

A. Drago, *Storiografia del corpo nero: Rivisitazione e nuova impostazione*, Atti del XXV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Milano, 10-12 novembre 2005, (Milano: SISFA, 2008): C08.1-C08.6.

STORIOGRAFIA DEL CORPO NERO: RIVISITAZIONE E NUOVA IMPOSTAZIONE

ANTONINO DRAGO

Univ. di Firenze e di Pisa

Riassunto. Della storiografia del corpo nero si sottolineano i punti deboli. Utilizzando soprattutto le categorie di Koyré si inducono i fondamenti della fisica, come costituiti da due opzioni (sul tipo di infinito e sul tipo di organizzazione); le quali non sono state riconosciute dai fisici, né dagli storiografi. Si ricavano poi nuove categorie, adatte a interpretare la storia del corpo nero e la meccanica quantistica; e che iniziano una storiografia ricostruttiva.

1. QUAL È IL PROBLEMA NELLA STORIA DEL CORPO NERO?

La nuova storiografia della fisica è nata soprattutto con Koyré negli anni '30.¹ Essa è stata per la prima volta di tipo interpretativo; lo ha potuto essere per aver coinvolto una concezione dei fondamenti della scienza. Poi Kuhn, con un'altra concezione della scienza, suggerì uno schema che fu capace di interpretare tutto il periodo della fisica classica e che potenzialmente era generalizzabile a ogni periodo storico della scienza. Con lui la nuova storiografia sembrò avere raggiunto il suo apice. Nel libro successivo, Kuhn ha affrontato la teoria del corpo nero (BBT), la cui storia costituisce una rivoluzione centrale nella storia della fisica, perché è forse la più importante e perché la sua comprensione ci introdurrebbe finalmente alla interpretazione della fisica moderna. Ma qui non ha applicato il suo schema.² Quindi *la molto suggestiva storiografia di Kuhn, confrontata con la reale rivoluzione del quanto, è risultata inconcludente sul suo concetto teorico cruciale, la rivoluzione; cosicché la sua storiografia è diventata fundamentalmente ambigua. Né, nei passati trenta anni, altri dopo di lui hanno applicato quello schema alla BBT; segno inequivocabile, che lo schema di Kuhn è incapace di far avanzare la storiografia interpretativa sul caso della BBT, il quale caso è rimasto un nodo insoluto.*

Per superare questo punto morto, innanzitutto notiamo che il problema storico dello studio sulla BBT non è ben definito; sembra che gli storici abbiano cercato di studiare il percorso soggettivo della mente di Planck e in particolare la domanda: Quando è nato il quanto? Ma il problema poteva anche essere la nascita di qualche altro aspetto: il ruolo fondativo dell'entropia o delle costanti universali, il non determinismo, la complementarietà, ecc. Ma poi poteva essere il problema oggettivo della tecnica matematica utilizzata. Oppure, il problema strutturale di indicare con precisione: la rivoluzione, l'anomalia e i paradigmi di questo caso storico; o quali

¹ Basti ricordare il titolo del suo libro più famoso: Koyré, Alexandr (1959). *Dal mondo chiuso all'universo infinito* (Milano: Feltrinelli, 1970).

² Kuhn, Thomas S. *Alle origini della fisica contemporanea* (1978) (Bologna: Il Mulino, 1980). La famosissima precedente opera di Kuhn verrà indicata con SRS.

siano i nuovi fondamenti della teoria fisica. Le tante possibilità indicano che gli storici non hanno scelto il problema, ma l'hanno ereditato dalla semplice domanda che ingenuamente i fisici, sconvolti dalla nascita del quanto di luce, hanno posto a loro stessi: quando è nato il quanto? Seguendo questa domanda, molta storiografia della BBT si è estraniata non solo dalla vita sociale, ma anche dalla chimica e dalla matematica.

