

RENDICONTI

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ
BIBLIOTECA
INVENTARIO N. 7855



ISTITUTO SUP. SANITÀ
UFF. CONS. GNATARIO
RIC. NE II CTG - INV. N.

42393

VOLUME XVI

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ
BIBLIOTECA
INVENTARIO N. 41063

ROMA: FONDAZIONE EMANUELE PATERNÒ
VIALE REGINA MARGHERITA, 299 - ANNO 1953

282

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

DIRETTORE GENERALE
DOMENICO MAROTTA

CAPIS DEI LABORATORI E DEGLI UFFICI

BIBLIOTECA: BRUNO MANZONE - *BIOLOGIA*: ANTONIO GALAMINI - *CHIMICA*:
DOMENICO MAROTTA - *CHIMICA TERAPEUTICA*: DANIELE BOVET - *FISICA*: GIU-
LIO CESARE TRABACCHI - *INGEGNERIA*: EUSEBIO VACINO - *MICROBIOLOGIA*:
GIUSEPPE PENSO - *PARASSITOLOGIA*: EZIO MOSNA - *SEGRETERIA DIDATTICA*-
MUSEO: MASSIMO PANTALEONI

CENTRO INTERNAZIONALE DI CHIMICA MICROBIOLOGICA: E. B. CHAIN F.R.S.

FOTOGRAFIE, TAVOLE, DIAGRAMMI, DISEGNI
ESEGUITI DAI FOTOGRAFI E DISEGNATORI DELL'ISTITUTO
A. PICCIRILLI - A. PACELLI

1. Mario AGENO. — **Ricerche sul metodo e sui fondamenti della fisica.**
I. Sulle definizioni operative delle grandezze fisiche.

Riassunto. — Si fa vedere come le definizioni operative non risolvano completamente il problema di costruire un linguaggio scientifico, in cui la corrispondenza tra simbolizzati e simboli sia effettivamente e sempre biunivoca. Nonostante che esse garantiscano nel miglior modo possibile l'aderenza dei concetti ai dati empirici, il linguaggio che ne deriva è pur sempre uno strumento imperfetto, che lascia aperta la porta a successive revisioni dei fondamenti.

S'insiste sull'aspetto strumentale del linguaggio scientifico, mostrando come le cosiddette « rivoluzioni concettuali » della fisica non differiscano in fondo da quelle meno note rivoluzioni, che consistono nella sostituzione di un tipo di apparecchio con altro tipo più perfezionato.

Résumé. — On montre que les définitions opératives ne résolvent pas complètement le problème de construire un langage scientifique dans lequel la correspondance entre les choses symbolisées et les symboles soit effectivement et toujours bi-univoque.

Bien que celle-ci garantisse le mieux qu'il soit possible l'adhérence des concepts aux données empiriques, le langage qui en dérive reste cependant imparfait et laisse la porte ouverte à des révisions ultérieures des fondements.

On insiste sur l'aspect instrumental du langage scientifique, en montrant que les fameuses « révolutions conceptuelles » de la physique au fond ne diffèrent pas des révolutions moins connues qui consistent en la substitution d'un type d'appareil avec un autre plus perfectionné.

Summary. — The author shows that operative definitions do not completely solve the problem of constructing a scientific language in which the relation between the object symbolized and the symbol always has one unequivocal meaning.

Notwithstanding that this relation guarantees, as well as possible, the adherence of the concepts to the empirical facts, the language resulting is still an imperfect instrument which leaves the door open for subsequent revision of the fundamentals.

The instrumental aspect of the scientific language is insisted upon, showing how the so called « conceptual revolutions » in Physics do not differ fundamentally from the less well known revolutions which consist in the substitution of one type of apparatus with another type more nearly perfect.

Zusammenfassung. — Es wird die operativen Bestimmungen das Problem der Schaffung einer wissenschaftlichen Ausdrucksweise, in der die Beziehung zwischen Bezeichnung und Bezeichnetem in jedem Fall wirklich eindeutig ist, nicht einwandfrei und restlos lösen.

