



**Il cranio scoperto ad Altamura. La lunga opera di recupero**

Quello che vedete in questa straordinaria fotografia è l'immagine del cranio e delle ossa ritrovate in Puglia, in una grotta vicina ad Altamura, nel Barese. Le prime osservazioni dei paleontologi dicono che lo scheletro apparterebbe ad un uomo che si colloca tra il ramo dei neandertaliani e quello a cui appartiene l'umanità attuale il sapiens. Il professor Vittorio Pesce Delfino, ordinario di antropologia dell'Università di Bari, ha elaborato uno studio per il recupero del prezioso reperto. Il piano di intervento prevede una fase di raccolta dei dati microclimatici della cavità nel quale il cranio è stato trovato.

**Tentacoli meccanici per lavorare in fondo al mare**

Dita meccaniche estremamente sensibili e flessibili, tanto da ricordare dei tentacoli, sono state progettate per lavorare sul fondo del mare. Grazie ai sensori di forza sulla punta delle dita, la mano elettronica riesce a manipolare con cura oggetti delicati come pesci, conchiglie e alghe, a «scavare» materiali di interesse archeologico, e a curare la manutenzione di apparecchiature sottomarine. Il prototipo del «catturatore tentacolare» (così è stata chiamata la mano elettronica) è stato messo a punto nel Dipartimento di ingegneria, sistemistica e telematica dell'Università di Genova in collaborazione con l'Istituto di automazione navale del Cnr, sempre a Genova, e l'Università di Edimburgo. La ricerca fa parte del progetto europeo Mast sulla ricerca marina ed è stata presentata a Roma dal responsabile del progetto, Pier Paolo Puliati dell'Università di Genova, nel convegno sulla ricerca marina nel Mediterraneo organizzato dal Cnr in collaborazione con la Commissione europea per la ricerca, il ministero per la ricerca e l'Enea.

**Le zanne di ippopotamo preistorico trovate a Casablanca**

Zanne d'ippopotamo vecchie di 800mila anni e denti di antilope della stessa epoca sono stati scoperti nei dintorni di Casablanca da un gruppo di archeologi marocchini e francesi. Lo si è appreso oggi da fonti locali. La scoperta è il frutto di cinque anni di lavori effettuati nell'area che si trova 10 chilometri a sud di Casablanca da ricercatori delle università di Deaux, Lilla e Parigi, e dell'Istituto nazionale delle scienze archeologiche e del patrimonio di Rabat.

**Mele, tè e cipolle riducono il rischio d'infarto**

Mangiando mele, cipolle e tè si riduce in modo sensibile il rischio di attacchi di cuore e di mortali malattie alle coronarie. Lo ha scoperto un gruppo di ricercatori olandesi, con a capo Michael Hertog, dell'Istituto nazionale di sanità. Studiando un campione di 805 olandesi dai 65 agli 84 anni d'età il dott. Hertog e i suoi colleghi hanno accertato che chi beve almeno quattro tazze di tè al giorno riduce del 45 per cento il rischio di attacchi cardiaci e di morte per malattie alle coronarie. Il rischio viene ridotto del 51 per cento se si mangia almeno una mela al giorno. Sulle pagine della rivista britannica «Lancet» Hertog ha spiegato che dai riscontri effettuati non ci sono dubbi: mele, cipolle e tè fanno bene al cuore perché sono molto ricchi di sostanze chimiche naturali chiamate «flavonoidi».

MARIO PETRONCINI

**Le grandi eresie della fisica contemporanea / 3**  
La visione «realista» del mondo e il suo irriducibile conflitto con la scienza che indaga il microscopico mondo dei quanti

**La rivolta di Einstein**

disegno di  
Mitra Dvshali

La luna è lì nel cielo anche quando non la guardo, diceva Einstein. Sembra una frase ovvia, ragionevole. Se invece è riferita al microscopico mondo descritto dalla meccanica dei quanti è una vera e propria eresia. Il «realismo» di Albert Einstein sembra aver perso la partita col «convenzionalismo» di Niels Bohr. Ma quelli che ancora credono che luna stia lì anche quando nessuno la guarda si sono riuniti e...

