

Uno studioso oltre il suo mito

Pasteur e la scienza dei nostri giorni

Dallo studio dei cristalli alle ricerche microbiologiche
Esperienza cruciale sulla generazione spontanea

Pasteur è certo uno dei scienziati più popolari della sua opera e sulla sua figura si sono scritti e continuano a scrivere libri e articoli destinati al pubblico più vario. Pure questo libretto di Dubos, recentemente pubblicato a Einaudi (Rene Dubos, Pasteur e la scienza moderna, piccola biblioteca Einaudi; pp. 125 lire 500) tutt'altro che di troppo della vasta letteratura parigiana.

Molto opportunamente, Dubos pone in evidenza lo stretto legame esistente fra le prime fortunate ricerche di Pasteur sui cristalli e la sua opera successiva, che gli diede fama e ripertura.

Nel campo della cristallografia fatti noti all'epoca di Pasteur si accinse a compiere il suo più importante lavoro sperimentale erano i seguenti: vi era un acido tartarico e i sali che da esso si ottenevano, le soluzioni acquose dei quali facevano ruotare a destra il piano della luce polarizzata; un'altra forma dell'acido tartarico, cui si diede il nome di acido paratartrico, ruotava il piano della luce polarizzata (per ricordare che si ottiene dall'uva) e i suoi sali formavano soluzioni acquose otticamente attive, che cioè non deviano il piano della luce polarizzata. Attenti studi avevano dimostrato peraltro che la composizione delle due acidi tartarici, e dei rispettivi sali, era la stessa, come erano le stesse molte proprietà fisiche chimiche. Perché allora il loro comportamento ottico era diverso? Pasteur tentò che ciò doveva necessariamente attribuirsi a qualche differenza fra le due sostanze, differenza che poteva dar luogo a una diversa struttura cristallina. I fatti confermarono queste acute previsioni: l'acido paratartrico rivelò costituito in partigugli di cristalli asimmetrici che erano gli immagini speculari degli altri. I cristalli aventi una simmetria a destra erano tutti identici a quelli dell'acido tartarico conosciuto e deviano il piano della luce polarizzata a destra (cristalli destrorsi) nella stessa misura; cristalli con simmetria a sinistra deviano la luce dello stesso numero di gradi, ma a sinistra anziché a destra (cristalli levogiri). Mescolando quantità eguali dei due acidi, dei loro sali, si ottenevano soluzioni otticamente passive, come quella dell'acido paratartrico.

Il successo era strepitoso, ma Pasteur non si arrestò qui: egli ritenne l'asimmetria cristallina e questo interesse sarà uno dei più costanti della sua attività. Ecco il legame fra le sue prime ricerche più strettamente chimiche e cristallografiche e le successive, che sempre più investono il campo della biologia.

Nel 1854, quando assumeva a soli 32 anni la cattedra di chimica dell'Università di Lilla divenendo preside della Facoltà di Scienze, Pasteur era preparato per il lavoro scientifico compiuto e per le idee che era venuto elaborando, per affrontare un nuovo ordine di problemi.

L'industria della distillazione dell'acool ottenuto dalla fermentazione del succo di barbabietola aveva una grande importanza economica per Lilla e per le circostanti regioni della Francia settentrionale e la formazione di sostanze estranee che si verificavano durante i processi di fermentazione erano causa di gravi danni. Le conoscenze che allora si avevano del processo della fermentazione alcolica erano però insufficienti per evitare la formazione di tali sostanze, essendo ignota la causa che le produceva.

L'opinione che le fer-

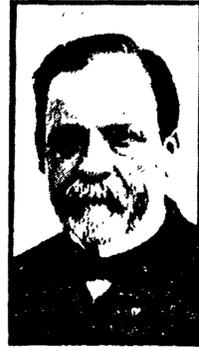
mentazioni e la putrefazione fossero causate dalle vibrazioni di molecole organiche in decomposizione era generalmente accolta ed era avallata dall'autorità di illustri chimici e in particolare di quella grandissima di Liebig.