Obwohl sie in bestmöglicher Weise die Bindung der Begriffe an die empirischen Daten verbürgen, ist doch die Ausdrucksweise, die sich aus ihnen herleitet, immer noch ein unvollkommenes Instrument, das weiteren späteren Revisionen der Grundlagen die Tür offen lässt.

Der Verfasser besteht mit Nachdruck auf dem instrumentalen Wesen der wissenschaftlichen Ausdrucksweise und zeit auf, wie die sogenannten « begrifflichen Revolutionen » der Physik im Grunde genommen sich nicht unterscheiden von jenen anderen, weniger bekannten Revolutionen, die darin bestehen, dass ein bestimmter Apparatetyp durch einen vollkommeneren ersetzt wird.

1. - L'esigenza forse più caratteristica della mentalità scientifica è quella che spinge alla ricerca di una tecnica espressiva (linguaggio) perfetta, in cui vi sia cioè una corrispondenza biunivoca tra simboli (o parole) ed entità simbolizzate (1).

E cosa ormai ben nota, già da tempo messa in rilievo dalla critica del Circolo di Vienna (2), che il linguaggio corrente (3) è uno strumento estremamente imperfetto e quindi del tutto inadatto al fine di costruire una scienza. Il fatto, ad esempio, che le sue convenzioni siano in buona

(1) Non è forse inutile avvertire esplicitamente che questa espressione non ricopre, nell'intenzione di chi scrive, alcun presupposto o impegno di carattere teoretico-conoscitivo. Il termine « entità » è qui usato in un senso affatto generico (in contrapposto a simbolo) che non ha nulla a che vedere coi significati che molti attribuiscono a termini quali: « Mondo esterno », « Realtà », « Natura », e simili.

(2) Si veda in particolare il volume di Von Mises, tradotto in italiano col titolo: « Manuale di critica scientifica e filosofica », Longanesi, Milano, 1950.

(3) Col termine linguaggio si intende qui esclusivamente la tecnica espressiva che si concreta attraverso l'uso delle parole di una lingua (italiano, inglese, tedesco...). Restano pertanto esclusi tutti quegli ampliamenti di significato, che, per quanto leciti, non fanno che complicare i problemi. Osserviamo di sfuggita che una manifestazione evidente dell'imperfezione del linguaggio corrente è costituita dall'esistenza di quel problema che preoccupa ogni traduttore coscienzioso: l'impossibilità frequentissima di tradurre fedelmente, perchè non esistono in generale nelle due lingue termini esattamente corrispondenti. In altre parole, le varie lingue non sono sistemi diversi di simboli corrispondenti a uno stesso insieme di concetti. E' chiaro che ciascuna di esse si adegua immediatamente allo sviluppo del mondo concettuale del popolo che la parla: il problema è che questo sviluppo è stato ed è differente presso i vari popoli e l'Anglosassone, ad esempio, fa uso di tutta una tecnica espressiva, cioè di un linguaggio, differente da quella dell'Italiano. Il fatto che sia pur possibile tradurre, pur essendo

parte convenzioni inesprese, ha come conseguenza una generale indefinizione dei limiti dei concetti, i quali vengono di solito usati al di fuori del campo delle prime esperienze infantili da cui traggono origine.

La costruzione scientifica non può quindi procedere altrimenti che affiancando il lavoro di osservazione, classificazione, ricerca, sintesi dei fatti sperimentali, con la fabbricazione di un linguaggio nuovo che non abbia i difetti del linguaggio corrente. E' ciò che si è sempre tentato di fare costruendo all'inizio un gruppo di definizioni, che delimitino senza ambiguità alcuna i concetti fondamentali.

Che queste definizioni non possano essere di tipo aristotelico (per genere prossimo e differenza specifica) ⁽⁴⁾ è cosa oggi ovvia, ma che in realtà ha tardato molto ad essere riconosciuta, anche in campo scientifico, per il perdurante influsso del concettualismo filosofico.