Ma accettiamo per il momento l'impostazione soggettiva, centrata sul quanto. Notiamo però che la domanda suddetta è anche imprecisa, perché non chiarisce a quale quanto si riferisce. Se riguarda la nascita del quanto in generale, è indubbio che nella storia delle scienze in generale il quanto è nato prima per la materia; allora la risposta è chiaramente: con la chimica classica. Però questa risposta sarebbe tutta da precisare; perché la nascita dell'atomo-molecola può essere attribuita a Galilei, Boyle, Dalton, Avogadro, Mendeleiev, Spettroscopia.³

Se però il problema è più specifico (Quando è nato il quanto di luce?), ancora una volta la risposta non è semplice; perché in realtà qui ci sono due domande: il quanto di luce è una schematizzazione matematica (per cui si parla di prima e seconda quantizzazione)? O è un oggetto della realtà, un pallino, pur senza massa? In altri termini, nella descrizione della realtà in che misura entra in gioco anche l'osservatore?

Nel primo caso siamo ricondotti alla matematica della prima quantizzazione, quella della chimica; e allora torniamo alla domanda di prima, aggravata dalla poca attenzione degli storici verso la matematica (troppo elementare) di quella teoria. Cosicché per la coscienza storica dei fisici (e anche per Kuhn sulla BBT), il primo esempio di quantizzazione è piuttosto quello, tutto interno alla fisica e del tutto astratto, dello spazio delle fasi nella meccanica statistica di Boltzmann. Ma anche così, nel caso della BBT la matematica doveva costruire di più del modello dei risuonatori interagenti (che è un modello posticcio, benché semplificante i calcoli); doveva portare a chiarire il problema costitutivo della conoscenza umana: *che cosa nel quanto di luce c'è di più di una schematizzazione matematica discreta?* Dagli scritti di Planck sappiamo bene che i suoi ripensamenti si focalizzarono su questo punto.⁴

Se invece si domanda quando c'è stata la scoperta di un nuovo oggetto della realtà microscopica, allora questo oggetto non ammette la nostra intuizione di un pallino. Primo, perché il quanto di luce non è materia (si noti che già la fisica del 1900 non legava più ogni fenomeno alla materia; ad es., la trasmissione di onde elettromagnetiche avveniva anche senza vibrazione della materia). Inoltre quel fenomeno si può manifestare anche come onda. Infatti qui c'è il problema epistemologico onda-corpuscolo, che è stato discusso per tutta la prima metà del sec. XX. Con il quanto siamo arrivati oltre il limite dell'intuitività, perché la materia macroscopica non conserva le stesse proprietà nel microscopico. Quindi, che significa scoprire una cosa che non si sa bene che cosa è? Dobbiamo concludere che non si può procedere nell'interpretare la storia della BBT senza una adeguata impostazione storiografica, che cioè includa una sua minima filosofia della realtà.

³ Ma il problema non interessa ai fisici, perché quando la chimica introdusse il quanto (che era in contrasto con la loro matematica, che poteva vedere solo il continuo) e rifiutò di intendere la forza gravitazionale come l'affinità chimica, essi se ne separarono. Poi per un secolo hanno declassato la teoria atomica della chimica a un azzardato tentativo di interpretare una realtà empirica. Neanche quando la tabella di Mendeleiev fu confermata empiricamente dalla spettroscopia, i fisici accettarono il quanto della materia; ci volle una prova empirica conclusiva: l'ultramicroscopio di Perrin nel 1909. Notiamo inoltre che gli storici della fisica non si appassionano a questo problema storico, perché non hanno considerato rilevante né la rivoluzione chimica di Lavoisier, né lo sforzo teorico, lungo un secolo, con cui la chimica ha discretizzato la materia.

⁴ Planck, Max. "Positivismo e mondo reale", in *La conoscenza del mondo fisico* (Torino: Einaudi, 1942) 217-241. In particolare Planck mette in guardia dallo "identificare l'occhio corporale con l'occhio mentale" (p. 233).

