

Introduzione

Questo studio presenta in modo sintetico a lettori non specialisti le idee e le pratiche scientifiche del periodo compreso tra la fine del Quattrocento e i primi anni del Settecento. Di questi due secoli si sono occupati, ormai da molti decenni, numerosi storici della scienza, dando differenti interpretazioni di un processo storico che è stato considerato la genesi di ciò che poi sarebbe divenuta la scienza moderna. La storia della scienza è stata a lungo dominata dalla ricerca nel passato di quegli elementi che successivamente sono stati confermati e sono divenuti parte della nostra scienza; sono state studiate quelle idee e quei personaggi che apparivano più “moderni”, mentre sono state ignorate ampie aree della scienza in quanto poco interessanti per i successivi sviluppi. Questa visione è oggi rifiutata da gran parte degli storici della scienza, i quali esaminano le idee e le pratiche scientifiche nel loro contesto storico, intellettuale e sociale, senza limitarsi alla considerazione delle scoperte e dei personaggi oggi più famosi. È ormai convinzione diffusa che lo studio della storia della scienza non possa prescindere dalla considerazione delle complesse relazioni intercorrenti tra la scienza e altri aspetti della vita intellettuale, religiosa e sociale di un'epoca.

Prima di affrontare, in modo necessariamente sintetico, una serie di questioni storiografiche su cui ancora è aperto il dibattito, è opportuno fare alcune precisazioni sul significato del termine *scienza* e dei suoi derivati nei due secoli di cui ci occupiamo. Nei secoli XVI e XVII, non esisteva un termine con cui indicare l'insieme delle attività che noi oggi definiamo *scienza*, né era in uso il termine *scenziato*, che fu impiegato solo a partire dall'Ottocento. Il termine latino *scientia* indicava un particolare tipo di conoscenza che, secondo la concezione aristotelica, era basata sul sillogismo e conduceva a conclusioni certe intorno a entità reali. Alcune discipline corrispondevano a quelle che nei secoli successivi divennero le discipline scientifiche a noi note: la medicina e, in misura minore, le matematiche, ma non la meccanica,

la chimica, la botanica e la zoologia, che solo lentamente, intorno alla fine del Seicento, acquisirono lo status di discipline autonome. Agli inizi dell'età moderna, i confini delle scienze con altri ambiti dell'attività umana erano ancora piuttosto indeterminati: numerose aree della conoscenza che oggi consideriamo a pieno titolo oggetto della scienza rientravano nelle competenze della teologia, della filosofia, della filologia, dell'antiquaria, o erano oggetto di conoscenze empiriche, prive di uno statuto conoscitivo definito. Coloro che praticavano le scienze non erano scienziati di professione, ma medici, cartografi, artigiani, ingegneri militari e civili, astrologi, professori universitari, membri dell'aristocrazia e del clero; vi erano inoltre nobili, uomini facoltosi, *virtuosi*, che, come ad esempio Robert Boyle, potevano dedicarsi alla scienza senza bisogno di svolgere alcuna attività lavorativa. Le corti, non meno delle università, ospitavano uomini dediti ad attività scientifiche: si trattava di ingegneri o tecnici, pagati dal principe per risolvere determinati problemi (controllo delle acque, ingegneria civile e militare), per costruire macchine destinate a usi pratici o da usare nelle feste e nei teatri. I primi casi di professionalizzazione della ricerca scientifica si ebbero con l'Académie des Sciences di Parigi, che garantiva uno stipendio ai suoi membri, ma ciò accadde solo negli ultimi tre decenni del Seicento. È quindi solo per comodità che qui faremo uso dei termini *scienza* e *scienziati*, consapevoli quindi dei rischi connessi con un'interpretazione anacronistica del loro significato.