Sulla base delle osservazioni compiute sul processo di fermentazione del succo di barbabietola, Pasteur giunse a conclusioni diverse e rivoluzionarie: il lievito è un organismo vivente che dalla trasformazione dello zucchero in alcool ricava l'energia che gli occorre per i suoi processi vitali. Gli altri prodotti che possono formarsi nel succo in fermentazione sono dovuti ad altri microrganismi che inquinano il liquido. La conseguenza logica di un tale punto di vista era che per evitare danni si doveva impedire ai microrganismi diversi dal lievito di birra di penetrare nel succo in fermentazione.

La spiegazione data da Pasteur dei fenomeni della fermentazione ravvisando nei microrganismi la loro causa (l'azione degli enzimi fu nota più tardi) ebbe grandissima importanza pratica. Il metodo per eliminare i microrganismi nocivi dai liquidi fermentescibili mediante il calore — metodo che da lui prese il nome di pastorizzazione — salvò l'industria vinicola francese, ed ebbe numerose applicazioni.

Gli studi sulla fermentazione e sulle sue cause risolvevano quasi naturalmente — soprattutto in una niente come quella di Pasteur che da tempo era rivolta al problema generale dell'origine della vita — il problema della generazione spontanea.

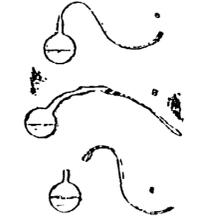
Pasteur mise a punto un esperimento cruciale: pose del brodo o altro liquido facilmente fermentescibile in una serie di palloni di vetro a collo lungo, dei quali allungò e curvò il collo a forma di « S » o in altre forme curve — perciò questi palloni vennero detti a « collo di cigno » — e fece bollire il liquido in esse conten-



tenuto in modo da distruggere i germi presenti a da scacciare per mezzo del vapore tutta l'aria presente nei palloni. I palloni furono poi lasciati aperti all'aria per lungo tempo, e non si verificarono fermentazioni. Infatti, l'aria poteva liberamente raggiungere il liquido, ma la polvere e i germi venivano trattenuti e si depositavano sulle pareti dei lunghi colli. Bastava spezzare il collo di un recipiente perché la polvere e i germi penetrassero in esso dando luogo alla fermentazione.

Le esperienze di Pasteur dettero un colpo decisivo alle vecchie teorie della generazione spontanea dimostrando che i microbi non possono nascere altro che da genitori a loro simili. Pasteur non trasse da questi risultati sperimentali conclusioni arbitrarie circa l'origine della vita sulla Terra; oggi, sgombrato il campo dalle teorie semplicistiche sulla generazione spontanea, gli studi sull'origine della vita sulla Terra hanno potuto riprendere sul solido terreno sperimentale, indirizzandosi alla ricerca delle condizioni che più di un miliardo di anni fa permisero il sorgere delle prime elementari forme di vita sul nostro pianeta.

La diffusione dei microrganismi, la loro grande diffusione e le importan-



Nel due recipienti A e B il liquido è raggiunto dall'aria ma non dalla polvere che si ferma nel lungo collo. C è anche la polvere cade nel liquido che pertanto si riempie di microrganismi.

Dino Platone

scienza e tecnica

Antenne giganti per Marte I

La stazione interplanetaria sovietica « Marte I », lanciata il 1° novembre da un satellite pesante della Terra, continua da quattro settimane il suo volo e ha coperto circa 9 milioni di chilometri in questo periodo di tempo. Gli scienziati hanno avuto numerosi collegamenti radio con la sonda in viaggio verso Marte. Sono stati così ricevuti dati sul funzionamento degli apparati, informazioni scientifiche e comunicazioni sul volo. Con la sonda in viaggio verso Marte le comunicazioni radio sono state mantenute da un sistema di questo collegamento e un compito estremamente complesso, considerato che in sette mesi del suo volo, il laboratorio spaziale coprirà centinaia di milioni di chilometri, mentre la forza dei segnali radio diminuisce proporzionalmente al quadrato della distanza. Le interferenze nelle comunicazioni radio sono dovute anche dal rumore a distanza dei sistemi radio e dalle radiazioni cosmiche. Inoltre, le fonti energetiche delle batterie solari e chimiche della sonda sono limitate dalle loro stesse dimensioni.