Mentre la critica del linguaggio come mezzo espressivo è stata ampiamente sviluppata principalmente dalla scuola di Vienna, si può dire che il problema delle definizioni fondamentali sia stato posto con chiarezza e in tutta la sua estensione solo dal movimento di pensiero che ha accompagnato il sorgere della meccanica quantica. Mentre con HEISENBERG si è riconosciuta la necessità di non introdurre nel discorso scientifico altro che vocaboli corrispondenti ad entità effettivamente misurabili almeno in linea di principio, con BRIDGMAN il problema delle definizioni fondamentali è stato affrontato, sostituendo alle illusorie definizioni aristoteliche la descrizione di un apparecchio e di un certo numero di operazioni da eseguire con esso, ottenendo come risultato un numero: la misura, rispetto ad un'unità prefissata, della grandezza fisica di cui quella descrizione costituisce la *definizione operativa* ⁽⁵⁾.

Oggi, nonostante che in molti libri e trattati di fisica si trovino ancora qua e là definizioni di sapore aristotelico, non v'è fisico qualificato che non ritenga necessario ricorrere, per l'introduzione delle grandezze

impossibile tradurre sempre fedelmente, dimostra che ambedue i linguaggi sono imperfetti.

Il simbolismo delle equazioni della fisica non è poi altro, com'è ovvio, che una sorta di stenografia, nell'ambito del linguaggio usato per la costruzione scientifica e ad esso si potrebbe, in linea di principio, rinunciare, senza comunque mutilare tale linguaggio. Esso infatti non esprime nulla che non si possa, in linea di principio, esprimere anche senza far uso di esso. Col termine « linguaggio scientifico » non intendiamo mai parlare di tale simbolismo.

⁽⁴⁾ Sono quelle che Bridgman chiama definizioni per qualità.

⁽⁵⁾ Un'analisi accurata delle definizioni operative fa vedere come l'uso dello strumento, secondo le regole stabilite, porta in un primo tempo alla formazione di un concetto. Poi, mediante l'introduzione di opportune definizioni, si perviene ad associare ad ogni esemplare del concetto un numero, che ne esprime la misura: con ciò, la grandezza fisica è completamente definita. Si veda, per esempio, la definizione operativa di massa (mediante la bilancia delle masse) in: M. Ageno, Elementi di fisica, III ed. V. Veschi ed. Roma 1952, pagg. 25-27.

fondamentali, alle definizioni operative. Quello anzi che BRIDGMAN stesso, nella sua brillante critica del 1927, riteneva null'altro che un punto di partenza, una enunciazione di punti di vista suscettibili di ben più ampi sviluppi, ha subito uno strano processo di cristallizzazione e viene ritenuto da molti la soluzione definitiva del problema.

D'altra parte, la critica del linguaggio, portata avanti in modo indipendente da vari gruppi di metodologi che in un modo o nell'altro si riallacciano al disperso Circolo di Vienna, ha condotto alla fine ad un atteggiamento che si potrebbe definire « comportamentista », indubbiamente corretto ma del tutto insoddisfacente, nella sua sterilità, per il ricercatore. Secondo questo atteggiamento, non avrebbe molto senso il preoccuparsi troppo delle definizioni fondamentali. Il vero significato dei termini che il fisico, il chimico, il biologo... usano non è in fondo fissato dalle definizioni (qualunque esse siano) che il fisico, il chimico, il biologo,... enunciano esplicitamente all'inizio dell'esposizione della loro scienza, ma dall'uso che essi fanno in concreto dei loro simboli ⁽⁶⁾.

La corrispondenza tra simboli ed entità simbolizzate viene quindi riconosciuta a posteriori, per via direi quasi sperimentale, dal metodologo, puro spettatore, che distingue nettamente se stesso dal ricercatore attivo ed osserva anzi con una sua tecnica quest'ultimo, con l'interesse che l'entomologo ha per i suoi insetti. E come l'entomologo non prescrive agli insetti un comportamento, nè possiede un criterio per distinguere in ciò ch'essi fanno un errore da un'azione corretta, così il metodologo, che non conosce i problemi e le esigenze particolari delle singole scienze, si limita a registrare i caratteri dei singoli linguaggi usati e non si pone neppure il problema fondamentale di cui parlavamo all'inizio, quello cioè di costruire un linguaggio in cui la corrispondenza tra simboli ed entità sia effettivamente e sempre biunivoca.

