

Valore e significato della conoscenza scientifica

Teorie e modelli in Fisica

G. M. Prospero

Università di Milano

* Origine della Scienza moderna

- La data di nascita della scienza moderna è comunemente posta nel Rinascimento e fatta spesso coincidere con l'opera di Copernico come origine della cosiddetta *Rivoluzione Scientifica*.
- Essa è tuttavia il risultato di un lungo processo che ha le sue radici
 - nella cultura greca
 - nella formulazione dei modelli cosmologici che vogliono dar ragione del moto apparente degli astri, nell'atteggiamento della medicina ipocratica, nell'ottica, nella meccanica e in altri aspetti della scienza ellenistica,
 - negli sviluppi della scienza araba attorno all'anno 1000;
 - nei successivi sviluppi nell'occidente latino a partire soprattutto dal XII secolo in rapporto con la Filosofia e la Teologia; nomi particolarmente significativi sono:
 - ROBERTO GROSSATESTA e RUGGERO BACONE a Oxford
 - PIETRO PELLEGRINO in Italia
 - GIOVANNI BURIDANO e NICOLA D'ORESME a Parigi

Struttura e fondamenti di una scienza secondo Aristotele (*Analitici secondi*)

- Una scienza si fonda su tre tipi di principi
 - concetti primitivi
 - proposizioni primitive di carattere generale (*assiomi*)
 - proposizioni primitive specifiche della particolare scienza (*postulati*)
- Dai concetti primitivi attraverso definizioni formali si ottengono tutti gli altri concetti di cui la scienza ha bisogno.
- Dalle proposizioni primitive si deducono tutte le altre proposizioni proprie di quella scienza (*teoremi*).
- I concetti e le proposizioni primitive si originano da aspetti generali dell'esperienza attraverso un processo di astrazione detto
a volte di *intuizione intellettuale*, altre di *induzione*.
- I principi sono quindi fondati *a priori*
e la validità della scienza dipende da quella dei suoi principi per se *irriformabili*.
- Le proposizioni derivate trovano giustificazione nella solidità dei principi.

La scienza sperimentale moderna

- Dal punto di vista formale la strutturazione definitiva dovrebbe essere ancora quella aristotelica, nella forma più elaborata organizzata in modo assiomatico
- Vedi
 - i *Principia* di Newton,
 - il trattatello discusso nei *Discorsi* di Galileo,
 - un qualsiasi capitolo della *Fisica Matematica moderna*.
- Tuttavia:
 - i principi sono inizialmente introdotti in forma ipotetica e sono giustificati sulla base del loro del loro potere *esplicativo e predittivo*,
 - cioè della conformità all'esperienza di proposizioni da essi dedotte anche attraverso una lunga catena di deduzioni,
- essi sono perciò sempre riformabili in conseguenza di nuovi fatti emersi e la scienza si trova in ogni momento in uno stato provvisorio.

* La scienza (filosofia) della natura secondo Galileo

- Rinuncia a tentar *l'essenza vera ed intrinseca delle sostanze naturali* per accontentarsi di *alcune affezioni*.
- Quindi rinuncia a spiegare i fenomeni naturali ricorrendo a principi metafisici di carattere generale ,
 - riconoscimento della possibilità di isolare alcuni aspetti degli oggetti studiati, di delimitare un certo ambito di fenomeni senza necessariamente metterli in relazione col tutto,
 - della possibilità di procedere per *idealizzazioni, per modelli , per esperimenti ideali*.
- Restrizione agli aspetti *misurabili, quantificabili*, degli oggetti,
 - a quelle che saranno dette successivamente *qualità primarie* considerate come *proprietà intrinseche* dell'oggetto,
 - con esclusione delle *qualità secondarie*,
- legate alla *percezione soggettiva* e quindi al rapporto oggetto soggetto.

- ** Principi ipotetici

- nel tentativo di spiegare un certo insieme di fenomeni
si formula un certo numero di ipotesi:

- in assenza di *impedimenti al moto*

- tutti i corpi cadono con la stessa legge,
nella caduta verticale la velocità di un corpo
cresce in modo proporzionale al tempo,
su un piano orizzontale un corpo continua a muoversi
sempre nella stessa direzione e con velocità costante,
un corpo lanciato descrive una parabola
secondo una composizione dei due moti;

- questi principi non possono essere inferiti in modo univoco
dall'esperienza che può essere spesso anche ingannevole,

- essi sono tentativamente e liberamente proposti dallo studioso
(Einstein parlerà di atto creativo) sulla base di
criteri di semplicità e di estetica, esperimenti ideali,

- [Popper aggiungerebbe: pregiudizi di carattere filosofico].