In queste condizioni, le possibilità di captare i segnali della sonda sono assicurate soprattutto da un sistema di amplificatori che escludono praticamente ogni rumore più esattamente lo diminuisce di migliaia di volte rispetto ai comuni ricevitori radio.

Sulla Terra, i segnali provenienti dallo spazio cosmico sono captati da stazioni di comunicazioni spaziali provviste di gigantesche antenne alle cui estremità di 100 metri di lunghezza sono disposti piani Ondina di queste antenne è composta di otto grandi specchi di 16 metri di diametro. Al centro di ogni specchio c'è un collettore di energia. L'impianto pesa più di un milione di tonnellate, senza tener conto delle massicce fondamenta che assicurano l'esclusione di qualsiasi spostamento, anche di un solo millimetro.

I dati ricevuti con il collegamento radio dimostrano l'alto grado di precisione del lancio della sonda verso Marte.

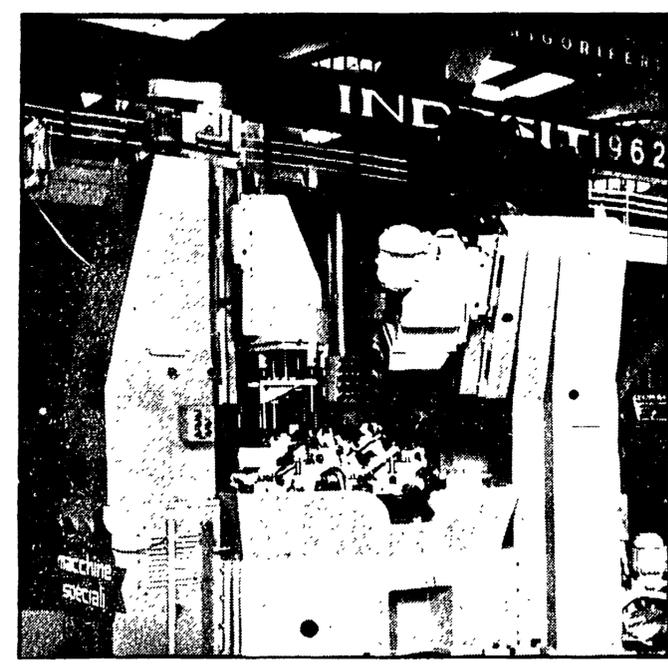
Per farsi un'idea di quanto dev'essere grande la precisione del lancio, basta ricordare che un errore della velocità iniziale provocherebbe una deviazione di 25 volte maggiore rispetto a quella di un aereo rispetto a un veicolo verso Venere. La sonda pesa 893,5 chilogrammi; 250 chilogrammi più di quella lanciata il 12 febbraio del 1961 in direzione di Venere.

Gli scienziati hanno scelto per « Marte-I » una traiettoria ellittica di circa 500 milioni di chilometri, che assicura la precisione del volo, in base alla velocità di 11 chilometri al secondo. La direzione del volo della sonda coincide con quella del movimento di Marte e della Terra lungo le loro orbite. Il tempo necessario per il completamento della rotazione della Terra dal Sole alla Terra è di una distanza di 149,5 milioni di chilometri e Marte di 227,8 milioni.

Nel suo volo verso Marte, la sonda deve superare l'attrazione gravitazionale terrestre a una velocità di 3-4 chilometri al secondo maggiore di quella della Terra in relazione al Sole. Questo incremento di velocità si ottiene per il fatto che la sonda è stata lanciata dall'orbita di partenza in una direzione concidente con quella del movimento della Terra attorno al Sole. La Terra ruota attorno al Sole a una velocità di circa 30 chilometri al secondo. La velocità della sonda in relazione al Sole è dunque composta della velocità della Terra attorno al Sole e della velocità di lancio della sonda in relazione alla Terra (considerando la direzione di quest'ultimo).

