

Socialismo.info

Edizione maggio 2020

Pubblicizza questo libro come credi, anche facendone oggetto di commercio, ma se lo modifichi non attribuire a me cose che non ho mai detto, a meno che tu non pensi di contribuire alla causa di un socialismo davvero democratico.

MIKOS TARSIS

LA SCIENZA NEL SEICENTO

l'inizio della fine della natura

Le cose fuori del loro stato naturale non durano.

Giambattista Vico

Amazon

Nato a Milano nel 1954, laureatosi a Bologna in Filosofia nel 1977, già docente di storia e filosofia, Mikos Tarsis (alias di Enrico Galavotti) si è interessato per tutta la vita a due principali argomenti: Umanesimo Laico e Socialismo Democratico, che ha trattato in homolaicus.com e che ora sta trattando in quartaricerca.it e in socialismo.info.
Per contattarlo:
info@homolaicus.com o info@quartaricerca.it o info@socialismo.info
Sue pubblicazioni su Amazon.it

Introduzione

La moderna rivoluzione scientifica, quella del Seicento, è potuta avvenire non tanto perché è riuscita ad opporsi alla teologia cattolica, quanto perché era stata favorita indirettamente proprio da questa teologia razionalistica. Certamente è stata una “rivoluzione laica” rispetto alle precedenti idee religiose dell'area europea, ma pur tuttavia nella continuità di un rapporto “violento” tra uomo e uomo e tra uomini e natura. Un antagonismo molto più accentuato nella zona occidentale del continente che non in quella orientale.

La rivoluzione scientifica ha indubbiamente promosso lo sviluppo del razionalismo laico (agnostico o addirittura ateistico) in opposizione anzitutto a quello teologico della Chiesa cattolico-romana e, secondariamente, a quello della confessione protestantica, là dove questa conservava aspetti religiosi più tradizionali (luteranesimo). Ma ha anche favorito lo sviluppo del sistema economico capitalistico, che segnerà la progressiva fine dell'autonomia della natura e la sua subordinazione agli interessi del capitale. Quindi si può parlare di rivoluzione cristiano-borghese della scienza, che ha trovato nel mondo protestante un terreno più fertile in cui svilupparsi, soprattutto là dove si è imposta la corrente calvinistica, che di tutto il protestantesimo era sicuramente quella più secolarizzata.

A sua volta la rivoluzione scientifica (basata sullo sviluppo della matematica, della fisica e della tecnologia) procederà in parallelo con quella filosofica, anch'essa intenzionata a ridimensionare le pretese della teologia. Praticamente tra il 1605 e il 1644 apparvero in Inghilterra, Italia e Francia una serie di libri, da parte di Bacone, Galilei e Cartesio, che spazzarono via la filosofia aristotelica della natura, dopo quattro secoli di aristotelismo quasi indiscusso nel campo delle scienze.¹ Filosofia e scienza si influenzeranno a vicenda, finché il divorzio tra le due discipline comincerà a farsi netto con la seconda rivoluzione industriale di fine Otto-

¹ Bacone e Cartesio saranno poi ricordati prevalentemente come filosofi, mentre Galilei verrà ricordato più che altro come scienziato. Cartesio aveva detto due cose: 1) nei corpi materiali la sostanza coincide con la loro forma o estensione, poiché la materia, presa in sé e per sé, è inerte (se le si attribuisse una forza interiore, per spiegarne il movimento, si finirebbe nella magia); 2) per spiegare il movimento perenne della materia (secondo una certa linea retta) bisogna pensare a una divinità che l'ha impresso inizialmente, lasciando poi ai corpi piena autonomia.

cento, quando apparirà evidente che scienza e tecnica potevano procedere da sole sulla strada del progresso dell'umanità. Ancora oggi, nonostante le guerre mondiali del Novecento e l'odierna devastazione ambientale, la scienza non ritiene d'aver bisogno di un rapporto organico con la filosofia, che di regola viene tenuta ai margini proprio perché non è in grado di dimostrare scientificamente la validità delle proprie affermazioni: per poterlo fare, la filosofia deve appunto avvalersi del contributo delle scienze.

L'ateismo non è stato sviluppato in maniera conseguente né dalla scienza né dalla filosofia proprio perché la borghesia di quel periodo non poteva assolutamente fare a meno di un "compromesso" con le religioni ufficiali. Essa si era posta il compito di come sottomettere la nobiltà (laica ed ecclesiastica), di come trasformare il contadino in operaio, e di come sfruttare al massimo il lavoro dell'operaio nelle manifatture e nei commerci internazionali. La scienza, soprattutto nei suoi risvolti tecnologici, non ha fatto altro che venire incontro alle esigenze di profitto di tale borghesia imprenditoriale, politicamente favorevole alla centralizzazione degli Stati nazionali.

Anche quando trattava di problemi astronomici, la scienza del Seicento ha cercato subito di unire la teoria alla pratica. Gli scienziati erano assolutamente convinti che senza un massiccio sviluppo della tecnologia sarebbe stato impossibile assumere un atteggiamento di "dominio" nei confronti della natura e delle popolazioni non europee.

La Chiesa romana ebbe torto nell'intromettersi nelle questioni scientifiche dell'astronomia, non essendo di sua pertinenza, ma col senno del poi non possiamo certamente sostenere che la rivoluzione scientifica del Seicento ebbe tutte le ragioni di questo mondo.² Ai teologi sarebbe bastato denunciare le conseguenze etico-sociali delle applicazioni tecnico-scientifiche nei confronti della natura e dell'occupazione delle terre da colonizzare. Ma non lo fecero mai perché non erano interessati a questi problemi; anzi, l'intera Chiesa romana sfruttò in seguito le conquiste della scienza per ritagliarsi una propria fetta di potere. Solo in rarissimi casi (si veda ad es. Bartolomé de Las Casas) si mise in discussione l'uso della tecnica contro le popolazioni americane schiavizzate dagli europei.

Oggi, a distanza di quattro secoli, le certezze, l'ottimismo, il senso del progresso trasmesso dalla scienza applicato alla tecnologia (tecnoscienza) sono andati progressivamente scemando, soprattutto di fronte

² Qui si può ricordare che anche Lutero e Melantone erano nettamente contrari, in nome della Bibbia, all'eliocentrismo di Copernico. Semmai furono i calvinisti a favorire le scienze fisiche, biologiche e astronomiche nei secoli XVI e XVII secoli, separandole dallo studio della Bibbia.

alle periodiche crisi finanziarie mondiali, di fronte alle due guerre mondiali e alle tante regionali, di fronte alle grandi devastazioni ambientali planetarie e persino alle pandemie internazionali. La crisi della scienza è sotto gli occhi di tutti, ma non s'intravede alcuna alternativa; anzi si spendono somme astronomiche nelle imprese spaziali e nella costruzione di armi sempre più sofisticate.

Ovviamente la crisi della scienza non deve favorire la rinascita della religione, anche se le religioni di tutto il mondo sfruttano proprio le contraddizioni del progresso capitalistico per dimostrare la giustezza delle loro tesi mistiche. Occorre però associare il *laicismo della scienza* al *socialismo democratico*, ripensando completamente la metodologia con cui si sono sviluppati i moderni criteri borghesi della scienza. Tale metodologia si basa sulle esigenze del profitto della borghesia come classe sociale, che, solitamente, non guarda in faccia a niente e a nessuno.

L'ateismo individualistico (conseguente non solo alla rivoluzione scientifica ma anche alla riforma protestante) si è sviluppato contro la fede vissuta in maniera collettiva, una fede che nel mondo cattolico veniva strumentalizzata politicamente dalle gerarchie ecclesiastiche, giunte persino ad affermare la teocrazia pontificia.

Quando la scienza è riuscita ad affermarsi in sede politica, con le rivoluzioni olandese, inglese, americana e francese, e con le unificazioni nazionali di Italia e Germania, lo Stato laico ha cercato di convivere pacificamente con tutte le Chiese, naturalmente dopo averle sottomesse con la forza. Le stesse Chiese si sono chiaramente pronunciate a favore del capitalismo; anzi, in due casi (fascismo italiano e nazismo tedesco) ha collaborato attivamente a impedire la diffusione del socialismo ateo.

Oggi nessuna Chiesa contesta la ricerca scientifica e le applicazioni tecnologiche, salvo casi rari. Al massimo intervengono quando tali applicazioni implicano delle conseguenze che chiaramente interferiscono con l'etica religiosa: ciò avviene nell'ambito di alcune "materie sensibili" (concepimento, aborto, morte ecc.).

Tuttavia oggi la scienza, postasi a servizio di un capitale sempre più forte, è diventata un grande nemico dell'umanità e della natura, a prescindere dalle intenzioni dei singoli ricercatori. Eppure essa continua a illudere gli ingenui sulla sua capacità di risolvere i problemi sociali e di rendere la vita più comoda, più facile, più divertente. Ha una tale capacità distruttiva che ormai sfugge a qualunque controllo.

*

La crisi del Medioevo come civiltà agraria, aristocratica, ecclesiastica è avvenuta in maniera progressiva, secondo tappe irreversibili,

sulla base di processi strutturati, complessi, tra loro integrati e di lunga durata.

La prima grande contestazione alla teocrazia dogmatica, totalitaria del clero cattolico, corrotto dal potere temporale, è avvenuta coi movimenti pauperistici ereticali, posteriori al Mille, avversi anche allo sviluppo comunale borghese. I protagonisti di questi movimenti opponevano un modo democratico di vivere il vangelo, più egualitario rispetto a quello autoritario e integralistico della Chiesa romana. Furono ridotti al silenzio, sterminati o costretti a vivere in luoghi impervi e isolati.

Tuttavia molte delle loro idee verranno ereditate dalla riforma luterana, che non si limiterà a opporre un'esperienza di fede a un'altra, ma addirittura elaborerà un nuovo pensiero religioso, più laico, più individualistico, anche se non fino al punto di ciò che fecero gli intellettuali umanistici e rinascimentali con la loro riscoperta del platonismo, il quale, sul piano filosofico, volle opporsi a una precedente riscoperta filosofica, quella di Aristotele, mediata dalla cultura islamica, che ne tradusse in latino alcuni testi.

Anche la riscoperta dell'aristotelismo, posteriore al Mille, fu una forma di laicizzazione della fede religiosa alto-medievale, in quanto puntò la sua attenzione, con lo sviluppo della teologia scolastica e della filosofia peripatetica, sulle questioni logiche e metafisiche dell'aristotelismo, ribattezzate in chiave cristiana, così come l'agostinismo aveva fatto in precedenza col platonismo.

L'Umanismo italiano del Quattrocento e della prima metà del Cinquecento non fu molto interessato alla riforma luterana, semplicemente perché si sentiva culturalmente più avanzato, cioè più laico, avendo beneficiato dell'influsso del neoaristotelismo cristianizzato.

Tra la riforma protestante e l'Umanesimo neoplatonico da un lato, e le rivoluzioni politiche della borghesia dall'altro si pone la rivoluzione scientifica compiuta in campo astronomico, che determinerà, rendendo il neoplatonismo molto più coerente coi suoi principi laici, un rivolgimento completo del tradizionale modo teologico di pensare il sistema solare e quindi la collocazione dell'uomo nell'universo.

Già nel periodo tardo-scolastico si era prospettata l'idea di fare della ragione una facoltà più importante della fede. Ora, con la scienza sperimentale, si pongono le basi pratiche, di tipo meccanicistico, per dimostrare tale superiorità. Con lo scientismo del Seicento si costruiscono le fondamenta su cui edificare la filosofia illuministica del secolo successivo, sempre più chiaramente ateistica o, quanto meno, agnostica.

In tal senso si può sostenere con certezza che la filosofia ha avuto un ruolo genetico nella formazione della scienza moderna. Anche la teologia, indirettamente, l'ha avuto, prima nella forma cattolica, poi in

quella protestantica. Naturalmente questo ruolo creativo è stato involontario, poiché se la filosofia e la teologia avessero potuto prevedere che la scienza di sarebbe ribellata contro di loro, avrebbero agito diversamente (ammesso e non concesso che, una volta poste le premesse pratiche di un'esperienza arbitraria, sia poi possibile impedire che si formi un sapere non meno arbitrario). In realtà esiste un filo conduttore che va dalla riscoperta medievale dell'aristotelismo alla sua negazione nel Seicento: un filo che solo per superficialità conoscitiva o, peggio, per cecità ideologica non si vuol vedere. Infatti, come ai credenti non piace pensare che l'ateismo scientifico sia un prodotto involontario del loro modo di vivere la fede, così agli scienziati non fa piacere sapere che le fondamenta del loro sapere vanno cercate nella stessa teologia tanto odiata.

Il substrato sociale sotteso a tutte queste svolte epocali fu lo sviluppo di un tipo di società di natura mercantile, manifatturiera, capitalista, in cui la borghesia presume di poter fare ciò che vuole. Nata coi Comuni italiani, la classe borghese non ha mai smesso di svilupparsi, pur in presenza di gravi battute d'arresto, dalle epidemie di peste alle continue guerre per il dominio del pianeta, fino alla sempre più eclatante devastazione ecologica dell'ambiente.

La scienza moderna del Seicento è nata in concomitanza con lo sviluppo del sistema capitalistico, ne siano stati gli scienziati più o meno consapevoli. Se non ci fosse stata la manifattura, se non ci fossero stati i commerci extraeuropei causati dal colonialismo, probabilmente la scienza non avrebbe avuto uno sviluppo così impetuoso, né la forza per scardinare delle certezze acquisite da molti secoli. Essa non si è limitata a distinguersi o a cercare un proprio spazio autonomo tra le due ideologie che allora continuavano a dominare incontrastate sin dal basso Medioevo: la teologia scolastica e la filosofia peripatetica. Ma ha posto le basi metodologiche perché quelle due discipline (che avevano pretese totalitarie, "generalistiche") perdessero ogni credibilità agli occhi della pubblica opinione.

*

Il rapporto dei cattolici latini (cioè dell'Europa occidentale) con gli islamici e coi bizantini fu nell'insieme devastante, per il numero di morti causati dalle guerre di sterminio: ogni guerra di lunga durata, compiuta senza esclusioni di colpi e con un sottofondo ideologico, comporta sempre un'infinità di stragi spaventose.

Tuttavia il rapporto, a causa questa volta dell'ironia della storia, fu anche molto proficuo. Nel primo caso gli islamici residenti in Spagna fecero conoscere al mondo latino, dopo averli tradotti dal greco all'arabo,

i testi del mondo greco classico, ritraducendoli dall'arabo in latino.³ Gli islamici sono sempre stati grandi conoscitori delle lingue straniere. Per la teologia cattolica fu un fulmine a ciel sereno, cui la Chiesa romana non poté opporsi. La riscoperta dell'aristotelismo e di molti altri filosofi e scienziati dell'antichità comportò il superamento della teologia agostiniana, che per mezzo millennio, col suo recupero del platonismo, aveva trionfato incontrastata. Il caso volle che ciò avvenisse nel corso delle crociate, cioè proprio quando l'occidente latino si stava urbanizzando e quindi imborghesendo. La riscoperta di Aristotele servì proprio per dare un fondamento più laico e materialistico alla teologia cristiana, facendola uscire dalle secche dell'idealismo platonico ereditato da Agostino d'Ippona. Un esempio eclatante di tale rivoluzione culturale fu l'abbandono della tradizione simbolico-bizantina nella pittura, ad opera di quella giottesca, che inaugurò in quest'arte una visione geometrica e naturalistica della realtà. La teologia cristiana prese a codificarsi a livello universitario, diventando la cosiddetta "Scolastica". Divenne una teologia più laica e razionalistica, legata alla logica e soprattutto alla metafisica, nonché all'astronomia aristotelico-tolemaica.

Successivamente, seguendo il percorso laico di questa teologia (che pur nel Seicento appariva profondamente clericale), si cercò di renderla ancora più umanistica grazie all'emigrazione dei filosofi e teologi bizantini, che, fuggendo dalle grandi città dell'impero bizantino, ormai del tutto conquistato dai Turchi Selgiuchidi, portarono in Europa una filosofia di derivazione platonica, che si collegò alle teorie umanistiche dei filosofi occidentali del Quattrocento e del Cinquecento, anticipando nettamente la rivoluzione scientifica del Seicento. È dunque sbagliato vedere tale filosofia umanistica in contrapposizione a quella della Scolastica. Si tratta solo di un percorso che ha portato alle conseguenze più logiche taluni presupposti impliciti nella cultura precedente, ovviamente in polemica contro questa stessa cultura.

³ Da notare che quando la Scuola di Atene verrà chiusa nel 529 da Giustiniano perché non cristiana, la Scuola di Alessandria assumerà il ruolo guida per il passaggio della cultura dall'antichità al Medioevo, grazie alla svolta avviata da Ammonio e proseguita da Filopono (nel senso che saranno loro a portare al pensiero della seconda Scuola quella linfa vitale che la Scuola di Atene andava perdendo), per cui sarà la Scuola di Alessandria l'anello di congiunzione, dopo l'invasione musulmana, dell'aristotelismo alla cultura araba, dalla quale sarà nuovamente reintrodotta in Occidente nel sec. XIII.

L'antropocentrismo dell'Umanesimo

I

1. Con l'Umanesimo e il Rinascimento (1400-1550) nasce l'epoca moderna, del tutto diversa da quella medievale. Questi due fenomeni sorgono anzitutto in Italia perché qui, prima che altrove nel mondo, si era sviluppata una classe borghese che (già a partire dai Comuni del Mille) voleva sentirsi autonoma da qualunque potere istituzionale, laico o ecclesiastico che fosse. I filosofi principali sono Telesio, Bruno e Campanella (gli ultimi due domenicani, di cui il primo messo sul rogo nel 1600 e il secondo incarcerato per 30 anni). Ma molto importante sono anche il cardinale tedesco Cusano ed Erasmo da Rotterdam (quest'ultimo polemizzerà con Lutero sulla questione del libero arbitrio), poi vengono Ficino e Pico della Mirandola (quest'ultimo nettamente contrario all'astrologia proprio in nome del libero arbitrio).
2. L'Umanesimo e il Rinascimento si sviluppano sul piano filosofico e soprattutto artistico, mentre nel resto dell'Europa sanguinose guerre civili portano alla formazione delle monarchie assolutistiche, appoggiate dalla borghesia, che necessita di un unico mercato nazionale contro il decentramento dei nobili feudali, che non sopportano d'essere governati da un potere centrale. Si può in un certo senso dire che la *filosofia della natura*, caratterizzata dall'uso di una ragione neoplatonica, anticipa la nascita di una *scienza della natura*, caratterizzata dalla logica matematica.
3. Gli umanisti affermano la priorità o centralità dell'uomo (antropocentrismo) e della natura vivente (ilozoismo-panpsichismo), come gli antichi filosofi greci della natura. E quando fanno riferimento alla divinità, o la trattano come un'entità astratta, ineffabile o indicibile, di tipo filosofico (nei cui confronti al massimo si può sostenere una "dotta ignoranza"), come fece Cusano, che riprese idee greco-ortodosse di tipo apofatico; oppure ne parlano in maniera più o meno panteistica (Dio in tutte le cose), sperando, invano, di non andare incontro a spiacevoli conseguenze da parte del potere clericale. Dalle loro idee nascerà il deismo nei secoli successivi.
4. La natura non viene più considerata come un ente del tutto autonomo rispetto alla volontà umana, che solo Dio può usare come

meglio crede (soprattutto per punire la malvagità degli uomini). La natura è un ente vivente che possiede proprie leggi razionali, conoscibili dall'uomo, il quale quindi potrebbe anche dominarla. Siccome, al tempo dell'Umanesimo, non esiste ancora una scienza vera e propria, ci si limita a sviluppare la matematica e la geometria, soprattutto in campo artistico e architettonico (un'altra significativa applicazione delle scienze esatte è la cartografia, sollecitata dai viaggi oltreoceano). Ma anche l'astrologia, l'alchimia e persino la magia vengono considerate scienze con cui "dominare" la natura (ciò è ben visibile in Telesio, Bruno e Campanella). Gli umanisti contribuiscono a sviluppare anche la medicina, in particolare l'anatomia. In sostanza pongono le basi culturali per lo sviluppo della scienza sperimentale del Seicento, che vedrà la matematica applicata alla fisica e all'astronomia.

5. In campo artistico il simbolismo religioso perde la sua pregnanza, sostituito da un'arte prospettica, tridimensionale o da una ritrattistica favorevole ai soggetti borghesi. Cioè si continuano a trattare temi religiosi, ma senza misticismo: l'arte acquista chiarezza espositiva, plasticità, grazie all'uso della prospettiva, del chiaroscuro, delle leggi del colore e della luce, dell'anatomia del corpo umano, ecc. Si pongono le basi di un'arte che durerà sino al cubismo di Picasso.
6. Rispetto ai dogmi della fede, alle tradizioni religiose e all'autorità ecclesiastica si afferma una certa priorità dei sensi, della ragione e dell'esperienza, sviluppando le idee empiristiche dell'ultima Scolastica, quella inglese dei francescani Duns Scoto, Ruggero Bacone e Ockham. Questo perché gli umanisti vogliono l'uomo libero di credere nelle cose, senza imposizioni dovute a tradizioni o poteri costituiti. A volte sostengono la teoria della "doppia verità", secondo cui se una verità di fede contrasta una verità di ragione (p.es. l'universo creato o increato, finito o infinito), non è detto che le verità razionali siano sbagliate, in quanto possono anche essere considerate valide nel loro campo.
7. Gli intellettuali non mostrano particolare interesse per la Riforma protestante del 1517, perché la vedono come la lotta di una religione contro un'altra religione, mentre loro vogliono porre l'Umanesimo (tendenzialmente laico-borghese) in opposizione culturale (non politica) a tutte le religioni (considerate tra loro più o meno equivalenti). Quando parlano di religione lo fanno in maniera razionale, non mistica o teologica. Si sentono cosmopoliti, irenici (tolleranti), ecumenici (disposti a cercare integrazioni interconfessionali in nome di ideali umanistici)... Quando parlano

di “anima”, generalmente intendono qualcosa di astratto, non definibile, di carattere universale e non individuale, qualcosa più che altro di natura psichica, non superiore alle funzioni del corpo.

8. Quando trattano di argomenti scientifici gli umanisti si basano sull'induzione esperienziale (per essere propriamente “sperimentale” ci vorrà la rivoluzione scientifica di Copernico, Keplero, Galilei e Newton). Non sono interessati alla logica sillogistica e deduttiva che la Scolastica aveva desunto da Aristotele, per loro vuota di contenuto. Quando rileggono Platone e Aristotele capiscono che da questi filosofi poteva emergere anche un certo interesse per la scienza (matematica, geometria, fisica, astronomia, botanica...), seppure senza ancora l'apporto specifico di una tecnica avanzata, per cui inevitabilmente restano astratti, anche se più concreti dei teologi medievali, che avevano usato Platone e Aristotele o in chiave teologica (sant'Agostino aveva preferito Platone, san Tommaso invece Aristotele) oppure in chiave logica (come fece appunto la Scolastica, che aveva ampliato i sillogismi aristotelici). E comunque più che la filosofia di Platone e Aristotele, cercano di recuperare soprattutto quella post-aristotelica, cioè ellenistica: stoica, epicurea e scettica.
9. Per loro anzitutto viene l'individuo borghese (cortigiano al servizio di una Signoria, oppure mercante, imprenditore, artigiano, libero professionista, intellettuale, artista) e solo in secondo luogo vengono le altre importanti figure sociali: il nobile e il clero. Non hanno interesse né per il mondo contadino tradizionale né per quello operaio emergente (che lavora negli opifici tessili). Non s'impegnano politicamente (salvo eccezioni) né contro la Chiesa romana (diversamente dai protestanti) né a favore dell'unificazione nazionale (a parte Machiavelli), in quanto pensano che lo Stato della chiesa sia una realtà troppo forte per essere abbattuta.
10. Grazie agli intellettuali greco-bizantini emigrati in Italia in seguito all'occupazione turca dell'Asia minore, riprendono gli studi della lingua greca classica, leggendo in originale i testi della filosofia greca, non fidandosi delle traduzioni arabe né delle interpretazioni della teologia scolastica. La preoccupazione è quella di ristabilire l'esatto testo degli autori antichi, compiendo un lavoro filologico di comparazione dei codici.
11. Nei confronti dell'universo iniziano ad affermare l'idea di una infinità nello spazio e poi nel tempo, nel senso che non vi è né un centro né una periferia. Se l'uomo è al centro dell'universo, lo è solo in senso morale, non fisico, in quanto la Terra fa parte di un

sistema solare fra tanti (no al geocentrismo medievale; sì a una pluralità di mondi, anche abitabili). Microcosmo (uomo, pianeta Terra) e macrocosmo (universo) coincidono, e la divinità non è più grande dell'universo che la contiene (panteismo). Se l'universo è infinito, allora è anche eterno, non creato. Si prospettano idee evoluzionistiche contro quelle creazionistiche. Come principio fondamentale della materia si individua l'unità degli opposti (*coincidentia oppositorum*), che si attraggono e si respingono di continuo, come se fosse una legge universale e necessaria. In questo anticipano le idee della dialettica filosofica formulate dall'idealismo tedesco.

12. Alcuni umanisti (Tommaso Moro, *Utopia*, e Campanella, *La città del Sole*) capiscono l'importanza di abolire la proprietà privata dei fondamentali mezzi produttivi, anticipando, in questo, le idee del moderno socialismo, utopistico e scientifico; e un filosofo come Montaigne capisce la relatività delle culture, anzi la superiorità della cultura primitiva basata sulla semplicità, anticipando, in questo, le idee della moderna etno-antropologia.
13. L'Umanesimo e il Rinascimento italiani subiscono un tracollo in seguito ad alcuni eventi storici epocali: 1. l'occupazione di Costantinopoli (1453) da parte dei turchi blocca i vantaggiosi commerci con l'oriente, impoverendo la nostra penisola, anche se l'emigrazione degli intellettuali bizantini aumenterà la nostra cultura; 2) la scoperta dell'America sposterà il baricentro dei commerci dal Mediterraneo all'Atlantico, vedendo l'Italia, ancora spezzettata in tanti Stati regionali, assente; 3) la Controriforma del Concilio di Trento (1545-63) bloccherà sia lo sviluppo della Riforma protestante in Italia che quello della borghesia, in quanto, ad un certo punto, il papato teme che questa classe sociale, approfittando del luteranesimo e soprattutto del calvinismo, possa rivendicare un potere politico anticlericale; 4) la mancata unificazione nazionale porterà la penisola italiana ad essere soggetta a continue invasioni straniere da parte di Francia e Spagna, delle quali la seconda avrà la meglio sino al 1861, spalleggiata nel Lombardo-veneto dall'impero asburgico, salvo la parentesi napoleonica.

II

Nel Medioevo il geocentrismo era visto in funzione di una realtà divina perfetta, esterna alle mutevoli e contingenti realtà terrene. Inevitabilmente quindi si aveva la percezione di vivere sulla Terra un momento

di transizione verso la cosiddetta “Gerusalemme celeste”. Era evidente per tutti i credenti (ebraici o cristiani che fossero) la Terra doveva essere al centro (fisico-astronomico) di tutto l'universo, proprio perché l'essere umano andava considerato al centro (etico-metafisico) di tutto il creato.

Era forse sbagliato questo modo di considerare le cose? No, era solo ingenuo, e non tanto perché l'uomo non andasse considerato al centro dell'universo, quanto perché una centralità etica o metafisica non ha affatto bisogno di una centralità fisica o astronomica. La Chiesa romana invece riteneva che se si nega la centralità fisica si nega anche quella metafisica, e se si nega quest'ultima, si rende irrilevante l'opera salvifica del Cristo e quindi il ruolo della stessa Chiesa, che la deve tutelare e trasmettere a tutta l'umanità.

Probabilmente se la Chiesa romana fosse stata più “spirituale”, sarebbe rimasta indifferente alle teorie eliocentriche. Tuttavia, siccome aveva un potere politico da difendere, lo scontro ideologico (teologico e filosofico) diventò inevitabile e durissimo. Infatti un compromesso verrà realizzato soltanto quando la Chiesa avrà perduto gran parte del proprio potere politico, cioè dopo la breccia di Porta Pia.

Per gli umanisti e i rinascimentali italiani antropocentrismo significava che la divinità andava relegata in periferia, anche se esplicitamente nessuno di loro ebbe mai avuto il coraggio di affermarlo. Semmai nelle loro idee quanto maggiore era la consapevolezza d'essere un semplice puntino nell'universo, tanto più ci si concentrava sull'antropocentrismo *individualistico*, tutto terreno, immanente, in virtù del quale s'imponeva un certo *relativismo etico*.

Nel quadro di tale individualismo borghese ogni cosa appariva relativamente lecita, nella misura in cui non si doveva rendere conto, in maniera stringente, a istanze superiori di tipo religioso. La Terra appariva soltanto uno dei mondi possibili e forse neppure il migliore: in essa si poteva soltanto cercare d'essere sereni e tranquilli, nella consapevolezza che oggi le cose ci sono e domani no, e se anche il denaro, da solo, non può dare la felicità, non averne è sicuramente peggio. L'eliocentrismo borghese serviva proprio per togliere all'uomo quella centralità nell'universo che per i medievali corrispondeva a una dichiarata subordinazione alla realtà divina.

Praticamente gli umanisti e i rinascimentali buttarono via l'acqua sporca col bambino, cioè non capirono che l'uomo è davvero al centro dell'universo, ma senza la tutela di alcun Dio creatore. Si volle fare dell'eliocentrismo una questione anti-teologica, senza capire che la giusta intuizione di mettere l'uomo al centro dell'universo andava soltanto privata del suo involucro mistico.

Forse questo misconoscimento della centralità umana nell'uni-

verso è dipeso dal fatto che gli umanisti non andavano a ricercare la verità in se stessi, ma in tutto ciò che era *al di fuori di loro*, fossero testi classici da recuperare, operazioni scientifiche da verificare tecnicamente, indagini sulla natura e il cosmo, riflessioni filosofiche libere da condizionamenti teologici...: tutto poteva servire per cercare di affermare una personalità indipendente dalla tradizione ecclesiastica, feudale e contadina. Essi erano assolutamente convinti che, grazie ai loro studi, alla loro erudizione, si sarebbero potute porre le basi di una civiltà molto diversa da quella espressa dal “buio Medioevo”. L'idea di “progresso” nasce con loro.

Anche il rapporto con la natura cambia completamente, in quanto in essa gli umanisti vedono solo leggi scientifiche, che vanno conosciute e padroneggiate al fine di poterla meglio dominare. Essi si sentono *uomini di natura* e non propriamente religiosi: solo che nei confronti della natura vogliono esercitare un dominio non molto diverso da quello che il papato voleva esercitare nei confronti della società. Non dobbiamo infatti dimenticare che la borghesia nasce all'interno della Chiesa romana e, per quanto indifferente fosse alla religione, dimostra d'averne assorbito la pretesa egocentrica di dominare il mondo.

La debolezza degli umanisti e dei rinascimentali stava, in fondo, proprio nel fatto che alle pretese di una religione dispotica non avevano saputo opporre un'etica e una politica davvero *democratica ed egualitaria*. Anzi, all'universalismo del sapere medievale, tutto incentrato sulla teologia (o comunque a questa subordinato), avevano opposto un sapere specialistico e parcellizzato, che farà perdere agli studiosi quella necessaria visione d'insieme delle cose, con cui si può dare un senso etico e finalistico alle proprie ricerche, andando oltre l'utile immediato. Ancora oggi stiamo pagando le conseguenze di questa separazione di tutte le discipline (diritto politica economia scienza arte...) da valutazioni stringenti di tipo *etico*.

È assurdo sostenere, anche da parte degli storici, che la Chiesa medievale, di per sé, solo perché caratterizzata da elementi “mistici”, sia stata meno “umanistica” dell'Umanesimo borghese; o che nell'ambito di tale Chiesa non si poteva essere “liberi”, in quanto si doveva sempre tener conto di interessi estranei alla propria ricerca, mentre la vera “libertà” sta nell'*autonomia* dell'indagine conoscitiva. Come se un ricercatore potesse pretendere un'indipendenza assoluta rispetto all'ambiente in cui opera! Come se il proprio ingegno non necessitasse costantemente di una verifica *etica* dei suoi presupposti! Come se un artista, un letterato, uno scienziato potesse davvero pretendere di non essere condizionato da alcunché! Gli umanisti non erano forse al servizio dei potenti di turno? Le loro ricerche non erano forse finalizzate ad accrescere il potere di chi li

pagava?

III

Quando si parla di Umanesimo si parla di cultura borghese, ma quando si parla di cultura borghese si intende una cultura scientifica, tecnologica, laicistica. E allora perché la cultura borghese più significativa dell'Umanesimo, invece d'essere neo-aristotelica, era neo-platonica? Non era forse stato l'aristotelismo a contestare in senso realistico il platonismo? A valorizzare molto di più la natura e la materia? E a dare poca importanza alle questioni mistiche e teologiche?

Qui bisogna anzitutto dire che il platonismo viene usato dall'Umanesimo per rompere con la tradizione teologica della Scolastica, che, per quanto laica fosse nella propria riscoperta dell'aristotelismo, restava pur sempre una tradizione fondamentalmente religiosa, anzi metafisica, poco avveza ad approfondire tematiche più propriamente scientifiche. I risultati migliori la Scolastica li aveva dati in campo logico. E in ogni caso, quando si era spinta troppo in direzione del laicismo, separando nettamente le funzioni della ragione da quelle della fede, il papato aveva reagito molto negativamente. Per il resto non aveva fatto altro che servirsi di Aristotele in funzione anti-scientifica.

L'Umanesimo non fa che riprendere le tematiche della Scolastica inglese (cioè di Ruggero Bacone, Duns Scoto e Guglielmo di Occam), portandole a conseguenze ancora più laiche, ma senza gli addentellati della politica anticlericale.⁴ E, per fare questo, non poteva utilizzare Aristotele, che in Europa occidentale veniva studiato attraverso la mediazione della Scolastica. Doveva per forza utilizzare ciò che da sempre veniva considerato la sua opposizione: il platonismo.

Il problema che, a questo punto, si poneva era come poter recu-

⁴ Nella *Storia della logica* di N.I. Stjažkin (Editori Riuniti, Roma 1980) viene detto che “Il punto più alto dei risultati raggiunti dai logici medievali... copre l'epoca tra Guglielmo di Occam (1288-1347) e la fine del Medioevo” (p. 43). Occam riteneva impossibile dimostrare l'esistenza di Dio, voleva la separazione tra Stato e Chiesa, ammise la possibilità che sia il papa sia il concilio potessero cadere nell'errore. Ruggero Bacone (1214-94) separò nettamente la scienza dalla teologia e dalla filosofia; per lui la matematica doveva essere considerata basilare per ogni scienza, essendo l'alfabeto della filosofia. Il fondatore della tradizione del pensiero scientifico nella Oxford medievale, Roberto Grossatesta (1175-1253), disse che la matematica deve essere il fondamento di tutte le discipline fisiche. “Lo studio dell'eredità logica di Duns Scoto mostra come essa possa essere considerata precorritrice non solo del calcolo proposizionale della logica matematica contemporanea, ma anche di studi logici di tipo husserliano” (p. 39).

perare il platonismo senza fare un passo indietro rispetto all'interpretazione Scolastica dell'aristotelismo. Il modo fu trovato in maniera ingegnosa: facendo dell'uomo l'unico vero Dio e trasformando il Dio degli Scolastici in un ente totalmente astratto, in un qualcosa di convenzionale, di scontato, su cui non valeva neppure la pena discutere, tant'è che si comincia a considerare la filosofia come una scienza superiore alla teologia, in grado di mettere d'accordo tra di loro le varie concezioni religiose dell'esistenza (in questo Pico della Mirandola fu il migliore).

La riscoperta del platonismo doveva in realtà servire per tornare al mondo greco-romano, saltando a piè pari tutta la tradizione medievale. E, poiché il platonismo era una filosofia contenente aspetti molto mistici (il demiurgo, l'anima, la metempsicosi, l'iperuranio ecc.), si era convinti che il potere ecclesiastico dominante non avrebbe ostacolato questo recupero del lontano passato, che già Agostino d'Ippona aveva largamente utilizzato. E gli umanisti ebbero ragione. Al papato, già profondamente corrotto e imborghesito, non dava affatto fastidio che il pensiero filosofico e la cultura in generale si laicizzassero (basta vedere con quanto impegno sponsorizzò lo sviluppo del laicismo in campo artistico).

Il papato cominciò a reagire negativamente alla cultura borghese quando nacque la Riforma protestante. Infatti con la Controriforma il papato non si oppose solo alle idee di Lutero e di Calvino, ma anche a quelle degli umanisti e dei rinascimentali, e poi anche a quelle dei politici alla Machiavelli e a quelle degli scienziati alla Galilei, e nell'Europa mediterranea l'operazione censoria gli riuscì perfettamente, almeno sino all'arrivo delle truppe napoleoniche.

Infatti, se sul piano teorico o culturale la Chiesa romana era relativamente disposta ad accettare la laicizzazione richiesta dalla borghesia, sul piano pratico o politico non era disposta ad accettare alcuna insubordinazione. Quando vide il radicalismo dei protestanti, li temette, scatenando contro di loro, con l'aiuto di Carlo V, guerre furibonde, e, in questo atteggiamento intollerante, furono travolti anche gli umanisti e i rinascimentali, che pur avevano considerato le argomentazioni teologiche dei riformati o evangelici un passo indietro rispetto alle loro concezioni laicistiche della vita. La Chiesa controriformistica temette che in Italia gli umanisti, vedendo la determinazione dei protestanti, potessero unire al loro preteso laicismo una rivendicazione più esplicitamente politica.

L'Umanesimo quindi, sino al concilio di Trento, poté svilupparsi magnificamente, proprio a motivo dell'ambiguità di fondo che caratterizzava la sua cultura, la quale, mentre sul piano formale assicurava d'essere conforme alla religiosità dominante, su quello sostanziale tendeva invece a sviluppare idee laico-razionalistiche, conformemente agli interessi della classe borghese, che, per affermarsi, aveva bisogno di fruire di un'ampia

autonomia.

Facciamo ora qualche esempio di varie forme di ambiguità.

1. L'universo non è più una esplicita “creazione divina”, ma viene equiparato a Dio stesso, ed è possibile farlo in quanto lo si vuole “infinito”, mentre per tutto il Medioevo lo si riteneva “finito”, essendo appunto una “creazione divina”, soggetta ad avere un inizio e una fine. Quindi se da un lato è vero che l'uomo è moralmente al centro dell'universo, in quanto “creatura divina”, dall'altro è sbagliato considerarlo dipendente dalla volontà divina. Non solo, ma se nell'universo tutto è infinito, non ha senso considerare la Terra fisicamente al centro dei corpi celesti che le girano attorno, come se il tutto fosse un corpo chiuso. Nell'universo non vi è alcun centro né alcuna periferia.
2. Il recupero dell'antica lingua greca, favorita dall'immigrazione in Italia di molti intellettuali dell'Asia minore, occupata dagli Ottomani, sembrava, a prima vista, un'operazione meramente intellettuale, eppure con essa si poterono rileggere i testi antichi senza passare attraverso la mediazione teologica. Fu grazie a ciò che l'umanista Lorenzo Valla poté scoprire che la *Donazione di Costantino* era un falso elaborato al tempo di Carlo Magno.⁵
3. La natura non è più considerata come un ente del tutto autonomo rispetto alla volontà umana, che solo Dio può usare come meglio crede. La natura possiede leggi razionali che possono essere conosciute e che possono permettere all'uomo di dominarla, anche se, non esistendo ancora una scienza vera e propria, si pensa di poterlo fare sviluppando soltanto la matematica e la geometria, soprattutto in campo artistico e architettonico (un'altra significativa applicazione delle scienze esatte è la cartografia, sollecitata dai viaggi oltreoceano). Tutto l'universo è soggetto a leggi matematiche, che possono essere conosciute dall'uomo. Col neoplatonismo quindi, se è vero che si rivaluta l'anima umana, è anche

⁵ Prima di questo falso ve ne fu un altro, non meno importante, quello delle *Decretali pseudo-isidoriane*, ritenute autentiche per tutto il Medioevo. Introdotte nel IX sec., di esse fece uso per la prima volta Nicola I (858-867) per provare la sua autorità pontificia. Da queste *Decretali* risultava che il papa aveva la supremazia su tutti i vescovi, che i vescovi posti sotto accusa avevano il diritto di appellarsi al papa, che il papa aveva la “piena potestà” sulla Chiesa, che la Chiesa di Roma, in base a un unico privilegio, aveva il diritto di aprire e chiudere le porte del paradiso a chi essa voleva. Furono riconosciute false dalla Chiesa romana solo nel 1789, al tempo di Pio VI. Ma i primi a dubitarne l'autenticità furono i cardinali Giovanni di Torquemada e Nicolò Cusano; poi Erasmo e altri umanisti, cattolici e protestanti.

vero che lo si fa all'interno di una concezione molto positiva della materia e della natura in generale, che viene considerata “vivente” in ogni suo più piccolo aspetto.

4. L'uomo è al centro dell'universo, padrone del tempo (che per la borghesia va quantificato economicamente). Microcosmo e macrocosmo si equivalgono. Nell'uomo c'è tutta la perfezione divina. Formalmente è un uomo ancora di fede, ma egli usa la propria fede in maniera sempre più autonoma, senza intermediazione ecclesiastica. Se è necessario avere un rapporto con Dio, è sufficiente averlo a titolo personale, privato.
5. L'arte, pur continuando a trattare temi religiosi, perde progressivamente il suo simbolismo mistico, acquistando però chiarezza espositiva, plastica, grazie all'uso della prospettiva, del chiaro-scuro, delle leggi del colore e della luce, dell'anatomia del corpo umano ecc.

Tuttavia nel Quattrocento lo sviluppo delle scienze è ancora molto precario: di qui lo sviluppo della magia, dell'alchimia, dell'astrologia. Prima di arrivare alla scienza sperimentale vera e propria bisognerà attendere il Seicento. In questo periodo è soltanto ben visibile la matematizzazione dell'arte e dell'architettura. I filosofi neoplatonici e umanistici più importanti sono Cusano, Ficino, Erasmo, ma vanno segnalati anche Lorenzo Valla (per quanto riguarda la filologia), Leon Battista Alberti e Leonardo da Vinci (per quanto riguarda la nuova concezione dell'arte e dell'architettura).

Su Leonardo (1452-1519) possiamo spendere una parola in più, visto che fu un genio assoluto in varie discipline. È indubbio ch'egli conducesse le proprie indagini sulla natura con un approccio matematico derivante dall'ispirazione neoplatonica del suo pensiero. Non dimentichiamo che già per Platone la concezione delle idee trovava un'applicazione molto significativa nello sviluppo delle conoscenze matematiche e geometriche, anche se sarà proprio l'epoca moderna a trovare una perfetta corrispondenza tra le leggi matematiche e quelle della realtà fisica. Non a caso Galilei arrivò a dire che “La matematica è l'alfabeto col quale Dio ha scritto l'universo”.

Ebbene Leonardo non ha dubbi nel dover compiere un passo ulteriore, rispetto al neoplatonismo rinascimentale: quello di spogliare la natura di qualunque connotato metafisico o religioso, riconducendola alla sua struttura matematica essenziale. Nel rifiutare ogni concezione animistica, riduce i processi della natura, assolutamente necessari, a puro movimento meccanico, e vede ogni realtà – persino quella umana – come un complesso di meccanismi interagenti tra loro, ricostruibili meccanicamente grazie appunto all'uso della matematica. L'importante, secondo lui,

era trovare qualcosa che mettesse in moto il meccanismo artificiale, costruito in laboratorio, dopodiché esso avrebbe funzionato in modo automatico. Era questa la sua massima aspirazione, che oggi ha trovato ampia applicazione in tutto il mondo grazie alla rivoluzione industriale, e che è responsabile dei maggiori disastri ambientali del pianeta.

Sguardo d'insieme

1. Platone e Aristotele, nonché tutto il pensiero medievale, spiegavano il divenire delle cose sulla base delle *cause finali*, com'era naturale che fosse. La vita ha un senso quando c'è un fine da perseguire. Tale fine era in linea con gli elementi fondanti della società schiavistica, o comunque servile. La Chiesa feudale impose tale fine sin dai tempi dell'imperatore Teodosio (che la fece diventare “confessione statale”), senza lasciare spazio ad alcuna alternativa culturale (filosofica o religiosa). Il fine era religioso e la società che lo supportava era aristocratica, basata sulla forza militare, sulla proprietà privata della terra e sullo sfruttamento dei servi della gleba. La differenza tra Chiesa ortodossa e Chiesa cattolica stava unicamente nel fatto che la prima si accontentava d'essere una Chiesa di stato, mentre l'altra ambiva ad avere un proprio Stato teocratico, con cui sottomettere gli imperatori alla sua volontà.

2. La nuova scienza borghese, sviluppatasi con la crisi del Medioevo, si basa invece sul presupposto che le uniche cause da considerare per la spiegazione razionale della realtà sono quelle di tipo *meccanico*. La borghesia voleva far credere che la propria scienza, fondandosi su aspetti molto tecnici e non etici, fosse più precisa, più concreta. Tale scienza doveva apparire anche in tutta la sua *neutralità*, fatta passare per conoscenza oggettiva delle cose, cioè dimostrabile mediante la tecnologia. Essa non aveva tanto l'intenzione di “negare” la religione, ma semplicemente di tenersi separata dal suo giudizio. Infatti per poter “negare” recisamente una religione dotata di potere politico, occorre un nuovo e altrettanto efficace potere politico che le si contrapponga, e questo sarà un compito delle rivoluzioni anti-istituzionali del Settecento.

In un certo senso si potrebbe dire che il procedimento scientifico-sperimentale moderno si basa sul *dubbio* (come la filosofia individualistico-borghese cartesiana). Si affermano delle ipotesi proprio perché si pensa che la realtà sociale non offra più una verità convincente. Anzitutto si dubita di un'esistenza sociale, pubblica, che a quel tempo era in fase di dissoluzione, quella dell'esperienza cristiana del cattolicesimo romano. La nuova verità non viene cercata però in una diversa esperienza sociale, ma in una nuova dimostrazione pratica, laboratoriale, di concezioni relative alla fisica e al cosmo, pretendendo di dire delle verità spiazzanti per il senso comune. Galilei è il primo a dire che la “verità naturale” non può essere data né dalla teologia né dalla filosofia ma solo dalla tecnoscienza. La scienza sperimentale si pone obiettivi diversi da qualunque metafisi-

ca, laica o religiosa che sia. L'essenza delle cose le diventa estranea: in tale maniera il sapere, pur arricchendosi notevolmente di dati quantitativi (matematici), perde di *qualità etica*.

In realtà una scienza non è affatto più “scientifica” quanto più è “meccanicistica”. La scienza del Seicento è stata in gran parte smentita, proprio sul piano scientifico, da quella dell'Ottocento e soprattutto del Novecento. Non solo, ma una scienza davvero “scientifica” deve essere strettamente collegata con l'*etica*, cioè alle necessità strettamente umane. È quindi sbagliato sostenere che alla scienza non devono interessare le “cause finali”. I progetti sulla società dipendono da una teleologia di fondo; e un metodo di ricerca può pretendere d'essere tanto più “scientifico” quanto più rispetta gli obiettivi finali della società. Semmai la discussione è a monte, cioè sul significato di tali obiettivi, sul modo di realizzarli.

Ma c'è di più e di peggio. La pretesa neutralità della scienza era solo una finzione, in quanto sin dall'inizio la scienza moderna si è posta al servizio di esigenze borghesi, cioè di una classe particolare, del tutto minoritaria in nazioni dedite prevalentemente all'agricoltura. Questo asservimento è stato accettato dalle Chiese cattolica e protestante, poiché loro stesse ne traevano profitto (si pensi solo all'applicazione della tecnoscienza al colonialismo). La Chiesa romana ha cominciato ad assumere atteggiamenti nettamente autoritari solo quando ha visto che con le teorie scientifiche si stavano scardinando i presupposti teologici su cui si era sempre creduto. Le gerarchie hanno reagito per motivi politici, dando a tali motivi un involucro ideologico basato su quei principi della teologia che gli intellettuali consideravano superati proprio in virtù dello sviluppo della pratica economica borghese.

3. La teologia medievale distingue nettamente il sapere teorico (teologia, metafisica, diritto canonico, ecc.) da quello pratico, giudicando le arti meccaniche di tipo servile.⁶ Ma lo faceva perché il contadino, essendo servo (analfabeta) della gleba, aveva poco interesse a sviluppare la tecnologia.

La borghesia invece è particolarmente incline a fare della tecnologia una finalità specifica della scienza, proprio perché la tecnoscienza è finalizzata al profitto. La classe borghese ha interessi individualistici e

⁶ Nella formazione scolastica delle sette Arti liberali, propedeutiche all'insegnamento della teologia e della filosofia, la suddivisione era la seguente: il *Trivium* riguardava tre discipline filosofico-letterarie: grammatica (lingua latina), retorica (arte di comporre un discorso giudiziario o politico) e dialettica (introduzione alla filosofia). Il *Quadrivium* comprendeva quattro discipline attribuite alla sfera matematica: aritmetica, geometria, astronomia, musica. Queste Arti precedevano l'ingresso all'Università, ma col trionfo del neoaristotelismo si sviluppò una classificazione più ampia delle scienze.

non si limita a studiare le scienze esatte in astratto; vuole anzi associare immediatamente la scienza e la tecnica alla matematica, intesa come algebra e geometria, nella convinzione che gli esperimenti compiuti in laboratorio possano essere facilmente applicati alla realtà. Si pensa cioè che tutto quanto risulta vero nel laboratorio, lo sia anche nella realtà. Si è convinti che nel laboratorio dello scienziato sia possibile riprodurre artificialmente qualunque legge della natura. Lo scienziato del laboratorio, padrone della tecnologia (che lui stesso il più delle volte produce, anche se non necessariamente) ha la sensazione o la percezione di poter influire sui processi della natura (riproducendoli in miniatura), e quindi di modificarli nella realtà, o quanto meno di controllarli facilmente, quasi come se egli stesso fosse il loro “creatore”. Scienza e tecnica, tenute insieme sin dall'inizio, fanno credere d'essere onnipotenti. I due strumenti principali sono il telescopio e il microscopio, che il mondo greco-romano, a causa dello schiavismo⁷, non poté produrre. Lo scienziato Erone, vissuto ad Alessandria d'Egitto nel II sec. a.C., non impiegò le sue macchine a vapore e la sua rudimentale turbina per spostare pesi o trascinare veicoli, ma per aprire le porte di un tempio o per costruire automi e statue semoventi negli spettacoli teatrali.⁸

4. È bene precisare che il nuovo sapere scientifico non si sviluppa nelle Università, bensì nelle Accademie, finanziate con capitali privati della borghesia. Tuttavia nelle Università la teologia, grazie alla riscoperta dell'aristotelismo, era già discretamente laicizzata. Semmai restava astratta, non essendo collegata con l'attività affaristica emergente (economia mercantile e manifatturiera, nata anche in conseguenza della laicizzazione della fede, che sin dal Mille aveva favorito il processo di urbanizzazione).

Le Accademie sono molto utili, in quanto il sapere viene condiviso tra gli intellettuali di estrazione borghese, per cui ognuno di loro tende a sentirsi esperto in più campi (scientifici, tecnici, artistici, cultura-

⁷ Sotto lo schiavismo la possibilità di migliorare la tecnologia non interessava né lo schiavo (che sarebbe comunque rimasto tale) né lo schiavista (che poteva acquistare sui mercati gli schiavi a poco prezzo). Anzi una tecnologia troppo sofisticata veniva guardata con molto sospetto dagli imperatori, i quali pensavano ch'essa avrebbe fatto aumentare le persone senza lavoro, oggetto di assistenza pubblica.

⁸ Il suo trattato di *Meccanica* porta a sistemazione definitiva l'aspetto teorico e pratico di questa scienza, riconducendola alle cinque macchine semplici – leva, argano, carrucola, vite e cuneo – il funzionamento delle quali dipende dal principio della leva. Egli inoltre aveva già capito come trasformare l'energia termica in energia meccanica, sfruttando la pressione derivante dal riscaldamento di acqua all'interno di una sfera metallica.

li). L'unica scienza che viene considerata superiore a tutte è la *matematica*. La borghesia è in grado di applicarla in qualunque settore dello scibile umano. Questo perché qualunque fenomeno o realtà materiale viene visto anzitutto in maniera *quantitativa*. Tutto deve poter essere misurato, calcolato. Per Galilei la matematica è il linguaggio dell'universo, nonché lo strumento fondamentale per ogni ricerca scientifica.

Con la rivoluzione scientifica del Seicento la cultura non si arricchisce, ma in un certo senso s'impoverisce, o comunque si diversifica a vantaggio dell'utilitarismo, ampliandosi in estensione ma diminuendo in profondità. Infatti, assistiamo al trionfo dell'intelletto specializzato sulla ragione onnilaterale, della tecnica sull'etica, dell'interesse individuale su quello collettivo, della quantità sulla qualità, dell'economico sul sociale, dell'artificiale sul naturale, ma anche della famiglia nucleare su quella allargata, della fede per convenienza sulla fede per convinzione, ecc. Questo perché l'esperienza prevalente, quella che si va imponendo nell'ambito della società civile, è strettamente legata all'uso del *denaro*, un mezzo di scambio che tende sempre più a trasformarsi in capitale che si autovalorizza. L'opposizione alle gerarchie ecclesiastiche butta via l'acqua sporca col bambino dentro. Per avere un pensiero sufficientemente laico e molto profondo bisognerà attendere la filosofia idealistica di Kant, Fichte, Schelling ed Hegel: gli unici in grado di competere coi grandi teologi della cristianità mondiale e anche coi maggiori filosofi del mondo greco. Non a caso sulle loro basi si svilupperà il materialismo storico-dialettico di Marx ed Engels.

5. La rivoluzione scientifica del Seicento è il punto d'arrivo di un processo di ridefinizione laica del sapere teologico che ha nella riscoperta dell'aristotelismo il suo inizio, mentre nell'Umanesimo neoplatonico e nel Rinascimento delle arti (matematizzate) il suo pieno sviluppo. La riscoperta di Platone (conseguente all'emigrazione degli intellettuali bizantini dalla capitale dell'impero d'oriente occupata dagli Ottomani) verrà usata contro l'uso strumentale dell'aristotelismo (finalizzato alla conservazione dell'egemonia universitaria della teologia scolastica, sempre più ridotta a una filosofia religiosa a causa dell'affermarsi della pratica sociale borghese).

Il neoplatonismo era stato eversivo perché, pur rifacendosi a un filosofo idealista come Platone, l'aveva fatto in chiave laica, anticlericale, valorizzando il singolo individuo tendenzialmente borghese. Anche la riscoperta scolastica dell'aristotelismo fu una laicizzazione della teologia agostiniana, che aveva dominato per tutto l'alto Medioevo, ma la riscoperta del platonismo fu una laicizzazione ancora più forte, proprio perché la borghesia del Quattrocento e del Cinquecento si era molto sviluppata. La Chiesa romana comincerà ad opporsi a tale laicizzazione borghese

della fede soltanto quando vedrà che con la Riforma protestante si minacciava seriamente il suo potere politico ed economico. Fino a quando non deciderà di scatenare la Controriforma, il papato, corrotto quanto mai, non aveva avuto nulla da dire nei confronti di tale laicizzazione.

Con la riscoperta del platonismo si era anche ripreso lo studio del greco, sempre grazie agli intellettuali bizantini in fuga verso l'Italia. Con l'uso di questa lingua si era potuto accedere a fonti che durante il Medioevo erano state o rimosse o manipolate dalla Chiesa romana. Si scopriranno dei falsi clamorosi, come p.es. la cosiddetta “Donazione di Costantino”.

Tuttavia nel Rinascimento il sapere scientifico risente dei limiti di una società borghese poco sviluppata, di tipo artigianale-commerciale, con manifatture ancora primitive. Infatti la scienza resta di tipo alchemico, con molti addentellati alla magia e all'astrologia. È vero che le botteghe artigiane inventano e sperimentano nuove tecniche in tutti i campi della cultura e dell'arte (si pensi soprattutto alla pittura, alla scultura, all'architettura, al tessile, all'oreficeria, ecc.). Ma i risultati in campo fisico, chimico, ottico, astronomico... lasciavano molto a desiderare.

Di sicuro con la cultura umanistica si comincia ad avere la percezione che la natura ha proprie leggi (spesso caratterizzate da una coincidenza di opposti che si attraggono e si respingono), funzionanti in maniera indipendente dalla volontà non solo umana ma anche divina, e queste leggi possono essere conosciute dall'essere umano, che è un microcosmo in grado di contenerle tutte. La diversità tra Umanesimo e tecnoscienza sta soltanto nell'uso dei mezzi.

Le acquisizioni più importanti della cultura umanistico-rinascimentale furono, in sostanza, le seguenti: il concetto di infinità dell'universo, in senso sia temporale che spaziale (benché si creda ancora nell'esistenza di un Dio che dà un ordine matematico-geometrico a tutte le forze della natura); la possibilità di una pluralità di mondi abitati o abitabili, quindi l'esigenza di superare il geocentrismo; l'idea organicistica di una coincidenza tra microcosmo (essere umano) e macrocosmo (universo); la necessità di sviluppare sensi, ragione, esperienza e metodo induttivo, in alternativa a dogmi di fede, tradizioni religiose, autorità ecclesiastiche e metodo deduttivo (tipico della metafisica).

La rivoluzione scientifica del Seicento non fa che confermare sul piano tecnologico queste intuizioni filosofiche dei due secoli precedenti. Scienza e filosofia procedevano in parallelo contro la teologia, influenzandosi a vicenda. Il divorzio tra le due discipline comincerà a farsi sentire, in maniera piuttosto netta, durante la seconda rivoluzione industriale (fine Ottocento), quando apparirà evidente che la tecnoscienza poteva procedere da sola sulla strada del “progresso” (borghese) dell'umanità.

6. La rivoluzione scientifica avviene nei tre Paesi più sviluppati economicamente o dove la cultura borghese era più forte: Italia, Olanda e Inghilterra. Tuttavia, di questi Paesi il primo non aveva ancora compiuto l'unificazione nazionale, e ciò lo renderà molto debole sul piano politico, al punto che verrà occupato stabilmente da una grande potenza colonialistica di cultura cattolico-feudale, la Spagna, poi coadiuvata da un altro impero di cultura cattolico-feudale, l'austro-ungarico, che pur cercava di modernizzarsi in senso capitalistico.

Degli altri due Paesi, l'Olanda appariva più forte, in quanto non era alle prese con una sanguinosa guerra civile tra borghesia e aristocrazia, come lo sarà l'Inghilterra sino alla fine del Seicento (infatti i secoli in cui gli inglesi saranno oggetto di imitazione in gran parte del mondo, saranno il XVIII e il XIX). L'Olanda ebbe solo bisogno di compiere una guerra di liberazione nazionale contro l'occupazione spagnola, e la fece in nome del calvinismo. Con la fine della guerra dei Trent'anni (1618-48) l'indipendenza dei Paesi Bassi fu sancita in maniera definitiva (il Belgio però resterà cattolico), e l'Olanda si avvierà a diventare, grazie al proprio colonialismo borghese, oltre ad alcune particolari manifatture, la prima potenza mondiale, in grado di eliminare persino la concorrenza portoghese in Asia.

Anche Spagna e Portogallo avevano grandi imperi da sfruttare, i più imponenti, come estensione geografica, prima che fossero superati da quello inglese. Ma non avevano le stesse capacità commerciali dell'Olanda, e tanto meno quelle manifatturiere di tipo tessile (al massimo producevano lana grezza pregiata). La loro ricchezza dipendeva dal saccheggio di metalli preziosi, dal commercio di prodotti esotici tramite la schiavitù degli indigeni, dalla produzione di armi, ecc.

Le capacità manifatturiere in grado di competere con quelle olandesi le aveva l'Italia, ma non avendo fatto né la rivoluzione politica in senso borghese, né una riforma religiosa di tipo protestantico, né l'unificazione nazionale, il suo destino era segnato. Come lo sarà quello della Germania, la quale, pur avendo fatto la riforma luterana, non volle fare l'unificazione nazionale (cosa che avrebbe permesso alla borghesia d'imporsi sull'aristocrazia). La Germania diventerà una grande potenza industriale solo *dopo* l'unificazione nazionale (promossa e gestita dalla Prussia), ma, non avendo un vero impero coloniale, pari alle sue concorrenti europee, sarà costretta, per recuperare il tempo perduto, a far scoppiare due guerre mondiali, trovando nell'Italia una sponda favorevole in questa esigenza guerrafondaia. In particolare sarà dalla fine dell'Ottocento sino alla prima metà del Novecento che le ideologie borghesi italo-tedesche cercheranno di acquisire, senza mai riuscirci, un impero coloniale equivalente a quello anglo-francese. I ritardi nello sviluppo del capitalismo

pesarono come macigni.

Anche la Francia non ebbe una riforma protestante, ma il cattolicesimo, condizionato fortemente dal calvinismo ugonotto, divenne una religione di tipo esclusivamente politico (indipendente dal papato), che sul piano etico era molto somigliante al calvinismo, tant'è che subito dopo la rivoluzione del 1789 questo Paese diventerà il numero due nel mondo, dietro ai padroni degli oceani, gli inglesi, e sarà il primo come forza terrestre militare nel continente europeo.