DAL NOSTRO INVIATO  
PIETRO GRECO

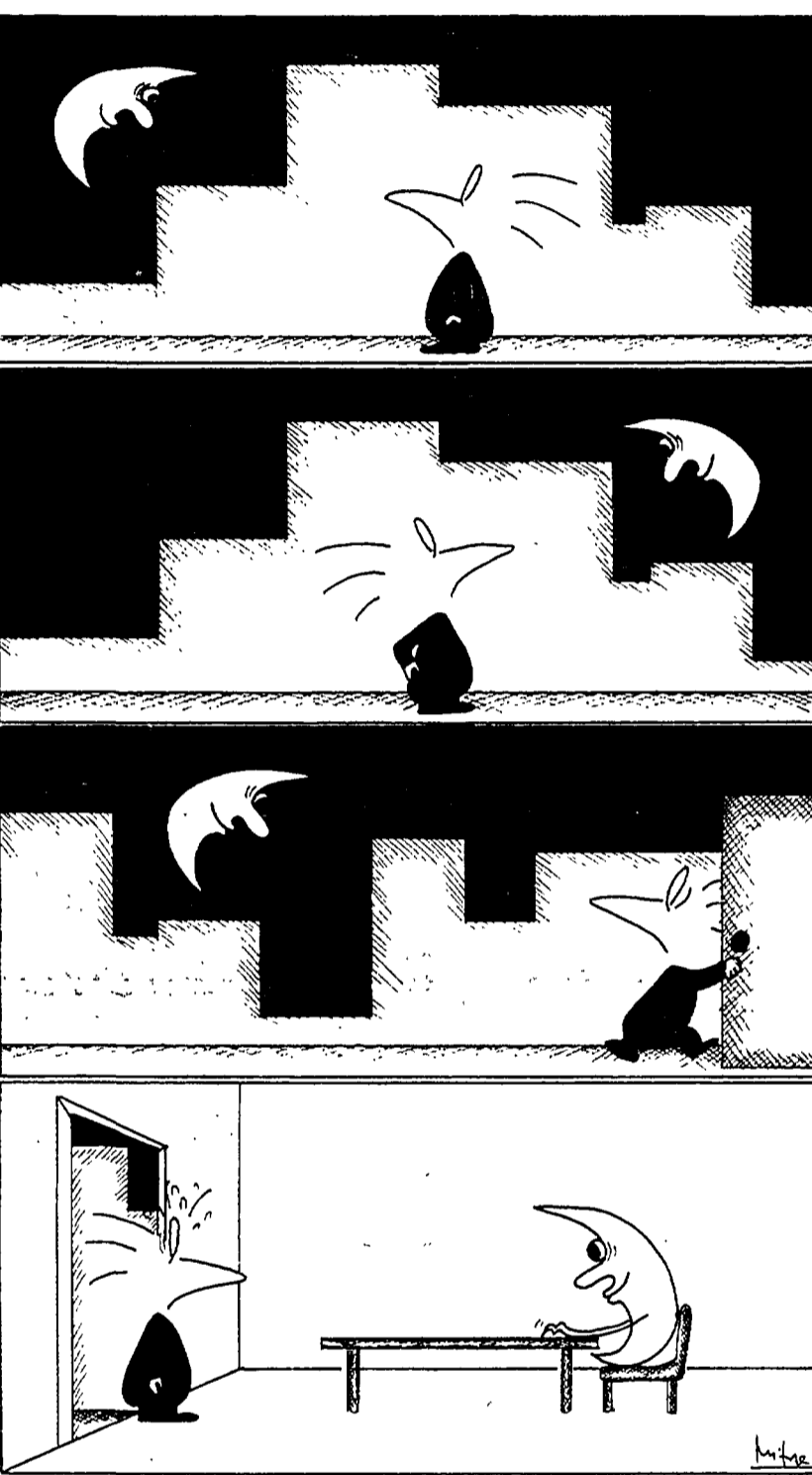
OLIMPIA. «No, non posso davvero credere che la luna non sia più lì nel cielo quando non la guardo», scuoteva, scettico, la testa Albert Einstein, durante le lunghe passeggiate col suo amico e biografo Abraham Pais. È difficile considerare l'ironico buon senso con cui Einstein esprimeva il suo bisogno di un quadro coerente del mondo e la sua strenua volontà di difendere il realismo cosiddetto locale, come la più grande e radicale eresia della fisica contemporanea. Come una ribellione al credo ortodosso: la meccanica dei quanti. La teoria che dagli anni '20 offre un'interpretazione fine della natura, dei suoi microscopici mattoni fondamentali e delle leggi che li regolano. Tanto precisa, da non essere mai stata disattesa dalle osservazioni sul campo e dalle esperienze pratiche di laboratorio. Tanto penetrante da portare la fisica teorica, secondo alcuni, ad un passo ormai dal traguardo finale: quella «teoria del tutto» che dovrebbe essere in grado, pensate, di spiegare perché l'universo è fatto com'è fatto. Ma anche così rivoluzionaria, la meccanica dei quanti, da sfidare canoni portanti della fisica classica, come la rigidità causale. È così eccentrica da sfidare quelli della coerenza della ragione: non ha senso parlare di realtà oggettiva nel mondo dei quanti, sosteneva il leader della «scuola di Copenaghen» Niels Bohr. Copenaghen delle idee conquistavano proseliti e diventavano ortodossia. Albert Einstein, il «papa» della fisica, decideva di spendere da eretico gli ultimi tre decenni della sua vita. Nel tentativo, infruttuoso, di dimostrare che «Dio non gioca a dadi col mondo» e di imporre la sua filosofia tenacemente realista.