2. - In realtà, il problema della definizione delle grandezze fondamentali è tutt'altro che chiuso dall'introduzione delle definizioni operative. Esse rappresentano indubbiamente un grande progresso sulle definizioni di tipo aristotelico, che riportando la grandezza da definire ad altre altrettanto indefinite, erano completamente destituite di significato. Tuttavia, si possono fare ad esse almeno due critiche di carattere sostanziale, che fanno vedere come il problema sia solo parzialmente risolto. Di queste, l'una riguarda l'aspetto linguistico della questione, l'altra l'aspetto più propriamente fisico.

La definizione operativa consiste sostanzialmente nella descrizione

⁽⁶⁾ Questa affermazione è già anche in Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, Mc Millan, New York 1949, pag. 7.

di un apparecchio e nell'elencazione di una serie di regole per adoperarlo. Di che linguaggio faremo uso in questa descrizione e in questo elenco di regole? Non del linguaggio scientifico che è ancora da costruire. Dunque, del linguaggio comune. Ma allora è chiaro che le penombre, le incertezze di significato del linguaggio comune potranno insinuarsi nella nostra definizione e la corrispondenza biunivoca tra simbolo ed entità potrà ancora essere compromessa da equivoci che nascono nell'interpretazione delle regole o da mancanza di intesa sulle caratteristiche dell'apparecchio.

Inoltre, dal punto di vista fisico, l'elencazione completa delle regole da seguire nell'uso di uno strumento richiederebbe indubbiamente una conoscenza completa del mondo dei fenomeni, presuppone cioè nella sua interezza quella costruzione scientifica di cui con le definizioni operative stiamo solo gettando le basi.

Questa seconda obiezione era certamente almeno in parte presente già alla mente dello stesso BRIDGMAN, nonostante che il problema che egli si proponeva di risolvere con l'introduzione delle definizioni operative non fosse propriamente quello della costruzione di un linguaggio perfetto. Egli osserva infatti che definendo i concetti attraverso le loro qualità (definizioni aristoteliche) resta sempre aperto il problema se nel mondo fisico poi si ritrovi effettivamente alcunchè coincidente con la entità astratta predefinita. Le definizioni operative dovrebbero quindi garantire fin dall'inizio la corrispondenza tra enti fisici e nostri strumenti mentali, evitando a priori la necessità di rivoluzioni concettuali quali quelle introdotte dalla teoria della relatività e dalla teoria dei quanti.

Perchè questa corrispondenza sia garantita, il gruppo di operazioni che definisce una grandezza fisica deve essere unico: ad ogni gruppo di operazioni corrisponde in generale una grandezza diversa, per esempio lo spazio tattile al gruppo di operazioni geometrico-meccaniche che si compiono per la misura diretta di una lunghezza con un regolo campione e lo spazio ottico al gruppo di operazioni che si compiono con un teodolite per la misura indiretta di una lunghezza col metodo delle triangolazioni.

BRIDGMAN ritiene che ad un certo stadio delle nostre conoscenze un gruppo di operazioni che definisce una grandezza fisica sia da considerarsi completo e la definizione soddisfacente, ma ammette che col progredire delle conoscenze si possa presentare la necessità dell'estensione di un concetto in direzioni non prevedibili a priori e quindi della sostituzione del gruppo primitivo di operazioni con un altro. Ciò però di cui non si accorge, e che costituisce il nucleo della seconda delle obiezioni suesposte, è che finchè la costruzione scientifica non è completa,

finchè è possibile la necessità dell'estensione di un concetto, finchè il dominio di una variabile che ha influenza sul risultato della nostra misura ci sfugge, il gruppo di operazioni è effettivamente incompleto. Cioè, in altre parole, non è unico il gruppo di operazioni con cui noi tentiamo di definire una grandezza fisica e non è garantita quella corrispondenza biunivoca tra simbolizzati e simboli che dovrebbe eliminare la necessità di successive rivoluzioni concettuali.