La stazione interplanetaria continua il suo volo verso Marte attraverso il campo di forze gravitazionali di Venere e della Terra. La sonda, che è stata lanciata con una velocità di circa 30 chilometri al secondo, si muove in una direzione concidente con quella del movimento della Terra attorno al Sole. La Terra ruota attorno al Sole a una velocità di circa 30 chilometri al secondo. La velocità della sonda in relazione al Sole è dunque composta della velocità della Terra attorno al Sole e della velocità di lancio della sonda in relazione alla Terra (considerando la direzione di quest'ultimo).

Un interessante convegno-mostra a Milano



70 comunicazioni sulle applicazioni elettroniche, metallurgiche, nucleari, chimiche, meccaniche, termotecniche, cibernetiche

Tecnica dell'automazione

Si è tenuto in questi giorni, presso la Fiera campidani di Milano, il settimo convegno-mostra dell'automazione e strumentazione: i lavori del convegno si sono svolti nella sala Leonardo da Vinci, mentre la mostra ha occupato i due piani del Palazzo della Meccanica.

La manifestazione alla sua settima edizione, è giunta quest'anno a una rilevanza internazionale, con la partecipazione ufficiale di tre delegazioni straniere (americana, sovietica e giapponese), e a una specializzazione tecnico-scientifica ancora più spinta che nelle precedenti edizioni.

Nei primi convegni l'automazione venne inquadrata nel suo complesso, e studiata nei suoi aspetti tecnici, economici, sociologici, nei suoi effetti sulla economia di certe produzioni, sulle condizioni di lavoro, sulla necessità di nuove specializzazioni professionali.

re nei recenti convegni, ed in particolare in questo ultimo: tutte le memorie presentate (oltre 70) sono state ad alto livello, ed hanno illustrato aspetti tecnici nuovi e particolari dell'automazione riferita alle varie branche della tecnica. Il convegno si è articolato in sette sezioni, che si sono occupate rispettivamente dell'automazione in elettrotecnica, metallurgia, fisica nucleare, meccanica, chimica, elaborazione automatica delle informazioni, termotecnica.

Un incontro ad alto livello tra gruppi di specialisti, che hanno studiato i problemi dell'automazione in campi tanto diversi della industria, ha un particolare significato e può dare frutti cospicui perché molti problemi di regolazione, controllo, segnalazione e allarme automatici, pur riferendosi ad impianti e macchine diversissimi, presentano notevoli analogie. Confrontando infatti le varie soluzioni realizzate e sperimentate nei diversi campi, ne possono risultare generalizzazioni ed estensioni veramente preziose. In un certo senso le molti studiosi ne parlano ormai in maniera sistematica) la automazione così studiata e comparata assume una funzione di « tecnica-ponte » tra le diverse tecniche specializzate, ossia la funzione di raccogliere, estendere, generalizzare espe-

rienze, nozioni tecniche, nuovi sistemi e nuove teorie, ognuno dei quali nasce e si sviluppa, inizialmente, entro i limiti di una singola tecnologia industriale.

Sotto questo aspetto il VII Convegno, per l'impegno e la preparazione dei partecipanti, ha certo assolto pienamente il suo compito.

Comando a « pulpito »

La mostra, come era da attendersi, presentava un aspetto tipicamente tecnico-commerciale. Salomente alcuni degli oggetti esposti erano capaci di colpire la fantasia di un visitatore, di imporsi alla sua attenzione, e di dargli qualche idea, almeno su alcuni aspetti della tecnica moderna. Vicino all'ingresso della mostra, si levava una grande valvola per impianto petrolifero. L'equivalente industriale, per intenderci, di un rubinetto, alto però cinque metri, azionato su telecomando automatico a distanza, e con una luce libera di oltre mezzo metro (la più grande mai costruita nel mondo).

