

scienza e tecnica

«Teoria dell'atomo e conoscenza umana»

Scienza e conoscenza negli scritti di Niels Bohr

Da mezzo secolo ad ogni svolta decisiva della conoscenza dell'atomo è legato il nome di Niels Bohr: sua la prima teoria quantistica dell'atomo di idrogeno, suoi i successivi fondamentali contributi alla conoscenza della distribuzione degli elettroni e delle proprietà atomiche che ne derivano, suo il modello «a goccia d'acqua» del nucleo atomico che ha permesso di chiarire brillantemente il fenomeno della fissione nucleare.

Il posto che Bohr occupa da cinquant'anni nel campo della fisica teorica non è però solo dovuto ai determinati contributi da lui forniti alla risoluzione di questo o quel problema — per quanto importante e complesso — ma all'impronta che la sua vigorosa personalità scientifica ha dato a tutto un indirizzo di pensiero. Bohr non è infatti solo un fisico teorico tra i maggiori, ma è un filosofo della scienza, interessato ai problemi più generali della conoscenza scientifica. La partecipazione attiva agli sviluppi della fisica atomica e al dibattito teorico ha fatto di Bohr un caposcuola, raccogliendo intorno a lui una scuola di fisici moderni, la «Scuola di Copenaghen».

La pubblicazione di una raccolta di scritti di Bohr (Niels Bohr, *Teoria dell'atomo e conoscenza umana*, Biblioteca di Cultura Scientifica, Paolo Boringhieri editore, L. 3.500) è perciò un fatto culturale di rilievo. Portare a conoscenza di un pubblico più vasto di quella degli specialisti gli scritti di uno dei maggiori fisici moderni è il merito principale, ma non il solo, di questo libro. Per questa edizione italiana l'autore ha compiuto una scelta che ci pare assai felice: si tratta di scritti di carattere generale che investono campi diversi della conoscenza scientifica, dalla fisica atomica alla biologia, a problemi di filosofia della scienza, abbracciando le tappe fondamentali dell'opera di Bohr. Scritti, per il loro carattere, accessibili in gran parte anche a chi non abbia una preparazione specifica, ma solo una certa dimestichezza con buoni testi di divulgazione. Certo non mancano scritti di più difficile lettura, a causa dell'estensione che vi ha la trattazione matematica, ma la loro importanza nello sviluppo delle conoscenze fisiche e tale che non sarebbe stato concepibile la loro esclusione.

Profonda emozione

Rileggere la storica memoria apparsa nel 1913 nel *Philosophical Magazine*, che apre questa raccolta di scritti, produce una profonda emozione; nelle linee essenziali il suo contenuto è oggi familiare a chi si occupa dell'atomo, e fa parte del patrimonio vivo della nostra civiltà. Ma non si può non ammirare la chiarezza lineare con la quale le questioni sono affrontate e risolte.

Con quello studio Bohr estese la teoria dei quanti, esposta da Plank nel 1900, alla struttura atomica ipotizzata da Rutherford solo due anni prima in base alle esperienze sull'interazione fra atomi e particelle alfa (nuclei di elio). Bombardando sottili lamine metalliche con particelle alfa emesse da sostanze radio-

attive, Rutherford, Geiger e Marsden osservarono che alcune particelle subivano brusche deviazioni. Queste osservazioni condussero Rutherford ad avanzare una nuova ipotesi sulla struttura dell'atomo. «Secondo questa teoria — scrive Bohr nell'introduzione al suo saggio *Sulla costituzione degli atomi e delle molecole* (1913) — l'atomo contiene un nucleo carico positivamente, circondato da un sistema di elettroni trattenuti dalle forze attrattive del nucleo. Inoltre il nucleo contiene quasi tutta la massa dell'atomo e le sue dimensioni lineari sono molto piccole in confronto a quelle dell'intero atomo. Il calcolo indica che il numero degli elettroni di un atomo è approssimativamente uguale alla metà del peso atomico. Il notevole interesse di questo modello è chiaramente evidente, in quanto, come Rutherford ha mostrato, l'ipotesi dell'esistenza del nucleo sembra necessaria per interpretare i risultati sperimentali sulla diffusione dei raggi alfa secondo grandi angoli.

