



ON BRAIN AND MIND

Internal Report C91-30

November 1991

R. Beltrame

On Brain and Mind.

Renzo Beltrame*

CNUCE Report C91-30

November 1991

Abstract. We discuss some consequences on the brain-mind dichotomy of the requirement that both facts and procedures must be repeatable without any restriction on principle or method, in studying human behavior. The most relevant consequences of this requirement are examined and the methodological possibilities are discussed that arise when we are devising a theory. Two extreme situations are considered: the theories where a chain of physical processes explains the experimental results; and the theories where all the intermediate elements in the explanation chain are mental categories. Brain, mind, and the organ/function relationship are examined in this framework, and very simple characterizations are proposed. Few relevant consequences are then outlined of relaxing the complete repeatability requirement.

This paper is only an extended note on the brain-mind dichotomy and so will not make reference to its long and well documented history. I will divide the discussion into two parts. In the first one, we suppose to respect certain features of scientific praxis. This introduces some constraints which clearly render the problem and facilitate, from a methodological point of view, the discussion so that the conclusions are reached easily. In the second part I will outline some consequences of relaxing the constraints imposed in the first.

The prerequisite of the scientific praxis I have here in mind, is to consider a scientific fact as completely repeatable. To avoid contradictions, both scientific facts and procedures must be repeatable without any restriction on principle or method, and only technical limits are admitted¹.

Without discussing whether this feature alone can define scientific method, I would suggest that it ensures the unlimited possibility of proving or disproving a fact, which is a frequently cited quality in the characterisation of the scientific method.

I shall point out some constraints that arise from the requirement to study the facts in a completely repeatable fashion.

The need to have only one dependent variable in each experiment is initially quite an obvious consequence of the repeatability requirement.

The most relevant consequence of this requirement is, however, that we must reject facts which have someone's account, description or testimony as a constitutive element. Accounts, descriptions and testimonies can only serve as indications for getting back directly to the fact under investigation.

The acceptance of the requirements discussed above leads to the conclusion that only physical things can be the subject of experiments; i.e., both the dependent variable and the parameters that characterise the experiment. We must exclude psychical or mental facts; because, being private in character, their identification requires the testimony or description of the person who is the subject of the experiment².

When we apply these conclusions to the study of man, we conclude that only those things that concern the body or the physical transformations which man performs on other objects can be the direct results or parameters of an experiment³.

We do not, however, limit our studies to a single experiment or to a simple collection of experimental results. We usually devise theories that explain many experimental results, and which might forecast new results to be, in turn, subjected to experimental control⁴.

New methodological possibilities arise precisely when we are devising a theory. For the sake of clarity, we will only discuss two extreme situations.

The first approach develops a theory where a chain of physical processes will explain every experimental result; i.e., the transition from the initial state to the final one in the system under investigation. This kind of theory has the advantage of allowing direct experiment on the physical processes and quantities it introduces during intermediate stages. This situation does not permit a large generalisation, because it greatly depends on the material and the structure of the particular objects involved in the experiment.

When it concerns studies of men or animals, this choice leads to a theory that explains particular physical behaviour, by giving the initial and final states, and physical processes that perform the transition, from initial to final state, in the body of a man or an animal. When "Brain" and "nervous system" are introduced, they shall designate, in this methodological framework, the physical environment where these processes take place.

This kind of theory allows us to test its statements at intermediate stages and to explain the behaviour with suitable experimentation. The latter will adopt the methods typical of physiology and biochemistry. The theories, instead, will depend on the biology, both the material and architecture, of the individual or animal under examination.

An alternative approach, methodologically correct but rather opposite, establishes a theory to explain the results of the experiments without introducing any intermediate element of a physical type. All the intermediate elements may be of a mental type, that is mental categories.

No experiment can have these intermediate elements as results or parameters, and their occurrence can only be inferred from the occurrence of certain physical facts. This kind of theory allows a very high level of generalisation, because physical things must occur only at the beginning and at the end of the explanation chain, to ensure the necessary link with the experiments. The choice of the intermediate elements is free, even from a methodological point of view, because they only have to explain the experimental results.