In un altro stand, era disposto un quadro di comando del tipo « pulpito » e di dimensioni relativamente modeste: con una lunghezza di circa quattro metri, portava, tra strumenti indicatori e manopole di comando, oltre cento elementi. E sono normali, oggi, quadri del genere lunghi non di venti metri, dai quali si controllano e si comandano impianti automatici che occupano superfici di centinaia e centinaia di metri quadri.

In altri stands, oltre alla consueta serie di apparecchiature, erano esposti alcuni quadri sinottici — ossia pannelli sui quali sono simbolizzate mediante figure schematiche gli elementi essenziali di un impianto, e i relativi organi di collegamento (tubazioni, nastri trasportatori e simili). A seconda dell'assetto delle manopole di comando, gli organi di comando, sul pannello si illuminano in diversi colori le figure che rappresentano le diverse unità e sezioni inserite o escluse per effetto dei comandi stessi. Particolarmente numerosi gli apparecchi e strumenti raggruppati sotto la dicitura di « Termotecnica », destinati specificamente agli impianti nei quali si svolgono processi e trattamenti termici (industria

farmaceutica, petrolifera, metallurgica, delle materie plastiche ecc.) e i dispositivi elettronici specializzati (calcolatori numerici ed analogici, dispositivi per la selezione, l'ordinamento ed il raggruppamento di dati e notizie scientifiche, macchine per calcolazioni automatiche nel campo bancario e industriale).

La mostra ha avuto un buon successo commerciale, se si considera il numero degli espositori (oltre 300), l'area occupata (13 mila metri quadri) ed il numero di visitatori, in prevalenza assoluta specialisti, molto superiore a quello degli anni scorsi.

Paolo Sassi

il medico

Pilota automatico in chirurgia

Sentir parlare, come accade alle volte in tema di navigazione aerea, di « volo cieco » non stupisce nessuno da quando è largamente risaputo che in condizioni di scarsa visibilità ci si può affidare alla guida degli strumenti, e si vive ancora meno d'acché si è realizzata non solo per gli aerei ma anche per i congegno meccanici. Questo è stato sperimentato nella metropoli di Mosca la cosiddetta guida con pilota automatico. Qualcuno ricorderà anzi che l'anno scorso si furono Stati Uniti uno scoppio di ferroverri i quali dalla applicazione annunciata come assai prossima del pilota automatico su vasta scala si vedevano minacciati dall'incubo della disoccupazione. Cosa ci entra adesso questo discorso con la medicina? Effettivamente non c'entra affatto, ma serve a introdurre una nuova, a dare un'idea della spettacolare invenzione sovietica messa a punto da uno in campo medico.

Si tratta di una specie di sonda che era stata ideata in un primo tempo e creata per esplorare le ferite. Senonché nel corso delle sue applicazioni si è un po' trasformata per via e di perfezione in perfezione, ha fatto così raggiungere il suo scopo. Ma andiamo per ordine. Il chirurgo che si trova davanti a una ferita, per decidere come recarvisi nei confronti della ferita, ha bisogno di conoscere quanto essa è profonda e cosa si nasconde nelle sue anfrattuosità, corpi estranei, frammenti di ossa ecc.

Per prima cosa dunque procede subito ad esplorarla introducendovi una sonda e vede così per quanta lunghezza questa si penetri poi muovendola cautamente in giro e spingendola con prudenza in ogni sua anfratto attraverso il tutto si tratta di corpi duri di cui cerca di valutare le dimensioni nella posizione, la forma, la stabilità e così via.

E' un metodo un po' primitivo, se vogliamo, quello di affidarsi alla sensazione tattile, e neppure diretta ma per interposto strumento, sensa-

zione sempre più o meno ingannevole e imprecisa al fine di riconoscere ciò che non si può vedere, ma non si era finora altra via fu a Leningrado, durante il tremendo assedio della città, durante i lunghi mesi drammatici che ne videro l'epica e rutorosa resistenza nell'ultimo conflitto mondiale, che due studiosi, il dott. Ostromin e la dottoressa Lepenshinskaja, pensarono al modo di sfruttare ispirato loro da « detector » che si usavano allora per localizzare i canini morti. Questi detector quando venivano in presenza di un corpo estraneo darano un segnale acustico, non si poteva ottenere qualcosa di simile per la esplorazione delle ferite?