Dunque la vera nazione che sostituirà l'Olanda nell'egemonia commerciale mondiale sarà l'Inghilterra, subito dopo aver concluso la rivoluzione politica a favore della borghesia e aver acquisito le tecniche manifatturiere in campo tessile dagli stessi olandesi. Saranno gli inglesi a compiere la prima vera rivoluzione industriale, quella del Settecento basata sul ferro e sul carbone, che trasformerà completamente l'industria manifatturiera e i trasporti. Prima di trovare un vero concorrente mondiale (la Spagna lo resterà solo in America Latina), l'Inghilterra dovrà attendere che in Francia si compia la rivoluzione politica, poi l'avventura napoleonica, infine il colonialismo in Africa e in altri territori del mondo. Solo alla fine della seconda guerra mondiale sia la Francia che l'Inghilterra verranno subissate dalla superpotenza nordamericana.

La grandezza degli Stati Uniti si formò a partire dal momento in cui la rivoluzione politica inglese si concluse con un compromesso tra borghesia calvinistica e aristocrazia cattolica. Di tale intesa politico-religiosa, la monarchia anglicana costituiva l'espressione più eloquente. I calvinisti più radicali emigrarono in America, liberarono le colonie dall'egemonia inglese (e in parte anche francese e spagnola) e fecero degli Stati Uniti la prima potenza industriale e commerciale del mondo. Oggi questo primato è messo in discussione dalla Cina, in cui lo sviluppo borghese dell'economia è addirittura favorito da un partito sedicente comunista, che, sul piano politico, si pone in maniera dittatoriale.

La rivoluzione astronomica

1. A partire dall'Umanesimo la rivoluzione scientifica (espressa dapprima in forma meramente filosofica, poi fisica e matematica) ebbe la pretesa di porsi in alternativa alla teologia cattolica e in parte anche a quella protestante. Eppure tutti i filosofi e gli scienziati che elaborarono una concezione dell'universo alternativa a quella cattolica provenivano da ambienti ecclesiastici. Cusano, Telesio, Bruno, Campanella⁹ non erano scienziati, ma avevano sviluppato una filosofia che poneva l'uomo e non Dio al centro dell'universo, pur all'interno di un linguaggio ambiguo, che doveva tener conto della dittatura teocratica del papato.

La scienza del Seicento fu nettamente debitrice di una filosofia umanistica sorta in ambienti ecclesiastici slegati dalle direttive del potere. Ciò fa pensare che all'interno della Chiesa romana (a quel tempo ancora enormemente potente a motivo del sostegno spagnolo) vi erano quei presupposti razionalistici, del tutto estranei alla tradizione ortodossa (greca e slava), che, se svolti in maniera conseguente, avrebbero portato al trionfo delle idee laicistiche.¹⁰ Si trattava solo di avere il coraggio di farlo, rischiando di pagarne pesantemente le conseguenze. Per realizzare ciò fu sufficiente recuperare la tradizione classica, greco-romana, svolgendola in un contesto cristiano-borghese.

Non fu un semplice ritorno al regime schiavistico, ma un ritorno dentro una cultura che aveva già vissuto 1500 anni di cristianesimo. Lo sviluppo dell'umanesimo laico e della tecnologia scientifica furono resi

⁹ Per vedere imporsi la figura dello scienziato vero e proprio bisogna attendere gli studi matematici e fisici di Copernico, Keplero, Brahe, Galilei, Newton... Di questi però Copernico e Keplero provenivano da ambienti ecclesiastici. Il giovane Galilei aveva addirittura imparato l'astronomia copernicana dai suoi professori gesuiti di Roma, che la insegnavano per confutarla.

¹⁰ Da notare che anche l'apofatismo teologico degli ortodossi poteva portare all'ateismo, ma, nell'insieme, la loro confessione aveva come esigenza primaria quella di salvaguardare l'autorità centrale dello Stato imperiale, mentre una società borghese tende a favorire la prassi economica individualistica, insofferente ai poteri superiori che la controllano. Questo atteggiamento borghese fu reso inizialmente possibile, nell'ambito del cattolicesimo, proprio perché lo stesso papato si poneva come istanza politica individualistica all'interno della cristianità, cioè come istanza favorevole alla propria infallibilità di giudizio, al culto della propria personalità. Sarà poi compito del protestantesimo, che lottò contro l'autoritarismo pontificio, estendere l'individualismo anche a livello di società civile, rendendolo prassi dominante.

possibili dal fatto che l'uomo non si sentiva più “schiavo” come un tempo, quando gli schiavisti lo volevano totalmente privo di personalità, una semplice “res” parlante, paragonabile agli animali. L'uomo urbanizzato, il mercante, l'artigiano, il libero professionista, l'imprenditore si sentivano relativamente liberi e quindi in grado di sviluppare, prima a livello teorico-filosofico, poi a quello tecnico-scientifico una cultura molto diversa dalla precedente.

La rivoluzione astronomica del Seicento si colloca sulla scia della rivoluzione filosofica iniziata nelle Accademie delle grandi Signorie italiane col neoplatonismo borghese; e questa rinnovata filosofia umanistica, a sua volta, sarebbe stata impossibile senza la riscoperta razionalistica dell'aristotelismo avvenuta nell'ambito della teologia universitaria della Scolastica.¹¹ Apparentemente sembrano culture opposte tra loro, ma non lo sono assolutamente nell'esigenza di laicizzare l'esperienza del cristianesimo, quale in Europa era stata trasmessa dall'agostinismo platonizzante e che si era consolidata per tutto l'alto Medioevo. Fu una rivoluzione sostanzialmente teorica (matematica), anche se ampiamente sostenuta dall'invenzione del principale strumento astronomico: il telescopio. E in questo gli olandesi, grazie allo sviluppo delle metodiche applicate all'ottica e alla costruzione delle lenti, erano i migliori in assoluto.

La rivoluzione umanistico-rinascimentale aveva già introdotto, in chiave filosofica, temi come l'infinità dell'universo, la pluralità dei mondi, la fine del geocentrismo, l'idea di un Dio che dà un ordine matematico e geometrico a tutte le forze della natura, l'idea organicistica di una coincidenza tra microcosmo e macrocosmo, la necessità di sviluppare sensi, ragione, esperienza e metodo induttivo in alternativa a dogmi di fede, tradizioni religiose, autorità ecclesiastiche e metodo deduttivo. Si può quindi affermare che la rivoluzione scientifica non ha fatto altro che confermare delle idee filosofiche pregresse.

2. La rivoluzione astronomica del Seicento mette in crisi un modello consolidato da quasi due millenni di analisi scientifiche basate su elementari osservazioni empiriche, semplici calcoli matematici, strumen-

¹¹ Con l'ultima Scolastica, quella inglese di Duns Scoto, Ruggero Bacone e Guglielmo di Ockham, si arriva chiaramente a sostenere che il sapere scientifico è più importante di quello teologico e filosofico; che la scienza deve basarsi soltanto su di sé e su nessuna “autorità” indiscussa; che quando la scienza si basa su se stessa, deve dare più importanza all'esperienza che non alla logica astratta e tanto meno ai dogmi della fede; che l'esperienza, di cui la ragione deve servirsi, è quella fisica basata sulle leggi della matematica (aritmetica + geometria); che le verità che si traggono da questa esperienza scientifica sono relative al tempo in cui vengono formulate; che la conferma delle verità trovate è data dalla tecnologia (a Bacone p. es. si attribuisce l'invenzione degli occhiali da vista).

tazioni primitive. Tale rivoluzione critica fortemente il principio di autorità (ecclesiastica, universitaria, scolastica) in nome della ricerca tecnico-scientifica, condotta in maniera libera, individualistica, dal singolo scienziato, chiuso nel proprio laboratorio, in contatto con altri scienziati europei come lui, pagato da capitali borghesi.

Si voleva una ricerca basata su un'osservazione diretta, non mediata da presupposti teologici, capace di utilizzare una strumentazione sufficientemente avanzata, che lo stesso scienziato, ottimo conoscitore della matematica, era in grado di costruirsi da solo o comunque di acquistare presso produttori competenti.

Insomma si stava affermando la centralità di un individuo relativamente isolato che, grazie alle proprie conoscenze tecnico-scientifiche, era convinto di poter conoscere direttamente il mondo sensibile, materiale. La scienza e la tecnica insieme offrivano la convinzione d'essere superiori a qualunque realtà ecclesiastica.

3. Sul piano astronomico il sistema aristotelico-tolemaico presentava una certa coerenza, in quanto, non disponendo del telescopio, si basava sull'osservazione diretta della vista, quindi rispondeva bene al senso comune. Da notare che nel Medioevo si distingueva tra “astronomia” e “cosmologia”. La prima veniva insegnata dai matematici, mentre la seconda dai filosofi, in quanto fondata sul *De caelo* di Aristotele. Agli occhi dei filosofi-fisici, interessati unicamente alle cause del moto e non alle sue leggi, l'astronomia non era altro che “*téchne*”, mentre la cosmologia era “*episteme*”. Peraltro prima del Seicento la meccanica (che si limitava quasi esclusivamente alla statica, in quanto il moto era difficile da misurare) non era neppure considerata parte della fisica.

La nuova scienza sperimentale dovrà invece imporsi contro l'esperienza quotidiana. Era importante farlo per almeno due ragioni: a) si aveva bisogno di una tecnoscienza che permettesse di navigare facilmente nell'intero pianeta, alla ricerca di terre da colonizzare (con l'astronomia aristotelico-tolemaica ciò non era possibile); b) si volevano porre le basi culturali per un superamento (o almeno un significativo ridimensionamento) di quella cultura teologica che aveva fatto proprio, in maniera dogmatica, il sistema astronomico geocentrico.

Purtroppo le condanne inflitte a Galileo Galilei, Tommaso Campanella e Giordano Bruno indussero a sviluppare la scienza (e la filosofia meccanicistica) soltanto nei Paesi di religione protestante (favoriti, in questo, anche dall'invenzione della stampa), facendo uscire dalla storia del capitalismo europeo i cosiddetti Paesi mediterranei (Italia, Spagna e Portogallo), con gravi ripercussioni anche su quelli che avevano il catto-

licesimo come religione di stato (Austria, Ungheria, Polonia, ecc.).¹²

L'idea di fondo della Chiesa era che quando la Bibbia può essere interpretata in maniera letterale e non c'è ragione per non farlo, nessun'altra interpretazione è possibile. La dottrina copernicana poteva essere sostenuta soltanto se si supposeva che la Bibbia si pronunciasse sull'immobilità della Terra in modo ingenuo, per accomodarsi al linguaggio semplice del "volgo". Ma siccome nessuno poteva "dimostrarlo", se non l'autore della stessa Bibbia, allora la teoria copernicana al massimo poteva essere accolta come una semplice ipotesi, non come una verità "scientifica". Il torto di Galilei stava appunto nell'averla ritenuta vera e nel tentare di dare di taluni passi della Bibbia una doppia interpretazione.

4. Il modello aristotelico (IV sec. a.C.) e quello tolemaico (II sec. d.C.) erano caratterizzati dal geocentrismo, in quanto l'esperienza quotidiana suggerisce la convinzione che siano gli astri, incluso il Sole, a girare intorno alla Terra, e che questa sia al centro dell'intero universo, limitato nello spazio, in quanto se fosse infinito, sarebbe paragonabile a Dio. Cioè in pratica, poiché gli astri paiono girare attorno alla Terra, si dava per scontato che l'universo fosse una sfera perfetta.

Nel mondo greco si dava per scontato che il cosmo fosse sì eterno, non creato da alcuna divinità, ma spazialmente andava considerato finito, in quanto appunto di forma circolare, chiuso in se stesso. L'universo quindi era concepito come un ammasso caotico di materia privo di leggi, cui gli dèi avevano dato un ordine. Erano convinti di questo perché ritenevano le loro città-stato, governate dagli schiavisti, come la quintessenza della più ordinata democrazia, sicché tutto ciò che aveva preceduto la formazione di tali città, non poteva che essere barbaro, informe, caotico. Alcuni loro intellettuali (p.es. Esiodo e Platone), vedendo a quali disastri sociali aveva portato questa convinzione storico-politica e culturale, pensarono invece che in origine fosse esistita un'età dell'oro, ove vigevo libertà e uguaglianza per tutti.¹³

¹² Quando Galilei fu condannato agli arresti domiciliari dal Sant'Uffizio (1633), i suoi libri furono portati clandestinamente in Olanda per essere prontamente ristampati. Da notare ch'egli non cercò mai appoggi da parte del popolo ma solo da parte dell'élite colta. Temeva enormemente di fare la fine del Savonarola o di Giordano Bruno, e sperava che affrontando l'astronomia in maniera puramente intellettuale, il papato avrebbe avuto meno motivi per condannarlo al rogo. Tuttavia, a causa del protestantesimo, la curia romana, a quel tempo, vedeva nemici da tutte le parti.

¹³ Secondo le leggende, durante l'età dell'oro gli esseri umani vivevano senza bisogno di leggi, né avevano la necessità di coltivare la terra, poiché da essa cresceva spontaneamente ogni genere di pianta. Non esisteva la proprietà privata, non c'era odio tra gli individui e le guerre non flagellavano il mondo. All'aurea

Conciliando il paganesimo greco con l'ebraismo, la teologia cristiana arrivò a dire che l'universo era stato creato da Dio per un fine di bene, quindi non poteva essere eterno, anche se sicuramente era finito, circoscritto nello spazio, come volevano i Greci. Questo universo, creato da Dio, avrebbe avuto una fine nel momento del giudizio universale da parte del Figlio di Dio; dopodiché si sarebbero formati “nuovi cieli”, cioè un nuovo universo. I cristiani avevano una concezione della storia teleologica, non ciclica. Le cose non si ripetono sempre uguali, ma hanno un determinato obiettivo da perseguire: la liberazione di tutta l'umanità dal peccato originale, che aveva distrutto l'età dell'oro, il paradiso terrestre, il rapporto di familiarità con Dio.

Per la teologia cristiana l'uomo continuava a restare al centro dell'universo, in quanto l'universo era stato creato per l'essere umano. Si doveva solo attendere l'apocalisse, la ricapitolazione di tutte le cose, restando obbedienti alla Chiesa, in quanto l'uomo, da solo, non sarebbe stato capace di liberarsi dalle deleterie conseguenze di tale peccato. L'incapacità di compiere il bene se la portava dentro. Tutto il Medioevo feudale esprime un'ideologia della sottomissione personale al proprio diretto superiore. Era impossibile che ci fosse un vero e proprio sviluppo della scienza, benché un certo progresso tecnico, rispetto al mondo greco-romano, il Medioevo l'avesse sperimentato in maniera molto significativa: il collare da spalla per i buoi, le staffe nella sella del cavallo e il ferro negli zoccoli, i mulini a vento verticali e ad acqua di molto migliorati, l'aratro pesante e la rotazione triennale delle colture, il torchio vinario, il pozzo artesiano, la carriola, il maglio idraulico, ecc. Si trattava però di innovazioni che riguardavano prevalentemente la vita agreste, anche se in Italia, che aveva conosciuto, come altre regioni europee di grandi commerci, un precoce sviluppo comunale (e in altre regioni europee di grandi commerci), molte innovazioni riguardarono anche la vita cittadina.¹⁴ La borghesia aveva bisogno di molte più sicurezze per le sue esigenze di profitto, da quelle logistiche a quelle finanziarie, da quelle manifatturiere

seguirono, con progressivo declino, la stirpe argentea, empia e bellicosa, sterminata da Zeus; la stirpe bronzea, violenta al punto da autodistruggersi; la stirpe degli eroi, annientati dalle guerre; la stirpe ferrea, la peggiore di tutte, che vive nel dolore in un mondo abbandonato da Aidos (Pudore) e Nemesis (Giustizia).

¹⁴ Altre innovazioni importanti furono le prime Università, i numeri arabi, gli occhiali, gli orologi meccanici, la bussola e il timone girevole a poppa, le tecniche costruttive dei castelli e delle cattedrali (la volta a crociera, la manovella...), le prime grandi cartiere, gli altoforni, l'uso del luppolo nella birra e del camino nelle abitazioni, la gru galleggiante nel porto, la pittura a olio, la filigrana nelle banconote, l'uso dei bottoni nel tessile. La stampa a caratteri mobili fa entrare il Medioevo nell'epoca moderna.

a quelle assicurative.

5. Nella concezione aristotelica l'universo era nettamente diviso in due regioni: da un lato quella *terrestre*, composta dall'aggregazione e disgregazione di quattro elementi (terra e acqua, che tendono verso il basso, e aria e fuoco, che tendono verso l'alto); dall'altro quella *celeste*, che va dalla Luna sino alle stelle fisse, le più lontane di tutti gli astri, composte di un solo elemento, l'etere, solido e trasparente.

Nella regione *terrestre* gli elementi hanno un inizio e una fine. La Terra, ferma al centro dell'universo, fondamentalemente piatta, conosce, al proprio interno, un movimento rettilineo, difforme e limitato nel tempo. Invece nella regione *celeste* tutto è perfetto e immutabile, con un movimento regolare e circolare (le orbite non sono che cerchi concentrici, assolutamente perfette, infinite, prive di inizio e fine, immutabili). Il Sole, la Luna e gli altri pianeti sono come chiodi fissati sulle delle sfere ruotanti attorno alla Terra, in maniera uniforme e perenne. Le stelle indicano il limite ultimo dell'universo, la sua finitezza, oltre il quale vi è una sfera divina invisibile, una sorta di motore immobile, che mette in moto tutto il cielo, obbligandolo a girare attorno alla Terra. Le stelle appaiono sostanzialmente fisse, in quanto il loro movimento era considerato poco significativo.

Aristotele non ha mai speso una parola contro la schiavitù. Considerava possibile la perfezione solo al di fuori della Terra, ma su questo pianeta, dove pur tutto era in divenire, l'esistenza degli schiavi doveva restare immutabile. Ogni cosa – l'espressione è sua – doveva restare nel suo “luogo naturale”, per cui non aveva senso opporsi a ciò che la natura aveva stabilito.

Sotto questo aspetto, non poteva esistere, per Aristotele, neppure il *vuoto*, poiché una realtà di questo genere avrebbe messo in discussione il “pieno” esistente, cioè avrebbe impedito il formarsi di gerarchie prestabilite, inamovibili. Nelle sfere celesti, sovraterrene, esiste l'etere (la quinta essenza, oltre a terra, acqua, aria e fuoco), che impedisce l'esistenza del vuoto.

Aristotele era un grande conservatore in politica, anche se in campo logico, scientifico, metafisico, ecc. diede contributi notevolissimi allo sviluppo del pensiero. Era protetto dai Macedoni di Alessandro il Grande, quando essi occupavano la Grecia, almeno finché questa non si liberò del fardello che l'opprimeva. A quel punto egli dovette emigrare, finendo di lì a poco i suoi giorni.

Il contributo di Tolomeo alla sua astronomia fu reso necessario dal fatto che le orbite dei pianeti non sono affatto così perfette come la tradizione aristotelica voleva far credere. Infatti non erano circolari, bensì ellittiche, di cui però lo stesso Tolomeo nulla sapeva. Il fatto che fosse-

ro ellittiche causava fenomeni che apparivano irregolari, anzi incomprensibili (vedi ad es. il cosiddetto “movimento retrogrado apparente dei pianeti”). Gli astronomi greci, di fronte a tale moto, restavano abbastanza sconcertati, proprio perché esso era del tutto incompatibile con la fisica aristotelica, fissata sull'idea di un moto circolare uniforme dei pianeti.

Tolomeo si vide costretto a teorizzare l'esistenza di ben 55 sfere, ipotizzando una combinazione di più moti circolari. Cioè in pratica per confermare il moto circolare uniforme attorno alla Terra, egli era stato costretto a introdurre le orbite eccentriche e i movimenti epiciclici, con tanto di deferenti ed equanti. Il risultato era stato una teoria incredibilmente complessa, anche se, grazie a questa teoria, era stato possibile compiere calcoli molto precisi sulla durata dell'anno solare (cosa che diede il via alla creazione del calendario gregoriano nel 1582, usato ancora oggi con una piccola modifica).

La Chiesa romana, che amava interessarsi di tutto per poter controllare non solo il popolino ma anche gli intellettuali, non ebbe dubbi nell'accettare questo artificioso impianto. Le bastò trasformare il cosiddetto “motore immobile” in una sorta di empireo della Trinità; dopodiché i teologi equipararono le sfere celesti alle potenze e gerarchie angeliche, e il gioco era fatto. Andare a cercare nella Bibbia quei passi che si potevano conciliare con tale astruseria, era un gioco da ragazzi: furono trovati sia nel Genesi che nel libro di Giosuè.

6. Il primo a mettere in dubbio la logica di tale sistema fu Copernico, astronomo, matematico e presbitero polacco, laureato in diritto canonico. La rivoluzione scientifica iniziò in campo astronomico proprio perché nel XVI sec., con gli strumenti allora a disposizione, la borghesia non poteva fare altro. Tale svolta epocale, una delle più importanti in tutta la storia del genere umano, va dalle *Rivoluzioni dei corpi celesti*, che Copernico pubblicò nello stesso anno della sua morte, il 1543, ai *Principi matematici di filosofia naturale*, scritti da Newton nel 1687. La moderna scienza fu “europea” per il semplice motivo che i suoi principali protagonisti appartenevano a vari Paesi: Copernico era polacco¹⁵, Bacon e Newton inglesi, Galilei italiano, Pascal e Cartesio francesi¹⁶, Brahe danese, Keplero e Leibniz tedeschi.

Non è certo stato un caso che la rivoluzione scientifico-astronomica sia stata preceduta dalla rivoluzione delle concezioni astronomiche

¹⁵ A dir il vero Copernico era figlio di una famiglia tedesca, che viveva in uno Stato autonomo governato da un re polacco. La sua lingua madre era appunto il tedesco. Tuttavia egli non amava considerarsi né un tedesco né un polacco bensì un prussiano.

¹⁶ Per non aver noie coi teologi francesi, Cartesio, sin dal 1629, preferirà trasferirsi nei Paesi Bassi. Temeva seriamente di fare la fine di Bruno o di Galilei.

compiuta in campo filosofico al tempo dell'Umanesimo e del Rinascimento. Senza questa preventiva laicizzazione del pensiero religioso non vi sarebbe stata una netta “rivoluzione” in campo scientifico. Al massimo vi sarebbero stati dei miglioramenti tecnologici nella navigazione oceanica, divenuti una necessità dopo l'inizio della colonizzazione ispano-portoghese.

Viceversa, con Copernico, Brahe, Keplero, Galilei e Newton si parla di trionfo “scientifico” delle idee laicistiche della borghesia, già espresse sul piano filosofico da Telesio, Bruno, Campanella, Erasmo e molti altri intellettuali, emancipatisi dalla sudditanza ideologica nei confronti del cattolicesimo-romano. Costoro non erano scienziati e credenti in maniera casuale (cioè semplicemente perché la cultura dominante era caratterizzata dalla religione cristiana), ma erano diventati scienziati proprio perché credevano in un cristianesimo particolare, molto diverso da quello ortodosso dell'Europa orientale. E così bisogna dire dei filosofi umanistico-rinascimentali. L'opposizione alla religione dominante è interna alla stessa religione cattolico-romana non per motivi cronologici o estrinseci, ma proprio per motivi culturali, ontologici. Nell'ambito del cattolicesimo l'individualismo si esprime a livello *politico-gerarchico*; in quello del protestantesimo si esprime a livello *sociale*: si abolisce la figura del “sacerdote” per far diventare ogni laico sacerdote di se stesso. Il protestantesimo non è che un'evoluzione borghese più radicale del cattolicesimo tardo-feudale: la rottura è solo apparente.

Non solo, ma senza una rivoluzione scientifica in campo astronomico, resa tecnologicamente possibile dall'invenzione del telescopio, non sarebbe potuta avvenire la rivoluzione industriale del Settecento, e la classe borghese si sarebbe sviluppata molto più lentamente. Questi sono tutti processi tra loro collegati.

Una borghesia, anche piuttosto sviluppata, esisteva ben prima che in Europa, p.es. nelle culture ebraico-islamiche e indo-cinesi. Ma in queste tradizioni e civiltà è sempre mancata una vera *laicizzazione* del pensiero, unita a un'attività affaristica e imprenditoriale *autonoma*, non controllata da istanze statuali. La rivoluzione scientifico-astronomica, esattamente come quella filosofico-umanistica e artistica, poteva avvenire solo in Europa occidentale, dove gli abitanti erano stati abituati per un millennio a vedere le gerarchie ecclesiastiche comportarsi in maniera arrogante, individualistica, essendo strettamente legate al potere politico ed economico. Senza la grande corruzione dell'alto clero, la borghesia non avrebbe potuto sentirsi autorizzata a comportarsi nella stessa maniera. Il capitalismo, prima commerciale, poi manifatturiero, infine industriale, non ha fatto altro che estendere a livello *sociale* una corruzione che per molti secoli aveva dominato sul piano *politico-istituzionale* nell'ambito

delle gerarchie cattoliche, proprio quelle che avrebbero dovuto dare l'esempio di una validità etico-sociale dei valori religiosi.

Ecco perché la rivoluzione astronomica avvenne anzitutto in ambito *cattolico*. Copernico, che visse tra il 1473 e il 1543, aveva già visto nascere il protestantesimo. Siccome era un presbitero polacco, temette sino all'ultimo giorno della sua vita di poter essere accusato di eresia. Persino il suo cadavere rimase sempre sepolto in un luogo segreto: solo nel 2008 fu ritrovato! La sua opera principale fu pubblicata mentre era in coma irreversibile.

Tycho Brahe era un protestante danese, figlio di nobili ricchissimi e politicamente influenti. Non ebbe mai alcun problema a pubblicare le sue opere, anzi poté dotarsi di personali osservatori astronomici, finanziati da sovrani e imperatori. Il suo miglior discepolo, Keplero, cercò di convincerlo ad adottare completamente il modello eliocentrico copernicano, ma lui, sino alla fine dei suoi giorni, preferì attenersi a un proprio modello compatibile con la versione biblica, secondo cui la Terra è al centro dell'universo. A ciò però aggiunse che tutti gli altri pianeti girano attorno al Sole. Come si può ben notare, fu una soluzione di compromesso, tipica di un esponente non pienamente borghese ma aristocratico. Galilei non le attribuì mai alcuna importanza.

Keplero invece, teologo ed ecclesiastico luterano di umili origini, non ebbe dubbi nel sostenere apertamente il modello copernicano. Anzi, fu proprio nell'Università protestante di Tubinga, ove studiava teologia, che alcuni seguaci dell'eliocentrismo lo convinsero a fare questa scelta con sicurezza. Soltanto anche quando i protestanti si resero conto che l'eliocentrismo, portato alle sue conseguenze più logiche, non sarebbe stato soltanto una teoria anti-cattolica, ma anche una teoria anti-religiosa, il destino di questo grande astronomo mutò direzione. Dapprima infatti il clero protestante accusò di stregoneria sua madre. Il processo durò sei anni e terminò, per fortuna, positivamente. Tuttavia egli morì in disgrazia e in povertà a Ratisbona nel 1630 a 58 anni. A tutt'oggi non si sa dove sia sepolto: infatti la sua tomba si perse nel 1632 quando le truppe di Gustavo Adolfo (impegnate nell'invasione della Baviera durante la guerra dei trent'anni) distrussero il cimitero.

Le vicende di Galileo Galilei sono note a tutto il mondo: sospettato di eresia per le sue idee eliocentriche e copernicane, fu condannato dal Sant'Uffizio e costretto ad abiurare. Solo nel 1992 il papato ammise d'essersi sbagliato: lo fece, peraltro, senza rendersi conto che la concezione di "scienza" che aveva Galilei, per quanto giusta se messa a confronto con le pretese teologiche dei suoi accusatori, avrebbe procurato danni enormi all'integrità della natura. Questo perché, a partire dalla sua impostazione metodologica del sapere scientifico (analogia a quella dell'angli-

cano inglese Francesco Bacone), la natura veniva considerata come una semplice risorsa da sfruttare senza ritegno. Bacone addirittura concettualizzò la “scienza del terrore”, sostenendo le deportazioni dei proletari inglesi e irlandesi più poveri (inclusi i bambini) nelle colonie americane della Virginia, dove venivano utilizzati come schiavi.

Probabilmente l'inizio della fine della natura va attribuito proprio a Galileo Galilei, che nella sua Toscana mercantile e colta, di cultura neoplatonica e neopagana, totalmente avversa al neoaristotelismo degli scolastici, si era già fatto a pezzi, prima che altrove, qualunque tradizione di derivazione bizantina.

Quanto a Newton, è noto che fosse un paranoico litigioso, che non sopportava d'essere criticato da nessuno; restò isolato due anni interi per rifinire i suoi *Principia* e non esitava a servirsi, nella valutazione dei propri colleghi accademici, dei risentimenti personali. Soffrì per molto tempo di esaurimenti nervosi, che quasi lo portarono alla follia, ma si pensa che ciò fosse causato dal fatto che nei suoi esperimenti alchemici usasse molto mercurio. Fatto sta che, pur non avendo avuto problemi dai sovrani inglesi anglicani, si rifiutò di pubblicare i suoi scritti filosofici e teologici, nettamente contrari al dogma trinitario (tant'è ch'egli viene considerato un precursore del deismo: Dio visto come “orologio dell'universo”). Anche i suoi testi scientifici furono pubblicati piuttosto tardi.

Questo per dire che nell'attività scientifica di questi intellettuali le interferenze, i condizionamenti, diretti o indiretti, della religione, sia essa cattolica o protestante, furono sempre molto pesanti. D'altra parte non ha alcun senso esaminare l'evoluzione del pensiero umano, considerando la scienza *in sé* decisamente più vera di qualunque religione. La scienza dell'Europa occidentale è un prodotto derivato dalla progressiva *laicizzazione* della teologia cattolico-romana, che però si svolse, in quanto si voleva radicalizzare tale laicizzazione, contro questa stessa religione, anzi contro la religione *qua talis*.

Non solo, ma resta anche del tutto insensato esaminare l'evoluzione di tale laicizzazione borghese, senza metterla in stretto rapporto alle dinamiche sociali del *capitalismo*. La transizione dal feudalesimo al capitalismo fece da supporto fondamentale alla transizione dalla teologia cattolica alla filosofia umanistica e alla scienza sperimentale. Questa scienza è anzitutto *matematica* e *fisica* ed è applicata all'astronomia, quindi gli studi sull'ottica, sulle lenti e sulla luce vanno considerati fondamentali. Dalla rivoluzione astronomica ad oggi la scienza, nonostante le due guerre mondiali del Novecento e la sempre più grave devastazione ambientale, non ritiene d'aver bisogno di alcun rapporto organico né con l'etica né con la filosofia, che di regola vengono tenute ai margini proprio perché non sono in grado di dimostrare scientificamente la validità delle

loro affermazioni. La “scientificità” della scienza è stata ridotta a qualcosa di inerente esclusivamente alla sua dimostrazione pratica o tecnologica. Se le discipline cosiddette “umanistiche” vogliono dotarsi di uno statuto scientifico, devono avvalersi del contributo delle scienze esatte, matematizzanti o tecnologiche.

7. Dunque, ricapitolando: dopo la condanna di Galileo i Paesi che si preoccuparono di ereditare le sue acquisizioni, sviluppando la filosofia meccanicistica, furono l'Inghilterra, l'Olanda e alcune città tedesche. La nuova scienza fu istituzionalizzata in Inghilterra nella seconda metà del XVII sec., mentre all'inizio del successivo si diffuse sul continente europeo.

Aver cercato di bloccare lo sviluppo delle verità matematiche con la teologia o con la politica autoritaria, da parte della Chiesa romana, fece perdere a quest'ultima l'ultima credibilità che le era rimasta. Probabilmente le stesse gerarchie ecclesiastiche e inquisitoriali si erano già accorte della differenza tra scienza sperimentale e filosofia umanistica favorevole al laicismo. Infatti, a differenza di Giordano Bruno, Galilei fu posto soltanto agli arresti domiciliari. Non fu mai accusato d'essere un vero eretico sul piano dogmatico. Ciò tuttavia non impedì alla Chiesa romana di avvilupparsi in una serie di contraddizioni da cui non sarebbe più uscita.

D'altra parte era il cristianesimo in sé a soffrire di un'antinomia inspiegabile: da un lato predicava che la liberazione umana si sarebbe potuta realizzare solo nell'aldilà; dall'altro vincolava la propria esistenza a una politica di potere, accettando di diventare una Chiesa di stato, o dotandosi addirittura di un proprio Stato territoriale, del tutto indipendente dalle pretese imperiali. Sotto questo aspetto bisogna dire che la rivoluzione scientifica del Seicento pose nuove basi anti-ecclesiastiche per quelle rivoluzioni politiche che la borghesia andrà a compiere di lì a poco.

8. Se ci pensiamo bene, dal punto di vista strettamente fisico-astronomico, l'eliocentrismo è non meno insensato del geocentrismo. Infatti il Sole è al centro soltanto del proprio sistema, il quale appartiene a una galassia di infiniti sistemi stellari, e la stessa galassia è soltanto una di infinite galassie di un universo illimitato nello spazio. In un universo del genere non ha alcun senso parlare di “centro” e di “periferia”.¹⁷ Tutto

¹⁷ La nostra galassia, nata circa 13,8 miliardi di anni, possiede da un minimo di 200 miliardi di stelle a un massimo di 400 miliardi, e vi sono almeno altre 100 miliardi di galassie nell'universo osservabile. Il Sole (una nana gialla di colore bianco) brilla in maniera regolare da poco meno di 5 miliardi di anni e lo farà per altri 5 miliardi senza grosse variazioni di intensità, nonostante che la sua massa si alleggerisca ogni secondo di 4 milioni di tonnellate (la sua massa rappresenta da sola il 99,86% della massa complessiva del sistema solare). L'ener-

è “centro” e tutto è “periferia”, poiché quel che conta è *il punto di vista dell'osservatore*, “qui e ora”. Quindi se, in definitiva, è tale punto di vista che conta, l'uomo resta sempre al “centro” dell'universo. Cioè l'oggetto più importante del cosmo infinito è quello che ha consapevolezza della necessità delle leggi universali.

Questo vuol dire che la contrapposizione tra geocentrismo ed eliocentrismo ha un significato quasi nullo sul piano etico. Semmai ne acquista uno quando si associa il geocentrismo alla fede e l'eliocentrismo alla ragione. Sarebbe infatti assurdo sostenere la validità dell'eliocentrismo per negare all'uomo il diritto a una propria centralità nell'universo. È ridicolo pensare di poter sminuire l'importanza assoluta dell'essere umano smontando in materia matematica i calcoli astrusi di Tolomeo. Semmai ha senso sostenere l'idea di eliocentrismo per superare l'idea religiosa di “creazionismo”, in virtù della quale l'uomo deve sentirsi in soggezione nei confronti di una divinità. L'uomo non è figlio di un dio che lo sovrasta, ma è piuttosto l'espressione della materia dell'universo consapevole di sé.

Non è stato certo con la matematica che l'uomo, pur acquisendo nuove e più solide cognizioni scientifiche, ha migliorato il proprio comportamento sul piano *etico*. Anzi, applicando la scienza e la tecnologia al capitalismo, l'uomo moderno ha creato nuovi antagonismi sociali (e questa volta a livello planetario); e, in aggiunta a ciò, ha completamente devastato l'integrità della natura.

L'umanità non aveva bisogno di una rivoluzione “scientifica”, ma di una rivoluzione “sociale” e “politica”, con cui scardinare il sistema e tornare al comunismo primitivo, o comunque iniziando a costruire un tipo di società in cui l'uguaglianza sociale fosse la *conditio sine qua non* per la vivibilità umana.

Per tutto il periodo della cosiddetta “preistoria”, pur nell'ignoranza di come funzionasse esattamente il sistema solare, gli esseri umani si erano comportati in maniera assolutamente naturale. Non erano minimamente interessati a sapere se il Sole gira o sta fermo, se è di colore giallo o bianco, se è più vicino alla Terra in estate o in inverno, e altre amenità del genere. Sapevano benissimo che l'osservazione può ingannare, ma si affidavano all'*esperienza* per non commettere errori, ed era un'*esperienza sociale*, basata su *tradizioni ancestrali*. È stato a partire dallo schiavismo che l'astronomia è stata usata per giustificare l'antagonismo sociale e i poteri dominanti, al punto che le autorità non si facevano scrupoli a con-

gia che ha nasce dalle reazioni di fusioni nucleari di idrogeno che si converte in elio a circa 15-16 milioni di gradi di temperatura. La pressione è elevatissima: intorno a 500 miliardi di atmosfere.

fonderla con l'astrologia.

Questo per dire che la moderna rivoluzione scientifica non ha avuto alcun ruolo ai fini della liberazione dal servaggio o dal lavoro salariato. È stata un'acquisizione meramente intellettuale, utilizzata dalla borghesia per i propri traffici commerciali. Il mondo contadino ha continuato ad affidarsi alle proprie tradizioni e al senso comune, avendo netta la percezione che si fosse passati soltanto da una forma di "egocentrismo" (quella aristocratica, laica ed ecclesiastica) a un'altra (quella borghese, commerciale e imprenditoriale). Solo che, prima di capirlo, i contadini appoggeranno, illudendosi, le rivendicazioni anti-aristocratiche della borghesia, nella convinzione di poter migliorare la propria miserabile condizione.¹⁸

L'idea geocentrica, secondo cui la Terra è ferma e tutto il resto le gira attorno, rispecchiava la società autoritaria dell'epoca schiavistica e servile (o feudale). In queste società autoritarie il monarca o lo schiavista, pubblico o privato, proprietario terriero o funzionario statale, stanno "fermi" e danno ordini ai loro sudditi o sottoposti, che devono eseguire gli ordini senza discutere, quindi muovendosi. Nella fissità sta la perfezione, l'autorevolezza, l'autosufficienza del potere. Ciò ovviamente non era vero, poiché senza sudditi il despota era nulla, ma era comunque questa l'immagine che i poteri dominanti davano di se stessi. Il movimento infatti indica l'esigenza, o meglio, la necessità di lavorare, di obbedire a ordini ricevuti dall'alto. Ci si muove perché non si è liberi.

La Terra quindi è al centro perché è composta anzitutto da persone autorevoli che vogliono comandare su tutti gli altri. Il geocentrismo era frutto di un certo *culto della personalità*. Quando si cominciò a metterlo in discussione, l'imbarazzo, la paura, il panico furono gli atteggiamenti tipici dei poteri costituiti, dominanti perché dittatoriali.

Per poter mettere in discussione una concezione astronomica così autoritaria, occorre una classe sociale economicamente forte (assai diversa da quella schiavizzata o servile), avente cognizioni tecniche e

¹⁸ Si badi che l'ampio uso delle conoscenze matematiche, applicate alla fisica, all'astronomia, ecc., non ridusse affatto il divario tra cultura popolare e cultura elitaria, anzi, semmai l'approfondì. Infatti, se prima, per essere contadini non si aveva alcun bisogno di cognizioni matematiche, ora, per essere borghesi, bisognava averne non poche. Lo stesso Galilei era convinto che la nuova scienza dovesse restare separata dal linguaggio della gente comune. I matematici dovevano confrontarsi, secondo lui, solo tra loro o, al massimo, coi teologi interessati ad ampliare le loro conoscenze. Tuttavia i teologi si confrontavano anche col popolo (p.es. nei pulpiti delle chiese), presentando i matematici nella maniera più negativa possibile, e proprio in questa manipolazione delle menti stava la loro forza.

scientifiche completamente sottovalutate dalle classi dominanti (l'aristocrazia laica ed ecclesiastica). Tale classe sociale non poteva essere che la *borghesia*, la quale, nella parte occidentale dell'Europa, ove dominava la religione cattolico-romana, che verrà poi estremizzata, in taluni suoi aspetti individualistici, da quella protestantica (soprattutto nella sua variante calvinistica), aveva l'abitudine a comportarsi in maniera *autonoma*, essendo molto insofferente a controlli di tipo "istituzionale" (papato, impero, Stato nazionale...).

Era una borghesia molto diversa da quella sviluppatasi in area bizantina o islamica o in altre parti del mondo. Era una borghesia che anche quando riusciva a impadronirsi delle leve del potere politico, concepiva quest'ultimo in funzione degli interessi economici. Era una borghesia che aveva sostituito al culto della divinità quello per il denaro: un culto fine a se stesso, cui sottomettere ogni valore, ogni istanza umana, ogni cultura. Tutto veniva misurato sulla base dell'interesse puramente materiale. Il denaro andava accumulato a prescindere dalle proprie esigenze di sopravvivenza, di sicurezza, dalle proprie capacità di spenderlo. E per poterlo accumulare in maniera progressiva, illimitata, la strada migliore era quella di sfruttare il lavoro altrui: di qui la pretesa trasformazione del contadino in schiavo salariato, giuridicamente libero, occupato in un'azienda ove la scienza si è unita alla tecnologia. Senza la nascita della moderna manifattura, senza la nascita di una mentalità borghese imprenditoriale, non sarebbe stata possibile la rivoluzione scientifica in campo astronomico. Infatti, tale rivoluzione veniva incontro a esigenze tipicamente affaristiche, le quali dapprima si manifestarono in ambito cattolico, già al tempo Comuni, e poi si svilupparono enormemente in quello protestantico.

Insomma, l'unico vero progresso della rivoluzione scientifico-astronomica fu soltanto quello di aver indotto buona parte della popolazione europea a distinguere nella lettura della Bibbia l'interpretazione letterale da quella metaforica, e di averlo fatto usando non solo il latino ma anche le lingue nazionali.¹⁹ Nessuno scienziato rinunciò alla religione

¹⁹ Newton, Eulero, Gauss, Linneo... pubblicarono tutte le loro opere in latino. Copernico lo fece col suo capolavoro, *De revolutionibus orbium coelestium*. Anche Spinoza scrisse la sua *Etica* in latino e Bacone il *Novum Organum*, anche se poi traduce in inglese il proprio saggio *Sul progresso del sapere umano*. Hobbes e Cartesio non avranno dubbi nell'usare, rispettivamente, l'inglese per il *Leviatano* e il francese per il *Discorso sul metodo*. Galilei usò il latino per il *Sidereus Nuncius*, allo scopo di rivolgersi all'intera comunità degli scienziati europei, ma con le sue opere della maturità, *Il Saggiatore* e *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, scelse il volgare toscano. Forse anche per questo il *Dialogo* venne considerato dagli inquisitori "più pericoloso delle scritture di Lutero": di qui la deci-

tout-court: semplicemente ci si limitò a dire che nell'analisi dei fenomeni naturali occorre la ragione e un'adeguata strumentazione tecnologica.²⁰ E questo non tanto per comprendere la natura in maniera più adeguata, ma, anzitutto, per poterla “dominare”.

sione di condannarlo senza remore. Il latino sopravviverà come lingua franca per i letterati e gli scienziati fino al 1800 circa, quando verrà soppiantato in questo ruolo dal francese e, in parte, dal tedesco; poi sarà la volta dell'inglese.

²⁰ Newton addirittura scrisse vari testi di teologia e di storia della chiesa: un'analisi di tutti i suoi scritti rivela che di circa 3.600.000 parole solo 1.000.000 furono dedicate alle scienze, mentre circa 1.400.000 furono dedicate a soggetti religiosi. In particolare egli non sopportava l'idea meccanicistica secondo cui la natura è autosufficiente. Non solo, ma arrivò ad accettare l'arianesimo, cercando di dimostrare che Cristo non era Dio, finché in punto di morte rifiutò i sacramenti. Eppure con lui la gestazione del metodo scientifico può considerarsi compiuta e può iniziare quella presa di possesso della natura da parte della scienza, che avanzerà trionfalisticamente per due secoli.

Le Accademie scientifiche

La prima Università del mondo sorse nell'impero bizantino, quella di Costantinopoli (*Pandidakterion*), nell'848, ma gli Stati dell'Europa occidentale non la riconobbero mai come Università. Le principali facoltà erano quelle di medicina, filosofia, legge e silvicoltura, ma a Costantinopoli vi erano anche varie scuole di economia, dei politecnici, delle Accademie di belle arti, ecc. L'obiettivo era di istruire persone competenti, che potessero diventare burocrati, uomini di stato o di chiesa. Principali punti di riferimento culturali erano le filosofie di Platone e di Aristotele. L'Università venne chiusa dai turchi nel 1453, quando cadde l'impero bizantino.

Le Università euroccidentali nacquero invece nei secoli XII-XIII (quella di Bologna nel 1088), al fine di superare i limiti delle scuole formatesi presso le sedi monastiche o vescovili. Spesso non erano che associazioni tra studenti e professori, provenienti da varie parti dell'Europa, i quali preparavano insieme i programmi e i libri di testo. L'interesse prevalente era per la cultura classica, latina e greca, con particolare riferimento alle opere di Aristotele, che gli arabi presenti in Spagna avevano tradotto dal greco all'arabo e dall'arabo al latino. Si distinguevano quella di Salerno, con la sua antica Scuola medica; Padova e Montpellier per la medicina; Bologna per il diritto; Parigi e Oxford per la teologia e la filosofia.

Tuttavia già nel XIII sec. le autorità civili, i sovrani in Francia e Inghilterra, i magistrati comunali in Italia, il papato cominciarono a imporre il loro controllo su queste realtà formative. Il papato le mise sotto la propria protezione e giurisdizione, assicurando i privilegi giuridici ed economici degli universitari. Con ciò la grande fase di discussione e di scontro intellettuale, nell'ambito della Scolastica, era ormai finita e l'intellettualità universitaria si indirizzava sempre più verso le carriere ecclesiastiche. La sintesi scolastica del XIII sec. aveva, nel sistema tomistico, contenuto lo slancio della speculazione affermatasi durante la riscoperta di Aristotele, riconducendolo alla giustificazione della dogmatica cattolico-romana. Ma già nel secolo successivo tale sintesi appariva in dissoluzione: l'empirismo di Occam, di Ruggero Bacone (ma anche l'originalità di Duns Scoto) minavano le fondamenta del tomismo. Tale scissione tra filosofia e teologia appare forte anche in alcuni testi di Cusano. Anche Telesio pone le basi per una filosofia naturale avente per oggetto la natura nella sua mera fisicità (empirismo sensistico), libera dall'interpretazio-

ne teologico-metafisica del peripatetismo scolastico.

Si tende ad affermare l'apofatismo, la dotta ignoranza nei confronti della divinità, e in questa maniera la filosofia tende a liberarsi dei suoi presupposti metafisici. È così che sorge l'idea di una scienza della natura basata sull'esperienza, dominata dal principio di relatività. La natura comincia a essere vista come un ente che ha in sé un proprio autonomo principio di vita e di sviluppo.

Verso il XIV sec. il centro degli studi filosofico-scientifici si sposta a Padova e in alcune Università tedesche e olandesi. Infatti le prime cattedre di matematica, astronomia, fisica aristotelica, filosofia naturale risalgono ai secoli XIV-XV. Senonché per poter insegnare matematica un docente doveva già essere laureato in teologia o medicina o giurisprudenza, cioè in una delle tre discipline superiori, di cui la prima si studiava soprattutto a Oxford e Parigi, mentre le altre due in Italia, già abbondantemente caratterizzata da uno sviluppo comunale-borghese. Infatti gli insegnamenti teologici in Italia aumentarono soprattutto dopo il Concilio di Trento, con la nascita della Controriforma, che fece uscire il Paese dallo sviluppo del capitalismo. Il docente di matematica era tenuto a conoscere anche astrologia, astronomia, ottica, meccanica e geografia. La sua filosofia non poteva essere difforme dal neoaristotelismo della Scolastica, contro il quale la prima nazione ad opporsi, nel Cinquecento, fu l'Olanda, anche se proprio nelle sue Università s'impedì, nel 1656, d'insegnare la filosofia cartesiana.

In ogni caso l'Umanesimo non fu sufficiente a trasformare il carattere clericale delle Università europee. In Giordano Bruno il naturalismo diventa un monismo panteistico, in cui la natura appare nella sua infinità fisica e la ragione non deve fare altro che ricondurre a unità gli opposti. In Leonardo da Vinci si può intravedere il primo tentativo di uscire dalle secche della metafisica per unire tecnicismo e matematicismo. I problemi tecnico-meccanici assumono in Giovanni Battista Benedetti una forma chiaramente matematica, una scienza che si sviluppa particolarmente anche in Niccolò Fontana Tartaglia e Gerolamo Cardano.

Ci vorrà però la rivoluzione scientifica del Seicento e soprattutto del Settecento per fare della matematica una scienza sostitutiva della teologia e della filosofia peripatetica. Solo la scienza di tipo sperimentale raggiungerà un livello di assoluta indipendenza teoretica da qualunque cultura precedente. In questi secoli gli scienziati potevano ancora aver fatto il loro curriculum studi presso una Università cattolica, ma assai raramente facevano carriera universitaria. Ideologicamente non si sentivano più "cattolici" e, per non avere grane, preferivano optare per una vita defilata, se non isolata, in modo da poter condurre indisturbati il proprio lavoro di ricerca e riflessione. Il confronto tra filosofi e scienziati "non

allineati” all'ideologia dominante avviene per lo più tramite lo scambio epistolare.

Nel corso del Seicento nascono circoli o gruppi informali frequentati da intellettuali di spicco, che, a causa delle loro idee “laiche”, non insegnano nelle Università cattoliche. Molti di loro provengono dalla piccola nobiltà e quindi possiedono dei beni di famiglia che consentono loro una relativa tranquillità, ma possono avere anche un'attività specifica (Spinoza p.es. era un ottico), oppure prestare servizio presso qualche persona o istituzione di rilievo (Leibniz p.es. era un diplomatico, Newton il direttore generale della Zecca di Londra), o anche fare il precettore presso una famiglia prestigiosa.²¹ Non hanno sostegni da parte di un ordine religioso o di una chiesa o dell'Università, né si identificano con una scuola precisa (come p.es. succedeva nel mondo greco con l'Accademia platonica o il Liceo aristotelico). Non hanno un “modello di vita” da trasmettere ai discepoli, ma solo delle concezioni filosofiche o scientifiche; anzi, spesso vengono ritenuti una via di mezzo tra un sapiente e un mago o un alchimista.

Essi daranno vita, di lì a poco, alle Accademie scientifiche vere e proprie, che si presentano come istituzioni aperte a un sapere libero, capace di oltrepassare le contese teologiche e politiche allora dominanti (uno scienziato poteva appartenere a più Accademie). L'intento era quello di favorire la ricerca collaborativa, l'analisi degli esperimenti, le applicazioni tecnologiche di una determinata scoperta o invenzione, quindi ci si preoccupava di far progredire le scienze e le arti, facendo circolare il più possibile le idee. A differenza delle Università le Accademie non erano animate da uno spirito di competizione e di conquista del prestigio, né eleggevano gli aderenti in base al ceto sociale.²²

Forse il Paese ideologicamente più aperto durante il Seicento fu l'Olanda, che si era liberata dall'oppressione spagnola e che, in nome del calvinismo affaristico, commerciava col mondo intero. Ad essa confluivano migliaia di esuli che fuggivano dalle persecuzioni religiose e dal-

²¹ Uno dei pochi che poté liberamente insegnare nelle Università della Germania e dell'Austria fu Keplero, ma era protetto dall'imperatore del Sacro Romano Impero Rodolfo II. Galilei ottenne un contratto triennale per una cattedra di matematica all'Università di Pisa grazie all'intercessione del Duca di Toscana, Ferdinando I de' Medici, e poté insegnare a Padova per 18 anni grazie alla Repubblica di Venezia, che forse s'era pentita d'aver consegnato Giordano Bruno all'Inquisizione romana poco tempo prima.

²² Da notare che gli studi astronomici di Copernico e di Tycho Brahe, quelli matematici di Niccolò Tartaglia e di Simon Stevin, quelli di meccanica di Guidoaldo del Monte, quelli fisici di G. B. Benedetti assai raramente furono recepiti nell'istruzione universitaria del Cinquecento.

l'intolleranza politica degli Stati. Molti filosofi o scienziati (tra cui Cartesio, ma in parte anche Galilei) preferivano stampare lì le loro opere, al fine di aggirare la censura ecclesiastica.

La prima vera Accademia fu quella dei Lincei (“investigando la natura con occhio di lince” era il motto), fondata a Roma nel 1603 dal marchese Federico Cesi, appassionato studioso di Paracelso, ovvero di scienze naturali, soprattutto di botanica. Ad essa collaborò Galilei nel 1611, dandole una svolta verso la fisica e l'astronomia. Era vietato a un “linceo” appartenere a un ordine religioso. Non si parlava mai di politica. Si valorizzavano le arti meccaniche e le attività artigianali, prima relegate ai margini della conoscenza. Gli accademici potevano far vita comune, usufruendo di vere strutture tecnico-scientifiche e divulgative (cannocchiali, officine, laboratori, biblioteche e tipografie). Incontrò subito una netta ostilità da parte delle autorità ecclesiastiche e universitarie.

Molto importante fu anche l'Accademia del Cimento (cioè dell'esperimento scientifico: “provando e riprovando” era il motto), sorta a Firenze nel 1657, grazie al principe Leopoldo dei Medici, fratello del Granduca di Toscana, Ferdinando III. Egli ammirava Galilei (infatti l'Accademia era animata da scienziati galileiani), ma quando ottenne la nomina di cardinale, chiuse l'istituzione (1667).²³

Anche l'Accademia degli Investiganti di Napoli, nata verso la metà del Seicento, si serviva delle idee galileiane per unirle a quelle del naturalismo rinascimentale, a quelle telesiane, cartesiane e gassendiane. Era stata fondata da intellettuali di tutto rispetto, protagonisti della rivoluzione scientifica del sec. XVII nel Regno di Napoli, tra i quali Tommaso Cornelio, medico, matematico e filosofo e Leonardo Di Capua, medico, scienziato e filosofo. L'Accademia fu soppressa nel 1668 dal viceré spagnolo Pedro Antonio de Aragón. Vari suoi esponenti furono accusati dal Sant'Uffizio di ateismo e atomismo. Ciò a testimonianza che nelle Accademie europee si stava sempre più sperimentando la fine del mondo unitario della filosofia neoaristotelica e scolastica.

Un'Accademia delle Scienze fu inaugurata anche a Bologna, nel 1714, dopo che il fondatore, Luigi F. Marsili (scienziato, militare, geologo e botanico), s'era reso conto che l'Accademia degli Inquieti, nata nel 1691 grazie a Eustachio Manfredi (matematico e astronomo), non aveva ottenuto nulla dalla sua tentata riforma dell'Università. La nuova Accademia pubblica aveva un orientamento galileiano, e Marsili fu eletto socio

²³ A Firenze, nel 1583, nasce anche l'Accademia della Crusca, con l'obiettivo di promuovere il purismo della lingua italiana, allora coincidente col fiorentino, separando “il fior di farina della lingua dalla crusca”. Il suo prodotto principale fu la compilazione di un Vocabolario.

dell'Académie française e della Royal Society. Nella fase iniziale l'Accademia poté godere di un forte sostegno da parte del papa bolognese Benedetto XIV. In seguito all'occupazione napoleonica, nel 1804, l'Accademia fu sospesa e ripristinata solo nel 1829.

Non essendo finanziate da uno Stato nazionale, le Accademie italiane ebbero molta meno fortuna di quelle europee.

In Inghilterra la Royal Society fu approvata dal re Carlo II Stuart nel 1662, dando veste pubblica al privato Gresham College, fondato nel 1597 da un ricco mercante, ove si discuteva di tutto, meno che di teologia e di politica. Il punto di riferimento filosofico privilegiato era Bacon. La Società, pur ricevendo finanziamenti pubblici, era indipendente dallo Stato. Venivano ammessi intellettuali di differenti religioni, nazionalità e professioni. I più attivi furono Robert Hooke (fisico, biologo e geologo) e Robert Boyle (chimico, fisico, inventore e filosofo naturalista). La Royal Society dal 1703 al 1727 fu presieduta da Newton, grande nemico di Hooke.

A Parigi, nel 1634, volendo imitare l'Accademia della Crusca, si tenne la prima seduta dell'Académie française, i cui 40 membri avevano il medesimo scopo di stabilire il corretto uso della lingua nazionale. Pochi anni prima vi erano stati il Cabinet des frères Dupuy (1615-62), tenuto in vita dal matematico Marin Mersenne, filo-cartesiano, e l'Accademia di Montmor, istituita privatamente da Henri-Louis Habert de Montmor, sostenitore di Cartesio e grande amico di Pierre Gassendi, astronomo antiaristotelico.

Il re Luigi XIV e il ministro Colbert fondarono l'Académie Royale des Sciences nel 1666, allo scopo di valorizzare non solo la lingua francese, ma anche per approfondire le teorie baconiane, che in Inghilterra spopolavano. L'Accademia però ridusse di molto la sua importanza dopo la revoca dell'Editto di Nantes (1695), che le fece perdere gli scienziati stranieri non cattolici. In ogni caso gli scienziati si resero ben presto conto che lo Stato aveva solo intenzione di usarli per delle mansioni non strettamente inerenti alla ricerca scientifica vera e propria (consulenti governativi, insegnanti, amministratori, ecc.).

In Prussia all'istituzione dell'Accademia Reale delle Scienze nel 1700 fu decisivo l'apporto di Leibniz, il quale collaborò anche alla fondazione delle Accademie di Pietroburgo e Vienna. L'obiettivo era di favorire la lingua tedesca, approfondire le scienze, espandere l'industria, propagare un cristianesimo universale mediante la scienza, nel tentativo di tenere insieme le scienze naturali e quelle umane. Nel 1746 Federico II chiamò Moreau de Maupertuis (matematico, fisico, filosofo, naturalista e astronomo) a dirigerla. Così facendo però la lingua ufficiale dell'Accademia diventò il francese. Fu finanziata dallo Stato solo a partire dal 1809.

Nel Settecento ogni Stato voleva una propria Accademia di scienziati. La diffusione delle scienze (anche in forma enciclopedica) fu molto forte per tutto il secolo, anche se durante la rivoluzione francese i giacobini vedevano gli scienziati delle Accademie come una nuova élite aristocratica, preferendo di gran lunga l'opera politica di Rousseau. Tant'è che non ebbero scrupoli a chiuderle e a far fuori eminenti scienziati come Lavoisier e Condorcet.

In ogni caso la Francia diventò il centro degli studi matematici derivanti da Cartesio, mentre l'Inghilterra diventò il centro degli studi scientifici di derivazione baconiana. A Newton si richiamano due filoni: quello matematico e quello ottico. Egli fu l'ultimo matematico inglese in grado di competere coi grandi matematici francesi (Eulero, Lagrange, Laplace, Gauss e Bernoulli). Alla Royal Society interessava soprattutto sviluppare l'industria.

Solo nell'Ottocento le Accademie perderanno la loro importanza, in quanto la loro attività verrà totalmente assorbita dalle Università, le quali però non saranno più dominate da un'ideologia religiosa. La scoperta galileiana delle leggi della meccanica, utilizzate da Newton e da Lagrange, rimarranno a fundamenta di tutta la fisica sperimentale fino alla metà del XIX sec. in tutte le Università europee.

Le astronomie pre-copernicane

I popoli antichi

Nell'antichità Caldei, Maya, Egiziani, Fenici, Cinesi e altri popoli hanno lasciato tracce delle loro esperienze astronomiche sviluppate autonomamente. La maggior parte di queste è stata dedicata soprattutto al *computo del tempo* utilizzando le lunazioni, il sorgere e il tramontare del Sole e, a volte, i movimenti dei pianeti.

Oltre al computo del tempo, interessava anche il problema dell'*orientamento*, ch'era facilmente risolvibile conoscendo i moti del Sole e la posizione delle Stelle. Il punto cardinale Est era ritenuto da molti sacro proprio per il fatto che da quella direzione “sorge” il Sole; molti templi e molte chiese sono orientati lungo la direzione est-ovest. A tale proposito grande importanza si attribuiva alla costellazione del Grande Carro, per la sua vicinanza al polo e per la sua utilizzazione nella ricerca della Stella Polare. Per poter riconoscere facilmente le tante stelle, venivano riunite in gruppi (costellazioni), ai quali davano il nome dei loro miti, delle loro leggende e dei loro dèi.

Gli antichi accomunavano sotto lo stesso nome di pianeti la Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno e anche il Sole (non conoscevano i pianeti più distanti, non essendo visibili a occhio nudo). Questi pianeti appaiono muoversi, con velocità diverse, sulla sfera celeste, mentre le stelle sembrano fisse, pur muovendosi la sfera che le contiene.

I Caldei erano in grado di predire, con una certa approssimazione, i moti diretti e retrogradi dei pianeti, le loro congiunzioni e, soprattutto, erano capaci di calcolare gli istanti delle eclissi di Luna.

I Maya, pur non sapendo nulla della forma sferica della Terra, conoscevano le cause delle eclissi, sapevano usare lo gnomone e sapevano calcolare i momenti dei solstizi e degli equinozi. Alla base di tali conoscenze sta sicuramente il loro progresso in campo matematico: conoscevano infatti lo zero e adottavano la numerazione posizionale.

I cicli, il ripetersi dei fenomeni astronomici avevano assunto presso i Maya un significato talmente importante che il loro calendario, ad uso civile e religioso, era esclusivamente basato sui fenomeni celesti. Esso utilizzava alternativamente l'anno solare e l'anno di Venere, determinato dalla rivoluzione sinodica del pianeta, che ovviamente veniva “divinizzato” come il Sole e la Luna. Conoscevano molto bene i moti dei

cinque pianeti visibili ad occhio nudo e sapevano già che la Via Lattea era nient'altro che un grande ammasso di stelle.

Già cinque secoli prima di Cristo i Maya avevano adottato un anno formato da 365,242 giorni, compresi in 18 mesi di 20 giorni ciascuno, più un breve mese addizionale di 5 giorni. Questo computo del tempo così evoluto in nessun'altra parte della Terra si troverà fino all'inizio dell'era moderna.

