

13
anno 5
aprile
1991

“I Viaggi di Erodoto”, rivista di cultura storica edita da Bruno Mondadori dal 1987 al 2001 sotto la direzione di Alberto De Bernardi (nel comitato scientifico, tra gli altri, Scipione Guarracino, Antonio Brusa, Marcello Flores), ha rappresentato nel tempo un punto di riferimento per il dibattito storico, l’aggiornamento storiografico, uno strumento “alto” di dialogo continuo tra storia esperta e storia insegnata.

Vogliamo qui riproporre il meglio di questo grande cantiere delle idee, scegliendo tra i moltissimi saggi, interviste, dossier, quello che ancora oggi è vitale, materiale prezioso su cui continuare a riflettere e a interrogarsi.

da “i viaggi di erodoto”

La dominante tecnologica della cultura occidentale non è caratteristica solo del mondo moderno, ma si comincia a intravedere all’inizio del Medioevo ed è chiara alla fine. Con questa tesi White ripercorre le tappe dell’evoluzione tecnologica e del pensiero scientifico occidentali leggendole in un *continuum* evolutivo che caratterizza la specificità – paragonabile a quella riconosciuta in campo giuridico e istituzionale – della nostra tradizione.

Le radici medievali della scienza e della tecnologia moderna

di Lynn White jr.

Il saggio di White, dal titolo originale *The Medieval Roots of Modern Technology and Science*, è stato tratto da *Medieval Religion and Technology. Collected Essays*, pubblicato nel 1978 da University of California Press.

Traduzione in italiano di Alberto Cristofori

Per quelli di noi che sono cresciuti all’interno del cerchio magico della civiltà occidentale, la parte più preziosa della nostra tradizione è costituita dai diritti civili e dalle loro garanzie giuridiche parlamentari. Dai tempi del vescovo Stubbs non è una novità il fatto che questi siano in gran parte i frutti dell’eredità medievale, anche se gli studi successivi hanno molto ampliato e in un certo senso de-anglosassonnizzato il nostro punto di vista su questi problemi.

Cosa vedono però come veramente caratteristico e apprezzabile un siriano, un nigeriano o un birmano quando guardano all’Occidente? Di che cosa soprattutto vogliono appropriarsi, per se stessi e per la loro società? In genere non della democrazia par-





lamentare, benché con il crollo dei loro vecchi regimi ne abbiano assunte le forme esteriori, *faute de mieux*. Ciò che vogliono è la nostra tecnologia, e in secondo luogo la scienza naturale che, secondo quanto noi sosteniamo, è alla base di quella tecnologia. La capacità di una società industriale di produrre beni e di mettere fine alla spaventosa povertà del mondo non-occidentale; la sua capacità di produrre le armi che nella nostra folle epoca sono i mezzi necessari a un gruppo per auto-stimarsi – questi, per i non-occidentali, sono i segni caratteristici dell'occidentalizzazione. La Russia a partire da Pietro il Grande, il Giappone dopo la Restaurazione Meiji, dimostrano loro che la democrazia è solo un'usanza dell'Occidente, mentre la tecnologia e la scienza sono l'essenza del suo potere.

In queste pagine ci occupiamo del nuovo modo di vedere il Medioevo e dei nostri rapporti storici con esso. Perché parlare di tecnologia e scienza, dunque? È opinione comune che il Medioevo era un'epoca di fede, che quindi dev'essere stata restia a mostrare interesse verso tutto ciò che legittimamente possa chiamarsi scienza, e che la sua tecnologia era statica e trascurabile. La rivoluzione scientifica del XVII secolo e la rivoluzione industriale del XVIII furono l'antitesi di tutto ciò che era medievale. «Dio disse “Sia fatto Newton” e la luce fu». Per quanto riguarda James Watt, ai poeti non è mai venuto in mente che Dio potesse aver avuto a che fare con lui, ma questo atteggiamento non sembra aver ridotto la sua efficacia. In quel momento, Dio sembrava in ogni caso una specie di rifugiato dal Medioevo in pezzi.

Gli assiomi, in ogni caso, sono in movimento. Oggi, e da circa sessant'anni, la scienza medievale è stata oggetto di un'analisi sempre più intensa, e negli ultimi due decenni abbiamo cominciato a dare un'occhiata anche alla tecnologia medievale, con risultati inattesi. Ci resta ancora molto da imparare, ma siamo già arrivati a un punto in cui comincia a emergere un nuovo quadro. Ciò che cominciamo a vedere è una continuità negli aspetti scientifici e tecnologici della nostra cultura, pienamente paragonabile a quella riconosciuta in campo giuridico e istituzionale.

Ogni discussione sulla continuità e sul cambiamento corre gravi rischi di dar vita a false dicotomie. Coloro che sottolineano il cambiamento a volte sembrano dimenticare che ci vuole un fiume per fare una cascata, oltre che un dislivello da superare. Coloro che tendono a soffermarsi sulla continuità sono così incantati dal fiume che trascurano il dislivello. Il modo migliore per evitare questi errori è di fare una distinzione tra *cambiamento* e *discontinuità* nella storia culturale. La discontinuità si verifica quando un elemento o un insieme di elementi vengono assunti in una cultura dall'esterno e quando questa assunzione altera profondamente lo svolgimento di una determinata attività nella cultura stessa. Fin da tempi antichissimi esistevano miniere d'argento in Perù e di rame in Katanga. Ma quando gli spagnoli, nel Cinquecento, introdussero gli esperti ingegneri minerari europei per sfruttare i tesori delle Ande, e quando l'*Union Minière* fece la stessa cosa in Africa centrale all'inizio del nostro secolo, le attività minerarie andine e congolesi subirono dei mutamenti tali che gli eventi devono essere considerati in termini di discontinuità. Viceversa, gli ingegneri che si recarono a Potosì e poi a Kolwezi quattro secoli dopo, benché i loro metodi fossero largamente diversi, appartenevano alla tradizione della tecnologia mineraria europea, in cui si era verificato un grande cambiamento ma nessuna discontinuità. Al contrario della discontinuità causata dall'inserimento di elementi esterni, il cambiamento che si sviluppa all'interno di una tradizione è una prova evidente della continuità di quella tradizione.