Ci si può chiedere se non sia possibile superare le due obiezioni precedenti, sostituendo alle definizioni operative un qualche altro tipo (per ora sconosciuto) di definizioni. Si potrebbe per esempio pensare alla possibilità di definire simultaneamente un gruppo di grandezze fisiche, attraverso le loro mutue relazioni (7). E' però ben chiaro che neppure per questa via si eviterebbe la necessità di descrivere fatti del mondo fisico col linguaggio corrente; oppure si perverrebbe ad una costruzione totalmente astratta e resterebbe non risolto il problema della corrispondenza tra questa costruzione e il mondo dei fenomeni.

E' anzi evidente che siamo di fronte ad una difficoltà di principio. Noi dobbiamo in sostanza costruire una nuova lingua e le definizioni (qualunque esse siano) costituiscono una specie di vocabolario della nuova lingua, che deve stabilire da un lato la corrispondenza (biunivoca) tra i nuovi simboli e i simbolizzati e d'altro lato la corrispondenza (non biunivoca) tra i nuovi simboli e quelli del linguaggio corrente. E siccome al momento della stesura del vocabolario, la lingua perfetta non è ancora posseduta da alcuno, quella corrente non permette la delimitazione precisa dei concetti e il mondo dei fenomeni non è ancora interamente conosciuto, ci troviamo in una via senza uscita, di fronte ad un problema che non ha soluzioni.

3. - Un problema che non ha soluzioni è generalmente un problema mal posto. Occorre dunque che noi ritorniamo al punto di partenza e cerchiamo di impostare il problema della costruzione del linguaggio scientifico per una via che non sia quella, considerata fin qui, di partire da un gruppo di definizioni costituenti il primo nucleo della nuova lingua.

Nella introduzione del suo ormai classico volumetto « I principi fisici della teoria dei quanti », W. HEISENBERG scriveva nel 1930: « Volendo procurare alle teorie fisiche un fondamento assolutamente sicuro, si dovrebbe, a quanto pare, adottare il criterio di non impiegare per la descrizione dei fenomeni altro che concetti fondati esclusivamente per via empirica. Tale criterio non è però praticamente adottabile, poichè

(7) Sul modello di ciò che si fa in geometria proiettiva, coi dieci postulati di appartenenza, per introdurre gli enti fondamentali.

porterebbe ad una revisione generale di tutti i concetti correnti e non è facile rendersi conto di quante delle nostre parole potrebbero ancora essere usate. Una simile revisione porta quindi con se delle difficoltà concettuali insuperabili. Così stando le cose, sembra più vantaggioso introdurre in un primo tempo in una teoria fisica un gran numero di concetti, senza troppo preoccuparsi della loro rigorosa giustificazione da parte dell'esperienza, lasciando alla natura il compito d'indicare se e in quali punti sia necessaria una revisione dei concetti fondamentali ».

Queste parole esprimono in modo estremamente chiaro il punto di vista della maggior parte dei ricercatori, che sono poi coloro che meno si preoccupano di quelle « rivoluzioni concettuali » che preoccupano invece il critico e il metodologo e che BRIDGMAN si proponeva di rendere definitivamente impossibili. Non è escluso (ed è anzi probabile, per gran parte di coloro che si sentono disposti a sottoscriverle) che vi sia in esse un presupposto di realismo ingenuo ⁽⁸⁾, denunciato dalla formulazione dell'ultima frase. Ma resta in ogni modo il fatto ch'esse descrivono anche, grosso modo, la linea secondo cui ha proceduto fino ad oggi la costruzione scientifica.

Il contrasto tra i due punti di vista, del ricercatore e del critico, risulta per altro meno crudo di quanto a prima vista non possa sembrare, se ci si sofferma a riflettere sul senso preciso delle parole di HEISENBERG. In realtà, *tutti* indistintamente i concetti che s'introducono nella formulazione di una nuova teoria fisica sono esclusivamente d'origine empirica; molti di essi vengono però estrapolati al di fuori del campo di esperienze da cui traggono origine ed è di queste estrapolazioni che manca, assai spesso, la giustificazione sperimentale. Si può anzi dire che, in generale, è proprio il successo della teoria che costituisce una tale giustificazione, mentre se la teoria non ha successo, ciò può essere dovuto al fatto, come dice HEISENBERG, che alcune delle estrapolazioni tentate non erano lecite. La quale constatazione avrà per conseguenza una migliore delimitazione dei concetti.