In generale nell'antichità l'astronomia si confondeva spesso con l'astrologia e la magia o la divinazione, al punto che veniva usata dalle autorità costituite per giustificare il sistema schiavistico. Il popolo antico più contrario all'astronomia, proprio per questo suo trasformarsi in astrologia, era quello ebraico.

Il mondo greco

I primi fondamenti astronomici greci pare debbano essere fatti risalire al 600 a.C. quando Talete di Mileto, a capo della “scuola ionica”, insegnava sulla sfericità della Terra, sul fatto che la Luna è visibile solo poiché riflette i raggi solari, affermando anche che le stelle del cielo erano fatte di “fuoco”. Nella scuola ionica Anassimandro utilizzava lo gnomone.

Intorno al V sec. a.C. si attribuiscono alla scuola pitagorica le prime idee sui moti, di rotazione e di rivoluzione, della Terra, che pur resta al centro dell'universo. Di questa scuola era Filolao, che ipotizza una prima struttura dell'universo, con un fuoco centrale, e i pianeti, Sole compreso, ruotanti intorno ad esso. Tale ipotesi resta in vigore fino ad Aristotele.

Fra il 429 e il 347 a. C. appare Platone, che accenna a epicicli e deferenti, ai moti della Luna e dei pianeti e alla materia che componeva le stelle. Ecco come il grande filosofo descrive, nel *Timeo*, l'universo: “Dio lo fece tondo e sferico, in modo che vi fosse sempre la medesima distanza fra il centro e l'estremità... e gli assegnò un movimento, proprio della sua forma, quello dei sette moti. Dunque fece ch'esso girasse uniformemente, circolarmente, senza mutare mai di luogo... e così stabili questo spazio celeste rotondo e moventesi in rotondo”. Quello di Platone era dunque un sistema geocentrico, a sfere concentriche, che fu in seguito perfezionato da Eudosso e a cui Aristotele attingerà in gran parte.

Fu proprio Eudosso da Cnido (409-356 a.C.), un matematico dell'Accademia platonica, che per primo tentò di risolvere in modo meccanico il problema dei movimenti irregolari (stazioni e retrogradazioni) dei pianeti. Per tentare di dare risposta alle sue teorie, egli si recò a studiare in Egitto, dove i sacerdoti erano anche astronomi e astrologi. Riuscì nel

suo intento, dotando il sistema planetario di una serie di sfere motrici (in tutto 27), le quali contenevano i poli delle sfere dei pianeti, in modo che quest'ultimi potessero muoversi nel cielo indipendentemente gli uni dagli altri e tracciare nel cielo le traiettorie da noi osservate e solo apparentemente irregolari. Il sistema di universo costruito da Eudosso da Cidno e perfezionato da Callippo qualche anno più tardi con l'aggiunta di alcune sfere per Mercurio, Venere, Marte e per la Luna e il Sole, diede lo spunto al grande Aristotele di parlare di astronomia.

Secondo Empedocle di Agrigento (492 a.C.-430 a.C.) la velocità della luce era finita, per cui impiegava un certo tempo a percorrere una certa distanza.

Democrito di Abdera (460 a.C.-380 a.C.), della scuola atomistica, immaginò l'essenza dell'universo composta da particelle di materia più o meno piccole, non ulteriormente divisibili: gli atomi, che si combinavano tra loro in uno spazio assolutamente infinito. Essi erano le uniche realtà durevoli, mentre l'esistenza del vuoto era condizione indispensabile al loro movimento.

Eraclide Pontico (385 a.C.-322 a.C.) fu forse il primo a sostenere che l'apparente moto giornaliero degli astri si dovesse alla rotazione della Terra sul suo stesso asse una volta al giorno. Ovvero che esistevano dei moti di Mercurio e di Venere intorno al Sole, pur ruotando quest'ultimo intorno alla Terra.

Ad Aristarco di Samo (310 a.C.-230 a.C.) è riconosciuto il merito d'essere stato il primo sostenitore dell'ipotesi eliocentrica: il moto della Terra intorno al proprio asse e il suo movimento attorno al Sole lungo un cerchio, più il movimento della Luna attorno alla Terra. Concordava inoltre con Eraclide Pontico nell'attribuire alla Terra anche un moto di rotazione diurna attorno a un asse inclinato rispetto al piano dell'orbita intorno al Sole, col che si poteva giustificare l'alternarsi delle stagioni.

Aristarco ipotizzò che le stelle, essendo fisse, dovevano avere un moto annuo apparente nel cielo, a causa della variazione della posizione della Terra rispetto a loro, mentre essa compiva il suo moto intorno al Sole. Questo movimento apparente doveva essere simile a un'ellisse (a causa della direzione della stella rispetto al piano orbitale della Terra), ed è proprio quello che viene oggi chiamato "parallasse annua".²⁴ Dato che

²⁴ Si chiama "parallasse annua" il fenomeno per cui un oggetto sembra spostarsi rispetto allo sfondo se si cambia il punto di osservazione, cioè in sostanza si indica il valore dell'angolo di spostamento. Misurando l'angolo della parallasse e la distanza tra due punti di osservazione è possibile calcolare la distanza dell'oggetto per mezzo della trigonometria. La tecnica viene usata in astronomia per determinare la distanza di corpi celesti non eccessivamente lontani da noi. Non c'è solo la parallasse annua (dovuta alla rivoluzione della Terra attorno al Sole),

questo movimento non si osservava a occhio nudo, egli concluse che le stelle fisse si dovevano trovare a distanze enormemente maggiori del diametro dell'orbita terrestre annuale. In effetti è tanto maggiore da evitare ogni effetto di parallasse misurabile con gli strumenti dell'epoca (e anche delle epoche successive fino al XIX secolo).

Nell'opera di Aristarco, *Delle dimensioni e distanze di Sole e Luna*, si affronta per la prima volta il problema di misurare geometricamente le distanze di Luna e Sole dalla Terra. Lavorando con il metodo euclideo (non si conosceva ancora la trigonometria) e con una strumentazione molto primitiva, Aristarco determinò che la distanza Terra-Sole era da 18 a 20 volte la distanza Terra-Luna (in realtà era per lui impossibile misurare l'effettivo angolo Sole-Terra-Luna, che comporta una distanza Terra-Sole di circa 390 volte quella tra Terra e Luna).

Altra figura importante è quella di Eratostene di Cirene (276 a.C.-194 a.C.), che ragionò su un fatto piuttosto curioso, che si ripeteva regolarmente. Mentre a Siene (l'odierna Assuan), nell'Alto Egitto, il Sole, esattamente allo zenit il giorno del solstizio estivo, cioè a mezzogiorno, illuminava, entro un raggio di circa mezzo miglio e per un attimo, il fondo di ogni pozzo, ad Alessandria d'Egitto invece, nello stesso giorno e alla stessa ora, gli obelischi e le altre strutture verticali producevano un'ombra, seppure molto corta. Eratostene fece due cose: misurò il rapporto tra la lunghezza dell'ombra e l'altezza dello gnomone e calcolò facilmente l'angolo tra la verticale del luogo e la direzione del Sole; mandò il suo servo a Siene per misurare il più esattamente possibile la distanza tra le due città (era sufficiente il percorso di un dromedario!). A questo punto Eratostene fece una semplice proporzione e calcolò la misura della circonferenza terrestre, che risultò sbagliata di meno del 2% rispetto al valore reale (39.375 km contro gli effettivi 40.000). In pratica l'angolo misurato ad Alessandria con lo gnomone doveva essere lo stesso tra Alessandria e Siene viste dal centro della Terra. Egli infatti dava per scontato che i raggi solari potessero essere considerati paralleli tra loro, ossia che il Sole si trovasse a distanza enorme rispetto alle dimensioni della Terra. Era inoltre necessario che Alessandria e Siene fossero sullo stesso meridiano.

Elaborando dei dati misurati durante un'eclissi di Luna, Eratostene calcolò anche la distanza del Sole dalla Terra in circa 130 milioni di

ma anche quella diurna (dovuta al moto di rotazione sul proprio asse). La prima misura di parallasse annua delle stelle fu effettuata nel 1838 da Friedrich W. Bessel per la stella 61 Cygni, che risultò avere una parallasse di 0,3136 secondi d'arco. La stella più vicina a noi dopo il Sole, Proxima Centauri, presenta una parallasse di 0,750 secondi d'arco. Ne consegue che la sua distanza è $1/0,750 = 1,33$ parsec, ovvero 4,3 anni-luce.

chilometri (quella effettiva è compresa tra 147 e 152 milioni di chilometri) e quella della Luna dalla Terra in circa 125.000 chilometri (quella effettiva è di 384.400 chilometri).

Apollonio di Perga (262-190 a.C.) cercò di risolvere il problema di un apparente movimento dei pianeti (detto “retrogrado”), non spiegabile col moto circolare e uniforme. Il moto retrogrado è un moto apparente visto dalla Terra sulla base della proiezione di un pianeta verso le stelle fisse, nel senso che il pianeta appare, in maniera prospettica, come se andasse avanti, poi tornasse indietro e infine riprendesse di nuovo il suo percorso. Tale moto apparente dipende dalle differenti velocità che vi sono tra la Terra e gli altri pianeti.

A tale scopo Apollonio ideò le ipotesi delle orbite eccentriche dei pianeti (i deferenti e gli epicicli), con le quali spiegare non solo il moto apparente dei pianeti, ma anche la velocità variabile della Luna e la variazione di luminosità degli astri. A lui si devono anche i concetti di ellisse, parabola e iperbole. Purtroppo però le sue costruzioni geometriche, per quanto rigorosamente matematiche, erano del tutto sbagliate, proprio perché non mettevano in discussione alcuni presupposti che parevano assiomatici: p.es. che l'orbita solare fosse un cerchio; che la Terra, essendo centro del cosmo, dovesse essere al centro di questo cerchio; che la velocità del Sole su questo cerchio dovesse essere costante, ecc. Tuttavia i suoi studi favorirono quelli di Tolomeo, che permisero notevoli progressi astronomici.

Aristotele (384-322 a.C.)

Per capire la cosmologia di Aristotele bisogna partire dalla sua concezione della fisica. La fisica doveva fornire una spiegazione causale a ogni genere di mutamento in natura, fosse sulla Terra o al di fuori di essa. Le cause potevano essere solo quattro: *materiali*, *formali*, *efficienti* e *finali*.

I luoghi naturali

Per spiegare l'intera struttura dell'universo sulla base del movimento della materia, Aristotele elaborò la teoria dei *luoghi naturali*. Anzitutto la natura viene divisa in due realtà: *celeste* e *terrestre*. La prima si estende dalle stelle fisse più lontane alla Luna ed è composta di *etere*, un elemento che non conosciamo, perché non ha un luogo specifico in cui stare. La seconda coincide col nostro pianeta ed è formata dai noti quattro elementi naturali soggetti a mutamento e degenerazione: aria, acqua, terra e fuoco, contenenti le quattro fondamentali qualità: caldo, freddo,

secco e umido, combinate tra loro, in quanto ogni sostanza esistente, nel microcosmo e macrocosmo, è costituita da una composizione di questi quattro elementi. Ecco perché sulla Terra si nasce e si muore. Tra il fuoco e la terra vi è il secco; tra il fuoco e l'aria il caldo; tra l'aria e l'acqua l'umido; tra la terra e l'acqua il freddo. Gli stessi segni zodiacali vennero suddivisi da Tolomeo in questi quattro elementi.

Ognuno di essi ha un luogo (spazio) che gli è stato assegnato per natura e che tende a raggiungere quando non viene impedito da cause esterne (la dottrina dei quattro elementi rimase immutata sino alla fine del XVIII sec.). Essi si muovono in linea retta, nel senso che vanno o in alto (fuoco e aria) o in basso (terra e acqua). L'etere invece (quinta essenza dell'universo) è privo di massa, è invisibile e incorruttibile, si muove di moto circolare, uniforme e perenne. Proprio per l'eternità e l'immutabilità dell'etere, il cosmo era un luogo immutabile, in contrapposizione alla Terra, luogo di cambiamento.²⁵

L'universo ha una forma sferica, geometricamente la più perfetta. Il Sole, le stelle, i pianeti, la Luna appaiono in movimento circolare intorno alla Terra, che è al centro dell'universo, essendo l'elemento più pesante. Questa sfera centrale è l'unica parte "imperfetta" del cosmo, in quanto al suo interno i moti sono rettilinei, difformi e limitati nel tempo.

In definitiva, al di fuori di questa sfera sublunare ve ne sono altre otto, composte di un quinto elemento incorruttibile, l'etere. Le prime sette corrispondenti ai sette pianeti (nell'ordine: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove e Saturno), mentre l'ultima, il firmamento, coincide con le stelle fisse, cosiddette perché non ricevono un movimento da qualche pianeta.

I diversi corpi celesti non possono fluttuare nello spazio come vogliono, ma sono racchiusi da sfere trasparenti composte di etere. Ogni astro non si muove di moto proprio, ma grazie a una sorta d'intelligenza divina, che rende uniforme il movimento circolare, cioè perfetto, immutabile ed eterno.

Queste sfere sono tra loro concentriche (omocentriche) e cristalline, come una gigantesca cipolla: p. es. quella della Luna è racchiusa in quella di Mercurio. Ogni sfera è mossa da quella che la racchiude, a sua volta mossa da quella più esterna (questo schema rimase in vigore fino al tempo di Keplero). La sfera delle stelle fisse (un'enorme calotta sferica che ruota su se stessa, mantenendo le stelle tra loro sempre alla stessa di-

²⁵ Lo stesso concetto venne espresso nel XVI sec. dal neoplatonico Luca Pacioli, che coinvolse anche le strutture matematiche e geometriche. A suo parere, infatti, il cielo, il quinto elemento, aveva la forma di un dodecaedro, struttura perfetta.

stanza) chiude l'universo, che quindi è finito. Al di là di quest'ultima sfera Aristotele collocava il “motore” di tutto l'universo, che trasmetteva il moto all'intero universo, obbligandolo a girare intorno alla Terra. Il “primo motore” muove tutto senza muoversi, e lo fa non come causa efficiente (altrimenti mancherebbe di qualcosa), ma come *causa finale*, sicché l'universo gli gira attorno per attrazione.

Per elaborare questa teoria cosmologica, che rimase in vigore fino ai tempi di Copernico²⁶, Aristotele (nel *De caelo*) utilizzò il modello geometrico di Eudosso di Cnido, che aveva calcolato il movimento planetario degli astri come risultante dei moti circolari (differenti tra loro, ma regolari) di un sistema di sfere concentriche. Aristotele trasformò questo modello geometrico in una descrizione fisica composta di 55 sfere ruotanti in un senso o nell'altro, secondo orbite diverse, con al centro la Terra immobile, la quale però risulta meno perfetta dei cieli, avendo in sé un movimento prevalentemente rettilineo, non circolare.²⁷

Ciò che allora non si riusciva a spiegare era il motivo per cui attorno alla Terra i corpi celesti ruotassero tranquillamente, mentre sul nostro pianeta i corpi tendono a sollevarsi per poi ricadere. L'inspiegabilità di queste differenze di comportamento rimase un enigma sino a Newton. D'altra parte, ponendo una bipartizione gerarchica tra cielo e terra, Aristotele aveva rifiutato l'idea di Democrito secondo cui cielo e terra sono composti della stessa materia.

Tuttavia l'osservazione sempre più accurata del moto dei pianeti costrinse gli astronomi a sviluppare i concetti di eccentrico, epiciclo, equante, poco assimilabili dal modello aristotelico. I più importanti innovatori furono Ipparco (200 a.C.-120), cui si deve la posizione delle stelle fisse, e Tolomeo (100 circa-175 circa), le cui opere imposero il sistema geocentrico in tutto il mondo antico sia in oriente che in occidente, fra i musulmani come fra i cristiani (fu anche alla base della cosmologia dantesca nella *Divina Commedia*), sino alla fine del XVI secolo.

Il luogo e il vuoto

Ogni corpo ha un luogo: se si sposta, il suo luogo viene occupato

²⁶ La teologia medievale si limitò a equiparare le sfere celesti a varie potenze angeliche, come risulta, p.es., nella *Commedia* di Dante.

²⁷ Il sistema geocentrico di Eudosso di Cnido, che si basava su alcuni spunti del suo maestro Platone, in un certo senso poteva sostituire la cosmografia arcaica, sottesa alle opere di Omero e che nelle linee generali i Greci condividevano coi popoli del Vicino Oriente. Il suddetto sistema eliminava il problema di stabilire su che cosa poggiasse la Terra. Ora il punto “più basso” era il centro della stessa Terra, per cui la domanda non aveva più senso.

da un altro corpo. I luoghi possono essere o propri o comuni (condivisi con altri oggetti). Lo spazio è la somma di tutti i luoghi occupati dai corpi.

Quindi un luogo è il limite interno del corpo che lo contiene. Non può esserci un contenitore senza un contenuto. Non c'è luogo senza corpo, né corpo senza luogo. Lo spazio vuoto non esiste, in quanto, come minimo, esiste l'aria, che è anch'essa fatta di materia. Siccome l'aria resiste al moto (e fa cadere in basso un peso o gli fa diminuire la velocità), se si elimina l'aria, un corpo resterebbe immobile o si muoverebbe sempre con la stessa velocità iniziale: questo per Aristotele era un'assurdità e ci vorrà Torricelli (1608-1647) per dimostrare che il vuoto esiste, grazie al fatto che l'aria ha una massa e quindi è soggetta all'attrazione gravitazionale terrestre.

Solo l'universo non è contenuto da qualcos'altro, né ha un luogo ove possa andare. Può muoversi soltanto intorno a se stesso, di moto circolare.

Il tempo

Qualunque cosa si muova nell'universo è soggetta alle leggi del tempo. Il tempo è una proprietà del movimento, è il numero del movimento (in quanto può essere calcolato secondo il prima e il poi).

Tuttavia questo calcolo può essere fatto solo da un essere che ha coscienza di un prima già trascorso e di un poi che deve ancora trascorrere. Al di fuori di questa coscienza è impossibile calcolare ciò che non è più, sommandolo a ciò che non è ancora.

D'altra parte se il tempo fosse solo costituito dal presente, sarebbe soltanto basato su singoli istanti, sicuramente non misurabili.

Quindi se da un lato esistono oggetti in movimento, dall'altro il tempo del movimento può essere percepito soltanto dall'uomo con la sua anima. Infatti quando non avvertiamo movimento, diciamo che il tempo è fermo. Dunque mentre l'anima è la condizione soggettiva del tempo, il divenire ne è la condizione oggettiva.

L'universo tuttavia non è soggetto al tempo, essendo eterno, come eterni sono gli elementi che lo compongono (forme, generi, specie).

Aristotele è quindi contrario all'idea di evoluzione, poiché forme, generi e specie sono realizzazioni definitive di materie informi. Avendo la materia una finalità, non è possibile che l'atto acquisti finalità diverse durante la sua esistenza compiuta.

Il mondo è finito

Per Aristotele l'universo è perfetto, unico, finito, sferico, eterno. Più una cosa è fissa, più è perfetta, poiché non manca di nulla. Si può parlare di “infinito” non in atto ma in potenza, come nella serie potenzialmente infinita dei numeri o quando si pensa di poter suddividere all'infinito un segmento (vedi gli esempi di Zenone). Queste però sono astrazioni prive di riscontri effettivi.

L'infinito non è una realtà, ma al massimo un processo indeterminato, incompiuto, e quindi privo di perfezione. Il finito è l'intero, a cui non manca nulla. In tal senso le leggi dell'universo non sono esattamente commisurabili a quelle terrestri. La finitezza dell'universo, cioè il fatto che l'universo non è costituito da una molteplicità di mondi (come voleva Democrito), ma è chiuso, nel senso che solo il nostro mondo è possibile, rimase un assioma sino ai tempi di Giordano Bruno (1548-1600). Quest'ultimo, nella *Cena delle Ceneri* (1584), sostiene che l'universo poteva essere infinito, popolato da un'infinità di mondi simili al nostro, abitati da altri esseri intelligenti. All'interno di un universo infinito non avrebbe avuto alcun senso affermare la centralità spaziale del nostro pianeta o del Sole, che è soltanto una tra le tante stelle. Anzi, in un universo del genere, dove la materia esiste da sempre, la stessa idea di “Dio creatore” perdeva la sua ragion d'essere. Idee, queste, incredibilmente avanzate nel loro ateismo, per quei tempi, che verranno riprese solo a partire da Spinoza.

Tolomeo (100-175)

Claudio Tolomeo, l'astronomo e geografo greco, che visse e lavorò ad Alessandria d'Egitto al tempo del dominio romano, che cosa aggiunse alla teoria di Aristotele? La sua opera fondamentale è l'*Almagesto*, in 13 volumi.²⁸ Si tratta di un testo matematico che si diffuse in Europa occidentale attraverso manoscritti arabi, tradotti in latino da Gerardo da Cremona nel XII secolo.²⁹

²⁸ Oltre all'*Almagesto*, Tolomeo fu autore di diverse altre opere di astronomia. L'*Iscrizione Canobica* e le *Tavole manuali* sono strettamente collegate alla sua opera principale, mentre le *Ipotesi Planetarie* descrivono un modello meccanico del sistema planetario, costituito da sfere celesti incastonate l'una nell'altra, che è totalmente assente nell'*Almagesto*. Ci restano anche l'*Analemma*, il *Planisphaerium* e il secondo libro delle *Fasi*.

²⁹ L'*Almagesto* arrivò in Europa occidentale grazie allo studioso arabo Al Battani (circa 858-929), definito il “Tolomeo degli Arabi”, in quanto è il più grande astronomo del mondo islamico medievale. A lui si deve la determinazione dell'anno solare come 365 giorni, 5 ore, 46 minuti e 24 secondi. Ha modificato al-

In questo lavoro Tolomeo raccolse la conoscenza astronomica del mondo greco e confermò il modello geocentrico di Aristotele, in cui il Sole e la Luna, come tutti gli altri pianeti si muovono a una velocità fissa attorno alla Terra immobile, posta al centro dell'universo, mentre le stelle sono fisse, pur muovendosi anch'esse attorno alla Terra. Però dovette fare alcune variazioni, poiché la cosmologia aristotelica non era in grado di spiegare il cosiddetto “moto retrogrado” dei pianeti, né quindi era in grado di prevedere il loro movimento. Egli fece sue le teorie di Apollonio di Perga e di Ipparco di Nicea³⁰, le cui opere non ci sono pervenute.

Secondo Tolomeo per spiegare le “irregolarità” del movimento dei pianeti (quel moto apparente che lui considerava reale), si deve supporre ch'essi percorrano, in un anno, con moto uniforme antiorario³¹ delle piccole circonferenze su se stessi (*epiciclo*), i cui centri a loro volta si muovono uniformemente, sempre in senso antiorario, su circonferenze di raggio assai maggiore (*deferente*). La Terra non si trova nel centro del deferente, ma un po' spostata; e il movimento dei pianeti retrogradi (Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno) non viene riferito né al centro della Terra né a quello del deferente, ma rispetto a un altro punto ancora, detto *equante*, che si trova dall'altra parte della Terra, rispetto al centro del deferente.³² Gli unici a non avere epicicli, ma solo deferenti, sarebbero la Luna e il Sole. Quindi il deferente deve essere eccentrico rispetto alla Terra, altrimenti il movimento dei pianeti non sarebbe uniforme. In questa maniera la Terra cessa d'essere esattamente al centro dell'universo, mantenendo soltanto la prerogativa di restare immobile. Non solo, ma

cuni dei risultati di Tolomeo e ha compilato nuove tavole del Sole e della Luna, più accurate di quelle prese da Copernico molti secoli dopo. Copernico, nel suo *De Revolutionibus*, cita il suo nome 23 volte, ma vien ricordato anche da Tycho Brahe, Keplero, Galilei e altri. Ha dato contributi rilevanti non solo alla geofisica ma anche alla matematica.

³⁰ Ipparco, sfruttando le conoscenze dei Caldei, scoprì la precessione degli equinozi, stimò con precisione la distanza tra la Terra e la Luna. Compilò una tavola trigonometrica che gli permetteva di risolvere qualsiasi problema sui triangoli. Inventò l'astrolabio. Escogitò un metodo con cui prevedere le eclissi solari e lunari. Compilò un celebre catalogo di 850 stelle. Grazie all'osservazione di una stella che vide nascere, probabilmente una nova nella costellazione dello Scorpione, avanzò l'ipotesi che le stelle non fossero fisse, ma in movimento.

³¹ Il movimento antiorario era dovuto al fatto che i pianeti sorgono visivamente a oriente e tramontano a occidente.

³² L'equante è un artificio matematico introdotto da Tolomeo per descrivere come uniforme la velocità angolare con cui i pianeti percorrono la loro orbita. Infatti i rallentamenti e le accelerazioni dei pianeti violavano una regola fondamentale della filosofia aristotelica: *l'uniformità dei moti*.

il periodo del moto lungo l'epiciclo dei pianeti esterni alla Terra (Marte, Giove e Saturno) e quello dell'epiciclo lungo il deferente dei pianeti interni (Mercurio e Venere) arriva a coincidere con quello del moto apparente del Sole (un anno). I parametri liberi che si potevano aggiustare erano la dimensione dell'epiciclo, cioè il suo raggio, poi il raggio del deferente, la velocità con cui i corpi ruotano attorno al proprio epiciclo, e la velocità dell'epiciclo rispetto al deferente. Gli epicicli di Venere e di Mercurio sono sempre allineati rispetto alla Terra e al Sole, cioè ruotano in sincronia, stando sempre in una stessa semiretta. I pianeti più sono lontani dalla Terra, più sono lenti nella loro velocità.

Questo modello geocentrico, proprio per la sua precisione matematica, rimase un punto di riferimento obbligato per tutto il mondo occidentale (ma anche arabo). I metodi di calcolo illustrati nell'*Almagesto* (integrati nel XII secolo dalle cosiddette Tavole di Toledo, di origine sassanide e riprese dagli Arabi musulmani) si dimostrarono di una precisione sufficiente per i bisogni di astronomi, astrologi e navigatori almeno fino all'epoca delle grandi scoperte geografiche. L'*Almagesto* contiene anche l'elenco di quarantotto costellazioni, senza poter coprire l'intera volta celeste, poiché questa non è completamente accessibile dalle latitudini del Mediterraneo, nelle cui vicinanze vissero Ipparco e Tolomeo.

Tale modello poteva dirsi indubbiamente superiore al sistema eliocentrico proposto da Aristarco da Samo, anche se al prezzo di una maggiore complessità. Infatti il sistema eliocentrico era ritenuto assurdo dal punto di vista fisico per varie ragioni avanzate già da Aristotele: p.es. se la Terra si muove attorno al Sole a grandissima velocità (circa 106.000 km/ora, cioè 30 km/s), come mai non se ne vede alcuna evidenza? Oppure: come fa l'aria a seguire la Terra senza il minimo segno di scombussolamento? Una freccia scagliata verticalmente perché non ricade lontano? Se poi la Terra ruota su se stessa, vi dovrebbe essere un vento perenne diretto da est a ovest. Le risposte a questi e altri quesiti arrivarono solo col principio di relatività galileiana e con la gravitazione universale di Newton.

La complicata costruzione del modello tolemaico sarebbe improvvisamente crollata se si fosse presupposto che tutti i movimenti apparenti dei pianeti possono essere spiegati più semplicemente attribuendo il periodo di un anno al moto di rivoluzione della Terra intorno al Sole. Sarebbero automaticamente spariti tutti gli epicicli. In attesa che ciò avvenisse la teologia si accontentò, alla fine del 1200, di ribattezzare in senso cristiano le teorie aristoteliche, di associarle a quelle tolemaiche e di farle combaciare con l'antropocentrismo religioso, in cui la Terra è al centro di tutto proprio perché l'uomo è l'unica creatura dell'universo fatta a immagine di Dio, anche se la perfezione esiste solo al di fuori del no-

stro pianeta.

*

La concezione aristotelica della fisica è molto diversa da quella galileiana, poiché questa tratta soltanto del moto dei corpi pesanti sulla superficie della Terra o vicino a questa, e di questi movimenti non cerca mai di dare una spiegazione causale. Quando critica le tesi aristoteliche sulla velocità di caduta dei gravi, Galilei non si preoccupa di trovare una spiegazione filosofica. La scienza galileiana si pone solo come un metodo per scoprire delle leggi fisiche, applicabili anche in campo astronomico. Le certezze assolute che potevano offrire la geometria e l'aritmetica per Galilei non valevano nulla se non venivano applicate alla fisica. E in fisica non tutto quello che è osservabile va considerato vero; anzi, per fare scienza, in genere bisogna astrarre da ciò che si percepisce coi sensi e fidarsi soltanto di ciò che si può osservare con l'ausilio di mezzi artificiali. La sua scienza procedeva in maniera del tutto indipendente dalla filosofia (peripatetica): cosa che Aristotele non avrebbe mai fatto. Il che non vuol dire che la scienza del mondo greco non avesse acquisito risultati rilevanti in talune discipline: basta guardare la medicina, la geografia, la matematica, l'astronomia, l'ingegneria, la botanica, la zoologia ecc. per convincersi del contrario. Nondimeno la scienza antica restava priva di vera tecnologia, in quanto la società, essendo basata sulla schiavitù, con un costo del lavoro quasi nullo, non era stimolata ad ottenere applicazioni pratiche sempre più sofisticate delle cognizioni scientifiche. Non solo, ma la ricerca scientifica non costituiva mai una specializzazione autonoma, indipendente da tutto; neppure però veniva limitata dalla cultura religiosa.

Semmai la cosa più singolare, quella meno spiegabile, è che la scienza greca era sopravvissuta nell'impero bizantino, dove poi era stata appresa dal mondo arabo, che tradusse nella propria lingua i testi di Aristotele, Euclide, Tolomeo, Ippocrate, Galeno e molti altri scienziati e filosofi. Eppure non sarà tra gli islamici che si svilupperà la civiltà borghese e quindi l'uso spregiudicato della scienza nei suoi nessi con gli affari economici. L'occidente latino invece, per tutto l'alto Medioevo, bloccò lo sviluppo della propria cultura. Quanto in questa arretratezza culturale giocarono un ruolo decisivo i pessimi rapporti tra cattolici e bizantini, è facile immaginarlo. Il papato era ostile alla lingua greca in sé, né sopportava le traduzioni dei testi provenienti dal mondo bizantino e dal mondo greco classico (persino le cifre arabe venivano considerate uno strumento del demonio). Tuttavia, sarà proprio in Europa occidentale che, al momento di recuperare la scienza greca, lo si farà in nome di uno spirito

così individualistico e borghese da produrre sconvolgimenti epocali nel rapporto tra uomo e natura.

Il motivo di ciò va ricercato, ancora una volta, sul piano culturale. L'area occidentale dell'Europa era dominata da una cultura religiosa profondamente corrotta, quella cattolico-romana. La corruzione stava nel fatto che il papato cercava di realizzarsi in chiave politico-territoriale, evitando di riconoscere, se non in maniera puramente formale, l'autorità dell'imperatore. Il papato esprimeva un potere autoritario, dispotico, individualistico, avverso a qualunque forma di istituzione laica. La cultura dominante era rappresentata dalla teologia agostiniana, che considerava il genere umano una "massa dannata" e il cui motto principale, sul piano politico, era "*compelle intrare*", cioè forzate la gente a convertirsi al cristianesimo latino. Il più delle volte, quando ci si opponeva a tale cultura, scorgendone i suoi profondi limiti, non si faceva altro che aumentare quella corruzione, estendendola dal livello politico-istituzionale a quello sociale. Il protestantesimo, la cultura cristiano-borghese (a livello giuridico-politico), la rivoluzione scientifica del Seicento, le rivoluzioni politiche del Seicento e del Settecento non fecero che ampliare e approfondire la corruzione a livelli inusitati.

La Chiesa romana, attraverso i propri teologi, cercò a più riprese di porre un argine a tale corruzione, ma i risultati non fecero che peggiorare la situazione. La Scolastica, p.es., si pose come obiettivo quello di conciliare l'agostinismo con la scienza aristotelica e con lo sviluppo della borghesia comunale, riconoscendo alla ragione una certa autonomia rispetto alla fede. Secondo Tommaso d'Aquino esiste una verità (scientifica e filosofica) che l'uomo può raggiungere da solo grazie alla ragione; quindi gli uomini non sono una "massa dannata", incapace di qualunque opera buona. La ragione resta inferiore alla fede solo nelle questioni teologiche. Tuttavia la riscoperta dell'aristotelismo portò a una progressiva laicizzazione dell'esperienza religiosa e della fede, sicché l'ultima Scolastica (Ruggero Bacone, Duns Scoto, Ockham e Marsilio da Padova) fu tutto meno che religiosa. Anche la riforma gregoriana, con cui si cercò di porre un argine alla corruzione del clero, finì col realizzare la teocrazia pontificia. Lo stesso Concilio di Trento, con cui si voleva porre un argine al dilagare della riforma protestante ed eliminare le debolezze del cattolicesimo latino, finì col creare una Controriforma alquanto autoritaria.

La rivoluzione scientifica del Seicento fu tutta borghese, completamente indifferente alle questioni teologiche che laceravano cattolici e protestanti in Europa, lontana anche da preoccupazioni di tipo metafisico e di filosofia religiosa. Con questa fondamentale differenza: mentre in Italia fu incapace di trovare dei collegamenti con istanze politiche anticlericali, negli altri Paesi europei si servì dell'affermazione politica del

protestantesimo per svilupparsi senza incontrare ostacoli di sorta.

Teoria dell'impetus

Concludiamo questa parte dedicata all'astrologia antica, facendo un breve cenno alla teoria dell'*impetus*, che ci aiuterà a capire la concezione della fisica (statica e dinamica) che si aveva prima della rivoluzione del Seicento.

Dicesi “teoria dell'impeto” quando, applicando una forza a un corpo, si trasferisce ad esso un *impetus* che gli consente di continuare a muoversi con la stessa velocità, sempre che non sia frenato da ostacoli o da una resistenza particolare del mezzo. Aristotele, nella *Fisica*, sosteneva che i corpi inanimati si muovono spontaneamente verso il loro luogo naturale (p.es. il fuoco arde con la fiamma rivolta verso l'alto). Ogni altro tipo di moto era dovuto alla presenza continua (quindi per contatto) di un motore che dirigeva il corpo verso un'altra direzione. Tuttavia, poiché la freccia scoccata dall'arco non sembra essere in alcun modo accompagnata da un motore esterno, si doveva dedurre che dietro la freccia l'aria formasse dei piccoli vortici (da cui il sibilo), che continuavano a spingerla in avanti, quando l'impulso della spinta iniziale terminava. In ogni caso i corpi aumenterebbero la loro velocità di caduta con il progressivo avvicinarsi alla superficie terrestre. Stante le cose in questi termini, il vuoto non può esistere, altrimenti l'oggetto non smetterebbe mai di muoversi. In ogni caso, anche se il vuoto esistesse, sarebbero possibili differenti velocità degli oggetti (in rapporto al peso), in contrasto con la tesi dell'uguaglianza delle velocità di caduta nel vuoto, sostenuta dagli atomisti.

Questo modo di vedere le cose resterà inalterato fino a Galilei. Gli scienziati non rinunciarono mai all'idea secondo cui la velocità di caduta dei gravi fosse in funzione diretta di una forza motrice (peso, massa) e in funzione indiretta di ostacoli connessi in un modo o nell'altro all'ambiente (densità, resistenza). La legge fondamentale di Aristotele, che stabiliva una relazione diretta tra la velocità, da un lato, e il quoziente della forza e della resistenza, dall'altro, cancellava l'autonomia concettuale del movimento, dato che la velocità non si riferiva a quest'ultimo, ma a una situazione dinamica (un rapporto di forze) determinata. Inoltre, la stessa formulazione di Aristotele rendeva per definizione non calcolabile la velocità istantanea, poiché né la forza né la resistenza potevano essere fatte oggetto di una trattazione quantitativa.

Tuttavia già Giovanni Filopono (490-570), scienziato bizantino, aveva mosso un'obiezione a questa dottrina, suggerendo l'idea che doveva essere l'arco e non l'aria a trasferire una parte della forza motrice diret-

tamente alla freccia, e che semmai era questa che offriva una certa resistenza a tale movimento. Questa idea fu all'origine della medievale teoria dell'impeto.

Non solo, ma, trattando il moto dei gravi, Filopono sosteneva che, lasciando cadere insieme corpi di diverso peso, questi raggiungono la terra contemporaneamente in assenza di aria. Non è da escludere che Galilei sia stato influenzato da questa affermazione.

Inoltre Filopono sosteneva che tutti i corpi dell'universo sono costituiti della stessa materia, per cui sono corruttibili, mentre secondo Aristotele quelli celesti, composti di etere, sarebbero divini e imperituri.

Fu Giovanni Buridano (1295-1300 circa – 1361) a chiamare “impetus” la forza motrice dell'arco (o di una catapulta), ponendola in relazione a due grandezze: la quantità di materia e la velocità del mobile. In questo modo si spiegava perché i corpi pesanti scagliati raggiungono distanze maggiori di quelli leggeri. L'*impetus* era concepito come una qualità permanente, che veniva meno solo in virtù della resistenza dell'aria o dell'acqua. Questo lasciava supporre che, in assenza di elementi naturali, il corpo cui venisse impresso l'*impetus* avrebbe continuato a muoversi senza mai arrestarsi. Buridano aveva saputo separare il problema della causa della caduta dei corpi da quello dell'accelerazione di caduta: i corpi cadrebbero con velocità uniforme a causa della loro gravità, poiché il loro peso rimane costante durante la caduta. Era inaugurato il concetto di moto per inerzia. Fa l'esempio della mola che macina il grano: se l'impeto acquisito dalla mola non avesse ostacoli, quali l'attrito o la gravità della mola stessa, esso durerebbe per sempre, permettendo anche alla mola di muoversi ininterrottamente.

Proprio sulla base di questa ipotesi, Buridano elaborò una nuova dottrina concernente il moto dei cieli, secondo cui sarebbe superflua la presenza delle intelligenze celesti, dal momento che, una volta impresso il moto da Dio al momento della creazione, i cieli, in assenza di resistenza del mezzo in cui si muovono, proseguirebbero nel loro moto costante.

La dottrina dell'*impetus* conobbe una grande fortuna, in primis tra i Maestri parigini, e fu elaborata successivamente da Nicola Oresme, da Domenico Clavasio, da Nicola Boneto. Tuttavia, la discussione sulla teoria dell'*impetus* rappresenta solo un'eccezione alla legge aristotelica del moto, che non inficia la sua validità in senso più generale, né tanto meno presenta alcun modello valido alternativo.

Dopo di lui bisognerà aspettare due secoli per trovare, nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* di Galilei una descrizione analitica del moto inerziale. E a formalizzarlo nell'enunciato del primo principio della *Meccanica* sarà Isaac Newton occorreranno altri cinquant'anni, con i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Copernico (1473-1543)

Breve biografia

Perso il padre all'età di dieci anni, il giovane Niccolò Copernico³³ (1473-1543) fu adottato da uno zio vescovo, che gli permise di studiare, nelle prestigiose Università di Cracovia, Bologna, Padova e Ferrara, discipline a quel tempo fondamentali per la Chiesa, come diritto canonico, teologia e filosofia, ma anche medicina. Tuttavia la disciplina che più lo interessava era l'astronomia. Poi lo chiamò a lavorare con sé a Frauenburg come canonico, cosa che fece dal 1506 alla morte.

Purtroppo visse in un luogo che non agevolava le osservazioni astronomiche, per cui i suoi strumenti restarono piuttosto rudimentali. Copernico era sicuramente un buon matematico, ma non un osservatore del cielo, tant'è che il suo punto di partenza restavano le astrazioni della fisica classica, quella aristotelico-tolemaica. Tuttavia conosceva perfettamente gli autori greci e, in particolare, Aristarco di Samo (circa 310-230 a.C.), le cui idee, pur non avendo avuto alcun successo, anticiparono, su alcuni punti fondamentali, quelle eliocentriche (infatti aveva capito ch'era la Terra a girare attorno al Sole; inoltre aveva misurato con grande precisione la distanza del Sole e della Luna dalla Terra). Infatti l'intenzione di Copernico fu quella di costruire un modello matematico ispirato ad Aristarco, che permettesse di calcolare i movimenti planetari in maniera più semplice del sistema aristotelico-tolemaico. Ci lavorò praticamente tutta la vita.

I primi risultati li fece circolare solo privatamente, a partire dal 1512-14, come attesta il breve trattato *Commentariolus*, in cui presentava le sue innovative teorie sulla struttura del cosmo e sul moto dei pianeti, della Luna e del Sole ed esplicitava i sette postulati su cui si fondava la sua teoria eliocentrica. Sin dal suo primo apparire l'opera ebbe immediata notorietà negli ambienti accademici di mezza Europa. Da molte parti del continente gli pervennero pressanti inviti a pubblicare i suoi studi, ma Copernico, non senza ragione, temeva la prevedibile reazione ecclesiastica che le sue idee, per certi versi destabilizzanti, avrebbero potuto suscitare. Papa Clemente VII ne venne a conoscenza nel 1533 e non mosse però alcuna obiezione. Questo lo convinse ad andare avanti. Prese a redigere un'enciclopedia astronomica in sei volumi, scritta in latino e in con-

³³ Il suo vero nome polacco era Niklas Kopperlingk: fu lui stesso a latinizzarlo in Copernicus.

tinuo parallelismo con l'*Almagesto* di Tolomeo, avente per titolo *De revolutionibus orbium caelestium* (*Le rivoluzioni dei mondi celesti*), dedicato a papa Paolo III.³⁴

Tuttavia il primo volume, essendo egli molto timoroso di subire spiacevoli conseguenze disciplinari, fu stampato solo nel 1540 in virtù dell'insistenza di un collega protestante, Georg J. Rheticus. Davanti all'enorme successo riportato tra gli intellettuali, si decise a stampare gli altri cinque volumi. La prima copia la vide sul letto di morte, nel 1543. Retico la fece stampare con la prefazione di un altro teologo luterano, Andrea Osiander, il quale si accorse subito dell'audacia delle tesi copernicane, per cui si preoccupò di sostenere che in quei testi si erano soltanto elaborati dei calcoli matematici che potevano valere come ipotesi per misurare meglio il movimento dei pianeti. Il che escludeva che le affermazioni matematiche dovessero per forza coincidere esattamente con la realtà astronomica: si trattava di "ipotesi" utile ai calcoli, non di "teoria scientifica" corrispondente al vero. Siccome la prefazione era anonima, si pensò per molto tempo che fosse stata scritta dallo stesso Copernico. In realtà questi non credeva affatto che si trattassero di semplici "ipotesi matematiche".³⁵ Il primo a mettere in dubbio la paternità copernicana dell'introduzione anonima fu Giordano Bruno, il quale, privo com'era di capacità diplomatiche, scrisse nel Dialogo terzo de *La cena de le Ceneri* (1584): l'introduzione è una "epistola superliminare attaccata non so da chi asino ignorante e presuntuoso".

Copernico fu sepolto nella cattedrale di Frauenburg, in un punto rimasto ignoto sino al 2005.

³⁴ Nel 1616 la Sacra Congregazione dell'Indice (la commissione vaticana preposta alla censura dei libri), creata da Pio V nel 1571 allo scopo di esaminare le pubblicazioni sospette di errori dottrinali o morali, ed eventualmente includerle nell'Indice dei libri proibiti, pubblicò un Decreto che condannava il *De revolutionibus orbium caelestium* e altre due opere: *In Iob Commentaria* di Diego di Zúñiga, e la *Lettera* di P. A. Foscarini. Il Decreto includeva anche un divieto generale dei libri copernicani (*omnes libros idem docentes*). Il *De revolutionibus* finiva nella lista dei libri proibiti finché non fosse stato corretto (*donec corrigatur*). Così, nel 1620, la Congregazione dell'Indice emanò un secondo decreto che stabiliva le correzioni da apportare al testo. Sarà solo nel 1757 che il decreto contro i libri che trattano del moto terrestre verrà abrogato, lasciando però nella lista proibita, fino al 1835, tutte le opere già pubblicate, compreso il *De revolutionibus*. Nel 1999 l'UNESCO ha inserito *De revolutionibus orbium caelestium* nell'Elenco delle Memorie del mondo.

³⁵ Questa sottolineatura dell'Osiander verrà ripresa nel 1616 dal cardinale Bellarmino nel primo processo contro Galilei.

Antecedenti

Prima della rivoluzione scientifico-astronomica vi era stata quella umanistico-rinascimentale, che aveva introdotto, in chiave filosofica, temi come l'infinità dell'universo, la pluralità dei mondi, la fine del geocentrismo, l'idea di un Dio che dà un ordine matematico e geometrico a tutte le forze della natura, l'idea organicistica di una coincidenza tra microcosmo e macrocosmo, la necessità di sviluppare sensi, ragione, esperienza e metodo induttivo in alternativa a dogmi di fede, tradizioni religiose, autorità ecclesiastiche e metodo deduttivo.

È stato lo sviluppo della borghesia che ha spinto gli intellettuali a rivoluzionare i tradizionali criteri interpretativi della realtà fisica e morale, umana e naturale. La rivoluzione scientifica non ha fatto altro che confermare delle intuizioni filosofiche. Il sapere magico-alchemico dell'Umanesimo e del Rinascimento considerava la natura un essere vivente, ma aveva anche la pretesa di dominarla. Magia, alchimia erano in mezzi che usava; primitivi, certo, rispetto alla scienza sperimentale, ma con una pretesa superiore rispetto alla filosofia aristotelico-scolastica.

Teorie copernicane

Tuttavia l'ipotesi eliocentrica sostenuta da Nicolò Copernico si sviluppò in modo autonomo dalle teorie filosofiche più innovative, a partire da quelle di Cusano, la cui *Dotta ignoranza* era del 1440. Telesio e Giordano Bruno, comunque, avevano letto le sue opere, anche perché cominciarono a essere divulgate in Europa verso la metà del Cinquecento. Questo a testimonianza che i tempi erano sufficientemente maturi per una svolta di portata epocale nell'area più borghese del continente, ove già erano molto sviluppate la navigazione, l'artiglieria, l'edilizia civile e militare, anche se le "scienze" per dominare la natura si riducevano a ben poca cosa: magia, alchimia e astrologia. Il testo di Copernico, apparso nel 1543, fu indubbiamente rivoluzionario, anche se per lui il termine "rivoluzione" andava inteso solo in maniera opposta a "rotazione".³⁶

Da notare però che Lutero, Calvino e Melantone furono subito contrari alle teorie copernicane³⁷, mentre il papato le condannerà solo

³⁶ Nello stesso anno Andrea Vesalio, medico fiammingo, pose le basi della moderna anatomia, attraverso la pratica delle autopsie, col suo *De humani corporis fabrica libri septem*.

³⁷ È probabile che i fondatori del protestantesimo fossero contrari a Copernico perché apparteneva alla confessione cattolica, ma quando i teologi protestanti capirono che, difendendo l'eliocentrismo, si poteva sferrare un duro colpo alla Chiesa romana, mutarono subito atteggiamento. Non dimentichiamo che l'opera

mezzo secolo dopo, quando verranno accettate da Galileo Galilei, che cercherà di dimostrarle col suo telescopio. Il motivo era semplice: il *De revolutionibus* poteva essere soggetto a due possibili interpretazioni, geometrica (basata su ipotesi matematiche) e fisica. Visto in chiave *geometrica*, il copernicanesimo non sembrava pericoloso per la teologia ufficiale, ma se lo si accettava anche in chiave *fisica*, diventava incompatibile con alcune affermazioni della Bibbia interpretate in maniera letterale (p.es. là dove, in Gs 10,12s., si afferma che Giosuè aveva ordinato al Sole e alla Luna di fermarsi affinché potesse vincere gli Amorrei più facilmente).³⁸

Che la religione, cattolica o protestante, avesse ormai ben poco di “religioso” e stesse evolvendo, nonostante la Controriforma, in una direzione chiaramente laicistica, è dimostrato anche e soprattutto dallo sviluppo del capitalismo europeo.

Le idee fondamentali di Copernico erano le seguenti:

- l'universo è sferico e finito, chiuso dalla sfera trasparente delle stelle fisse, molto più grande di quello aristotelico-tolemaico (le stelle sono costanti per luminosità, numerosità e dislocazione);

- la Terra è sferica (forma con l'acqua un'unica sfera) e non è al centro dell'universo;³⁹

- il moto dei corpi celesti è uniforme, circolare e perpetuo e tutti quelli che vediamo a occhio nudo girano attorno al Sole;

- la Terra ha una rotazione annuale (insieme alla Luna) attorno al Sole;

- la Terra ha una rotazione diurna sul proprio asse ed è al centro solo per la Luna, che le gira appunto attorno;

- il moto della Terra è in grado di spiegare tutti i moti retrogradi degli altri pianeti, che ci sembrano, erroneamente, reali, quando invece sono solo apparenti;

di Copernico fu pubblicata grazie all'impegno di due teologi luterani, pur con la preoccupazione che andava considerata soltanto un'ipotesi matematica.

³⁸ L'espressione iperbolica serviva per far vedere che il Dio del popolo d'Israele era superiore a tutti gli altri dèi, per cui la strage dei pagani andava considerata lecita. Anche nel libro di Giobbe vi è un versetto analogo: “Dio ordina al Sole di non sorgere” (9,7). Un'interpretazione letterale sarebbe stata insensata, invece il papato la riteneva fondamentale per dare un senso di soggezione alle masse popolari prive di cultura.

³⁹ Come noto, la forma della Terra non è propriamente rotonda, ma è una specie di ellissoide, o meglio uno sferoide oblato schiacciato ai poli, causato dal fatto che l'ellisse ruota attorno al suo asse minore e la forza di gravità non è uniformemente distribuita in tutto il globo, la cui superficie risente della distribuzione irregolare delle masse.

- esiste un terzo movimento della Terra, detto di “declinazione”, che spiega il motivo per cui l'asse terrestre è sempre inclinato da un lato⁴⁰;

- il centro dell'universo non coincide con quello del Sole (tant'è che oggi si preferisce parlare di sistema “eliostatico” e non “eliocentrico”);

- il rapporto fra la distanza Terra-Sole e l'altezza del firmamento è minore del rapporto fra il raggio terrestre e la distanza Terra-Sole;

- l'universo è regolato in ogni suo punto dalle stesse leggi ed è composto degli stessi elementi (viene meno la divisione qualitativa tra mondo sublunare e sfera celeste).

Come si può notare, alcune di queste idee appartenevano alla concezione tolemaica, altre invece erano state prese da astronomi della Grecia classica (Iceta di Siracusa, Filolao, Eraclide Pontico, Ecfanto, Aristarco di Samo; lo stesso Platone, nel *Timeo*, aveva sostenuto il movimento rotatorio della Terra). Si può anzi dire che l'idea eliocentrica aveva ancora connotati metafisici di derivazione platonica, in cui il Sole veniva visto come simbolo del divino e i movimenti circolari e uniformi dei pianeti, nonché la loro stessa forma sferica, un simbolo della perfezione. D'altra parte la sua astronomia si avvale del calcolo matematico senza alcun supporto tecnologico.⁴¹

Ciò che non lo soddisfaceva erano i calcoli matematici degli scienziati del suo tempo, ancora basati su quelli di Tolomeo, il quale, per far quadrare i suoi ragionamenti, era stato costretto a introdurre molti artifici matematici (epicicli, eccentrici, deferenti e cerchio equante), cui però lo stesso Copernico dovrà ricorrere per colmare le lacune della sua teoria astronomica, rivelandosi, in questo, meno profonda di quella tolemaica.

⁴⁰ In realtà questo movimento non esiste: Copernico se l'era inventato per giustificare il fatto che l'asse della Terra, nonostante il moto annuale, è sempre rivolto verso lo stesso punto della sfera celeste. Oggi questo si spiega semplicemente dicendo che l'asse della Terra si conserva parallelo a una retta immaginaria passante per il Sole e inclinata di 23°30' rispetto a una perpendicolare al piano dell'eclittica. Semmai esistono i moti di nutazione e di precessione. Quello di nutazione (scoperto da Bradley nel 1728 e spiegato 20 anni dopo) è il moto di oscillazione dell'asse terrestre di rotazione, che si manifesta in combinazione col moto di precessione degli equinozi. Questi due moti sono causati dalla forza di marea esercitata dal Sole e dalla Luna, nonché da altri fattori tipicamente terrestri: le correnti dell'oceano, le correnti dei venti e i movimenti del nucleo terrestre.

⁴¹ Da notare che proprio sulla base delle sue teorie si operò la riforma gregoriana del calendario del 1582.

Più in generale bisogna dire che davanti a sé Copernico aveva i seguenti problemi da risolvere: se davvero si pensa che un movimento rotatorio sul proprio asse distruggerebbe la Terra, perché non succede nulla agli altri corpi celesti che le girano attorno? Inoltre per quale motivo deve essere l'universo, infinitamente più grande della Terra, a muoversi intorno ad essa? Copernico scelse la teoria eliocentrica perché gli appariva più semplice rispetto a quella geocentrica per spiegare i moti dei pianeti che si vedono a occhio nudo.

In lui sicuramente di rilievo risultava il fatto che veniva eliminata la teoria aristotelica del “Primo Motore” e quella del geocentrismo. La Terra, in sostanza, si muoveva da sola su se stessa e, insieme alla Luna, si muoveva di un moto circolare, uniforme e perpetuo attorno al Sole, della durata di 365 giorni, mentre Mercurio ne impiegherebbe 80, Venere 9 mesi, Marte 2 anni, Giove 12 e Saturno 30.⁴²

Significativo inoltre che l'universo non viene più concepito come separato tra mondo celeste o superiore e mondo sublunare o inferiore, ma come un tutto unico, omogeneo, regolato in ogni suo punto dalle stesse leggi e composto dagli stessi elementi, anche se continua a restare chiuso, finito, benché molto più grande di quello prospettato da Tolomeo.

Sulle sfere celesti, fisse, poste al limite dell'universo visibile, Copernico continuava a non avere le idee chiare, perché nella cosmologia aristotelica sono esse che danno il movimento dei corpi celesti immediatamente inferiori. Pertanto ribadisce che tutti i corpi celesti sono sostenuti da sfere cristalline ruotanti, altrimenti collaserebbero gli uni sugli altri.⁴³ Cioè Copernico non aveva capito che i pianeti, nel nostro sistema solare, si muovono sulla base di orbite determinate dal Sole.

Per giungere alla spiegazione qualitativa dei moti planetari apparenti usò soli sette circoli: uno centrato sul Sole, uno per ciascuno dei sei pianeti conosciuti (Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove e Saturno) e infine un altro, centrato sulla Terra, per la Luna. Ipparco e Tolomeo ne avevano dovuti usare dodici: uno ciascuno per il Sole e la Luna e due ciascuno per gli altri cinque corpi celesti.

Tuttavia il sistema copernicano non permetteva di prevedere la

⁴² Da notare che qualunque idea di movimento perpetuo, inerziale, che escluda il primo motore, cioè che consideri la materia, nello spazio cosmico, come permanente, destinata a trasformarsi di continuo, è un'idea che, in qualche maniera, favorisce una concezione ateistica dell'universo. Infatti, secondo la teologia cristiana Dio è “creatore” nel senso che produce le cose dal nulla. La materia non è un presupposto della creazione.

⁴³ Come noto per Aristotele il vuoto non esiste: la materia è ovunque e quindi i pianeti sono trascinati dalle sfere concentriche come dei “chiodi” fissati sulle stesse sfere: girando le sfere girano anche i “chiodi”.

posizione dei pianeti con una precisione paragonabile a quella offerta dal sistema tolemaico. Pertanto egli fu costretto a introdurre epicicli minori ed eccentrici, arrivando a un sistema finale solo leggermente più semplice di quello tolemaico e con risultati solo parzialmente più precisi. Aveva solo *intuito* qualcosa di molto diverso.

Questo non toglie che il suo sistema fu un grande successo dal punto di vista storico: il *De Revolutionibus* convinse in effetti gli scienziati più importanti che la chiave del problema del movimento dei pianeti era un sistema centrato sul Sole. Inizialmente la scelta tra i due sistemi sembrava essere soltanto un fatto di gusto estetico, in quanto l'astronomia centrata sul Sole mostrava una superiore armonia geometrica.

Sul piano fisico-astronomico venivano spiegate meglio le caratteristiche qualitative dei moti dei pianeti, l'ordine e le dimensioni delle loro orbite; il moto di retrocessione diventava una conseguenza naturale della geometria delle orbite centrate sul Sole; si chiariva il motivo per cui Mercurio e Venere non si allontanano mai dal Sole.⁴⁴ Si superava l'idea tolemaica secondo cui la distanza media fra i pianeti e la Terra cresce proporzionalmente al tempo necessario al pianeta per percorrere l'eclittica. Spesso negli attacchi al sistema eliocentrico (p.es. quelli di Guillaume De Barts o di Jean Bodin) si attribuiva a Copernico l'ipotesi di un universo infinito, ch'egli in realtà non aveva mai sostenuto: la sfera delle stelle fisse doveva essere “solo” enormemente vasta.

Dopo la morte di Copernico solo alcuni astronomi utilizzarono le sue tecniche matematiche per fare i calcoli sui movimenti dei pianeti. Vi credettero p.es. il tedesco Michael Maestlin⁴⁵, professore e sostenitore di Keplero, e l'italiano Giovanni Battista Benedetti, precursore della geometria analitica, che anticipò Galilei dicendo che, nel vuoto, corpi di massa diversa cadono nello stesso lasso di tempo. Uno dei primi astronomi a riprendere la teoria di Copernico fu l'inglese Thomas Digges, il quale vi aggiunse una nuova concezione della sfera celeste. Digges si chiedeva perché Dio non avrebbe dovuto continuare a espandere questa sfera “via via senza una fine”. Inoltre egli poneva i cieli astronomici in contatto con i cieli teologici, eliminando in tal modo il limite superiore della sfera celeste. Ciò andava decisamente oltre Copernico, rivoluzionario sì ma prudente.

⁴⁴ Già nell'antichità l'astronomo Marziano Capella aveva osservato che il moto di Mercurio e di Venere si spiegava più facilmente se si supposeva ch'essi ruotassero attorno al Sole, traslati poi attorno alla Terra insieme allo stesso Sole.

⁴⁵ Maestlin catalogò l'ammasso delle Pleiadi nel 1579 e osservò l'occultazione di Marte da parte di Venere il 13 ottobre 1590.

Le obiezioni all'eliocentrismo

Le obiezioni scientifiche al modello copernicano venivano discusse in molte Università, ed erano sostanzialmente le seguenti:

1. Per muoversi, la Terra avrebbe bisogno di un motore esterno straordinariamente potente.
2. Se esistesse una rotazione della Terra sul proprio asse, la forza centrifuga avrebbe effetti devastanti per la vita sul pianeta.
3. Se la Terra si muovesse, una pietra, lasciata cadere dall'alto di una torre, non potrebbe cadere ai piedi della stessa torre.
4. L'attrito dell'atmosfera contro la Terra, se questa si muovesse, provocherebbe continui uragani.

Tali obiezioni erano già note a Copernico e ad esse cercò di rispondere lo stesso Bruno. Entrambi erano convinti che, nel movimento dei corpi celesti, non c'era molta differenza tra quelli che avvengono sulla Terra e quelli che avvengono al di fuori di essa. Così come nel movimento di una nave sul mare, gli oggetti ivi contenuti partecipano al suo stesso movimento (un'idea, questa, che verrà ripresa da Galilei).

La Chiesa cattolica fu tarda a reagire al copernicanesimo. Il primo ad accorgersi ch'esso era in contrasto con la Bibbia fu il più autorevole matematico e astronomo gesuita, di origine tedesca, Cristoforo Clavio, nel 1581. Egli era stato in grado di fare del Collegio Romano uno dei principali centri di studi matematici del suo tempo. Per il suo contributo alla riforma del Calendario giuliano, fu soprannominato l'Euclide del XVI secolo. Egli, riconoscendo i problemi del modello tolemaico, aumentò a undici, da nove ch'erano, il numero dei cieli. Galilei gli fece visita nel 1611 per discutere con lui le osservazioni che aveva eseguito con il telescopio.⁴⁶ Clavius accettò le nuove scoperte, pur nutrendo dubbi sulla presenza di montagne sulla Luna.

Un altro gesuita, il cardinale Roberto Bellarmino (1542-1621), arrivò a dire che i calcoli matematici di Copernico potevano essere utilizzati, al massimo, *ex hypothesi* o *ex suppositione*, fatta salva l'assurdità di sostenere che il Sole fosse al centro e che la Terra gli girasse attorno. Le Scritture e i Padri della Chiesa, per non parlare di tutta la teologia e filosofia cristiane non potevano essere contraddette in maniera così plateale. La matematica (da cui dipendono l'astronomia e l'ottica) non poteva avere più ragioni della filosofia aristotelica e della teologia cristiana, altrimenti si sarebbe finiti nell'eresia. Detto altrimenti, anche se l'argomento

⁴⁶ Da notare che all'inizio del Seicento si potevano osservare circa 1.300 stelle. Col telescopio invece se ne individuarono subito circa 3.300. A metà Ottocento si arriverà a 130.000!

astronomico non è materia di fede, *ex parte obiecti* (cioè considerando l'oggetto o l'argomento) lo diventa *ex parte dicentis* (cioè considerando colui che parla, lo Spirito Santo). Anche Salomone, ch'era considerato un grande saggio, aveva detto nell'*Ecclesiaste*: “Il sole sorge e il sole tramonta, si affretta verso il luogo da dove risorgerà”.