Fino a poco tempo fa, la cronologia della tradizione tecnologica occidentale è stata completamente malintesa. Fin dall'alto Medioevo le zone dell'Europa legate alla chiesa cattolica cominciarono a mostrare un dinamismo tecnologico superiore a quello delle culture bizantina e islamica, in genere più sofisticate.¹

¹ A meno di indicazioni diverse, un sostegno dettagliato alla seguente discussione sulla tecnologia si trova nel mio *Medieval Technology and Social Change*, Oxford 1962, (trad. it. *Tecnica e società nel Medioevo*, Il Saggiatore, Milano 1967). La miglior guida alla scienza medievale resta G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, 3 voll. in 5, Baltimora 1927-48, con un indice molto accurato.



Cominciando nel VI secolo e continuando ad accumularsi fino alla fine del IX, una serie di innovazioni collegate l'una all'altra portarono a una rivoluzione delle tecniche agricole nell'Europa settentrionale. Queste innovazioni furono l'aratro pesante, il sistema dei campi aperti, la rotazione triennale delle colture, un nuovo tipo di giogo per i cavalli consistente in un collare rigido con trelle laterali e infine i ferri di cavallo chiodati. Alcune di queste innovazioni possono essere state introdotte dall'Asia centrale, ma nel complesso sembra che siano state indigene, così come la loro integrazione a formare un sistema di coltivazione coerente. Per ragioni climatiche, le nuove tecniche agricole in genere potevano essere applicate solo a nord della Loira e delle Alpi. Al tempo di Carlo Magno gli effetti della nuova produttività sui contadini settentrionali erano notevoli e, di fatto, ci aiutano a capire lo spostamento del centro dell'Europa dalle coste del Mediterraneo alle grandi pianure del nord, dove è poi sempre rimasto. Nell'XI secolo, il *surplus* di prodotti, senza precedenti, si rifletté in un rapido aumento della popolazione. Dovunque nascevano nuove città e le vecchie allargavano le mura per difendere i quartieri periferici che sorgevano. Il ritmo delle manifatture, del commercio, della finanza, si fece più rapido ed emerse un nuovo modello di vita urbana e borghese.

La coltivazione del suolo è stata fino a poco tempo fa la principale attività umana. Ora ci rendiamo conto che l'alto Medioevo produsse, nel nord, un nuovo tipo di agricoltura che, in termini di lavoro umano, era più produttivo di quello di qualunque altra società umana dell'epoca. Questo fatto chiarisce molti problemi. Nel nuovo contesto economico si possono capire, per esempio, le grandiose, enormi spese sostenute per le cattedrali gotiche.

Anche nella tecnologia bellica l'Occidente prese l'iniziativa all'incirca nell'VIII secolo. Tra il 730 e il 740 si verificò una netta discontinuità nella storia della tecnica bellica europea, causata dall'introduzione, dall'India attraverso la Cina, della staffa. La staffa è un elemento curioso nella storia della tecnologia, perché è facile da fare e costa poco, ma determina grossi cambiamenti rispetto a ciò che un guerriero può fare a cavallo. Finché un uomo è mantenuto in sella dalla pressione delle proprie ginocchia, può maneggiare una lancia solo con la forza delle proprie braccia. Ma quando il supporto laterale delle staffe si aggiunge al sostegno anteriore e posteriore del pomello e dell'arcione della sella pesante, cavallo e cavaliere diventano una cosa sola. Adesso il cavaliere può – ma non deve, si noti – mettere la lancia in resta tra il braccio e il busto. Il colpo viene vibrato non più con la forza muscolare di un uomo ma piuttosto dall'impeto di un destriero alla carica e del cavaliere. La staffa quindi rese possibile la sostituzione della forza umana con la forza animale. Essa fu la base tecnologica dello scontro a cavallo, la tipica tecnica di combattimento occidentale nel Medioevo.

La violenza dell'attacco aumentò immensamente e tutti i popoli in diretto contatto con la cristianità occidentale furono costretti ad adottare per la propria difesa la nuova tecnologia militare franca, poiché, come dovette tristemente ammettere la principessa bizantina Anna Comnena, «un franco a cavallo è invincibile». ² Per dare solo un esempio di questa diffusione: verso l'anno 1000, allo scopo di proteggere la gamba sinistra del cavaliere, gli occidentali avevano allungato lo scudo rotondo, dandogli la forma di un aquilone con la punta rivolta verso il basso. Nel 1066 questo si trova a Bisanzio ³ e nel 1085 al Cairo. I musulmani di Spagna lamentavano amaramente che le esigenze militari li avevano costretti ad adottare la lancia in resta e la pesante armatura cristiana e a dotare la loro fanteria di balestre che, come Anna Comnena, essi consideravano un'invenzione dei franchi e che avevano lo scopo di perforare la pesante corazza resa necessaria dagli scontri a cavallo.

² *Alexiad*, trad. E. Dawes, Londra 1928, p. 342.