Oggi lo sparuto gruppo di coloro che ancora credono che la luna stia lì nel cielo anche quando nessuno la guarda, i realisti, gli eretici di Einstein, e di Louis de Broglie, e di Erwin Schrödinger, hanno risposto alla convocazione di Franco Selleri, fisico teorico, bolognese, docente presso l'Università di Bari, e sono giunti qui nel Peloponneso a fine settembre per partecipare ai lavori di «Frontiers of Fundamental Physics», il convegno degli eretici. Primo obiettivo fare chiarezza. «Già. Perché malgrado i suoi successi pratici la meccanica quantistica, nella interpretazione ortodossa di Niels Bohr e della scuola di Copenaghen, ha ridotto la fisica teorica ad una Torre di Babele». Spiega Franco Selleri. «Una Torre dove la parte emergente sembra così solida ed armoniosa, da suscitare ammirata meraviglia in chiunque la osservi. E dove parlano le lingue del pragmatismo e del neutralismo, tipiche di chi ha rinunciato a dare una propria

interpretazione al mondo, accontentandosi di gestire uno strumento magari un po' magico, ma potente e affidabile. E nelle fondamenta nasconde, invece, che la Torre mostra tutta la sua fragilità. Costruite come sono da architetti che parlano una miriade di lingue diverse, le più disparate, e che operano convinti che ciò che fanno tutti gli altri sia privo di senso! Secondo obiettivo: sferrare un attacco decisivo alla meccanica dei quanti. «Perché ha un bel dire Stephen Hawking che, costruita sulla meccanica quantistica, la fisica teorica è giunta alla fine. Che entro pochi anni avremo composto il quadro definitivo delle leggi fondamentali che regolano l'universo. Al che, a un passo dal traguardo finale. La verità è: sostiene Asim Barut, università del Colorado, Usa, nella relazione inaugurale del convegno «che la fisica teorica è a un passo dal crollo. E che occorre ricostruirla su fondamenta completamente nuove per avere un quadro accettabile delle leggi che regolano l'universo». Insomma, la meccanica dei quanti si abbatte. Non si cambia.