Le origini della scienza moderna e i suoi rapporti con la scienza medievale e rinascimentale sono stati oggetto di vivaci discussioni, che implicavano non solo differenti concezioni di carattere storiografico, ma anche differenti interpretazioni della storia della scienza nel suo complesso, dei suoi rapporti con la filosofia e con la religione, nonché differenti concezioni del significato della conoscenza scientifica. L'idea di una sostanziale discontinuità tra la scienza moderna e la scienza delle epoche precedenti ha origini lontane: fu affermata già nel XVIII secolo da d'Alembert, che, nella voce *Expérimental* dell'*Encyclopédie* (1756), fece iniziare la nuova filosofia della natura con Francis Bacon e René Descartes – delineando un processo che, a suo avviso, raggiunse il culmine con Isaac Newton. Non dissimile fu il punto di vista del filosofo inglese William Whewell (1794-1866), che nella *History of Inductive Sciences* (1837) asserì che una nuova epoca nella storia della scienza ebbe inizio nel periodo compreso tra Copernico e Newton. L'opera di Galilei assume invece un carattere centrale nella ricostruzione delle origini della meccanica del fisico e filosofo Ernst

Mach (1838-1916), che presentò l'opera dello scienziato pisano come il modello di ciò che egli stesso considerava l'ideale di scienza. Galilei adattò i suoi pensieri ai fatti, ossia – come affermò Mach nella sua *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (“La meccanica nel suo sviluppo storico-critico”, 1883) – «non formulò una teoria della caduta dei corpi, ma osservò senza idee preconcepite il fatto del movimento di caduta».

Negli ultimi decenni del XIX e all'inizio del XX secolo, la conoscenza delle fonti della storia della scienza si era arricchita grazie all'opera di numerosi studiosi, in particolare, di Raffaello Caverni (1837-1900), di Giovanni Vailati (1863-1909), di Antonio Favaro (1847-1922) e di Pierre Duhem (1861-1916). Quest'ultimo mise a disposizione degli storici una straordinaria messe di informazioni, tratte in gran parte da manoscritti, sulla scienza medievale. Duhem, che, come Mach, fu anche scienziato e filosofo, non si limitò a fornire una nuova vastissima documentazione sulle scienze fisico-matematiche prima di Galilei, ma sostenne una tesi storiografica nota come l'interpretazione “continuista” della storia della scienza. A suo parere, i risultati cui erano giunti Copernico, Galilei e Descartes in astronomia, meccanica e matematica erano stati in gran parte conseguiti dai filosofi scolastici del Trecento. Galileo e Newton, secondo Duhem, non fecero altro che riscoprire quel che avevano già scoperto Giovanni Buridano e Nicola Oresme, per non citare che due dei protagonisti della scienza del XIV secolo, particolarmente cari a Duhem. La ricerca storica di Duhem, da cui sono scaturiti i tre volumi degli *Études sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu* (1906-13) e i dieci del *Système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (1913-54), fu dettata anche da ragioni di carattere religioso. Nell'individuare nei filosofi medievali del Trecento i precursori della scienza moderna, Duhem, che era un cattolico conservatore, nonché avversario delle idee illuministiche, voleva dimostrare che la filosofia scolastica non fu un ostacolo alla ricerca scientifica, ma anzi la stimolò.

A Mach e a Duhem si oppose lo storico della scienza e filosofo di origine russa Alexandre Koyré (1892-1964), che negli *Études galiléennes* (1939-40, ma la prima parte fu pubblicata nel 1935-36), interpretò la nascita della scienza moderna come una rivoluzione di carattere intellettuale, asserendo che, con Galileo, Descartes e Newton, si affermò una nuova concezione della natura, contraria a quella aristotelica, ossia la matematizzazione della fisica. Avversario delle concezioni positiviste, Koyré negò che la scienza moderna dovesse le proprie origini ad un accumulo di osservazioni e di nuovi fatti. Essa nacque da