³ In *Medieval Technology*, p. 35 (trad. it. p. 46), ho datato l'adozione dello scudo a forma di aquilone da parte dei bizantini circa 1100. Per la data 1066, basata su British Museum, Cod. add. 19352, fol. 87v, cfr. *Late Classical and Medieval Studies of Albert Mathias Friend, jr.*, a c. di K. Weitzmann, Princeton 1955, p. 190, Pl. XXII, 2.



L'Occidente medievale, allora, sviluppò non solo il sistema agricolo più produttivo, ma anche la tecnologia militare più efficace del tempo. [...]

La cosa più strana di questo sviluppo è che i franchi erano l'ultimo popolo di cavalieri dell'Eurasia a ricevere la staffa, eppure furono i primi a capire e a sfruttare appieno le sue implicazioni sul piano della tecnica bellica. Sembrerebbe che in Occidente ci sia stato un grado di apertura alle innovazioni maggiore di quello che possiamo trovare in società più complesse, e forse meno turbolente, come quella bizantina, islamica, indiana o cinese dell'epoca.⁴

La dimostrazione più interessante di avventurosa tecnologia nell'Occidente medievale fu però l'elaborazione di macchine a motore e di congegni per risparmiare lavoro nelle manifatture. Il mulino ad acqua apparve all'inizio del I secolo a.C., ma finora non abbiamo la prova sicura che nell'antichità, a Bisanzio o nei paesi musulmani fino a epoche molto recenti, l'energia dell'acqua o del vento venisse applicata a un qualsiasi procedimento industriale che non fosse la macinazione del grano. I cinesi fecero qualche progresso in questa direzione, ma il Vicino Oriente, come l'India, sembra essere rimasto molto vicino al livello dei romani nell'utilizzazione dell'energia e della manodopera.

Verso l'anno 1000 si verifica un sommovimento nell'industria dell'Occidente. Un congegno rudimentale ma nuovo, delle camme sull'albero di una ruota ad acqua, aziona delle follatrici meccaniche nell'industria tessile e dei martelli che battono per forgiare il ferro. Nessuno ha ancora passato in rassegna il materiale disponibile, correggendo gli errori e individuando le esagerazioni, ma quando questo lavoro sarà fatto la nostra visione della storia economica europea cambierà profondamente. Alla fine del XII secolo questa semplice macchina era diffusissima.

Il mulino a vento ad asse orizzontale fu inventato sulle coste del Mare del Nord poco dopo il 1180. Un precedente modello ad asse verticale si trova nell'Afghanistan meridionale, forse ispirato dai cilindri della preghiera tibetani, azionati dal vento,⁵ ma era poco efficiente, ed ebbe scarsa diffusione anche nei paesi musulmani. Il mulino a vento, come noi lo conosciamo, è un'invenzione del Medioevo occidentale che aumentò grandemente le risorse energetiche nei paesi pianeggianti, dove le correnti dei fiumi erano troppo deboli per un buon mulino ad acqua e una diga avrebbe inondato troppo terreno fertile.

Verso il 1235 emerge un'altra idea. Il taccuino di Villard de Honnecourt mostra lo schizzo della prima macchina industriale che comporta due movimenti correlati e completamente automatici. Si tratta di una sega ad acqua che, oltre a segare, è fornita di un meccanismo automatico per mantenere il pezzo di legno premuto contro la sega.⁶ Ciò riflette la mentalità che nel corso del secolo successivo produsse il meccanismo incredibilmente sofisticato dell'orologio meccanico a pesi, culminando nel 1364 con il completamento del planetario di Giovanni Dondi a Pavia.⁷

I secoli XIV e XV svilupparono nuove applicazioni delle macchine a motore, specialmente i mantici automatici per aerare le fornaci, e una grande varietà di congegni per tornire, polire, curvare e affilare nelle industrie per la lavorazione dei metalli. Alla fine del XV secolo, le città delle zone più industrializzate d'Europa erano piene di artigiani che lavoravano, sembra, in piccoli negozietti; ma – in completo contrasto con l'Oriente – lavoravano abitualmente con macchine mosse dalle forze naturali e non solo dall'energia umana.

Dobbiamo riconsiderare ciò che intendiamo con la rivoluzione industriale del XVIII secolo. La sua caratteristica non fu l'invenzione delle macchine a motore. Probabilmente il suo carattere essenziale fu la nascita di fabbriche di una certa dimensione, le quali

4 Ho analizzato alcune delle ragioni di questo contrasto in *What Accelerated Technological Progress in the Western Middle Ages?* in *Scientific Change*, a c. di A.C. Crombie, New York, 1963, pp. 272-291.

5 Vedi il mio *Tibet, India and Malaya as Sources of Western Medieval Technology*, in «*American Historical Review*», LXV, 1959-60, pp. 515-526, inizio capitolo 3.

6 *The Sketchbook of Villard de Honnecourt*, a c. di T. Bowie, Bloomington Ind. 1959, Pl. 58.

7 G. Dondi dall'Orologio, *Tractatus Astrarii*, a c. di A. Barzon, E. Morpurgo, A. Petrucci e G. Francescato, Città del Vaticano 1960.



furono rese necessarie dal fatto che, dopo sette secoli di continuo sviluppo, le macchine a motore avevano raggiunto dei costi e dei livelli di complessità e di differenziazione tali da rendere necessaria la concentrazione. Ma è evidente che questa non è una discontinuità storica, bensì un'innovazione organizzativa generata dall'interno. La mia idea fondamentale, quindi, è che la dominante tecnologica della cultura occidentale non è caratteristica solo del mondo moderno: essa si comincia a intravedere all'inizio del Medioevo ed è chiara alla fine.