- ** Uso del *linguaggio matematico*,
Il linguaggio in cui è scritto il *grande libro della natura*;
- linguaggio che deve essere lo *strumento logico* con cui
le ipotesi fondamentali della teoria vengono espresse
e le conseguenze di esse dedotte.
- *Dimostrazioni necessarie*
- Le ipotesi sono elaborate matematicamente e da esse si deducono
conseguenze osservabili:
nella caduta libera le lunghezze percorse sono proporzionali
al quadrato dei tempi.
- *Sensate esperienze*
- Le conseguenze osservabili vanno sottoposte
al riscontro dell'esperienza,
- non si tratta però più di un'esperienza passiva
ma dell'*esperimento*, una interrogazione ragionata dalla natura,
- della riproduzione artificiale del fenomeno,
nelle condizioni più favorevoli per l'osservazione, al variare delle
condizioni medesime e con l'uso eventuale di ipotesi accessorie ;
- in esso esperienza e teoria confluiscono:
gli esperimenti di caduta lungo piani inclinati.

**** Roberto Grossatesta (1168-1253):**

Tutte le cause dei fenomeni naturali devono essere espresse per mezzo di linee, angoli e figure.

Galileo Galilei (1564-1642):

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto davanti agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, a conoscere i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica e i caratteri son triangoli, cerchi e altre figure geometriche, senza li quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola: senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Gli sviluppi del metodo

- Il *metodo fondato da Galileo*, pur con precisazioni e approfondimenti, è rimasto sostanzialmente immutato fino ai nostri giorni e caratterizza oggi la Fisica quanto i suoi contenuti.
 - I semplici *esperimenti sulla caduta dei gravi* con piani inclinati o
 - i complessi moderni *esperimenti sulle particelle elementari* sono condotti sostanzialmente sugli stessi principi.
- Esso è stato riesplicitato da Karl Popper che in particolare ha insistito su
 - la non univocità dell'induzione, anzi: *l'induzione non esiste*;
 - i principi sono sempre frutto di un salto logico, hanno sempre un carattere ipotetico e sono frutto dell'inventiva del ricercatore;
 - non esistono fatti empirici puri, ogni esperimento dipende da forti presupposti teorici;
 - col suo *principio di falsificazione* Popper ha tuttavia irrigidito indebitamente il metodo.

- Alcuni autori, in particolare P. K. Feyerabend, hanno criticato Popper e negano addirittura che esista un metodo.
- Credo piuttosto che, con l'evolversi degli atteggiamenti filosofici, siano mutati i *criteri di accettabilità* delle teorie:
 - Galileo non accettava le orbite ellittiche e l'azione a distanza;
 - nell'ottocento non si concepiva un campo senza supporto materiale;
 - Einstein non accettava che una teoria potesse dare solo previsioni statistiche.
- In realtà, a me pare sia proprio attraverso il metodo sostanzialmente delineato da Galileo che la nostra conoscenza del mondo fisico ha avuto in quattro secoli gli sviluppi straordinari che conosciamo.

Evoluzione della Fisica

- Se sono giustificate solo dal loro *valore esplicativo e predittivo*, le teorie devono evolvere
 - per l'allargarsi del campo di esperienza e l'emergere di nuovi fatti;
 - per logica interna, nello sforzo di raggiungere maggiore coerenza di ottenere sintesi sempre più ampie.

Vecchie teorie sono sostituite da altre più soddisfacenti, si sceglie tra teorie concorrenti,
- Esempi del primo tipo:
 - il prevalere della teoria ondulatoria della luce su quella corpuscolare,
 - il prevalere dell'interpretazione energetica del calore sull'idea del calore come sostanza.
- Esempi del secondo tipo:
 - la Meccanica e la Teoria della Gravitazione di Newton, che unifica:
 - le leggi di caduta dei gravi di Galileo,
 - le leggi di conservazione nell'urto (Huygens, Wallis, Wren),
 - le leggi di Keplero sul moto dei pianeti;
 - la teoria di Maxwell del campo elettromagnetico con la previsione delle onde elettromagnetiche;
 - la teoria della Relatività;
 - la teoria delle interazioni elettro-deboli, di Glashow, Salam, Weinberg.

- La nuova Teoria può essere formulata nell'ambito
 - dello stesso contesto concettuale della precedente Meccanica ed Elettromagnetismo non relativistici →
→ Meccanica ed Elettromagnetismo relativistici
 - modificando radicalmente i modelli concettuali Meccanica ed Elettromagnetismo classici →
→ Meccanica ed Elettromagnetismo quantistici.
- Alcune tappe fondamentali nello sviluppo dei quadri concettuali:

*Meccanica Classica, Elettromagnetismo,
Meccanica Quantistica, Teoria Quantistica dei Campi.*