The history of science shows many examples of this methodological approach. In mechanics, for example, stress is often introduced in theory as the cause of strain, and so it is inferred by strain, because we measure rather easily variations of length in solids; and psychologists follow generally this second methodological approach.

When we strictly apply this approach to the study of man we obtain a theory that explains the experimental results without introducing any physical thing as an intermediate element in the explanation chain. All these intermediate elements can be mental categories. Only the beginning and end link of the explanation chain must again be something that concerns the body or some physical transformation man produces.

The intermediate elements are often thought of as activities; they are conceived of in a dynamic scheme. "Mind" then designates the subject of a certain number of these activities, which, consequently, are qualified "mental" activities.

Another common scheme conceives of the intermediate elements as entities. In this case "mind" designates the collection of a certain number of these entities. An activity now becomes necessary to transform static entities into producers or boosters of dynamic things like the physical processes observed in the experiments.

It is important for our discussion to point out that mind and mental activities assume the methodological status of theoretical constructs, when they are introduced in these contexts. They cannot be the direct results of experiments, and they are introduced to explain the behaviour observed. This status is clear in all the contexts where the explanatory elements are mental categories and it is a consequence of the repeatability constraint we introduced at the onset.

The two main methodological approaches we outlined above clearly coexist, with a different emphasis, in biological studies.

When the leading factor is the biology of the particular individual under investigation, a progressive generalisation method, which will move from individual to species is common. This process continues until common physical processes can be found in the different species and/or in the different anatomical-physiological "architecture." In this way, we arrive at a generalisation level where it is not yet possible to invoke physical processes as intermediate elements in the explanation chains, because we cannot find physical processes common to all the considered species or the biological architecture.

At this point the situation forces the theoretician to change their methodological approach, if they want to attain a more general level in the theory. They introduce in the explanatory scheme elements which are not physical things, but mental categories, for example activities; and they think of the physical processes observed on different individuals or species, as realizations of these activities in particular anatomical-physiological environments.

A general theory continues to subsist which now has some intermediate explanatory elements that are not physical processes. Particular theories may subsist with a general one, which will have only physical processes as intermediate explanatory elements, and which are particular because they explain only a subset of the experimental results.

A correspondence may be established between the intermediate elements of the general theory and the intermediate elements of a particular one. This situation occurs so frequently that the various elements receive particular categorization. We call "functions" those activities introduced in the explanation scheme following the second methodological approach - i.e., with no requirement that they be physical processes⁵. In certain languages there is a word - e.g., "funzionamento" in Italian, and "fonctionnement" in French - to designate the physical process that performs the function in a particular anatomical-physiological environment. Finally, we call "organs" the physical bodies where the physical processes take place, which perform the function.

We should stress that in a framework where repeatability is a requirement, the organ/function relationship is based on a correspondence between the intermediate elements of two theories, which explain the same subset of experimental results in different ways. When the explanatory scheme is dynamic, the correspondence is between the activities that are considered functions, and the physical processes that are considered to perform them.

If we relax the requirement of full repeatability, the situation becomes more complicated, because the constraints and the ends are not yet constant, but vary from case to case.

The consequences of the repeatability requirement are often serious, particularly for the time devoted to systematic study and experiments. It is possible, for example, to go on more freely in solving single cases, when we weaken this requirement. Furthermore, we can obtain relevant practical results only with the aid of intuitions and extemporary ideas.

Different reactions arise depending on the field of activity where this is applied. An architect can work uninhibited by scientific praxis without any negative reaction occurs;

while people who design aircraft or who calculate building structures must strictly conform to scientific procedure.