È diventato un luogo comune l'affermazione che la cosa più importante della tecnologia moderna non sono le invenzioni, bensì «l'invenzione dell'invenzione». C'erano inventori anche nell'antichità, e tra i greci in particolare c'era un interesse considerevole – benché spesso mitologizzante – per l'origine di alcune innovazioni specifiche. Ma non ho trovato nell'antichità alcuna indicazione dell'idea di invenzione come impresa generale rivolta al futuro piuttosto che come sforzo per risolvere problemi particolari.

La nozione moderna di invenzione come movimento totale per l'innovazione trova espressione per la prima volta in un famoso passo di Ruggero Bacone, scritto probabilmente intorno al 1260, in cui egli anticipa un mondo di navi a motore, automobili, aeroplani e sottomarini. Inoltre, quando consideriamo gli ultimi anni del XIII secolo, con l'invenzione degli occhiali e l'emergere del filatoio con le testimonianze di almeno due gruppi di uomini che lavorano per ottenere il moto perpetuo, e un chierico inglese che ci spiega (1271) come costruire un orologio meccanico, ammettendo però che purtroppo non tutti i difetti del meccanismo sono ancora stati eliminati, dobbiamo forzatamente concludere che frate Ruggero non era solo nella sua visione di un progresso tecnico pianificato.

Invero, la rapidità con cui le novità si diffondevano indica una diffusa disponibilità ad accogliere tutto ciò che era utile. La bussola proveniente dalla Cina – attraverso l'Asia centrale e non attraverso l'Islam, a quanto pare – raggiunse l'Occidente proprio alla fine del XII secolo. Nel 1218 Jacques de Vitry la considerava essenziale per ogni navigazione marittima, e sette anni dopo era abitualmente usata in Islanda. Ma prima del 1232-33 non si trova nessun riferimento alla bussola nel mondo musulmano, il che sembrerebbe indicare una minore ricettività dell'Islam. Un esempio di rapida diffusione ancora più spettacolare è il mulino a vento. Il primo sicuramente datato si trova nello Yorkshire nel 1185, ma sette anni dopo i crociati tedeschi avevano costruito il primo mai visto in Siria. Nel giro di pochi decenni era diventato un elemento normale del paesaggio in quasi tutta Europa. Quando, verso il 1322, un cronista inglese può attribuire la deforestazione dell'Inghilterra in parte alla ricerca dei lunghi tronchi necessari per le pale dei mulini a vento,⁸ siamo ovviamente di fronte a un'epoca desiderosa di sfruttare l'energia meccanica.

C'è la persistente opinione che prima della rivoluzione industriale vi fosse una diffusa ostilità ai cambiamenti tecnologici, soprattutto da parte delle corporazioni. La versione popolare di questo luogo comune cita l'aneddoto di Svetonio che racconta come Vespasiano rifiutasse di impiegare un argano che avrebbe risparmiato fatica perché ciò avrebbe causato disoccupazione tra la plebe romana, continua con la (assolutamente inefficace) proibizione del Concilio Laterano Secondo del 1139 di usare la balestra quando si combatteva contro altri cristiani e finisce generalmente con i primi operai tessili dell'epoca moderna che fracassavano le macchine tessili. Dobbiamo se possibile correggere questa specie di discesa lungo i secoli. Non abbiamo ancora una storia sicura degli atteggiamenti verso il cambiamento tecnologico. Come risultato di scoperte casuali, però, credo al momento che nel Medioevo non ci fosse alcuna opposizione alle novità che sembravano utili a chi lavorava nel campo interessato. Il clero del XII secolo poteva bandire la balestra e due secoli dopo poteva scuotere benigne tonsure sulle sataniche qualità della polvere da sparo; ma gli uomini il cui lavoro consisteva nell'usare le armi adoperavano le più efficaci che riuscivano ad avere.

8 W. Dugdale, *Monasticum Anglicanum*, 2ª ed., Londra 1682, p. 816.



Le corporazioni erano costituite da abili artigiani interessati a un'efficace produzione e perfettamente consapevoli che, se non avessero adottato un nuovo meccanismo valido, il loro commercio estero avrebbe ben presto perso mercati a vantaggio della corporazione della città vicina, che aveva permesso di usarlo. Di fatto, il cambiamento tecnologico causava spesso grandi crisi dell'industria, ma non era osteggiato. In uno studio classico, E.M. Carus-Wilson⁹ ha mostrato che nell'Inghilterra del XIII secolo la sostituzione della follatura a mano con la follatura meccanica portò allo spostamento del cuore del settore manifatturiero tessile inglese dalla parte sud-orientale dell'isola a quella nord-occidentale, più accidentata, dove l'energia idrica era più facilmente disponibile. Quando il filatoio apparve in Europa per la prima volta, verso la fine del XIII secolo, deve aver provocato disoccupazione tra coloro che fornivano filo ai tessitori. Eppure, la prima volta che il registro di una corporazione menziona il filatoio, a Speyer, verso il 1280, non lo proibisce, bensì semplicemente vieta di usare il filo così prodotto nell'ordito (in quanto distinto dalla trama), probabilmente perché esso non era ancora forte come quello prodotto nella vecchia maniera. Lo scopo era quindi di salvaguardare la qualità dei tessuti.

La mia impressione è che si possa trovare una scarsissima opposizione ai cambiamenti industriali da parte delle corporazioni prima del XVI secolo, e che quando essa alla fine si manifestò fu perché la velocità del progresso tecnologico era diventata così rapida che stava comparando un nuovo sistema industriale, la struttura delle corporazioni stava svanendo ed esse lottavano per la propria sopravvivenza.