Tycho Brahe

Il nobile danese Tycho Brahe (1546-1601), laureatosi all'Università luterana di Copenaghen in astronomia e astrologia, è famoso perché cercò di mettere alla prova le teorie copernicane osservando i cieli con alcuni laboratori astronomici.

Alcuni decenni prima dell'intervento risolutivo di Galilei, Tycho Brahe demolì per primo con le sue osservazioni la cosmologia aristotelica. Il punto di partenza fu l'osservazione di un'improvvisa luce nella costellazione di Cassiopea la sera dell'11 novembre 1572. Pensò si trattasse di una nuova stella, ma si trattava dell'esplosione di una supernova nella Via Lattea. Dopo alcune settimane la sua luce si attenuò gradualmente, finché nel marzo 1574 la sua luminosità scese sotto il limite di visibilità ad occhio nudo.⁴⁷

Tycho la osservò per mesi, allo scopo di verificare se essa si trovava alla stessa distanza delle altre stelle e pubblicò le sue conclusioni nel *De stella nova* (1573). Ne trasse la conclusione che non era vera l'idea aristotelica secondo cui i cieli, a motivo dell'etere, sono immutabili e nessun corpo celeste può generarsi o scomparire.

Nel 1577 poté individuare una cometa, la cui orbita intersecava quella di altri pianeti: il che metteva in discussione l'esistenza delle sfere cristalline. Il cielo diventava aperto in tutte le direzioni. Quindi in sostanza c'erano solo "orbite" (non fisiche o materiali, come l'"orbe", ma ideali), e quella della cometa individuata non era sferica ma ovale. Nel passato gli astronomi avevano risolto la stranezza delle comete sostenendo ch'esse fossero semplici fenomeni meteorologici, in quanto appartenenti non al mondo celeste ma a quello sublunare. Utilizzando i calcoli di Copernico, scoprì anche che i moti della Luna hanno velocità variabile: il che contraddice il principio dell'uniformità dei moti celesti.

Insomma, se non si trattava di una cometa, se la nuova stella appariva nella stessa posizione contro la sfera delle stelle fisse, allora nei cieli immutabili si era verificato un mutamento e si potevano avanzare dubbi sul contrasto fra l'immutabilità dei cieli e la mutabilità del mondo sublunare. Tycho affermò per primo che "la realtà di tutte le sfere deve

⁴⁷ Oggi sappiamo ch'era stata l'esplosione della Supernova 1572, conosciuta anche come "B Cassiopeiae" (B Cas): una delle otto supernove visibili ad occhio nudo. L'apparizione della Supernova di Tycho rappresenta una delle più importanti osservazioni di eventi astronomici di tutti i tempi, poiché si assestò un duro colpo all'assioma greco, universalmente ammesso, della immutabilità dei cieli.

essere esclusa dai cieli...il cielo è fluido e libero, aperto in tutte le direzioni, tale da non opporre alcun ostacolo alla libera corsa dei pianeti”. Era un'affermazione d'importanza rivoluzionaria, paragonabile a quella di Copernico sulla mobilità della Terra.

Tuttavia Brahe rifiutò sia l'idea del moto rotatorio della Terra che quello del suo moto rivoluzionario attorno al Sole. Questo perché si basava ancora sull'idea che un corpo gettato dall'alto di una torre non dovrebbe cadere alla sua base se il pianeta si muovesse. Un altro suo esempio famoso, debolissimo sul piano fisico, fu il seguente: se fosse vero che la Terra ruota da ovest verso est, allora il percorso di una palla di cannone, sparata verso ovest dovrebbe essere più lungo di quello di una palla sparata dallo stesso cannone verso est. Gli artiglieri però – diceva sempre Brahe – sapevano bene che ciò non era vero, proprio perché la Terra è ferma.

Interessante invece il fatto che egli non ebbe dubbi nel sostenere che non vi è differenza qualitativa tra mondo sublunare e mondo celeste: il nostro mondo, costituito dai quattro elementi aristotelici (terra, acqua, aria e fuoco) è assolutamente uguale in termini qualitativi a quello celeste, composto di etere. Da notare che negli stessi anni anche Giordano Bruno era arrivato a sostenere, sulla base di ragionamenti metafisici, l'uguaglianza qualitativa tra il nostro mondo e quello celeste. Oggi – come noto – gli scienziati sostengono che la gran parte della materia dell'universo ci resta ancora del tutto ignota.

Insomma la Terra per Brahe continua a rimanere al centro dell'universo, col Sole e la Luna e le stelle fisse che le girano attorno. Sono piuttosto gli altri cinque pianeti (Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno) che ruotano attorno al Sole. Egli aveva realizzato un artificioso compromesso che faceva contenti i teologi ma che non sarebbe potuto durare a lungo, anche se al momento ebbe migliore accoglienza di quello copernicano, in quanto sembrava escludere ogni ragione di conflitto con la Bibbia.

In ogni caso lasciava aperto un problema insoluto, che risolverà il suo discepolo Keplero, servendosi proprio dei suoi cataloghi: se le orbite sono traiettorie geometriche e non enti fisici, cosa tiene su i pianeti? Aristotele diceva che le sfere si muovono in modo circolare per imitare l'eternità di Dio (“Primo Motore”) e trascinano con sé i pianeti. Copernico diceva invece che il moto naturale di un oggetto sferico è quello di girare, e quindi è ovvio che le sfere celesti lo facciano. Ma se le sfere non ci sono, come fanno i pianeti a muoversi? A questa domanda risponderà appunto Keplero, scientificamente, e poi Newton.

Giovanni Keplero

Le leggi di Keplero

Il tedesco Johannes Kepler (Keplero) (1571-1630), discepolo di Brahe, approfondì il sistema copernicano sul piano matematico, elaborando tre leggi fondamentali sul moto dei pianeti, che portano il suo nome (le prime due del 1609, l'ultima del 1619). Si servì soprattutto dell'enorme mole di dati raccolti dal suo maestro, che risultavano incompatibili (soprattutto quelli riguardanti l'orbita di Marte) sia col sistema tolemaico che con quello copernicano. Dovette lottare aspramente contro i teologi cattolici e protestanti, riuscendo con molta fatica a trovare i mezzi per pubblicare le sue opere e a salvare dal rogo sua madre, accusata di stregoneria. Praticamente si guadagnava da vivere scrivendo oroscopi per l'imperatore Rodolfo II d'Asburgo.

Prima legge. Studiando l'orbita di Marte, stabilì ch'era *ellittica*, non circolare. Da qui arrivò a dire che tutti i pianeti si muovono secondo ellissi di cui il Sole occupa uno dei due fuochi (l'idea di orbite ellittiche l'aveva avanzata nell'XI sec. Arzachele, a Toledo, ma senza poterla dimostrare. Non è poi da escludere che l'idea di ellisse gli sia venuta in mente in seguito alla riforma protestante, quando la Chiesa romana, di fronte alle richieste dei protestanti di ridurre l'esteriorità del culto, non aveva fatto altro che accentuarla, introducendo appunto l'ellisse nell'arte barocca, che dà l'impressione di irregolarità, avendo due fuochi, pur essendo perfettamente regolare).

Seconda legge. Si accorse anche che Marte si muoveva più velocemente vicino al perielio (punto di massima vicinanza al Sole) e più lentamente vicino all'afelio (punto di massima distanza dal Sole). Quindi dimostrò che il tempo impiegato dal pianeta a percorrere un arco della propria orbita (cioè una determinata porzione) era proporzionale alla distanza dal Sole. La legge generale fu quindi la seguente: la velocità orbitale di ciascun pianeta varia in modo tale che la linea (o raggio vettore) che congiunge il Sole e il pianeta copre, in uguali intervalli di tempo, uguali porzioni di superficie dell'ellisse. Dunque le orbite non sono regolari e le velocità di rivoluzione non sono costanti. In questa maniera venivano eliminati tutti gli eccentrici e gli epicicli di Tolomeo e si capiva anche il motivo per cui la primavera e l'estate (quando il Sole è più lontano) sono più lunghe dell'autunno e dell'inverno. Tuttavia occorre trovare un "motore" che spieghasse un movimento non inerziale, quale risulta essere

quello dei pianeti, e che desse inoltre ragione delle accelerazioni e decelerazioni. A suo parere tale “motore” doveva essere presente nel Sole, che ruota su se stesso e i cui raggi spingono i pianeti a muoversi tanto più in fretta quanto più gli sono vicini. Il Sole, per lui, è la fonte della luce, del calore, della vita e del movimento del mondo.

Terza legge. Keplero determinò la relazione tra i periodi di rivoluzione dei pianeti e le loro distanze dal Sole, nel senso che i quadrati dei tempi che i pianeti impiegano a percorrere le loro orbite sono proporzionali ai cubi delle loro rispettive distanze medie dal Sole. Cioè se T_1 e T_2 sono i periodi necessari a due pianeti perché completino un giro nelle loro orbite, e se R_1 e R_2 sono le rispettive distanze medie tra loro e il Sole, allora il rapporto tra i quadrati dei periodi orbitali è proporzionale al rapporto esistente tra i cubi delle distanze medie dal Sole: $(T_1/T_2)^2 = (R_1/R_2)^3$. In poche parole più un pianeta è lontano dal Sole e più tempo impiega a circumnavigarlo. Oggi questa legge viene ritenuta vera se la massa del pianeta è trascurabile rispetto a quella della stella di riferimento e se si possono trascurare le interazioni tra i diversi pianeti, in grado di perturbare le orbite.

Keplero in questo modo non solo aveva dimostrato che il cosmo ha una struttura perfettamente matematica, ma aveva anche intuito che questa struttura era in relazione con un principio di gravitazione esistente tra i pianeti e tra questi e il Sole. Con le sue dimostrazioni era impossibile tornare a parlare di moto circolare dei pianeti e di moto costante nelle loro orbite. È il Sole che, ruotando su di sé, dà il moto ai pianeti del nostro sistema. Il Sole ha “un'anima” e una forza magnetica con cui attrae a sé gli altri pianeti, impedendo loro di disperdersi nell'universo. Ci vorrà però Newton a dimostrare questa cosa scientificamente.

Keplero sviluppò anche una teoria delle maree in rapporto all'attrazione lunare. Fu uno dei fondatori del calcolo integrale. Diede inoltre della luce una definizione inedita: il suo afflusso avviene secondo un numero infinito di rette che avanzano sino all'infinito.

Galileo Galilei

Premessa storica

Nel Seicento la crisi irreversibile della teologia scolastico-aristotelica e la sfiducia nel valore della fede religiosa (anche in conseguenza della devastante guerra dei Trent'anni), cioè la convinzione che non sarebbe stata un'idea religiosa (neppure quella protestantica e tanto meno quella controriformistica) che, di per sé, avrebbe potuto creare una valida alternativa allo stile di vita che si conduceva quando la tradizione cattolico-romana (o latina) risultava dominante in Europa occidentale, portarono a sviluppare un atteggiamento scientifico che, unendosi a una preoccupazione di verifica sperimentale di tipo tecnologico e laboratoriale, favorì nettamente il trionfo, su scala sempre più planetaria, del modo di produzione capitalistico. La consapevolezza maturata di poter fare a meno delle tradizioni e dell'autorità religiosa, si espresse non tanto in una battaglia politica vera e propria (come avverrà nei secoli successivi), quanto piuttosto nella ricerca di uno spazio autonomo di gestione degli interessi di una classe sociale sempre più emergente: la borghesia.

Si stava imponendo uno stile di vita indifferente alla religione, virtualmente agnostico, se non velatamente ateistico. Sul piano pratico sembravano contare cose molto diverse da quelle di epoca feudale: a) l'accumulo di capitali da investire in imprese produttive (commerciali e finanziarie, ma soprattutto manifatturiere); b) l'invenzione di due strumenti che avrebbero rivoluzionato molte scienze: il telescopio e il microscopio; c) un forte primato conoscitivo attribuito a una scienza in grado di sostituire la teologia e la filosofia e di applicarsi a qualunque realtà quantificabile: la matematica.

In queste condizioni le Chiese cattoliche e protestanti potevano essere considerate come delle realtà politico-istituzionali o come delle espressioni formali di taluni valori morali (personali e collettivi), ma nella sostanza la classe borghese stava ponendo le basi per una progressiva emancipazione da qualunque condizionamento religioso. Macrocosmo e microcosmo venivano a coincidere, mettendosi a disposizione della autonoma facoltà conoscitiva dell'uomo, che rendeva il concetto di "Dio" qualcosa di assolutamente marginale e ininfluenza.

È in questo contesto storico che si pone l'opera di Galileo Galilei.

Biografia

Galileo Galilei nasce a Pisa nel 1564 da genitori della media borghesia⁴⁸, che si trasferirono a Firenze nel 1574. Per volere del padre fu costretto a iscriversi alla facoltà di medicina, ma l'unica disciplina che davvero lo interessava era, grazie a Ostilio Ricci (discepolo di Niccolò Tartaglia), la matematica applicata alla meccanica, tant'è che già nel 1583 aveva scoperto l'isocronismo delle oscillazioni pendolari⁴⁹, e tre anni dopo inventò una bilancetta idrostatica per determinare il peso specifico dei corpi. Uno dei suoi primi lavori scientifici fu appunto *La bilancetta* (1586). L'anno dopo aveva scoperto il centro di gravità di taluni solidi, migliorando di molto le tesi di Archimede.

A forza di studiare le grandi opere dei Greci (soprattutto Euclide e Archimede) ottenne nel 1589 un posto come “lettore di matematica” all'Università di Pisa, dopo che all'Università di Bologna gli avevano preferito l'astronomo padovano G. A. Magini sulla cattedra vacante di matematica, il quale diverrà poi un tenace avversario di Galilei e un grande esperto di studi geografici e cartografici. Galilei aveva piena fiducia (derivante dalla filosofica platonico-pitagorica) che la matematica fosse lo strumento più adatto, se unito a una fisica diversa da quella aristotelica, per conoscere la natura. Infatti nel *De motu* (1590), rimasto manoscritto, inizia a delineare i limiti dell'aristotelismo: qui mostra d'aver capito che i corpi cadono con la medesima velocità, a prescindere dal loro peso, se gettati nel vuoto, privo d'aria.

Nel 1603-4 s'interessò di vari problemi di moto lungo piani inclinati. Con l'esperimento del piano inclinato egli dimostrò che un corpo in caduta libera si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato. Nel Seicento per spiegare la caduta dei gravi si faceva riferimento alla teoria di Aristotele, secondo cui la velocità di caduta è direttamente proporzionale al peso del corpo: una pietra di 10 kg sarebbe stata 10 volte più veloce di un sasso da 1 kg. Con l'esperimento del piano inclinato Galilei concentra l'attenzione sull'accelerazione, un livello del moto ignorato da Aristotele e dalla maggior parte dei suoi successori. Egli misurò il tempo di caduta di una sfera per diverse lunghezze del percorso. Poi, confron-

⁴⁸ Suo padre, Vincenzo Galilei, era un eccellente liutista e anche un teorico della musica, che, in questo campo, riuscì a porre le basi fondamentali su cui si sviluppò la musica barocca. Fece altresì delle scoperte, nel campo della fisica acustica, sulla vibrazione delle corde e delle colonne d'aria. Tuttavia, avendo avuto sette figli, la situazione economica della sua famiglia era precaria.

⁴⁹ Ciò che aveva colpito la sua attenzione era che le oscillazioni di una lampada del Duomo di Pisa, controllate coi battiti del polso, erano tutte di uguale durata, quantunque di continuo diminuissero d'ampiezza. Fu proprio il pendolo lungo e pesante da lui usato nel 1602 a renderlo attento all'importanza dell'accelerazione nel moto verso il basso e alla continuazione del moto una volta iniziato.

tando i tempi di discesa e le lunghezze, verificò che esiste una proporzionalità diretta fra le distanze percorse e i quadrati dei corrispondenti intervalli di tempo. Da ciò arrivò alla formulazione di una legge generale sul moto di caduta libera, secondo cui, se non ci fosse l'attrito con l'aria, tutti i corpi cadrebbero con un moto uniformemente accelerato, a prescindere dal loro peso. Il moto (in particolare la velocità) della sfera lungo il piano è indipendente dalla massa della sfera stessa, cioè tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione, laddove sia trascurabile la resistenza opposta dal mezzo (l'aria). Siccome a quell'epoca non esistevano orologi né cronometri e i metodi disponibili non avevano la precisione necessaria a calcolare il tempo di caduta della sfera, Galilei dovette realizzare una sorta di orologio ad acqua, che però era difficile da usare con precisione su brevi intervalli di tempo.

Per 40 anni s'interessò al piano inclinato. Arrivò a capire la continuità del moto a velocità uniforme in linea retta (moto inerziale) solo per i gravi in moto per distanze relativamente brevi e vicino alla superficie terrestre. Nella sua fisica un grave deve acquistare velocità nell'avvicinarsi al centro della Terra o perderne nell'allontanarsi. Egli riluttava a estendere questa legge in un principio universale, poiché un moto rettilineo, indefinito, uniforme implicava l'idea di un universo infinito, in cui lui non aveva mai creduto. Inoltre egli era convinto che qualsiasi moto uniforme e perpetuo dovesse essere circolare. Ci vorrà Newton prima che qualcuno estendesse la legge d'inerzia a tutti i corpi dell'universo. Neppure Gassendi e Cartesio erano riusciti a immaginare una cosa del genere, ritenendola troppo astrusa.

Lo stipendio a Pisa era misero, perché la disciplina era considerata poco importante, sicché con la morte del padre, nel 1591, cominciò a trovarsi in serie difficoltà, anche perché dovette provvedere una dote generosa alla sorella maggiore Virginia. Ecco perché nel 1592 passò, sempre sulla cattedra di matematica⁵⁰, all'Università di Padova, ove rimase 18 anni, cioè fino al 1610, percependo inizialmente il triplo dello stipendio, sotto la protezione della Repubblica veneta (furono i migliori anni della sua vita, a suo dire).⁵¹ Padova, in matematica, era seconda solo a Bologna. Qui insegnò gli *Elementi* di Euclide, l'*Almagesto* di Tolomeo,

⁵⁰ La cattedra prevedeva l'insegnamento di geometria, aritmetica, leggi numeriche dell'armonia musicale e astronomia. La retribuzione passò a mille fiorini annui.

⁵¹ A quel tempo il celebre Paolo Sarpi, teologo e storico della Repubblica Veneta, combatteva aspramente contro il card. Bellarmino, dopo che il papato aveva scomunicato Venezia e i gesuiti erano stati espulsi da tutti i territori veneti. La più antica teoria galileiana delle maree è stata trovata nelle carte di Sarpi: a lui scrisse per primo anche sulla caduta dei gravi nel 1604 e sul telescopio nel 1609.

le *Questioni meccaniche* di Aristotele⁵², il *Tractatus de sphaera* di Sacrobosco (il trattato di astronomia più diffuso nel Medioevo). Pubblicò anche il *Trattato di fortificazione* (1593) e fece circolare, manoscritto, un saggio di statica e dinamica, *Trattato di Meccaniche*, che verrà stampato in francese nel 1634 e in italiano nel 1649. Scrive anche nel 1656 il *Trattato della sfera* (Cosmografia), in cui espone il geocentrismo tolemaico, ma sin dal 1595-7 fa capire, in alcune lettere private (di cui una indirizzata a Keplero), che si sente chiaramente orientato verso l'eliocentrismo copernicano. Si lamentava della sorte riservata a Copernico, oggetto di scherno: l'aveva avvilito al punto da indurlo a non pubblicare nulla in sua difesa. A Padova s'impegnò anche nella progettazione di canali per l'irrigazione e regolamentazione dei corsi d'acqua.

Pubblicò invece nel 1606 *Le operazioni del compasso geometrico et militare*, una sorta di regolo calcolatore per l'istruzione del giovane principe Cosimo de' Medici. Il compasso, a quel tempo già noto, fu il primo vero strumento di calcolo multifunzionale dell'età moderna, necessario soprattutto in guerra (sul puntamento delle armi da fuoco e le triangolazioni) e nella navigazione per calcolare le distanze sulle carte geografiche. Il libro fu stampato in sole 60 copie che venivano vendute in casa dell'autore insieme ad altrettanti esemplari di un compasso ch'egli aveva elaborato nel 1597 (fin dal 1599 aveva dovuto assumere un artigiano per far fronte alle numerose richieste di acquisto provenienti dai giovani nobili che seguivano le sue lezioni private di architettura militare, fortificazioni, topografia, meccanica..., non incluse nei corsi universitari). In quel frangente un certo Baldassarre Capra, allievo di Simon Mayr, in un opuscolo scritto in latino nel 1607 lo accusò di aver plagiato una sua precedente invenzione. Ma Galilei fece presto a ribaltare le accuse del Capra (il suo strumento lo vendeva sin dal 1597), ottenendone la condanna da parte dei Riformatori dello Studio padovano, dopo aver pubblicato una *Difesa contro alle calunnie et imposture di Baldessar Capra milanese*. Capra fu espulso dall'Università e il suo libro sequestrato.

Nel 1609, sfruttando la diffusione del cannocchiale nei Paesi Bassi⁵³, che lo usavano per navigare, decise di trasformarlo, con l'aiuto dei mastri vetrai di Murano, in un vero e proprio telescopio con cui osservare i cieli, aumentando la nitidezza di molte volte. Era in grado di descrivere le navi in arrivo a Venezia due ore prima che potessero essere

⁵² *Questioni meccaniche* è la più antica opera di meccanica della cultura occidentale. Fu attribuita per molti secoli ad Aristotele, ma già nel Rinascimento, per motivi stilistici e dottrinali, si cominciò a dubitare di tale paternità.

⁵³ Fu Paolo Sarpi a segnalare a Galilei l'ottico olandese che aveva costruito il cannocchiale.

scorte a occhio nudo. Solo per questo gli fu offerto un contratto a vita come docente con stipendio quasi raddoppiato alla scadenza dell'attuale contratto, senza possibilità di avere ulteriori aumenti. Sarebbe praticamente stato obbligato a insegnare a Padova per sempre.

Cominciò a interessarsi di astronomia attraverso lo studio delle maree, che secondo lui si producevano grazie alla combinazione dei due movimenti della Terra descritti da Copernico. A quel tempo, prima del telescopio, le prove di Copernico non sembravano molto persuasive. Dopo di lui l'astronomo più importante a livello europeo era Tycho Brahe, per il quale però la Terra era ferma, mentre gli altri pianeti giravano attorno al Sole. Brahe aveva smontato soltanto l'idea aristotelico-tolemaica delle sfere cristalline con la questione delle comete.

Quando nel 1597 poté leggere il primo libro di Keplero, Galilei disse di aver già accettato la teoria copernicana, anche se non la insegnava per non crearsi dei nemici che avrebbero potuto danneggiarlo finanziariamente (anche perché aveva promesso una dote sostanziosa alla sorella minore, Livia, che si maritò nel 1601). Keplero gli aveva chiesto se aveva strumenti adeguati per verificare il moto annuale della Terra per mezzo della parallasse stellare, ma lui fece le prime osservazioni astronomiche solo nel 1604 con un rudimentale cannocchiale.

Solo quando si costruì un telescopio per conto suo poté scoprire cose del tutto inedite, come p.es. le montagne e i crateri sulla superficie della Luna, fino ad allora ritenuta completamente liscia e perfetta, composta di materia celeste incorruttibile e di luce propria. Con l'osservazione delle luci e delle ombre proiettate dalla Terra sulla Luna, capì il movimento relativo fra i due corpi celesti. Identificò la Via Lattea come un enorme ammasso di stelle e corpi celesti (l'ammasso delle Pleiadi, nella costellazione del Toro, passò dalle sette stelle visibili a occhio nudo, a 36). Grazie alla scoperta di quattro satelliti ruotanti attorno a Giove (detti poi "pianeti medicei" in onore del Granduca di Toscana) stabilì che questo pianeta era simile alla Terra (a motivo del proprio satellite) e confermò, sulla scia di Brahe, che la teoria delle sfere cristalline non aveva alcun senso: infatti, ammesso che i cieli fossero sfere di materia trasparente e compatta, i satelliti di Giove avrebbero dovuto "forare" il cielo di questo pianeta. La costellazione di Orione la vide disseminata di oltre 500 stelle. Insomma Galilei aveva mostrato che l'universo è un *unicum* formato da sostanze identiche, nel senso che non è diviso da una parte perfetta e una imperfetta. Aveva rotto un incantesimo, una ingenuità colossale.

Ne diede notizia nel *Sidereus Nuncius* (*Ragguaglio astronomico*), pubblicato a Venezia nel 1610: aveva 46 anni, anche se già a 30 era un convinto sostenitore di Copernico. Naturalmente si attirò subito una

miriade di critiche per aver difeso le teorie copernicane. L'astronomo boemo Martin Horký arrivò a dire che i satelliti medicei di Giove erano solo frutto di aberrazioni ottiche introdotte dalle lenti e che Galilei si era inventato tutto per vendere il suo strumento.⁵⁴ Tuttavia Keplero, dopo aver ricevuto un cannocchiale costruito dallo stesso Galilei, riconobbe l'esattezza delle sue scoperte e lo scrisse nel libro *Discussione col Messaggero stellare*. Fu così che, improvvisamente, egli divenne famoso in tutto il mondo, perfino in Cina. Tutti volevano avere lo stesso cannocchiale.

Ciò gli procurò a Pisa nel 1612 il posto di matematico e filosofo di corte del granduca Cosimo II de' Medici, senza obbligo di tenere lezioni ma solo di fare ricerca sul moto dei corpi, come lui aveva preteso, oltre ad avere il titolo di “filosofo” e non solo quello di “matematico”, in quanto era consapevole che le sue osservazioni astronomiche, in linea con quelle copernicane, avevano un inevitabile riflesso sulla concezione filosofica e teologica dell'universo. Fu accolto in pompa magna a Roma, dove entrò a far parte della prestigiosa Accademia dei Lincei (fu questa a coniare la parola “telescopio”). In un primo momento anche numerosi prelati e studiosi gesuiti del Collegio Romano accolsero le sue scoperte dopo aver ricevuto da lui il telescopio, anche se Cristoforo Clavio, vincolato all'idea aristotelica che la perfezione extraterrestre dipendesse dalla quinta essenza (inesistente sulla Terra), sosteneva che la montuosità della Luna fosse un'illusione ottica. I corpi celesti, infatti, venivano considerati incorruttibili, inalterabili, impassibili, immortali, perfetti, sferici ecc. Anche Ludovico delle Colombe, convinto che la Luna fosse ricoperta di una sfera di cristallo trasparente, sostenne che Galilei aveva immaginato delle montagne sulla superficie, quando invece erano al di sotto della cupola. Pur non avendo una teoria completa di ottica con cui spiegare il funzionamento del cannocchiale, Galilei era convinto di poter superare definitivamente la scissione fra l'astronomia matematica e quella fisica.

Prima di trasferirsi a Firenze aveva scritto un trattato, andato perduto, sul continuo degli indivisibili, cioè le grandezze infinitesime nel calcolo infinitesimale: un argomento ripreso dal gesuato Bonaventura Francesco Cavalieri, il quale non solo dimostrò per primo la forma parabolica della traiettoria di un grave (anticipando in questo lo stesso Galilei), ma diede anche un contributo fondamentale al metodo degli indivisibili, usato per determinare aree e volumi. Questo metodo risultò decisivo per la futura elaborazione del calcolo infinitesimale, come risulta in

⁵⁴ In effetti il cannocchiale era uno strumento di fattura “artigianale”, in quanto non esisteva ancora una teoria dell'ottica – si dovrà attendere Newton – e le immagini erano alquanto deformate.

Newton e Leibniz, sino all'opera di Georg Cantor (1849-1918). Galilei tuttavia, nei *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*, aveva già acquisito che insiemi infiniti sono equipotenti ai loro sottinsiemi propri e che l'infinito continuo è di tipo diverso dall'infinito numerabile. Fu anche l'analisi geometrica di tale continuo che portò Galilei a capire nel 1608 l'accelerazione uniforme nella caduta dei gravi. Quando Cavalieri spedì a Galilei alcuni studi che aveva fatto sulle spirali, questi cominciò ad apprezzarlo e in seguito appoggiò la sua candidatura per la cattedra di matematica a Bologna, che gli venne concessa nel 1629. Cavalieri passò così il resto della sua vita in questa città, tranne qualche breve periodo che trascorse ad Arcetri per far visita a Galilei, che considerava un suo maestro.

A Firenze Galilei si mise a molare lenti più potenti: ora poteva ingrandire gli oggetti di 30 volte e sperava di poter determinare le orbite e i periodi dei moti dei satelliti di Giove, cosa che Keplero riteneva impossibile da risolvere. In quegli anni iniziò a osservare anche le macchie solari, considerate materia fluida appartenente alla superficie del Sole e ruotante intorno ad esso proprio a causa della rotazione stessa della stella: il che escludeva la presunta immobilità dell'astro.

Mentre scriveva il libro di idrostatica e idrodinamica, il gesuita tedesco Christoph Scheiner pubblicò un libro sulle macchie solari contestando Galilei, in cui sosteneva ch'esse erano sciami di astri rotanti intorno alla Terra o al Sole, ostruenti la visibilità. Siccome però l'ordine temeva che le tesi risultassero erranee, egli fu obbligato a usare uno pseudonimo. L'editore spedì il testo a Galilei per sapere cosa ne pensasse. L'ex-allievo di Galilei, il Castelli, si mise a misurare il movimento giornaliero di una macchia. Ciò permise a Galilei di affermare in tre *Lettere circa le macchie solari (Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti)*, edite a Roma nel 1613, a spese dell'Accademia dei Lincei, ch'esse dovevano essere per forza sulla superficie del Sole. Tutti i fenomeni celesti dovevano essere rapportati ad analoghi fenomeni terrestri: non vi era un'essenzialità diversa, come voleva Aristotele. Questo era il suo mantra. La scienza doveva restare separata dalla filosofia e dalla teologia. A tale scopo egli era sicuro di poter predire le eclissi dei satelliti di Giove, cosa che non si poteva fare col sistema tyconiano. Anzi sperava di vendere un suo progetto per determinare la longitudine per mezzo dell'osservazione di tali eclissi.⁵⁵

⁵⁵ L'opera postuma di Scheiner, *Prodromus de Sole mobili et stabili Terra contra Galileum de Galilei* (pubblicata nel 1651), fu l'ultimo tentativo di sostenere le teorie tolemaiche sull'immobilità della Terra.

*

Continuando a esaminare il cielo col nuovo telescopio, Galilei nota che Saturno ha come due specie di appendici localmente opposte: questo perché non era ancora in grado di individuare gli anelli nella loro interezza.⁵⁶ Scopre che le fasi del pianeta Venere, inspiegabili all'interno del sistema geocentrico, diventavano facilmente comprensibili in quello eliocentrico usando il telescopio. Infatti sono analoghe a quella della Luna. Ne deduce che se questa presenta fasi diverse a causa della sua rotazione attorno alla Terra e al riflesso della luce solare, dalla Terra è possibile scorgere fasi analoghe del pianeta Venere proprio perché anch'esso ruota attorno al Sole.⁵⁷ Individua infine il pianeta Nettuno, che però lo

⁵⁶ Galilei scrisse di vedere Saturno “tricorporeo”, formato cioè da un corpo centrale e da due rigonfiamenti laterali, che suppose fossero satelliti. L'errore fu dovuto non solo al fatto che il telescopio era primitivo ma anche perché quando la Terra si trova sullo stesso piano dell'anello (ogni 15 anni), questo, essendo molto sottile, diventa invisibile per almeno un anno. Neanche Gassendi ebbe l'intuizione dell'anello. Sarà solo Christiaan Huygens che, nel 1655, grazie a un telescopio più potente, osservò per primo gli anelli, fornendone anche un'accurata descrizione nel *Systema Saturni* pubblicato nel 1659 a L'Aja. Nella definizione della natura degli anelli s'impegnarono anche gli accademici del Cimento. Fra il 1671 e il 1684 Giovanni Domenico Cassini scoprì quattro satelliti di Saturno che andarono ad aggiungersi a quello in precedenza scoperto da Huygens. Cassini osservò e studiò anche le divisioni degli anelli. Ai nostri giorni le sonde spaziali Voyager hanno rivelato che i numerosi anelli concentrici di Saturno sono delle fasce sottili costituite da innumerevoli frammenti di roccia e ghiaccio, ruotanti intorno al pianeta, che riflettono la luce solare.

⁵⁷ Oltre alle fasi lunari, Galilei non poté osservare nulla di Venere, poiché il pianeta possiede un'atmosfera molto opaca, composta al 96% di anidride carbonica (quasi 100 volte più densa della nostra), che l'avvolge interamente, nascondendone la superficie. E questo benché il pianeta sia il più brillante dopo il Sole e la Luna. Solo nel 1989, quando la navicella “Magellano” della Nasa divenne un satellite di Venere, si poté ottenere una mappa molto particolareggiata della sua superficie. Si scoprì così che ha circa 1500 vulcani medio-grandi spenti da almeno 800 milioni di anni e ha 912 crateri da impatto, causati da asteroidi e meteoriti. La temperatura media può raggiungere i 464 gradi centigradi, quanto basta per fondere piombo e stagno, e le sue piogge sono bollenti di acido solforico. Non ha neanche una goccia d'acqua e nella composizione chimica del suo terreno prevale nettamente il silicio (48,7%). La pressione al suolo è 92 volte maggiore di quella terrestre, pari a quella che da noi si trova a 1000 metri di profondità marina. È l'unico pianeta ad avere il giorno che dura più del suo anno: infatti compie la rotazione su di sé in 243,7 giorni, mentre intorno al Sole in 224,7 giorni. In queste condizioni è totalmente inabitabile. Gli scienziati pensano che, come Marte, somigli a quello ch'era la Terra 2-3 miliardi di anni fa.

confonde con una stella fissa.

A Firenze frequentava il salotto culturale del patrizio Filippo Salviati, in cui ebbe modo di discutere con Vincenzo di Grazia e Ludovico delle Colonne circa le cose galleggianti sull'acqua. Ciò lo portò a scrivere, difendendo Archimede contro Aristotele, *Sulle cose che stanno in sull'acqua*, che può essere considerato un testo fondamentale per l'idrostatica e l'idrodinamica.

Il successo, tuttavia, durò poco. I docenti universitari di idee tolemaiche (peripatetici) iniziano a prendersela soprattutto con un discepolo di Galilei, il benedettino Cristoforo Castelli, docente di matematica a Pisa, intimandogli di astenersi da ogni allusione alla teoria copernicana. Criticare direttamente Galilei, la cui fama era riconosciuta in tutta Europa, non era semplice. Le opere degli anni 1610-16 erano scritte in lingua italiana e lo saranno anche le successive, scontentando di parecchio gli ambienti clericali, che volevano mantenere il dibattito a livello accademico. Galilei infatti aveva una prosa vivace, densa di spirito arguto, in grado di interessare il vasto pubblico (diceva di ispirarsi all'Ariosto), e la lingua italiana era conosciuta da moltissimi intellettuali in tutta Europa. Inoltre egli preferiva il genere del dialogo platonico al trattato aristotelico. Il che non vuol dire che per leggere i suoi libri non occorressero delle competenze specifiche a livello matematico, fisico e astronomico. Anzi, per verificarle personalmente bisognava anche dotarsi di mezzi abbastanza sofisticati e, se vogliamo, costosi. Con lui infatti nasce una scienza che non si basa più sul "senso comune", ma che presume delle cognizioni specialistiche e delle dotazioni tecniche.

Furono proprio le opere di quegli anni che gli procurarono i primi sospetti di eresia da parte dei domenicani (Tommaso Caccini e Nicolò Lorini), i quali lo denunciarono all'Inquisizione, sulla base della motivazione che la Bibbia non può essere smentita: la Terra è ferma e tutto il resto le gira attorno.⁵⁸ I matematici gesuiti del Collegio Romano rispondono a una richiesta di chiarimenti da parte del cardinale Bellarmino e gli confermano che nella Via Lattea e nelle "nuvolose del Cancro e delle Pleiadi" vi sono innumerevoli stelle, invisibili a occhio nudo. Confermano anche che Saturno non è tondo come Giove e Marte, ma di figura "ovata e oblunga" (a causa degli anelli, che però ancora non si riusciva a vedere nella loro intrezza). Confermate anche le fasi di Venere e la "grande inegualità della Luna", anche se Cristoforo Clavio (il più autorevole matematico e astronomo gesuita di origine tedesca) sostiene che si

⁵⁸ Tra i primi a predicare contro Galilei vi furono anche il francescano Angelo Celestino e il domenicano Raffaello delle Colombe, fratello di Ludovico, autore, quest'ultimo, nel 1611, del *Trattato contro il moto della Terra*.

tratti di una “diversa densità”. Confermano infine la presenza di quattro satelliti attorno a Giove, che non possono essere stelle fisse.

Galilei risponde a questi attacchi scrivendo, fra il 1613 e il 1615, le cosiddette “quattro lettere copernicane”, fatte circolare privatamente⁵⁹, in cui sostiene che i due “libri” scritti da Dio (natura e Scrittura) non possono contraddirsi, e nel caso in cui ciò avvenga (quando p.es. la Scrittura si adatta a un popolo incolto), spetta ai teologi trovare l'autentico significato (simbolico-metaforico) dei passi controversi, che se fossero interpretati alla lettera sarebbero facilmente smentiti dalle osservazioni razionali basate su una strumentazione tecnico-scientifica. Quindi fede e scienza, pur avendo lo stesso fine, devono procedere su binari separati: la Scrittura si occupa di Dio e della salvezza dell'uomo, e i suoi contenuti morali non vengono messi in discussione, ma è evidente ch'essa non può darci risposte esaurienti sulla realtà circostante, in quanto le verità naturali vanno ricercate attraverso mezzi e metodi che non hanno bisogno dell'intervento della Chiesa. “Come andare in cielo” o “come va il cielo” non sono esattamente la stessa cosa, anche se l'obiettivo è lo stesso: salvare l'uomo dalla perdizione e dall'ignoranza.⁶⁰ Tra Scrittura e Scienza non doveva esserci contraddizione alcuna proprio perché dovevano restare separate, non perché dovevano trovare a tutti i costi un compromesso.

Galilei non sembrava rendersi conto che per la Chiesa romana (di quel tempo) era impossibile fare differenza tra le due tipologie di “cielo”. Ciò in quanto quello fisico-astronomico trovava la sua ragion d'essere, in ultima istanza, in quello metafisico di Aristotele e Tolomeo, ribattezzato in senso cristiano. Inutile dire, come fece a Pietro Dini, che la dottrina copernicana poteva essere o accettata o rifiutata e che non era possibile considerarla valida solo ipoteticamente dopo le osservazioni astronomiche fatte col telescopio. La Chiesa era un'istituzione totalitaria, dotata di un grande potere politico ed economico: non avrebbe mai potuto consi-

⁵⁹ Le *Lettere copernicane* furono inviate a Benedetto Castelli (monaco benedettino, matematico e fisico, discepolo di Galilei), a Pietro Dini (un prelado amico di Galilei, interessato alla sue scoperte scientifiche) e a Cristina di Lorena (moglie del granduca Ferdinando I de' Medici). La lettera a Cristina fu data alle stampe soltanto tre anni dopo il processo, nel 1636.

⁶⁰ Da notare che Galilei non soffriva neppure le divagazioni pitagoriche e platoniche di Keplero, né mai si è sentito attirato verso l'opera di Cartesio, in cui la matematica veniva trattata a prescindere dalla fisica e questa non veniva trattata senza riferimenti alla metafisica (d'altra parte anche Cartesio respinse la scienza galileiana, poiché non era partita con l'indagare le cause del moto e della gravità). Anche di Campanella, pur molto stimato da Galilei, non s'interessò mai, in quanto gli premevano questioni più concrete, su cui potesse dirsi qualcosa di vero in maniera rigorosa, lasciando perdere l'utopia.

derare vero il sistema copernicano, né tenere la scienza separata dalla fede.

Il domenicano Niccolò Lorini, nel 1615, trasmise al prefetto della Congregazione romana dell'Indice la lettera privata spedita da Galilei al Castelli, sperando che la denuncia portasse a una condanna. Ma il prefetto non vide gli estremi per procedere. Lo stesso Galilei spedì la medesima lettera ai gesuiti di Roma e al cardinale Bellarmino. Solo quando il secondo domenicano, Tommaso Caccini, pressato dai professori di filosofia e smanioso di far carriera a Roma, presentò una nuova denuncia, si avviò l'istruttoria.⁶¹ Caccini andò addirittura a Roma offrendosi come testimone contro Galilei. In ciò era sostenuto da tantissimi filosofi peripatetici.

Intanto un teologo napoletano viene in aiuto di Galilei, il carmelitano Paolo Antonio Foscarini, il quale pubblicò una *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici e del Copernico, della mobilità della terra e stabilità del sole, e del nuovo Pittagorico Sistema del Mondo*, con cui volle mostrare come la rotazione e la rivoluzione della Terra non contraddicevano le Sacre Scritture, all'ovvia condizione di non interpretare certi passi alla lettera. In ogni caso – diceva – Galilei parlava *ex suppositione*: di lui si sarebbe potuto accettare tranquillamente, a vantaggio dei calcoli astronomici, che la Terra sia mobile e che il Sole stia fermo, anche se non per questo si doveva intendere quest'ultimo al centro dell'universo. Sosteneva ciò sulla scia del *Commento al libro di Giobbe*, pubblicato dal teologo agostiniano spagnolo Diego López de Zúñiga a Toledo nel 1584.⁶² Fu l'unico autore spagnolo a difendere la teoria eliocentrica in modo pubblico e inequivocabile come espressione della vera configurazione dell'universo.⁶³

Nel 1616, per ordine del papa Paolo V, Galilei viene ammonito dal cardinale Bellarmino di non professare in alcun modo il copernicanesimo, anche perché il *De Revolutionibus orbium coelestium* si era deciso di metterlo all'Indice dei libri proibiti, finché non fosse stato corretto. Erano stati proprio gli scienziati dei Lincei ad affermare che se la teoria eliocentrica fosse stata vera, avrebbe contrastato con il brano dell'Antico

⁶¹ Il Caccini era già stato richiamato all'ordine per una sua imprudenza da un pulpito bolognese. Da Roma un domenicano scrisse a Galilei una lettera in cui si scusava per la scorrettezza del confratello.

⁶² In latino si firmava come Didacus a Stunica. Fu un acerrimo nemico di Erasmo da Rotterdam. Dopo la sua morte, i suoi *Commenti a Giobbe* furono sospesi, in attesa di “espurgazione”, dal decreto della Congregazione dell'Indice del 5 marzo 1616,

⁶³ Da notare che un passo del libro di Giobbe (9,6) era stato citato anche da Galilei, che si intendeva di esegesi biblica!

Testamento in cui si afferma che il Sole fu “fermato” da Dio per un giorno (Gs 10,12-13).⁶⁴ E secondo il Bellarmino (che aveva già mandato al rogo Giordano Bruno) non esistevano prove convincenti che il sistema copernicano fosse da preferire a quello tolemaico, per cui non aveva senso rivedere l'interpretazione letterale data a taluni passi dell'Antico Testamento. Le quattro lettere copernicane non vennero incriminate perché considerate un fatto privato, anche se alcune ampiamente diffuse. Il papa, ostile a tutti gli intellettuali, voleva troncargli sul nascere qualunque discussione che in qualche modo potesse essere strumentalizzata dai protestanti.

Dunque Galilei, che per un momento si era illuso che sulle questioni astronomiche la Chiesa non avrebbe fatto una questione di fede, doveva accontentarsi di parlare per ipotesi. Quella che per lui era una delle prove decisive (le fasi di Venere), essendo inspiegabile nel sistema tolemaico, era compatibile anche col sistema misto di Tycho Brahe, che Galilei non prese mai in considerazione. C'è da dire che egli attribuiva un'importanza decisiva non alle prove astronomiche, bensì a quelle fisiche e meccaniche riscontrabili sulla Terra. Aveva solo “prove prevalenti”, suscettibili di ulteriori e migliori conferme o di clamorose smentite, non aveva prove “inconfutabili”. Se avesse dato importanza a quelle astronomiche, avrebbe dovuto accettare la traiettoria ellittica dei pianeti elaborata da Keplero. Invece considerava più importante la sua teoria delle maree, su cui scriverà nel 1616 il *Discorso sul flusso e reflusso del mare*, che però non pubblicò (si limitò a una lettera indirizzata al cardinale Alessandro Orsini). Egli spiegava tale movimento periodico degli oceani con la variazione quotidiana della velocità risultante dalla composizione delle velocità dei due movimenti terrestri, di rivoluzione e di rotazione, che ora si sommano, ora si detraggono. Non si rese conto che l'ampiezza del movimento delle acque marine, dovuto a tale fenomeno, era solo dell'ordine di qualche centimetro. In realtà aveva ragione Keplero quando parlava dell'attrazione lunare: cosa che confermò Newton nel 1686, aggiungendovi anche quella solare. Ma ci vorrà la teoria dinamica di Laplace prima di arrivare a una descrizione esatta dell'effettivo comportamento delle maree oceaniche, benché per l'aspetto predittivo delle maree bisognerà attendere gli studi di William Thomson Kelvin nel 1860.

Anche la spiegazione che Galilei aveva dato dei venti alisei era insufficiente, in quanto la ragione principale stava nell'esistenza di enormi correnti di convezione, provocate dalla differenza delle temperature

⁶⁴ Furono messi all'Indice anche la *Lettera* del Foscarini e il *Commento* di Zúñiga.

tra le regioni polari e quelle equatoriali. Questo per dire che un vero sistema planetario coerente fu dato solo da Newton. Prove incontrovertibili della rivoluzione della Terra attorno al Sole furono trovate solo nel 1838, quando Friedrich Wilhelm Bessel poté calcolare con precisione la parallasse di una stella. E solo verso la metà di quel secolo il pendolo del fisico Foucault, oscillante in un piano fisso, diede la prova decisiva della rotazione quotidiana della Terra.

Galilei si accontentava di tenere separata la fede dalla ragione scientifica. Non voleva che la Chiesa adottasse un sistema astronomico contro un altro, ma che si tenesse fuori dal dibattito. Anche sant'Agostino chiedeva ai cristiani – diceva – di non interessarsi di argomenti scientifici. Sembrava non rendersi conto che nel Seicento il papato aveva da tutelare uno Stato territoriale, del tutto indipendente da altri Stati. Era difficile pensare che la Chiesa, in quel momento storico, in cui il suo potere era sempre più minacciato dal protestantesimo (cosa che porterà di lì a poco alla guerra dei Trent'anni), potesse separare le questioni teologiche da quelle scientifiche.

Il nome di Galilei non compariva nella condanna del libro di Copernico. Stimato da molti ecclesiastici, tra cui il futuro papa Urbano VIII, gli venne soltanto comunicato privatamente di non insegnare come sicura la teoria copernicana e gli fu ingiunto di rimuovere i passi scritturali dalle nuove edizioni del *Sidereus Nuncius*, che però durante la sua vita, dopo le due edizioni del 1610, non fu più ripubblicato (e comunque il libro venne messo all'Indice).

Il diritto canonico prevedeva tre possibili procedure: la semplice ammonizione, l'ingiunzione formale e l'imputazione seguita dall'arresto. Nel caso di Galilei si scelse la prima, anche se il Commissario generale, il domenicano Michelangelo Seghizzi, aveva preparato un'ingiunzione formale (non firmata da nessuno) che fu allegata successivamente alla pratica, e che fu poi esibita come capo d'accusa nel processo del 1633.

Il Sant'Uffizio non riusciva assolutamente ad accettare l'idea che la Scrittura potesse essere interpretata liberamente e che le competenze del Magistero dovessero ridimensionarsi di molto, come volevano i protestanti col loro principio del “libero esame”. La teoria eliocentrica poteva al massimo essere accettata come ipotesi matematica per interpretare taluni fenomeni, non come una verità sul piano della filosofia naturale: la Terra doveva restare fissa al centro dell'universo e il Sole girarle attorno.

La censura era doppia: teologica e scientifica, ed era tutta basata sul senso comune. Papa Paolo V (1605-21) si augurava che tutta l'opera copernicana venisse giudicata eretica. Furono i cardinali Bonifacio Caetani e Vincenzo Maffeo Barberini (il futuro Urbano VIII) ad opporvisi:

per loro, andava considerata “falsa” non “eretica”.⁶⁵ Il *De revolutionibus* venne quindi messo all'Indice solo finché non fosse stato corretto in alcuni suoi passi.

Conseguenza di tale ammonizione fu che Galilei si astenne per sette anni dal difendere la causa copernicana. Nei primi tre si occupò di magnetismo nella misurazione del calore e nella determinazione della longitudine. Fu la comparsa di tre comete, nel 1618, che gli diede occasione di riprendere il tema astronomico. Per lui era impossibile tenersi fuori da questa diatriba, forte del sostegno sul piano scientifico da parte di insigni religiosi.

Uno dei discepoli di Galilei, Mario Guiducci, pubblicò un *Discorso delle comete*, scritto, in parte, dallo stesso Galilei, in cui si sosteneva, seppur erroneamente, che le comete non fossero oggetti celesti, ma effetti ottici prodotti dalla luce solare su vapori sprigionantisi dalla Terra, con traiettoria rettilinea. Era un attacco contro il padre gesuita Orazio Grassi, professore di matematica del Collegio Romano, secondo cui nel libro *Disputatio astronomica de tribus cometis anni MDCXVIII*, denso di considerazioni scientifiche datate ed erranee, la cometa era un corpo celeste di natura stellare, ma privo di luce propria, orbitante circolarmente in una traiettoria posta tra la Luna e il Sole. Il modello geo-eliocentrico di riferimento doveva essere quello dell'astronomo danese Tycho Brahe, secondo cui la Terra è posta al centro dell'universo, con gli altri pianeti in orbita invece intorno al Sole.

Grassi replicò con la *Libra astronomica ac philosophica* del 1619, asserendo che il vero autore del *Discorso* era Galilei, sicché lo attaccò direttamente per il suo professato copernicanesimo, difendendo il sistema adottato dai gesuiti, quello tyconiano. Alla fine del 1623, dedicandolo al papa Urbano VIII (1623-44), Galilei decise di pubblicare *Il Saggiatore* (dal nome della bilancia di precisione usata dagli orefici), polemizzando col Grassi e attaccando il sistema tolemaico e quello di Tycho Brahe. Temendo che un movimento non circolare incrinasse il sistema copernicano, egli ribadì che non si trattavano di corpi celesti ma di illusioni ottiche di rifrazione, prodotte dai raggi solari negli strati superiori dell'atmosfera terrestre, al pari dell'arcobaleno e delle aurore boreali. Sbagliò completamente, ma questo errore fu riscattato dai tesori di intel-

⁶⁵ Il fatto che Barberini fosse favorevole a Galilei non deve farcelo sembrare più liberale dei papi precedenti o successivi. Durissima, p.es., fu la controversia con la famiglia Farnese, da cui venne fuori papa Paolo III (1468-1549), per la questione del Ducato di Castro e per l'intenzione di estendere lo Stato della Chiesa, con le armi francesi, al Ducato di Parma e Piacenza, anch'esso dei Farnese. La guerra si concluse solo nel 1644 con la restituzione del Ducato di Castro ai legittimi proprietari.

ligenza e di acume profusi nel testo, che nel suo insieme si presentava come il manifesto della nuova filosofia difesa dall'Accademia dei Lincei, che ne sostenne le spese editoriali. Viene impostato un metodo scientifico sconosciuto in quell'epoca: si pensi solo alla distinzione tra qualità primarie e secondarie, il primato del metodo matematico per interpretare la natura (quindi l'inutilità della filosofia e della teologia), il collegamento tra sensi ed esperimenti tecnico-scientifici, ecc. L'*imprimatur* fu concesso dal teologo domenicano Niccolò Riccardi.⁶⁶

Nel 1624 il papa, in udienza privata, discute sull'intenzione di Galilei di poter riparlarne di Copernico in un libro dove le due teorie vengono esposte obiettivamente. Il papa, che gli aveva mostrato benevolenza quand'era cardinale, gli chiese di non parteggiare per quella copernicana, ma di presentarla come un'ipotesi matematica. Galilei tornò soddisfatto a Firenze e sino al 1629 è intento a scrivere il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*.⁶⁷ La forma dialogica era molto usata nei libri didattici del Cinquecento, in cui parlavano un docente e un discente. Nel suo caso invece vi erano due esperti in gara per conquistare un terzo partecipante, Gianfranco Sagredo (1571-1620), ancora incerto. Un esperto, portavoce di Galilei, era Filippo Salviati (1583-1614); l'altro era Simplicio di Cilicia (commentatore neoplatonico di Aristotele⁶⁸), i cui argomenti sono modellati su quelli di Cesare Cremonini e Ludovico delle Colombe.

Nel frattempo risponde a un attacco che gli era stato rivolto nel 1616 dal teatino Francesco Ingoli, professore di diritto civile e canonico e seguace del sistema di Brahe. I matematici gesuiti del Collegio Romano stabilirono che il libro di Copernico doveva essere emendato seguendo tutte le sue proposte. Keplero l'aveva contestato duramente, sicché anche tutta la propria opera fu messa all'Indice. Nella *Lettera a Francesco*

⁶⁶ Altro errore nel testo è quello relativo alla natura del calore, di cui Galilei negava fosse una proprietà intrinseca dei corpi. Anzi, egli riteneva che anche i suoni, gli odori, i colori, i sapori non avessero esistenza autonoma ma fossero causati dall'azione di particelle di diversa dimensione, forma e numero che colpiscono i nostri organi di senso.

⁶⁷ Il *Dialogo* fu letto in inglese da Newton solo nel 1661 e fu proprio in virtù di questo libro che egli cominciò a pensare, nel 1666, alla possibilità di estendere all'intero universo la gravitazione. Newton trasformò anche il concetto di conservazione del moto nella legge d'inerzia. Tuttavia il principio della relatività del moto fu sviluppato da Huygens.

⁶⁸ Di lui restano i commenti alla *Fisica*, alle *Categorie*, al *De caelo* e al *De anima* di Aristotele e quello al *Manuale* di Epitteto; sono perduti i commenti alla *Metafisica* e alle *Meteorologie* di Aristotele e al primo libro degli *Elementi* di Euclide.

Ingoli (1624) Galilei espone per la prima volta la teoria della relatività dei movimenti, facendo notare che su una nave che si sposta a velocità costante non si produce alcun effetto meccanico che possa aiutare il passeggero, chiuso nella stiva, a capire se è fermo o in movimento. I corpi, nel loro movimento, partecipano al movimento della Terra, per questo non vi è contraddizione. Ecco perché nessun esperimento può consentire di distinguere due sistemi di riferimento in moto rettilineo uniforme fra loro. Ogni moto può venire descritto solo rispetto a un osservatore, il quale si ritiene fermo in quanto è solidale con il sistema di riferimento che utilizza per le sue misure. Il che porta a dire che ogni osservatore, chiuso all'interno del proprio sistema di riferimento, non può sapere se è in moto o è fermo. Le obiezioni che gli rivolgevano (p.es. quella secondo cui non si riesce ad osservare alcun forte vento costante nel verso della rotazione della Terra, in grado di impedire agli uccelli di volare in senso inverso), non avevano alcun senso per lui. L'Accademia dei Lincei è convinta che Galilei abbia tutte le possibilità per detronizzare Aristotele.

Nell'entourage del papa vi erano prelati favorevoli a Galilei, come mons. Giovanni Ciampoli (suo discepolo a Pisa e principale informatore di quanto succedeva a Roma, nonché principale intercessore per la pubblicazione del *Dialogo*⁶⁹) e padre Riccardi, maestro del Sacro Palazzo Lateranense, la cui corrispondenza epistolare con Galilei non è mai stata trovata.⁷⁰ Era favorevole anche l'ordine dei Chierici regolari minori. Nettamente contrari invece i gesuiti, i quali, peraltro, in quegli anni, spinsero il Sant'Uffizio a inscenare uno spettacolo macabro. Siccome l'arcivescovo di Spalato, Marco Antonio De Dominis, apostata eretico recidivo⁷¹, era morto prima di finire sul rogo, decisero di far bruciare la sua salma insieme ai suoi libri. Nel 1622 ottennero anche la canonizzazione del loro fondatore, Ignazio di Loyola, nonché dell'apostolo delle Indie, Francesco Saverio. Ciò veniva ritenuto sufficiente perché il Collegio Ro-

⁶⁹ Dopo la condanna di Galilei a Ciampoli fu negata la nomina a cardinale, anche perché sosteneva la fazione filospagnola della Curia, guidata dal cardinale Borgia e ostile a Urbano VIII. Fu esiliato nelle Marche nel ruolo di governatore di alcune città. Gran parte delle sue opere furono pubblicate da Pietro Sforza Pallavicino.

⁷⁰ Riccardi fu un tomista avverso al dogma dell'Immacolata concezione, nonché all'opera di Paolo Sarpi sul Concilio di Trento e a varie opere di Tommaso Campanella.

⁷¹ De Dominis era vicino alle posizioni di Paolo Sarpi e di Galilei. Poi, quando divenne anglicano, scrisse vari testi contro la monarchia pontificia. Alla fine della sua vita era rientrato nel cattolicesimo-romano, ma i gesuiti non si fidarono mai di lui. Le sue opere scientifiche sulle maree e sull'arcobaleno resteranno reperibili solo nelle terre protestanti, con particolare vantaggio di Isaac Newton.

mano rinnovasse gli attacchi contro Galilei e tutti i sostenitori del copernicanesimo.

Nel 1626 padre Orazio Grassi (che si nasconde dietro lo pseudonimo di Lotario Sarsi) fa una denuncia contro *Il Saggiatore*, non in riferimento a Copernico, ma alla teoria delle sensazioni, che Galileo interpreta col gioco delle “minime particelle”, molto simili agli atomi di Anassagora e Democratico (uno dei tabù principali della teologia cristiana). La teoria corpuscolare o atomistica rendeva impossibile concepire nell'eucaristia la trasformazione degli elementi del pane e del vino in corpo e sangue di Cristo. Galileo non entra in polemica e la cosa finisce lì.

Un mediocre professore di matematica di Pisa, Scipione Chiaramonte, lo attacca invece sulla questione della rivoluzione annua della Terra attorno al Sole: se questa esistesse, le stelle – secondo lui – dovrebbero apparire spostate sulla sfera delle fisse. Tuttavia Galilei già da tempo aveva detto che la distanza della Terra dalle stelle è talmente grande che l'effetto della parallasse è quasi inosservabile.

Siccome la questione delle maree per Galilei è fondamentale come prova a favore del sistema copernicano, riprende le tesi elaborate nel 1616 e prova a pubblicarle nel 1629. Senonché padre Niccolò Riccardi, pur essendo un entusiasta sostenitore del *Saggiatore*, viene obbligato da Urbano VIII, al fine di concedere l'imprimatur, a pretendere la modifica del titolo, che diventa *Dialogo dove nei congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano, proponendo indeterminatamente le ragioni filosofiche e naturali tanto per l'una quanto per l'altra parte*. Il papa infatti sapeva bene che con le maree Galilei voleva dare una prova scientifica al valore del sistema copernicano: con un titolo più neutrale si poteva dare l'impressione di considerare la teoria copernicana una semplice ipotesi matematica. Inoltre il Riccardi, sempre spinto dagli ambienti clericali romani, chiede a Galilei di aggiungere una prefazione in cui menziona l'obiezione teologica di Urbano VIII, secondo cui Dio era in grado di creare l'universo in maniera difforme da quello risultante dalle deduzioni razionali. Cioè nessuna teoria scientifica, per quanto empiricamente dimostrata, può mai offrire un sapere certo sulla reale struttura dell'universo, dal momento che non si può mai escludere che taluni movimenti dei corpi celesti, pur giudicati da una teoria scientifica poco spiegabili, potrebbero essere prodotti da Dio in maniera razionale tramite l'azione di cause a noi ignote. Era questo un modo di dire che le scienze esatte e la filosofia naturale non possono mai considerarsi superiori alla teologia.

Galilei acconsente, ma, temendo altri impedimenti insopportabili (l'improvvisa morte del principe Cesi aveva disorganizzato l'Accademia dei Lincei), invece di far stampare il libro a Roma, decide di farlo a Fi-

renze nel 1632, con tutti i permessi necessari ma senza aspettare il *placet* da Roma. Tuttavia, pur facendo uso di alcune metafore tipiche dell'arte dissimulatoria, lasciandosi andare a un gioco dell'equivoco, abile e sottile, egli fa capire di stare dalla parte del sistema eliocentrico, nonostante trascuri del tutto l'ottima teoria delle orbite ellittiche formulata da Keplero, cui questi giunse dopo aver costruito, in forza delle proprie cognizioni di ottica geometrica, un telescopio ancora più potente. A suo giudizio era venuto il momento di elaborare una sola teoria fisica, valida sia per il mondo terrestre che per quello celeste, visti nel loro insieme. Non rinuncia ovviamente alla sua teoria delle maree, che però risultava erranea, anche perché non teneva in considerazione quella di Keplero, formulata nel 1609, secondo cui le maree erano causate dall'attrazione gravitazionale della Luna. La parte migliore del *Dialogo*, sul piano fisico, sta nel principio della relatività dei movimenti, nell'idea che il moto è uno stato, come la quiete, e non un processo, come per gli aristotelici, e nella tesi dell'inerzialità dei moti (circolari). Il che lo portava a rifiutare il sistema geocentrico.