Only physical things can be the result of experiments, and this fact is a consequence of the repeatability requirement, as we saw above. A further and important consequence of this fact is the lack of any certainty in obtaining the same results at every repetition of an experiment. In fact, we can only reasonably expect our results will be identical to previous ones, when we carefully reproduce the same conditions in repeating an experiment; but there is no absolute certainty⁶. The same lack of certainty is reflected in the theory and its intermediate elements introduced to explain the experimental results. This fact is independent of the type of intermediate elements, whether they be mental categories or physical things⁷.

New difficulties arise when we try to avoid this state of uncertainty by weakening the repeatability constraint.

It is contradictory to require absolute certainty of the physical interactions; events do not allow such an expectation. This fact becomes particularly evident in periods when the advancement in the development of scientific knowledge is rapid. It is not surprising that people try to avoid this contradiction by mythicizing things like scientific results, which are essentially historical things, or by enforcing their beliefs, or by making magical assumptions. These acritical attitudes easily lead to profound and insurmountable disappointment, especially when strong expectations will not be satisfied.

Nevertheless people cannot entirely disregard the results obtained respecting scientific procedure. Complete repeatability allows us to accumulate results that can be tested repeatedly through repetition. Furthermore, discrepancies in the results guarantee a thorough investigation, which will itself then generate new and different theories, and so, an improvement in our forecasting ability.

The most common situation shows a mixing of mythic, fideistic, magical and scientific elements, where the proportions change with the problem, and personal awareness is very low. We certainly cannot expect any real clarity in methodologically intricate problems - like the mind/brain problem - from situation of this sort.

A methodologically correct solution allows us to introduce unchanging elements - thus, mental categories if they are interpreted in the mental activity environment - only when they have no links with the physical world; because, for example, they are of an eschatological nature. Nevertheless this solution leaves completely open the problem of giving certainty to daily interaction with the physical world. A person should accept this uncertainty, and its consequences: for example, as necessarily related to being a human being, and thus, as "natural" facts.

* NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF ITALY — CNUCE INSTITUTE — Via Santa Maria 36, 56100 Pisa (Italy) - phone: +39 (50) 59 3211 - email:: beltrame@icnucevm.cnuce.cnr.it
To appear in *Methodologia*.

¹ The complete repeatability of scientific facts here discussed is a mental attitude, a way of considering the facts. The consequences thus concern the way of studying a fact or the way of managing an experiment. As an example, if a celestial object approaches our sun, all the parameters will be measured — of the object, of the sun and of the planets — that are needed to assume that every other object, which will approach the sun with the same parameters, will exhibit the same behavior.

² Mathematics seems to disprove this statement, because the symbols' interpretation leads to mental categories, with the exception of some applications to physics where physical quantities are involved. It is still possible to confine the interpretation of the symbols to the beginning and to the end of a procedure or of a theorem demonstration. In this way, demonstration can be thought of as a sequence of rewriting operations on the expressions that describe the hypotheses, where the rewriting rules are of general type,

e.g., meta-mathematical, or they follow from the stated definitions, or from previous theorems. Then expressions become suites of physical objects - pictures, drawings - and the rewriting operations become physical processes by which one or more physical objects replaces another physical object. The possibility to "perform" arithmetic on machines - both the old mechanical ones, and the actual electronic computers - follows from this point of view, but also the recent sophisticated computer programs of "symbolic manipulation" in algebra or in analysis are methodologically grounded on the same approach.

³ When the experiment gives a result of a linguistic type, the repeatability requirement imposes to consider as direct result of the experiment only the physical aspect of the linguistic output; i.e., the sounds or the writings. The interpretation of these sounds or writings as linguistic signs, and the process of obtaining their meaning, are part of a theory that will explain the experimental results.

⁴ When we verify the agreement of the theory with the known experimental results, we really verify the agreement between theory provisions and experimental results.

⁵ In a language like Italian, "function" also retains an idea of finalization of the activity. A finalization aspect is not relevant for the actual discussion.

⁶ The awareness of this fact is very old; we found it already in Aristotle (*An. Post.* I, 8, 75b.24).