Lottavano invano, bisogna aggiungere. [...] Finché le corporazioni furono una parte della società medievale, furono abbastanza forti da accettare il cambiamento tecnologico. Esse tentarono di bloccare il cambiamento solo quando persero i contatti con il nuovo ordine economico e la loro struttura diventò obsoleta.

Finora ho parlato poco della scienza medievale. Nel XX secolo scienza-e-tecnologia costituiscono quasi una parola sola, e scienza ha il primato, nella nostra testa. Noi pensiamo alla tecnologia come a un'applicazione della scienza.

La situazione nel Medioevo era completamente diversa. Da ciò che ho detto, è chiaro che la supremazia tecnologica dell'Occidente precede di molti secoli la supremazia scientifica. Inoltre non si può dimostrare che le conquiste e i problemi tecnologici abbiano avuto una grande influenza diretta sullo sviluppo della scienza medievale, mentre le scoperte scientifiche non interessavano lo sviluppo tecnologico.

La storia della tecnologia europea, dai primi tempi a oggi, è una storia di costante cambiamento ma nel complesso senza discontinuità, neanche ai tempi del crollo dell'Impero romano d'Occidente. L'unica notevole discontinuità in un campo tecnologico specifico fu quella nell'arte della guerra dell'VIII secolo, causata dall'arrivo della staffa. Neanche lo sviluppo delle armi da fuoco all'inizio del XIV secolo provocò un cambiamento così rapido nello stile di combattimento, e in ogni caso i cannoni potrebbero essere stati un prodotto indigeno dell'Europa.

La storia della scienza occidentale, d'altra parte, ha un andamento molto più irregolare. Non c'è nulla, nell'alto Medioevo occidentale, che noi chiameremmo «scienza». I romani erano straordinariamente insensibili alle conquiste della scienza greca e tradussero in latino pochi dei testi greci.¹⁰ Quando la conoscenza della lingua greca in Occidente decadde, la scienza crollò al di sotto del livello orientale. Verso l'anno 1000, Gerberto d'Aurillac (Papa Silvestro II), il più vivace studioso del suo tempo nel mondo latino, era interessato alla scienza e faceva del suo meglio,¹¹ ma il livello della sua cultura scientifica era veramente patetico.

⁹ *An Industrial Revolution of the Thirteen Century*, in «Economic History Review», XI, 1941, pp. 39-60; cfr. ibidem, 2° ser., III, 1950-51, pp. 342-343.

¹⁰ L'eccellente studio di B.H. Stahl, *Roman Science*, Madison Wis. 1962, p. 251, afferma che «la maggior parte delle manifestazioni di basso livello scientifico e pensiero filosofico che noi associamo ai secoli bui apparvero in epoca romana.»

¹¹ Una delle prime testimonianze della traduzione di testi scientifici arabi in latino appare nella lettera con cui Gerberto nel 984 chiede a Lupitus di Barcellona un trattato di astronomia che quest'ultimo aveva tradotto; cfr. *The Letters of Gerbert*, trad. H.P. Lattin, New York 1961, p. 69.



Il movimento scientifico in Occidente, di cui noi oggi siamo gli eredi diretti, cominciò con una fortissima discontinuità alla fine dell’XI secolo – una rottura completa col passato e una appropriazione massiccia della scienza bizantina, islamica e greco-antica e di quella araba contemporanea che era stata elaborata sulle basi greche e indiane. La rapidità e l’avidità con cui l’Occidente si volse a una scienza altrui richiedono una spiegazione, ma non posso tentarla qui.¹² Basti dire che nel giro di circa duecento anni, cioè pressappoco dalle prime traduzioni di Costantino l’Africano verso il 10–0 alla morte di Guglielmo di Moerbeke nel 1286, il nucleo della scienza greca e musulmana fu reso disponibile in latino e venne assimilato piuttosto bene dall’Occidente.

Dalla fine del XIII secolo in avanti gli occidentali cominciarono a fare significative scoperte scientifiche originali, come per esempio, nel pionieristico studio sul magnetismo (1269) di Pietro di Maricourt. Certo, la preminenza della scienza tardo-medievale è in parte una conseguenza della mancanza di concorrenza. Bisanzio, che in ogni caso nella scienza era stata accademica piuttosto che sperimentale, stava declinando sotto l’assalto turco. L’Islam, dopo quasi quattro secoli di brillanti risultati scientifici, dopo il 1100 aveva cominciato a rivolgersi dallo studio dei fenomeni naturali alla contemplazione del fenomeno interiore dell’anima,¹³ e il suo vigore scientifico declinava rapidamente. Nondimeno, la scienza occidentale del XIV e XV secolo è molto interessante in sé e molto importante per la cosiddetta rivoluzione scientifica che fu basata su di essa.

La scienza tardo-medievale attribuì poca importanza all’esperimento. Era «filosofia naturale», altamente speculativa e spesso matematica: per esempio, all’inizio del XIV secolo, la trigonometria fece un grande passo in avanti nelle opere dei chierici di Merton College, Oxford, e dell’ebreo provenzale Levi ben Gerson. Sia i limiti che la grande originalità della scienza europea a quell’epoca devono essere compresi nel contesto della crisi intellettuale del periodo¹⁴. I teologi conservatori erano inorriditi dalle conseguenze dello sforzo di Tommaso d’Aquino per incorporare la filosofia aristotelica nel sistema intellettuale cristiano e per renderla uno strumento razionale di convalida di ciò che essi consideravano verità rivelate. Per difendere la loro posizione neogostiniana, essi lanciarono un radicale e brillante attacco contro Aristotele, allo scopo di distinguere nettamente tra i tipi di conoscenza accessibili alle facoltà umane e i tipi di conoscenza che possono essere raggiunti solo grazie alla rivelazione. In questo processo, essi spinsero l’intera metafisica nell’area della rivelazione. In questo modo essi distrussero l’intera concezione precedente, greca e musulmana, della natura metafisica dell’avventura filosofica e inventarono la nozione empirica, cioè moderna, di ciò che è oggetto della filosofia. La crisi del XIV secolo è quindi il momento più creativo nella storia del pensiero occidentale.