I protagonisti principali sono tre, di cui i primi due, amici di Galilei, erano già morti qualche anno prima: Salviati (portavoce di Galilei), Sagredo (che solleva domande intelligenti e che in genere si lascia convincere dai ragionamenti di Salviati) e Simplicio di Cilicia (matematico e astronomo bizantino del VI sec. d.C., commentatore di Euclide e Aristotele), che difende, senza alcun successo, il sistema tolemaico: egli rappresenta lo scienziato-filosofo rinascimentale, ancora legato al principio d'autorità e al rispetto deferente della filosofia scolastica, anche quando questa è in evidente conflitto con i dati empirici.

Nella prima giornata viene dimostrato che la distinzione aristotelica tra regione celeste e regione terrestre (sublunare) va superata. La Terra è parte di un universo avente le medesime caratteristiche essenziali, per cui le idee sul moto (rettilineo, al di sotto della Luna, e circolare, al di sopra) non hanno senso. Nella seconda si confutano le obiezioni contro la rotazione diurna della Terra e si afferma la relatività del moto, che cambia natura rispetto al punto d'osservazione. Il che spiega perché, ammettendo il movimento rotatorio, i gravi cadono lungo la perpendicolare, invece d'essere scagliati lungo la tangente alla superficie terrestre. Nella terza si parla di macchie solari, di stelle nuove, che contraddicono la teoria aristotelica dell'immutabilità dei cieli; si spiega come si muovono i pianeti nel sistema copernicano e che significato ha l'inclinazione dell'asse terrestre. Altri argomenti sono la distanza della Terra dalle stelle fisse, la vastità dell'universo, il magnetismo terrestre ecc. Nella quarta si discute la questione delle maree e dei venti alisei, quelli che in maniera regolare soffiano nell'Atlantico da est a ovest, aggirando l'anticiclone

delle Azzorre. La questione delle maree, argomento che per lui doveva essere decisivo per spiegare il moto della Terra, risulta essere sbagliata in quanto impostata male: esse non sono il frutto della combinazione dei due movimenti della Terra. Insomma Galilei aveva chiaramente fatto capire che la scienza tradizionale andava superata. Il successo del *Dialogo* appare immediato, anche perché l'astronomia copernicana era stata semplificata al massimo: nel 1635 viene tradotto in latino in Olanda.

Pressato però dai domenicani e probabilmente dallo stesso Scheiner, Urbano VIII chiede di togliere il libro dalla circolazione e convoca Galilei a Roma per interrogarlo. Al papa non era piaciuta per nulla l'idea di mettere la frase sull'indipendenza dei decreti divini dalle esigenze della ragione umana in bocca a Simplicio, che non capiva nulla dell'astronomia copernicana. L'opera appariva più perniciosa della dottrina luterana e calvinista!

*

Qui possiamo aprire una piccola parentesi. Se nelle preoccupazioni apologetiche del papato si omette la parola “Dio”, che sul piano simbolico altro non voleva dire, in quel momento, che l'universo è più complesso di ciò che possiamo recepire dalla prospettiva terrena, non era completamente sbagliato il discorso teologico. Semmai il problema stava nel fatto che il papato voleva controllare la scienza in quanto scienza, a prescindere dalle conseguenze delle sue scoperte. La posizione della Chiesa non può essere definita, propriamente parlando, “religiosa”, cioè indifferente alla scienza in sé e preoccupata soltanto di tutelare gli aspetti umani rispetto alle possibili conseguenze anti-etiche delle scoperte o invenzioni scientifiche. Semmai questa può essere definita una posizione “totalitaria”, in quanto poneva la teologia, basata su dogmi scientificamente indimostrabili, al di sopra di qualunque scienza umana o scienza esatta, il cui metodo d'indagine non aveva nulla a che fare con quello teologico. In particolare la Chiesa, con una nuova teologia, logico-razionalistica, basata sul superamento dell'agostinismo in nome della riscoperta dell'aristotelismo, pretendeva di dettar legge agli statuti epistemologici di tutte le altre discipline.

Ma non meno “totalitaria” era la posizione galileiana, soprattutto là dove sostiene che l'intelletto umano, quando ragiona matematicamente, è uguale a quello divino, con la sola differenza che Dio possiede le verità tutte intere, mentre l'uomo le ha limitate. La pretesa “totalitaria” non sta tanto nell'aver messo il sapere matematico sullo stesso piano di quello teologico, quanto piuttosto nell'aver astratto il sapere matematico dalle *istanze sociali* che dovrebbero legittimarlo. Pretendere che la mate-

matica esprima verità assolute che si impongono di per sé, significa avere un atteggiamento *feticistico* nei confronti di questa disciplina. Per lui la matematica non aveva un semplice valore simbolico di utilità ma aveva un valore epistemologico di verità indiscutibile, che autorizzava lo scienziato a ergersi “giudice” di chi non possedeva gli stessi strumenti. Al massimo la matematica poteva essere contestata in forza di nuovi e più potenti strumenti tecnologici.

*

Intanto a livello internazionale imperversava la guerra dei Trent'anni. Il papa temeva che l'accordo tra gli Asburgo di Spagna e dell'Impero avrebbe ridimensionato il potere politico dello Stato della Chiesa. Per questo preferiva appoggiare la politica francese, cercando altresì di staccare dall'Austria il Duca di Baviera; sosteneva anche la neutralità della lega cattolica di Germania, entrando in conflitto con l'imperatore Ferdinando II. Il sacco di Mantova compiuto dalle truppe imperiali lo preoccupò così tanto che assecondò l'intervento francese in Italia nella lotta per Mantova e il Monferrato. Favorì l'alleanza tra gli svedesi di Adolfo, i francesi di Luigi XIII e Massimiliano di Baviera. Per Urbano VIII si trattava di una guerra politica, in cui l'elemento religioso andava considerato del tutto secondario, per cui rifiutava di porsi alla testa di una lega di tutti i cattolici o degli Stati cattolici europei. Non gli interessava difendere degli interessi di tipo dinastico. Nel 1632 gli Imperi cattolici erano stati sconfitti a Lützen in Sassonia dai protestanti guidati da Gustavo II Adolfo di Svezia, che però morì sul campo.⁷² Urbano VIII era avversato dal cardinale Borgia, ambasciatore del re spagnolo presso la Santa Sede e membro del Sant'Uffizio. Anche gli Asburgo gli erano ostili, avendo egli espulso da Roma il cardinale Ludovisi perché filoborgiano.

Galilei era convinto che, in ultima istanza, il papa non avrebbe avviato contro di lui una procedura inquisitoriale, in virtù della reciproca stima che li legava. Invece la ragion di stato prevalse. Già settantenne Galilei si presenta davanti al Sant'Uffizio nel febbraio 1633. La commissione, presieduta dal nipote del papa, il cardinale Antonio Barberini, comprende il suo teologo personale, Agostino Oreggi, nettamente antigesuita, padre Zaccharia Pasqualigo, teologo antisequitico dei Teatini, e padre Melchiorre Inchofer, amico di padre Riccardi, ma gesuita.

Dopo cinque riunioni Galilei viene formalmente accusato di aver infranto il divieto di difendere la teoria copernicana. Non si tratta di un'e-

⁷² Poi gli imperiali cattolici si riorganizzarono, sconfiggendo gli svedesi nella battaglia di Nördlingen del 1634 e continuando a combatterli fino al 1648.

resia dottrinale vera e propria, ma di un'infrazione disciplinare a un precetto ecclesiastico. La commissione invia la pratica al Sant'Uffizio, che fa iniziare il processo un mese dopo. Galilei compare tre volte davanti ai giudici. Contesta il documento presente nella pratica, che parla di ingiunzione formale ad abbandonare immediatamente le tesi copernicane, notificata dal cardinale Bellarmino nel 1616, ed esibisce una lettera che lo stesso cardinale gli aveva inviato, nello stesso anno, notificandogli, molto semplicemente, la decisione che allora era stata presa dal Sant'Uffizio, la quale non escludeva ch'egli potesse parlare delle teorie copernicane considerandole come semplici ipotesi. Purtroppo per lui Bellarmino era già morto. Una cosa infatti era considerare la teoria copernicana come una semplice ipotesi matematica, che poteva essere discussa esclusivamente negli ambienti scientifici; un'altra era considerarla eretica: in tal caso Galilei si trovava in una posizione *ex-lege*. Si pensa che il responsabile di questa falsificazione del documento del Bellarmino sia stata fatta dal gesuita Scheiner.

Il commissario Vincenzo Maculano, domenicano, si reca personalmente da Galilei per un colloquio privato, senza testimoni, in cui lo invita a dichiararsi colpevole, se non vuole peggiorare la sua situazione. In cambio avrà un trattamento di favore. Galilei accetta: aveva capito che lo si voleva colpire indipendentemente dal fatto che aveva ottenuto dall'autorità ecclesiastica la licenza per pubblicare il *Dialogo*. Sicché compie l'autocritica nel corso della seconda seduta. Il 22 giugno 1633, nell'ultima seduta, il tribunale emette il verdetto di colpevolezza: tre cardinali su dieci si oppongono. In ginocchio, con la mano sui vangeli, l'imputato recita la formula dell'abiura. Il *Dialogo* è proibito.⁷³ Galilei è condannato alla carcerazione, che consiste però in un domicilio coatto, prima nel palazzo dell'arcivescovo di Siena, poi nella sua villa ad Arcetri, vicino a Firenze.

La condanna fu annunciata a tutte le grandi potenze europee. Monsignor Giovanni Ciampoli, che aveva favorito la pubblicazione del *Dialogo* e parteggiava per la fazione borgiana, fu destituito dalla segreteria vaticana e trasferito a governare le città di Norcia, Civitanova Marche e Jesi. Anche padre Orazio Grassi fu rimosso dai suoi incarichi e inviato in esilio a Savona, almeno fino a quando il papa non morì.

Ad Arcetri Galilei scriverà l'ultimo suo importante libro, dedicato al conte François de Noailles, suo allievo a Padova, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai movimenti locali*, pubblicato a Leida in Olanda nel 1638, anno

⁷³ Il *Dialogo dei Massimi Sistemi* fu stampato in traduzione latina a Strasburgo da Mattia Bernegger nel 1635.

in cui stava diventando completamente cieco, a causa del glaucoma o della cataratta. Il libro poté essere pubblicato all'estero grazie al fatto che nel 1636 il conte vide Galilei a Poggibonsi, dove ricevette una copia manoscritta dei suddetti *Discorsi*: in tal modo si era potuta aggirare la censura ecclesiastica, che cercava di bloccare la circolazione delle sue opere con un divieto generale di pubblicazione. Due parti dei *Discorsi* furono scritte con la collaborazione di Vincenzo Viviani ed Evangelista Torricelli. Un'altra parte, scritta da quest'ultimo, fu aggiunta al testo nel 1674 a Firenze, a cura di Viviani: *Sopra le definizioni delle proporzioni di Euclide*. Un'altra ancora, scritta da Galilei e curata da Viviani, fu pubblicata nel 1718: *Della forza della percossa*. L'opera nel 1639 venne tradotta in francese.

Il testo sulle *Due nuove scienze* fu epocale, in quanto nessuno aveva mai discusso la struttura della materia appoggiandosi alla matematica e sviluppando una teoria della forza di rottura dei materiali. Fu lui a scoprire che esiste un limite alle dimensioni di ciò che può essere costituito del medesimo materiale e con le medesime proporzioni. Inoltre nessuno prima di lui aveva scoperto la legge dell'accelerazione dei corpi in discesa naturale, né riconosciuta la composizione dei moti indipendenti che permetteva di descrivere le traiettorie dei proiettili.

L'ultima opera fu dettata al figlio, *Operazioni astronomiche*, nella quale indica agli scienziati la strada da seguire utilizzando il telescopio e il pendolo. Detta infine la lettera *Sopra il candore della Luna*.

Nel 1634 il cardinale Richelieu in Francia aveva nominato una commissione di scienziati per risolvere il problema della determinazione della longitudine. Galilei aveva già affrontato il problema nel 1616. Il caso volle che proprio in quel momento Ugo Grozio si trovasse a Parigi. Ebbene fu proprio lui che chiese al proprio governo olandese di prendere in considerazione il metodo galileiano di determinazione delle longitudini, il quale consisteva nell'usare Giove come una specie di orologio, coi satelliti in funzione di lancette (anche le eclissi dei satelliti potevano essere usate per determinare la longitudine). Il governo, dopo averlo messo in pratica, volle ringraziare Galilei consegnandogli una catena d'oro, ma l'inquisitore fiorentino impedì che l'inviato olandese potesse incontrare lo scienziato agli arresti domiciliari.⁷⁴

Pochi anni prima di morire, cosa che avverrà nel 1642, assistito prima dalla figlia Virginia (fino al 1634)⁷⁵, poi da alcuni discepoli, Torricelli e Viviani (quest'ultimo, che nel 1638 andò a vivere nella casa di Ga-

⁷⁴ Nello stesso anno, 1634, Marino Mersenne, frate minimo, tradusse in francese il manoscritto *Trattato sulle meccaniche*, dedicato all'esposizione delle macchine semplici.

lilei, con la funzione di scrivano, scrisse la prima biografia del suo maestro). Galilei aveva suggerito al figlio Vincenzo (1600-49) di applicare un pendolo agli orologi. Tuttavia l'uso di questo tipo di orologio diverrà consueto solo dopo la pubblicazione dell'*Horologium oscillatorium* di Christiaan Huygens⁷⁶ nel 1673, una delle tre opere più importanti sulla meccanica del XVII sec., insieme ai *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* di Galilei (1638) e ai *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* di Newton (1687).

Nei suddetti *Discorsi* il passaggio dal teleologismo metafisico al funzionalismo scientifico è netto. Galilei affronta il problema del movimento dei corpi (uniforme, accelerato e violento) e della loro resistenza alla frattura. Particolarmente interessante è la trattazione dell'argomento del vuoto, che per gli scolastici non poteva esistere, altrimenti si sarebbe venuta a negare l'onnipotenza divina. Invece per Galilei il vuoto è una forza misurabile (p.es. nella pompa pneumatica rispetto a un liquido). Egli afferma che nei corpi solidi deve esserci una struttura atomica, in cui le singole parti, separate da piccole spazi vuoti, sono tenute insieme. Quanto maggiore è il numero di questi spazi, tanto più con forza sono gli elementi che compongono il corpo tenuti insieme. La materia non va definita in rapporto alla forma ma in rapporto alle forze fisiche che la compongono. La meccanica diventa nettamente atomistica. Esistono piccoli e infiniti spazi vuoti intercorporeali, come voleva Democrito, il quale era stato oscurato dall'idealismo platonico. Dopo tanti secoli atomismo e matematismo tornavano a unirsi in forma sperimentale. Si pongono le premesse del calcolo infinitesimale. Si intuisce l'estrema complessità della materia. La materia non è più, come nel peripatetismo, la sfera dell'accidentale e dell'irrazionale, ma diventava fine a se stessa, determinata da leggi universali e necessarie, che ne garantiscono la conservazione. Il vuoto del corpo è sottratto a ogni finalismo, viene studiato solo in chiave meccanica e dinamica. Il concetto di forza non esprime più la causa della variazione di posizione dei corpi, ma la causa dell'accelerazione, cioè della variazione di velocità. I corpi si muovono sempre: non c'è un Dio che dà loro una spinta. Il principio di inerzia è fondamentale, come quello di gravità. Galilei aveva fissato nell'ultima sua opera i principi fonda-

⁷⁵ Di Virginia, che visse in un convento poverissimo, morendovi dopo 34 anni, abbiamo 124 lettere scritte al padre: la prima è del 1623, l'ultima del dicembre 1633. Invece non c'è pervenuta alcuna lettera scritta da Galileo alla figlia, probabilmente perché, alla morte di lei, le lettere furono distrutte, essendo egli un sospettato d'eresia. Maria Celeste Galilei, *Lettere al padre*, ed. La Rosa, Torino 1983.

⁷⁶ Huygens è anche autore della teoria ondulatoria della luce, che è un'applicazione all'ottica della teoria delle onde elettromagnetiche elastiche.

mentali della dinamica.

Le conseguenze della condanna

Il processo e relativa condanna impressionarono così tanto gli intellettuali cattolici che l'autocensura, fino all'Illuminismo, divenne una costante. Lo stesso Cartesio, dopo aver lavorato assiduamente dal 1632 al 1633 al problema del calore e della luce, offrendo una spiegazione corpuscolare e difendendo l'eliocentrismo, decise di non pubblicare mai *Il trattato del mondo e della luce*.

Quanto a Torricelli (1608-47), successore di Galilei come matematico del Granduca di Toscana, rinunciò al titolo di “filosofo”. L'Accademia del Cimento, ove egli esibiva i propri esperimenti di fisica, fu fatta chiudere dal papato nel 1667. I Medici non riusciranno neppure a costruire un mausoleo ove ospitare le spoglie di Galilei: il veto fu tolto dall'Inquisizione solo nel 1734. I gesuiti infatti continuarono ad attaccare Galilei, Gassendi e Cartesio per molto tempo, soprattutto perché gli scienziati si stavano concentrando su altri argomenti non meno spinosi per la teologia cattolica a sfondo aristotelico, come p.es. l'esistenza del vuoto, la natura della luce, le teorie corpuscolari...

La biografia di Galilei, scritta dal Viviani, poté essere resa pubblica solo nel 1717, anche se il suo *Dialogo sopra i due massimi sistemi* poté essere ristampato nel 1710. Per tutto il XVIII sec. il caso Galileo fu sfruttato dai filosofi e dagli scienziati anticlericali contro il papato, al punto che con Benedetto XIV si provvide, nel 1753-7, a riformare la Congregazione dell'Indice. La prima decisione fu quella di abrogare il decreto del 1616 che metteva all'Indice le opere che sostenevano le tesi copernicane. D'altra parte le critiche provenienti dagli intellettuali francesi dell'Enciclopedia e persino del gallicanesimo erano molto forti. Ci si vantava che la Francia non pensava affatto che la Chiesa fosse infallibile e si sosteneva che il sistema copernicano poteva essere accettato senza alcun timore. Tuttavia, quando la teoria di Newton veniva insegnata nelle Università cattoliche, si evitava di usare la parola “teoria” e, per non essere licenziati, si usava la parola “ipotesi”.

La Congregazione per la Dottrina della fede (ex Sant'Uffizio) si pronunciò nel 1820 a favore della compatibilità della fede cattolica col sistema eliocentrico, sicché negli anni 1822-23 il papa Pio VII autorizzò la pubblicazione degli *Elementi di ottica e di astronomia* di Giuseppe Settele, un professore canonico dell'Archiginnasio romano favorevole all'eliocentrismo come teoria, non solo come ipotesi. Il papato però non affermò affatto di aver sbagliato nel condannare Galilei, anche se nel 1846 tutte le opere di Copernico vennero tolte dall'Indice. Si disse che la con-

danna era stata puramente disciplinare e che non ci fu mai, da parte della Chiesa, un pronunciamento di tipo dottrinale sull'eliocentrismo. Il cardinale Bellarmino, nel 1625, disse che se si fossero potute fornire delle prove scientifiche della rotazione terrestre attorno al Sole, si sarebbe dovuto ammettere di non essere capaci di leggere la Scrittura, piuttosto che affermare che in essa vi fosse qualcosa di contrario a quanto scientificamente dimostrato.⁷⁷ Curioso che un prelado si sentisse autorizzato a pretendere questo da parte di uno scienziato, quando di nessuna verità di fede la Chiesa può pretendere di dimostrare alcunché. In ogni caso solo nel 1882, sotto Pio VII, la Congregazione del Sant'Uffizio tolse le sue opere dall'Indice.

Nel 1963 molti scienziati cattolici chiesero di riabilitare Galilei. L'enciclica *Gaudium et spes*, del Concilio Vaticano II, ammetteva la legittima autonomia della scienza, la quale però non poteva non riconoscere che l'attività umana resta sempre corrotta dal peccato.

Nel 1968 il cardinale Franz König auspicava una riabilitazione ufficiale di Galilei. I teologi cattolici cominciarono a ritenere che la diafrasi tra Galilei e la Chiesa fosse dovuta a malintesi, equivoci, al carattere polemico dello scienziato fiorentino, che non conosceva la prudenza di Copernico e di Tycho Brahe. Cioè, dati i tempi maturi, se Galilei avesse agito con più accortezza, la stessa Chiesa avrebbe condiviso l'idea di concedere più spazio di manovra alla scienza. Lo si accusava persino di essersi voluto dare, a bella posta, l'aureola del martire. Si disse che in fondo il suo metodo d'indagine non era molto diverso da quello aristotelico, pur beneficiando del telescopio e che egli semmai ce l'aveva coi professori peripatetici, che avevano atrofizzato il pensiero dello Stagirita, tant'è che proprio i docenti gesuiti presenti al Collegio Romano (negli anni 1589-91) lo sostennero nelle proprie ricerche. Si sostenne, per sminuire il valore della sua opera, che il suo contributo più grande lo diede alla meccanica, non alla matematica e neppure all'astronomia, salvo le scoperte ottiche fatte col telescopio.

Al Concilio Vaticano I ci si limitò a riconoscere alla scienza un tipo di autonomia molto relativa, poiché si escludeva ch'essa potesse tro-

⁷⁷ Il cardinale gesuita Bellarmino (1542-1621), responsabile diretto della morte di Giordano Bruno, e indiretto nel processo contro Galilei, è stato proclamato da Pio XI beato nel 1923, santo nel 1930 e dottore della chiesa nel 1931. Una sua opera rischiò di finire all'Indice in quanto si riconosceva alla Santa Sede un potere solo *indiretto* e non diretto sulle realtà temporali. Nel suo scritto *De laicis* esprime alcuni principi che sono alla base delle istituzioni politiche moderne, come l'uguaglianza ("tutti gli uomini sono uguali") e la sovranità popolare. Furono inseriti nella *Dichiarazione d'indipendenza degli Stati Uniti d'America* da Thomas Jefferson, che possedeva tale libro.

varsi in contraddizione con l'etica cattolica. Nel 1893, con l'enciclica *Providentissimus Deus*, il papa Leone XIII, aperto alle idee liberali, riconosce che alla scienza non si può negare un'autonomia d'indagine, a condizione però ch'essa non superi i propri limiti, cioè non si avventuri a fare affermazioni contro la fede, nel qual caso sarà compito della Chiesa vagliarle. Di qui la convinzione che è solo la Chiesa che può stabilire quando il Dio che parla attraverso la Natura e la Scrittura non si contraddice.

Con questo papa progressista la Chiesa cattolica prendeva atto che lo sviluppo capitalistico della società era un processo irreversibile, al massimo regolamentabile sul piano etico-religioso (coi politici di area cattolica), ma non ostacolabile dalla Chiesa sul piano politico ed economico. L'intervento del papato sullo sviluppo delle scienze non sarebbe più avvenuto *ex-ante* ma solo *ex-post*, e solo qualora si fossero verificate delle conseguenze palesemente nocive agli interessi della religione o dell'umanità.

Con l'enciclica *Divino afflante Spiritu*, del 1943, Pio XII, condizionato dal grande sviluppo dell'esegesi protestante, arrivò ad ammettere che nella Bibbia esistono generi letterari differenti che necessitano di differenti interpretazioni. Ci vollero insomma 400 anni prima di capire che le interpretazioni letterali, in un testo come la Bibbia, sono in molti casi del tutto fuori luogo. Il papato arrivò a una conclusione così ovvia in un momento in cui l'esegesi laica aveva già esteso la necessità di rinunciare a un'interpretazione letterale persino per molti passi del Nuovo Testamento.

Anche al Concilio Vaticano II si ribadisce che la ricerca è “scientifica” solo nella misura in cui non si oppone alla fede. Le verità religiose non possono mai essere contestate. La Chiesa resta infallibile (anzitutto nella persona del pontefice), i dogmi sono eterni, e la scienza è vera solo quando conserva le cose “religiose” così come sono sempre state. Si dice questo senza neppure voler ammettere che persino nei rapporti tra Chiesa ortodossa e Chiesa romana le diversità teologiche e dogmatiche sono enormi.

In realtà il discorso galileiano sul metodo è del tutto contrario al razionalismo astratto o metafisico dei peripatetici scolastici, poiché la fisica di cui questi ultimi dispongono, essendo una semplice filosofia della natura, manca di fecondità, di progressività sul terreno della conoscenza. Della fisica, infatti, si trascura l'esperienza laboratoriale e, nello stesso tempo, viene tacitamente presupposta come vera quella biologica, quella dei sensi, la cui verità è per lo più ingannevole senza l'uso della ragione e della strumentazione tecnologica. A Galilei non interessavano minimamente i paralogismi della logica aprioristica degli scolastici, né la metafisi-

sica coi suoi “perché ultimi”, né la classificazione platonica dei generi empirici, né la matematica platonica fine a se stessa. Tutto questo per lui era solo scienza deduttiva, formalmente sillogistica, basata su un metodo espositivo dogmatico. A lui interessava soltanto dar ragione ai fenomeni, usando una strumentazione *ad hoc*, cioè il “come” sono fatti, come funzionano.

A suo giudizio non era affatto vero che, data per certa una ipotesi o causa, si producono necessariamente determinati effetti. L'ipotesi è vera solo se i fatti avvengono in maniera meccanica. Sono i fatti sperimentali che “provano” la ragione, negando la verità di altri fatti. Un'affermazione è vera solo se è sperimentalmente verificabile. Il suo fondamentale interesse ruotava attorno alle forze calcolabili e ai corpi misurabili.

La riabilitazione ufficiale avverrà soltanto sotto il pontificato di Giovanni Paolo II, nel 1992, dopo 359 anni, anche se l'intenzione di Wojtyła di rivedere il processo risaliva al 1979. Si ammise che la condanna fu ingiusta, ma si ribadì anche che Galilei non aveva prove scientifiche sufficienti a permettere l'approvazione delle sue tesi da parte della Chiesa.

Galilei privato

Galilei intrecciò a Padova una relazione alla fine del Cinquecento con Marina Gamba (1570-1612), conosciuta a Venezia e che convisse per molti anni con lui. Dalla relazione nacquero tre figli: Virginia (1600-34), Livia Antonia (1601) e Vincenzo Andrea (1606), dei quali solo quest'ultimo, nel 1619, su richiesta esplicita del Granduca di Toscana, fu riconosciuto legittimo dal padre, assicurandogli così i diritti esclusivi ereditari, benché egli si prendesse cura della convivente e dei figli come appartenenti alla propria famiglia.⁷⁸

In occasione del trasferimento a Firenze nel 1610 Galilei lasciò a Padova la Gamba e il figlio Vincenzo, ancora bisognoso di cure materne (poi, dopo la morte di lei, a una tale Marina Bartoluzzi), mentre affidò la figlia Livia alla nonna paterna, Giulia Ammannati, con cui già conviveva l'altra figlia Virginia. In seguito, resasi difficile la convivenza delle due bambine con la nonna, Galileo fece entrare le figlie nel convento di San

⁷⁸ Quando fu nominato erede universale Vincenzo fu costretto a intentare una causa per ottenere l'eredità paterna, che gli veniva contestata per la sua condizione di figlio illegittimo riconosciuto. Morì comunque in ristrettezze economiche nel 1649. Realizzò i primi modelli di applicazione del pendolo all'orologio secondo l'invenzione del padre e fu un abile inventore e costruttore di strumenti musicali.

Matteo d'Arcetri (Firenze), nel 1613, forzandole a prendere i voti non appena compiuti i rituali sedici anni: Virginia assunse il nome di suor Maria Celeste, e Livia quello di suor Arcangela. Mentre la prima si rassegnò alla sua condizione e rimase in costante contatto epistolare col padre, Livia non accettò mai l'imposizione paterna e soffrì d'isterismo.

Egli in sostanza le aveva chiuse in convento perché, non essendosi sposato legalmente con la Gamba, risultavano illegittime; inoltre a suo carico, se le avesse sposate, sarebbe stata una dote cospicua. Cioè in sostanza preferì una monacazione coatta a un matrimonio non prestigioso. D'altra parte Galilei aveva già offerto una dote generosa a due sorelle, ed ebbe rapporti economici a lui molto sfavorevoli con l'altro fratello Michelangelo (1575-1631), che, pur essendo un quotato compositore e liutista in Baviera e in Polonia, si trovava in gravi difficoltà finanziarie coi suoi otto figli, al punto che glieli spedì a Firenze. Ecco perché Galilei era sempre costretto a dare lezioni private, a chiedere anticipi sullo stipendio e prestiti a Giovanfrancesco Sagredo, un gentiluomo veneziano, che da allievo divenne un suo caro amico.⁷⁹

Scoperte

Galileo Galilei col telescopio è convinto di fornire prove scientifiche alle ipotesi copernicane, che diventano una teoria astronomica e non solo un modello ipotetico matematico da usarsi per semplificare il calcolo delle orbite. Tuttavia a quel tempo molti astronomi ritengono che gli astri da lui scoperti altro non siano che pseudo-immagini create dallo stesso telescopio (le cosiddette "aberrazioni ottiche").

Grazie al telescopio scopre un numero di stelle almeno dieci volte superiore a quelle che si vedono a occhio nudo, e si accorge che non sono affatto sullo stesso piano, come voleva il cielo aristotelico delle stelle fisse. L'universo però, per Galilei, non è ancora infinito, come invece lo è, sul piano filosofico, per Cusano⁸⁰ e Bruno, e come sarà per Newton in campo astronomico, anche se Galilei tende a superare la visio-

⁷⁹ Fu lui a perfezionare di molto il termometro, applicato alla medicina, sulla base del termoscopio inventato da Galilei. Ma lo fece anche il medico Santorre Santorio col suo pulsilogio, con cui poteva misurare la frequenza delle pulsazioni nel polso.

⁸⁰ Cusano è stato il primo a smontare, seppure solo dal punto di vista metafisico, la cosmologia aristotelica (affermando, p.es., che l'universo è infinito e non possiede un centro e che la Terra non è immobile). Arrivò persino a dire che l'infinità rende Dio incommensurabile per la mente dell'uomo, il che voleva dire aprire le porte all'ateismo, in quanto ciò che è inconcepibile per la mente umana, può anche non esistere.

ne antropocentrica e l'interpretazione teleologica del cosmo.

Scopre anche che la superficie della Luna è irregolare come quella della Terra, contro l'idea aristotelica di una perfezione (immutabilità) del mondo celeste dovuto alla sostanza dell'etere, materia perfetta e incorruttibile..., e che però non esiste. Tutti i corpi celesti non sono materialmente diversi da quelli terrestri (persino il Sole ha delle macchie mobili).⁸¹

Scopre anche le fasi di Venere, dovute al fatto che il pianeta gira attorno al Sole, e che Giove ha quattro satelliti che gli girano attorno, come se fosse un sistema solare in miniatura (contro la teoria delle sfere cristalline).

Individua il principio d'inerzia dei corpi o di conservazione del movimento. Il moto, una volta impresso, appartiene al corpo (cioè non è determinato dal motore immobile) e si conserva finché non intervengono cause contrarie. Fa l'esempio del sasso lanciato dalla cima di un albero di una nave che si muove sull'oceano verso est. Il sasso cadrà ai piedi dell'albero e non spostato verso ovest, proprio perché viaggia alla stessa velocità della nave. In altre parole, se la Terra ha un moto rotatorio su di sé, tutti i suoi corpi si muovono con essa. Come sulla nave in moto a velocità costante non è possibile riconoscere dalla caduta di un corpo se essa è in movimento o ferma, così è per la Terra. Insomma all'interno di un sistema non è possibile decidere se il sistema è in quiete o in moto uniforme, proprio perché tutte le parti del sistema si muovono. Persino nel vuoto i corpi cadono con la stessa velocità, cioè non cadono a seconda del loro peso quando manca l'aria.

Per misurare la caduta dei gravi inventa un orologio ad acqua molto preciso, al 10° di secondo, e realizza un piano inclinato perfettamente levigato e con sfere molto lisce. Vuole astrarre dall'attrito, cioè dalle variabili che potrebbero influenzare l'accelerazione. Mentre per Aristotele i corpi cadono con una proporzionalità diretta col proprio peso, per Galilei invece il peso, nel vuoto, non c'entra niente con la velocità di caduta dei gravi, in quanto tutti i pesi cadono con la stessa velocità, proporzionale non al peso ma al tempo trascorso da quando il moto è iniziato.

Tuttavia l'osservazione pura e semplice non dà mai ragione a Galilei. D'altronde a lui non interessa l'osservazione casuale, spontanea, istintiva, ma quella *controllata* in situazioni particolari: a lui interessa un'osservazione *ideale*, in cui si elimina ciò che disturba, per poter studiare il fenomeno in condizioni di purezza. In altre parole gli interessa

⁸¹ Etere, al tempo dei Greci, voleva dire “quintessenza”, oltre a aria, acqua, terra e fuoco.

l'esperimento, ossia un'esperienza fatta in una situazione misurabile: in particolare egli vuole calcolare la velocità in un determinato tempo. Ad Aristotele interessavano i dati qualitativi – i corpi pesanti vanno verso il basso e ci sono corpi che vanno più velocemente, altri più lentamente –, ma non gli interessavano i dati quantitativi (p.es. quanto ci mette a cadere un oggetto), proprio perché non aveva mezzi adeguati per fare misurazioni complesse e non aveva tali mezzi perché non gli interessava averli. Tuttavia l'esperienza come la vorrebbe Galilei non esiste mai in natura: ecco perché, p. es., fu costretto a escogitare un particolare piano inclinato, calcolando i tempi di caduta di alcune palle di bronzo di peso diverso con un orologio ad acqua di sua invenzione.

Metodo teorico

Vediamo, sinteticamente, gli elementi fondamentali della metodologia scientifica di Galilei.

1. Alle intuizioni del senso comune, a ciò che i sensi riescono a percepire istintivamente preferisce l'osservazione basata sull'esperimento, con l'ausilio di una tecnologia costruita *ad hoc* (bilancia idrostatica, telescopio, piano inclinato, pendolo, compasso proporzionale, termoscopio, pompa idraulica, elioscopio, micrometro, bilancetta). Ovviamente la ricerca parte sempre dall'osservazione empirica di ciò che si vede (in questo è aristotelico, non platonico), ma a lui interessa sapere come quel che si vede si presti a misurazione e possa essere tradotto in rapporti numerici (in questo è pitagorico-euclideo). Osservare non vuol dire abbandonarsi alle sensazioni, ma essere dubbiosi e quindi selettivi: una buona raccolta di dati rende possibile formulare un'ipotesi o una domanda sulla natura di quel che si è osservato. Cioè dall'osservazione di un fenomeno naturale egli pone una prima ipotesi e da questa fa una serie di previsioni (fin qui il procedimento è matematico-deduttivo). Perché poi la natura risponda alla domanda iniziale in modo univoco e decisivo bisogna costruire condizioni *artificiali* che consentano l'osservazione scrupolosa del fenomeno (in laboratorio) e la prova sperimentale in forma pura, univoca. Nel predisporre condizioni artificiali per l'osservazione e l'esperimento, Galilei usa tutta la sua straordinaria abilità manuale e tecnica. L'esperimento risponde alla domanda formulata alla natura, confermando o meno l'ipotesi. Non basta il procedimento matematico-deduttivo dei Greci: ci vuole il controllo sperimentale delle previsioni al fine di avere una conferma delle ipotesi. Il fenomeno viene scomposto nei suoi elementi semplici o individuali, oppure vengono create delle condizioni artificiali in cui può manifestarsi diversamente. Non vi è solo la registrazione dei fatti o la raccolta dei dati (come in Aristotele e, se vogliamo, anche in

Bacone). Quindi alla deduzione logica (quella formatasi da Parmenide sino alla Scolastica) Galilei preferisce l'*induzione sperimentale*, perché è solo questa che alla fine, dopo aver ricomposto in chiave sintetica gli elementi separati, permette di trarre dall'ipotesi verificata l'elaborazione di una legge scientifica. Le leggi scientifiche hanno senso per gruppi ben precisi di fenomeni, che siano osservabili anche in futuro. Si progettano modelli che obbligano la natura a dirci in modo esplicito se essa obbedisce o no all'ipotesi formulata in partenza. Cioè si dà per scontato che la natura, presa in sé e per sé, non sia sufficiente alla formazione e allo sviluppo dell'identità umana. È l'esperimento di laboratorio, cosa del tutto artificiale, e non la natura che ci dice la verità delle cose (che è sempre una verità *calcolabile*). Nessuno prima di Galilei aveva avuto una consapevolezza metodologica (epistemologica) così chiara nel definire il nuovo procedimento scientifico. Qui non è tanto la matematica in sé che si sostituisce alla teologia, ma è la *scienza sperimentale* che lo fa, che è una matematica applicata a una strumentazione tecnologica appositamente costruita. La stessa matematica, grazie a questo particolare utilizzo, subirà rilevanti progressi: geometria analitica, analisi infinitesimale, calcolo delle probabilità, ecc.

2. Quando i filosofi peripatetici e i teologi scolastici insorgevano contro Galilei, si basavano sulla distinzione aristotelico-tomistica di "ipotesi" e "realtà". Per loro era fondamentale la dimostrazione secondo cui *verum scire est scire per causas*, cioè un principio si dimostra vero solo risalendo a un altro superiore, finché più in alto non si può più andare. Alle cause materiali, formali, efficienti e finali di Aristotele la Scolastica non aveva fatto altro che aggiungere che la causa prima della dimostrazione cosmologica coincide con Dio. Invece una dimostrazione che spiega la causa con gli effetti era, per loro, soltanto "ipotetica": le conseguenze non verificano i principi, poiché si può sempre supporre che vi siano principi sconosciuti. Non avendo una tecnologia adeguata, si sentivano come schiacciati dalla vastità della natura. La rivoluzione scientifica del Seicento invece si concentrò quasi esclusivamente sui concetti di *causa materiale* e di *causa efficiente*: in particolare quest'ultima venne fatta coincidere col concetto di *legge* o connessione causale, dove il rapporto causa-effetto è rappresentato da grandezze misurabili matematicamente. In tale maniera veniva esclusa la causa *formale*, intesa come "essenza" o "qualità", ritenendola priva di risvolti oggettivamente significativi per lo studio della natura; e anche la causa *finale* veniva ridotta a qualcosa di tangibile, priva di qualunque valenza metafisica.⁸² D'altra

⁸² Si noti che questo determinismo meccanicistico durerà sino agli inizi del Novecento, quando la meccanica quantistica ammetterà per la prima volta che in fi-

parte secondo questi scienziati moderni anche l'astronomia tolemaica si basava su supposizioni, non esistendo, per essa, una prova dei fatti che non andasse oltre la capacità dei sensi, i quali però possono essere ingannevoli. In tali condizioni, che peraltro riflettevano una società basata sulla servitù economica del contadino e non sulla libertà giuridica del borghese, una qualunque scienza sperimentale, basata su una tecnologia avanzata, non avrebbe potuto esistere. E la Chiesa non avrebbe fatto nulla per favorirla, potendo così continuare a far credere nell'indimostrabilità dei dogmi religiosi. Per la cultura medievale solo la teologia o una filosofia che svolgesse un compito ad essa sussidiario (p.es. in campo logico), potevano decidere che cosa fosse vero o falso. Ecco perché gli scienziati moderni dovevano combattere un sapere fondamentalmente preconstituito: il che non voleva dire non logico o non sperimentabile, ma soltanto privo di una strumentazione tecnologica che mostrasse la validità della matematica. I piani cognitivi e sperimentali erano completamente diversi.

3. Galilei è favorevole alla stretta unità di fisica, matematica e astronomia, ma non ama la matematica astratta (come quella platonica), preferendo di gran lunga la fisica, di cui soprattutto la sezione della meccanica. Inoltre tutte le scienze esatte (sperimentali o no) andavano, secondo lui, considerati indipendenti da teologia e filosofia; anzi nelle questioni "naturali", queste dovevano dipendere dalla fisica e dalla matematica applicata. Infatti per lui nessuna autorità (teologica, filosofica o scientifica) ha valore di per sé, ma solo se dimostra sperimentalmente la verità delle proprie tesi (Aristotele, p.es., ha sbagliato sul geocentrismo, sugli astri incorruttibili, sull'idea che il moto finisce quando finisce la causa che l'ha generato, ecc.). Anche la Bibbia non si sottrae a questo limite: essa è solo un testo religioso, che offre un insegnamento morale; di scientifico non ha nulla, per cui quanto dice sulla natura non va preso alla lettera, anche perché si rivolge a uomini di un determinato periodo storico, privi di conoscenze scientifiche. Se la teologia o la filosofia vogliono pretendere delle verità, non devono intromettersi nella ricerca scientifica.

4. La nuova fisica si basa sull'idea, di origine pitagorica, che l'universo sia scritto in caratteri matematici e che la ricerca scientifica debba, necessariamente, passare per la misurazione dei fenomeni. La scienza deve basarsi sui sensi e sulla ragione, ma soprattutto sugli esperimenti

sica sono possibili eventi o fenomeni intrinsecamente casuali, imprevedibili o prevedibili entro margini molto ristretti. Negli anni Sessanta del Novecento si arriverà a dire che sistemi strutturalmente identici possono manifestare comportamenti del tutto diversi. Categorie come semplicità, ordine, regolarità vengono sostituite da complessità, disordine, caoticità. Tende a dominare la teoria del caos e dei frattali.

che devono dimostrare la validità delle ipotesi di partenza. Essa analizza le *qualità primarie* (oggettive), mentre quelle *secondarie* (colori, sapori, odori, suoni) derivano dei sensi (soggettivi) e non sono oggetto di scienza (p.es. nell'analisi del calore si prendono in esame solo la dilatazione e la pressione). In ciò Galilei si avvale della distinzione democritea fra gli aspetti misurabili della realtà (forma geometrica, dimensioni e movimento) e gli aspetti percepibili solo attraverso i sensi e non misurabili. Ecco perché ritiene del tutto irrilevante conoscere la causa ultima dei fenomeni (quella metafisica). Egli nega che l'esistenza dei fini nelle cose e nel mondo sia alla portata della scienza, la quale deve limitarsi a misurare grandezze e a cercare relazioni costanti tra variabili. Il mondo fisico va visto come una macchina, sulla scia di Democrito. La ricerca della vera essenza delle cose (che ancora affascina Bacone), per lui non appartiene alla nuova scienza fisica. In particolare l'inerzia dei corpi (moto rettilineo uniforme e costante) e la gravità universale spiegano, secondo lui, tutti i fenomeni fisici. Ritiene però che il moto perfetto sia quello circolare e rifiuta quello ellittico dei pianeti, come voleva Keplero. Inoltre, anche se non arriva ad accettare l'infinità dell'universo (come Cusano e Bruno), pone comunque le premesse per il superamento dell'antropocentrismo di marca religiosa. D'altra parte l'universo illimitato nello spazio e nel tempo, come voleva Bruno, era un'idea ateistica agli antipodi dell'universo creato dalla teologia cristiana.

Tesi teologiche

Le tesi di Galilei in merito al rapporto fede/scienza vengono trattate nelle lettere private, indirizzate a personaggi di rilievo, e si riducono a pochi elementi fondamentali. Egli era convinto che, essendo idee personali e non ufficiali, la Chiesa avrebbe avuto meno motivi a perseguirlo per le sue posizioni scientifiche. In questo sbagliava, in quanto per il papato, nei casi di eresia, non aveva senso distinguere il pubblico dal privato. Inoltre egli era convinto che le verità scientifiche, non riguardando minimamente la morale religiosa, non avrebbero avuto conseguenze sulle idee teologiche. Ma anche su questo sbagliava, proprio perché la Chiesa romana era una struttura totalizzante sul piano ideologico, per cui le sue verità dogmatiche si ponevano anche sul piano scientifico.

1. Natura e Scrittura parlano per bocca di Dio, la prima in maniera oggettiva, secondo leggi necessarie, che non dipendono dalla volontà umana, la seconda per opera dello Spirito Santo, soggetta a interpretazioni umane. Le loro rispettive verità non possono contraddirsi, ma i linguaggi che usano sono diversi: per la prima occorre quello matematico, che si rivolge a persone competenti; per la seconda, essendo il target di

riferimento più popolare, si utilizzano metafore, allegorie, simboli di varia natura, che se interpretati sempre alla lettera possono risultare incompatibili con le verità scientifiche. Si tratta, quindi, da parte dei teologi, di saper distinguere l'interpretazione letterale da quella simbolica. In ogni caso è bene ricordare che su medesimi passi biblici non sempre i Padri della Chiesa davano interpretazioni concordi. Nelle questioni che riguardano la natura e che non coinvolgono la fede o la morale, non ci si può ovviamente rifare ai Padri della Chiesa, che unanimemente tenevano separata la fede dalla scienza. In pratica stava dicendo che l'unico linguaggio che andava preso alla lettera era quello *matematico-fisico*, da lui considerato l'unico oggettivo, i cui contenuti possono essere dimostrati. Il linguaggio religioso veniva retrocesso a linguaggio simbolico-metaforico, non dimostrabile, quindi potenzialmente falso sul piano scientifico. La verità di questo linguaggio dipende dall'interpretazione che si dà di determinati oggetti, eventi, fenomeni, e non può porsi in contraddizione con una verità scientifica, la quale, nell'ambito della verità materiale delle cose, ha un primato oggettivo incontestabile. Galilei stava chiedendo ai teologi di limitarsi a fare teologia e di non interessarsi di tutto il resto, poiché non avevano gli strumenti per dimostrare la verità di ciò che sostenevano. Alle loro idee si poteva credere solo per fede, non secondo ragione. Queste posizioni erano avanzatissime per l'epoca, di gran lunga superiori a quelle della riforma protestante.

2. Molto significativa è la prima delle quattro “Lettere copernicane”, quella indirizzata a don Benedetto Castelli (1613), il più anziano dei discepoli galileiani, che allora teneva cattedra nell'Università pisana. Fu scritta in una settimana, secondo le regole dell'oratoria. Ruota attorno al passo del libro di Giosuè (10,12-14), sempre citato a favore del geocentrismo tolemaico. Galilei parte dal presupposto che secondo la Chiesa la Scrittura non può mentire o sbagliare. Egli conferma tale presupposto, ma aggiunge che a volte possono sbagliare i teologi nell'interpretare certi passi. Sembra non rendersi conto che per la Chiesa romana, dopo 1600 anni di “esegesi biblica”, era impossibile che i teologi si fossero sbagliati nell'interpretare un qualunque passo della Bibbia. In ogni caso per essa non poteva certo essere uno scienziato a spiegare a un teologo come un determinato passo della Bibbia andasse interpretato correttamente. Tuttavia Galilei ha la pretesa di farlo, e concentra la sua attenzione sul fatto che non tutto della Bibbia (qui dà per scontato che ci si riferisca all'Antico Testamento) può essere interpretato in maniera letterale. Non fa però esempi al riguardo. Si limita semplicemente a dire che se ci si basasse sul “nudo senso delle parole”, sarebbe necessario dare a Dio “piedi e mani e occhi”, nonché passioni terrene come “ira, pentimento, odio, dimenticanza delle cose passate e ignoranza di quelle future”. Il che porterebbe a be-

stemmiare il suo nome. Si noti che Galilei ha qui una concezione di Dio totalmente priva di personalità, come se fosse un'entità imperturbabile, simile al motore immobile di Aristotele (un'immagine, questa, non molto diversa da quella spinoziana). Sicché per Galilei, quando certi passi biblici sono in contrasto con la verità scientifica delle cose, il motivo sta nel fatto che il redattore ha dovuto adattarsi alle capacità limitate della gente comune, spesso del tutto illetterata. Ecco perché il teologo deve sapere andare oltre il significato letterale delle parole, puntando l'attenzione su quello simbolico. In pratica stava dicendo che l'Antico Testamento era stato scritto, "in molti luoghi", per una plebe ignorante, priva degli strumenti necessari per capire la verità delle cose. Quindi nelle "dispute naturali" (scientifiche) sulle leggi della natura, alla Bibbia dovrebbe essere riservato l'ultimo posto. Questo perché, se si vuole considerare la natura come "opera di Dio", obbediente alle leggi da lui stabilite, allora bisogna precisare che tali leggi sono assolutamente necessarie. La natura, a differenza della Scrittura, non deve tener conto delle capacità di comprensione degli uomini; essa segue una propria logica rigorosa e immutabile. Sicché i fenomeni naturali – che la "sensata esperienza" e le "necessarie dimostrazioni" (gli esperimenti laboratoriali con strumenti tecnico-scientifici) ci rivelano – non possono essere messi in dubbio a causa di ciò che si legge nella Scrittura, meno che mai quando questa viene interpretata in maniera letterale. Galilei stava in sostanza dicendo che nell'interpretazione dei fenomeni naturali occorrono strumenti del tutto sconosciuti alla teologia cristiana e alla filosofia neoaristotelica, per cui quando la matematica (applicata alla fisica e all'astronomia) arriva a scoprire determinate leggi naturali, che risultano incompatibili con talune situazioni o fenomeni descritti nella Bibbia, è compito del teologo rivedere il significato delle parole, andando oltre quello letterale. Galilei non stava proponendo il modo giusto d'interpretare il famoso passo del libro di Giosuè. Si era semplicemente limitato a dire che non possono esserci due verità opposte, per il principio aristotelico di non-contraddizione. Quando ne viene trovata una sul piano scientifico, è l'interpretazione teologica che, eventualmente, va modificata. La teologia (e la filosofia religiosa) non possono interferire sulle dimostrazioni scientifiche della matematica.

3. Cosa c'è che non va in queste tesi teologiche e scientifiche?

Anzitutto l'idea che la natura sia incomprendibile senza una conoscenza della matematica. Questa idea è del tutto intellettualistica e individualistica, proveniente dalla cultura borghese. La correttezza della comprensione della natura è in realtà data da una saggezza ancestrale che si trasmette, per lo più oralmente, attraverso le generazioni. L'importante non è sapere come funzionano tutte le leggi della natura, ma come è possibile vivere un rapporto equilibrato, ecologico con quelle leggi che permettono al ge-

nere umano di esistere. E questo è possibile anche senza sapere nulla di matematica.

In **secondo luogo** non è vero che una scoperta scientifica possa essere fatta senza tener conto del valore dell'*etica*, cioè senza pensare alle conseguenze ch'essa può avere sulla collettività di appartenenza dello scienziato. È sbagliato separare la scienza dalla morale, o considerare la ricerca separata dalle valutazioni etiche. Il che non vuol dire che la teologia cattolica avesse ragione sull'esigenza di fare sperimentazioni scientifiche. Quella teologia rifletteva interessi aristocratici che si contrapponevano a interessi borghesi che si esprimevano sul piano matematico, fisico, meccanico, ottico, astronomico, anche se la teologia scolastica era venuta incontro a istanze sempre più borghesi, quelle tipiche dei primi Comuni italiani. Era uno scontro ideologico che di per sé non poteva aver nulla di veramente democratico: al massimo poteva raffigurarsi come uno scontro tra la piccola borghesia comunale, che si limitava ai mercati locali, e la grande borghesia dedita ai traffici colonialistici al di là degli oceani.

In **terzo luogo** appare evidente che Galilei, pur non potendo mettere in discussione, neppure in una lettera privata, il valore della teologia cattolica ai fini della salvezza personale, pretende assoluta autonomia nella conduzione delle proprie ricerche scientifiche, che considera di molto superiori a qualunque speculazione teologica o filosofica. Anzi per lui la nuova filosofia (meccanicistica) deve considerarsi del tutto dipendente dalla teologia scolastica e dalla filosofia peripatetica.

In **definitiva** bisogna dire che sono quattro secoli che la civiltà borghese è basata su questi presupposti. Il fatto che oggi la scienza proceda in maniera del tutto autonoma da qualunque considerazione etica, al punto che l'*etica* viene chiamata in causa solo dopo aver visto gli effetti deleteri causati dalla scienza, non va attribuito alla totale emarginazione della teologia (e della filosofia religiosa) dallo scibile della moderna conoscenza umana, ma al fatto che alla civiltà borghese non si è riusciti a trovare una valida alternativa. Non c'era bisogno di contestare la Chiesa partendo dall'astronomia. Essa andava superata sul piano politico, come istituzione che teneva sottomesse le masse contadine agli interessi della classe nobiliare. Nell'ambito cattolico (Copernico e Galilei) si era compiuta una rivoluzione scientifica, cioè un fenomeno intellettuale, proprio perché non si era stati capaci di compiere una rivoluzione popolare sul piano politico. D'altra parte anche Brahe, Keplero e Newton rappresentavano soltanto una mezza rivoluzione, quella protestantica, che, per quanto avesse un contenuto politico più eversivo, non era riuscita a risolvere il problema dello sfruttamento economico, ma soltanto a trasformare l'oggetto di tale sfruttamento, che da proprietà agraria divenne sempre

più proprietà manifatturiera, sicché il riferimento alla religione rimase una costante, pur se in forma sempre più laicizzata.

I cattolici fecero sul piano scientifico ciò che non seppero fare né su quello politico (come p.es. il Machiavelli avrebbe voluto, con la sua idea di unificazione nazionale), né su quello teologico-politico, tipico del mondo protestantico. Erano riusciti a porre le basi per il successo della borghesia, ma si erano fermati a metà strada. Quando rinunciarono a compiere la riforma protestante, pensarono di poter recuperare l'occasione perduta con una rivoluzione scientifica, ma la successione degli eventi (che nella guerra dei Trent'anni fu favorevole ai protestanti) non permise loro di rientrare in gioco. La concezione obsoleta del mondo cattolico sopravvisse solo perché Spagna e Portogallo erano diventate due grandi potenze coloniali, intenzionate ad appoggiare il papato. Tuttavia dopo la guerra dei Trent'anni il loro destino era segnato. Altre potenze stavano emergendo: Olanda e Inghilterra sul versante protestante esplicito, e Francia su quello implicito. Il cattolicesimo francese infatti (detto gallicanesimo) non prendeva ordini dal papato, e con la rivoluzione del 1789 porrà addirittura le basi dello Stato laico, separato da ogni religione.

Osservazioni critiche

1. La verità scientifica è data dall'*esperienza*, che non può certamente essere basata esclusivamente sui sensi: occorre anche una trasmissione delle *conoscenze* attraverso le generazioni. Con la rivoluzione scientifica del Seicento si mette in discussione tale conoscenza ancestrale, sostituendola con una conoscenza *laboratoriale*, basata su un sapere *matematico* e una strumentazione *tecnologica*, con cui si cerca di riprodurre i fenomeni naturali per quel tanto che basta a formulare leggi oggettive, che possono essere falsificate solo da altrettanti esperimenti. La comunità viene sostituita dallo scienziato: l'autorevolezza è data da un sapere intellettualistico. La scoperta scientifica laboratoriale viene ritenuta così indiscutibilmente vera che qualunque verità non avente le stesse caratteristiche di verificabilità tecnologica viene ritenuta falsa, o quanto meno non pertinente, da tenersi preventivamente separata dalla scienza.

2. La sintesi finale che ha lo scopo di elaborare una legge scientifica non può venir fuori da un'analisi laboratoriale dei singoli elementi del fenomeno. I singoli aspetti di un qualunque fenomeno non possono mai essere affrontati in un laboratorio, né con spiegazioni matematiche. Occorre piuttosto il *confronto delle esperienze*. Ci si deve confrontare in un dibattito alla pari, sulla base delle proprie conoscenze del fenomeno in generale, preso nel suo complesso. È solo dal confronto di più testimonianze, osservazioni, conoscenze che si può ricavare una valutazione suf-

ficientemente obiettiva dei fatti. Gli esseri umani non hanno bisogno di un sapere imposto, ma della possibilità di ottenere conoscenze dalle esperienze altrui, acquisibili liberamente. Nella concezione scientifica di Galilei la verità prodotta dall'esperimento laboratoriale aveva soltanto lo scopo di rendere più *agevole* (più facile, più sicura, più comoda) una determinata esperienza (che nella fattispecie era quella *borghese*). Ma questa verità si riferisce soltanto agli aspetti *pratici* di tale esperienza, quelli che permettono di soddisfare bisogni crescenti di tipo *materiale*. Come può una verità del genere pretendere d'essere davvero "scientifica", quando non ha alcun interesse a tutelare la natura nelle sue *esigenze riproduttive*? La natura viene concepita esclusivamente come una risorsa da sfruttare.

3. Il criterio per stabilire quando la necessità di soddisfare delle esigenze materiali non contraddice né la naturalità della natura né l'umanità dell'uomo, non può essere dato dalla scienza in sé, poiché questa, per essere davvero "scientifica", ha bisogno di un elemento non tecnologico, bensì *etico*, che è componente fondamentale dell'essere umano. A quel tempo l'etica era sottomessa alla teologia, ma, pur nel giusto tentativo di sottrarre la ricerca scientifica all'autorità ecclesiastica, non si trova mai in Galilei la formulazione di un'etica alternativa a quella dominante. L'unica etica visibile è quella dello scienziato borghese che vuole gestire in proprio le ricerche scientifiche, libero da condizionamenti politici e culturali. Quello che mancava al tempo di Galilei era la possibilità di confrontarsi liberamente su tutto. La Chiesa romana svolgeva il ruolo di controllore di verità dogmatiche. Tuttavia lo sviluppo della nuova metodologia scientifica è stata l'effetto del nuovo atteggiamento metafisico nei confronti della natura da parte degli umanisti e rinascimentali.

Anzi, già i Maestri universitari di Parigi e di Oxford (di tradizione aristotelico-scolastica e occamista) avevano intuito la meccanica moderna, in quanto avevano introdotto lo studio della realtà fisica attraverso metodi quantitativi. Coi nuovi linguaggi di misura ci si proponeva di stabilire i rapporti tra grandezze di vario tipo, p.es. per stabilire la modalità di accrescimento della velocità di un corpo. Si cominciò a pensare che se le variazioni di qualità di un corpo erano il risultato dell'acquisizione o della perdita di identiche "parti" della qualità medesima, allora era possibile misurarle in termini quantitativi, purché tale variazione d'intensità fosse rapportata a un'altra qualità o grandezza invariabile, come il tempo o lo spazio. L'applicazione di tale principio permise di ottenere risultati significativi in fisica, come dimostrano le leggi sul moto locale dei corpi, in particolare sulla velocità. La legge sulla velocità di Thomas Bradwardine si distacca da Aristotele, sostenendo che la velocità cresce aritmeticamente in corrispondenza dell'accrescimento geometrico del

rapporto fra forza e resistenza: in questo modo si può rendere conto del fatto intuitivo che, nel caso del tendere all'uguaglianza della resistenza e della forza, la velocità si approssima allo zero. Un'altra significativa scoperta fu quella del teorema della velocità media, esposto da Heytesbury (1335) e ripreso da Dumbleton, Riccardo Swineshead e in seguito da Nicola Oresme (1350), fino a Galilei. Questa legge stabilisce che un corpo che accelera o decelera in modo uniforme percorre, in un intervallo di tempo dato, una distanza uguale a quella che avrebbe percorso se si fosse mosso, nello stesso intervallo di tempo, con velocità pari a quella raggiunta nell'istante di mezzo. Interessante l'opera di Buridano, che sviluppò il concetto di inerzia e considerò la gravità come un moto uniformemente accelerato. La sua teoria del moto dei proiettili segnava il distacco da quella tipica aristotelica (teoria dell'*impetus*). Gli studi condotti dalla scuola oxoniense sul moto, come l'elaborazione dei linguaggi dell'infinito, del continuo e dei limiti, sull'aumento e la diminuzione delle qualità, risultarono di grande interesse in seguito. Nicolò d'Oresme, precursore dell'economia politica borghese, anticipatore di Cartesio nell'invenzione della geometria analitica, scoprì la formula del moto uniformemente accelerato e sostenne la rotazione della Terra, anticipando in questo anche Galilei.

La borghesia del Seicento, adottando nuovi mezzi tecnologici, che col tempo si sarebbero rivelati altamente pericolosi per le esigenze riproduttive della natura, aveva dimostrato che i mezzi non sono neutrali, ma possono generare una *nuova cultura*, alternativa a quella dominante, in grado di modificare l'*oggetto* del proprio dominio. È stato così che dalla metafisica si è passati alla fisica, dalla teologia alla matematica. La natura ha smesso di porsi come strumento divino ed è diventata un mero oggetto da sfruttare, come ha sempre pensato Galilei. Grazie allo sviluppo della tecnologia e dei mercati la borghesia, tramite i propri rappresentanti (in questo caso gli scienziati, ma anche i giuristi, i politici, gli economisti...), ha laicizzato la cultura dominante, rendendola apparentemente più democratica.

4. La componente *etica* dell'agire umano, che permette alla scienza di svilupparsi in maniera scientifica, cioè conformemente al rispetto dell'integrità della natura e dell'identità umana, non può essere data una volta per tutte, in quanto va sempre messa in rapporto a ciò che permette all'uomo di non contraddire se stesso. Dunque come può una scoperta scientifica, che pretende d'essere universale e necessaria, essere davvero scientifica in maniera indipendente da tale componente etica? Se la scienza procede senza porsi il problema di un rapporto con l'etica, di fronte a sé ha due alternative: o diventa inutile (o comunque molto limitata nei suoi risultati), oppure diventa pericolosa. Infatti, per l'essere

umano il livello massimo di scientificità delle proprie ricerche si ottiene soltanto quando i risultati ottenuti non contraddicono l'essenza della propria umanità, il che, in sostanza, vuol dire che la ricerca deve porsi in maniera conforme alle esigenze riproduttive della natura. Galilei invece tende a separare l'etica dalla scienza. Risponde all'abuso della Chiesa, di voler imporre politicamente un'etica religiosa, con un atteggiamento non meno arbitrario, quello appunto di eliminare dallo sviluppo della scienza l'influenza dell'etica. Non mette in discussione i fondamenti dell'etica cattolica (quelli più antidemocratici), ma semplicemente li separa in toto dalla ricerca scientifica. In tal modo fa della scienza uno strumento che si può usare non solo contro le pretese totalitarie (integralistiche) della religione, ma anche a favore di una classe sociale antagonista per sua natura, la borghesia, che si opponeva a un'altra classe sociale antagonista, l'aristocrazia (laica ed ecclesiastica), al fine di poter trasformare i contadini in operai salariati che, nell'ambito del macchinismo manifatturiero, sfruttano la natura il più possibile, come viene loro comandato. Tutta la controversia tra geocentrismo ed eliocentrismo, ai fini della democrazia sociale, non ha alcun senso, non è di alcuna utilità.