Il contrasto quindi deriva sostanzialmente dal fatto che BRIDGMAN e HEISENBERG considerano (portati dai rispettivi temperamenti) e idealizzano al limite due diversi « momenti » dell'attività costruttrice, che non sono affatto in realtà così nettamente distinti. Nessuna teoria infatti può far uso di concetti correnti, ma necessariamente si vale di stru-

(8) Occorre tener presente, per altro, che i fisici adoperano assai spesso espressioni ellittiche, o a rigore inesatte, per ragioni storiche o per la forza dell'abitudine, ma senza dare affatto ad esse quel significato che scandalizza i critici non fisici. Per esempio, i matematici protestano per espressioni quali « principio di Pascal » o « principio di Archimede ». Ma ogni fisico che pur continua ad usare con indifferenza il termine « principio », sa bene che qui non si tratta di principi in senso proprio.

menti di pensiero già raffinati, attraverso l'esame critico di tutte le nozioni precedentemente acquisite. Nè d'altra parte si può « fare » la scienza con degli strumenti di pensiero perfetti, per il motivo assai semplice che questi strumenti prendono forma e via via si raffinano attraverso le nostre osservazioni e l'uso che noi facciamo dei nostri strumenti materiali.

Questa considerazione anzi è probabilmente quella che ci apre la via alla soluzione del nostro problema. Nessuna delle nostre esperienze è fatta con degli apparecchi perfetti: ma i dati che gli apparecchi che in concreto usiamo nei nostri laboratori ci offrono, ci permettono di formare e raffinare concetti e contemporaneamente aprono la via a realizzare nuovi apparecchi meno imperfetti dei primi, con un procedimento a spirale che non ha mai termine. Così il linguaggio scientifico, nella sua incompiuta perfezione, ci permette di enunciare una descrizione, sia pur poco adeguata e parziale, del mondo dei fenomeni e contemporaneamente ci apre la via per raffinare i concetti e perfezionare gli strumenti.

Che differenza c'è dunque, da questo punto di vista, tra il linguaggio scientifico e gli strumenti dei nostri laboratori? Noi adoperiamo il linguaggio esattamente come un qualsiasi strumento, necessariamente non perfetto, per stabilire concetti e relazioni ⁽⁹⁾ che fanno parte della nostra descrizione dei fenomeni, e per fabbricare altri strumenti. Esso è uno strumento come tutti gli altri e come tale va studiato e continuamente perfezionato.

Quando uno strumento di laboratorio ci pone di fronte un dato nuovo, consci dell'imperfezione dello strumento e della possibilità di disfunzioni, ci chiediamo innanzi tutto (prima di acconsentire alla necessità di introdurre nuovi concetti) se non siamo di fronte a un « fatto strumentale ». Analogamente, quando nel corso della nostra descrizione, l'uso del linguaggio ci porterà ad una previsione non verificata, dovremo sempre chiederci per prima cosa (prima di acconsentire alla necessità di ulteriori esperienze) se non siamo di fronte a un « fatto linguistico ». E se la critica esercitata sui fondamenti del linguaggio scientifico in quella certa direzione ci farà vedere che questo è il caso, affronteremo la conseguente « rivoluzione concettuale », che non differisce affatto dalla sostituzione di uno strumento grossolano, al quale non si possono chiedere prestazioni oltre un certo limite, con un altro più preciso e più raffinato.

⁽⁹⁾ Si accenna qui all'uso degli strumenti per giungere alla formulazione di leggi e all'aspetto logico del linguaggio, punti sui quali per altro non si insiste, in quanto non pertinenti all'argomento discusso.

In altre parole, è un nostro residuo attaccamento a una metafisica della conoscenza e ai suoi concetti vaghi di Assoluto, di Realtà, di Verità e simili, che ci fa aborrire ogni perfezionamento dello strumento linguistico, serbando per esso il termine drammatico di « rivoluzione », mentre altrettanto sensata di quella di evitare in avvenire ogni rivoluzione di tale tipo sarebbe la pretesa di non dover più in avvenire costruire strumenti più perfezionati di quelli oggi in uso.

Roma - Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di Fisica.