Era inerente alla natura di questa rivoluzione intellettuale che la filosofia, che fino ad allora era stata orientata verso la teologia, dovesse ora riorientarsi verso la scienza (come è ancor oggi). La fisica qualitativo-metafisica di Aristotele fu attaccata con gli strumenti di una nuova fisica quantitativo-empirica. Con analisi ardite e ingegnose, per esempio, si dimostrò che la teoria aristotelica del movimento dei corpi era falsa, e fu proposta una nuova teoria del movimento dei corpi che è essenzialmente quella di Galileo o di Newton.¹⁵

¹² Per alcuni aspetti del problema, vedi il mio *Natural Science and Naturalistic Art in the Middle Ages*, in «American History Review», LII, 1946-47, pp. 421-435.

¹³ W. Hartner, *Quand e comment s’est arrêté l’essor de la culture scientifique dans l’Islam?* in *Classicisme et déclin culturel dans l’histoire de l’Islam*, ed. R. Brunschwig e G.E. von Grunebaum, Parigi 1957, pp. 318-337, dovrebbe essere letto nel contesto dello straordinario saggio di G.E. von Grunebaum, *The World of Islam: The Face of the Antagonist*, in *Twelfth-Century Europe and the Foundations of Modern Society*, ed. M. Clagett, G. Post e R. Reynoldzs, Madison, Wis. 1961, pp. 189-211.

¹⁴ Meglio descritto da E.A. Moody, *Empiricism et Metaphysics in Medieval Philosophy*, in «Philosophical Review», LXVII, 1958, pp. 145-163.

¹⁵ Per la continuità della discussione del movimento tra il XIV e il XVII secolo, vedi M. Clagett, *The Science in the Middle Ages*, Madison, Wis. 1959, pp. 629-671.



Purtroppo gli scienziati scolastici pensavano di aver dimostrato qualcosa se l'avevano dimostrato logicamente. Passarono alcune generazioni prima che si avvertisse diffusamente il bisogno di integrare il pensiero puro facendo rotolare delle sfere lungo piani inclinati o facendo cadere dei pesi dall'alto e misurando il tempo di caduta. La rivoluzione scientifica del XVII secolo fu in ogni senso figlia della scienza tardo-medievale, benché una figlia ribelle. Là nacquero lo scontento verso la scienza speculativa, la comprensione della necessità dell'esperimento, e l'istinto per utilizzare le ipotesi come guida all'esperimento. Qui osserviamo un grande cambiamento, ma nessuna discontinuità.

C'è però un altro elemento significativo nel cammino verso l'età di Keplero, Descartes e Newton: il successo della tecnologia medievale. Non ho trovato alcun esempio medievale di scoperta scientifica che si sia risolto in innovazione tecnologica. Per la verità, dubito che si possa riscontrare un caso del genere prima che le ricerche di Guericke e Papin sul vuoto e sulla pressione chiarissero il problema dell'uso dell'energia a vapore. C'è però una corrente di idee e di stimoli dalla tecnologia alla scienza anche nel periodo precedente.

In un solo caso, nel Medioevo, un *bisogno* scientifico, non una scoperta, si risolse in un avanzamento tecnologico. Gli astronomi trovavano insoddisfacenti gli orologi ad acqua perché nelle notti fredde gli sfoghi erano ricoperti di ghiaccio e la misurazione del tempo delle osservazioni era imprecisa. Si poteva sostituire l'acqua col mercurio, ma era costoso. La sabbia corrodeva le aperture attraverso cui questa passava e in ogni caso le prime tracce di una clessidra non sono di molto anteriori a quelle dell'orologio meccanico. Ovviamente, c'era bisogno di un orologio mosso da pesi. Per circa settant'anni, gli astronomi e i meccanici lottarono per progettarne uno. Alla fine, poco prima del 1340, ci riuscirono, e nel giro di pochi decenni l'Europa era piena di orologi meccanici di incredibile complessità. La loro costruzione e riparazione e il rapido sorgere di un'industria per la fabbricazione di orologi stabili le basi per fornire l'esatto apparato meccanico delle successive indagini scientifiche. Ciò di cui si sente maggiormente il bisogno oggi nella storia della scienza è una storia rigorosa e dettagliata della strumentazione.¹⁶ La quale mostrerebbe, credo, che i ritardi nella scienza sono stati spesso collegati a una insufficienza dei mezzi tecnici per rendere precisa l'informazione e che il progresso scientifico è spesso seguito a un passo in avanti tecnologico.

Un tale studio potrebbe anche spiegare sorprendenti ritardi nello sviluppo dell'apparato scientifico molto tempo dopo che gli artigiani avevano reso disponibili i loro elementi. Nel Museo di storia della scienza di Firenze, si può vedere il telescopio di Galileo, che trasformò il sistema astronomico tardo-medievale e matematico-speculativo di Copernico nel moderno copernicanesimo basato sull'osservazione. Ci si inginocchia davanti alla memoria di Galileo; ma poi ci si chiede perché quel telescopio non è stato inventato tre secoli prima.