La Meccanica e il Meccanicismo

- Idea della *localizzazione semplice*:
 - un corpo è caratterizzato dalla sua forma, la distribuzione delle masse e la disposizione nello spazio.
- Il concetto base è quello di corpo puntiforme o *punto materiale* che idealizza:
 - un corpo di dimensioni molto piccole sulla scala considerata,
 - una piccola porzione di un corpo esteso;
- Si articola nella meccanica del punto, la meccanica del corpo rigido, o dei sistemi articolati, la Fluidodinamica, la Teoria dell'elasticità.
- Il mondo fisico è completamente interpretabile in termini meccanici.
 - Cartesio e le idee chiare e distinte, solo azioni per contatto,
 - per Newton azioni a distanza (*hypotheses non fingo*),
 - per Lagrange nella Meccanica intervengono due elementi:
uno materiale, i corpi; un altro metafisico: le forze.
- Concezione illuministica della Fisica,
 - realismo ingenuo: la Fisica descrive il mondo come è,
 - Popper a proposito di Galileo parla di *essenzialismo*.

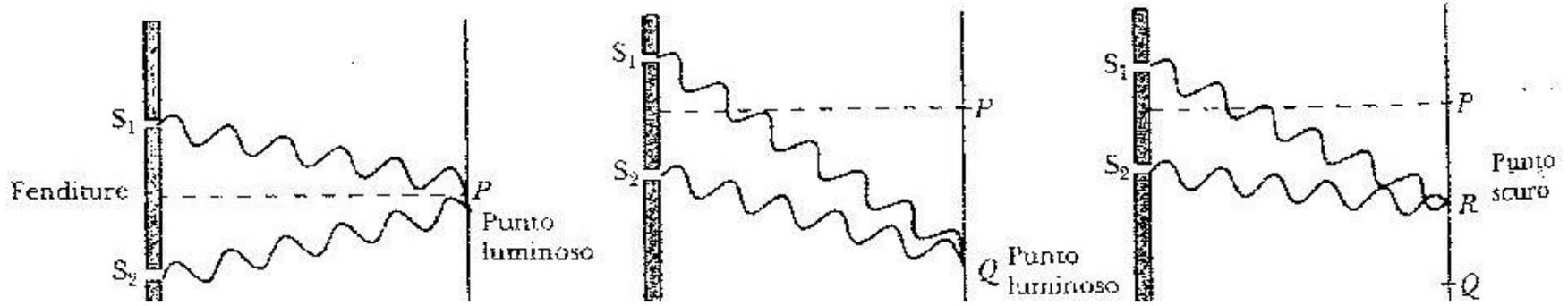
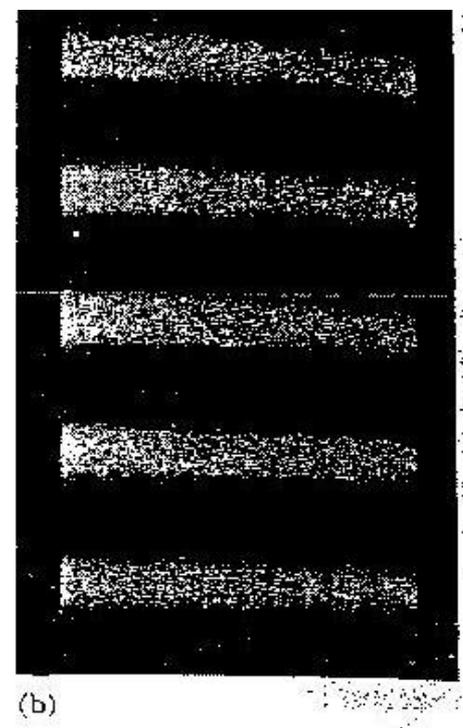
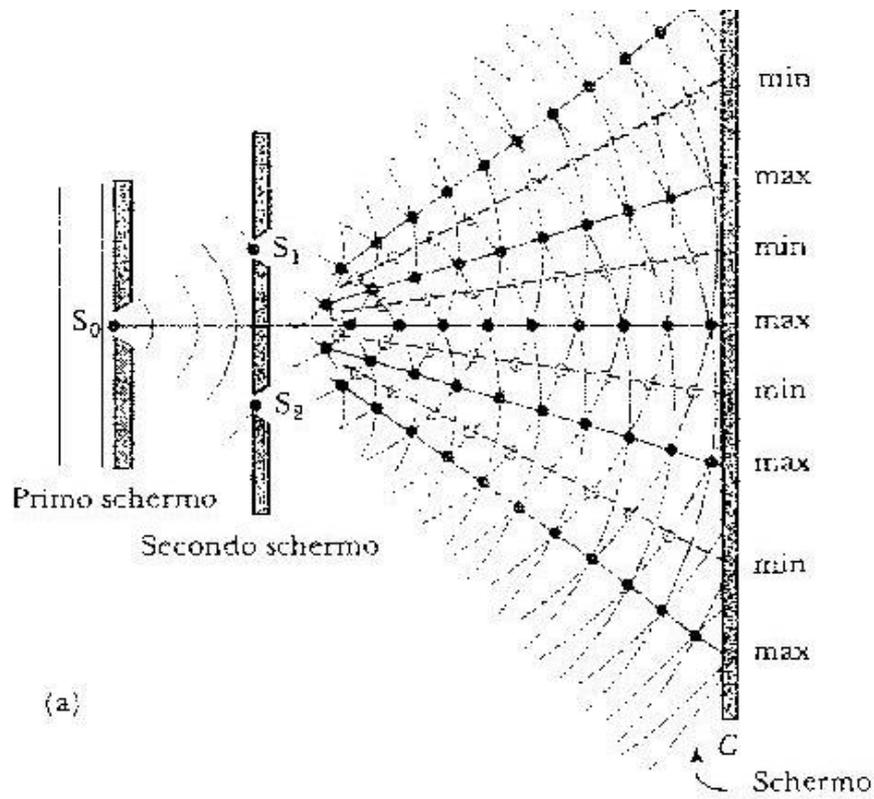
L'Elettromagnetismo e il concetto di campo