una trasformazione di carattere concettuale, ossia dalla sostituzione delle concezioni platonica e archimedeica della scienza a quella aristotelica. Le cosiddette “anticipazioni” medievali di Duhem perdono così ogni rilievo nella ricostruzione fatta da Koyré. Il processo da cui è nata la fisica classica, secondo Koyré, consiste nello sforzo di geometrizzare lo spazio e di matematizzare le leggi della natura, mentre osservazioni ed esperimenti hanno un ruolo secondario. Poiché la rivoluzione scientifica è fatta derivare da un cambiamento dell’atteggiamento metafisico, ciò che assume significato non sono i fatti e le osservazioni accumulate, ma il modo d’interrogare la natura. Secondo Koyré, l’esperimento presuppone la scelta del linguaggio matematico col quale porre le domande e interpretare le risposte della natura. Koyré ha dato un contributo fondamentale alla comprensione del pensiero scientifico di alcuni dei principali scienziati del Seicento, in particolare di Galileo e Newton, ma, poiché ha attribuito una funzione centrale agli aspetti teorici della scienza, ha prestato poca o nessuna attenzione alle pratiche scientifiche, agli strumenti, alle istituzioni scientifiche. Egli inoltre ha posto al centro delle proprie indagini le scienze fisico-matematiche, prestando poca o nessuna attenzione alle altre discipline, quali la chimica, la botanica, la medicina, che non videro lo stesso processo di matematizzazione della natura, di cui invece, a suo parere, beneficiò la fisica. Gli studi di Koyré su Galileo, Descartes e Newton hanno esercitato un’enorme influenza su più generazioni di storici della scienza, in particolare sull’americano I. B. Cohen (1914-2003) e sull’inglese A. R. Hall, ambedue autori di numerosi studi su Newton. Nessuno di questi autori, né in genere coloro che si sono ispirati all’opera di Koyré, ha esaminato le idee scientifiche nel loro contesto sociale ed economico: si sono invece limitati alla considerazione del contesto intellettuale in cui operavano gli scienziati. Ma già negli anni trenta del Novecento erano apparsi studi che affrontavano la storia della scienza assumendo come oggetto non solo le teorie e gli esperimenti scientifici, ma soprattutto coloro che praticavano la scienza, la comunità e le istituzioni scientifiche, nonché il contesto sociale ed economico in cui essi operavano.

In una relazione al secondo congresso internazionale di Storia della Scienza, tenuto a Londra nel 1931, il fisico sovietico Boris Hessen (1883-1938) presentò una relazione dal titolo *The Social and Economic Roots of Newton’s Principia*, poi pubblicata nel volume dal titolo *Science at the Cross-Roads* (1931), contenente studi marxisti di storia della scienza. Hessen, richiamandosi alla concezione marxista della storia, fa derivare la meccanica newtoniana da fattori tecnologici, che a loro volta rimandano alle necessità del primo capitalismo. *Science at*

the Cross-Roads influenzò le ricerche di alcuni storici della scienza inglesi, in particolare del biologo e storico della scienza cinese Joseph Needham (1900-1995), che per primo ha operato un raffronto tra la scienza occidentale e quella cinese. Più sofisticati del saggio di Hessen, nonché basati su una maggiore conoscenza delle fonti della storia della scienza, sono gli studi di Edgar Zilsel (1891-1944), anch'egli di formazione marxista, pubblicati tra il 1940 e il 1945. Secondo Zilsel, la scienza moderna fu il prodotto della collaborazione dei filosofi con i cosiddetti artigiani superiori, che, in un'epoca in cui la divisione del lavoro era ancora poco sviluppata, erano attivi in vari campi delle arti, si dedicavano a opere d'ingegneria e risolvevano in termini sperimentali i problemi tecnici posti in vari ambiti, dalle fortificazioni alla lavorazione dei metalli, dalla navigazione alla costruzione di strumenti. Gli artigiani stabilirono una collaborazione con gli umanisti e si avviò un superamento della tradizionale divisione tra arti liberali e arti meccaniche. L'ascesa sociale degli artigiani è possibile – secondo Zilsel – quando lo sviluppo del capitalismo e la competizione economica rompono la tradizione corporativa, consentendo all'artigiano che ha introdotto qualche innovazione tecnologica o commerciale di emergere e di assumere una posizione sociale superiore, di artigiano capitalista. Tra questi artigiani matura l'idea della scienza come attività basata sulla collaborazione e finalizzata all'utilità, ideali assenti nella cultura umanistica. Tuttavia l'indubbia importanza del ruolo degli artigiani non può, a nostro avviso, far sottovalutare il contributo degli umanisti alla scienza.