Nel tentativo di chiarire le proprietà della materia sulla base di questo modello dell'atomo, s'incontrano però serie difficoltà, che provengono dall'instabilità del sistema elettronico e che non si presentavano, per esempio, nel modello precedentemente proposto da Thomson.

Geniali intuizioni

La difficoltà sostanziale era la seguente: secondo la teoria elettrodinamica classica, una carica elettrica in movimento deve irraggiare continuamente energia. Di tale irraggiamento continuo non vi erano però prove sperimentali. Inoltre, a causa dell'irraggiamento, l'elettrone avrebbe dovuto perdere continuamente energia e la sua orbita sarebbe dovuta diventare sempre più stretta, fino a che l'elettrone sarebbe precipitato nel nucleo; supposizione, questa, in contrasto con il fatto che gli atomi sono stabili. Al fine di superare questa difficoltà, Bohr suppose che l'energia non fosse emessa in modo continuo, ma in quantità definite: i quanti. Questa magistrale estensione dei concetti quantistici al modello atomico di Rutherford, che permise di chiarire brillantemente le proprietà dell'atomo di idrogeno e dei suoi spettri, fu l'atto di nascita della moderna rappresentazione dell'atomo.

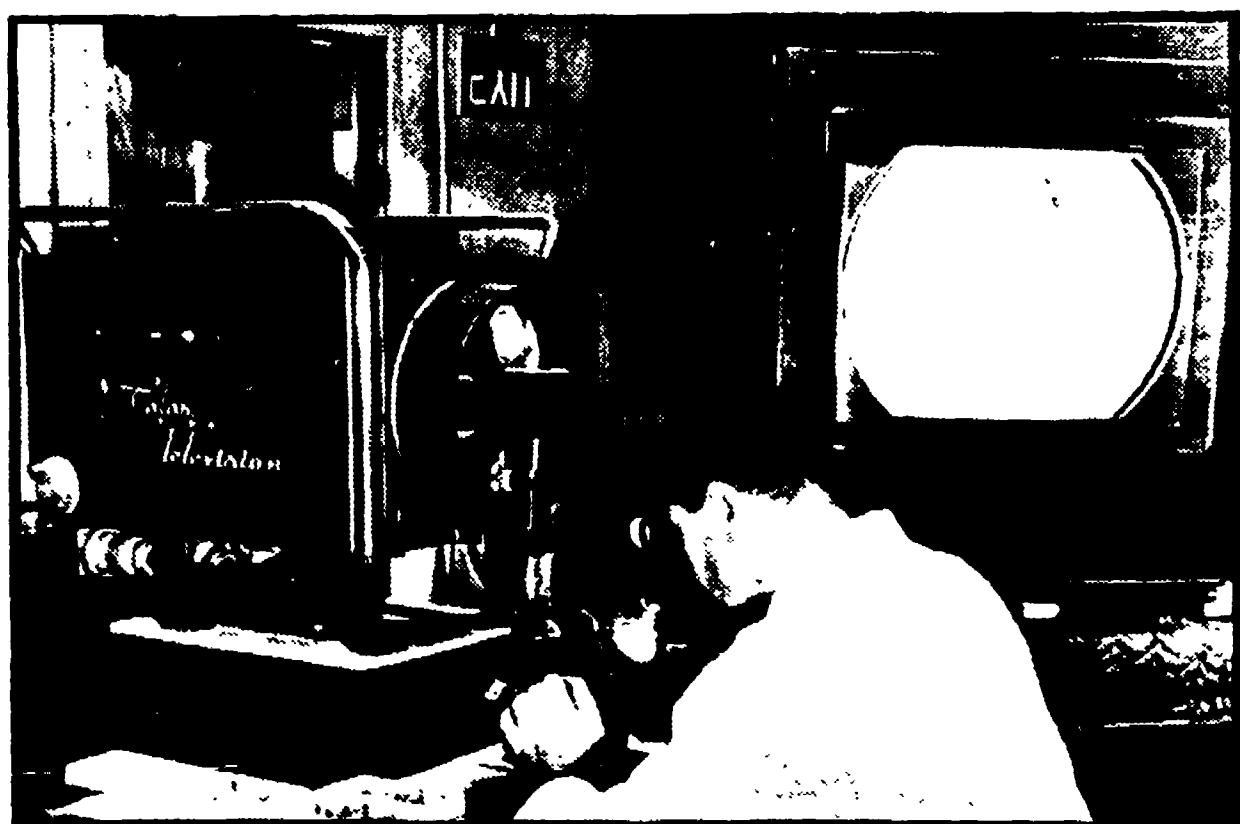
Negli altri scritti di Bohr si possono seguire, passo passo, i progressi delle teorie fisiche fino alle impostazioni più recenti, esposti con la competenza che deriva da una partecipazione di primo piano alla loro elaborazione. Gli ultimi scritti della raccolta sono dedicati ad esaminare l'insegnamento di carattere generale che si può ricavare dagli attuali orientamenti della fisica, soprattutto per quel che riguarda il problema dell'osservazione dei fenomeni e la loro descrizione. In questo campo la discussione è più che mai aperta, ma la lettura è sempre appassionante e ci conduce al cuore dei problemi di fondo non solo della fisica ma di tutta la scienza contemporanea.