⁷ It is possible to bypass this consequence. A significant example is the formulation of Newton's First Law in Dynamics: "Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare". Unfortunately, it really becomes an obligation to introduce ever new types of forces, and so it cannot fail; but in this way any predictive value disappears.

Mente e Cervello

Renzo Beltrame

Rapporto CNUCE C91-30 (seguito)

Novembre 1991

Riassunto. In questa breve nota si esaminano alcune conseguenze di ordine metodologico che scaturiscono, per la dicotomia mente-cervello, dal requisito di completa ripetibilità di principio che è proprio della prassi scientifica. Nodo della discussione è il fatto che, qualora si intenda soddisfare tale requisito, soltanto cose fisiche o trasformazioni fisiche possono essere diretto risultato di esperimenti; e quindi entità o attività mentali possono venir introdotte solo a livello di teorie che organizzino e spieghino i risultati sperimentali. Vengono poi presentate le conseguenze dell'avere, nello studio dell'uomo, teorie che usano quali elementi esplicativi intermedi solo processi fisici oppure solo attività mentali; e si mostra come ciò consenta di rendere molto chiaro l'uso del rapporto funzione/organo. Un breve cenno è dedicato ad alcune conseguenze che discendono dal rinunciare, nello studio dell'uomo, al requisito della completa ripetibilità.

A fronte della storica dicotomia mente-cervello, questo scritto vuole essere solo una breve nota su uno degli aspetti del problema, e per questo verrà tralasciato di proposito ogni riferimento alla storia assai lunga ed articolata di questo problema.

La nota è divisa in due parti. Nella prima la discussione è condotta nell'ipotesi di rispettare uno dei caratteri propri del modo di procedere scientifico. Questa scelta introduce una serie di vincoli che rendono il problema più chiaramente determinato, e la discussione, almeno da un punto di vista metodologico, ne risulta facilitata al punto da portare a conclusioni di una semplicità quasi disarmante. Nella seconda parte si accenna invece ad alcune delle conseguenze che scaturiscono dal lasciar cadere questa ipotesi.

Il carattere della prassi scientifica a cui si fa qui riferimento è la completa ripetibilità di principio, da cui consegue, per non cadere in contraddizione, che sia i fatti studiati che il procedimento seguito debbono essere ripetibili senza alcuna limitazione di principio o di metodo; e, al più, possono sussistere limitazioni di carattere tecnico¹.

Senza entrare qui in una disanima se questo carattere sia sufficiente da solo a caratterizzare l'attività scientifica, mi limito a sottolineare che esso assicura la illimitata verificabilità di principio dei risultati e quindi anche quella falsificabilità che è stata spesso invocata come caratterizzante i fatti scientifici. Per la discussione che segue importa invece sottolineare alcune conseguenze dell'impegno ad operare in modo ripetibile.

Intanto nella sperimentazione occorre ogni volta mettere in gioco una sola variabile dipendente², supponendo quindi note tutte le altre variabili che si ritiene influenzino il risultato dell'esperimento.

Ma la conseguenza forse più rilevante per la nostra discussione, è l'impossibilità, una volta adottato questo punto di vista, di accettare fatti per la cui individuazione sia costitutivo il racconto o la testimonianza di qualcuno. Racconto o testimonianza possono essere impiegati solo tecnicamente, come indicazione di cosa fare per risalire al fatto direttamente, in modo da non intaccare la illimitata ripetibilità di principio del fatto studiato.

Se si impone allora il vincolo della illimitata ripetibilità di principio, ne deriva che soltanto cose fisiche possono intervenire come variabile dipendente o come parametri che caratterizzano l'esperimento stesso. Fatti psichici o mentali non possono svolgere

questo ruolo proprio per il loro carattere privato che obbliga, per individuarli, ad attraversare la testimonianza della persona soggetto dell'esperimento³.

Se si applichiano queste considerazioni di metodo allo studio dell'uomo se ne conclude che soltanto qualcosa che riguarda il corpo dell'uomo o trasformazioni che egli produca su altri oggetti fisici possono intervenire come variabile dipendente o come parametri che caratterizzano un esperimento, in seguito diremo, in forma abbreviata, essere risultato diretto di esperimenti⁴.