La guerra, lo avete intuito, è (da sempre) di natura squisitamente filosofica. Tra due opposte visioni del mondo. Anche se viene combattuta con strumenti scientifici. Già, ma cosa c'è di così inaccettabile per gli eretici di Olimpia nella interpretazione ortodossa di Copenaghen della meccanica dei quanti? E perché il vecchio conflitto tra «realismo» e «convenzionalismo» si è inasprito fino a diventare mortale?

La meccanica quantistica è una teoria sistematica che descrive il mondo microscopico, le particelle ed il loro comportamento, a livello atomico e subatomico. Si basa su un formalismo matematico complesso e di natura probabilistica. Insomma le equazioni fondamentali della meccanica quantistica, a differenza di quelle della meccanica classica newtoniana, non descrivono il moto reale delle particelle. Ma solo gli stati possibili nei quali esse possono venire «osservate». Azzardo, un esempio. Le equazioni della meccanica classica mi consentono di prevedere con assoluta certezza dove sarà tra cinque minuti con la mia auto, ammesso che io conosca la sua posizione e la sua velocità. Le equazioni della meccanica quantistica, invece, non mi consentono di dire con altrettanta precisione dove sarà, trascorsi quei fatidici cinque minuti, l'elettrone dell'atomo di idrogeno che pure in questo momento sta viaggiando con me, abbracciato sul bavero della mia giacca. Tutto quello che riescono a dirmi è quanta probabilità c'è che me lo ritrovi in tasca, quell'elettrone, sul tergicristallo



dell'auto, o al bar di Achille nel centro di Olimpia. Solo quando, trascorsi i cinque minuti, andrò a cercarlo, l'elettrone apparirà: nella mia tasca, sul tergicristallo o addirittura da Achille, il bar. Non saprò mai che traiettoria ha seguito. Ma, se (con diversa probabilità) me lo posso ritrovare in tanti posti così diversi, un attimo prima della mia misura, l'elettrone, dove stava? Beh, il formalismo quantomeccanico mi suggerisce che si trovava in

una superposizione di tutti gli stati possibili. Cioè, in qualche modo, si trovava contemporaneamente, in tasca, sul tergicristallo e persino al bar. Solo la misura, stranezza dell'universo dei quanti, rende attuale la sua posizione. Fin qui il formalismo matematico. Ma veniamo ai tre punti critici, rivoluzionari, della interpretazione ortodossa (perché esplicitamente o tacitamente accettata dalla maggioranza dei fisici) che, di que-

sta ed altre stranezze, propongono, finora con grande successo, Niels Bohr e la sua scuola. 1. Revisione del concetto di realtà oggettiva. La fisica classica ha sempre riconosciuto una realtà oggettiva a tutto e a ciascuna delle infinite particelle dell'universo. Infatti nella descrizione matematica della meccanica classica ogni particella è caratterizzata ad ogni istante da valori netti e distinti di ciascun attributo fisico. Inve-

ce la fisica quantistica riconosce la realtà oggettiva solo di alcune proprietà statiche delle particelle (massa, carica elettrica). Ma nega una realtà oggettiva, cioè caratterizzata in ogni istante da valori netti e distinti, alle proprietà dinamiche (posizione, velocità, energia). 2. Rinuncia alla descrizione dei parametri fisici nello spazio e nel tempo. Ovvero, rinuncia alla località. Ovvero, non-separabilità degli oggetti quantistici. Nulla di più oscuro? Beh, cerchiamo di chiarirlo con un altro esempio. Consideriamo due particelle quantistiche immaginarie: due (micro)trattole che, in un dato istante, interagiscono tra di loro. Ammettiamo che per un principio fisico (diciamo quello di esclusione di Pauli) se una trattola ruota su se stessa da destra verso sinistra, l'altra sia obbligata a girare nel verso opposto. Bene, questo sistema quantistico è descritto da un'unica funzione d'onda, da un'unica funzione di probabilità. Ora facciamo allontanare le due trattole. Una la teniamo qui sulla Terra, l'altra la mandiamo su un'altra galassia: a milioni di anni luce di distanza. Poi andiamo a verificare in quale dei due versi possibili sta ruotando quella sulla Terra. All'atto della misura la funzione d'onda, dicono i fisici quantistici, collassa. Una sola delle diverse potenzialità diventa attuale. La nostra trattola ruota da destra verso sinistra? Ebbene, dice la meccanica dei quanti, nel medesimo istante sarà possibile verificare che l'altra trattola, a milioni di anni luce di distanza, rispetta il principio di esclusione e ruota nel verso contrario. Perché? Perché un unico sistema quantistico non è separabile. Si comporta come se lo spazio non esistesse. O, se volete, ammette l'azione istantanea a distanza. Già così il boccone risulta indigesto. Ma il guaio è che l'intero universo è un unico sistema quantico la cui funzione d'onda, a rigore, non sarebbe separabile. Lo spazio e il tempo con cui quotidianamente abbiamo a che fare sono dunque illusioni?