5. Se esistessero criteri *oggettivamente quantificabili* per stabilire con certezza quando una verità scientifica è davvero tale, bisognerebbe dire che il contenuto di tale verità sarebbe ben poca cosa, cioè di scarso rilievo umano. L'oggettività riguarderebbe aspetti di secondaria importanza, che non incidono sulla qualità della vita. Il fatto di sapere con certezza che $2+2$ fa 4 non è molto diverso che dire "poco" in una sequenza di termini che, oltre a "poco", prevede come risultato "abbastanza" e "molto" per una qualunque somma. Ridurre l'esperienza umana a qualcosa di meramente quantitativo, cioè di calcolabile matematicamente, comporta, sul piano etico, la riduzione di qualunque cosa a un interesse o a un profitto.

6. L'esperienza umana è per sua natura *mutevole*, cioè soggetta ai condizionamenti dello spazio e del tempo in cui è costretta a esprimersi. Non possono esistere dei criteri oggettivi per stabilire a priori quando una verità etica è astrattamente conforme all'identità umana. L'esperienza di laboratorio invece tende a estrapolare da tale esperienza un aspetto, che riproduce artificialmente al fine di poter trovare una legge costante, basata sull'invarianza dei processi, sulla loro reiterazione. Ha senso fare scienza in questa maniera? Ha senso fare scienza quando, invece di avere una visione *olistica* del cose, in cui si tiene conto, contemporaneamente, degli aspetti fisici ed etici, si separano gli uni dagli altri e, all'interno di tale separazione, vengono scissi anche gli elementi fisici, nella convinzione che la scientificità sia più facilmente verificabile nella scomposizione degli elementi che non nella conservazione della loro uni-

tà? Oggi possiamo descrivere qualunque cosa in maniera asettica e meccanicista, ma non abbiamo neppure un timido modello di comportamento “sociale” dell'acqua, che è sottesa a ogni manifestazione vitale sul nostro pianeta. È assurdo pensare che la scienza possa darsi da sé i limiti etici della propria ricerca. Essa infatti tendenzialmente non se li dà, rischiando continuamente di provocare disastri di incomparabile gravità all'ambiente. La scienza va eticamente regolamentata, *ex ante* non *ex post*, cioè preventivamente, non a cose fatte. Il modo di fare ricerca, da parte di Galilei, non aveva nulla di etico, ma solo di intellettualistico a favore dei nuovi poteri borghesi, sempre più forti a motivo delle conquiste coloniali e dello sviluppo della manifattura. Tutta la diatriba tra lui e la Chiesa romana non era entrata neanche lontanamente nella vera essenza dei problemi. Il papato voleva imporre un'etica per difendere un potere aristocratico che la società borghese (sempre più laicizzata o protestantizzata) metteva continuamente in discussione. Galilei invece voleva una libertà assoluta (cioè anarchica) di ricerca, convinto di averne diritto proprio grazie allo sviluppo capitalistico della borghesia, la quale, perfezionando la propria tecnologia, chiedeva non solo di liberarsi del fardello religioso, ma anche di dominare a proprio piacimento le risorse naturali. Oggi la separazione della scienza dalla teologia viene data per scontata, ma non si riesce ancora a comprendere che la rivendicazione di quella separazione ha comportato anche quella della scienza dall'etica in generale. Questo non perché non fosse giusto considerare sbagliata un'etica i cui fondamenti ontologici erano di natura religiosa, cioè indimostrabili per definizione, quanto perché non si è stati capaci di darsi un'etica umanistica, fondata su valori umani (democratici) e naturali (ecologici). La scienza sperimentale, quella da laboratorio, ha soltanto sostituito una vecchia teologia con una nuova scienza, avente, in un certo senso, una funzione più che altro “teologica”: il possesso della matematica, applicata tecnologicamente alla fisica, trasformava lo scienziato in una sorta di “sacerdote laico”, possessore di una verità particolare, che la plebe ignorante non avrebbe mai potuto mettere in discussione. A partire da questa *inversione culturale a sfondo ideologico*, per cui dalla metafisica si è passati a una fisica matematizzata, si è cominciato a dire, assurdamente, che è vero solo ciò che è misurabile, quantificabile, riproducibile in laboratorio, verificabile con la tecnologia. Oggi invece possiamo dire, alla luce dei tanti disastri ambientali, che questo modo di concepire la scienza è completamente sbagliato e che Galilei va di nuovo processato, anche se da un tribunale laico, non ecclesiastico.

7. Si è detto che la rivoluzione scientifica del Seicento non avviene per “accumulazione progressiva” ma per “crisi”, per brusche mutazioni, nel senso che, ad un certo punto, non si trovano più dei precedenti

nella storia della scienza. Cioè si verifica una rottura qualitativa, epistemologica, nei confronti di una tradizione consolidata di prassi scientifica. Si introduce una nuova prassi, in maniera inaspettata e si reinterpreta tutto il passato. A partire dalle ricerche sulla caduta dei gravi, ogni ripresa o modifica delle nozioni fisiche o cosmologiche aristoteliche e scolastiche è divenuta impossibile. L'elaborazione dei concetti fisici (accelerazione, velocità istantanea) e matematici (calcolo infinitesimale) che l'esposizione degli enunciati dinamici galileiani richiede, è diventata assolutamente imprescindibile. In realtà la rivoluzione scientifica si situa in una rivoluzione teologica compiuta dalla Scolastica a partire dalla riscoperta dell'aristotelismo grazie alle traduzioni in latino da parte degli islamici residenti in Spagna. La Scolastica non fece altro che razionalizzare e quindi laicizzare l'esperienza della fede, facendo p.es. della logica, della dialettica formale, della impostazione metafisica dei problemi una involontaria premessa per lo sviluppo dell'umanesimo laico. Anche la riscoperta del platonismo avvenuta con l'Umanesimo può essere considerata una premessa favorevole allo sviluppo dell'idea moderna di scienza sperimentale. Ovviamente gli umanisti dei secoli XV e XVI si consideravano oppositori dei teologi scolastici e dei filosofi peripatetici, così come gli scienziati del Seicento, ma tutti in realtà erano una sorta di “frutto ribelle” di un albero che aveva le sue radici all'alba del primo millennio. La teologia scolastica era nata in antitesi a quella agostiniana e aveva proseguito l'antitesi a quella bizantina. Questa teologia, che dava grande importanza alla *ragione*, veniva incontro a esigenze di tipo “borghese”, relative alla nascita dei Comuni.

8. Se noi prescindessimo dallo sviluppo borghese e capitalistico della scienza, che è sommamente anti-naturalistico, dovremmo dire che al tempo di Galilei e della rivoluzione scientifico-astronomica, i filosofi peripatetici e i teologi scolastici possedevano una metodologia logica e ontologica che trovava la sua ragion d'essere. Certo, dal punto di vista della ricerca scientifica la loro posizione era incredibilmente arretrata; ma se si considera irrilevante tale ricerca, quella posizione va in qualche modo recuperata. Le condizioni per poterla rivalutare sono le seguenti. Bisogna anzitutto depurarla sul piano teologico, in quanto non può esistere alcun dio superiore all'essere umano, né ha senso credere che l'uomo, a causa del peccato originale, non sia in grado di liberarsi da solo della schiavitù che lo opprime. L'ateismo oggi è un presupposto obbligato per qualunque esperienza e riflessione concettuale. Sotto questo aspetto siamo molto più evoluti di tutti gli scienziati del Seicento, da Copernico a Newton, che non hanno mai messo in discussione l'esistenza di Dio. Il concetto di “Dio”, se si prescinde dall'uso strumentale che faceva la Chiesa romana, unicamente preoccupata a difendere i propri privilegi ca-

stali, dovrebbe essere riformulato in chiave *simbolica*. “Dio” è tutto ciò che l'uomo deve scoprire. In tal senso può essere paragonato, come fece p.es. Spinoza, alla Natura, oppure, se si preferisce, alla Materia dell'universo (come fecero Engels e Lenin), di cui la natura terrestre è solo un prodotto. La Materia è il nuovo “dio” che dobbiamo imparare a conoscere. Essa possiede leggi universali e necessarie che noi conosciamo progressivamente, anche se la nostra identità umana non è tanto più vera o autentica quanto più queste leggi vengono conosciute. La formazione dell'identità umana non è data da un processo meramente intellettuale. Ciò che deve aumentare in noi è il grado di consapevolezza di ciò che possiamo fare restando umani. La seconda cosa che bisogna affrontare in maniera critica è la finalità politica della metodologia scolastico-peripatetica. Tutte le argomentazioni usate per smontare le tesi galileiane non hanno alcun valore nella misura in cui difendono i poteri costituiti, siano essi aristocratici o della piccola borghesia comunale.

9. In fondo che cos'è l'ideologia? Per quale motivo anche una teoria scientifica può essere ideologica? L'ideologia, nell'accezione marxista, era un discorso sbagliato che rifletteva una pratica sbagliata, quella borghese. A ciò ovviamente si aggiungeva che il discorso errato può essere fatto in buona o cattiva fede, in maniera indipendente dalle proprie intenzioni. Certo, se fatto in buona fede, i suoi limiti intrinseci possono essere in qualche modo superati. Se invece il discorso riflette consapevolmente determinati interessi di classe, tutto diventa più difficile. Poi col leninismo si dirà che tutti abbiamo un'ideologia e che la differenza tra l'una e l'altra sta nella capacità di risolvere i problemi sociali della gente. Cioè la verità di una ideologia sta solo nella pratica.

Con la scienza sperimentale cosa è accaduto? In che senso è diventata “ideologica”? Questa scienza, lottando contro la teologia scolastica e la filosofia peripatetica, mostrava d'essere “progressista”, in quanto non “dogmatica”. L'ideologia dominante, che rifletteva rapporti sociali vetero-feudali, aveva smesso d'essere “democratica”: non era più adeguata alle esigenze della moderna borghesia. Quando una teoria non riflette un'esperienza in atto, concreta, quando non tiene conto dei bisogni reali, ma è solo frutto di speculazioni astratte, diventa ideologica nell'accezione marxista. La coerenza logica di un discorso non impedisce a quest'ultimo d'essere avulso dalla realtà.

Tuttavia la scienza sperimentale cadde ben presto nello stesso limite. Infatti, quando si ha la pretesa d'essere “oggettivi” solo perché si dispone di mezzi tecnologici o di una conoscenza matematica superiori, quando si fa di un'esperienza particolare (di laboratorio) qualcosa di universale, si cade in una pretesa “dogmatica” non molto diversa da quella della cultura feudale. Si finisce in un'ideologia, nel senso negativo del

termine, anche quando la teoria viene espressa in termini scientifici. Si fa ideologia ogni volta che si riduce la realtà a qualcosa di comprensibile intellettualmente, prescindendo dalla sua esperibilità totale. Oggi scienza e oggettività coincidono, ma questa pretesa è illuministica o positivista. L'oggettività non sta in nessun sapere in sé e nemmeno in un riscontro laboratoriale. L'oggettività sta in un'esperienza collettiva di condivisione del bisogno, sta nell'affronto comune dei problemi sociali, sta nella riflessione partecipata sullo stile di vita che si conduce.

Il livello di conoscenza, nella pretesa oggettività della scienza sperimentale, è del tutto relativo. La pretesa che ha la scienza di estrarre o estrapolare da una esperienza degli elementi, rendendoli accettabili anche da chi non ha fatto quella medesima esperienza, è una procedura del tutto arbitraria. Gli elementi possono essere riconosciuti come veri solo da chi si è lasciato coinvolgere pienamente in quella medesima esperienza. È il coinvolgimento personale che convince della verità oggettiva di un assunto. E non può certo essere il coinvolgimento in una piccola nicchia di persone.

Una teoria non è "ideologica", cioè schematica, quando la forma corrisponde al suo contenuto, e quando il contenuto riflette un'esperienza di libertà e di giustizia sociale. Semmai si dovrebbe dire che nessuna esperienza di libertà e di giustizia sociale può essere definita a priori, una volta per tutte, a prescindere dal contesto in cui la si può e deve vivere.

Poiché la scienza sperimentale nasce dubitando della realtà percepita coi sensi, negando valore al tradizionale senso comune, e ha avuto la pretesa di fare delle proprie scoperte sperimentali il metro per misurare l'oggettività di ogni altro aspetto della realtà, è bene che chi vuol porre un'alternativa al sistema parta dal medesimo dubbio nei confronti della scienza, soprattutto quando questa pretende d'essere tanto più oggettiva quanto più è settoriale. Il dubbio è indispensabile perché la scienza fa violenza quotidiana. Non vede la natura in sé, come ente indipendente dall'uomo, ma solo come una risorsa da sfruttare; non vede persone umane ma soggetti da circuire, da manipolare, funzioni da utilizzare.

10. Il socialismo scientifico afferma che la conoscenza è un riflesso (attivo e finalizzato) della realtà oggettiva (esterna all'uomo) nella coscienza o nel cervello, una riproduzione consapevole nella forma di sensazioni o percezioni, di immagini ideali (rappresentazioni e concezioni) dell'oggetto d'indagine, delle sue proprietà e dei suoi nessi. Questa teoria del riflesso oggettivo di una realtà esterna, concreta, vuole negare la presenza di un dio che crea l'uomo a propria immagine e somiglianza. Il mondo oggettivo è più importante di qualunque divinità. Quindi è con esso che ci dobbiamo confrontare. Noi dipendiamo da una realtà che ci precede nel tempo, siamo cioè figli del nostro tempo. Ed è a questa realtà

che dobbiamo rendere conto.

Questo modo di ragione è molto deterministico. Potrebbe andar bene in una società priva di contraddizioni antagonistiche, a contatto diretto con la natura: solo in quel caso non ci sarebbe alcuna obiezione a considerare la conoscenza come un riflesso della realtà esterna. Essendoci già una stretta identificazione tra uomo e natura, la realtà esterna verrebbe considerata come propria e non come qualcosa di estraneo.

Tuttavia realtà del genere è dai tempi della nascita dello schiavismo che non esistono più. Basare oggi la conoscenza scientifica sul riflesso del capitalismo è assurdo: otterremmo soltanto un'oggettività fittizia, fasulla. Semmai il problema è opposto: cioè come evitare che la conoscenza si ponga come mero riflesso della realtà. Ma se una conoscenza oggettiva non può essere ottenuta dal riflesso di una società antagonista, dobbiamo pensare che sia impossibile? Allora perché avvertiamo come "contraddittorio" il sistema capitalistico? Perché desideriamo uscirne, visto che la nostra consapevolezza attuale è determinata dal mondo esterno?

Qui è evidente che la filosofia materialistico-dialettica si scontra con un limite insuperabile. Non riesce, infatti, a spiegarsi da dove ci viene l'esigenza di abbattere un determinato sistema sociale. A dir il vero la motivazione che esibisce è ben nota: sono gli uomini che vivono in uno stato di soggezione, di privazione, di alienazione che desiderano abbattere il sistema, o quanto meno a modificarlo in maniera sostanziale. Questi soggetti emarginati e sfruttati vorrebbero riequilibrare le cose.

Ciò ovviamente è giusto, ma se ci basassimo sulla mera teoria del riflesso, non riusciremmo a spiegarci da dove viene questa esigenza di riequilibrio. È facile infatti rendersi conto che se uno nasce in un sistema conflittuale, può anche non pensare che possa esistere un'alternativa. Per quale motivo non dovremmo considerare naturale (proprio sulla base della teoria del riflesso) che, vivendo una vita da oppressi, la si debba vivere per forza? Al massimo potremmo dire che l'oppresso ha tutto il diritto di diventare, a sua volta, un oppressore. Questo perché, basandosi sul mero riflesso, non vede di fronte a sé che due alternative: o si sfrutta il lavoro altrui o si viene sfruttati.

Dunque che cos'è che ci porta a credere possibile un'alternativa al sistema? Da dove ci viene una conoscenza obiettiva delle cose? Da che cosa è mossa l'esigenza di giustizia e libertà? La risposta a queste domande può essere trovata solo sulla base di questa paradossale affermazione: *l'uomo è un ente di natura ma non è un essere naturale*. È un ente di natura perché nasce in un determinato contesto spazio-temporale; è condizionato da un mondo esterno a lui antecedente; vive all'intero di usi e costumi precostituiti, indipendenti dalla sua volontà. E tuttavia l'uomo

non è assimilabile unicamente al mondo naturale. In lui (nella sua mente o nella sua coscienza) vi è qualcosa di *trascendentale*, che non dipende dalla materia. Questo particolare “quid” gli è dato dalla nascita, e non c'è modo di eliminarlo senza eliminare l'uomo. Può solo svilupparsi o rimanere a uno stadio infantile. L'uomo è una sorta di contenitore che racchiude un contenuto particolare, sconosciuto alla natura. Infatti sono solo gli animali che vivono di mero riflesso. Essi cercano di adeguarsi, per quanto possono, a un ambiente mutevole, ma non si pongono mai il problema di cambiarlo, se non in maniera irrilevante (p.es. per le esigenze riproduttive o difensive). Non incidono mai sui processi riproduttivi della natura.

Dunque, questa essenza specifica dell'essere umano, in che modo può essere definita? L'elemento che l'uomo possiede in via esclusiva si chiama *libertà di coscienza*. Questa libertà, per essere se stessi in maniera progressiva, va esercitata continuamente, poiché il suo fine è quello di raggiungere la *coscienza della libertà*. Ecco quindi spiegato il senso della conoscenza oggettiva delle cose: essa è tale quando è *conoscenza della coscienza della libertà*. Non basta infatti avere conoscenza della libertà di coscienza. Volendo, tale conoscenza possono averla tutti. È l'altro tipo di conoscenza che non tutti hanno. Qui sta la differenza tra conoscenza soggettiva e oggettiva, tra conoscenza relativa e assoluta.

Se ci si limita a riconoscere la sola libertà di coscienza, si può anche cadere nel relativismo, nell'indifferenza, nel riconoscimento formale o circostanziale di un diritto naturale. Ma la *coscienza della libertà* è un'altra cosa. Qui il relativismo non è possibile, poiché chi presume d'averla, sarà sempre critico del sistema basato sull'antagonismo sociale. Chi ha coscienza della libertà cerca sempre un'alternativa globale al sistema oppressivo, e si preoccupa di cercare dei consensi, degli appoggi, degli alleati con cui realizzare gli obiettivi che si prefigge. Ecco perché se c'è qualcuno disposto a lottare per la libertà di coscienza, non è detto che egli sarebbe anche disposto a morire per veder affermata la coscienza della libertà.

Francesco Bacone

La vita

Francis Bacon (1561-1626) non era destinato agli studi scientifici ma alla carriera politica. Tuttavia, finché visse la regina Elisabetta non poté ottenere una carica veramente importante, nonostante che alcuni aspetti avrebbero potuto favorirlo: era figlio del Lord guardasigilli della stessa regina (sua madre era figlia del precettore di Edoardo VI); aveva fatto studi giuridici presso l'Università di Cambridge, in virtù dei quali trascorse a Parigi un tirocinio presso l'ambasciatore inglese; fruiva dell'appoggio del conte di Essex. Ecco perché cominciò a dedicarsi alla filosofia e alle scienze, pubblicando vari libri in lingua inglese, destinati a un vasto pubblico. Senonché il re Giacomo I Stuart, quando salì al trono (1603), venuto a conoscenza dei suoi libri, lo spinse a riprendere la carriera politica. E così egli, sfruttando l'appoggio del favorito del re, Lord Buckingham, riuscì a ottenere prestigiose cariche. Già eletto nel 1584 alla Camera dei Comuni, diventò avvocato generale nel 1607, procuratore generale nel 1613, Lord Guardasigilli nel 1617 e Lord Cancelliere nel 1618, la più alta carica pubblica. Presiedeva le principali corti di giustizia e rendeva esecutivi i decreti del re. Ottenne anche il titolo di barone e di visconte. Riteneva d'aver bisogno di questi titoli e incarichi prestigiosi, poiché il padre gli era morto quando aveva 18 anni e, secondo il diritto di maggiorasco, tutti i beni di lui erano passati al primogenito.

Avendo anche a cuore la politica culturale, nel 1620 pubblicò la *Grande Restaurazione*, che conteneva quello che poi sarebbe diventato il suo scritto più famoso e progettuale, il *Nuovo Organon* (in antitesi all'*Organon* di Aristotele). L'ambizione era quella di rifondare completamente il sapere fino ad allora conosciuto, rompendo con la tradizione e con la conoscenza puramente teorica, di tipo scolastico-aristotelico, ma anche con quella umanistico-rinascimentale di tipo magico-alchimistico, privilegiando il sapere tecnico-scientifico da porre al servizio della società. A tale scopo voleva servirsi delle istituzioni monarchiche.

Purtroppo per lui, la carriera politica finì quando, nel 1621, Giacomo I dovette convocare il parlamento per chiedere l'imposizione di nuove tasse. In quel frangente molti parlamentari, dopo aver approvata la richiesta del re, chiesero di aprire un'inchiesta sui decreti dei monopoli e nominarono una commissione per indagare sugli abusi delle Corti di giustizia. Fu così che si venne a sapere che Bacone aveva ricevuto doni in

denaro nell'esercizio delle sue funzioni, emanando sentenze favorevoli ad alcuni personaggi in vista. Egli si riconobbe colpevole e si rimise alla clemenza dei Lords. Fu condannato a pagare 40.000 sterline di ammenda (poi condonata dal re), all'interdizione perpetua dai pubblici uffici e all'esilio dalla corte. Rimase in carcere solo pochi giorni, ma non ebbe più alcuna possibilità d'incidere in maniera istituzionale sulla realizzazione dei propri progetti. Ciò tuttavia non gli impedì, una volta ritiratosi a vita privata, di continuare i suoi studi scientifici.

Quindi praticamente, a partire dalla sentenza del Parlamento, egli s'interessò unicamente a come trasformare il sapere scientifico in uno strumento di potere politico ed economico. Bacone è il profeta della moderna società industriale. In lui non solo non trova più alcun senso la teologia, ma neppure la filosofica alchemica e magica diffusasi nel Cinquecento. Egli viene considerato il padre del metodo induttivo, uno dei fondatori del nuovo sapere scientifico (soprattutto di quello enciclopedico) e il primo ad aver fatto un discorso politico generale sulla funzione della scienza nella società moderna industrializzata. Il motto che riassume tutta la sua opera è il seguente: “Sapere è potere”.

Polemica contro autorità e tradizione

Per “sapere tradizionale” si deve intendere un sapere di derivazione aristotelico-scolastica, impostato metafisicamente e privo di una solida filosofia scientifica o scienza della natura. Bacone afferma la concezione della *verità relativa*, figlia del suo tempo, e ritiene che i tempi siano maturi per un'inversione di rotta in campo culturale.

In particolare contesta la logica aristotelica, coi suoi sillogismi fondati sulla *deduzione* (dalle premesse generali al caso particolare), che, secondo lui, non arricchisce il sapere né fa capire il processo (inventivo) che porta a formulare determinate premesse generali.

Aristotele aveva capito l'importanza dell'*induzione*, ma, in effetti, non l'aveva sviluppata. D'altra parte considerava la *téchne* di molto inferiore all'*episteme*: questa era fonte di conoscenza scientifica, perché basata sulla ragione e sulle quattro cause dei fenomeni (sostanza, forma, agente e fine); quella invece era frutto di un apprendimento lento, graduale, basato sull'osservazione e sull'esempio altrui. Ecco perché Bacone dichiara di voler puntare sull'esperienza e sull'esperimento, organizzando in maniera rigorosa i dati raccolti, rielaborandoli secondo criteri che ne consentano l'interpretazione oggettiva. Per lui erano state molto più importanti della logica aristotelica, ai fini del progresso della società, l'invenzione della stampa, della polvere da sparo e della bussola. Il sapere pratico andava dunque privilegiato su quello teorico: sotto questo aspetto

non gli interessava neppure il sapere filosofico degli umanisti, per lui troppo incentrato sui valori morali.

Nella filosofia di Bacone c'è una notevole differenza rispetto agli scienziati del mondo greco-romano: egli infatti non vuol porre alcun limite all'innovazione tecnologica (cosa ch'era impossibile in quei regimi di tipo schiavistico). La sua scienza non si limita a osservare l'osservabile in maniera naturale, ma vuol porre le premesse metodologiche (che restano, beninteso, nell'ambito di un approccio filosofico) di un utilizzo illimitato di qualunque artificio meccanico per scandagliare le leggi della natura, i suoi più reconditi segreti, al fine di dominarla senza alcuno scrupolo morale.⁸³

Giustamente Bacone smette di concepire la natura come una creazione divina, ma finisce col considerarla come una mera risorsa da sfruttare in tutte le maniere. Di qui la sua idea di dare all'*esperimento* un'importanza nettamente superiore all'esperienza dei cinque sensi. Vent'anni dopo la sua morte si formò una sorta di “cenacolo scientifico” comprendente un gruppo di ricercatori e intellettuali di prestigio, come p.es. il chimico Robert Boyle, il matematico William Petty, il linguista John Williams, i quali porranno le basi per la nascita, nel 1660, della Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge, il cui motto era “Nullius in Verba”, cioè “Non accettare nulla sulla parola”, che esprimeva il rifiuto del principio di autorità e di tradizione non sperimentale, e che si basava, come voleva Bacone, sulla circolarità delle conoscenze e dei risultati sperimentali tra gli scienziati.

Paradossalmente egli era convinto che la propria filosofia dovesse avere lo scopo di recuperare l'innocenza adamitica, quella che si era perduta per un peccato di superbia. Adamo non peccò per sete di conoscenza naturale (è lui infatti che dà i nomi alle cose poste al suo servizio), ma per il desiderio ambizioso di possedere quella scienza morale che giudica del bene e del male e che appartiene soltanto a Dio. Bacone quindi poneva le premesse filosofiche per uno sviluppo neutrale, avalutativo dell'attività scientifica. L'unico fine del ricercatore diventava quello di conoscere le cause per produrre i corrispondenti effetti, non quello di chiedersi se il processo della conoscenza in sé sia giusto o sbagliato, né quello di chiedersi se le applicazioni tecnologiche delle scoperte scientifiche siano giuste o sbagliate sul piano etico. L'etica va tenuta completamente separata dalla scienza. In questa pretesa Bacone era convinto che non ci fosse alcuna “presunzione”, ma un diritto naturale legittimo. Se esistono controversie di tipo etico o religioso, queste non devo-

⁸³ Da notare che uno dei suoi discepoli più significativi fu Thomas Hobbes, che trasferirà nella concezione della politica questo cinismo filosofico.

no riguardare lo sviluppo scientifico della conoscenza umana.

Api, formiche e ragni

Per capire il significato della filosofia del metodo scientifico di Bacone è sufficiente utilizzare una sua stessa metafora, quella delle api, delle formiche e dei ragni.

Il ragno, per catturare gli insetti, produce una tela dalla propria saliva, cioè trae conclusioni da ciò ch'egli stesso è in natura, senza trasformare alcunché.

Le formiche invece ammucciano soltanto cose esterne a loro, cioè prendono dalla natura ciò che a loro serve per vivere e riprodursi, ma non trasformano nulla.

Le api sono completamente diverse, poiché tutto ciò che prendono dalla natura lo trasformano in qualcosa che in natura non esiste: il miele. È dunque questo l'atteggiamento che deve avere lo scienziato.

I ragni son come i razionalisti, il simbolo del sapere *deduttivo*, quello che parte da verità date per indubitabili nella mente e da cui dedurre nuove verità col procedimento del sillogismo aristotelico-scolastico: un sapere che si sovrappone alla natura e che non arriva a comprenderla sino in fondo.

Le formiche son come gli empiristi: il simbolo del *sapere induttivo tradizionale*, quello che ricava delle generalizzazioni immediate (non sufficientemente fondate) dai dati naturali percepiti e osservati attraverso i sensi.

Le api invece rappresentano un sapere fondato su una *induzione di tipo nuovo*, che ha bisogno dell'aiuto di strumenti meccanici o artificiali, costruiti dal ricercatore, coi quali si può aumentare la conoscenza progressivamente, per tappe intermedie, che sono poi quelle che s'interpongono tra l'osservazione del fenomeno e la generalizzazione delle leggi che lo caratterizzano.

*

Nella sua ingenuità Bacone non riesce a capire che, mentre il prodotto delle api restava del tutto compatibile con le esigenze riproduttive della natura, quello tecnologico, ottenuto dagli uomini, ne avrebbe minato la fondamentale integrità. Egli aveva posto, sul piano filosofico, le basi metodologiche di uno sviluppo tecnico-scientifico che avrebbe sconvolto il pianeta. Non si sarebbe affatto tornati all'innocenza adamitica, quella che ai suoi tempi si poteva facilmente constatare nelle tribù primitive non sottomesse al colonialismo europeo, ma si sarebbero poste le

condizioni materiali per rendere impossibile qualunque ritorno a quello stadio pre-antagonistico della civiltà umana.

L'ingenuità baconiana si basava, tuttavia, su una mistificazione di fondo, ch'egli, senza rendersene conto, esprimeva nella formula: "Non si vince la natura se non obbedendole". Era una mistificazione perché il riconoscimento della propria dipendenza nei confronti della natura, non può trasformarsi in un'esigenza di dominio. Se e quando ciò avviene, significa che non esiste affatto "obbedienza" ma "prevaricazione".

La stessa differenza ch'egli pone tra le due forme di "induzione" appare piuttosto sconcertante. Per lui tutta la filosofia, successiva a quella dei materialisti greci, ivi inclusa tutta la teologia scolastica, va superata, proprio in quanto illusoria. Questo perché non è mai possibile dedurre casi particolari da premesse generali astratte, come avviene nei sillogismi. Né è possibile pretendere, da pochi dati di osservazione, di formulare dei principi generali, evitando di passare per i principi intermedi ottenuti dagli esperimenti.

Si può anche condividere l'idea che la filosofia e la teologia non hanno affatto "interpretato" la natura, ma l'hanno per così dire "inventata", e anche quando si parla di "esperienze delle cose", non si fanno mai degli "esperimenti" veri e propri. Si sono soltanto anticipate delle conclusioni, senza averle empiricamente dimostrate. Tuttavia, l'alternativa ch'egli propone è tutta meno che "scientifica". Forse l'idea più significativa della sua politica culturale è stata quella di dare una dimensione pubblica e collaborativa alle ricerche e alle scoperte scientifiche.

Bacone non vuol partire da un principio generale astratto: p.es. tutti i fiori sono profumati, altrimenti non attirerebbero gli insetti. Scendere nei particolari da astrazioni del genere, individuando p.es. quali sono i fiori più profumati o quali sono i colori dei fiori più profumati – gli appariva troppo banale. Egli anzitutto vuole smontare tutta la conoscenza pregressa, ritenuta viziata da varie forme di pregiudizi. Ha la pretesa di dire che la sua metodologia filosofico-scientifica non è affetta da pregiudizi, pur essendosi formata in una cultura che ne è piena. Cioè non si preoccupa minimamente di analizzare gli *interessi* sottesi a tali pregiudizi, non fa un preliminare discorso *sociale*, cercando di far capire chi e perché soffre o giustifica determinati pregiudizi. Ma preferisce fare un discorso astratto, che di scientifico in realtà non ha nulla.

La liberazione dei pregiudizi

Il sapere deve essere *pratico-operativo* e non tanto speculativo. La scienza va strutturata in forma *enciclopedica*, fondandola su tre gradi di conoscenza, che poi rispecchiano le tre principali parti dell'intelletto

umano: la memoria, l'immaginazione e la ragione.

– *Memoria* vuol dire conoscenza storica, cioè pura raccolta di materiali d'osservazione.

– *Immaginazione* (o fantasia) vuol dire libera costruzione di piacevoli sogni, senza alcun contatto coi dati: di qui la poesia, l'arte, la letteratura...

– *Ragione* (o conoscenza filosofica) vuol dire elaborazione razionale dei dati, comprendenti le scienze cosiddette "esatte" e la costruzione di strumenti utili all'uomo.

Purtroppo la sua *Grande Restaurazione* rimase allo stato progettuale, per cui bisogna accontentarsi della parte introduttiva, dedicata alla *logica*. La nuova logica di Bacone si suddivide in due parti: *liberazione dall'errore e costruzione del sapere*. L'idea guida del suo metodo è espressa dalla formula: "Non si vince la natura se non obbedendole", cioè la si può dominare solo dopo aver vinto i propri pregiudizi e conosciute le sue leggi.

I pregiudizi sono di quattro tipi, due radicati nella natura umana e altri due indotti dall'esterno.

– *Gli idoli della tribù* (umana). Sono comuni a tutti gli uomini: p.es. la limitatezza e la fallibilità dei sensi, la tendenza della mente a vedere uniformità e regolarità anche dove non esistono (si pensi solo all'idea che le orbite dei pianeti debbano essere perfettamente circolari), il fatto di fermarsi a ciò che è più vicino o a ciò che più colpisce la fantasia, trascurando quel che è lontano o nascosto. Questi limiti sono dovuti al fatto che l'intelletto è influenzato dalla volontà o dai sentimenti, per cui ritiene vero non ciò che è, ma ciò che vorrebbe. I sensi sono utili nelle piccole cose ma certamente non a capire le vere leggi della natura, anche perché tendono ad attribuire alla natura qualità derivanti dall'essere umano.

– *Gli idoli della spelonca* (in riferimento al mito della caverna platonica). Sono specifici della singola persona, in quanto derivano dal suo carattere, dai gusti personali, dall'educazione ricevuta, dai libri letti, dalle amicizie ecc. e condizionano l'intelletto ad accettare frettolosamente ciò che sembra corrispondere a queste caratteristiche.

– *Gli idoli del foro* (cioè dalla piazza). Il linguaggio comune, usato in società, ha un carattere convenzionale, semplicistico, e può generare equivoci, malintesi, pregiudizi, anche perché spesso si usano parole che possono avere significati molto diversi tra loro: questo perché non è la ragione che domina le parole ma il contrario. Un'idea aristotelica come "primo motore immobile" non ha alcun senso scientifico, eppure per secoli la si è ritenuta vera. Il linguaggio invece dovrebbe essere attento in maniera rigorosa alle cose.

– *Gli idoli del teatro*. Sono quelli che derivano dalle filosofie antiche e medievali e che somigliano a delle favole, coi loro mondi fittizi, mitologici, e che vengono, in un certo senso, “recitate” e “rappresentate” come in un teatro. Sono piene di fascino, perché immaginifiche, ma assai povere di contenuto conoscitivo. Le filosofie da superare sono quelle sofisticate (di cui la maggiore è quella aristotelica, che pensa di fare scienza quando invece fa solo logica astratta), quelle empiriche degli alchimisti e quelle superstiziose che si mescolano alla teologia (come in Pitagora e Platone).

Bacone riteneva questi pregiudizi così radicati che solo con un lavoro collettivo degli scienziati e dei filosofi naturalisti si sarebbero potuti superare. Qual è dunque il suo ragionamento di fondo? Egli semplicemente parte dal presupposto che non ci si può fidare di niente e di nessuno. La chiave della sua filosofia scientifica sta in questo estremo individualismo, e quindi nella pretesa d'imporlo alla società, sfruttando tutte le conoscenze scientifiche prodotte dall'umanità, cui si andranno ad aggiungere quelle dell'epoca moderna. Quindi non si trattava soltanto di raccogliere delle scoperte già fatte nel passato, ma anche d'inventare delle *regole metodologiche* per organizzare tutto il sapere scientifico. Ciò doveva servire per dimostrare il valore del nuovo metodo induttivo.

In questo modo di fare vi è indubbiamente un certo aristocraticismo latente. La sua ambizione è quella di sostituire i teologi e i filosofi con gli scienziati. Siccome però lui stesso non è un vero scienziato da laboratorio (in quanto non è un fisico o un chimico e neppure un matematico), si accontenta di porre le premesse di fondo (quelle appunto metodologiche, euristiche, epistemologiche) per compiere una rivoluzione epocale.

Il metodo della ricerca scientifica

Una volta liberata la mente dai pregiudizi, occorre impadronirsi di specifiche tecniche di ricerca, capaci di assicurare l'oggettività del risultato teorico e la sua traducibilità pratica. La prima cosa da fare è ricercare le *cause dei fenomeni*: per “cause” s'intende qualcosa di “meccanico” o comunque di “efficiente”. Il metodo da usare è quello *induttivo*, cioè:

1. Osservazione sistematica di molti dati raccolti, che implica una loro generalizzazione e classificazione, mettendoli a confronto tra loro.
2. Formulazione delle prime ipotesi interpretative, procedendo dal semplice riscontro di aspetti comuni (enumerazione) al *metodo*

per esclusione, basato sul fatto che i dati devono essere suddivisi sulla base di tre tavole o tabelle, ove vanno individuate le assenze di relazioni. Le tabelle sono di tre tipi:

- della *presenza*: si registrano tutte le circostanze in cui il fenomeno appare o viene osservato;
 - dell'*assenza in prossimità*: si registrano i casi in cui il fenomeno stranamente non si presenta, ed è questo che porta a fare le prime esclusioni;
 - dei *gradi*: si registrano le circostanze in cui il fenomeno aumenta o diminuisce d'intensità, e qui si fanno altre esclusioni.
3. Esperimenti per confermare o smentire le ipotesi di partenza. Si devono eliminare, sulla base degli esperimenti, quelle ipotesi contraddette anche da una sola osservazione, fino a individuare il denominatore comune, costante, dei fenomeni osservati. Gli esperimenti quindi decidono quale di due opposte ipotesi, che paiono ugualmente fondate, è quella giusta.

Si noti che in tutto ciò non vi è nulla di veramente “scientifico” ma solo di “logico”. In questo procedimento astratto, basato su dati empirici, egli si sente nettamente superiore ai maghi, agli alchimisti e agli astrologi, ma restava nettamente inferiore ai fisici e agli astronomi che si servivano della matematica e dei telescopi per comprendere i fenomeni naturali.

La classificazione si basa semplicemente su quelle *tabelle*, i cui dati vengono posti in relazione tra loro. È lo stesso principio che oggi si utilizza per costruire i data-base. Ai suoi tempi la procedura, al massimo, poteva servire per organizzare, in maniera logica (sistematica), la disposizione negli scaffali dei libri di una biblioteca. Astronomi come Galilei, Keplero, Copernico, Brahe e Newton non avrebbero saputo che farsene di una filosofia scientifica del genere. Semplicemente perché loro stessi, osservando i cieli coi loro strumenti, dovevano per forza aver preso atto ch'era meglio ordinare o classificare i fenomeni secondo certe caratteristiche di regolarità, uniformità, singolarità, eccezionalità..., per poter arrivare, grazie all'uso del calcolo matematico e statistico, a formulare delle leggi scientifiche. Uno scienziato da laboratorio doveva per forza dimostrare d'essere anche un matematico e uno statistico.

Viceversa Bacone, per quanto incredibile a dirsi, era arrivato a comprendere la necessità di tale procedura classificatoria per via *deduttiva*, cioè esaminando i limiti delle logiche a lui precedenti. Non considerava di alcuna utilità la matematica ai fini della spiegazione dei fenomeni naturali. Dunque qual era la differenza tra la sua logica e quella aristotelica? La differenza stava nell'*ateismo*. Infatti Bacone accetta, della logica

aristotelica, tre delle quattro distinzioni che stabiliscono la causa delle cose naturali: quella materiale, quella formale e quella efficiente. Rifiuta però la *causa finale*, perché la vede troppo affine a rappresentazioni mistiche della realtà. Anzi, anche le cause efficienti e materiali le giudica superficiali per capire i fenomeni o gli oggetti della natura. Non rimane quindi che la *causa formale*.

Le forme dei fenomeni

Che cos'è la "forma" per Bacone? Fatti gli esperimenti, occorre individuare gli *assiomi*, cioè i principi generali che definiscono la struttura e la composizione interna di un corpo o di un fenomeno, il suo principio costitutivo, le sue leggi. La "forma" è la *struttura* di un corpo o l'essenza di un fenomeno, ma anche il *nesso* che lo lega ad altri oggetti o fenomeni e che ne determina il suo modo di porsi e di svilupparsi, a prescindere da qualunque considerazione metafisica.

Essa è nascosta ai sensi, ed è meccanica e dinamica, in quanto è la totalità delle unità materiali e dei moti che generano un determinato fenomeno o corpo. Senza questa conoscenza è impossibile trasformare o alterare un corpo o un fenomeno.

Trovare le "forme dei fenomeni" consente anche di standardizzare i risultati di una ricerca, rendendoli facilmente comunicabili e, grazie al lavoro di altri scienziati, cumulabili, potendo essi fare ulteriori ricerche.

Deduzione e induzione

Vogliamo qui spendere alcune parole su due precisi termini che in genere si usano per distinguere un atteggiamento "scientifico" da uno "non scientifico": *deduzione* e *induzione*.

Considerando che nella lingua italiana il verbo "indurre" non ha alcun riferimento alla scienza, ma semmai all'etica, in quanto viene facilmente collegato alla parola "tentazione", forse, piuttosto che vedere le due parole in contrapposizione (come faceva Bacone), sarebbe meglio fare questa distinzione: esistono, da un lato, ragionamenti deduttivi e induttivi, mentre dall'altro ragionamenti tautologici e retorici.

Se io dico, dando per scontato che per ripararmi ho a disposizione solo un ombrello: "Fuori piove, prenderò un ombrello", che tipo di ragionamento ho fatto? Sono partito da un'evidenza certa e ho concluso in maniera necessaria. È un ragionamento deduttivo o induttivo?

Supponiamo invece che io dica: "Siccome potrebbe piovere, perché il tempo è sempre variabile, meglio prendere un ombrello". Indub-

biamente sono partito da una situazione ipotetica, ma non ho forse concluso in maniera necessaria? La vita non è forse fatta di cose necessarie? In entrambi i casi ho dato per scontato che quando piove mi bagno, se non ho l'ombrello per ripararmi.

Se io dico (o penso): “Piove, mi bagnerò”, che tipo di ragionamento sto facendo? Parto da una premessa certa, che mi sta portando a una conclusione non meno certa. Dovrebbe essere un ragionamento “scientifico” (deduttivo o induttivo non è importante). Invece è un ragionamento tautologico o retorico. Contiene il massimo della verità possibile, che però non è di nessuna utilità pratica. A che serve questo tipo di verità? Una verità è utile quando impedisce di creare situazioni negative: che il ragionamento sia deduttivo o induttivo, anche questa volta, è indifferente.

Ma c'è di più. Qualunque affermazione si faccia parte sempre da una *pre-comprensione della realtà*. La tabula rasa non esiste. Se io dico: “Piove, prenderò un ombrello”, farò proprio così non tanto perché piove, ma perché so che, se non mi riparo, mi ammalero. Dunque, qualunque affermazione si faccia, anche la più banale, parte sempre da un vissuto pregresso, un vissuto che ha subito una nostra interpretazione. Non esiste un modo di fare scienza o di fare logica partendo da zero. Noi siamo storicamente situati, cioè le categorie di spazio e tempo ci determinano in maniera imprescindibile per qualunque cosa si dica o si faccia. Quindi è inutile porsi il problema di distinguere la deduzione dall'induzione. L'unico vero compito che abbiamo è quello di non trarre conclusioni affrettate o forzate, ma di ponderare bene tutti gli aspetti.

Non si può assolutamente porre una differenza tra i ragionamenti deduttivi e induttivi, dicendo che i primi portano sì a conclusioni necessarie ma scontate, mentre i secondi portano a conclusioni più o meno probabili, ma suscettibili di ulteriori approfondimenti. In tal caso sarebbe bastato dire che un qualunque giudizio scientifico deve evitare di porsi in maniera dogmatica, poiché la vita è sempre molto complessa e le cose possono cambiare.

In ogni caso se le conclusioni fossero soltanto probabili, noi rischieremmo di non fare mai nulla, non prenderemmo mai alcuna decisione, anzi, non faremmo neanche alcun ragionamento, se sapessimo in anticipo che ciò non porta a nulla di convincente. Noi agiamo soltanto quando le conclusioni sono più che probabili. Anche in un ragionamento ipotetico pretendiamo che le conclusioni siano necessarie, pur nella loro contingenza e provvisorietà: “Se piove e mi bagno, mi ammalero”.

Il problema è che se pretendiamo che le conclusioni siano *sempre* necessarie, anche più del dovuto, noi rischiamo di fare ragionamenti tautologici o retorici, quindi ragionamenti che, sul piano pratico, sono

inutili. Questo per dire che non ha alcuna importanza saper distinguere un ragionamento deduttivo da uno induttivo. Non è l'induzione che rende più scientifica la deduzione, solo perché, essendo più legata alla realtà, mutevole per sua natura, preferisce non emettere giudizi apodittici o dogmatici. La scientificità, piuttosto, sta nel rendersi disponibili a non fare delle conclusioni necessarie un dogma. Chiediamocelo in altro modo: qual è il criterio per capire che una conclusione necessaria potrebbe perdere il suo carattere di necessità? Ora, per rispondere a tale domanda, bisogna dire, con chiarezza, che non esiste un criterio teorico univoco. Anzi, sotto questo aspetto, la scrittura non serve a niente. Infatti l'unico criterio possibile è dato dalla *relazione sociale*. Quanto più ampie e profonde sono tali relazioni, tanto più si è in grado di capire se una conclusione necessaria di un qualunque ragionamento non è più vera. “Anche se fuori piove e mi bagnerò, perché non ho un ombrello, non mi ammale-rò”. Come faccio a esserne sicuro? È semplice: ho altre risorse, quelle che troverò sul momento.

La Nuova Atlantide

L'ultimo volume, scritto negli anni 1614-17 e pubblicato postumo, fu *La Nuova Atlantide* (1626), in cui viene delineata una società utopica dominata dalla scienza, benché sul piano politico essa resti alquanto incompleta. Era passato un secolo dalla magistrale *Utopia* (1516) di Tommaso Moro, ma mentre quest'ultimo aveva capito che il capitalismo è un neonato che va soffocato nella culla, altrimenti da grande sarà un soggetto assolutamente ingestibile, Bacone invece approfitta del fatto che il bambino era intanto cresciuto e pensa che, per farlo sviluppare nel migliore dei modi, sia necessario dotarlo di tutti gli strumenti tecnici e scientifici coi quali doveva dominare completamente la natura, ricavando da essa tutte le possibili risorse che garantiscono un elevato benessere. I due testi, quindi, nei confronti del capitalismo possono essere considerati all'opposto.

In tal senso si può affermare che la *Nuova Atlantide* non è che una deforme caricatura dell'*Atlantide* di Platone, in cui viene stravolto ogni legame di rispetto fra uomo e natura, anche se i marinai che vi approdano restano stupiti dall'armonia esistente tra una natura apparentemente selvaggia e la serenità dell'ambiente urbano. In seguito però vengono a scoprire che la relazione molto stretta tra civiltà e natura dipende dal dominio scientifico della seconda da parte della prima.

Bacone è talmente convinto che la tecnoscienza sia in grado di risolvere qualunque problema del genere umano che sul suo altare è disposto a sacrificare 2000 anni di filosofia occidentale, non ritenendola

minimamente utile. Non solo, ma anche nei confronti della teologia cristiana si sente autorizzato ad ammettere ch'essa viene vissuta in maniera più coerente là dove la scienza domina la natura. L'atteggiamento religioso naturalistico appare sano ed equilibrato proprio perché regolamentato dalla pratica scientifica. In ciò Bacone, ch'era un puritano, rifletteva l'esigenza di una borghesia protestantica e imprenditoriale di vivere la religione nei limiti della ragione (e, nella fattispecie, non della ragione filosofica, bensì *scientifica*).

Gli abitanti dell'isola, infatti, non hanno trovato alcuna difficoltà ad accettare il pluralismo religioso, beninteso dell'ambito del cristianesimo e dell'ebraismo. Ciò è stato reso possibile dal fatto che, in ultima istanza, la scienza è più importante della religione. In nome della scienza è possibile superare qualunque contrasto religioso, proprio perché sono gli scienziati (i nuovi "teologi") a gestire la società. Bacone s'immagina l'isola come abitata da individui che non hanno subito le conseguenze del peccato originale, i quali non hanno avuto difficoltà ad accettare il meglio dell'ebraismo e del cristianesimo, e che però sono capaci di relativizzare l'importanza della teologia rispetto ai grandi progressi tecnico-scientifici. È sulla base di queste premesse che Bacone offre una descrizione dell'isola del tutto fantascientifica.

Ora, come aveva potuto quella grande civiltà sopravvivere per così tanto tempo e come mai nessun europeo l'aveva mai potuta conoscere? Qui, per spiegarlo, Bacone, con la sua fertile fantasia, si rifà al mito platonico, che identificava Atlantide col continente americano, all'interno del quale vivevano regni potenti e fieri per armi, navigazioni e ricchezze. I loro tentativi di espansione furono puniti dagli dèi attraverso un secondo diluvio, lasciando in vita solo pochi abitanti selvaggi nelle foreste, del tutto incapaci di trasmettere lettere, arti e civiltà ai loro posteri. Rimase soltanto una piccola isola, chiamata Bensalem, il cui re, Salomone, sfruttando la remota collocazione geografica, la fertilità della terra e la ricchezza delle attività economiche, preferì far restare il proprio popolo in disparte, vivendo in una sorta di beata autarchia, priva di scambi col resto del mondo. Da allora tutti gli stranieri venivano guardati con sospetto, ancorché accolti per ragioni umanitarie.

Ma in che cosa consisteva, più precisamente, l'attività scientifica degli isolani? È qui che Bacone – che non è uno scienziato come Galilei, ma al massimo un filosofo della scienza – dà il meglio di sé (naturalmente dal punto di vista borghese), cioè proprio nella descrizione di ciò che si potrebbe fare se solo esistesse uno sviluppo scientifico adeguato alle esigenze degli uomini. Il fine della "Casa di Salomone" è la conoscenza delle cause dei processi naturali, per poterli riprodurre e, per quanto possibile modificare. La scienza serve per ottenere dalla natura quante più

informazioni possibili, trasformandola in maniera artificiale.

I mezzi e gli strumenti posseduti dagli isolani servono per riprodurre le sorgenti naturali al fine di ottenere un'acqua utile alla salute, per realizzare nuovi metalli artificiali, per prolungare la vita, per fertilizzare la terra con concimi chimici, diversi per ogni pianta, per riprodurre qualunque condizione ed evento atmosferici, per modificare l'aria a fini terapeutici, per refrigerare le derrate alimentari, per estrarre l'acqua dolce da quella salata e per ottenere il contrario, per creare qualunque tipo di innesto in agricoltura, inducendo le piante a fruttificare prima o dopo la loro stagione, rendendole anche più grandi di quanto non siano in natura, dotate di frutti più grossi e gustosi e persino utili in medicina. Si praticano anche vari esperimenti sugli animali, al fine di creare nuove specie (anche nane o gigantesche), o per vedere fino a che punto possono vivere, dopo averli mutilati delle loro parti vitali. Le macchine (robot) servono per imitare qualunque tipo di movimento, ivi incluso quello dei volatili, dei pesci e dei serpenti. Fabbricano armi sempre più potenti e micidiali.

In sostanza lo scopo ultimo è rendere la vita umana più sana e sicura, più longeva, non faticosa e priva di preoccupazioni materiali. Per ottenere questo, ogni mezzo e metodo viene considerato legittimo. La natura non va tutelata, conservandola il più possibile integra, ma piegata a tutte le esigenze umane. La scienza garantisce da sola la propria eticità: non ha bisogno della religione. Semmai anzi è la religione che deve trovare le parole giuste per promuovere lo sviluppo scientifico. In ciò, bisogna ammetterlo, Bacone era più spregiudicato di Galilei, che si limitava a porre una distinzione nei campi d'indagine tra le due discipline.

I critici hanno sostenuto che questa visione delle cose rispecchiava l'Inghilterra elisabettiana che, dopo la vittoria sull'Invincibile Armada di Filippo II di Spagna, si avviava a diventare la prima potenza marittima d'Europa e a gettare le basi del suo impero coloniale e della sua potenza mercantile e finanziaria.

In sintesi

Bacone viene considerato un grande filosofo della scienza proprio a motivo di questa spregiudicatezza nel considerare irrilevanti, ai fini della ricerca scientifica, tutte le speculazioni di tipo teologico, nonché quelle filosofiche che sconfinano nel campo della metafisica. La sua vuole essere una filosofia del tutto naturalistica e meccanicistica.

Per il resto egli non fu un pioniere in nessun campo di ricerca, né uno scopritore di alcuna nuova legge della natura, né autore di alcuna grande nuova ipotesi. Persino una delle sue principali affermazioni: “La verità è figlia del tempo”, appare contraddittoria col suo metodo d'indagi-

ne, poiché, non essendo egli, di professione, un vero scienziato, è stato costretto ad avvalersi delle conoscenze pregresse, raccogliendo storie naturali e sperimentali, repertori osservativi che avrebbero dovuto garantire una solida base empirica al sapere scientifico. Egli rimproverava ad Aristotele di procedere a delle immediate generalizzazioni sulla base di pochi dati empirici, ma come si poteva fare diversamente, nel V sec. a.C., quando la filosofia stava muovendo i primi passi in direzione di una comprensione scientifica della natura? Semmai era stato Bacone a illudersi di poter ottenere una verità scientifica superiore a quella aristotelica limitandosi a sfruttare il fatto d'essere vissuto duemila anni dopo.

La differenza principale, nel metodo d'indagine dei due filosofi, stava unicamente nel fatto che Bacone disponeva di un bagaglio di osservazioni empiriche di molto superiore a quello di Aristotele, al punto ch'era intenzionato a realizzare una sorte di enciclopedia generale delle scienze. Egli però poteva beneficiare di tale privilegio anche grazie all'atteggiamento scientifico di Aristotele. Semmai era stata la teologia scolastica a servirsi della filosofia aristotelica in maniera non scientifica. Pur con tutte le sue preoccupazioni di conservare il meglio dell'esperienza passata, Bacone aveva buttato via l'acqua sporca col bambino dentro. Senza poi considerare che il suo metodo d'interpretazione dei dati raccolti, oltre che rivelarsi molto macchinoso e dispersivo, peccava di una ingenuità di fondo, quella di credere che proprio in virtù di una sistematica classificazione degli elementi a disposizione si possano formulare delle ipotesi interpretative indipendenti dalle proprie pre-comprensioni e soprattutto dagli interessi extra-scientifici che muovono il processo conoscitivo.

Con questo non si vuol sostenere che Bacone non si fosse accorto quanto un individuo possa essere condizionato da “un potere di seduzione che inganna la mente con spettri vari e illusori”. Si vuol semplicemente dire ch'egli era piuttosto ingenuo a pensare di poter superare tale inconveniente ricorrendo all'aiuto di strategie di supporto per la mente. L'idea stessa ch'egli aveva, secondo cui “sapere è potere”, non avrebbe avuto alcun valore se la conoscenza non fosse stata supportata da precisi interessi economici volti a sviluppare il capitalismo.

Certo, quand'egli diceva che coi sillogismi scolastico-aristotelici non si poteva in alcun modo comprendere le leggi della natura, era impossibile dargli torto, benché Aristotele avesse affrontato anche argomenti scientifici che la Scolastica non prese mai in considerazione. Tuttavia il problema della conoscenza scientifica era da lui impostato male. Egli non fece altro che sostituire una presunzione intellettualistica, quella della logica formale, che non ha alcun vero rapporto con la realtà, in quanto – come afferma nel *Nuovo Organo* – “costringe all'assenso, non

costringe le cose”, con un'altra presunzione intellettualistica, quella di voler dominare la natura conoscendone le leggi. Così scrive: “La natura non si vince se non obbedendo ad essa, e ciò che nella teoria ha valore di causa, nell'operazione ha valore di regola”. Ecco il suo torto: aver avuto la pretesa di “vincere la natura”, di conoscerne le leggi soltanto per sottometterla. Era questa un'esigenza tipicamente *borghese*, appartenente al mondo imprenditoriale e affaristico.

La natura smette, con la sua filosofia, di diventare qualcosa a cui ci si deve *conformare*, avendo essa delle leggi che non dipendono dalla volontà umana, e comincia a diventare una semplice risorsa da sfruttare economicamente. L'importante è capirne il funzionamento, fare degli esperimenti in laboratorio per controllare le cose che si ripetono in maniera abbastanza regolare, al fine di poter stabilire delle invarianze, delle cause prevalenti, degli effetti ricorrenti, attorno a cui è possibile stabilire delle regole di comportamento.

Con Bacone (ma anche con tutti gli scienziati del Seicento) la natura appare del tutto esterna ed estranea alla società, a totale disposizione di chi la sa sfruttare. È impossibile non vedere in questo atteggiamento così aggressivo un rifiuto integrale della vita rurale e un condizionamento da parte del capitalismo urbano emergente e del colonialismo ad esso strettamente correlato. Qui non viene soltanto chiesto di superare il Medioevo sotto ogni punto di vista, ma viene anche chiesto di costruire una società basata sull'aggressione, sull'intolleranza, il cui rivestimento esterno di tipo laico non è sufficiente a garantire la democraticità di tale processo. La scienza è sinonimo di potenza: una forza che viene messa a disposizione soltanto di chi ha i mezzi economici per farla fruttare.

Con questi scienziati siamo piombati nell'illusione di credere che ogni problema possa essere risolto secondo i loro criteri scientifici (meramente quantitativi); nell'illusione di credere che la nostra identità umana possa dipendere dalla capacità di calcolare le cose, di sperimentarle in laboratorio, di incasellarle entro determinati schemi. Questo naturalmente non vuol dire che l'uomo non debba conoscere le leggi della materia; semplicemente vuol dire che non deve farlo allo scopo di “dominarla”. Le leggi della natura sono le stesse che caratterizzano l'essere umano. La differenza tra gli esseri naturali e quelli umani sta soltanto nel fatto che l'uomo è *l'autoconsapevolezza della natura*. L'esigenza di “dominare” la natura può soltanto scaturire da una condizione di vita alienata, in cui l'antagonismo sociale è la regola. Solo là dove la società è divisa in classi contrapposte non si riesce a comprendere che la natura è un ente che va rispettato, soprattutto nelle sue esigenze riproduttive.

Limiti di Bacone

– L'apporto della matematica nella sua metodologia è praticamente inesistente. Bacone le riconosceva un valore per la *descrizione* dei fenomeni, ma non per la loro *spiegazione*, che doveva restare filosofica. Ecco perché egli non ha l'idea di “legge”, intesa come rapporto matematico tra eventi o tra realtà fisiche, come invece aveva Galilei.

– Non ha capito l'importanza delle controversie astronomiche della sua epoca ed è rimasto sostanzialmente ostile a Copernico.

– Non ha saputo valorizzare la componente ipotetico-deduttiva della procedura metodica scientifica, che in Cartesio darà grandi risultati.

– Nell'interpretazione della realtà preferisce la chimica alla fisica, perché, secondo lui, la fisica si limita a descrivere il funzionamento degli eventi, mentre la chimica permette di modificarli (vedi p.es. la fermentazione dell'uva che produce il vino). Questa preferenza per la chimica favorirà la sua riscoperta nel Settecento, quando si svilupperanno, oltre ad essa, anche la biologia e l'elettrologia.

– Il suo metodo resta macchinoso, dispersivo e poco praticabile, e comunque Bacone non fu uno “sperimentatore”: le sue opinioni scientifiche non produssero scoperte significative. Lui stesso si definiva un semplice “ispiratore della scienza”.

– Continua a ritenere che ogni corpo posseda uno spirito, che per lui è un'entità reale, studiabile scientificamente.

Pregi di Bacone

– Ha capito il senso della collaborazione tra scienziati e della continuità generazionale degli sforzi scientifici per il progresso dell'umanità.

– Ha capito la necessità di una guida razionale e metodica in grado di correggere il vano ricorso alla sperimentazione casuale della tradizione alchimistica.

– Ha capito la necessità di un'unica scienza universale in grado di mostrare l'unità della natura e di assicurarne il controllo da parte dell'uomo.

– Ha capito che la natura è regolata da leggi necessarie e universali.

– Ha capito che tutti i corpi possono cambiare la loro natura, cioè le loro qualità.

– Ha capito l'importanza di una grande enciclopedia delle scienze e delle tecniche, anticipando quella degli illuministi.

– Ha capito l'importanza dell'uso della lingua volgare per divulgare il pensiero scientifico.

– Ha favorito la creazione di Accademie (per il nuovo sapere scientifico) in contrapposizione alle Università (col loro vecchio sapere teologico e metafisico).

Isaac Newton

Newton nasce nello stesso anno in cui muore Galilei: 1642. Di lui portò a compimento una rivoluzione scientifica che resterà in vigore sino alla fine dell'Ottocento.

Prima d'interessarsi di astronomia lavorò al Trinity College di Cambridge sul calcolo infinitesimale (1661), mettendo a punto un metodo detto delle “flussioni”, secondo cui le grandezze geometriche sono generate da un movimento: p.es. le linee sono generate dal movimento continuo dei punti, i solidi da quello delle superfici, gli angoli dalla rotazione dei lati, i tempi da un flusso continuo. Pertanto le grandezze che aumentano in tempi uguali sono più grandi o più piccole a seconda della loro velocità e questa velocità può essere misurata. La flussione è molto simile all'attuale concetto di “derivata” e comunque dal calcolo delle flussioni sarebbe derivato quello infinitesimale.