Nello studio, però, non ci si limita all'esperimento singolo o ad una pura collezione di risultati sperimentali, ma si procede alla costruzione di una teoria che spieghi i risultati di più esperimenti e ne predica, se possibile, altri assoggettabili a loro volta a controllo sperimentale⁵. Ed è appunto con la costruzione di una teoria che si aprono nuove possibilità.

Considerando, per chiarezza di discussione, due situazioni estreme, una prima risposta coerente al problema di costruire una teoria porta a spiegare i risultati sperimentali immaginando ogni volta una catena di processi fisici che portino dalle condizioni iniziali alle condizioni finali dell'esperimento. Una teoria di questo tipo ha il vantaggio di mettere in gioco fatti e grandezze fisiche anche negli stadi intermedi e quindi di permettere esperimenti diretti anche per tali stadi. Tuttavia essa non potrà di solito aspirare a grande generalità, poiché viene a dipendere abbastanza strettamente dal materiale e dalla struttura degli oggetti coinvolti nell'esperimento.

Applicata allo studio dell'uomo o dell'animale, questa scelta porta a una teoria dove ogni singolo comportamento fisico dell'animale o dell'uomo è spiegato indicando lo stato di partenza e i processi fisici osservabili nel corpo di questi che portano dalla situazione iniziale alla situazione finale dell'esperimento: indicando quindi la catena di operazioni fisiche specifiche, in un dato individuo, della transizione dalla situazione iniziale alla situazione finale. "Cervello" e "sistema nervoso", quando sono chiamati in causa, designano in questo quadro metodologico una parte dell'ambiente fisico in cui tali processi intermedi avvengono.

Come si è detto, questo tipo di teoria, dal momento che mette in gioco fatti e grandezze fisiche anche negli stadi intermedi, permette esperimenti diretti anche per tali stadi; esperimenti che rientrano concettualmente negli attuali metodi della fisiologia e della biochimica. Per converso si avranno teorie strettamente dipendenti dalla biologia dell'individuo o della specie considerati; biologia intesa sia come materiale che come architettura.

Una risposta altrettanto metodologicamente coerente può venir data attraverso una teoria completamente priva di elementi intermedi di tipo fisico. Tali elementi intermedi non possono quindi essere direttamente oggetto di esperimento scientifico, ma possono venire soltanto inferiti dal verificarsi di certi fatti fisici. Una costruzione teorica di questo tipo ha l'obbligo di avere fatti fisici solo nell'anello iniziale e nell'anello finale della catena esplicativa — per consentire il necessario collegamento con gli esperimenti — e può quindi essere immaginata con un livello di generalità molto elevato.

Esempi di questo secondo approccio metodologico sono tutt'altro che infrequenti nel pensiero scientifico, soprattutto nelle discipline di più lunga tradizione. Si pensi alle nozioni di "sforzo" e di "forza" in meccanica, introdotte nella teoria come causa, rispettivamente, di una deformazione e di una accelerazione: le grandezze, per l'appunto, dalle quali esse sono inferite e misurate su un corpo fisico.

Applicata allo studio dell'uomo, la scelta di questa seconda alternativa porta, per spiegare i comportamenti osservabili nell'uomo, ad una teoria che può anche essere completamente priva di elementi intermedi di tipo fisico. Tutti gli elementi intermedi possono essere, come si è detto, categorie mentali, e soltanto l'anello iniziale e l'anello

finale della catena esplicativa debbono essere trasformazioni che riguardano il corpo dell'uomo o trasformazioni che l'uomo produca su altri oggetti fisici.

Questo tipo di teoria, non consentendo esperimenti sugli elementi intermedi introdotti, trova per intero le sue ragioni di validità nella quantità di risultati sperimentali spiegati e predetti, oltre che in motivi di semplicità ed eleganza formale, e potrà risultare largamente indipendente dalla biologia dell'individuo su cui si sperimenta.