A furia di tentativi e perfezionamenti vari si giunse a creare una sonda di nuovo tipo, non un semplice strumento meccanico, ma un congegno la cui estremità sottile, una introdotta nella ferita era capace di dare vibrazioni diverse secondo il diverso tipo di tessuto (muscoli, ossa ecc.) sottostante, o se c'è o non c'è un corpo estraneo in contatto. Tali vibrazioni sono in grado di trasmettersi dalla estremità interna della sonda, quella esplorata, all'estremità esterna, quella tenuta dalla mano del chirurgo, in questa estremità esterna si trova un congegno un meccanismo simile a quello che si trova negli apparecchi per sonidi capace di trasformare le vibrazioni meccaniche in impulsi elettrici, la cui forza peraltro è così impetuosa da rendergli inavvertiti.

E' perciò che si è collegato attraverso un filo, questo congegno ad una cuffia che il chirurgo tiene applicata alle sue orecchie. In detta cuffia gli impulsi elettrici vengono trasformati in segnali acustici. Abbiamo dunque tre stazioni: l'estremità più sottile della sonda che è andata all'interno della ferita trasmettendo i suoi impulsi meccanici, l'estremità esterna che trasforma le vibrazioni meccaniche in impulsi elettrici, la cuffia infine che trasforma a sua volta questi impulsi in segnali acustici. Di conseguenza la esplorazione non si fa più col sus-

sidio alleario del tatto, ma con l'ascolto di segnalazioni acustiche, la cui diversità indica il diverso ostacolo e tessuto toccato dalla sonda.

Il chirurgo perciò che si sta allenando all'uso dello strumento può, sulla base dei suoni e delle differenti sensazioni ricevute in cuffia, rendersi conto delle effettive condizioni di una ferita del tessuto lesa che si trovano della creatura e della natura di questi ultimi.

A questo punto non si era che da fare un ultimo passo ed è quello che è stato compiuto recentemente. L'applicazione di un tale tipo di sonda ad bastare che serve per operare, tanto più che con l'adattamento di un amplificatore si sono resi addirittura studiati meccanicamente rotte minori di quella percepiti dalla cuffia.

Con la sonda montata sul tavolo il chirurgo non ha più bisogno di vedere, ma può operare in un'atmosfera di sicurezza con la massima sicurezza, poiché in ogni momento — attraverso la cuffia o l'amplificatore — può che tocca e quello che tocca, si quando il bisturi si avvicina a questo o a quel tessuto a questo o a quel vaso sanguigno, quando e nella prossima di un tessuto, o di un membrana di un osso o di un muscolo di un organo.

Attualmente il chirurgo proietta opera bene anche senza questa specie di cuffia che lo guida perché come se per lui non esistesse tutte le strutture anatomiche, le cui si muove, ma poter il giorno contemporaneamente della sonda elettronica in entrata dai sonidi, e pur sempre un sussidio indispensabile per la continua verifica della accuratezza di ogni minimo atto compiuto nel corso dell'intervento (dato che il congegno amplifica i tessuti umani, si è rivelato più sensibile della vista e del tatto di qualsiasi chirurgo), sia per l'orientamento e sia per l'orientamento di difficile sopravvivenza che la sonda consentendo di operare alla cieca, permette di risolvere contemporaneamente ed esattezza

Aspetti nuovi

Successivamente il convegno è stato ristretto a un gruppo di questioni esclusivamente tecnico-scientifiche, altamente specializzate, mentre la mostra assunse via via il suo volto attuale di manifestazione squisitamente tecnico-commerciale.

Questo non toglie nulla all'alto valore degli studi e delle memorie presentate.

Il risultato è pari alla preparazione specifica, e naturalmente alla qualità professionale, di Botta: un libro che si legge con piacere e capriccio. Ma essa sarà attuale l'uomo e il volare per la prima volta, uno sguardo ravvicinato a Marte, con le sue supposte coltri di ghiaccio e poi con i canali, la cui natura rimane fino ad oggi un mistero, e con il suo inespugnabile colore bruno che appare durante l'estate marziana.