- Il concetto di *campo elettrico* e di *campo magnetico* è proposto da Michael Faraday attorno al 1840 (dal 1839 al 1855) nello sforzo di superare le difficoltà del punto di vista Newtoniano nell'interpretare le interazioni tra correnti e magneti e tra correnti e correnti.
- I campi elettrici e magnetici sono concepiti come entità vettoriali definite in ogni punto dello spazio.
 - sono generati da cariche e magneti,
 - sono i mediatori delle forze esercitate su un'altra carica o magnete
 - permettono di ristabilire l'idea della forza come azione per contatto.
- Faraday era convinto che la concezione newtoniana dovesse essere superata e che tutta la Fisica, inclusa la gravità dovesse poter essere ricostruita attorno all'idea di campo; la sua proposta restava però a un livello puramente empirico qualitativo.

- In una serie di lavori tra il 1856 e il 1873 James Clark Maxwell riesce a dare una forma matematica al concetto di campo e attraverso esso a costruire una teoria organica per i fenomeni elettromagnetici compendiata nelle sue famose equazioni.
- Conseguenza di queste equazioni sono tra l'altro
 - la previsione dell'esistenza delle onde elettromagnetiche, verificata sperimentalmente successivamente da Hertz,
 - l'interpretazione della luce come radiazione elettromagnetica.
- Nella convinzione di Maxwell il campo doveva avere un'interpretazione meccanica,
 - come effetto di una deformazione dell'etere.
- Ogni riferimento all'etere è eliminato da Einstein nel 1905.
 - Il campo elettromagnetico diviene definitivamente una realtà indipendente, priva di supporto materiale,
 - che esercita tuttavia un'azione sulla materia, può essere misurata,
 - è capace di trasportare energia e momento,
 - può essere percepita direttamente in certe condizioni
 - come luce o come calore.