Se, come è abbastanza frequente, gli elementi esplicativi intermedi sono pensati attività, si viene ad avere uno schema interpretativo dinamico; in esso con "mente" si può correttamente designare il soggetto di un certo numero delle attività introdotte, mentre queste, altrettanto correttamente, assumono la qualificazione di attività "mentali".

Un altro schema frequentemente impiegato concepisce gli elementi esplicativi intermedi come entità, e in questo caso "mente" designa la collezione di un certo numero di tali entità. Una o più attività diventano in questo caso necessarie per spiegare come entità statiche promuovano i processi fisici osservati negli esperimenti.

Ciò che importa sottolineare per la nostra discussione è che, in tutti questi contesti, mente e attività mentali, quando intervengono, assumono molto semplicemente lo *status* metodologico di costruzioni teoriche che non possono essere direttamente risultato di esperimenti e che sono introdotte per spiegare i comportamenti osservati. Questo *status* è molto chiaro e tipicamente ricorrente in tutti i contesti ove gli elementi esplicativi sono categorie mentali ed è una conseguenza del requisito di completa ripetibilità di principio dei fatti studiati che abbiamo ipotizzato all'inizio.

I due approcci delineati in precedenza, ben distinti e separati in una esposizione, co-esistono in varia misura sul campo, frequentemente nello stesso studioso.

Così se ci si appoggia alla biologia dell'individuo assoggettato ad esperimento, è possibile un processo di successiva generalizzazione che passi dall'individuo alla specie e arrivi a trovare processi comuni alle varie specie e/o alle varie "architetture" anatomo-fisiologiche. È facile arrivare per questa via ad un livello di generalizzazione in cui non è più possibile invocare processi fisici come elementi intermedi nella catena esplicativa, poiché non è più possibile trovare processi fisici comuni a tutte le specie o a tutte le architetture biologiche considerate.

Per generalizzare ulteriormente si è allora costretti a mutare approccio metodologico e ad introdurre nello schema esplicativo elementi che non sono più di tipo fisico, ma, ad esempio, attività rispetto alle quali i differenti processi fisici osservati nelle varie specie o architetture sono visti come realizzazioni diverse della stessa attività nei particolari ambienti anatomo-fisiologici. La teoria generale contiene ora elementi esplicativi intermedi che non sono più di tipo fisico e che, quindi, non possono più essere sottoposti direttamente a verifica come risultati di esperimenti. Inoltre accanto alla teoria generale possono sussistere, e in genere sussistono, teorie particolari — particolari nel senso che valgono solo per particolari sottoinsiemi dei risultati sperimentali — le quali continuano ad avere come elementi esplicativi intermedi processi fisici.

Preso poi la teoria generale e una delle teorie particolari, è possibile stabilire una corrispondenza tra queste⁶. Tale possibilità è stata, storicamente, così ampiamente utilizzata che i singoli pezzi di questa situazione quando sono visti in rapporto tra loro hanno ricevuto nomi particolari. Si categorizzano e si designano infatti come "funzioni"⁷ le attività definite come segmenti dello schema esplicativo entro la teoria che spiega il comportamento sperimentale, come "funzionamenti" i corrispondenti processi fisici introdotti quali stadi esplicativi intermedi nell'approccio fisico, e come "organi" i corpi fisici in cui questi ultimi hanno luogo. Conviene sottolineare che per poter parlare di organi e di funzioni in questo contesto è prerequisite necessario disporre di due teorie che spieghino i medesimi fatti sperimentali seguendo i due diversi approcci delineati in precedenza.

Se si rinuncia al requisito della piena ripetibilità di principio, la situazione, come si è detto, si complica, perché vincoli e finalità non sono più costanti, ma possono variare da contesto a contesto.