Movendo da presupposti estranei al marxismo, ma ispirandosi all'opera di Max Weber (1864-1920) e di Ernst Troeltsch (1865-1923), il sociologo americano Robert K. Merton produsse uno studio statistico e prosopografico della scienza inglese del Seicento, intitolato *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (1938); un saggio che ha segnato in modo profondo lo studio delle origini della scienza moderna, in particolare della scienza inglese. Partendo dalla concezione di Max Weber (espressa nella famosa *Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus*, "L'Etica protestante e lo spirito del capitalismo", 1904-05), secondo la quale l'etica protestante stimolò la nascita del capitalismo, Merton mise in luce il ruolo fondamentale del puritanesimo nell'affermazione della scienza come istituzione sociale. I puritani giustificavano la scienza per la sua utilità sociale ed erano convinti che le scoperte e le innovazioni tecnologiche potessero accrescere la felicità dell'uomo, permettendo a coloro che ad esse erano dediti di raggiungere la piena consapevolezza del loro stato di grazia. Tra i numerosi meriti del lavoro di Merton vi fu

quello di contribuire all'abbandono della convinzione che il rapporto tra scienza e religione nella storia si manifesti necessariamente in termini di conflitto.

Dopo Merton, i rapporti tra scienza e protestantesimo sono stati studiati da vari storici, in particolare da R. Hooykaas (1906-1994) e da Charles Webster. Quest'ultimo ha dimostrato che durante la Rivoluzione puritana si stabilì una stretta connessione tra progetti di riforma sociale e religiosa, che attribuivano una funzione centrale alla scienza sperimentale. Nella *Great Instauration* ("La grande instaurazione", 1975, seconda ed. 2002) Webster non si è limitato a mettere in luce il ruolo propulsivo svolto dai puritani, ma ha mostrato il legame esistente tra le concezioni millenaristiche diffuse tra i puritani e gli ideali scientifici di Paracelso e Bacone. In un'epoca in cui era diffusa la convinzione che la civiltà cristiana stesse avvicinandosi alla fine, la Rivoluzione puritana era concepita come un periodo nel quale era possibile realizzare un nuovo Paradiso in Terra – un paradiso alla cui realizzazione contribuiva anche la scienza, con le sue applicazioni a finalità pratiche. All'escatologia millenaristica si legò, secondo Webster, la consapevolezza che la rinascita del sapere fosse ormai imminente; la restaurazione delle conoscenze perdute con la Caduta richiedeva l'abbandono della filosofia scolastica e l'adozione di una filosofia che ripristinava il dominio dell'uomo sulla natura. A tal fine, la scienza sperimentale baconiana e la medicina paracelsiana furono adottate dai puritani nella loro opera di riforma del sapere.

Grazie a Walter Pagel (1898-1983), in particolare ai suoi studi su Paracelso, van Helmont e Harvey, l'importanza delle idee religiose nella scienza e nella medicina è ormai generalmente riconosciuta, ed è parimenti riconosciuta l'importanza agli inizi dell'età moderna di idee di carattere metafisico e di concezioni magiche, che una visione condizionata dal positivismo aveva considerato estranee alla scienza. Gli studi di Frances A. Yates (1899-1981) e di Eugenio Garin (1909-2004) sul Rinascimento, e quelli di Paolo Rossi su Francis Bacon e metodologie differenti, hanno mostrato che magia e scienza sperimentale, alchimia e chimica, astrologia e astronomia non erano tra loro contrapposte e incompatibili, e hanno messo in luce le interazioni esistenti tra queste discipline.