Dino Platone



Niels Bohr

Il colore non soppianta il bianco e nero in TV



La televisione a colori viene usata per ora soprattutto a scopi scientifici. Nella foto: le apparecchiature TV-colore del Centro medico militare di Washington per l'esame dei tessuti prelevati durante un'operazione

La TV a colori, che nell'immediato dopoguerra ha richiamato l'attenzione appassionata di tecnici ed amatori, può dirsi ormai una realizzazione compiuta, anche se non sembra dare i risultati che si attendevano ai suoi albori. Pare che si ritra, seppure su un altro piano, quanto è accaduto nel campo della cinematografia. Quando comparvero, vent'anni fa, i primi film in technicolor, si sollevarono una vera ondata di interesse e di entusiasmo, tanto che molti critici e tecnici decretarono addirittura la fine del bianco e nero a breve scadenza. La realtà, però, è quella che vediamo oggi: i film a colori non hanno certo soppiantato quelli in bianco e nero, costano molto più, non sempre la qualità del colore stesso risulta molto soddisfacente, mentre ne derivano limiti tecnici piuttosto severi alle riprese.

Questi motivi si ritrovano nella TV a colori: il tentativo di «far qualcosa di nuovo» ha spinto alcune imprese americane a bruciare le tappe per arrivare, più presto possibile, alla

realizzazione pratica della TV a colori, con la speranza di imporre un futuro nuovo, diverso, ed economicamente sfruttabile. Alla luce delle esperienze più recenti, non sembra però che il colore in TV possa, almeno a breve scadenza, scalzare le posizioni del bianco e nero. Per le trasmissioni a colori, occorre disporre di emittenti apposite, e negli studi si rende necessario un'attrezzatura, una tecnica, una serie di impianti assai costosi. Per di più, per quanto concerne i restituti, costumi, fondali, arredamenti e così via, dovendosi tener conto del colore, occorre sopportare spese assai maggiori.