Certamente se qualcuno come Giovanni Buridano avesse usato il telescopio, non ne saremmo affatto sorpresi. Nel XIV secolo lo studio della teoria ottica aveva raggiunto un notevole livello, fornendo, per esempio, sofisticate spiegazioni dell'arcobaleno. Inoltre, nel XIII secolo, si arrivarono a conoscere le lenti e le loro proprietà di ingrandimento. Fra' Salimbene ci dice che nel 1283, quando furono trovate in Provenza le reliquie di S. Maria Maddalena, fu trovata con esse una pergamena che *vix potuit legi... cum cristallo propter scripturae antiquitatem*.¹⁷ Un amico di Bacone fece con grande fatica una lente che Bacone mandò in dono al Papa. Inoltre, Bacone sapeva, come Roberto Grossetesta, che le lenti disposte in serie aumentano l'ingrandimento. Senza dubbio all'inizio del XIII secolo le lenti erano fatte di cristallo di roccia, ma verso la fine del secolo l'industria del vetro italiana imparò a produrre vetri chiari e trasparenti come il cristallo.¹⁸ Nello stesso periodo, i metodi per tagliare il cristallo di roccia e le gemme fu-

¹⁶ A. Rhode, *Die Geschichte der wissenschaftliche vom Beginn der Renaissance bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts*, Lipsia 1923, e G. Boffino, *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*, Firenze 1929, sono superati. M. Daumas, *Les Instruments scientifiques aux XVII e XVIII siècles*, Parigi 1953, è eccellente per il periodo coperto.

¹⁷ *Cronica*, ed. O. Holder-Egger, Hannover 1905-13, p. 520.

¹⁸ A. Gasparetto, *Il vetro di Murano*, Venezia 1958, pp. 59-61.



rono molto migliorati,¹⁹ e questi progressi aiutarono anche nel molare delle buone lenti di vetro. Poco prima del 1290, un uomo che viveva lungo il corso inferiore dell'Arno, probabilmente a Pisa o a Lucca, inventò gli occhiali. Non sappiamo il suo nome, ma c'è un esplicito e convincente riferimento a lui in un sermone pronunciato a Firenze pochi anni dopo.²⁰ In Europa l'uso degli occhiali divenne presto normale, da qui essi si diffusero in Eurasia: verso il 1480 il poeta persiano Jami parla ancora degli occhiali definendoli «franchi».²¹

In queste circostanze, perché il XIV secolo non aveva il telescopio? Non lo sappiamo. Tutto quello che possiamo dire al momento è che quando finalmente un contemporaneo di Galileo riuscì a fabbricarlo, basò la sua invenzione sul lavoro dei vetrai e dei tagliatori di gemme della fine del XIII secolo.

La strumentazione, quindi, era uno dei modi con cui la tecnologia medievale aiutava il movimento scientifico. Detto altrimenti, la tecnologia dava agli scienziati nuovi problemi a cui pensare. [...]

Un altro stimolo alla scienza venne dalla balistica. È stato spesso sottolineato che Galileo era estremamente interessato alle attività dell'arsenale di Venezia, e alcuni studiosi si sono spinti fino ad affermare che la fisica del XVII secolo è nata sulla base di tali preoccupazioni tecnologiche. Questa è una semplificazione eccessiva, perché trascura la continuità della prima fisica moderna rispetto a quella del XIV secolo. I fisici tardo-medievali erano perfettamente consapevoli che i proiettili di spingarda e di cannone coinvolgevano la teoria del movimento dei corpi, e occasionalmente vi fanno riferimento. L'enfasi del XVII secolo sull'importanza dell'osservazione e dell'esperimento portò semplicemente la fisica più vicino ai fenomeni forniti dall'artiglieria, per l'avanzamento finale sia della scienza sia della tecnologia.

[...]

Durante il Medioevo, quindi, e in realtà fino al XVII secolo, nella misura in cui la scienza e la tecnologia erano collegate tra loro, gli influssi della tecnologia sulla scienza erano molto più potenti di quelli della scienza sulla tecnologia. Quando cambiò la direzione della corrente e si sviluppò la moderna dipendenza della tecnologia dalla scoperta scientifica? Nella chimica industriale, vi sono segni di questo fatto alla fine del XVIII secolo, ma si deve rammentare che le più notevoli intuizioni di Pasteur rispondevano a problemi tecnici come quelli dell'industria della birra. Il laboratorio industriale, finalizzato sin dal principio alle scoperte scientifiche che si pensa forse potranno essere applicate, è un'invenzione dell'inizio del XX secolo. Se si considera questo cambiamento nel rapporto tra scienza e tecnologia come l'evento fondamentale della storia moderna, allora il Medioevo si prolunga fino alla morte della Regina Buona, il Memoriale di Albert diventa puro gotico e Rudyard Kipling l'ultimo dei crociati – un'ipotesi perfettamente sostenibile!

Il rapporto essenziale tra scienza e tecnologia nel Medioevo, però, potrebbe essere più stretto di quanto abbiamo detto. La rivoluzione agricola dell'alto Medioevo rese possibile una rapida urbanizzazione. I nuovi gruppi borghesi applicarono rapidamente alla produzione l'energia dell'acqua e del vento. Il risultato fu un'Europa prospera e avventurosa, molto interessata alle questioni fisiche e terrene e fermamente convinta della dottrina cristiana secondo cui il mondo è stato creato per il bene dell'uomo, che ha la responsabilità spirituale di signoreggiarlo. La tecnologia medievale fu perciò strumentale nell'evocare e sostenere una società con atteggiamenti congeniali allo sforzo di comprendere i fenomeni naturali. La febbrile appropriazione della scienza greca e araba dall'XI al XIII secolo può essere meglio compresa in questi termini.