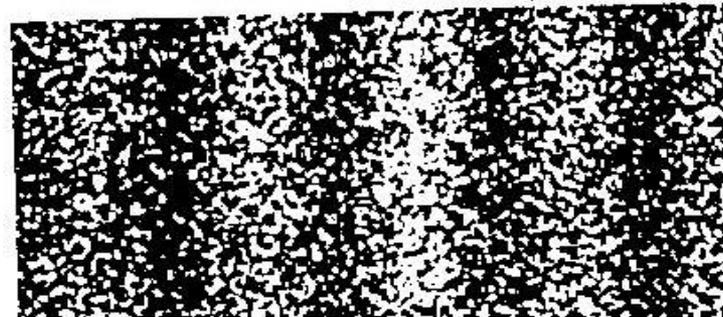
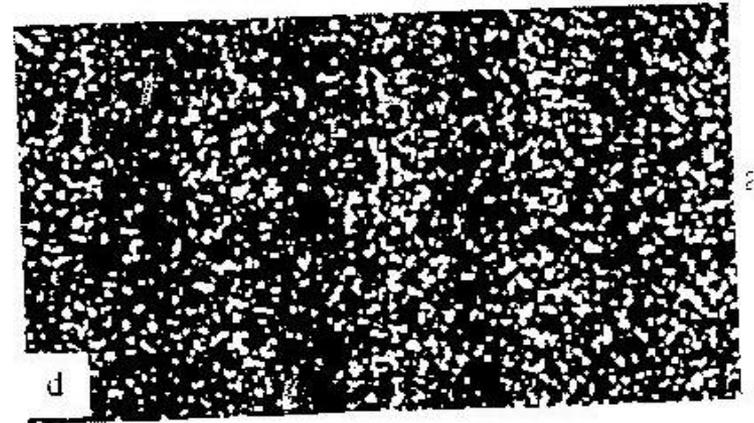
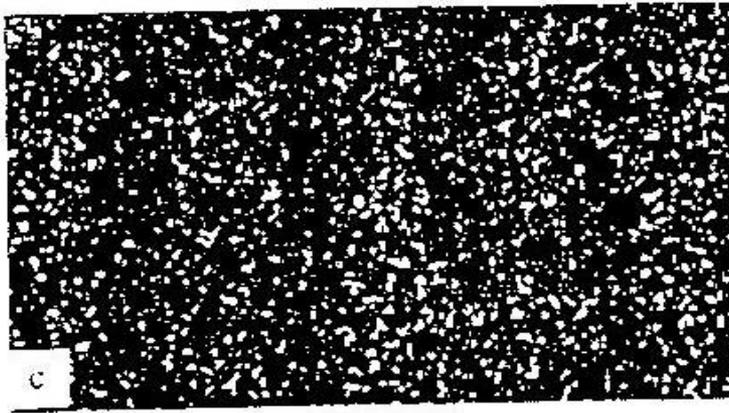
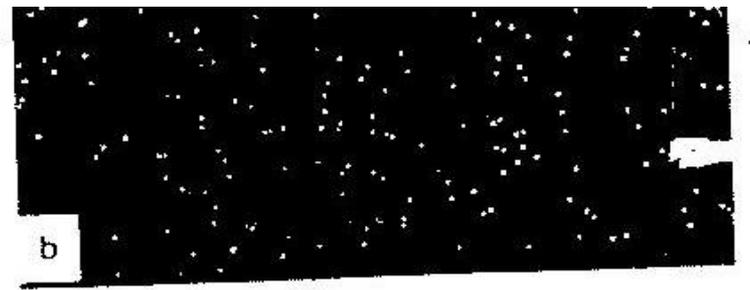
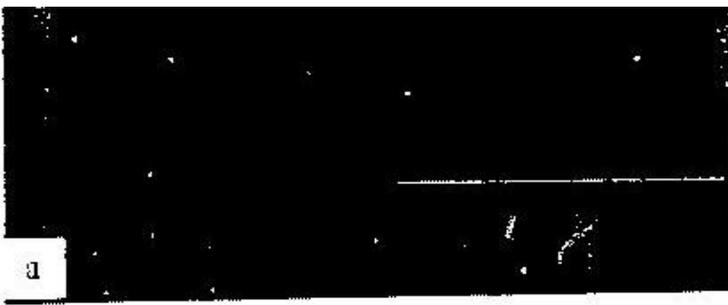
La Meccanica Quantistica

- I concetti della Meccanica e dell'Elettromagnetismo classici si rivelano inadeguati per lo studio dei costituenti elementari della materia e dei processi elementari di emissione e assorbimento di radiazione;
 - entra in crisi l'idea di particella come corpo puntiforme che descrive una traiettoria continua e la concezione deterministica;
 - la funzione d'onda associata ad una particella si presenta come un puro strumento matematico che permette di fare previsioni solo statistiche sul comportamento della stessa.
- In un esperimento di interferenza di tipo Young da due fenditure con un fascio di particelle il semplice supporre che la singola particella passi dall'una o dall'altra fenditura porterebbe all'impossibilità dell'interferenza.