I televisori adatti a ricevere a colori sono poi differenti e più costosi degli altri, ed il colore stesso non risulta, almeno per ora, molto soddisfacente: è ancora inferiore a quello dei primi film in technicolor di prima della guerra. E' in corso il tentativo di immettere sul mercato, accanto ai televisori di tipo convenzionale ed a quelli specialmente costruiti per il colore, tipi adatti alla ricezione nor-

«Raggiungere» la Luna, nel senso proprio del termine, significherebbe arrivare con un mezzo spaziale ed un equipaggio sulla sua superficie, compiere una prima serie di osservazioni, ripartire e tornare sulla Terra. Un'impresa del genere, così completa, non sembra però realizzabile in un immediato futuro. Secondo un disegno schematico, essa richiederebbe un missile vettore di dimensioni enormi, l'ultimo stadio del quale dovrebbe, durante il viaggio di andata far parte integrante dell'astronave, ed essere impiegato poi sulla Luna per fornire la spinta necessaria al viaggio di ritorno. Ma non sarà necessario costruire un vettore così gigantesco: si potrebbe, invece, far giungere prima sulla Luna la carica di propellente occorrente al ritorno, e, successivamente, con un nuovo lancio, gli astronauti: uno schema più conveniente sembra però essere quello secondo cui i vari elementi della astronave lunare, compreso il vettore per il ritorno, sarebbero posti con lanci successivi su una stessa orbita terrestre, ed ivi montati. Quindi una spinta relativamente modesta permetterebbe alla astronave di lasciare l'orbita e di dirigersi verso la Luna.

Quanto al ritorno in Terra, poiché la Luna è molto

più piccola di questa, la trazione gravitazionale alla sua superficie è molto minore — circa un sesto di quella terrestre — così che basta un missile sei volte meno potente per spingere un'astronave verso la Terra, di quanto non occorra per il viaggio in senso contrario. Tuttavia le difficoltà non sono poche e l'impresa quindi non sembra imminente.

In un futuro abbastanza prossimo, invece, potrebbe essere attuata una impresa lunare meno complessa, ma indubbiamente già grandiosa: il lancio di una astronave su un'orbita ellittica molto allungata, tale da passare oltre la Luna, ed il suo rientro sulla Terra. Uno o due astronauti potrebbero compiere questa impresa nello spazio di alcuni giorni e operare, nella zona lunare, una serie di rilievi di grandissimo interesse (rilievi fotografici, ottici, spettroscopici, topografici ed altri ancora).

Il volo di Nikolaiev e Popovic ha chiaramente dimostrato che il nostro organismo può permanere in ambiente chiuso e degravato per un periodo sufficientemente lungo per un volo circumlunare, e che le attrezzature delle Vostok sono perfettamente adatte allo scopo. Per di più, sono state compiute nuove e più complesse esperienze di pilotaggio delle astronavi, elemento di grande importanza per un prossimo lancio lunare.

Un'impresa del genere, comunque, presenta difficoltà notevoli particolarmente per quanto concerne il rientro sulla Terra dopo aver operato la circumnavigazione della Luna. La distanza tra i due pianeti è dell'ordine dei 400 mila chilometri, per cui l'astronave lunare rientrerebbe dopo avere percorso circa un milione di chilometri, ed aver resistito, per un lungo tratto, in maniera sensibile, all'attrazione lunare.

L'impresa del Lunik III

L'impresa del Lunik III ha dimostrato che, mentre è ormai possibile raggiungere, nell'istante della partenza del missile, una straordinaria precisione di lancio, nella sua velocità finale l'effetto dell'attrazione lunare può deformare in maniera cospicua la traiettoria spostandone per di più il piano. Prevvedere in modo preciso queste deformazioni è assai difficile, in quanto gli inevitabili, ridottissimi errori iniziali dell'ordine dell'uno per diecimila o anche meno, possono condurre l'astronave a passare ad una distanza maggiore o minore di quella prevista dalla superficie della Luna. Un errore di una decina di chilometri in questa «distanza di passaggio», che appare ridottissima rispetto alla distanza Terra-Luna (400 mila chilometri) e che è difficilmente prevedibile ed eliminabile, può portare ad una deformazione ed a uno spostamento dell'orbita di alcune centinaia di chilometri da quella teorica e forse ancor di più.