In effetti gli storici che finora hanno analizzato la BBT si sono appiattiti sulla *filosofia positivista, la quale preconcepisce la esistenza della realtà al di fuori di noi*; secondo questa filosofia, ogni teoria fisica descrive quello che esiste nel mondo intorno a noi; per cui il quanto è un nuovo pallino, sia pure con proprietà strane rispetto ai pallini macroscopici. Già Kant aveva posto termine all'avventura millenaria della ragione occidentale, dichiarando irraggiungibile il noumeno. Ma nel primo novecento i fisici avevano un atteggiamento filosofico pre-kantiano, in quanto erano ancora gelosi eredi della realtà newtoniana. Dopo Kant, essi avrebbero dovuto concludere che la realtà è solamente rappresentabile. E almeno i fisici quantistici avrebbero dovuto pensare che lo spirito di Copenaghen non si applicava solo alla versione finale della MQ, ma anche alla BBT, che ne aveva segnato la nascita. Ancor più l'avrebbero dovuto fare gli storici; e così porre subito la domanda: Quale filosofia per la nascita del quanto? *Il maggiore responsabile di questa inadeguatezza è Kuhn, il quale ha studiato BBT sapendo bene che qui cambia l'intero paradigma newtoniano; ma non ha individuato i presupposti del vecchio paradigma: né prima in SRS, dove non descrive le proprietà di quel paradigma, né durante il suo studio sulla BBT (perché non applica il concetto di paradigma), né dopo (quando ha dovuto spiegare perché non l'aveva applicato).*

Inoltre questa filosofia positivista separa nettamente dalla fisica la matematica, considerandola come un semplice strumento. In effetti la scelta dei fisici per *questa filosofia è cautelativa*, perché: 1) non vogliono coinvolgersi nella (inestricabile?) crisi della filosofia della conoscenza occidentale; 2) temono di studiare il rapporto fisica-matematica, non sapendo come discutere i suoi cambiamenti avvenuti nella successione delle teorie fisiche, né i cambiamenti avvenuti della sequenza delle teorie matematiche. Inoltre *questa filosofia è molto comoda per gli storici*, perché risparmia loro di capire il ruolo della matematica nella fisica teorica, in particolare durante le rivoluzioni scientifiche. Ma nei casi storici (come quello della BBT) in cui è la matematica a cambiare, lo storico dovrebbe discutere i limiti di validità di questa concezione strumentale della matematica.

2. QUALE IMPOSTAZIONE STORIOGRAFICA PER IL CASO DELLA BBT?

Se Kuhn avesse applicato lo schema interpretativo di SRS allo studio della BBT, per prima cosa avrebbe dovuto cercare l'anomalia per il vecchio paradigma; questa è chiaramente la divergenza all'infinito dell'integrale della legge di Stefan-Boltzmann. Quindi *l'anomalia della BBT era di tipo matematico e riguardava il continuo*; che evidentemente non risultava più adeguato alla descrizione di quel fenomeno.

Già Galilei aveva sottolineato, come problema essenziale per la fisica teorica, il tipo di matematica (o discreta o continua; cioè, o con l'infinito potenziale IP, o con quello attuale IA).⁵ Perché finora gli storici non hanno considerato la storia della BBT sotto l'ipotesi interpretativa di una *scelta sul tipo di matematica*? In effetti i fisici e gli storici hanno dato per scontato che gli infinitesimi di Newton, IIA, decisero quella scelta una volta per tutte (benché alla fine del 700 questa scelta sia stata contraddetta dalla Chimica e poi anche dalla termodinamica; ma gli storici considerano immature queste teorie⁶, perché in particolare non usano in maniera essenziale il calcolo differenziale, né hanno geometria).

Infatti qui c'è in gioco un principio: *le equazioni differenziali, derivate da alcuni assiomi fisici, fanno derivare matematicamente tutta la teoria fisica* e ne assicurano la coerenza; cioè la organizzazione della teoria fisica è solo quella interamente deduttiva (OA). Eppure la meccanica quantistica (MQ) ha creato un dilemma che ha

⁵ Galilei, Galileo (1638). *Discorsi su due nuove scienze* (Leida, 1638) giornata quinta.

⁶ Kuhn, Thomas S. "Introduzione" alla SRS.

angosciato per decenni i fisici teorici: come teorizzare l'onda-corpuscolo, che chiaramente non sarà mai dedotta da equazioni differenziali, o da un gruppo di principi fisici classici?