Non sottostare agli obblighi della ripetibilità, che sono spesso gravosi, soprattutto in termini di tempo da dedicare a uno studio e ad una sperimentazione sistematici, consente, ad esempio, di procedere molto più speditamente sui casi singoli, e permette di ottenere risultati pratici rilevanti anche sulla base di sole intuizioni e di geniali improvvisazioni. Ma questo stato di cose suscita reazioni molto diverse a seconda del campo in cui si immagina di vederlo in atto. Che il lavoro dell'architetto si scosti, anche molto e disinvoltamente, dalla prassi scientifica, è visto di solito come un fatto positivo, ma lo stesso disinvolto scostamento non è bene accetto in chi progetta aeroplani o calcola le strutture portanti di un edificio.

Abbiamo visto che un'altra conseguenza del requisito di ripetibilità è che solo cose fisiche possono essere risultato di esperimenti. Ne discende anche che, apprestata la ripetizione di un esperimento ricreando accuratamente le condizioni iniziali, non siamo mai garantiti che i risultati siano identici a quelli ottenuti in passato: di ciò abbiamo solo una ragionevole aspettativa, ma nessuna certezza assoluta⁸. Una eguale mancanza di certezze assolute, e quindi di garanzia di immutabilità, si ripercuote sulla teoria e sugli elementi esplicativi intermedi introdotti in questa per spiegare i risultati degli esperimenti; e ciò accade anche se tali elementi sono categorie mentali⁹. Una spiegazione, infatti, può sempre venir riformulata in termini diversi, e, pertanto, anche una teoria.

Rinunciare al requisito della ripetibilità per evitare questo stato di incertezza che può essere sentito da qualcuno come molto spiacevole, comporta però difficoltà abbastanza sottili. Se si tenta di sanare l'incertezza chiedendo certezza e immutabilità nell'interazione col mondo fisico, si chiede qualcosa di contraddittorio, che può tranquillamente venir disatteso nei fatti; e l'insostenibilità di tale posizione in periodi di forte accelerazione nello sviluppo delle conoscenze scientifiche diventa evidente anche per l'uomo della strada. Mitizzazioni, forzature in senso fideistico, o assunzione di un punto di vista magico, diventano allora vie attraverso cui si cerca di sanare, almeno sul piano psicologico, la situazione, ma portano facilmente, nei momenti in cui forti aspettative non vengono soddisfatte, a squilibri e delusioni profondi ed insanabili.

È poi molto difficile rinunciare del tutto ai risultati ottenibili nel rispetto della prassi scientifica. La totale ripetibilità infatti consente l'accumulo di risultati verificati e riveificati attraverso la ripetizione, e dà ragionevoli garanzie che eventuali discrepanze o anomalie nei risultati vengano prese in seria considerazione e diano origine a nuovi sviluppi teorici che migliorino la rispondenza tra le nostre predizioni e ciò che poi effettivamente accade.

Si viene così a creare una situazione in cui coesistono elementi fideistici, magici e scientifici, spesso senza neppure una consapevolezza molto marcata dei pesi continuamente diversi che questi assumono; ed è molto difficile che problemi metodologicamente impegnativi come, ad esempio, quello della relazione tra mente e cervello, possano trovare la necessaria chiarezza di impostazione.

Una soluzione metodologicamente pulita si ha quando gli elementi immutabili, quindi categorie mentali se visti nell'orizzonte mentale, che si vogliono introdurre vengono pensati senza legami diretti col mondo fisico, perché insistono ad esempio su un orizzonte escatologico. Ma il margine di incertezza implicito nella quotidiana interazione col mondo fisico, con le relative conseguenze, deve allora venir accettato: ad esempio come facente parte della definizione di natura umana, e quindi come qualcosa, per l'appunto, di "naturale".

¹ Va sottolineato che è in gioco una ripetibilità di principio e che questa si ripercuote essenzialmente sul modo di studiare un fatto e di impostare un esperimento. Ad esempio, per un oggetto che si avvicini al nostro sole, verranno misurati tutti i parametri, suoi e del sistema solare, che consentano di supporre che qualsiasi altra cosa si avvicini con gli stessi dati si comporterà allo stesso modo. Si prescinde cioè da qualsiasi carattere che individualizzi l'oggetto, studiandolo come un corpo fisico che si muove entro il sistema solare: per l'appunto un corpo celeste.