Tutte le principali scoperte scientifiche di Isaac Newton (1642-1727) avvennero nel biennio 1665-66, quando, a causa della peste che stava devastando l'Inghilterra, fu costretto a lasciare il Trinity College di Cambridge, dedicandosi così ai propri interessi. Naturalmente la rivoluzione inglese influì notevolmente sul suo pensiero filosofico e scientifico, in quanto i puritani, che vedevano in Francis Bacon un punto di riferimento obbligato, erano attratti dagli studi scientifici. Fu così anche in Olanda, dopo che il Paese si era liberato dal dominio spagnolo (1585).

Newton nel 1663 era affascinato dall'atomismo di Gassendi e rifiutava la definizione cartesiana della materia come un *plenum* che si estende all'infinito, poiché, secondo lui, se tutto l'universo fosse pieno di materia, non resterebbe posto per il moto (e neppure per Dio). L'atomismo invece ammetteva uno spazio vuoto tra le particelle. In particolare egli temeva la definizione cartesiana secondo cui i corpi hanno una realtà completa, assoluta e indipendente in se stessi. Una definizione del genere impediva, secondo lui, che Dio muovesse la materia, di per sé “stupida”, in maniera intelligente. E Dio lo fa utilizzando due elementi che nessun ente materiale può modificare: lo spazio e il tempo, che sono assoluti, completamente indipendenti da qualunque cosa. La gravitazione, per lui, non era tanto una proprietà inerente (intrinseca) alla materia, quanto piuttosto una conseguenza di forze immateriali presenti nell'universo, predisposte da Dio per dare un ordine alla materia. La sua filosofia restava sostanzialmente neoplatonica, avversa a ogni idea di materialismo.

Non dimentichiamo che Newton era molto più religioso di tutti

gli scienziati della rivoluzione del Seicento. Credeva nel millenarismo, odiava a morte il cattolicesimo-romano, teologicamente era un anti-trinitarista, scrisse voluminosi testi di teologia, di storia ecclesiastica, era ossessionato dalle profezie bibliche sugli ultimi giorni e dall'Apocalisse del Nuovo Testamento. Aveva guidato l'opposizione anti-cattolica contro il re Giacomo II a Cambridge e aveva dato il suo beneplacito alla rivoluzione del 1688-89 (i *Principi* furono pubblicati nel 1687, cioè poco prima che il re venisse cacciato dal trono). Dopo il 1689 la sua filosofia scientifica costituì il puntello degli anglicani contro i puritani, da lui giudicati troppo radicali. Infatti Newton non fu mai favorevole alla repubblica.

Kant lo considerò come l'esempio per eccellenza della possibilità di una conoscenza universale. Il suo metodo costituì il modello epistemologico di riferimento non solo delle scienze della natura, ma anche di quelle sociali. Fu criticato dall'idealismo tedesco solo perché ritenuto incapace di spiegare gli organismi viventi, il magnetismo, l'elettrologia, il divenire storico degli uomini...

*

Il primo interesse che, durante la peste, lo portò a rivoluzionare le concezioni scientifiche della sua epoca fu quello della luce e dei colori. Le prime ricerche riguardano infatti l'ottica. Egli si opponeva alla teoria ondulatoria di Robert Hooke (1635-1703), cui questi era pervenuto grazie agli studi sui fenomeni di diffrazione e interferenza, pubblicati nella sua *Micrographia* (1665). Secondo Hooke i colori derivano dalla rifrazione su materiali di diverso tipo da parte dei raggi luminosi, che per loro natura sono bianchi.⁸⁴

La tesi di Newton invece si basava su un esperimento piuttosto semplice ma molto efficace. Posta una stanza buia, in grado di ricevere la luce solo attraverso un piccolo foro da una finestra, egli dimostrò che se il raggio di luce finisce in un prisma di vetro trasparente, la luce si scompone in sette colori fondamentali (quelli dell'arcobaleno), e la forma oblunga che si ottiene nella parte della stanza indica il diverso grado di rifrazione dei raggi luminosi, che così si può misurare. Nonostante ancora non si sapesse che la luce del Sole effettivamente è bianca e che assume dei colori diversi solo quando attraversa l'atmosfera, l'esperimento

⁸⁴ Si deve a Hooke la scoperta di quei fenomeni d'interferenza che oggi sono chiamati "anelli di Newton": l'interferenza è dovuta alla rifrazione della luce (monocromatica o bianca) tra due superfici: una sferica e l'altra piana, adiacente alla prima. Newton diede di questo fenomeno una prima analisi quantitativa. Tuttavia, non credendo affatto nella natura ondulatoria della luce, non riuscì a fornirne una spiegazione scientifica soddisfacente.

era inoppugnabile.

Quindi la sua tesi scientifica era la seguente: la luce bianca, corpuscolare, si propaga nell'etere a densità variabile, cioè raggi diversi si rifrangono in maniera diversa; i colori quindi dipendono da un certo grado di rifrazione, che può essere misurato. Questo lo portò a creare un telescopio non più a rifrazione (che tendeva a distorcere le immagini) ma a *riflessione*, in cui la luce non viene raccolta da una lente ma da uno specchio concavo di metallo. “Un universo pieno – diceva – costituirebbe un fattore di resistenza al moto di qualunque cosa”.

Dopodiché passò all'aritmetica e all'algebra, tenendo corsi accademici dal 1673 al 1683, e poi alla meccanica, nei corsi del biennio 1684-85. Quando studia la meccanica aveva già capito che con la formula della forza gravitazionale che si esercita tra due corpi, secondo cui la forza è direttamente proporzionale alla massa e inversamente proporzionale al quadrato della distanza, si poteva spiegare il motivo per cui i pianeti hanno un'orbita ellittica, come voleva Keplero. Tuttavia, solo quando l'astronomo francese Jean Picard (1620-83) determinò un raggio terrestre sufficientemente preciso, egli poté estendere la sua formula all'intero universo.⁸⁵

Grazie all'interessamento dell'astronomo e matematico Edmond Halley, membro della Royal Society e suo personale amico, Newton, mentre già si era messo a studiare il crollo delle monarchie antiche e i testi apocalittici dell'Antico e del Nuovo Testamento, decise, nel 1687, di pubblicare la sintesi di tutti i suoi corsi nella sua opera fondamentale, *Principi matematici della filosofia naturale*, che segna la completa definizione della meccanica razionale, cioè della stretta correlazione tra tre discipline: matematica, fisica e astronomia. I costi della pubblicazione furono sostenuti dallo stesso Halley.

Nel 1699 inizia una lunga controversia con Leibniz sulla paternità del calcolo infinitesimale, che si concluderà nel 1704 a suo favore. Dopo aver pubblicato l'*Ottica* (1704) egli si dedicherà, sino alla morte (1726), alla teologia, senza mai pubblicare alcunché.

Nell'*Ottica*, che fu pubblicata con le *Quaestiones*, raccolte in quasi trent'anni di lavoro, Newton ribadisce, contro Cartesio, l'esistenza

⁸⁵ A onor del vero bisogna dire che già nel 1670 Robert Hooke aveva proposto di spiegare il moto dei pianeti e delle comete con una nuova meccanica basata su tre ipotesi: che tutti i corpi celesti si attraggano tra loro; che i corpi si muovano di moto rettilineo uniforme se non sono deviati da forze; che le forze di attrazione decrescano con la distanza (poi nel 1681 precisò che era il quadrato della distanza). Egli capì anche che da questa legge dovevano dedursi le leggi di Keplero, ma non riuscì ad effettuare la dimostrazione matematica, anche se non si risparmiò di accusare Newton di plagio.

del *vuoto*, cioè la necessità di un'estensione dello spazio privo di materia. Senza questa condizione la luce, secondo lui, non avrebbe potuto propagarsi in modo rettilineo, uniforme, a velocità costante.

La struttura dei *Principi matematici*

I *Principia* sono divisi in tre parti. La prima sezione sviluppa la scienza del moto a prescindere dalla resistenza dei mezzi. Nella seconda critica i vortici cartesiani. Nella terza risolve problemi di astronomia e di fisica (il moto dei pianeti e della Luna, la forma della Terra, la teoria delle maree ecc.).

Le tre parti sono precedute da due sezioni preliminari che costituiscono le fondamenta del suo edificio teorico e che contengono *otto definizioni e tre leggi del moto*.

Le *definizioni* sono le seguenti:

– La quantità di materia è la misura della medesima ricavata dal prodotto della sua densità per il volume.

– La quantità di moto è la misura del medesimo ricavata dal prodotto della velocità per la quantità di materia.

– La forza insita della materia è la sua disposizione a resistere; per cui ciascun corpo, per quanto sta in esso, persevera nel suo stato di quiete e di moto rettilineo uniforme.

– Una forza impressa è un'azione esercitata sul corpo al fine di mutare il suo stato di quiete e di moto rettilineo uniforme.

– La forza centripeta è la forza per effetto della quale i corpi sono attratti, o sono spinti, o comunque tendono verso un qualche punto come verso un centro.

– La quantità assoluta di una forza centripeta è la misura della medesima, ed è maggiore o minore a seconda della potenza della causa che la diffonde dal centro attraverso gli spazi circostanti.

– La quantità acceleratrice di una forza centripeta è la misura della medesima ed è proporzionale alla velocità che, in un dato tempo, essa genera.

– La quantità motrice di una forza centripeta è la misura della medesima ed è proporzionale al moto che, in un dato tempo, essa genera.

Alle definizioni segue lo *scolio*, in cui Newton pone quei concetti di *tempo* e di *spazio assoluti* che costituiscono il fondamento della sua fisica. Il tempo assoluto non ha relazione con qualcosa di esterno, scorre uniformemente ed è chiamato “durata”. Il tempo relativo è invece quello che usiamo al posto del tempo vero, e che si misura in ore, giorni, mesi ecc.

Anche lo spazio assoluto non fa riferimento a qualcosa di ester-

no, cioè resta sempre identico a se stesso e immobile. Lo spazio relativo non è che la misura o la dimensione mobile dello spazio assoluto, che cade sotto i nostri sensi, entrando in relazione coi corpi. Il luogo invece è la parte dello spazio occupato dal corpo e, a seconda dello spazio, può essere assoluto o relativo. Insomma tempo e spazio nell'universo sono degli "assoluti" in quanto non si possono misurare, sono dei postulati indimostrabili.

Il moto assoluto è la traslazione di un corpo da un luogo assoluto in un luogo assoluto; così vale per il moto relativo: da un luogo all'altro relativi. Nello spazio immobile e nel tempo costante il moto è rettilineo e uniforme, privo di accelerazioni, ma tempo e spazio assoluti non possono essere oggetto di osservazione, poiché qualunque misurazione fa sempre riferimento a qualcosa di relativo, pertanto vengono assunti come postulati teorici indimostrabili (teoria, questa, che verrà smontata da Einstein).

Le tre *leggi del moto* (assiomi) riguardano il principio di inerzia (di conservazione del moto rettilineo uniforme).

– La *prima* di queste leggi riprende quella galileiana (e cartesiana) sul moto uniforme: "Ogni corpo si mantiene nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, salvo che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse", cioè finché su di esso non agisce una qualche forza, che va spiegata fisicamente. La materia quindi, considerata in sé e per sé, non si muove in circolo, ma in linea retta indefinita, in modo uniforme, inerziale. Se un corpo si muove in circolo è perché in realtà sta conservando un determinato momento angolare, mentre viene attratto dalla forza gravitazionale di un altro corpo. In ogni caso ogni corpo che si muove in circolo tende ad allontanarsi dalla traiettoria curva. La traiettoria rettilinea è ovviamente possibile solo in uno spazio infinito (come per Cusano e Bruno): il principio di inerzia non può essere osservato sulla Terra, dominata com'è dagli attriti di altri corpi. Nel cosmo inerziale ed euclideo non vi sono accelerazioni, in quanto lo spazio è immobile e il tempo è costante, entrambi indipendenti dal movimento dei corpi.⁸⁶ Quindi per Newton le forze che si oppongono a un moto rettilineo uniforme sono un'eccezione: per lui è come se ogni corpo proceda per conto proprio, incontrando altri corpi in maniera del tutto casuale. In realtà nell'universo l'attività delle forze (che spesso si condizionano a vicenda) è sempre presente. Se c'è qualcosa di statico, è perché sta morendo, o meglio, si sta

⁸⁶ A dir il vero Galilei riteneva che un moto inerziale avrebbe assunto una direzione circolare, e non rettilinea come invece dedusse Newton. Infatti, secondo Galilei i pianeti si muovevano di moto circolare uniforme attorno al Sole senza subire alcun effetto, gravitazionale o di altro tipo. Egli non ha mai ammesso un'azione a distanza tra i corpi, come quella, p. es., teorizzata da Keplero.

trasformando in qualcosa di diverso. Tempo e spazio si influenzano sempre reciprocamente.

– La *seconda* legge è una conseguenza della prima: “La forza è uguale al prodotto della massa per l'accelerazione, cioè l'accelerazione è proporzionale alla forza che ha agito sul corpo in movimento e ha la stessa direzione della forza agente, mentre è inversamente proporzionale alla massa del corpo”. Una legge implicita nella teoria di Galilei sul moto dei proiettili, anche se Galilei non aveva chiara la distinzione tra massa e peso (egli infatti trascurò di considerare che l'accelerazione può essere impiegata come un mezzo per misurare l'entità della forza produttrice del moto, cioè la massa della Terra). Con questa legge Newton stava praticamente dicendo che quando due corpi nel cosmo si scontrano, quello che ha una massa minore subirà una deviazione maggiore dal suo percorso rettilineo uniforme.

– La *terza* legge è quella dell'uguaglianza tra azione e reazione: “A ogni azione si oppone sempre una reazione uguale e contraria, cioè le azioni reciproche fra due corpi sono sempre uguali per intensità e dirette in senso opposto”. Non si può parlare di “forze” se non mettendo i corpi in relazione tra loro. L'importante però è affermare il principio della conservazione della quantità di moto. Questa legge gli permetterà di formulare nella terza parte del libro quella della gravitazione universale.⁸⁷ Anche di questa legge si trovano tracce in molte ricerche di Galilei. La gravità è una forza attrattiva universale che agisce su tutti i corpi. Il movimento dei corpi sulla Terra, della Luna intorno alla Terra e dei pianeti intorno al Sole ha un'unica causa: una forza universale di attrazione gravitazionale, direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato delle loro distanze. Quindi più i corpi sono massicci e vicini, più intensa è la forza di attrazione di quelli grandi nei confronti di quelli più piccoli, ma anche quelli più piccoli possono esercitare una forma di gravitazione nei confronti di quelli più grandi, come succede p.es. con la Luna nei confronti della Terra per il fenomeno delle maree. La forza totale esercitata dalla Terra sulla Luna deve essere uguale, ma di senso opposto, alla forza totale esercitata dalla Luna sulla Terra, ma siccome la Terra ha una massa superiore, la sua forza prevale.

A) Nella *prima sezione* dei *Principi* Newton fa capire che l'esame fisico dei comportamenti dei corpi sulla Terra, nelle loro reciproche influenze, è applicabile anche ai corpi nei cieli. La spiegazione delle leg-

⁸⁷ Da notare che Newton sostenne che l'idea di questa gravitazione universale gli era stata suggerita, prima ancora che da Hooke, dai lavori di Ismael Bullialdus e di Giovanni A. Borelli.

gi dell'universo non è che una proiezione delle spiegazioni date a fenomeni meccanici osservati sulla Terra. Infatti, prima ancora di parlare di astronomia, Newton sostiene che “se tutti i punti di una data sfera sono sottoposti a uguali forze centripete, che diminuiscono in ragione doppia delle distanze da questi punti, una sfera eserciterà su una qualsiasi altra sfera, composta di parti omogenee fra di loro, un'attrazione inversamente proporzionale ai quadrati delle distanze dei loro centri”. Non solo, ma egli era arrivato alla conclusione che quanto era vero sul piano macroscopico, doveva esserlo anche su quello microscopico. In sostanza aveva dato una dimostrazione matematica a ciò che già si era intuito, in chiave filosofica, durante l'Umanesimo. La forza di attrazione che tiene uniti i corpuscoli (o gli atomi) era sostanzialmente identica a quella gravitazionale.

B) Nella *seconda sezione* Newton parla di meccanica dei fluidi (idrostatica e idrodinamica), cioè del moto dei corpi nei mezzi resistenti, criticando i vortici cartesiani. Egli vuole verificare la forza di gravità in altra maniera, poiché è a questa forza che vuole ricondurre tutto. Sul piano astronomico infatti sostiene che i pianeti non possono essere trasportati da vortici di materia, ma solo da movimenti regolari, percorrendo aree proporzionali al tempo, come vuole l'orbita ellittica. I vortici possono avere senso in uno spazio libero dalla gravitazione.

C) La *terza sezione*, dedicata al “sistema del mondo” (cosmico), approfondirà questo argomento. La Luna è, in un certo senso, “prigioniera” della Terra, poiché è costantemente deviata dal moto rettilineo in virtù della forza di gravità del nostro pianeta. Questa forza riguarda tutti i pianeti e tutti i loro satelliti, ed è una forza proporzionale alla quantità di materia che ciascuno di essi contiene. Tutti i corpi s'attirano tra loro con una forza direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza che li separa. Vengono così spiegate le orbite ellittiche di Keplero, che non potevano essere frutto del caso. Tuttavia Newton non era in grado di spiegare perché tutti i corpi si attraggono reciprocamente: questo lo spiegherà Einstein.

Regole del filosofare

Questa terza parte dei *Principi* era stata introdotta dalle quattro *Regole del filosofare*.⁸⁸

⁸⁸ Attenzione che nella prima edizione dei *Principi* (1687) tali regole erano considerate delle semplici “ipotesi”, cioè presupposti non dimostrati, ancorché plausibili. Per esempio, la forza di gravità si può descrivere come legge, ma la domanda sulla natura di questa forza è destinata a restare senza risposta. A Newton

1 – *Semplicità della natura*. Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.

Detto altrimenti: la natura, nella sua essenzialità, è rigorosa nelle sue leggi, non fa nulla senza uno scopo preciso, e ciò che fa in poche cose non viene fatto in molte cose. Viene qui riproposto il criterio di economicità assunto da Guglielmo d'Ockham, il quale peraltro evitava ipotesi metafisiche. Newton è quindi contrario non solo alle spiegazioni metafisiche ma anche alle ipotesi astratte: *hypotheses non fingo*. Ciò che non può essere dedotto dai fenomeni, è un'ipotesi. Il problema è che per “fenomeno” egli intendeva solo quello naturalistico o quantitativo, interpretabile in chiave matematica.

2 – *Uniformità della natura*. Perciò, finché può esser fatto, le medesime cause vanno attribuite ad effetti naturali dello stesso genere.

È questo il fondamento per la formulazione di leggi universali, valide anzitutto sull'intero pianeta, ma possibilmente anche per l'intero universo (la materia possiede qualità universali).

3 – *Omogeneità della natura*. Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e quelle che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile impiantare esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti i corpi.

Cioè in sostanza le qualità dei corpi si possono conoscere solo per mezzo di esperimenti scientifici, sicché devono essere considerate generali solo quelle che concordano con tali esperimenti. Quelle che non possono essere aumentate, non possono nemmeno essere sottratte.

4 – Nella *filosofia sperimentale*, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, devono, nonostante le ipotesi contrarie, essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, finché non interverranno altri fenomeni, mediante i quali o sono rese più esatte o vengono assoggettate ad eccezioni.

Il che in sostanza voleva dire che la natura procede in maniera regolare, si comporta sempre nello stesso modo e la materia possiede delle qualità universali. La generalizzazione è dunque legittima, anche quando è tutt'altro che dimostrata empiricamente.

Che commento fare di queste leggi? Diciamo che può far comodo pensare che la natura sia “semplice” per escludere ipotesi di tipo metafisico con cui spiegare i fenomeni naturali. In realtà oggi diciamo che

non interessava “inventare ipotesi” per descrivere l'origine ultima delle cose, ma gli bastava – come già in Galilei – descrivere il loro funzionamento. Solo che quando smetterà di scrivere testi scientifici e inizierà a scrivere quelli teologici, farà proprio il contrario! Una incoerenza in cui Galilei non cadrà mai.

la natura è in grado di sostituire qualunque concezione metafisica dell'universo proprio a motivo della sua incredibile complessità. Si pensi solo al fatto che è proprio grazie alla sua complessità che essa è in grado di ovviare, sempre meno purtroppo, ai disastri ambientali provocati da un altro essere non meno complesso: l'uomo. Fa comodo pensare alla semplicità della natura per meglio dominarla con gli strumenti matematici e tecnologici. Tuttavia, ogni danno arrecato alla natura, l'uomo lo arreca a se stesso, poiché egli è anche un ente di natura. In ogni caso una regola che si pensa possa essere applicata alla natura, non è detto che possa valere anche per l'essere umano. Non si può aver la pretesa di affrontare la complessità dei fenomeni umani con la stessa pretesa di sottoporre i fenomeni naturali, aventi leggi universali e necessarie, all'analisi matematica o fisica, nell'illusione di poter ottenere sempre delle evidenze incontestabili.

Quanto al secondo principio, va detto che la relatività di Einstein lo mise profondamente in discussione, in quanto introdusse il tema del punto di vista dell'osservatore. Inoltre arrivò a dire che l'universo non è tridimensionale ma quadridimensionale, in quanto la categoria dello spazio-tempo è importante non meno delle altre tre geometriche. Quando poi si scoprirà che in realtà l'universo è pentadimensionale (nel senso che vi è anche l'elemento della *libertà di coscienza* da considerare), chissà quante altre leggi conosceremo. In ogni caso sul piano economico già Marx aveva constatato, a più riprese, che questo principio "newtoniano" è sbagliato, poiché, pur esistendo commerci molto sviluppati nell'area islamica e bizantina, solo nell'Europa occidentale si sviluppò il capitalismo. Tutti gli altri Paesi del mondo dovettero importarlo.

Il terzo principio è da reputarsi falsissimo. Questo perché la complessità della natura va oltre qualsiasi esperimento da laboratorio. Definire la natura con aggettivi come regolare, stabile, prevedibile... è un atto di imperio del metodo induttivo, che pretende verità assoluta anche quando questa verità è in netto contrasto coi sensi. Gli esperimenti non sono veri semplicemente perché la natura è sempre identica a se stessa e non può contraddirli.

L'ultimo principio – bisogna ammetterlo – è piuttosto paradossale. Mentre in quelli precedenti Newton faceva capire che la scienza è vera in forza della semplicità e regolarità e uniformità della natura, ora invece essa sembra essere vera di per sé, a prescindere dalla natura, a meno che un esperimento scientifico non sia in grado di porre obiezioni a un altro esperimento compiuto in precedenza. La natura non è in grado di fare alcunché. Siamo in piena autoreferenzialità della scienza matematica e fisica.

Newton aveva unificato tutta la fisica: le stesse leggi che valeva-

no per la Terra, valevano anche per i cieli. L'ordine gerarchico del cosmo, stabilito da Aristotele, veniva definitivamente infranto. I cieli non erano che una "proiezione" della Terra e l'universo risulta del tutto omogeneo.⁸⁹

Metodologia scientifica

A) Newton afferma che da un numero limitato di osservazioni non è possibile dedurre certezze indiscutibili o proposizioni sicuramente vere, ma poi si comporta proprio così e senza voler sottoporre a un dibattito pubblico le sue scoperte.

B) Afferma di poter spiegare la forza di gravità nel suo funzionamento ma non nella sua motivazione: d'altra parte nessun esperimento è, secondo lui, in grado di rivelare la natura dei corpi o delle forze. Questo perché esiste, per la fisica, solo ciò che è traducibile in termini matematici o quantitativi. E l'astronomia non è altro che la fisica più la matematica. (Su questo vedi il commento più avanti.)

C) Le leggi individuate per via induttiva possono spiegare anche quei fenomeni che per via deduttiva risultano unificati, cioè che ricadono nell'ambito di quelle leggi (metodo induttivo-deduttivo).

D) Sostiene che il movimento nel cosmo (incluso quello della luce) deve aver avuto un'origine (una causa), perché i movimenti dei corpi, quando si urtano, subiscono una entropia (una parte della loro forza si disperde, o addirittura essi si fermano e, se riprendono il movimento, questo è più debole del precedente). L'universo quindi sembra tendere verso la quiete, verso uno stato di progressiva diminuzione del moto complessivo, fino a raggiungere un equilibrio stabile. Dunque cosa può impedire all'universo di collassare su se stesso? Di qui la necessità di una intelligenza cosmica (Dio) che ristabilisca l'equilibrio compromesso dall'*entropia* (e, secondo Newton, lo farebbe attraverso lo strumento delle comete). Dio quindi non aveva solo creato il mondo e, come voleva Cartesio, dato inizio al movimento, ma, di tanto in tanto, doveva intervenire per impedire che il movimento si fermasse (usando p.es. lo strumento delle comete). Leibniz criticherà questo modo di considerare la divinità come una sorta di orologiaio poco esperto.⁹⁰ In ogni caso per Newton

⁸⁹ Sarà dopo la pubblicazione dell'*Ottica* (1704) che Newton, sino alla fine della sua vita, si dedicherà esclusivamente a studi religiosi, che volle mantenere inediti, evitando accuratamente d'essere coinvolto in dispute spiacevoli (il solo commento dell'*Apocalisse* lo tenne impegnato per 550 pagine!).

⁹⁰ Ricordiamo qui che per Leibniz se i corpi sono visti solo come estensione (era la tesi di Cartesio), anche se hanno ricevuto una spinta iniziale, tendono a fermarsi. Sicché arriva a dire che la materia si muove per conto proprio, sulla base

non era possibile che la coscienza e l'intelligenza derivassero dalla materia, essendo questa troppo semplice e uniforme, anche se Dio può porre nelle leggi matematiche della natura l'essenza razionale di sé.

E) Oggi, secondo le teorie di Einstein, siamo arrivati alla conclusione che la gravità, in un certo senso, è un'illusione. In realtà è un effetto della curvatura dello spazio sui corpi in movimento. I corpi sono in libera fluttuazione, il loro movimento naturale nello spazio segue traiettorie rettilinee. La Terra ruota attorno al Sole non perché se ne sente attratta dalla sua forza di gravità, ma perché il Sole, a causa della sua grande massa ruotante su se stessa, incurva lo spazio circostante e questa curvatura si trasmette fino a grandissime distanze. La Terra, se finisce col muoversi all'interno di questo spazio curvo, non può che seguire una traiettoria curva, e lo stesso fa la Luna. In poche parole lo spazio dice alla materia come muoversi e la materia dice allo spazio come incurvarsi. Questo vuol dire che lo spazio non è assoluto, ma può restringersi o espandersi e quindi anche il tempo può dilatarsi o contrarsi, e non è possibile parlare dell'uno senza parlare dell'altro.

F) La teoria della gravitazione universale mostra tutti i suoi limiti in presenza di campi di gravità molto intensi, cioè in presenza di intense curvature dello spazio, come p.es. quella in cui si trova Mercurio, essendo molto vicino al Sole. Infatti il perielio di Mercurio si muove più velocemente di quanto prevedeva Newton.

G) Da notare che quando Newton chiude il percorso della rivoluzione scientifica di tipo meccanicistico, la matematica si era così sviluppata che, sul piano astronomico, non ebbe bisogno di elaborare nuove teorie usando lo strumento del telescopio. Anzi, tutte le leggi ch'egli elabora, se si escludono quelle ottiche, non dipesero da particolari esperimenti compiuti, ma semplicemente da riflessioni di tipo logico-matematico. Paradossalmente, proprio in campo astronomico egli pose le basi di un metodo più deduttivo che induttivo, arrivando a dire che i fenomeni possono essere ricavati da leggi generali, impostate in maniera matematica (in cui un certo ruolo l'avrebbe avuto la statistica, per trovare le ricorrenze, le invarianze nel tempo). Insomma, posta l'identità di fisica terrestre e fisica celeste, che è il postulato fondamentale di tutta la scienza meccanicistica (poi clamorosamente smentito dalla scienza quantistica e

di una propria forza o energia del tutto immateriale, cioè inestesa. Tra materia ed energia, tra estensione e forza esiste una certa equivalenza. La materia è una forza viva (un'entità metafisica), di cui l'estensione è solo una manifestazione: ecco perché il suo movimento è intrinseco, è una "potenza attiva primaria". Un modo di vedere la natura, questo, molto vicino a quello rinascimentale, anzi a quello pre-socratico della filosofia naturalistica, allorché si parlava di panspichismo o di ilozoismo.

relativistica), il compito dell'astronomo, già a partire dal contributo dato da Newton, si riduceva semplicemente alla precisazione di principi fisico-matematici stabiliti in precedenza (nella fattispecie le teorie di Galilei e di Keplero). Alla fine ciò che davvero Newton era riuscito a scoprire era che il peso di un oggetto di uguale massa cambia sulla superficie dei diversi pianeti proprio perché questi esercitano una diversa forza di gravità. Inoltre egli era stato in grado di spiegare meglio l'irregolarità del moto di alcuni pianeti rispetto a orbite ellittiche non perturbate. Infine dava una spiegazione sufficientemente esauriente al fenomeno delle maree.

Commento al punto B)

Newton affermò che nessun esperimento è in grado di rivelare la natura dei corpi o delle forze. Ma che cos'è questa "natura"? L'affermazione è piuttosto strana. Si pensi solo al fatto che le leggi universali della dialettica furono scoperte da Hegel in maniera puramente filosofica, senza fare alcun esperimento scientifico. Perché dunque privarsi della possibilità di comprendere la natura al di là di ciò che si può capire da un esperimento scientifico.

Questa sua ontologia matematica non arricchisce la comprensione della natura, ma la svilisce, riducendola a qualcosa di meccanico. Si badi, non era sbagliata l'idea di trattare in modo matematico *solo* ciò che è quantificabile. Era sbagliata l'idea di considerare la natura soltanto come un fenomeno traducibile in un linguaggio matematico.

La gravitazione definita come una forza direttamente proporzionale alle masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza, secondo la formula $F = g (m_1 \cdot m_2) / d^2$, è tutto ciò che, in ambito scientifico, può essere detto della gravitazione. Il metodo matematico-geometrico diventa il fondamento della conoscenza. Tuttavia, se tutto ciò che non è riducibile a rapporti matematici, non viene considerato "scientifico", è evidente che la matematica si trasforma in una nuova teologia dogmatica.

Come diventa la comprensione della realtà umana secondo questi principi meccanicistici? Diventa riduzionistica, semplificata a proposizioni ritenute incontrovertibili, le quali, proprio per questa pretesa schematica, diventano arbitrarie. Ci si deve abituare a considerare veri solo gli esperimenti scientifici. E le regole considerate valide sul piano scientifico vengono usate anche per interpretare qualunque tipo di fenomeno.

Il problema purtroppo è che sul piano sociale le regole per interpretare i fenomeni sono date, nei sistemi antagonisti, dai poteri dominanti. Basarsi sul senso comune "scientifico", sull'abitudine a considerare veri solo i risultati di laboratorio o solo i ragionamenti matematici non

ha alcun senso se non si scoprono le dinamiche che sottostanno ai conflitti sociali. Alla fine la scienza resta induttiva (nel migliore dei casi) quando si affrontano i fenomeni naturali, ma ridiventa deduttiva quando si affrontano quelli sociali.

Se Newton avesse guardato la gravitazione con occhi filosofici, probabilmente avrebbe capito in maniera più semplice e diretta ch'essa non è una forza che proviene dalla massa in sé dei corpi, bensì dal loro movimento rotatorio, che intrappola, in una specie di vortice, i corpi che hanno una massa meno pesante. I corpi non sono sospesi in uno spazio vuoto perché immobili, ma perché si muovono, a velocità astronomiche, in linea retta o secondo una linea circolare. Quando sono catturati da corpi più pesanti, conservano comunque la loro forza centrifuga. Nell'universo vi sono gerarchie da rispettare, ma è ben visibile anche un'autonomia di movimento.

I concetti di tempo e spazio assoluti

Sulla concezione newtoniana del tempo e dello spazio assoluti ci sarebbe molto da discutere, ma rimandiamo a quanto già scritto su questi due concetti nel libro *Spazio e tempo* (ed. Amazon). Abbiamo già visto che secondo Newton lo spazio e il tempo sono realtà-limite, asintotiche, inaccessibili ai sensi, presupposti assoluti che garantiscono il movimento inerziale dei corpi.

Qui però potremmo aggiungere queste considerazioni. Il tempo e lo spazio ci appaiono assoluti anche nel caso in cui non devono essere necessariamente considerati eterni e infiniti: ci basta sapere ch'essi sono così estesi da risultare incalcolabili. Cioè l'idea che tempo e spazio possano aver avuto un inizio non ci impedisce di considerarli illimitati. A noi umani basta sapere ch'essi sono una garanzia sicura per la nostra libertà di movimento, per la piena realizzazione della nostra identità personale. Non possono esistere uno spazio e un tempo così assoluti o così relativi da obbligarci o impedirci a noi di essere quel che dobbiamo essere: umani e naturali.

Sembra che sulla Terra noi si debba vivere un'esistenza provvisoria a motivo del fatto che abbiamo posto delle condizioni troppo difficili da essere vissute in maniera equilibrata. Cioè col tempo abbiamo creato un inferno, dal quale, se non vogliamo perderci, sarebbe meglio uscire il più presto possibile. Forse è per questo che preferiamo considerare relativi lo spazio e il tempo e considerarli assoluti solo in relazione all'universo, ma all'inizio del nostro arrivo su questo pianeta dovevamo avere una percezione piuttosto diversa, in virtù della quale non facevamo differenza tra Terra e Cosmo. La rivoluzione scientifica, in un certo senso, è stata il

tentativo di recuperare una somiglianza di tutta la materia cosmica, un'uguaglianza degli elementi che la compongono, prescindendo dal tempo e dallo spazio. Solo che ciò è stato fatto dal punto di vista di una matematica che in mano alla borghesia ha reso l'inferno ancora più invivibile.

Tempo e spazio per questo tipo di scienza hanno senso solo in quanto misurabili. Non sono considerati come elementi di vita, altrimenti gli scienziati si sarebbero accorti che la vita non è matematizzabile, se non a condizione di compiere una riduzione, una delimitazione di campo (di indagine). Il problema è che tale scienza, proprio in forza di tale riduzionismo, ha la pretesa di porsi in maniera oggettiva. Bisognerebbe in realtà dire il contrario: si è tanto meno oggettivi, quanto più si circoscrive il sapere a pochi enunciati.

In che cosa consiste il metodo scientifico?

Lo scienziato non è un teologo, che ha già la risposta pronta per ogni domanda di carattere etico-religioso, potendosi avvalere non solo della Bibbia ma anche di una infinità di testi edificanti o dogmatici. E non è neppure un filosofo, che cerca sempre di relativizzare i problemi di ordine etico o politico, in maniera tale da trovare una risposta che, nella sua astrattezza, è sufficientemente condivisibile. Non è neppure un giurista, che per risolvere determinati problemi deve prima consultare vari manuali, attenendosi scrupolosamente ai tanti articoli di legge o cercando di interpretarli come gli conviene. Lo scienziato ha una mente più empirica: parte da una domanda che ancora non ha trovato risposta nella società. E la domanda non è tipo etico ma *tecnico*. Cioè non riguarda né i massimi sistemi né le opzioni di tipo morale, ma semplicemente i mezzi e i metodi scientifici con cui soddisfarla.

Lo scienziato procede subito a compiere osservazioni sistematiche (accurate operazioni di misura), al fine di raccogliere molti dati quantitativi. Analizza i dati mettendoli in relazione tra loro. Formula ipotesi che hanno la forma di relazioni matematiche. L'ipotesi è una soluzione provvisoria del problema. Avendo un valore probabilistico, essa, una volta confermata, dovrà non solo spiegare i fatti conosciuti, ma anche predirne altri. Basandosi sull'ipotesi lo scienziato cerca altri indizi, osservazioni: si comporta come un detective. È convinto di avere un modello interpretativo con cui, prima o poi, troverà una giusta soluzione. Mette in preventivo di poter essere costretto a formulare e verificare più ipotesi, prima di risolvere un problema.

Quando è in grado di dedurre le prime conseguenze dal suo lavoro, ecco che sorgono nuove domande o nuove ipotesi. Per controllare le quali procede con l'esperimento, che consiste in una esecuzione accurata

e ripetuta di determinati processi, al fine di ottenere una certa reiterazione. Se l'ipotesi resiste a ripetute verifiche, può ambire a diventare una teoria. Statisticamente lo scienziato è convinto che quanto più le cose si ripetono tanto più sono vere. Dopodiché procede alla elaborazione di una legge univoca o di una teoria ben definita. La stessa ipotesi di partenza viene riformulata in maniera sintetica. Questo metodo è considerato "scientifico" nel senso che alla fine un determinato effetto risulta essere la conseguenza di una determinata causa.

La razionalità quindi è quella matematica che si avvale di esperimenti scientifici, supportati da mezzi tecnologici. È reale solo ciò che è osservabile in maniera quantitativa e può essere manipolato con strumenti che vanno al di là dei cinque sensi. Il non-senso etico della vita borghese viene sublimato in chiave matematica. Lo scienziato diventa infallibile come il pontefice romano. Paradossalmente l'esperimento viene ad assumere i connotati di un'esperienza magica.

Con la scienza sperimentale nasce la divisione del sapere, nonché la divisione dell'oggetto del sapere dal soggetto dell'esperienza scientifica. Fu giusto operare il superamento del sapere astratto (teologico e filosofico), ma lo si fece imponendo una nuova separazione, quella tra chi conosceva le scienze esatte e chi quelle umanistiche, tra chi poteva disporre di strumenti tecnologici avanzati e chi no. Col sapere scientifico si diffonde la convinzione che si tratti di un sapere neutro, indipendente dalla volontà del soggetto, dalla sua personalità e da tutto ciò che non è scientifico. La stessa etica viene fatta passare per qualcosa di opinabile, di indimostrabile, di soggettivo. L'apparente neutralità del sapere scientifico viene sbandierata come forma oggettiva dei suoi contenuti: in tal modo si celavano gli stretti rapporti tra scoperte scientifiche e interessi economici.

Il vero problema, che la scienza esatta non è in grado di risolvere, sta nel fatto che nel mondo umano non esiste così facilmente la possibilità di determinare delle cause univoche. Un determinato effetto sembra per lo più essere la conseguenza di molteplici cause, che a volte si sommano, restando distinte, ma altre volte si sovrappongono, si giustappongono, confondendosi. La vita è sostanzialmente fatta di *concause*, di cui la principale o la decisiva non è sempre così facile da individuare.

La scienza considera la natura qualcosa di "oggettivo". Per essa un "fatto" non è altro che un'osservazione confermata da più persone sulla base di evidenze (evidenze che dipendono dai sensi o dagli esperimenti). Tuttavia, se prendiamo in esame il comportamento umano, bisogna dire che di "oggettivo" vi è solo la *libertà di coscienza*, che di sicuro non può essere oggetto di misurazione. Questo per dire che i risultati ottenuti dalla scienza nei confronti della natura sono ben poca cosa rispetto a

quelli che può ottenere l'etica nei confronti della coscienza.

La scienza moderna non è così “innocente” come quella greca, non nasce dalla curiosità pura e semplice o da osservazioni accidentali, limitate da una tecnologia primitiva. Questo senza nulla togliere al fatto che nel VI sec. a.C. il pensiero razionale greco o ellenistico fu espressione delle classi mercantili, in opposizione a quello mitologico delle classi aristocratico-schiavistiche.⁹¹ La scienza sperimentale borghese è intenzionata, sin dall'inizio, a contrapporsi alla teologia scolastica e alla filosofia peripatetica, che dominavano in tutti gli ambienti universitari e nella cultura dominante. Di queste discipline non vogliono salvare nulla, se non quello che occorre per non finire d'essere accusati d'eresia e condannati al rogo. Questa scienza, che in nome della tecnologia ha preteso di basarsi sull'evidenza, ha fatto delle proprie scoperte qualcosa di “teologico”, spacciandole come verità inconfutabili.

Il che non vuol dire che nell'uso tecnologico della scienza l'istanza emancipativa nei confronti delle autorità costituite non fosse profondamente giusta. I fatti però hanno dimostrato che quella istanza, non essendo stata associata a una rivoluzione politica, che scardinasse le fondamenta del sistema, ha soltanto fatto gli interessi della nuova classe emergente: la borghesia. È stata un'istanza a favore del popolo, tradita da una classe particolare, quella stessa classe che nel Settecento farà le rivoluzioni politiche in Inghilterra, Stati Uniti e Francia, con cui superare in maniera irreversibile l'*ancien régime*, senza per questo creare un vero sistema democratico-popolare.

Infatti uno dei risultati più catastrofici della scienza sperimentale, che sin da allora si poteva tranquillamente verificare, fu l'assoluta parcelizzazione del sapere, dove ogni campo d'indagine è spesso incomunicabile con gli altri. Si era persa quella visione olistica delle cose che ancora esisteva al tempo dell'Umanesimo. Ancora oggi possiamo avere un ricercatore che sa tutto sui virus e nulla sui batteri. Quanto più ci si specializza in modo settoriale, tanto più si perde la visione globale della realtà, e sempre meno si è capaci di porre domande sulla scienza in sé, sulla vita e su se stessi. Con lo specialismo è finito il processo integrativo. Poste queste premesse, non ha davvero alcun senso parlare di pretesa universa-

⁹¹ Se vogliamo, potremmo dire che l'astronomia 4-5000 anni fa è stata, insieme alla mitologia, la prima forma di ideologia utilizzata per giustificare lo schiavismo come sistema sociale. L'astronomia non serviva soltanto per predire i mutamenti della natura e delle stagioni o come guida per i naviganti (l'Orsa maggiore guidava i Geci, l'Orsa minore i Fenici), ma anche per dare prestigio ai sovrani, che potevano così circondarsi di un'aureola magica; dava prestigio anche ai sacerdoti, che fingevano di svolgere un'opera di mediazione tra il popolo e il sovrano.

le della scienza. È persino molto grave il disinteresse che la scienza pura mostra verso la tecnica e le applicazioni in generale delle scoperte scientifiche. Oggi fa sorridere il fatto che Fermi e Oppenheimer non avessero previsto che la scissione dell'atomo poteva portare alla bomba atomica. Ancor più insopportabile è la pretesa della scienza di manipolare le masse, rendendole oggetto di esperimenti da laboratorio o di analisi comportamentali.

Per queste ragioni va demistificata completamente l'equazione sapere = liberazione, che già troviamo nella cultura classica del mondo greco, per quanto, almeno fino a Pitagora, si cercasse di vivere un'esperienza unificante (comunitaria) tra discipline e persone. Il luogo che invero la scienza non può essere quello della conoscenza ma solo quello del *soggetto*, proprio per evitare il rischio di stabilire una falsa neutralità. La scienza, come fenomeno che teorizza l'abolizione del soggetto dal contenuto delle sue ricerche, fatto passare per oggettivo proprio in forza di tale separazione, va nettamente superata. La scienza resta sempre intrisa di ideologia, che quanto meno si pone come inconfessata precomprensione, come riflesso, più o meno inconscio, di una cultura dominante. All'origine del sapere scientifico non c'è più una domanda ingenua, basata sulla curiosità (come nelle civiltà pre-schiavistiche), ma ci sono interessi affaristici, pregiudizi ideologici, che non possono essere facilmente eliminati, come voleva Bacone. L'osservazione è sempre comandata da un'aspettativa che nasce dalla cultura dominante.

È solo la *relazione sociale* finalizzata al *bene comune* che può rendere “scientifica” la scienza. Dobbiamo trasformare il sapere scientifico, intellettualistico, in “sapienza”, che è quella conoscenza che include aspetti etici, olistici, sociali. Certo, possono esistere ipotesi scientifiche in grado di dare di se stesse le chiavi della propria verifica, ma solo su problemi concreti, al massimo, non sul modo di vivere la libertà, sui valori umani in generale. La scienza, per essere davvero “scientifica”, dovrebbe quanto meno premettere che siamo sempre condizionati da interessi borghesi o da pregiudizi ideologici (anticomunisti, p.es.). Sarebbe addirittura meglio dire che non esiste un sapere “scientifico” sull'uomo, in quanto la libertà umana non si lascia intrappolare da alcun sapere.

Va inoltre detto che nel mondo greco la scienza (l'episteme), pur negando giustamente valore di conoscenza al mito, quale espressione della cultura aristocratica, ebbe però torto nel qualificarlo con aggettivi come “nebuloso”, “leggendario”, “ingenuo”... La pretesa di un sapere epistemico, quella di ottenere un sapere “oggettivamente valido” per tutti, si tradusse nel mondo greco nell'uso astratto della logica e della dialettica, che produssero la metafisica. Il sapere sulla natura (fisica) nasceva addirittura dalla metafisica. La crisi definitiva di tale sapere, che nel Me-

dioevo si era trasformato in teologia, avvenne con la scienza sperimentale del Seicento.

Il mito in realtà è conoscenza “simbolica” (unificante) di come le cose erano all'inizio, così come ha scoperto l'antropologia culturale. Va semplicemente depurato dalle incrostazioni ideologiche della classe dominante. Il mito non pretendeva, nelle società pre-schiavistiche, di esaurire il significato ultimo della realtà. Il “già-dato” cui si riferiva non permetteva all'uomo di modificarlo a proprio piacimento. Infatti il presupposto culturale di partenza, indipendente dalla volontà umana, dovrebbe essere quello secondo cui la natura ci è data e non possiamo modificarla a nostro piacimento. Per potersi dare, la natura ci ha messo, sulla Terra, oltre quattro miliardi di anni. La lunghezza spropositata di questo tempo dovrebbe indurci a considerarla non come un oggetto da sfruttare, ma come un'entità da rispettare in tutte le sue forme. Noi non sappiamo più cosa sia un'esistenza umana, conforme a libertà, proprio perché non sappiamo più cosa sia un'esistenza naturale.

La scienza moderna invece vuole ordinare la realtà umana e naturale per dominarle. Per farlo, deve prima ridurre la totalità del reale ai suoi singoli componenti, che vengono analizzati separatamente e quindi arbitrariamente. Sotto questo aspetto neppure la filosofia è in grado di stabilire una linea di demarcazione tra ciò che è scientifico e ciò che non lo è: non tanto perché la filosofia ha meno capacità della scienza, quanto perché non è mai un tipo di “sapere” che può dire a un altro sapere dove sta la verità ultima delle cose.

Per lo scienziato ciò che l'esperienza non determina in modo univoco (inequivocabile) è considerato opinabile (filosofico). Ma questo è un modo ideologico di affrontare la realtà e la conoscenza. Se un'ipotesi si può controllare solo in chiave matematica, non c'è alcuna garanzia che la correttezza di una teoria possa essere applicata al di fuori di quella teoria stessa. Laddove manca l'uso della facoltà di scelta, la correttezza di una teoria incontra dei limiti insuperabili per qualunque tipo di conoscenza.

Si noti che per lo scienziato il “dato” è soltanto il frutto di una costruzione teorica. Cioè quando l'esperienza viene elaborata a un punto tale da poter essere concettualizzata (una teoria scientifica), ecco che allora viene considerata come un “dato”. Oggetto della scienza non è tanto la realtà in sé, ma una conoscenza *scientifica* della realtà. Gli oggetti non vengono colti nella loro immediatezza, ma attraverso un'elaborazione quantitativa dell'esperienza immediata.

Oggi la matematica, trasformatasi in infotelematica, ha assunto un ruolo totalizzante, essendo in grado d'interferire in qualunque comportamento umano. In un certo senso ha smesso d'essere un linguaggio

specialistico. La sua stessa universalità non è stata ottenuta col concorso della filosofia, ma autonomamente, per un sviluppo tutto interno ai suoi presupposti e alle sue procedure. La matematica ha inventato relazioni virtuali che presumono d'interpretare obiettivamente la realtà. Essa stessa diventa, paradossalmente, coi suoi complessi algoritmi, operatrice di scelte. Il soggetto che fa matematica diventa del tutto irrilevante. Ciò che più conta è garantire al sapere scientifico uno sviluppo autonomo. La comunicazione sociale favorita dalla matematica (i cosiddetti "social") coincide col luogo in cui il soggetto è irrilevante. La matematica è al servizio dei grandi capitali. Le istituzioni pubbliche non dispongono più dei mezzi economici per sostenere costose ricerche (p.es. nel campo farmaceutico). Sicché non è raro che le pubblicazioni scientifiche da parte delle industrie private contengano aspetti del tutto falsi. Queste aziende oggi sono persino in grado di condizionare gli enti di controllo e le Università.

Insomma, il problema dell'uso del sapere scientifico non è incluso nel medesimo sapere scientifico, sia perché la liberazione dal sistema sociale oppressivo non è riconducibile a una mera conoscenza dell'uomo e della natura, sia perché la pretesa che il sapere scientifico ha di essere un sapere globale sull'uomo, è falsa. Non esiste un sapere "oggettivamente valido", indipendente dal soggetto che lo deve mettere in pratica.

Le domande irrisolte

Alla fine dell'Ottocento si cercò di unificare la forza di gravità, che varia inversamente al quadrato della distanza, con quella elettromagnetica, che varia in maniera analoga. Ma le due forze trasmettono informazioni in modo diverso: l'azione della gravità è istantanea, quella elettromagnetica no. Inoltre l'attrazione gravitazionale di oggetti anche piccoli non si riduce mai a zero: non esiste un'antigravità da parte di un'antimateria. Ogni oggetto produce gravità e l'influenza gravitazionale è sempre di attrazione. L'elettromagnetismo è invece annullabile, in quanto un gruppo di cariche positive e negative in egual numero, produce una forza uguale a zero. Senza poi considerare che la forza elettromagnetica a volte attira (per oggetti di carica opposta), altre volte respinge (per oggetti di cariche uguali). Le forze gravitazionali sembrano essere indipendenti dal movimento dei corpi, quelle elettromagnetiche no.

Sulla base di questi problemi irrisolti nascerà la grande fisica del Novecento. Scriverà Einstein: "La formulazione di un problema è spesso più importante della sua soluzione, che può essere solo questione di perizia matematica o sperimentale. Porsi nuove domande, aprire nuove possibilità, considerare vecchi problemi sotto una nuova prospettiva richiede invece una immaginazione creativa e porta a un effettivo progresso della

scienza”. La scientificità non sta nei risultati, ma nei metodi o procedimenti seguiti. Vero, ma se a questi metodi fosse stata affiancata un'adeguata *etica*, forse i risultati non sarebbero stati, il più delle volte, così catastrofici per gli esseri umani e naturali.

Per una nuova cosmologia

I

Nella concezione della natura vi è una certa differenza tra i filosofi umanistico-rinascimentali e gli scienziati del Seicento. Di simile vi è sicuramente la volontà di “dominarla”, un'esigenza tipicamente borghese, che naturalmente va di concerto con la necessità di ridimensionare il potere della Chiesa romana e della religione in generale. Impadronirsi della natura (non importa se tramite astrologia, alchimia e magia o attraverso la matematica applicata alla fisica e alla tecnologia) era l'obiettivo comune di chi, non avendo una rendita feudale, né una vocazione religiosa, doveva fare fortuna in altro modo.

Forse il vero punto d'incontro, sul piano pratico, tra quelle due culture può essere trovato nell'uso della *prospettiva*, che, anche se applicata, nei secoli XV e XVI, soltanto alla pittura, alla scultura e all'architettura, richiedeva comunque precisi calcoli matematici e conoscenze della geometria (ciò che nel Seicento si trasferirà agli studi della fisica e dell'astronomia). Che nella pittura l'arte si sposasse alla scienza e alla tecnica poteva dimostrarlo concretamente e teoricamente un personaggio esemplare, unico a livello mondiale: Leonardo da Vinci, le cui idee però si ritrovano anche in Piero della Francesca, Filippo Brunelleschi, Leon Battista Alberti. Nel suo *Trattato della pittura* Leonardo afferma che la pittura, questa “sottile invenzione”, permette all'uomo di imitare tutte le opere della natura e di descriverne forme e qualità, riconducendo ciò che viene indagato a proporzioni e rapporti matematici.

Il pittore analizza “anatomicamente” ogni realtà per coglierne la struttura geometrica e, nel far ciò, usa la prospettiva come tentativo di trasformare la realtà in maniera intellettuale, o almeno offrendo la percezione che è possibile farlo. È un'operazione razionalistica, tipicamente borghese, estranea alla mentalità cristiana anteriore al Mille, e che la pittura bizantina non accetterà mai proprio per motivi religiosi.

Dunque, prescindendo da queste finalità generali, che sono indubbiamente simili tra scientismo tecnico e umanismo razionalistico, tutto il resto pare profondamente diverso, soprattutto nei mezzi e metodi impiegati. Se la Chiesa romana non avesse proibito, nell'alto Medioevo, la diffusione della lingua greca e la traduzione dei testi greci (cristiani e pagani), probabilmente la rivoluzione scientifica si sarebbe verificata con qualche secolo d'anticipo, considerando che la borghesia italiana si era

svilupata in Italia sin dal tempo dei propri statuti comunali. È assodato, infatti, che la rivoluzione scientifica è avvenuta soltanto dopo che i teologi islamici presenti in Spagna avevano iniziato a tradurre in latino tante opere pagane scritte in greco, antecedenti alla nascita del cristianesimo.

II

È stato detto che l'affermarsi della civiltà urbano-borghese e lo sviluppo della tecnica (di cui l'esempio concettuale più eloquente fu l'opera di Leonardo da Vinci) rappresentano la molla storico-sociale della rivoluzione scientifica. Ma è stato anche detto – assai giustamente – che la cultura tardo-scolastica e rinascimentale ne rappresentano le premesse ideali. Basta infatti vedere i contributi antiaristotelici di Ockham, Buridano, Nicola d'Oresme, Ruggero Bacone, Duns Scoto... a favore dell'empirismo basato su sensi ed esperienza.

La riscoperta “laica” dell'aristotelismo, da parte della Scolastica, indotta a considerare la ragione non meno importante della fede, portò la stessa Scolastica, nell'ultima fase della sua esistenza, a dare molta più importanza alla ragione che non alla fede. Fu un processo del tutto naturale, poiché una fede ampiamente razionalizzata, con tanto di “prove logiche” dell'esistenza di Dio, alla fine non ha più nulla di religioso.

Curiosamente la storia del pensiero occidentale medievale si svolse in questi termini: pur facendo di tutto per abbattere l'islam, la Chiesa romana si trovò a che fare in Spagna con una cultura islamica molto avanzata (come probabilmente non lo sarà più in seguito), capace, con le proprie traduzioni dal greco all'arabo e dall'arabo al latino, di far penetrare in Europa una cultura che si era completamente dimenticata: quella pagana dell'antica Grecia e dell'ellenismo, che il mondo bizantino non aveva mai trascurato. Principale responsabile di questa censura fu la Chiesa romana, sempre in polemica con la Chiesa ortodossa. Tuttavia questa cultura pagana, pur metabolizzata in chiave cristiana, risulterà letale alla stessa teologia agostiniana, impostasi in maniera autoritaria nell'alto Medioevo, e trasformerà il cristianesimo latino in qualcosa di astratto, di intellettualistico: una sorta di “filosofia religiosa”, dove l'uso della ragione aveva assunto un aspetto nettamente superiore a quello della fede.

L'altro aspetto curioso è che la Chiesa romana, pur avendo sempre polemizzato contro la Chiesa ortodossa-bizantina, fino al punto in cui questa, insieme all'impero del basileus, cadde sotto l'egemonia ottomana, si trovò ad accettare, *oborto collo*, l'ingresso degli esuli intellettuali bizantini in Italia, i quali, col loro enorme bagaglio culturale, riuscirono a favorire lo sviluppo del neoplatonismo in veste cristiana, o, se si preferi-

sce, lo sviluppo del cristianesimo in forma neoplatonica.

Questo neoplatonismo cristiano porterà enormemente a valorizzare la *natura*, in maniera tale che la religione cristiana degli intellettuali borghesi perderà i propri riferimenti obbligati alla tradizione cattolico-romana. Gli umanisti neoplatonici si sentirono più liberi nei confronti delle istituzioni ecclesiastiche. La Chiesa aveva combattuto con la forza delle armi sia l'islam che l'ortodossia bizantina, ma entrambe, per vie traverse e in forma dimessa (in quanto meramente culturale, senza ambizioni politiche), avevano portato in Europa occidentale una filosofia e una scienza che avrebbero contribuito a laicizzare notevolmente il cristianesimo.

L'Umanesimo come teoria e il Rinascimento come pratica volevano laicizzare il sapere e rivendicavano la libertà della ricerca intellettuale. Se non ci fosse stata la riforma protestante (che accelerò la reazione negativa del papato), probabilmente la Chiesa romana, nel suo complesso, non si sarebbe opposta agli sviluppi di queste correnti culturali ed espressioni artistiche borghesi, anche perché, essa stessa le utilizzava ampiamente nel proprio Stato territoriale. In fondo la più grande mecenate degli artisti borghesi fu proprio la Chiesa: cosa che scandalizzò enormemente i primi fondatori del protestantesimo. Il che però non può escludere che il pensiero politico borghese (già abbondantemente laicizzato in Machiavelli) non avrebbe potuto, prima o poi, con o senza luteranesimo, condurre l'intero Paese all'unificazione nazionale e quindi alla fine del potere temporale del papato.

Se ci pensiamo, è stata propria la rinascenza laico-umanistica dei secoli XV-XVI a riportare in auge opere del tutto trascurate in età feudale, in quanto considerate illecite, inidonee alla fede cristiana: p.es. la filosofia degli atomisti, le teorie eliocentriche dei pitagorici, le ricerche degli astronomi ellenistici ecc. Copernico si ricollegò proprio a questi classici del mondo pagano per poter formulare le proprie tesi matematiche e astronomiche.

Naturalmente tale filosofia umanistica è stata anche *naturalistica*, benché in senso borghese, cioè con la fondamentale preoccupazione di conoscere la natura per meglio dominarla. Telesio, p.es., faceva coincidere nettamente ciò che la natura manifesta con ciò che i sensi fanno percepire. La spiegazione della natura andava fatta senza riferimenti religiosi, semplicemente osservandola *iuxta propria principia*.

La differenza tra la filosofia naturalistica e la scienza sperimentale stava appunto negli esiti mistico-magici della prima, privi di cognizioni matematiche e di sperimentazione tecnologica. Tuttavia bisogna dire che anche nei confronti della stessa scienza, delle sue possibilità conoscitive e manipolative della natura, spesso la borghesia assumerà atteggiamenti di tipo mistico-magico. Gli strumenti operativi erano diversi, ma la

finalità ultima la stessa: emanciparsi con una prassi borghese dal soffocante predominio dell'aristocrazia laica ed ecclesiastica.

In fondo la scienza sperimentale arriverà a dire che la natura può essere capita solo in chiave matematica e dominata solo in chiave meccanica (o tecnologica), semplicemente perché nella maniera precedente, quella filosofico-umanistica, si erano conseguiti risultati apprezzabili solo sul piano artistico e architettonico.⁹² Lo scienziato, e il borghese ch'egli rappresentava, volevano molto di più. Volevano scardinare gli esagerati poteri della teologia nelle Università, e delle autorità ecclesiastiche nella vita civile.

Gli scienziati sentivano di non aver bisogno di compiere una riforma protestante (la quale peraltro, nella fase iniziale, era nettamente contraria alle idee di Copernico, più ancora del papato), proprio perché la loro ideologia era già ampiamente favorevole alla laicizzazione del sapere. Essi tendevano a separare il più possibile la ragione dalla fede, ovviamente cercando di evitare il rischio d'apparire "eretici", meritevoli di una condanna esemplare, sia da parte cattolica che protestantica. L'idea dell'uomo come "signore delle forze naturali" era assolutamente irricevibile per una mente religiosa, poiché solo Dio poteva esserlo: l'uomo non avrebbe neanche dovuto aspirare a diventarlo. La scienza che voleva scalzare la teologia dal trono del sapere non era la filosofia del periodo umanistico, e neppure l'estetica del periodo rinascimentale, ma coincideva con la matematica applicata alla fisica, all'astronomia, quella che poi, con l'invenzione del microscopio avrebbe trasformato l'alchimia in chimica.

III

Arthur Lovejoy disse che nel Seicento vi erano state cinque tesi cosmologiche davvero innovative: l'idea che altri pianeti del sistema solare fossero abitati da altri esseri viventi; il rifiuto delle "mura esterne"

⁹² A dir il vero già Leonardo da Vinci (1452-1519) aveva molto chiare queste cose. Per lui chi non usava la matematica otteneva solo conoscenze confuse sulla realtà naturale, che andava considerata come strettamente vincolata dalle proprie leggi, indipendenti da qualunque cosa, la maggior parte delle quali era ancora ignota. Addirittura egli pensava che non fosse sufficiente neppure l'esperienza per ottenere la conoscenza delle verità naturali, in quanto un'osservazione, senza tradursi in linguaggio matematico, e soprattutto senza essere verificata da un'applicazione meccanica, rischia di formulare soltanto giudizi errati. In sostanza per lui si deve partire anzitutto dall'osservazione metodica del fenomeno naturale, dopodiché con la ragione si deve capire perché quel fenomeno si comporta così e non altrimenti, infine l'applicazione tecnica deve servire per riprodurlo.

del cosmo e la dispersione nello spazio delle stelle che la tradizione aristotelica considerava come fisse; la convinzione che le stelle fossero il centro di sistemi planetari simili al sistema solare; l'ipotesi che anche in tali sistemi planetari esistessero forme di vita razionale; l'idea dell'infinità dell'universo e dei mondi.