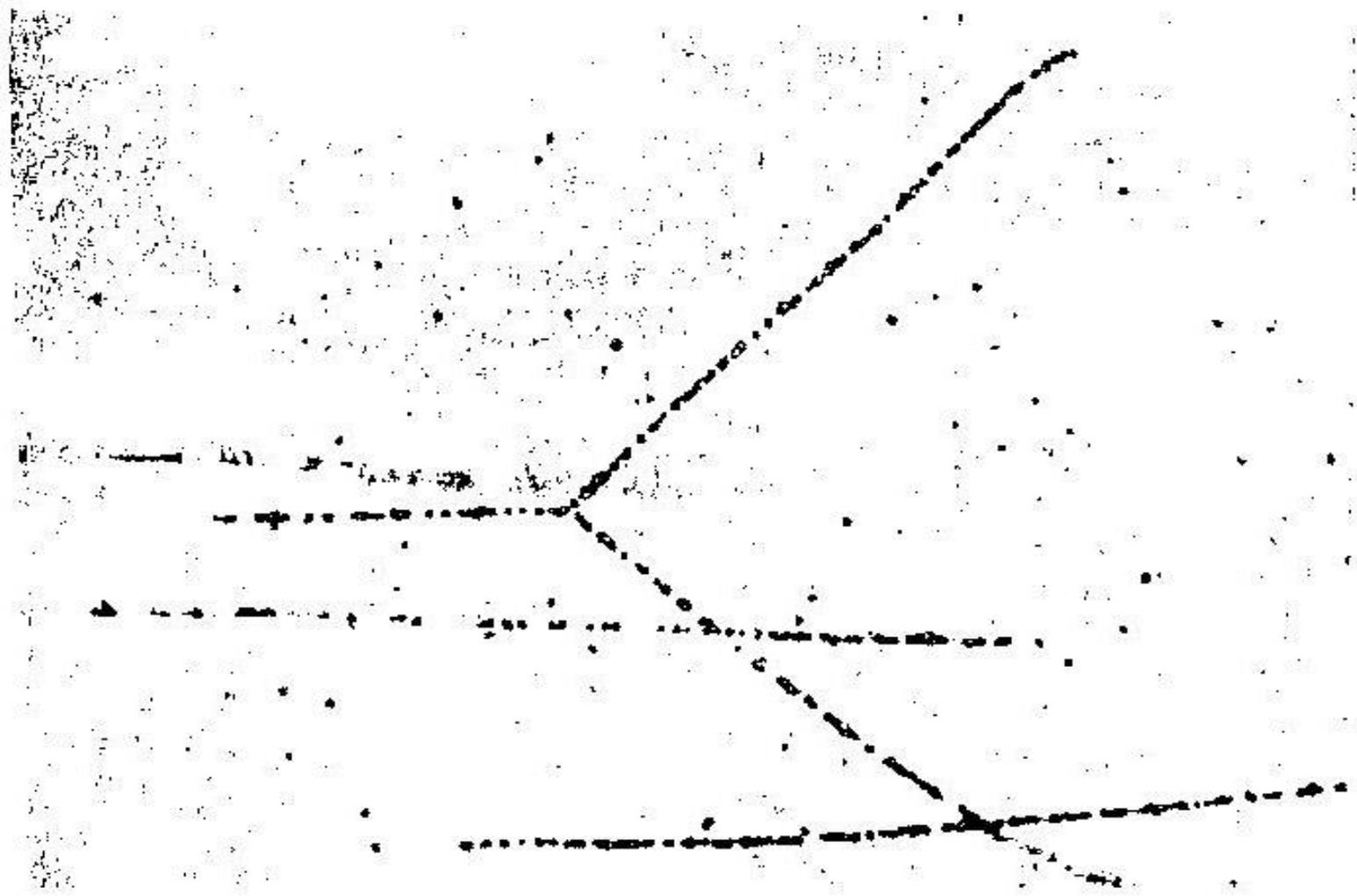


Esperimento di Young

- Ciò che resta dell'idea di corpo puntiforme è solo il fatto che,
essendo un'entità indivisibile, la particella nell'attraversare una rete di rivelatori agisce su uno solo di questi, comunque piccoli essi siano.
- La particella mantiene la sua identità ma si deve rinunciare ad un modello intuitivo valido in tutte le circostanze, la particella è propriamente descritta solo dalla sua azione sugli strumenti di misura



Esperienza di Tonomura e collaboratori (1987): progressiva costruzione della figura di interferenza dalla distribuzione statistica dei singoli elettroni: (a) 10 elettroni, (b) 100 elettroni, (c) 3.000 elettroni, (d) 20.000 elettroni, (e) 70.000 elettroni.



Urto tra due protoni: tracce prodotte in emulsione fotografica.

Teoria Quantistica dei Campi

- L'oggetto fondamentale è il campo quantistico,
 - le particelle sono solo espressioni dello stato dei campi e non hanno più individualità,
 - processi in cui nuove particelle vengono prodotte, particelle si annichilano, particelle decadono, corrispondono a semplici scambi di energia e momento tra campi.

La crisi del Meccanicismo è crisi di un realismo ingenuo

- Emergono interpretazioni puramente strumentali e sostanzialmente riduttive del significato della Fisica che si riallacciano in qualche modo a David Hume.
 - David Hume (1711-1772)
 - critica il concetto di relazione causale, ritenendo che esso nasca semplicemente dall'associazione abituale di certi fatti o certe sensazioni a certi altri fatti o sensazioni, e che non si possa in realtà mai cogliere nel fatto designato come causa la *ragione* di quello designato come effetto:
- «...in una parola, ogni effetto costituisce un evento distinto e separato dalla sua causa. Di conseguenza non potrebbe essere scoperto nella causa; e la prima invenzione o concessione di esso deve essere, a priori, assolutamente arbitraria.»*

- Ernest Mach (1838-1916):

“Compito della Scienza è ricercare ciò che è costante nei fenomeni naturali. Tutta la scienza ha per scopo di sostituire, ossia di economizzare esperienze, mediante la riproduzione e l’anticipazione di fatti nel pensiero. Queste riproduzioni sono più maneggevoli dell’esperienza diretta... Non occorrono riflessioni molto profonde per capire che la funzione economica della Scienza coincide con la sua stessa essenza.... “

- non vuole accettare la realtà degli atomi,
- non vuole accettare la Teoria della Relatività.

- Moritz Schlik (1882-1936):

- La Logica e la Matematica sono nient’altro che complessi di tautologie, che trasformano un insieme di proposizioni in un insieme equivalente, senza aggiungere nulla dal punto di vista conoscitivo.