3. Rinuncia al principio di causalità. Consideriamo un atomo in uno stato eccitato, cioè ad alta energia. Non è possibile prevedere il momento esatto in cui ritornerà nello stato più stabile, cedendo energia sotto forma di radiazione. È possibile solo calcolare la probabilità che lo faccia in un dato istante. Viene meno così quel principio (metafisico) noto come determinismo, che è stato a lungo il cardine della meccanica classica. In base al quale l'effetto segue sempre la causa e l'universo è in via di principio, prevedibile. Al contrario: l'incertezza è intrinseca al mondo dei quanti. Tutto ciò risulta inaccettabile per i realisti come Einstein. Che subito contestano l'interpretazione di Copenaghen e si mettono alla ricerca delle «variabili nascoste» in grado di «completare» la nuova meccanica e di offrire una diversa interpretazione, realista, localista e rigorosamente causale, del mondo dei quanti. Nel tempo le posizioni realiste si dimenicheranno. Anche perché, come giustamente faceva notare il grande fisico Max Born, «due punti di vista strettamente interconnessi» in Ein-

stein e in altri, in realtà «debbono essere distinti». Un problema è la «questione del determinismo», un'altra è quella della «realtà». Insomma, posso avere una realtà oggettiva, ancorché non deterministica. Come propongono il filosofo Karl Popper e, se non lo interpretiamo male, lo stesso Franco Selleri. All'opposto possiamo immaginare, con David Bohm, un determinismo non locale. Che non rinuncia alla rigida causalità, mentre abbandona facilmente il concetto di spazio e accetta l'inaccettabile (secondo Selleri): l'azione istantanea a distanza. La ricerca dei realisti, nelle sue varie sfaccettature, non è mai stata coronata da pieno successo. Ma la speranza di dare un'interpretazione «realista» alla meccanica dei quanti non è mai venuta meno. Almeno fino a quando John Bell, a metà degli anni '60, con le sue famose disuguaglianze non ha fatto chiarezza: dimostrando l'assoluta incompatibilità tra meccanica quantistica e realismo locale. Ponendo tutti difrono ad una drastica scelta. O si accetta la meccanica quantistica e si rinuncia al realismo locale. O si rinuncia al realismo locale, e allora ci si imbarca nell'ardua impresa di ricostruire dalle fondamenta una nuova teoria in grado di indagare il mondo atomico e subatomico. «Non solo. Per la prima volta diventa possibile immaginare un esperimento cruciale, risolutivo in grado di far pendere la bilancia da una parte o dall'altra». Sostiene Franco Selleri. E, infatti, l'esperimento viene effettuato dal francese Alain Aspect, nel 1982. Che, misurando la polarizzazione dei fotoni in un certo sistema, rileva la violazione delle disuguaglianze di Bell in pieno accordo con le previsioni della meccanica quantistica. I fotoni di Aspect sembrano comunicare, istantaneamente, a distanza. All'inizio degli anni '80 la teoria dei quanti si dimostra, dunque, pienamente completa ed il realismo locale è definitivamente sconfitto. Non è vero, professor Selleri: «Nient'affatto. La partita è ancora tutta da giocare». Cosa vuol dire, che Alain Aspect ha toppato? Augusto Garuccio, collaboratore di Selleri all'Università di Bari, sfoggia i lucidi della sua imminente relazione al congresso. «Vede, Alain Aspect è stato costretto a condurre il suo famoso test facendo delle assunzioni ausiliarie. Noi pensiamo di poter dimostrare che è solo grazie a quelle assunzioni che viene violata la disuguaglianza di Bell. E questa nostra tesi», conclude Garuccio «verrà presto pubblicata su un'importante rivista di fisica». Insomma, voi affermate che l'esperimento di Aspect non era un test valido? «Sì. La sua tecnica non era in grado di discriminare tra la meccanica quantistica e il realismo locale». La grande eresia, nonostante tutto, può dunque continuare a vivere e a sperare? Il sospiro di Franco Selleri è come di sollievo. La conversazione va avanti da oltre un'ora. Della splendida luna piena, lassù, nel cielo di Olimpia ci siamo dimenticati. Anche perché, come giustamente faceva notare il grande fisico Max Born, «due punti di vista strettamente interconnessi» in Ein-