C'è poi un altro principio, che risale al progetto di Lagrange del 1773: *l'analisi infinitesimale (IA) annulla la geometria* (v. la *Mécanique analytique*), o *la determina*. E invece subito dopo la geometria ha vissuto un periodo di splendore (Monge, L. Carnot, Poncelet); inoltre dal 1826 la geometria ha proliferato in una miriade di teorie geometriche, tra le quali è chiaro che il fisico deve scegliere, anche se avesse già deciso il tipo di calcolo differenziale.

Ma soprattutto c'è un principio che insiste sul tipo di matematica: *l'indispensabilità della matematica che la fisica teorica dominante ha usato da Newton fino ai quanti*;⁷ cioè quella con l'IA (prima degli infinitesimi, poi del limite idealizzato come sempre esistente e infine dello spazio di Hilbert). In realtà il calcolo differenziale può essere formalizzato anche con il solo IP; ne è esempio la matematica costruttiva.⁸ Quindi l'usare l'IP non minimizza la capacità teorica di una teoria.

Il quale principio si accompagna con un altro principio positivista: *l'unità del progresso della fisica teorica*, che progredirebbe in maniera incessante attraverso la nascita di ogni nuova teoria. In altri termini, si vede come necessario il progresso, che avviene unitariamente per tutte le teorie fisiche assieme. Questo principio porta a credere che se in una nuova teoria nascono, in maniera indispensabile, i quanti, da allora in poi tutta la fisica teorica dovrà usare la matematica discreta. Era questo principio che metteva in crisi i fisici dei primi anni del 1900; sembrava di dover cambiare la matematica, regredendo a stadi primordiali, in tutte le teorie, anche passate.⁹

Ma di fatto, dopo la nascita dei quanti la discretizzazione di tutta la fisica teorica non è avvenuta, perché i fisici hanno trovato il modo di superare il discreto dei quanti (e della meccanica delle matrici di Heisenberg) col passare ad una descrizione continua-discreta (formalismo della ψ), la quale concilia un po' tutti i punti di vista matematici. Per cui i fisici preferirono pensare il solo discreto dei quanti come un incidente di percorso. Ma se questa soluzione mette l'animo in pace ai fisici, gli storici della fisica dovrebbero essere più avvertiti della sua ambiguità (anche perché ad es. dagli anni 60, il discreto delle simmetrie ha preso più importanza del continuo delle equazioni differenziali) e aprirsi a più ipotesi sull'evoluzione della matematica nella fisica (ad es. la nascita del pluralismo matematico).

Allora la BBT avrebbe dovuto mettere in guardia gli storici della fisica dai pregiudizi paradigmatici, in particolare da quello sulla matematica, intesa come solamente quella dell'IA. Tanto più che tra gli storici della fisica c'è stata una eccezione: Koyré; secondo il quale, la nascita della fisica teorica nel '600 è stata determinata da un ampio dibattito e dalla conseguente scelta sui due tipi di infinito matematico, IA e IP (in realtà, egli ha proseguito le ricerche che Husserl, guidato dal concetto di infinito, aveva compiuto sulla scienza). Ma i positivisti l'hanno accusato di idealismo, per aver preconstituito la sua analisi storica con un aspetto metaempirico, quale è (la scelta del) la matematica; inoltre per molti il fatto che il suo studio si sia fermato all'inizio della scienza moderna (neanche tutta l'opera di Newton) sarebbe la prova che la sua analisi, troppo ideologica, non può inoltrarsi tra le teorie fisiche mature, i cui sviluppi tecnici non ammettono interpretazioni

⁷ Vedasi la polemica iniziata da Hellmann, Geoffrey (1993). "Gleason Theorem is not constructively provable", *J. Phil. Logic*, 1993, 22: 193-203, in particolare la nota 1 a p. 193.

⁸ Bishop, Everett (1968). *Foundations of Constructive Mathematics* (New York: Mc-Graw-Hill, 1968).