- Principio di verifica:

«il significato di una proposizione è il metodo della sua verifica».

A parte le critiche di Popper, un atteggiamento del tipo precedente è in realtà contrario alla stessa motivazione e all'esperienza di ricerca di ogni scienziato

- Alfred North Whitehead (1861-1947)
 - la scienza nasce da *una convinzione istintiva e generalizzata che esiste un ordine delle cose e più precisamente un ordine nella natura* e che tale ordine almeno in una certa misura può venire compreso.
- L'elemento teorico, strettamente legato a parole come *capire* e *spiegare* è essenziale per la Fisica.
 - Newton voleva capire di dove venissero le leggi di Keplero.
 - Un fisico dei solidi vuole capire perché certi materiali siano *conduttori*, altri *semiconduttori*, altri *isolanti*.
 - Un astrofisico dai tipi di radiazione che una stella emette vuole capire come la stella è fatta.
- Vi sono autori che sottolineano che le spiegazioni fisiche sono spiegazioni per conformità a delle leggi, che quindi fanno appello all'esistenza di regolarità, senza un riferimento esplicito a relazioni causali.
 - La fiducia tuttavia che una regolarità, una certa correlazione osservata anche più volte in passato si ripresenti sempre in futuro, che non sia casuale, può derivare solo dalla convinzione implicita che essa sia nella *natura delle cose*.

Se però ogni teoria ha un carattere provvisorio e non esaustivo,

- se a un certo punto si rivela incapace di dar ragione di nuovi fenomeni, se la nuova teoria che risolve il problema si svolge in un ambito concettuale completamente differente,
 - in che senso si può ritenere che la vecchia teoria ci abbia comunque detto qualcosa di definitivo sull'oggetto?
 - in che senso si può parlare di un progresso nella comprensione del mondo della natura?
- Se prendessimo alla lettera il *falsificazionismo* di Popper,
 - l'insieme di quei fenomeni non inquadrabili nella meccanica e nell'elettromagnetismo classici che hanno dato luogo alla Teoria Quantistica ci dovrebbe
 - far dichiarare *false* quelle teorie,
 - l'osservazione che nell'urto tra particelle ad alta energia sono prodotte nuove particelle e eventualmente alcune delle vecchie scompaiono ci dovrebbe
 - far dichiarare *falsa* la Meccanica Quantistica.

- Eppure in ogni corso per gli studi in Fisica
 - si parte dalla Meccanica Classica,
 - segue l'Elettromagnetismo Classico,
 - segue ancora la Meccanica Quantistica
 - e solo alla fine sarà introdotta
la Teoria Quantistica dei Campi.
- Credo che la risposta a questo problema
 - debba essere trovata nel concetto di *modello*,
 - che ogni teoria debba essere riguardata (in linea in realtà con l'originario atteggiamento di Galileo),
come uno strumento di tipo analogico,
che è una nostra creazione
ma ci parla di un mondo reale.

Il concetto di modello nella Matematica

- Se si concepiscono gli enti matematici come privi di significato intrinseco nel senso di Hilbert,
 - si intende per modello un insieme di oggetti che soddisfa i postulati
secondo un preciso codice di traduzione;
 - tali oggetti sono generalmente costruiti con gli elementi di un'altra teoria, considerata però nel contesto come più concreta.
- Tipici esempi del concetto di modello in Matematica:
 - il modello cartesiano della Geometria Euclidea,
 - la stella di rette come modello della Geometria Ellittica,
 - l'intercambiabilità di punti e rette
nella Geometria Proiettiva.

Uso del termine modello in Fisica

- E' in parte simile ma in parte anche diverso dall'uso che del termine si fa in Matematica.
 - In Fisica usiamo comunemente il termine modello con riferimento ad una idealizzazione e a una forte semplificazione di una situazione complessa,
 - allo scopo di comprendere gli aspetti più importanti di un fenomeno , trascurandone altri meno rilevanti.
- Resta fondamentale l'idea di corrispondenza, di rappresentazione di qualcosa con qualcosa d'altro.
 - ma che cosa è importante, che cosa meno o per nulla rilevante dipende dal contesto e dalla scala di osservazione.
- Si può parlare di un modello valido a una certa scala, adeguato a una certa situazione, a certi scopi, non adeguato ad altri .

Modelli di livello differente

- In Fisica modelli, che pure si suppongono riferirsi al medesimo oggetto,
 - possono situarsi ad un livello differente
 - ed essere in qualche modo disposti secondo una gerarchia,
- in relazione a un determinato scopo
 - una volta che è raggiunto il giusto livello della gerarchia
 - non guadagniamo nulla ad usare un modello di livello superiore:
- modello di pianeta come corpo puntiforme, adeguato per comprendere
 - la disposizione relativa dei pianeti e del sole nel sistema solare,
 - il moto apparente degli stessi sulla sfera delle stelle fisse;
- modello di pianeta come corpo rigido, necessario per capire
 - l'alternanza del giorno e della notte,
 - il succedersi delle stagioni,
 - le fasi della Luna o quelle di Venere;
- composizione chimica e stato termodinamico delle varie parti del nostro pianeta, essenziale se vogliamo capire
 - i complessi fenomeni che si verificano nella sua atmosfera,
 - l'evoluzione della sua crosta.