Gaetano Lisi

Amaldi ricorderà Fermi ai Lincei

Il ventesimo anniversario di quella che ormai viene universalmente considerata la data di nascita dell'energia atomica con l'esperimento della prima reazione nucleare a catena controllata, verrà celebrato il 2 dicembre prossimo con l'intervento dell'Accademia Nazionale dei Lincei.

La cerimonia che l'Accademia organizza con il concorso del Consiglio Nazionale delle Ricerche, del Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare e del Forum Italiano dell'Energia Nucleare, commemorerà l'avvenimento del 2 dicembre 1942, quando a Chicago nei Laboratori installati sotto le tribune del campo sportivo dell'Università, un gruppo di scienziati, guidati da Enrico Fermi, mise in funzione il primo reattore nucleare del mondo, la pila atomica CP-1.

Oratori ufficiali saranno il prof. E. Amaldi, Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ed il Prof. Albert Wattenberg del Dipartimento di Fisica dell'Università dell'Illinois, che ebbe parte attiva nell'esperimento.

In occasione della celebrazione, verranno presentati, a cura del CNEN, numerosi cimeli e documenti originali sulle ricerche condotte dal Gruppo Fermi in Italia e negli USA, in una mostra che verrà allestita nelle sale dell'Accademia Nazionale dei Lincei, nella Villa della Farnesina.

schede Il Fisico

protagonista del nostro tempo: l'umanità e personalità degli scienziati che oggi meglio riassumono i caratteri della classe, i problemi di organizzazione e formazione, così della Università e della scuola, i temi della ricerca e gli strumenti tecnici, di cui questa si vale. In appendice una vasta documentazione sull'ordinamento didattico, i docenti, gli Istituti.

Può costituire, questo volume, per ogni lettore dedicato ad attività lontane da quelle scientifiche, l'occasione buona per avvicinarsi a una realtà sociale e culturale di così grande rilievo, e cominciare a intenderla invece di lasciarla sgomentare. Per il giovane un aiuto da non trascurare in vista delle scelte verso le quali dovranno orientarsi.

Vi sono considerati praticamente tutti i vari aspetti della figura del fisico, questo

Il ventunesimo volume della bene immaginata collana di Vallecchi « Il Beraglio » (tema della scia e iniezione sulle diverse professioni) è dedicato al fisico, e ne è autore un giornalista, Guido Botta, che la sua documentazione sui ricercatori di fisica se l'è fatta un po' ogni giorno attraverso i profumi anni di lavoro spesi come capo dell'Ufficio Stampa del Comitato Italiano Energia Nucleare.

Il risultato è pari alla preparazione specifica, e naturalmente alla qualità professionale, di Botta: un libro che si legge con piacere e capriccio. Ma essa sarà attuale l'uomo e il volare per la prima volta, uno sguardo ravvicinato a Marte, con le sue supposte coltri di ghiaccio e poi con i canali, la cui natura rimane fino ad oggi un mistero, e con il suo inespugnabile colore bruno che appare durante l'estate marziana.

Un volta realizzata, i suoi compiti, la sonda continuerà il suo volo e avrà un pianeta artificiale. Ma essa sarà attuale l'uomo e il volare per la prima volta, uno sguardo ravvicinato a Marte, con le sue supposte coltri di ghiaccio e poi con i canali, la cui natura rimane fino ad oggi un mistero, e con il suo inespugnabile colore bruno che appare durante l'estate marziana.

Il risultato è pari alla preparazione specifica, e naturalmente alla qualità professionale, di Botta: un libro che si legge con piacere e capriccio. Ma essa sarà attuale l'uomo e il volare per la prima volta, uno sguardo ravvicinato a Marte, con le sue supposte coltri di ghiaccio e poi con i canali, la cui natura rimane fino ad oggi un mistero, e con il suo inespugnabile colore bruno che appare durante l'estate marziana.