In anni recenti, il modo di guardare al ruolo della Chiesa romana nella scienza è notevolmente mutato. Sebbene non sia possibile minimizzare la portata di eventi drammatici come il processo e la condanna di Galileo Galilei e il controllo delle autorità ecclesiastiche sulla cultura scientifica e filosofica nell'Europa cattolica, è ormai chiaro che la funzione della Chiesa cattolica non possa essere considerata solo in

termini di ostacolo allo sviluppo delle scienze. Numerosi studi hanno esaminato i contributi dei gesuiti, mostrando che i membri della Compagnia di Gesù non furono solo i fieri avversari della cosmologia copernicana, ma nei loro collegi diedero ampio spazio alle matematiche, condussero ricerche di fisica sperimentale, così come accurate osservazioni astronomiche. Posto che il ruolo dei collegi gesuiti era di carattere soprattutto educativo, gli scienziati che fecero parte della Compagnia di Gesù non furono i sostenitori di una cultura scientifica attardata, né rimasero estranei alle ricerche scientifiche allora correnti. Ottica, magnetismo, acustica, elettricità e meteorologia furono tutte discipline cui gli scienziati gesuiti diedero rilevanti contributi sperimentali.

A partire dagli anni settanta del xx secolo, si è andata affermando, ed è oggi molto diffusa soprattutto in Gran Bretagna e negli Stati Uniti, una nuova versione della sociologia della scienza, che ha integrato la sociologia della conoscenza della prima metà del secolo con un insieme di elementi piuttosto eterogenei, inclusa la filosofia di Ludwig Wittgenstein, l'antropologia culturale e l'interpretazione delle rivoluzioni scientifiche di Thomas S. Kuhn (1922-1996). La fortunatissima *Structure of Scientific Revolutions* ("La struttura delle rivoluzioni scientifiche", 1962) di Thomas S. Kuhn ha contribuito in modo significativo a diffondere l'interpretazione sociologica della storia della scienza. Secondo Kuhn, questa non si sviluppa né in modo lineare né in modo cumulativo, ma è un processo nel quale hanno luogo fasi di ricerca "normale" e rivoluzioni. Queste ultime sono interpretate come la sostituzione di un paradigma scientifico a un altro, laddove, per paradigma è da intendersi l'insieme di teorie, concezioni filosofiche e metodologiche che guidano la ricerca degli scienziati. Nella concezione kuhniana della scienza, in particolare della scienza normale, i fattori sociali assumono una funzione rilevante, anche se occorre precisare che Kuhn non condivise le conclusioni cui era giunta la sociologia della conoscenza. La nuova sociologia della scienza, nel suo programma "forte", sostiene che la scienza è una costruzione sociale, e non solo le pratiche, ma anche le teorie scientifiche e gli esperimenti sono determinati da fattori interpretabili in termini sociologici, ossia sono il prodotto di negoziazioni interne alla comunità scientifica e tra quest'ultima e le varie forme del potere ad essa esterne. Nel *Leviathan and the Air-Pump* ("Il Leviatano e la pompa ad aria", 1985), uno dei più noti studi sociologici di storia della scienza moderna, Stevin Shapin e Simon Schaffer spiegano l'affermazione della filosofia sperimentale nell'Inghilterra del Seicento non per il suo maggior potere euristico rispetto ad altre modalità di indagine della natura, come ad esempio quella rappresentata da Hobbes, ma perché, affermando la

superiorità dei dati di fatto sulle discussioni di carattere teorico, essa consente la produzione e la protezione di un ordine sociale, quello che andava stabilendosi con la Restaurazione del 1660. La conclusione cui giungono i due autori è che le soluzioni dei problemi relativi alla conoscenza sono anche soluzioni di problemi dell'ordine sociale. Shapin e Schaffer hanno utilmente contribuito a superare una visione ingenua della nascita della scienza moderna, l'idea per la quale la scienza sperimentale si affermò in quanto era in grado di comprendere i fenomeni naturali meglio delle filosofie rivali. La complessità delle ragioni di carattere politico, sociale e religioso che contribuirono all'affermazione dello sperimentalismo non può sfuggire ad un'indagine storica che non consideri cosa ovvia la superiorità del metodo sperimentale, anche se essa può apparire tale ai nostri occhi. Il ricorso all'esperimento nello studio della natura era tutt'altro che scontato per i contemporanei di Robert Boyle, che infatti dedica molta parte del proprio lavoro a convincerli dell'utilità della filosofia sperimentale con argomenti di varia natura, non ultimi quelli di carattere teologico.