⁹ Ancora nel 1943 Einstein, Albert (1955). *The Meaning of Relativity* (Princeton: Princeton U.P., 1955) IV ed., p. 166, riportava quest'idea (cancellata nella traduzione italiana e poi anche nelle edizioni successive). Si veda anche Jammer, Max. *Concept of Space* (New York: Harper, 1954), p. 185.

filosofiche. Invece il caso storico della BBT gli dà sostegno perché è intuibile di primo acchito con il suo schema; infatti nei primi del 900 l'accettazione del quanto significava scegliere sulla matematica della BBT e quindi avere una chiara scelta tra i due tipi di infinito.¹⁰

3. LA NUOVA STORIOGRAFIA DELLE DUE OPZIONI.

Partiamo allora dalla banale ipotesi storiografica sulla BBT: la rivoluzione è costituita dall'antiprogreso rispetto a quella matematica IA che era stata usata da tutta la fisica teorica precedente; cioè, dalla nascita del discreto. Notiamo però che la nascita della scienza moderna è avvenuta, secondo Koyré, con la scelta opposta, quella di IA contro IP. Ma quest'inversione può anche suggerire che le categorie storiografiche adatte alla BBT sono le opposte a quelle di Koyré. Come ricavarle?

In precedenti lavori ho notato che già alcune teorie innovative della fine '700 e inizio '800 (la meccanica di L. Carnot, la chimica classica, la teoria delle parallele di Lobacevskij, la termodinamica di S. Carnot) chiaramente avevano scelto la matematica opposta a quella newtoniana, l'IP invece di IA. Quindi *già nella fisica classica, a livello di teorie, si era manifestata un'opzione: quella sul tipo di matematica.*

Inoltre è stato facile notare che l'organizzazione di ognuna delle precedenti teorie non è OA, ma è basata su un problema (OP; rispettivamente: quali siano gli invarianti nell'urto dei corpi, quali siano i componenti elementari della materia, quante siano le parallele, quale sia la efficienza massima di una macchina termica); per risolvere il quale senza far uso di equazioni differenziali, si cerca un nuovo metodo scientifico. Il loro confronto con la dominante teoria newtoniana, chiaramente OA, indica *un'ulteriore opzione della fisica teorica, quella sul tipo di organizzazione.* Ogni coppia di scelte sulle due opzioni fondamentali dà un modello di teoria scientifica (MTS); le coppie di scelte sono quattro ed esse danno quattro MTS; tra i quali, quello newtoniano è stato dominante su tutti gli altri, per cui può ben essere chiamato un paradigma.

Intendendo i fondamenti della scienza come costituiti da queste due opzioni, ho mostrato che lo schema interpretativo di Koyré ammette uno schema opposto. Infatti le due frasi di Koyré (Dissoluzione del cosmo finito e geometrizzazione dello spazio) possono essere intese come la traduzione in termini storico-soggettivi delle due scelte positive di Newton (IA&OA) e dei suoi rifiuti (OP&IP); perciò esse sono adatte ad interpretare solo le teorie del MTS newtoniano. Invece per interpretare le teorie innovative precedenti (rifiuti di IA&OA e scelte di IP&OP), occorrono due frasi analoghe, ma opposte a quelle di Koyré. Si sono trovate: *Evanescenza della forza-causa e discretizzazione della materia.*¹¹

Le nuove frasi alla Koyré caratterizzano bene la storia della BBT: questa teoria non ha affatto le forze (anzi il suo passaggio teorico, storicamente cruciale, fu al concetto base entropia) e ottiene una discretizzazione totale (non solo della materia in oscillatori, ma della luce in quanti). Inoltre è da notare che le nuove frasi caratterizzano bene anche la MQ (e vanno quasi bene per la relatività).¹² Questo è *il*

¹⁰ E anche Kuhn che studia la BBT in una maniera "empirica", ha ammesso, ma oscuramente, che c'è un problema di matematica (op. cit., n. 43 p. 135, n. 33 p. 241).

¹¹ Ho già illustrato questa alternativa fondazionale in Drago, Antonino (2001). "The several categories suggested for the "new historiography of science": An interpretative analysis from a foundational viewpoint", *Epistemologia*, 2001, 24:48-82.

¹² In un precedente lavoro ho già applicato questi schemi koyreiani alla fisica dell'inizio del secolo XX e poi alla MQ: "Alle origini della meccanica quantistica: le sue opzioni fondamentali", in Cattaneo, Gianpiero e Rossi, Arcangelo (edd. 1991). *I fondamenti della meccanica quantistica. Analisi storica e problemi aperti* (Cosenza: Editel, 1991) 59-79. Questa interpretazione dei fondamenti della scienza è in

segnale che abbiamo trovato delle categorie storiografiche, riguardanti i fondamenti della fisica, che sono capaci di interpretare anche la fisica moderna.