(3. Fine)

Ha 234 milioni di anni ed è di una specie sconosciuta  
**Un ittiosauro a Varese**

NICOLETTA MANUZATO

MILANO. È ancora imprigionato nella roccia l'esemplare di ittiosauro scoperto nel giacimento di Besano, in provincia di Varese, nel corso di una campagna di scavi del Museo di Storia Naturale di Milano. Con i suoi 5,80 metri, il rettile marino è il più grande animale fossile rinvenuto in Italia. Ma l'eccezionalità del ritrovamento non si esaurisce qui. Il reperto appartiene infatti a una specie finora sconosciuta. Inoltre, a quanto sembra di capire da un primo esame, si tratterebbe di una femmina recante in grembo numerosi embrioni. Il condizionante è d'obbligo perché lo scheletro è tuttora inglobato in uno strato di roccia bituminosa di 3,5 per 4,5 metri, spesso solo tre centimetri. Per renderne possibile il trasporto, la lastra è stata tagliata in 23 parti, che verranno in seguito assemblate come in

una sorta di gigantesco puzzle. Nel frattempo le ossa sono state analizzate ai raggi X ed è stato così possibile tracciare il profilo del misterioso animale. Dall'aspetto assai simile a un delrosso, presenta da una parte caratteri anticipatori del percorso evolutivo: il rostro stretto, il cranio allo ricordando quelli di un ittiosauro rinvenuto nella regione di Stoccarda e posteriori di circa cinquanta milioni di anni. Dall'altra ha caratteri arcaici, in particolare la coda dritta (nella specie più evoluta, questa verrà ad assomigliare molto di più alla coda dei pesci). Si tratta di un rettile originariamente terrestre, ormai ben adattato a vivere in ambiente acquatico. All'epoca infatti (siamo nel Triassico medio, 238 milioni di anni fa) nella zona esisteva un bacino marino, sul fondo del quale si è formato il giacimento. Le

Tagliato in minuscole parti, sarà catalogato con precisione e i dati inseriti in un dischetto magnetico

**Metti nel computer un cadavere a pezzettini**

ROMEO BASSOLI

Ne è passato di tempo da quando Leonardo, nel '400, sezionava corpi claudicantamente nei sotterranei fumosi degli ospedali dell'epoca cercando di non farsi scoprire dalle autorità dell'epoca che lo avrebbero accusato, se non di stregoneria, sicuramente di profanazione dei cadaveri. Ormai, il rapporto della medicina con il corpo umano è ben altro, nel senso che è ben più disinvolto. Tanto che, secondo quanto ci informa un dispiacuto dell'agenzia Ansa da Londra, il cadavere di un uomo di 39 anni morto per overdose sarà tagliato in migliaia di pezzettini e fornirà la prima visione computerizzata di un intero corpo umano. Il lavoro di sezionatura e catalogazione è stato commissionato dalla Biblioteca