La traiettoria di riavvicinamento alla Terra non risulterebbe più tanto precisa, per cui il successivo atterraggio presenterebbe notevoli difficoltà. Si renderebbe cioè necessaria una fase intermedia, di correzione della traiettoria al rientro, in base alle indicazioni fornite dalle stazioni terrestri ma operata necessariamente con i mezzi di bordo dell'astronave. Non è escluso che, prima di lanciare una Vostok lunare con pilota a bordo, i sovietici compiano delle esperienze con astronavi non presidiate, pilotate da Terra, onde raccogliere maggiori elementi sulla fase delicata di correzione dell'orbita al ritorno.

Un'operazione lunare più modesta, infine, sarebbe possibile fin d'ora, anche se presenterebbe una certa aleatorietà potrebbe fornire risultati scientifici di

portata limitata: il lancio sulla superficie della Luna di un gruppo di strumenti scientifici collegati ad una trasmittente per poter ricevere una serie di dati sulle condizioni del suolo lunare (ad esempio temperatura, intensità della radiazione solare, attività sismica, ecc.).

I progetti americani

Gli specialisti americani continuano intanto nello svolgimento dei loro programmi orientati lungo tre direttrici: il lancio del *Mariner*, sonda spaziale verso Venere, la preparazione del volo orbitale di Schirra e l'appuntamento del nuovo missile *Saturn*.

Al *Mariner II* sarebbe dovuta toccare una maggior fortuna del *Mariner I* il cui lancio è di recente fallito per il cattivo funzionamento del missile vettore.

E invece non sembra che le cose siano andate molto meglio: la sonda ha deviato abbondantemente dalla rotta prefissata e soltanto tra qualche giorno sarà possibile stabilire se i tecnici americani saranno in grado di «correggere» la corsa del *Mariner II*, destinato, in caso contrario, a sbagliare il bersaglio.

Auguriamo una maggior fortuna a Schirra, il cosmonauta che si prepara a compiere un volo orbitale di sei giri attorno alla Terra, a bordo della tanto discussa *Mercury*. Schirra, nel migliore dei casi, non potrà compiere più di sei orbite perché il *Mercury* è troppo piccolo per portare una riserva di ossigeno tale da garantire una più lunga permanenza nello spazio.

Per la realizzazione del *Saturn*, gli americani parlano ormai più del '64 che del '63, poiché lo svolgimento del programma accusa già qualche ritardo. Con il *Saturn* gli americani potranno sperare di uscire dal vicolo cieco nel quale li tiene prigionieri da anni la ridotta potenza dei loro missili, che hanno limiti ed impulsi che li costringono a valersi di apparecchiature miniaturizzate, spesso improvvisate, imprecise e non del tutto sicure, e a spingere i loro missili al massimo con il pericolo di farli esplodere o di non riuscire a guidarne la traiettoria.

I faticosi tentativi di sostenere che gli Stati Uniti stanno riguadagnando il tempo perduto, sono ogni volta e più chiaramente smentiti dai fatti. Le tesi «diversive» riprese anche da qualche giornale italiano, secondo le quali le imprese sovietiche avrebbero più valore propagandistico mentre quelle americane avrebbero un più alto valore scientifico, appaiono chiaramente contraddette dal lancio dei numerosi satelliti-spia e dalla scarsità dei dati scientifici americani raccolti e pubblicati.

Del resto per quanto riguarda dati tecnici e rilievi scientifici gli americani sono abbottonatissimi, non hanno mai comunicato né elementi quantitativi chiari, né notizie descrittive sulle loro macchine e relativi difetti. Anzi, a conti fatti, si finisce per concludere che i sovietici hanno comunicato, su loro lanci e le loro macchine, una maggior copia di notizie tecnicamente e scientificamente interessanti, che non gli americani.

Certo e che, in tutti i congressi internazionali di specialisti di fisica spaziale, i sovietici non sono mai giunti «a mani vuote», ma hanno portato ricche pubblicazioni piene di dati e di cifre che, dal tempo famoso del «rapporto Nesmejanov» di duecento pagine, contenente i dati rilevati dallo *Sputnik III*, riempiono ormai una intera biblioteca. Si tratta, naturalmente, di pubblicazioni scientifiche destinate agli specialisti, e quindi inadatte al pubblico.