² Fa eccezione il caso in cui le variabili indagate nell'esperimento siano tra loro indipendenti, del resto ciò equivale concettualmente ad eseguire più esperimenti.

³ La matematica parrebbe contraddire questa affermazione poiché l'interpretazione dei simboli matematici porta a categorie mentali, e solo nelle applicazioni alla fisica conduce a fatti o a grandezze fisiche. Ma si tenga ben presente la possibilità di confinare l'interpretazione dei simboli alle sole fasi iniziale e finale della dimostrazione di un teorema, trasformando quest'ultima in una sequenza di operazioni di riscrittura delle espressioni che descrivono le ipotesi, riscrittura che avviene utilizzando regole generali (metamematiche), oppure regole introdotte attraverso definizioni, o regole risultato di precedenti teoremi. In quest'ottica si possono considerare le espressioni come sequenze di grafie, di disegni: in una parola come sequenze di oggetti fisici; e le operazioni di riscrittura diventano allora trasformazioni fisiche che sostituiscono uno o più di questi oggetti con altri. Si ha così una totale ripetibilità di principio della dimostrazione stessa, una volta che siano state elencate le regole di riscrittura. Questo modo di vedere la matematica è ciò che ha permesso di portare l'aritmetica sulle macchine calcolatrici, sia nelle vecchie versioni meccaniche che nei più moderni elaboratori elettronici; ed è alla base dei programmi di elaboratore che operano su espressioni matematiche fornendo ad esempio quoziente e resto della divisione di due polinomi, la derivata di una funzione composta di funzioni elementari, etc..

⁴ Se vogliamo soddisfare il criterio della completa ripetibilità nel caso di una risposta linguistica da parte del soggetto dell'esperimento, dobbiamo limitarci all'aspetto fisico del linguaggio, nel senso che per il parlato solo i suoni emessi potranno costituire il risultato diretto dell'esperimento, e così le grafie nello scritto. Già l'interpretazione di questi come linguaggio, e il passaggio a ciò che designano nella lingua usata dal parlante, è metodologicamente parte di una teoria che si propone di spiegare e predire i risultati degli esperimenti.

⁵ Una teoria è sempre verificata sulla base di previsioni. Anche quando controlliamo che essa sia in accordo con i risultati sperimentali noti verificiamo per l'appunto che le previsioni fornite dalla teoria coincidano con tali risultati.

⁶ Il caso in cui venga stabilita una corrispondenza biunivoca è del tutto eccezionale. Si assume come dominio di definizione della corrispondenza uno dei due punti di vista, in modo da dar origine ad una corrispondenza che abbia le proprietà che di volta in volta risultano più comode. Con "nuotare", ad esempio, indichiamo una attività che ha modalità di esecuzione molto differenti negli esseri umani e nelle varie specie di animali acquatici; e qui il dominio della corrispondenza può essere costituito dai funzionamenti, se si desidera, ad esempio, evitare le funzioni a più valori, oppure dalla funzione, se si preferisce invece minimizzare i punti di ingresso della corrispondenza.

⁷ Nell'italiano con funzione si fa riferimento di solito ad un contesto più ampio in cui interviene la nozione di finalità.

⁸ La consapevolezza di questo fatto è molto antica; la troviamo già in Aristotele (*An.Post.*, I, 8, 75b.24).

⁹ Vi sono modi astuti, anche se un tantino speciosi, di aggirare questo fatto. Un esempio significativo è dato dalla formulazione storica del Primo Principio della Dinamica: "Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare". Esso diventa in realtà un impegno ad introdurre sempre nuovi tipi di forze e come tale non può venir messo in crisi, ma così facendo se ne azzera anche la portata predittiva.