Vorrei aggiungere un'ultima osservazione. Finora non ho usato la parola «rinascimen-

19 H.R. Hahnloser, *Scola et Artes cristalliariorum de Venecijs, 1284-1319*, in Venezia e l'Europa, Atti del XVIII Congresso Internazionale di Storia dell'Arte, Venezia 1956, pp. 157-165.

20 E. Rosen, *The invention of Eyeglasses*, in «Journal of the History of Medicine and Allied Sciences», XI, 1956, pp. 13-46.

21 A.J. Arberry, *Classical Persian Literature*, Londra 1958, p. 440. Devo questo riferimento al mio collega Gustave von Grunebaum.



to». Nella storia della letteratura, delle belle arti e della filosofia – almeno della filosofia platonica, che per un certo periodo tentò di rivitalizzare la metafisica – l’idea di un rinascimento classico iniziato in Italia e diffusosi in ambiti sempre più vasti sembra indispensabile. Può darsi che abbia qualche validità anche nell’ambito della teoria politica, ma per la storia della politica pratica, dell’economia e del cambiamento sociale, sembra irrilevante, salvo che per il fatto che individui e gruppi si sforzavano di definire il proprio status abbellendosi con ornamentazioni classiche. Nella storia della scienza e della tecnologia, non trovo l’idea di rinascimento utile per interpretare i fatti.

Come è ora riconosciuto, il periodo fondamentale per la riappropriazione della scienza greca in Europa va dalla fine dell’XI al XIII secolo, e segna l’inizio del movimento scientifico attuale. Durante la fine del XV e il XVI secolo, il *revival* di studi greci in Occidente portò alla riscoperta di alcuni testi scientifici greci che erano sfuggiti alle traduzioni medievali e alla pubblicazione di una quantità molto maggiore di testi greci che erano conosciuti da lungo tempo in traduzioni più o meno valide. L’interesse accademico di tali pubblicazioni fu grande, ma quale fu il contributo allo sviluppo scientifico di tutta questa attività filologica? Gli storici, per la semplice ragione che la loro materia li porta ad apprezzare le edizioni accurate dei testi originali, si sono generalmente ingannati in questa questione. Le opere più significative, tra quelle recuperate nel XVI secolo, furono quelle di Archimede, il cui contenuto era stato solo in parte conosciuto attraverso gli ultimi trattati greci e arabi. Il nuovo Archimede stimolò molto la matematica e la fisica. Il fatto che fosse pubblicato nel 1543, l’anno che probabilmente vide la pubblicazione dell’opera di Copernico e della *Fabrica* di Vesalio indica però che non fu decisivo per il movimento scientifico europeo. Alla fine del XV e nel XVI secolo – un’epoca in cui per la prima volta l’Occidente era abbagliato dalla vista della poesia, della tragedia, della storia e dell’arte greche – la scienza europea aveva relativamente poco da imparare dall’antichità: cinque secoli di assimilazione stavano dando i loro frutti.

Il caso della tecnologia è ancora più chiaro. Vitruvio non era molto letto nel Medioevo perché coloro che costruirono Cluny e Beauvais non ne avevano bisogno. Egli diventò terribilmente di moda durante il rinascimento, ma per la sua estetica, non per la sua ingegneria: egli permise agli architetti di recuperare i canoni dello stile romano e li aiutò a consolidare la rivolta contro il gotico.

Nel XVI secolo, furono recuperate e pubblicate le opere di Erone di Alessandria. Il Medioevo occidentale non le aveva tradotte, non più di quanto avesse latinizzato il libro arabo di al-Jazari sugli autòmi (1205), che, nell’Islam, era tanto reputato da essere tradotto in persiano e (probabilmente) in turco. La ragione sembra essere che nel XIII secolo i tecnici occidentali stavano già esplorando forme di automazione meccanica più avanzate di quelle che si trovano nei trattati greci e arabi. Il gallo che cantava e sbatteva le ali che dal 1354 dominava il grande orologio di Strasburgo, era strutturalmente più complesso di qualunque cosa descritta nelle opere orientali o classiche. Anche dopo la pubblicazione degli scritti di Erone, gli autòmi del tardo rinascimento e del barocco in genere seguirono la tradizione della meccanica medievale piuttosto che precedenti idraulici e pneumatici di tecnologie più antiche.

Durante il XV e il XVI secolo, l’Italia, e in misura minore anche il Nord, ribolliva di innovazioni tecnologiche. Ho esaminato parecchi dei manoscritti ancora inediti di ingegneri di questo periodo e ho trovato in essi un entusiasmo, un’originalità e un significato per le origini del mondo moderno che li rendono affascinanti quanto tutto ciò che offrono l’arte e la letteratura dello stesso periodo. Ma, mentre gli schizzi architettonici di questi taccuini sono invariabilmente classicheggianti, non ho trovato in essi alcuna traccia del recupero di esempi dell’antica ingegneria, a parte l’odometro, né sono in grado di indicare qualcosa di utile che avrebbe dovuto essere recuperato. Il rinascimento classico, che in alcuni campi della vita era una marea inondante, creò in campo tecnologico a stento un’increspatura. Malgrado molti prestiti casuali, specialmente dalla Cina, la tradizione tecnologica dell’Occidente, che raggiunse il suo dinamismo nell’alto Medioevo, è stata soggetta a poche forti influenze esterne. Si è mossa sotto il suo stesso slancio di creatività dalle origini ai giorni nostri.