**** Relazione tra due teorie successive.**

- Se una nuova teoria implica la vecchia,
 - quando si usi l'appropriato codice di traduzione dei concetti
 - e ci si ponga nel contesto originario,
- si può parlare della vecchia teoria
 - come di una teoria a un livello gerarchico inferiore
 - un modello della nuova che resta valido nel contesto originario.
- Nel contesto originario la vecchia teoria,
 - insegna le stesse cose della nuova,
 - per la sua maggiore semplicità è spesso più conveniente.
- In questo senso si può capire come una teoria,
 - pur essendo non esaustiva del suo oggetto
 - e in ogni momento a priori in uno stato provvisorio,
 - possa pretendere di insegnare sullo stesso
 - qualcosa di potenzialmente definitivo.

In particolare

- Idealizzazione dell'elettrone come corpo puntiforme che obbedisce alle equazioni di moto della meccanica relativistica classica;
 - utile per lo studio del comportamento di questa particella in un campo elettromagnetico macroscopico,
 - normalmente usata per lo studio di una macchina acceleratrice, di apparecchiature per la manipolazione dei fasci.
- Nel contesto della Meccanica Quantistica il punto è semplicemente un'immagine per descrivere il moto del pacchetto
 - quando il pacchetto è di dimensioni trascurabili,
 - quando è piccolo il gradiente del campo al suo interno;
- sarebbe insensato usare a questi scopi l'equazione di Dirac.

- Modello planetario dell'atomo,
- modello di un cristallo
 - come un insieme di nuclei disposti su un reticolo regolare nelle cui intercapedini si muove un gas di elettroni,
- modello di una molecola realizzato con palline colorate,
 - modelli utili per spiegare immediatamente alcuni fenomeni più semplici:
 - la diffusione di particelle cariche da parte di lamine sottili,
 - le caratteristiche della diffrazione di raggi X su cristalli,
 - le proprietà di sostituzione di radicali organici su molecole complesse.
- contengono però anche importanti informazioni in codice per la teoria quantistica
 - prescrizioni per scrivere le appropriate equazioni di Schroedinger,
 - per scegliere le appropriate soluzioni necessarie per la comprensione di una più vasta classe di proprietà degli oggetti a cui si riferiscono.

- L'apparato completo della Teoria Quantistica dei campi in cui le particelle figurano, come abbiamo detto, semplicemente come una specificazione dello stato di certi campi:
 - è indispensabile,
 - se vogliamo comprendere gli effetti di un processo di collisione tra particelle ad alte energie,
 - per descrivere la situazione iniziale e il risultato finale dell'esperimento il modello della particella come punto materiale che descrive una traiettoria continua è molto più immediato;
 - è pure indispensabile
 - se vogliamo comprendere particolari sottili dello spettro dell'atomo di idrogeno che possono essere osservati solo servendosi di apparecchiature molto complesse,
 - se ci accontentiamo di quanto rilevabile con un comune spettroscopio,
 - il linguaggio dell'equazione di Schroedinger applicato al sistema elettrone-protone è molto più semplice.

Valore conoscitivo di una teoria fisica

- In conclusione
 - una vecchia teoria superata ma non contraddetta in un suo contesto da una nuova teoria si può considerare come modello della nuova teoria valido in una situazione più particolare ,
 - poiché, d'altra parte, nella nostra esperienza ogni teoria è destinata a essere presto o tardi superata da una nuova,
 - è naturale concepire la conoscenza fisica in tutta generalità come una conoscenza per modelli.
- Le idee, i modelli, le teorie che noi usiamo sono
 - una costruzione della nostra mente,
 - non sono però concetti arbitrari o vuoti di significato,
 - sono creati nello sforzo per comprendere la Natura,
 - e parlano di qualcosa ad ogni stadio della nostra ricerca.
- Essi sono sempre in qualche modo inadeguati e non ci danno mai una comprensione esaustiva, una comprensione ultima dei loro oggetti, ma ci parlano pur sempre di un mondo reale.

Galileo Galilei:

O noi vogliamo specolando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sostanze naturali; o noi vogliamo accontentarci di alcune affezioni. Il tentar l'essenza l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non men vana nelle prossime sostanze elementari che nelle remotissime e celesti . . . Ma de vorremo fermarci all'apprensione di alcune affezioni, non mi par ci sia da disperar di poter conseguirle anco nei corpi lontanissimi da noi non meno che nei prossimi.