In retrospettiva, questo risultato era dovuto; perché l'esempio di una teoria fisica (BBT) costruita diversamente da quella di Newton, doveva suggerirci un'interpretazione dei fondamenti della scienza tutta; e quindi anche nuove categorie storiche, quelle che sono veramente adeguate alla storia della fisica, perché riguardano anche i suoi aspetti fondazionali. Notiamo che per ottenerle *la storiografia dagli anni '60 avrebbe dovuto: a) ripartire umilmente dalla interpretazione, data da Koyré, del caso storico della nascita della scienza moderna.* Invece dopo di lui, Kuhn ha tralasciato il caso storico della nascita del paradigma newtoniano, per progettare l'interpretazione dell'intera fisica classica. *b) Prendere atto di un'alternativa teorica all'interno della fisica classica; e così ampliare lo schema interpretativo di Koyré con le frasi caratteristiche opposte.* Invece Kuhn ha voluto ignorare la termodinamica (benché ne avesse studiato bene la nascita in S. Carnot).¹³ È chiaro che così ha ottenuto una consolante visione unitaria della fisica classica; ma poi, interpretando la BBT, non ha potuto andare avanti. *c) Individuare un'adeguata concezione dei fondamenti della fisica, senza coinvolgersi nella crisi della filosofia della conoscenza, ma utilizzando lo schema di Koyré.* Invece Kuhn ha deviato questa ricerca di tipo filosofico, facendo ricorso a concetti di copertura: o sociologici (comunità degli scienziati, paradigma culturale) o psicologici (Gestalt).

In definitiva, abbiamo ottenuto nuove categorie storiografiche, che sono più dettagliate di quelle sia di Koyré che di Kuhn. Esse: 1) non sono costituite da concetti (storici o scientifici), ma da scelte, compiute su più che concetti, aspetti basilari delle teorie; 2) esprimono un essenziale pluralismo (due opzioni, ognuna con due scelte possibili); 3) danno luogo a quattro MTS; 4) includono in maniera essenziale il conflitto (incommensurabilità tra i diversi MTS), che già Koyré aveva visto tra IP e IA e che Kuhn aveva indicato genericamente; 5) danno luogo a tre storie: la storia soggettiva, quella percepita dai fisici che ignoravano le due opzioni; la storia oggettiva di tutte le misurazioni dirette o calcoli e ragionamenti inequivocabili che hanno determinato le due scelte; e da quella effettiva, di quando le due scelte sono cambiate effettivamente; 6) suggeriscono due frasi (già Koyré ne aveva individuato una coppia) che guidano la interpretazione storica soggettiva di una teoria di un dato MTS; 7) suggeriscono i concetti basilari che possono fungere da categorie per la storia soggettiva di una teoria di un dato MTS. Infine queste nuove categorie, essendo espressione dei reali fondamenti della fisica, possono indicare in che maniera avrebbe dovuto svolgersi la teoria, al di là della percezione teorica di coloro che l'hanno costruita. Cioè iniziano una storiografia ricostruttiva della storia della fisica.

Qui non possiamo passare ad interpretare la storia della BBT, che esprime in maniera essenziale il conflitto (punto 4) in fisica e in storia della fisica; un fatto complesso, che nel passato ha impedito che si arrivasse ad una sua interpretazione, ancorché approssimata, anche ricorrendo ad una filosofia semplificatrice, quale è il positivismo.

accordo anche con la filosofia della scienza (e l'inizio di meccanica alternativa a quella di Newton) di Leibniz, Gottfried Wielhelm (2003). *La riforma della dinamica* (Benevento: Helvetius, 2003).

¹³ Non ha potuto ignorare però la teoria che nella coscienza dei fisici è quella che più di tutte è basata su un problema, la chimica. A questa ha dedicato molto spazio; ma per sforzarsi di convincere il lettore che essa non cambia il paradigma newtoniano dominante; cioè, che essa costituisce una rivoluzione limitata all'ambito dei chimici.