Giorgio Bracchi

g. b.

Bollettino spaziale

L'assalto alla Luna

schede Gli uomini della preistoria

La Terra è certamente un libro meraviglioso ma disgraziatamente il tempo l'ha strappato e tagliato, ed è scritto in una lingua difficile, molto più difficile a leggersi di quella delle vecchie pergamene. Le quali ci raccontano, però, solo una piccola parte della storia dell'uomo; per conoscere il resto la scienza ha una sola risorsa: chinarsi sugli archivi del sottosuolo e tentare di decifrare i documenti quali, ad esempio, parti di scheletri, pezzi di utensili, graffiti. Di queste ricerche e di quanto gli scienziati (archeologi, antropologi, paleontologi, botanici, fisici, ecc.) sono riusciti a conoscere sul più lontano passato dell'umanità parlano i due libri che segnaliamo.

In particolare, nel primo libro (André Leroi-Courhan: *Gli uomini della preistoria*, Universale economica Feltrinelli, pagg. 150, lire 500), affrontando questi argomenti, l'autore — direttore del Centro di documentazione e di ricerche preistoriche presso il Museo dell'uomo di Parigi — ci fornisce un significativo e chiaro esempio di come vada intesa, e svolta, la divulgazione scientifica.

Tutta la lunga e lontanissima epoca esaminata in questo libro — dagli oscuri inizi della vita umana sino alla fine dell'età della cenozoica: 10.000 anni fa — è compresa dagli studiosi sotto la denominazione globale di «età paleolitica» («antica età della pietra»), che rappresenta effettivamente un'era nella storia dell'umanità. Dai Protoantropi, che dalla pietra riescono a ricavare i primi rudimentali utensili, fino alla comparsa dell'*Homo sapiens*, che copre di affreschi le pareti delle caverne, mutano continuamente i climi e gli esseri umani. E' un mondo durato almeno cento volte più del nostro: poteva sembrarci addirittura appartenuto ad un altro pianeta poiché è scomparso assieme ai suoi mammuti e ai suoi mostri.

Né meno interessante — benché talvolta appaia frettoloso — è il secondo libro (Marjorie e C. H. B. Quenell: *Vita di ogni giorno nella preistoria*, Editore Bompiani, pagg. 298, lire 1.300). Qui si tenta una vivace ricostruzione del mondo preistorico, dai primordi sino agli inizi dell'età del ferro, e della vita che vi conducevano gli uomini preistorici (l'uomo, ricordiamo, è apparso sulla Terra almeno un milione di anni fa e l'epoca storica si può calcolare fra gli 8.000 e i 10.000 anni). Attraverso oggetti e costruzioni, attraverso utensili e scheletri gli autori riescono a mostrarci, nell'essenziale, i costumi di vita, le caratteristiche dell'abbigliamento, i modi di caccia e di pesca, le prime tecniche e le prime manifestazioni artistiche dei nostri lontani progenitori ravvicinando la descrizione, quando il documento risulta incompleto, con riferimenti ai popoli primitivi scoperti dagli antropologi del secolo scorso (tasmiani, aborigeni australiani, ecc.). Il volume è arricchito da numerose illustrazioni e riproduzioni di notevole interesse.

Questi due libri ci rammentano che senza gli studiosi della preistoria ci sarebbe mancato il lato più meraviglioso e più misterioso del nostro destino e della straordinaria evoluzione umana; ci rammentano — e le pagine si leggono come un avvincente romanzo — che i tempi storici sono soltanto qualche minuto nella lunga giornata dell'umanità.

La terra che vive

Se volete un libro d'argomento scientifico che si legga come un reportage giornalistico, eccolo: «La terra che vive», da poco apparso nella collana Biblioteca moderna di Mondadori (pagg. 201, lire 500).

