cosa dovremo concludere: non è stato trovato perchè non esiste o perchè non abbiamo saputo cercarlo? È chiaro che non si può dare una risposta se non si è prima precisata la definizione di algoritmo: la matematica infatti ci ammonisce con l'esempio di altri quesiti ai quali, dopo di aver per un certo tempo risposto negativamente, siamo infine pervenuti a dare risposta positiva modificando opportunamente il nostro atteggiamento verso il problema.

Ebbene per il quesito riguardante gli algoritmi la risposta può oggi esser data se si fa l'ipotesi che qualunque algoritmo possa essere realizzato mediante una corrispondente macchina di Turing. Diremo infatti che una macchina di Turing risolve un certo problema se messa in quello stato

iniziale che traduce le condizioni del problema essa, dopo un numero finito di passi, si arresta trasformando così l'informazione iniziale in un'informazione finale che rappresenta la soluzione del problema. Se invece la macchina non perviene mai alla situazione di arresto, diremo che essa non è applicabile a quella certa informazione iniziale, ossia che l'algoritmo da essa realizzato non è un algoritmo risolutivo del nostro problema.

Quest'impostazione ha ricondotto la decidibilità di un problema alla precisa possibilità di ideare una macchina di Turing capace di risolverlo ed ha conseguentemente permesso di stabilire che taluni problemi, anche al di fuori del campo strettamente aritmetico, sono effettivamente indecidibili, ossia tali che nessun automa sarebbe capace di risolverli. Tale risultato, che scaturisce dal felice innesto della mentalità computistica sul tronco vigoroso della logica matematica, è da considerarsi come una pietra miliare nella storia del pensiero matematico e sembra inoltre segnare un preciso confine fra i compiti che nel processo deduttivo possono esser delegati all'automata e quelli che invece esigono l'intervento inventivo del raziocinio dell'uomo.









VINCENZO BONA - TORINO