Nazionale di Medicina di Washington. Il cadavere così computerizzato ha ovviamente un'importante finalità scientifica ed è destinato a sostituire i cadaveri veri su cui da sempre si esercitano gli studenti di medicina. I vantaggi, spiegano i sostenitori del nuovo metodo, sono evidenti: l'immagine al computer può essere ingrandita, rimpicciolita, divisa e riassemblata a piacere ed essendoci il cadavere digitale non si deteriora. «Abbiamo congelato il corpo e poi lo abbiamo tagliato in quattro parti», ha spiegato al quotidiano britannico «The Daily Telegraph» il dottor David Whitlock, uno dei ricercatori che lavora al progetto. Ogni blocco verrà poi rivestito di gelatina e successivamente

sarà tagliato un centimetro alla volta. Dopo ogni taglio sarà presa una foto di quello che resta del blocco e questo fino alla completa dissezione del corpo. «Lo scopo», aggiunge il dr Whitlock «è quello di avere un'immagine tridimensionale di ogni parte del corpo umano che possa essere studiata da ogni chirurgo o studente che possiede un computer». L'inconsapevole morto di overdose sarà così trasformato in 20 milioni di bytes e memorizzato su 35 dischetti. Può sembrare un film dell'orrore, con tutti gli ingredienti del romanzo contemporaneo: tanta scienza, il computer, le antiche paure venate di un vago cannibalismo, sia pure intellettuale e non gastrico. Eppure, al di là dell'ovvia utilità di uno strumento di questo genere, l'uomo anatomico è antico quanto la voglia

di sapere. Niente di strano, dunque, che questa antica voglia utilizzi gli strumenti che trova, soprattutto quelli che permettono di accelerare la trattazione delle conoscenze. Rientra in queste iniziative anche quella realizzata dal Department of Health and Human Service, negli Stati Uniti. Si tratta del Visible Man Project, sostanzialmente, la selezione di due persone, un uomo e una donna, secondo caratteristiche che possano rappresentare l'umanità media. Fotografati, misurati con attenzione, passati al setaccio della Tlc, inseriti in una banca dati e «utilizzati» (i dati, non loro) in conferenze, studi universitari eccetera. Un dettaglio: l'uomo e la donna debbono essere già morti. Certo, si potrà obiettare, questa soluzione è senz'altro meno cruenta rispetto al cu-

davere del povero tossicomane che ha esagerato con l'eroina. E questo è vero. Ma fino ad un certo punto. In fondo, tutti questi corpi, quello del tossicomane e quelli dell'uomo «medio» e della donna «media», hanno come destino comune una relativa immortalità. Un'immortalità neurologica, se ci è concesso un neologismo facile facile. Un prolungarsi nel tempo dell'informazione relativa alla loro massa muscolare, ai tubicoli delle vie aeree, alla lunghezza delle femore, ai pH della pelle. È vera immortalità? Non è superiore sicuramente a quella delle tante mummie anonime che giacciono negli scantinati degli istituti di medicina di mezzo mondo. Uomini la cui fine fisica non è diversa da quella del tossicomane trentanovenne, senza però nemmeno la gloria di una citazione sui giornali. Un'immortalità che

passa per ciò che meno caratterizza l'uomo, il suo pensiero, la sua capacità di comunicare e di ascoltare, di percepire e di essere percepito. E se un essere umano è soprattutto il suo pensiero, allora il destino del suo corpo, il destino fisico, è molto meno importante. A meno che non vi sia disprezzo della storia di quel corpo. Ma nel caso degli anatomisti americani che smuzzeranno il trentanovenne morto prematuramente questo disprezzo non sembra esserci, né questo sembra accadere a mister e mister cadavere medio. Resta il paradosso apparente della scienza moderna, che utilizza il corpo umano rendendolo sempre più simile - nelle possibilità di manipolarlo - alle sue rappresentazioni. Con tutte le ansie, le indifferenze, le speranze del caso.