Una zolla di terra, in apparenza inanimata, brulica in realtà di creature vive, delle quali qui ci viene narrata la storia ricca di fascino e di mistero. Pochi grammi di terra contengono miliardi di microbi, milioni di protozoi, migliaia di funghi e di alghe; insetti, vermi, mammiferi scavatori, radici e semi popolano quel mondo che vive sotto la superficie della terra, fino a trenta metri di profondità (com'è il caso di certe termiti del deserto). Questo libro ci fa compiere un rapido viaggio in quel mondo sotterraneo per svelare i segreti. I giganteschi grani delle formiche, la demolitrice folia delle vespe, le misteriose radici che attirano i vermi che le distruggono, le ardite costruzioni delle termiti, la mortale lotta tra la pepis e la tarantola, gli insaziabili funghi predatori e le sconcertanti mufte del fango: questi sono soltanto alcuni capitoli del meraviglioso viaggio attraverso il suolo vivente.

L'autore, Peter Farb, è un giornalista americano, autore di un curioso di questioni scientifiche che interessava gli scienziati per penetrare, come profano, nel regno misterioso e avvincente della natura, ben presto, però, conquistato dall'appassionante materia, prese egli stesso ad indagare sulla vita che la terra racchiude nel suo grembo e si diede alla ricerca scientifica con l'entusiasmo di un appassionato naturalista. Il libro, tuttavia, come avverte lo stesso autore, è frutto essenzialmente delle indagini compiute da autentici scienziati e numerosi specialisti che si sono dedicati allo studio della vita del suolo ed hanno collaborato alla stesura di queste pagine e alla loro revisione. Da tale impegno e da tale collaborazione è nato, appunto, un solido libro d'argomento scientifico che si legge con lo stesso interesse e con lo stesso piacere di un reportage di alto livello.

Fecondazione della donna

«Il riconoscimento giuridico dell'I.A. (la sigla sta per inseminazione artificiale) sarebbe soprattutto una prima breccia in una muraglia di leggi e di costumi relativi alla procreazione umana, rispettabili quanto si vuole, ma poco adatti all'evoluzione dell'uomo...». Così si legge a pag. 265 di questo interessante, e per molti aspetti sconcertante, libro (George Valensin: *Fecondazione artificiale e natura della donna*, pagg. 290, lire 500) di recente apparso nella Universale economica Feltrinelli.

Infatti, mentre si calcolano tra 200.000 e 400.000 il totale delle nascite di «figli della scienza» (nati, cioè, da donne fecondate con lo sperma di donatori) e mentre si registra un accrescimento assai rapido della pratica della I.A. con o senza donatore in tutti i paesi del mondo, la recolezione della materia, dal punto di vista giuridico, è ancora allo stato dei progetti di legge e soltanto in alcuni paesi. La pratica è, peraltro, inequivocabilmente condannata dalle varie religioni. Pio XII la definì «immorale» e ribadì che la maternità senza essere un diritto è ammissibile solo nel matrimonio poiché «il contratto matrimoniale... ha per oggetto non il figlio, ma gli atti naturali che sono capaci di generare una nuova vita». D'altro canto, l'autore ci ricorda che nel 1956, a Roma, in occasione del primo caso di I.A. portato davanti a un tribunale italiano, «una sentenza di settanta pagine ha stabilito che il figlio della scienza era illegittimo, malgrado il consenso del marito» (pag. 261).

E, tuttavia, il problema resta ed urge, sul terreno giuridico e su quello scientifico. La vittoria sulla sterilità infelice, la sorgere questioni di vastissimo interesse e anima la disputa di teologi e scienziati, giuristi e sociologi. Il libro affronta, con una fitta e scottante casistica, la materia (trazioni, preparazioni, tecniche, risultati e avvenire della inseminazione artificiale) offrendo al grosso pubblico che, purtroppo, su questi temi vitali ha opinioni abbinate da preconcette additture medievali.

f. f.