Il riconoscimento dei meriti della sociologia della scienza più recente non ci esime dal presentare due obiezioni di carattere generale. La prima è che la nuova sociologia della scienza presuppone che la scienza del Seicento fosse un insieme ben definito di pratiche e di conoscenze e che si possa parlare di coloro che all'epoca praticavano la scienza in termini di comunità scientifica, adottando un modello che vale solo per epoche recenti. Nel Seicento, i confini tra scienza ed altre attività erano molto labili e anche le società scientifiche erano assai lontane dal somigliare alle moderne comunità di ricercatori. La seconda concerne la teoria più generale della conoscenza che sottostà alla nuova sociologia della scienza, ossia la teoria per la quale la conoscenza è un prodotto sociale. Non vogliamo negare il fatto che determinate teorie si affermino o non si affermino perché compatibili o meno con ragioni di carattere sociale, politico o economico, ma la loro genesi difficilmente, a nostro avviso, può essere ridotta a fattori sociali. Piuttosto, nella produzione delle conoscenze scientifiche si stabilisce una complessa interazione tra fattori cognitivi e sociali, così come tra quelle che si definiscono forme di vita, credenze religiose, idee filosofiche e argomentazioni di carattere logico.

Per concludere, ci sembra opportuno fare alcune osservazioni su una disputa che a noi sembra piuttosto sui nomi che sulle cose: l'esistenza o meno della rivoluzione scientifica. Occorre innanzitutto stabilire se vi fu una rottura della scienza dell'età moderna con la scienza del passato e, se questa ebbe luogo, quali caratteristiche presentò e quali

aree coinvolse. A noi sembra che la questione non possa essere affrontata in termini generali, ma vada riferita a specifici ambiti della scienza. Le rotture con il passato non furono sempre così radicali come comunemente si ritiene che sia avvenuto con l'astronomia copernicana, ma in altre aree, in particolare nella medicina e nella chimica, i mutamenti avvennero in modo assai più graduale.

Quanto alle definizioni più diffuse di "rivoluzione scientifica", alcune delle quali abbiamo già considerato nella rassegna storiografica, occorre esaminare se sono in grado di render conto di ciò che accadde nei due secoli di cui questo libro si occupa. Se si definisce la rivoluzione scientifica come l'affermazione della matematizzazione della natura, allora essa non può valere che per una limitata porzione della scienza del XVI e XVII secolo. La matematizzazione fu certamente rilevante nella meccanica e nell'ottica, ma lo fu molto meno in discipline come la chimica, la medicina e la botanica. Se invece la rivoluzione nella scienza è associata all'emergere del metodo sperimentale, questa nozione è ugualmente incapace di render conto degli eventi, in quanto in non pochi ambiti della scienza l'indagine sperimentale ebbe un ruolo marginale. Ne sono un esempio le teorie della materia e le scienze della vita, dove il pur non insignificante apporto di dati sperimentali non fu in grado di dirimere dispute su temi, come l'esistenza degli atomi o la generazione, che implicavano differenti concezioni filosofiche e religiose.

Ci sembra invece preferibile ricostruire i mutamenti nella scienza, nonché le reazioni alle innovazioni, collocandoli nei vari contesti intellettuali, religiosi e sociali e facendo a meno di categorie che hanno spesso impedito di cogliere la complessità dei fenomeni storici in questione. È nostra convinzione che non vi fu un processo lineare di sviluppo delle scienze fondato su *un* metodo o su *un'unica concezione della natura*, ma che il cammino delle scienze fu assai tortuoso e condizionato da un insieme eterogeneo di fattori, incluse idee metafisiche e religiose che oggi potrebbero apparire incompatibili con la scienza.