Peccato che di queste idee nessuna fosse davvero scientifica! Bisognerebbe infatti intendersi sul significato nella parola "scienza". È forse scientifico solo ciò che decide la matematica? O forse è più scientifico l'atteggiamento di chi rispetta la natura per quello che è? Per arrivare alle suddette tesi cosmologiche era davvero necessario sviluppare una matematica che togliesse alla natura ogni legittima autonomia? In virtù dell'esattezza della matematica si sono volute smontare tutte le convinzioni della teologia cristiana; dopodiché non solo unendo la matematica alla tecnologia si è cominciato a devastare la natura, ma si è finiti anche col fare della stessa matematica una nuova religione.

Infatti alcuni scienziati (o filosofi influenzati dalle loro scoperte) han preso a dire, come fossero nuovi sacerdoti, che nell'universo esistono altri pianeti abitati come il nostro, composti di esseri viventi simili o diversi o proprio uguali a noi. Come se di questo potessimo avere una qualche prova! Scienziati e filosofi della scienza che assomigliavano tanto agli evangelisti cristiani quando parlavano di "resurrezione" del Cristo dopo essersi inventati tutti i racconti della sua riapparizione.

Nel Seicento gli europei erano già così schifati del pianeta in cui vivevano, che se ne immaginavano altri del tutto migliori. Detestavano così tanto i poteri costituiti che, invece di pensare ad abatterli, sognavano, in maniera del tutto fantasiosa, di vedere altri pianeti totalmente privi delle contraddizioni terrene.

Questo per dire ch'era assolutamente giusto considerare l'essere umano al centro dell'universo, come voleva la teologia cristiana, ma nella convinzione che non solo non esiste alcun dio che non sia l'*uomo*, ma anche che la materia dell'universo è assolutamente *eterna*, dotata di proprie leggi, che non dipendono dalla volontà umana, e che, ciononostante, nell'universo esiste un'essenza umana che rappresenta l'*autoconsapevolezza* della stessa materia. Per arrivare a una convinzione del genere non occorre né lo sviluppo della matematica, né la sua applicazione antiecologica alla tecnologia.

Dunque, esistono davvero altri mondi abitati come il nostro? Se esistono, non possiamo metterci in contatto con loro, almeno finché abitiamo nel nostro. Quindi la domanda è oziosa. Persino nella parabola lucana del ricco epulone è scritto: "tra noi e voi è stabilito un grande abisso: coloro che di qui vogliono passare da voi non possono, né di costi si può attraversare fino a noi" (16,26).

È forse lecito pensare che esistano altre forme viventi diverse da quelle umane? No, non esistono, e il motivo è molto semplice: l'essenza umana è *coeterna* a quella materiale. Anzi, l'essenza umana è dotata di una facoltà che la materia, pur con tutte le sue leggi universali e necessarie, non conosce: possiede la *libertà di coscienza*, e quindi quando questa libertà è vissuta in maniera umana e naturale, possiede la *coscienza della libertà*. La materia possiede leggi oggettive, assolutamente imprescindibili, e una di queste è la *libertà di coscienza*, che può essere vissuta solo in forma umana. Il senso della libertà non è una qualità che dipende dalla conoscenza, essendo piuttosto un *dono di natura*: nessuno può darcelo o togliercelo. Possiamo solo svilupparlo o mortificarlo, nel bene o nel male. Semmai la conoscenza ci permette di esercitare questa facoltà in modo migliore, ma sarebbe ridicolo pensare che il modo migliore per sviluppare questa facoltà sia quello di acquisire cognizioni matematiche. La matematica è soltanto una delle possibili forme del conoscere umano. Nessuna conoscenza è di per sé in grado di sviluppare il libero arbitrio o di far crescere la coscienza della libertà o di assicurarne l'esperienza. Occorre la *relazione sociale*, e in questa relazione un'esperienza in cui l'uomo si senta in pace con se stesso e con tutto il genere umano e in armonia con l'ambiente naturale.

Dunque se esistono altre forme di vita nell'universo, bisogna dire che siamo sempre noi in forma diversa, idonea a un contesto di spazio e di tempo che non è quello terreno.

IV

Oggi il rifiuto dell'eliocentrismo può apparire ridicolo, ma guardiamo le cose evitando di cadere nei pregiudizi che stigmatizzava Bacon. Il fatto di sapere con certezza che non è il Sole a girare attorno alla Terra, ma il contrario, non cambia sostanzialmente nulla alla vita quotidiana di una comunità che voglia vivere conformemente alle esigenze riproduttive della natura.

Semmai il problema è un altro. Riusciamo oggi a vivere in maniera naturale dopo la rivoluzione tecnico-scientifica iniziata nel Seicento? No. A causa dello sviluppo della matematica applicata alla tecnologia, sulla base degli interessi del capitale, abbiamo antropizzato così tanto il pianeta da non saper più distinguere il naturale dall'artificiale.

È dunque possibile tornare a vivere in maniera naturale grazie allo sviluppo della scienza e della tecnica? Anche qui la risposta è negativa. La tecnologia che abbiamo prodotto a partire dalla rivoluzione scientifica è incompatibile coi processi naturali, non è ecosostenibile, non è riciclabile in tempi ragionevoli. Abbiamo voluto la lavatrice, i cui detersivi

però hanno inquinato fiumi e mari, generando il fenomeno dell'eutrofizzazione. Abbiamo voluto il frigorifero, che però a causa dei clorofluorocarburi che usa è diventato il principale responsabile di un buco nella fascia atmosferica dell'ozono.

Il fatto che in questo momento, con la tecnologia di cui disponiamo, andiamo a cercare altri pianeti in cui sia possibile la vita come quella terrena, è semplicemente assurdo, poiché lo facciamo con quegli stessi strumenti che sulla Terra stanno rendendo impossibile la vita. Noi umani, per come siamo fatti, qui ed ora, non possiamo vivere in nessun altro pianeta diverso dal nostro. È quindi giusto essere “geocentrici”, anche se è sbagliato pensare di poter esportare su altri pianeti il nostro “geocentrismo tecnologico”, proprio perché sul piano metodologico e strumentale lo viviamo in maniera sbagliata.

Questo non vuol dire che l'essere umano non sia autorizzato a sviluppare la tecnologia, ma semplicemente che non può farlo violando le leggi della natura, cioè rischiando di desertificare il pianeta. Anche nel caso in cui vivessimo al di fuori della Terra, e fossimo capaci di vincere le forze gravitazionali o di viaggiare alla velocità della luce, dovremmo comunque chiederci sempre se le nostre azioni sono compatibili con le leggi della natura. E questo, sul nostro pianeta, dai tempi della rivoluzione scientifica ad oggi, abbiamo dimostrato di non saperlo fare, per cui, al momento, non siamo i soggetti più titolati a popolare l'universo.

Noi non possiamo assolutamente pensare che, nonostante i nostri madornali errori, sia sempre possibile trovare nell'universo, grazie a qualche intervento “divino”, la presenza di condizioni abitative ottimali, perfettamente compatibili con l'essenza umana e naturale che caratterizza l'universo. Tali condizioni non possono essere il prodotto di entità diverse da quella umana, che per noi è l'unica certa, l'unica di cui abbiamo esperienza. Nell'universo non esiste un dio che possa dire all'uomo come deve comportarsi. Ciò violerebbe immediatamente la libertà di coscienza di cui, per natura, siamo dotati.

È sul nostro pianeta che dobbiamo capire quale sia il modo migliore per vivere in maniera umana e naturale. Sono 6000 anni, cioè da quando è nato lo schiavismo, che non lo sappiamo più. Siamo stati soltanto capaci di passare da una forma di schiavismo a un'altra (il servaggio) e poi a un'altra ancora (l'operaio salariato, giuridicamente libero). Noi dobbiamo arrivare al punto in cui non esista alcuna forma di salario, in quanto il lavoro non è qualcosa che possa essere venduto e acquistato sul mercato. L'aver trasformato il lavoro in una merce, pur nel rispetto della formale libertà giuridica, costituisce una violazione della libertà di coscienza.

Non esistono nell'universo intelligenze più perfette di quella

umana. Non esistono extraterrestri che non siamo umani, che possano impedirci d'essere umani o che possano obbligarci ad esserlo. La libertà di coscienza è, sul piano umano, la principale legge dell'universo, assolutamente inviolabile.

V

Quando si dice che la scienza è un sapere sperimentale perché si fonda sull'*osservazione dei fatti*, si vuole intendere, con una certa presunzione, che solo "osservando" i fatti si può esprimere un giudizio obiettivo, non viziato da pre-comprensioni ideologiche o non religiose. Si dice questo come se bastasse "osservare" i fatti per poterli capire obiettivamente. Come se, nel mentre vengono osservati, non lo si facesse con le proprie pre-comprensioni, che spesso altro non sono che pre-giudizi.

Dire che la scienza osserva i fatti (*naturali*, nel Seicento, ma anche *sociali* col passar dei secoli) per quello che sono, è frase senza senso. Almeno per due ragioni, di cui una l'abbiam già detta: non esiste un'osservazione neutra, distaccata, poiché si parte sempre da un progresso cognitivo e culturale. Anzi, se l'osservazione fosse davvero neutra, sarebbero banalissime le domande da porre ai fatti, di fronte ai quali si potrebbero dare interpretazioni assolutamente opposte. E qui veniamo alla seconda ragione: i fatti stessi non si lasciano mai interpretare in maniera univoca, né quelli naturali, né, tanto meno, quelli umani, che presentano sempre molte sfaccettature.

Ci si dovrebbe semplicemente limitare a dire che l'esistenza di una cosa, di un fenomeno, di un processo è oggetto di osservazione (non di una logica precostituita) e che però gli strumenti matematici di tale osservazione non sono in grado di dimostrare, in maniera inequivocabile, che quella cosa, quel fenomeno, quel processo esiste veramente. Il fatto che $2+2$ fa 4 non può autorizzarci a pensare che tutta l'esistenza sia qualcosa di razionalizzabile in maniera quantitativa. Meno che mai possiamo affermare che tutto ciò che è possibile sul piano matematico, esiste veramente (da qualche parte). Per es. l'universo fisico è probabilmente solo uno degli universi possibili; di sicuro è soltanto l'unico che possiamo osservare e in maniera molto limitata. Sappiamo che le dimensioni di questa porzione di universo sono finite, in espansione (le galassie si allontanano tra loro), ma, essendo una ipersfera a quattro dimensioni, praticamente risulta illimitata, in quanto su una qualunque sfera ogni linea tracciata non ha né principio né fine. Noi non siamo assolutamente in grado di rintracciare nell'universo fisico la causa delle costanti universali nel loro insieme. Da dove viene tutto questo ordine cosmico? E perché il disordine, che pur esiste, non lo annienta? Per quale motivo gli atomi, le

particelle elementari che formano la materia ubbidiscono a determinate simmetrie? Noi non sappiamo esattamente neppure cosa sia la vita, cioè perché un corpo vivo sia vivo. Perché su Marte, dove gigantesche fiumane d'acqua vi hanno scavato immensi canyons, la vita non si formò mai? Il nostro sistema solare sembra essere composto da vari tentativi vitali abortiti, di cui solo uno, per motivi ignoti, è riuscito perfettamente. Quante probabilità c'erano che la vita comparisse sul nostro pianeta? Guardando quel che è accaduto negli altri pianeti che conosciamo, dobbiamo dire che la probabilità era quasi nulla. Cosa può dire la scienza su un avvenimento praticamente unico nel suo genere?

La scienza è abituata a ragionare su avvenimenti che costituiscono una "classe", nel senso che ci deve almeno essere una reiterazione, anche minima, non ipotetica, per formulare una teoria scientifica. Ma se la vita sulla Terra è stata un fenomeno necessario, perché non si è ripetuta altrove? Se è stata un fenomeno casuale, dobbiamo considerarlo unico o ripetibile altrove? Nel caso fosse ripetibile, quali sarebbero le condizioni? Il fatto che la vita, da quando è nata sulla Terra, non sia apparsa anche in altri pianeti, come dobbiamo interpretarlo? È una stranezza questa mancanza di replicazione, oppure, essendo la vita il frutto di condizioni molto particolari, è un fatto del tutto normale? È in grado l'essere umano di ricreare le condizioni che permettono di riprodurre la vita su altri pianeti?

In forma astratta potremmo anche sostenere che l'universo è preposto a creare delle forme di vita, ma, guardando il nostro pianeta, la vita sembra piuttosto essere un'eccezione, e un'eccezione che ha avuto bisogno di un tempo incredibilmente lungo (rispetto alla nascita del cosmo) per potersi imporre. Cioè se in un pianeta fossero esistiti solo certi tipi di animali o di piante, differenti da quelli di altri pianeti, avremmo potuto dire che la possibilità di avere forme di vita non è eccezionale nell'universo. Al massimo avremmo detto che è una rarità. Invece, guardando ciò che è accaduto sulla Terra, dobbiamo pensare a qualcosa di unico, di singolare, di eccezionale. L'universo è sì predisposto alla vita, ma solo virtualmente: di fatto sembra averla resa possibile solo una volta. Com'è possibile non essere antropocentrici? Com'è possibile non essere teleologici? Com'è possibile non pensare a un qualche "fine" su di noi? Considerando che l'essere umano è l'ente più complesso del nostro pianeta e che è apparso per ultimo, viene del tutto naturale pensare che quanto lo ha preceduto aveva lo scopo di farlo nascere in un ambiente adeguato sotto tutti i punti di vista. L'essere umano è il prodotto finito di un'evoluzione cosmica di cui non possiamo assolutamente conoscere l'origine. Al di fuori di noi, come esseri umani, e quindi prima di noi deve per forza esistere un'essenza umana dotata di capacità intenzionale.

VI

Considerando che la natura è costretta a interagire con l'essere umano (e dobbiamo dire, suo malgrado, visto quello che le è stato fatto negli ultimi 6000 anni di storia), è inevitabile supporre che neppure sui fenomeni naturali sia possibile dare un'interpretazione incontrovertibile, se non in maniera approssimativa, o comunque, anche se in maniera oggettiva, sempre con la disponibilità a rivederla in toto. Gli stessi scienziati del Seicento, pur essendo tutti convinti della giustezza dell'eliocentrismo, han dato pareri molto discordanti sulla natura dell'universo, cioè sulle sue caratteristiche più generali.

Quando la scienza diceva di volersi fondare sull'osservazione dei fatti, faceva un discorso chiaramente di tipo *ateistico*, in quanto la religione parte sempre da presupposti del tutto indimostrabili. I fatti o i fenomeni (naturali e sociali) sono quelli che si possono osservare coi sensi e interpretare con la ragione. Ma nel caso della scienza moderna la ragione che si usa è soltanto un intelletto di tipo *matematico*, cioè meramente *quantitativo*, specializzato, sì, ma inevitabilmente riduttivo. Il fatto ch'essa, a differenza della scienza antica, si sia strettamente unita alla tecnologia, non l'ha certo resa più vera.

Nel Seicento la tecnologia più importante per la nascita della rivoluzione scientifica fu quella derivata dall'*ottica*, la quale permise la costruzione di lenti da applicare a un cannocchiale o telescopio. Infatti la scienza moderna non è solo un'osservazione di fatti naturali, ma anche una verifica delle ipotesi interpretative basata sulla *meccanica*, sugli esperimenti da laboratorio. Con lo sviluppo della classe borghese, avviato intorno al Mille, la scienza è passata dal calcolo matematico (presente anche nelle civiltà schiavistiche e servili), a un tipo di calcolo capace di dimostrare l'esattezza delle proprie asserzioni sulla base di esperimenti di tipo fisico. In tal senso il fatto ch'essa sia nata partendo dall'astronomia è incidentale: la rivoluzione sarebbe potuta avvenire anche con un microscopio. Diciamo che senza una matematica e senza una fisica applicata all'ottica, il telescopio non sarebbe potuto nascere e quindi non sarebbe stata l'astronomia il campo d'indagine il cui radicale rivoluzionamento ha comportato una profonda revisione delle concezioni filosofiche e teologiche di quel tempo.

C'è da dire che le esigenze relative ai viaggi colonialistici oltreoceano richiedevano, in un certo senso, un'astronomia più aggiornata. Non dimentichiamo che la scoperta dell'America da parte di Colombo fu puramente casuale e per risolvere il problema della longitudine, nella misurazione del tempo, si dovette aspettare la metà del XVIII sec. Persino l'uti-

lizzo dei cronometri da marina, dell'orologio a pendolo ecc. richiesero molto tempo dopo il Seicento per funzionare egregiamente.

Qui ha pienamente ragione Alexandre Koyré, quando dice che sin dal Medioevo esistevano in Europa le condizioni tecnologiche per la costruzione di semplici microscopi e telescopi, poiché circolavano già le lenti convesse inventate dagli Arabi e utilizzate per gli occhiali. Eppure ci vollero quattro secoli prima di fare “scienza” nel significato moderno della parola. Infatti non bastano le condizioni tecniche: ci vuole la volontà di superare il confine dell'esperienza quotidiana e, per far questo, occorrono idee, interessi, esigenze con cui spingere la gente a cambiare determinati paradigmi interpretativi.

Lo strumento ottico non è più l'utensile che rinforza l'azione della vista, ma acquisisce lo scopo di rimettere in discussione il mondo del senso comune. L'esattezza scientifica viene giudicata irraggiungibile coi semplici organi della percezione. Galilei si era costruito da solo i propri strumenti di lavoro, semplicemente utilizzando in maniera diversa le lenti che provenivano dall'Olanda. Per cambiare radicalmente atteggiamento nei confronti di un oggetto comune come le lenti, occorreva un odio piuttosto forte contro i poteri dominanti, economici e politici. Ma che uno scienziato pensasse davvero di poter comprendere la natura grazie al sapere matematico, questo fa parte dell'individualismo della classe borghese, che è, nel contempo, supponente, nella propria pretesa di conoscere la realtà fisica semplicemente osservandola con strumenti tecnologici, e arrogante, nella propria pretesa di finalizzare la conoscenza al dominio dei processi naturali.

Sostituire la “quantificazione” alla “qualificazione” è stata un'operazione sommamente arbitraria, che ha comportato conseguenze catastrofiche per l'integrità della natura e l'identità umana. La diatriba tra scienza e teologia si poneva soltanto come uno scontro tra “poteri”: nessuna delle due parti in causa aveva la benché minima consapevolezza dei “diritti” della natura, delle sue fondamentali prerogative. La Chiesa dominava la natura considerandola uno strumento nelle mani di Dio: in tal modo qualunque fenomeno potesse accadere, veniva interpretato a seconda degli interessi del momento. In genere si diceva che Dio si serviva della natura per punire i peccati degli uomini.

La borghesia invece voleva fare del dominio tecnico-scientifico della natura l'occasione per riscattarsi dalla sudditanza nei confronti dell'aristocrazia, laica ed ecclesiastica. “Sapere è potere” proclamava Bacon. Quando nei manuali di storia della filosofia si afferma che il fine della scienza sperimentale è la *conoscenza oggettiva*, anzi universale, del mondo e delle sue leggi, e che tale sapere è *intersoggettivo*, in quanto i suoi procedimenti possono essere controllati da tutti, praticamente gli au-

tori fanno affermazioni totalmente prive di criticità. Davvero la scienza sperimentale, in virtù del fatto che la matematica non è un'opinione, può essere definita un sapere universale? Non si sta forse interpretando un fenomeno come i suoi stessi protagonisti volevano che fosse interpretato? Non si sarebbe forse dovuto ammettere che il sapere matematico di quel tempo non era affatto così “popolare” come si voleva far credere, ma altamente specializzato? Se durante il Medioevo la Chiesa romana doveva servirsi dei sermoni dei sacerdoti o delle immagini pittoriche per far comprendere ai fedeli le grandi verità dogmatiche, ora non era forse la borghesia, rappresentata dai propri scienziati, a indurre la popolazione a usare degli strumenti tecnologici senza poterne conoscere i meccanismi interni, senza poterli riparare in caso di guasto, senza poterli minimamente riprodurre? Da una forma di dipendenza puramente ideologica non si stava forse passando a una dipendenza anche materiale nei confronti dei prodotti di un mercato? Si pensi p.es. a tutti gli oggetti per misurare il tempo, per osservare i cieli, per navigare con relativa sicurezza...: grazie alla scienza sperimentale tutto ciò avrebbe avuto una notevole diffusione, E questo sarebbe stato solo l'inizio.

Per un nuovo rapporto tra scienza ed etica

I

Il nuovo modo di vedere la natura, da parte degli scienziati del Seicento, è abbastanza curioso. Da un lato dicono che la natura è un ordine oggettivo, caratterizzato da proprie leggi stabili, coerenti, indipendenti dalla volontà umana; dall'altro però pretendono di fare della scienza e della tecnica gli unici strumenti con cui conoscerla e dominarla. La spogliano di qualunque attributo, valore o qualità umana, e poi la violentano.

Non solo, ma sono anche convinti che Dio abbia messo la natura a loro completa disposizione, proprio perché l'uomo può farne ciò che vuole. Si tratta soltanto di conoscerla sino in fondo. In questo senso hanno fatto un passo indietro non solo rispetto agli umanisti del Quattrocento, ma addirittura rispetto ai filosofi greci pre-socratici, che consideravano la natura un "corpo vivente", dotato di "anima" (panpsichismo, ilozoismo). L'hanno resa praticamente un corpo inerte. Cartesio la equipara alla mera "estensione", analizzabile nelle sue componenti meramente materiali o geometriche.

Se vogliamo, l'uomo smette d'essere un "ente di natura" e aspira a diventare, in virtù della scienza, un ente sovranaturale, una sorta di divinità che guarda la natura soltanto con gli occhi di chi la vuole sfruttare. Indubbiamente gli scienziati fanno bene a ritenere assurda l'idea che Dio, di tanto in tanto, si serva dei fenomeni naturali per punire l'arroganza degli uomini, o che possa servirsi delle stelle per condizionare, astrologicamente, i destini delle singole persone. Tuttavia essi sono convinti che la natura non avrà mai in sé la forza per opporsi al dominio da parte dell'uomo, come non l'aveva Polifemo o la maga Circe nei confronti dell'astuto Ulisse. Il suo destino, ora che si conoscono i suoi segreti, è segnato: sarà una schiava nelle mani degli uomini avidi delle sue risorse.

La scienza ha spersonalizzato la natura per poterne fare ciò che voleva. E in questo atteggiamento assurdo ha avuto la pretesa di conoscerla integralmente, preoccupandosi, in maniera esclusiva, della sola *causa efficiente*. Galileo disse chiaramente che gli interessavano solo le cause che indicano un rapporto costante e univoco tra due o più fatti, dei quali uno è causa necessaria dell'altro, per cui se si toglie uno si toglie anche l'altro.

Che cos'è questo se non un modo meccanicistico di osservare i fenomeni o i processi naturali? In realtà la natura va guardata come un

tutto unico, come un qualcosa di *integrato* su tutto il pianeta. La violenza ch'essa subisce in una parte qualunque del globo terracqueo avrà un inevitabile riflesso in altre parti. Il famoso paradosso, secondo cui il minimo battito d'ali di una farfalla è in grado di provocare un uragano dall'altra parte del mondo, oggi è una locuzione presente nella teoria fisica del caos, chiamata appunto “effetto farfalla”.

La natura non può essere affrontata in maniera semplicemente fenomenica. Ci vuole una *visione olistica*. Il rapporto causa / effetto può andar bene in un esperimento da laboratorio. Noi umani siamo parte integrante della natura. Qualunque violenza compiuta ai suoi danni, cioè alla sua integrità, avrà una ricaduta negativa sulla nostra identità.

La natura non può essere osservata soltanto con gli occhi dello scienziato, il quale, in genere, non è minimamente interessato a vederla come un'essenza. Lo scienziato vede soltanto delle relazioni causali tra fenomeni. Ecco perché non gli si dovrebbe permettere di fare esperimenti sulla natura o di costruire delle macchine che possono impedirle una riproduzione spontanea, non forzata. Uno scienziato dovrebbe essere sempre affiancato da una comunità locale di riferimento. Non dovrebbe muoversi in autonomia o perché pagato da qualche speculatore privato.

Il più delle volte lo scienziato non ha una vera e propria *sensibilità etica*. È convinto che le sue alte cognizioni scientifiche lo autorizzino a esimersi da un impegno del genere, tant'è che è solito affermare che non dipende da lui come verranno usate le sue ricerche. Non ha interesse a sapere che fine farà una comunità territoriale che vive di risorse locali, autogestite. Basterà dirgli che, inventando, p.es., la bomba atomica, salverà la vita a molti soldati americani che neppure conosce, e che se per ottenere questo, dovranno morire decine di migliaia di civili che neppure conosce, ciò andrà considerato come un inevitabile effetto collaterale, indipendente dalla volontà di chi deciderà di sganciare la bomba sulla testa di donne, vecchi e bambini.

Uno scienziato non ammetterà mai l'idea che l'uomo, per essere tale, deve “dipendere” dalla natura. Non ammetterà neppure l'idea che la natura gestisca le proprie leggi in maniera diversa da come pretende l'uomo. La natura, che è un prodotto terreno della materia cosmica, gestisce le proprie leggi in autonomia, essendo indipendente dalla volontà umana. Non tutto ciò che fa può essere previsto, meno che mai se si influisce direttamente sui suoi processi riproduttivi. È vero, i fenomeni naturali sono governati da leggi che obbediscono a regole uniformi, ma se si pretende di spersonalizzare la natura, per meglio antropomorfizzarla, le sue leggi non saranno più naturali, ma artificiali; e quindi solo molto relativamente anticipabili, proprio perché quanto più l'uomo esaspera la natura con la tecnologia, tanto meno le leggi di quest'ultima potranno determinare

comportamenti prevedibili. La natura ha preceduto di molto la comparsa dell'uomo sulla Terra. Sul piano materiale è l'uomo che ha bisogno della natura, non il contrario.

II

Il progresso tecno-scientifico (specie in campo militare), nonché la crescente azione negativa della produzione economica sull'ambiente, sul clima, sulla salute e sull'alimentazione degli esseri umani e animali, la prospettiva reale di un esaurimento delle risorse naturali non rinnovabili (o di una loro concentrazione in pochi luoghi del pianeta, tale per cui le tensioni bellicistiche degli Stati non faranno che aumentare), i clamorosi incidenti nucleari che hanno comportato conseguenze catastrofiche anche su territori non immediatamente limitrofi: tutto ciò sta privando l'umanità del diritto all'errore, rendendo sempre più urgente uno stretto legame tra scienza ed etica.

Dai tempi di Hiroshima e Nagasaki il divorzio della scienza dall'etica non ha più ragione di esistere. Non è più possibile sostenere che i problemi etici meritano d'essere affrontati soltanto quando le applicazioni della tecnoscienza si rivelano pericolose per la sopravvivenza del genere umano o di una sua parte significativa. I controlli sulla scienza vanno fatti *a priori* non a posteriori. Infatti è letteralmente impossibile, stante l'inscindibile nesso tra ricerca teorica e applicazione pratica, nonché tra applicazione pratica e interesse economico (di tipo soprattutto capitalistico), che lo scienziato possa procedere a uno studio descrittivo delle leggi della natura senza agire nel contempo su questa stessa natura. Il problema etico non può quindi riguardare solo l'applicazione pratica della ricerca scientifica, ma anche quest'ultima, in sé e per sé, da subito. Si potrebbe anzi dire che, essendo la ricerca scientifica strettamente legata alla produzione economica, gli effetti di tale nesso oggi diventano immediatamente sociali, cioè rilevabili da chiunque e in poco tempo.

Prima delle civiltà schiavistiche (quella attuale non è che uno schiavismo salariato in cui il lavoratore è giuridicamente libero), quando ancora esisteva l'autoproduzione e quindi l'autoconsumo della comunità locale autogestita, la responsabilità di qualunque azione ricadeva su un numero ristretto di persone, i componenti della stessa comunità. Oggi invece, in presenza di una mondializzazione dei mercati, qualunque cosa succeda in qualunque parte del pianeta, rischia di avere delle ripercussioni sull'intero pianeta (o comunque su una sua larga parte). Le responsabilità dei disastri e dei possibili miglioramenti a tali disastri ricadono, direttamente o indirettamente, su un numero incalcolabile di persone. Gestire delle responsabilità del genere è divenuto praticamente impossibile, data

l'enorme complessità dei problemi. Le conseguenze negative di una qualunque scoperta scientifica rilevante (p.es. quelle della plastica) possono essere così gravi, in profondità ed estensione, che un semplice rimando alla responsabilità individuale non può in alcun modo essere considerato sufficiente per rimediare all'errore o per evitare che si ripeta. I mercati sono dominati dai monopoli, cioè da chi vende, e solo limitatamente dai consumatori, i quali, per avere un certo peso, devono organizzarsi collettivamente.

D'altra parte nella storia del genere umano vi sono state delle scoperte scientifiche di una portata talmente vasta (si pensi p.es. all'uso dei mezzi di trasporto e delle telecomunicazioni) da influire enormemente sui criteri tradizionali del pensiero e del comportamento umani. Si pensi anche al fatto che l'uomo si sta sempre più trasformando, nei paesi avanzati, da agente diretto della produzione a semplice controllore e regolatore, nel senso cioè che il lavoro fisico o intellettuale più stancante o pericoloso o noioso viene svolto prevalentemente dalle macchine. Il che non fa che aumentare il tempo libero, che non può certo essere sprecato in attività insignificanti.

Noi abbiamo bisogno di un approccio olistico, integrato, globale alla realtà, cioè di un criterio di analisi che sappia considerare lo sviluppo *onnilaterale* della persona, la quale non può delegare allo Stato o ad altre impersonali istituzioni (fossero anche i mercati gestiti dalle multinazionali) il significato della propria vita. Gli Stati, sottomessi come sono ai diktat dell'economia liberistica (produttiva e finanziaria), sembrano del tutto inadeguati ad affrontare i problemi globali, anche perché, il più delle volte, sono loro stessi co-responsabili di questi stessi problemi, o perché direttamente coinvolti nella produzione economica, o perché se ne restano indifferenti a guardare ciò che avviene sui mercati internazionali (e quando intervengono lo fanno a favore dei poteri forti). Oggi siamo arrivati al punto che un ripensamento qualitativo dell'attività scientifica deve andare di pari passo con un progressivo smantellamento dell'organizzazione statale della società, la quale organizzazione si pone come concausa al sorgere e al proliferare incontrollato dei problemi.

Forse fino a qualche tempo fa si sarebbe potuto sostenere che in nessuna parte del mondo esistono condizioni sociali così negative da rendere impossibile una qualunque soluzione ai problemi provocati dalla tecnoscienza. Cioè si sarebbe potuto dire, in tutta tranquillità, che non esiste una forma di sviluppo scientifico irrimediabilmente negativa. Oggi invece si possono legittimamente nutrire dubbi al riguardo, proprio perché la consapevolezza dei gravi problemi ambientali, maturata a partire dalla fine degli anni Settanta, non ha prodotto, a tutt'oggi, risultati davvero significativi; anzi, con l'ingresso dei grandi colossi asiatici nei mercati

capitalistici mondiali, si è semmai acuitizzato il dissesto ambientale. In particolare oggi sembra essere diventato alquanto illusorio che a determinati problemi scientifici possano essere trovate soluzioni con gli stessi mezzi scientifici. È la centralizzazione stessa dei capitali, la concentrazione della produzione in mano a pochi monopoli mondiali che rendono la soluzione dei problemi tecnico-scientifici alquanto utopistica.

Oggi la tecnoscienza caratterizza così fortemente la nostra esistenza quotidiana che non abbiamo bisogno d'attendere le conseguenze negative di un suo eventuale abuso per comprendere la necessità di modificare le condizioni sociali in cui viviamo, anche perché siamo arrivati a dare talmente scontati gli abusi che tutti i tentativi di porre ad essi un argine non li consideriamo affatto risolutivi, ma solo provvisori o solo limitati nei loro effetti. È lo stesso sviluppo scientifico, in sé e per sé, che ci costringe a dubitare dell'efficacia positiva di tale sviluppo. I bisogni che la tecnoscienza soddisfa e quelli nuovi che fa sorgere spingono l'uomo a chiedersi, con sempre maggiore insistenza, se il tipo di società in cui vive corrisponde effettivamente alle sue esigenze, anzi, se queste stesse esigenze siano davvero determinabili, individuabili, rintracciabili, nella società (che è poi una "civiltà") in cui vive. Il vero problema, infatti, non sembra più essere quello di far corrispondere i rapporti produttivi alle forze produttive (come voleva il marxismo classico), ma di come rinunciare al concetto stesso di "produzione" basato sulla tecnoscienza e sui mercati internazionali.

Negli anni Settanta si diceva che il monopolio delle conquiste scientifiche, nell'ambito del capitalismo, serve alla classe egemone, proprietaria dei principali mezzi produttivi, per conservare il suo dominio contro gli interessi della stragrande maggioranza dei lavoratori. Oggi il discorso critico dovrebbe radicalizzarsi. Non è più questione di socializzare i vantaggi della produzione tecnologica, di redistribuire i redditi basati su questo tipo di produzione: il vero problema è diventato quello di come uscire dal sistema globalmente inteso, cioè dal concetto stesso di "civiltà".

Il fatto che il processo scientifico si sia oggi esteso in modo tale che potrebbe essere utilizzato anche in funzione anticapitalistica (visto che il plusvalore presuppone un rapporto sociale), non è più così scontato, nel senso che non è affatto vero che la tecnologia sia indipendente dall'uso che se ne può fare. La presunta totale asetticità delle conoscenze scientifiche è soltanto un mito. Anzi, l'estensione internazionale del rapporto sociale connesso al plusvalore ha reso sempre meno possibile un uso anticapitalistico della scienza. L'umanità sembra vivere, sotto questo aspetto, in maniera abbastanza fatalistica, non senza il timore che da un momento all'altro possa arrivare una nuova sciagura (bellica, finanziaria,

epidemica) in grado di scuotere le fondamenta del sistema.

Molti ritengono assurda la divisione della scienza in “borghese” e “proletaria”, nel senso che la scienza non può essere che unica e la diversità sta semmai nella sua gestione. Tuttavia anche su questo ci sarebbe da discutere. Lo sviluppo della scienza borghese (sorta in seno alla borghesia sin dal tempo dei Comuni italiani del Mille) ha comportato una rivoluzione nello stile di vita. Si vogliono oggetti che rendano la vita più comoda, più agiata e coi movimenti più veloci. In un certo senso ci si identifica con gli oggetti che si possiedono. E si vuole che questo benessere si affermi a livello internazionale, fingendo di non sapere ch'esso dipende dal malessere della maggioranza dell'umanità.

Purtroppo il socialismo, prima utopistico, poi scientifico, pur ereditando dal cristianesimo l'aspetto *collettivistico* del vivere civile (trovandosi così in netta concorrenza con le Chiese cattolica e protestante), non ha mai messo in discussione i vantaggi della rivoluzione tecnico-scientifica della borghesia. E così oggi non viene neppure preso in considerazione per un'alternativa *ecologica* al capitale.

Al tempo del cosiddetto “socialismo reale” (di marca industriale nell'Europa dell'est, o di marca agricola nella Cina maoista) la scienza borghese veniva utilizzata per gli interessi di uno Stato autoritario. Quanto tempo sono durate quelle esperienze, che si dicevano contrarie al capitalismo privato? Pochi decenni. Di fatto il socialismo reale è crollato perché le popolazioni volevano maggiore benessere materiale, quello che si pensava fosse garantito nei paesi capitalisti dalla sola tecnoscienza.

Questo per dire che una “scienza proletaria”, che si confronta costantemente con una “borghese”, alla lunga perderà la partita. La scienza borghese non solo si vanta d'essere l'unica vera scienza, ma pretende anche che sia unico il suo utilizzo, che di naturale e di umano non ha nulla. È assurdo quindi contrapporre un uso diverso di una scienza nata sulla base di presupposti disumani e innaturali.

Il vero problema è quello di come uscire da questo concetto di “scienza”, che è strettamente connesso a quello di “civiltà borghese”, che prevede la democrazia formale, la fittizia libertà giuridica, il ruolo onnipervasivo dello Stato, delle forze armate, della burocrazia e dei mercati. In teoria sarebbe giusto affermare che è possibile un uso anticapitalistico della scienza, proprio perché essa ha per contenuto la verità oggettiva. Tuttavia oggi va messo in discussione che la verità oggettiva della scienza borghese sia quella di cui abbiamo davvero bisogno. Davvero una verità ottenuta da esperimenti di laboratorio, una verità che produce oggetti eco-incompatibili rappresentano l'oggettività di cui abbiamo bisogno?

La figura dello scienziato come *porteur* d'un sapere specializzato oggi non ha più senso. È stato questo tipo di ricercatore a far maturare l'i-

dea di una neutralità etica o assiologica della scienza. Peraltro il rifiuto, da parte dello scienziato, di sottostare a ingerenze da parte dei non addetti ai lavori, ha determinato la sua sottomissione ai desiderata dei poteri forti. Il suo rifiuto d'intervenire in campi estranei alla propria settoriale competenza ha favorito l'idea, completamente sbagliata, di un orientamento avalutativo della scienza (su cui peraltro si è basata la filosofia neopositivistica). Di fatto lo scienziato borghese non ha fatto che piegarsi alla volontà di chi gli assicurava i mezzi e i finanziamenti necessari per proseguire le sue ricerche, le quali, per tale motivo, avevano sempre meno un obiettivo personale, un interesse soggettivo, e sempre più una finalità indipendente dalla volontà del ricercatore. D'altra parte nel socialismo reale la situazione non era migliore: tutti conoscono l'assurda strumentalizzazione dello stalinismo nei confronti della "scienza proletaria" lysenkiana contro la genetica, vista come "scienza borghese".

Oggi non mancano esempi di scienziati che sentono di dover mettere al servizio dell'intera umanità, e non solo della produzione nazionale, la loro competenza e la loro professionalità: basta vedere l'impegno di quelli aderenti al movimento internazionale Pugwash. Ma nel complesso si tratta di eccezioni e con risvolti più che altro etici o solo indirettamente politici. In realtà servirebbe un intervento direttamente politico da parte degli scienziati negli ambiti in cui si prendono decisioni di carattere "globale", riguardanti le grandi collettività umane, soprattutto le decisioni riguardanti la sicurezza e la cooperazione internazionale, ma anche l'ambiente e il clima.

Furono forse ascoltati gli scienziati che prima di Hiroshima si erano raccomandati di non impiegare il nucleare contro le popolazioni civili o di non applicarlo all'apparato militare? L'etica professionale dello scienziato dovrebbe implicare immediatamente, nel momento stesso in cui fa una qualunque ricerca, il problema della sua responsabilità verso la società. Dovrebbe però essere una responsabilità sostenuta da un ente collettivo, per non lasciare il ricercatore da solo di fronte alle minacce o ai ricatti dei poteri forti, anche perché una responsabilità così grande non può essere gestita né in modo individualistico, né in modo semplicemente morale. La scienza è sempre meno affare di ricercatori individuali, chiusi nel loro laboratorio, ed è sempre più affare di imponenti imprese industriali e commerciali, che investono enormi capitali. Basterebbe questo per comprendere la necessità oggettiva di un'azione della società sulla scienza e di una vasta eco dei risultati di quest'ultima sulla società. La scienza non può essere patrimonio di pochi eletti, anche perché oggi, pressati come siamo da interessi tra loro concorrenziali, molte cose vengono continuamente rimesse in discussione (basta vedere, p.es., quel che si dice sul piano dell'alimentazione). L'idea di un sapere cumulativo e in-

controvertibile è semplicemente ridicola. Disse Ludwig Wittgenstein nel suo *Tractatus*: “Noi sentiamo che, anche una volta che tutte le proposizioni e domande scientifiche hanno avuto una risposta, i nostri problemi vitali non sono ancora neppure sfiorati”.

L'onere di un corretto uso della scienza deve ricadere sull'intera società, ma siccome in nessuna società è praticata la *democrazia diretta*, occorre che anzitutto si modifichi qualitativamente la gestione della società, superando i limiti della democrazia meramente rappresentativa. Lo scienziato ha il diritto di sapere a priori come verranno utilizzate le proprie ricerche. Con questo non si vuol dire che occorre elaborare un codice normativo o deontologico valido in ogni tempo e per qualsiasi situazione. La scienza è sempre ricerca d'un sapere nuovo: di conseguenza essa conduce a situazioni inedite, anche in campo morale, tali che nessun codice etico è in grado di prevedere. Semmai si potrebbe dire che la scienza dovrebbe tutelare i saperi acquisiti, quando questi sono conformi a esigenze umane e naturali. Le responsabilità della scienza sono enormi, proprio perché i nessi con la tecnologia si realizzano in tempi sempre più stretti, specie se prospettano guadagni più o meno immediati. Disse Max Planck, iniziatore della fisica quantistica: “L'uomo ha bisogno di principi per decidere ciò che deve fare e ciò che non deve fare, ne ha un bisogno assai più urgente che non della conoscenza scientifica... La scienza conduce a un punto oltre il quale non ci può guidare”.

III

A cosa ci è servito sapere che dal punto di vista del sistema solare le cose stavano in maniera molto diversa da ciò che ci appare dal punto di vista del nostro pianeta?

Le risposte che si possono dare a questa domanda non sono semplici. Indubbiamente a partire dal telescopio (e poi dal microscopio) la nostra vita è completamente cambiata. Ma potremmo dire con sicurezza che è cambiata in meglio? Per tutti gli abitanti del pianeta? I miglioramenti che abbiamo avuto noi europei sono forse stati condivisi da tutte le altre popolazioni? Se solo ci limitiamo a guardare i vantaggi della scienza con gli svantaggi della devastazione ambientale (a livello planetario) e con tutte le alienazioni (tipicamente “borghesi”) connesse all'uso della tecnoscienza, dovremmo rispondere di no. Oggi in realtà ci sentiamo molto più insicuri che all'epoca pre-scientifica, proprio perché sappiamo che gli effetti negativi della tecnoscienza sono di tipo “globale” e apparentemente irreversibili, cioè non facilmente risolvibili.

D'altra parte avremmo potuto limitarci a fare delle nuove scoperte scientifiche per poi arrivare a dire che la vita può andare avanti in ma-

niera accettabile anche senza di esse? La storia del genere umana dimostra che, una volta compiuto un certo percorso, tornare indietro è praticamente impossibile, a meno che non intervengano delle forze in controtendenza molto potenti, in grado di bloccare quel percorso in nome di un ideale molto convincente, accettato da una grande maggioranza della popolazione. I cosiddetti “barbari” rinunciarono a molte cose della civiltà romana, senza per questo sentirsi a disagio. Questo però ci porta a credere che non tutto ciò che chiamiamo “progresso” è giustificabile. Non è importante avere comodità, molti beni materiali, oggetti di lusso, ecc., ma è importante essere umani e naturali, e questo diventa difficile quando si possiedono più cose del necessario. Il superfluo rovina chiunque.

Passando da una percezione terrestre a una percezione cosmica abbiamo compiuto il passo più lungo della gamba, anche se abbiamo capito che le cose possono essere osservate in maniera molto diversa. Probabilmente saremmo arrivati lo stesso a capire come stanno le cose nel nostro sistema solare, ma l'avremmo fatto a tempo debito. Oppure possiamo dire che sarebbe stato meglio fare questa scoperta astronomica vivendo in un sistema sociale democratico, non conflittuale. Infatti, vivendo nell'ambito del capitalismo gli scienziati non hanno fatto che mettere al servizio di questo sistema tutte le loro scoperte e invenzioni. In tale maniera hanno reso quel sistema ancora più invivibile, soprattutto perché han fatto della natura una mera risorsa da sfruttare.

D'altra parte prima del capitalismo non esisteva alcuna democrazia, anche se il rapporto con la natura era più stretto. Nel Medioevo dominavano il servaggio e il clericalismo. Le scoperte degli scienziati moderni, pur non aprendo la strada a un'autentica democrazia sociale, han contribuito a smantellare i limiti della civiltà precedente. La Chiesa ha capito che non deve interferire nella ricerca scientifica.

Anche questa però è stata un'acquisizione non del tutto corretta. È giusto infatti affermare che la religione, basata su presupposti indimostrabili, non può porre alla scienza dei limiti epistemologici, ma è stata sbagliato sostenere che, nel fare ricerca, la scienza deve sentirsi libera da qualunque controllo, sia religioso che *etico*. La rivoluzione scientifica del Seicento ha contribuito a sviluppare il capitalismo separando la ragione non solo dalla fede ma anche dalla morale.

Chi dimentica di evidenziare questi gravi limiti della scienza sperimentale, inevitabilmente è portato a trasformarla in una nuova religione, autoreferenziale. Gli scienziati diventano i nuovi sacerdoti, i cui committenti sono gli imprenditori industriali. La matematica (prima applicata alla fisica e all'astronomia, poi all'economia) prende il posto della teologia. Questo per dire che se è vero che i nostri sensi percepiscono cose che nella realtà possono essere molto diverse, è anche vero che non ab-

biamo bisogno di fare delle verifiche sperimentali da laboratorio per capire come davvero stanno le cose. Se i sensi ci ingannano, l'errore non sarà mai così grave da impedirci d'essere umani e naturali. In fondo l'uomo esiste da milioni di anni e non è possibile affermare che prima della scienza sperimentale viveva in una totale ignoranza della realtà naturale.

Uno scienziato non può pretendere di avere più ragioni di tutti gli altri cittadini solo perché usa mezzi più sofisticati, che solo lui possiede, in quanto se li è fabbricati da solo; oppure perché è in grado di fare calcoli di una certa complessità. Uno scienziato è anzitutto un cittadino di una collettività di riferimento: non può fare le ricerche che vuole. Occorre che le finalizzi al bene comune.

Peraltro, da quando si è imposta la scienza sperimentale, scoperte e invenzioni si sono succedute a ritmo incalzante, non sempre confermando le acquisizioni fondamentali delle precedenti, ma anzi, spesso smentendole clamorosamente, come hanno fatto la relatività e la quantistica nei confronti della meccanica di Galilei e Newton. Ha forse senso dover continuamente sottostare a scoperte e invenzioni, a leggi ed esperimenti che portano a risultati così contraddittori? È vero, abbiamo bisogno di certezze (seppure in un contesto perenne di relativa provvisorietà), ma il prezzo da pagare oggi qual è: quello di rassegnarci a vivere col timore che da un momento all'altro può accaderci qualcosa di irreparabile?

La moderna scienza sembra essere nata per rendere la vita più facile e più comoda, ma, essendo strettamente connessa al capitalismo, ha prodotto solo una grande instabilità, al punto che sembra essere diventato impossibile attingere dalla realtà la vera oggettività dei fenomeni. Tutto sembra essere relativo a percezioni, le quali spesso non sono neppure condivise dalle grandi collettività, tant'è che quando lo diventano, è solo perché sono state imposte a livello politico da qualche scaltro demagogo. La percezione collettiva di come i fenomeni (naturali e sociali) funzionano, sembra essere dettata dall'orientamento dei mass-media. Noi abbiamo bisogno di tranquillità, almeno quel tanto che basta per non sentirci continuamente angosciati: non possiamo vivere in un sistema dove la frode e l'inganno sono la regola e non l'eccezione.

Il fatto che la scienza moderna abbia affermato, con sicurezza, che tutto è costantemente in moto, ha aggiunto o tolto qualcosa al desiderio che abbiamo d'essere in quiete? Per scoprire le leggi della dialettica (cioè l'attrazione e repulsione degli opposti, la trasformazione della quantità in qualità, la negazione della negazione, ecc.), avevamo assolutamente bisogno di compiere una rivoluzione tecnico-scientifica? Se tutto è relativo, a che pro cercare delle verità inoppugnabili sul piano scientifico? Anch'esse, prima o poi, verranno smentite, con la differenza però che, nell'ambito del capitalismo, prima che una verità scientifica venga smen-

tita, i danni causati sull'ambiente da quella “verità” saranno stati enormi. Possiamo permetterci un prezzo del genere?

In fondo la fisica pre-moderna era la fisica del “buon senso” o del “senso comune”. È stato abbastanza ridicolo scardinarla con l'intenzione di superare i limiti del cattolicesimo-romano. Quei limiti andavano superati sul piano politico e sociale, realizzando una rivoluzione che potesse fine al servaggio e al clericalismo, l'assurdità dei quali era ben visibile, indipendentemente dalle cognizioni scientifiche che si avevano. Si è forse voluta fare una rivoluzione scientifica per non fare quella politica, così come, un secolo prima, si era fatta quella religiosa del protestantesimo? Il che ovviamente non vuol dire che la visione aristotelica fosse migliore di quella galileiana. Il fatto stesso che i Greci considerassero il nostro pianeta il regno della imperfezione e della corruttibilità, mentre il mondo celeste rappresentava tutto il contrario, era sicuramente un segno della loro immaturità, che rifletteva i rapporti antagonistici basati sullo schiavismo.

La Chiesa aveva elaborato una soluzione ambigua: da un lato aveva aderito alla visione ebraica, secondo cui un Dio onnipotente aveva creato tutto perfetto, il cielo e la terra; dall'altro però aveva condiviso l'idea greca secondo cui sul nostro pianeta le cose non erano così perfette come fuori, in quanto l'uomo, col peccato originale, aveva rovinato tutto in maniera irreparabile, per cui l'unica possibilità che aveva di salvarsi era di sottomettersi alla gerarchia ecclesiastica. Nel Medioevo allo schiavismo si era semplicemente sostituito il servaggio, ch'era una forma di schiavitù meno violenta. In questa maniera, continuando a sostenere che il male sociale sulla Terra è non solo inevitabile, ma anche irrisolvibile, la Chiesa, con un papato monarchico, non faceva altro che giustificare l'oppressione sociale in quel momento dominante.

Ora, a tutto ciò quale alternativa è stata in grado di proporre la scienza sperimentale? Equiparando il mondo celeste con quello terrestre, essa ha tolto l'illusione di un mondo materiale migliore di quello presente sul nostro pianeta. Le leggi sono universali, valide per tutta la materia del cosmo. Tra macrocosmo e microcosmo non vi sono differenze sostanziali. Praticamente la scienza fece, dal suo punto di vista, la stessa cosa che fece il protestantesimo: si legittimò l'estensione dell'arbitrario individualismo che il papato viveva sul piano *politico* al piano *sociale* degli individui borghesi che andavano affermandosi nelle città europee. Dapprima lo si fece con la filosofia neoplatonica dell'Umanesimo, poi con la riforma luterana, infine con quella scientifica: non restava da fare altro, per la borghesia, che una rivoluzione politica vera e propria, magari debitamente anticipata da una rivoluzione culturale favorevole alle idee laicistiche. Sotto questo aspetto non può essere considerato casuale che la scienza

moderna si sia più facilmente sviluppata nei paesi protestantizzati.

Semmai può apparire abbastanza strana l'idea medievale di un universo finito, chiuso, sferico, pieno e geocentrico. Credendo in un Dio onnipotente si sarebbe potuto azzardare qualcosa di più. Per es. si temeva che l'idea di "infinità della materia" avrebbe potuto comportare una riduzione dell'importanza del genere umano, considerato un *unicum* in tutto l'universo. Parlare di "universo infinito" significava avvalorare l'idea ch'esso non fosse "creato" (come appariva nel Genesi) ma "eterno". Tutto ciò che veniva considerato "infinito", inevitabilmente veniva associato a qualcosa di "eterno": il che però portava a escludere l'esistenza di un Dio assoluto, che non ha bisogno di alcunché, neppure dello spazio e del tempo.

Nel mondo greco classico si accettava l'eternità dell'universo, ma non quella della sua infinità spaziale. Non avendo l'idea di un "Dio creatore", la materia informe doveva essere per forza qualcosa di preesistente a tutto. Le divinità avevano la funzione di mettere ordine a un caos innaturale. In questo mondo, basato sullo schiavismo, le divinità si combattono tra loro e solo alla fine della guerra prevale un dio su altri (nella fattispecie Zeus o il Giove latino), attorniato da divinità inferiori a lui nella potenza o nella volontà o nella saggezza, ma non nella caratteristica dell'immortalità.

Viceversa nella teologia ebraico-cristiana non esiste una guerra tra divinità, ma un unico Dio, che con l'aiuto dello Spirito (generalmente connotato al femminile⁹³), dà origine a qualunque cosa. Il che non vuol dire che il "male" non esiste. Solo ch'esso è sulla Terra in forma indiretta, non umana, in grado d'indurre l'uomo e la donna in tentazione. Solo dopo aver disobbedito a un ordine ricevuto da Dio, che "passeggia" nell'Eden insieme alle proprie creature (prodotte a sua immagine e somiglianza), il male entra a pieno titolo nel mondo, dando origine alle civiltà schiavistiche, le quali implicano l'uscita dalle foreste e l'inizio dell'urbanizzazione presso grandi fiumi, quindi l'inizio della "storia".

Anche nella teologia ebraico-cristiana, nonostante l'onnipotenza del Dio creatore, il cosmo resta finito, chiuso, sferico (segno geometrico di perfezione), pieno (perché se Dio c'è, non ci può essere il vuoto) e geocentrico (non per far sentire l'uomo più grande di Dio, ma perché coi sensi si ha la percezione che la Terra sia ferma e che tutto le giri attorno). Il geocentrismo non dipende dall'antropocentrismo (poiché il cristianesimo è teocentrico), ma dalla fisica naturale, relativa alla percezione sensibile, non dagli esperimenti laboratoriali.

⁹³ Lo si capisce dalla parola "facciamo": "Facciamo l'uomo a nostra immagine, a nostra somiglianza" (Gen 1,24).

Nella scienza moderna il mondo viene visto come una macchina, un orologio, un ingranaggio in cui Dio è l'orologiaio, l'ingegnere, l'architetto, ecc. Oppure si pensa che nell'universo non esista un Dio immateriale, bensì una forza materiale che, anche se in una fase iniziale è stata avviata da Dio, poi è in grado di procedere da sola. Il moto rettilineo, uniformemente accelerato, o inerziale, rende in un certo senso irrilevante la continua presenza divina. Non c'è più bisogno di ipotizzare un "motore immobile", di aristotelica memoria, il quale, proprio perché fermo, mostra di non aver bisogno di nulla, mentre tutto il resto è costretto a girargli attorno. Il moto inerziale si sostiene da solo, facendo scomparire la differenza tra quiete e movimento. E se esiste un movimento circolare o ellittico, ciò dipende esclusivamente dalla gravità esercitata tra corpi che hanno masse enormi.

Tutta la molteplicità del reale pare riconducibile alla risultanza fenomenologica di due ingredienti: particelle (o corpuscoli) e movimento. La "quinta essenza" metafisica scompare, per non parlare della scala gerarchica degli esseri. Al posto del mondo aristocratico delle qualità subentra il mondo democratico delle grandezze misurabili, a disposizione di tutti. Il cosmo non è che una macchina da studiarsi con misurazioni geometrico-meccaniche (o fisiche): senza la matematica la natura diventa incomprensibile. La visione geocentrica e antropocentrica non è più privilegiata, in quanto tutto l'universo soggiace a medesime leggi naturali. La scienza va forgiandosi un proprio metodo di ricerca, basato sulla capacità di scomporre e di ricomporre gli elementi attraverso determinati esperimenti.

Il Movimento Pugwash

Il documento fondamentale del Movimento Pugwash è stato il Manifesto Russell-Einstein, apparso nell'aprile 1955, pochi giorni prima della morte di Einstein.

Tutto ciò avvenne per frenare la corsa agli armamenti nucleari, iniziata con la distruzione di Hiroshima e Nagasaki da parte degli USA nel 1945. Per la prima volta gli scienziati si erano resi conto di come le loro scoperte potevano trasformarsi in strumenti di sterminio di massa. L'origine della vita sulla Terra restava nascosta, ma non il modo di farla cessare.

Quando nel 1949 l'URSS sperimentò la propria bomba atomica si capì ch'era finito il monopolio americano e che invece di rinunciare a questi ordigni devastanti, era cominciata una escalation che rischiava di non finire più. Verso la metà degli anni Cinquanta entrambe le superpotenze, tra armi all'uranio-plutonio e all'idrogeno, avevano a disposizione

un potenziale distruttivo mille volte più potente di quello che aveva distrutto le due città nipponiche. La bomba all'idrogeno era anche più potente di quella all'uranio. L'avevano sperimentata gli americani nel 1954 nei pressi dell'atollo Bikini, e le sue radiazioni avevano finito per coinvolgere anche l'atollo Rongelap, devastando i nativi.⁹⁴

La prima iniziativa contro questa insensata proliferazione nucleare fu promossa dal filosofo e matematico inglese Bertrand Russell, che pensò di coinvolgere gli scienziati di entrambi gli schieramenti politici contrapposti. Ora, siccome il maggiore degli scienziati viventi era Einstein, Russell gli scrisse a Princeton, ove viveva, invitandolo a lanciare un appello per convocare una conferenza dei più noti studiosi e vedere quali soluzioni escogitare per risolvere questo drammatico problema.

Einstein accolse subito la proposta, anche perché era stato proprio lui a suggerire al presidente Roosevelt di creare una bomba atomica per distruggere un grande porto nipponico. Chiese a Russell di redigere il testo della dichiarazione che i due, insieme ad altri scienziati, potessero sottoscrivere. Cosa che Russell fece.

Nell'aprile 1955, mentre stava volando in aereo da Roma a Parigi, Russell apprese che Einstein era morto. Per fortuna quando arrivò a Parigi, trovò in albergo una lettera di Einstein che conteneva la dichiarazione che aveva firmato. Nelle settimane successive l'appello fu firmato da Max Born, Percy W. Bridgman, Albert Einstein, Leopold Infeld, Frédéric Joliot-Curie, Herman J. Muller, Linus Pauling, Cecil F. Powell, Joseph Rotblat, Bertrand Russell, Hideki Yukawa. Tutti premi Nobel tranne due (cinque fisici e due chimici). Rotblat fu l'unico degli scienziati coinvolti nel progetto Manhattan che abbandonò tale progetto a causa di contrasti di natura morale dopo aver appreso di Hiroshima. Rotblat diresse la conferenza stampa di presentazione del Manifesto a Caxton Hall, a Londra, il 9 luglio 1955. Fu sua la celebre frase (citata anche quand'egli ritirò il Nobel per la Pace nel 1995): “Ricordatevi della vostra umanità, e dimenticate il resto”.

⁹⁴ Già nel 1946 l'atollo Bikini era diventato un poligono nucleare americano. Sia questo atollo che quello vicino Enewetak furono sottoposti a sessantasette esperimenti nucleari, con bombe all'uranio e all'idrogeno. Nel 1946, prima dell'inizio di questi esperimenti, la popolazione venne evacuata sull'atollo di Rongerik, con la promessa che sarebbe potuta ritornare alla fine dell'esperimento, ma non poté mai farlo. Attualmente le isole rimangono disabitate a causa dell'alta radioattività. Gli abitanti hanno mosso causa, infruttuosamente, agli Stati Uniti per essere risarciti. Dal 2013 gli ex-abitanti di Bikini sono coperti per le eventuali cure mediche e ricevono un sussidio di circa 550 dollari al mese per ogni individuo. Nel 2010 l'atollo è stato riconosciuto come patrimonio mondiale dell'umanità dall'Unesco.

Il Manifesto era un invito ai governi a non usare mezzi bellici nucleari per risolvere le loro contese politiche, poiché una guerra del genere non poteva essere vinta da nessuno, anzi avrebbe potuto distruggere l'intero pianeta.

Tuttavia la prima conferenza per precisare, in maniera operativa, i contenuti del Manifesto poté essere convocata solo due anni dopo. Originariamente si era pensato come sede l'India, ma in seguito alla crisi di Suez questo progetto fu abbandonato. Aristotele Onassis si offrì di finanziare un incontro a Monaco, ma la proposta fu rifiutata. Infine, Cyrus Eaton, un imprenditore canadese che conosceva Russell dal 1938, si offrì di finanziare una conferenza nella sua cittadina di Pugwash, in Nuova Scozia. La Conferenza di Pugwash per la Scienza e gli Interessi del Mondo, tenutasi nel luglio 1957, ha ricevuto nel 1995 il Premio Nobel per la Pace.

I delegati erano 22, tutti scienziati eminenti: fisici, chimici, biologi, medici e un giurista. Unica donna Ruth Adams. Provenivano da USA, URSS, Cina, Regno Unito, Francia, Polonia, Austria, Australia, Giappone e Canada. Si presentarono come persone private, non come delegati governativi o di qualche specifica organizzazione. L'incontro si svolse a porte chiuse, per favorire un libero scambio di opinioni. Argomento all'ordine del giorno furono le radiazioni causate dai test nucleari, effettuati nell'atmosfera.

Gli scienziati sostenevano che il fall-out radioattivo andava considerato molto pericoloso e che non esisteva un limite al di sotto del quale non si riscontrava alcuna conseguenza dalle precipitazioni contaminate.

Altro importante argomento fu quello di come impedire non solo una guerra nucleare, ma anche la minaccia di farla scoppiare. Si cominciò a chiedersi come allentare la tensione nei rapporti tra paesi capitalisti e socialisti, come promuovere la comprensione tra i popoli, come arrestare la corsa agli armamenti, come creare un sistema di controllo in grado di favorire la protezione e la fiducia reciproche. Si arrivò a dire che la scienza non può svilupparsi bene se non si libera da pregiudizi ideologici, meno che mai da quelli imposti dai mezzi di comunicazione. Inoltre la scienza deve essere lasciata libera di mettere in discussione persino i propri presupposti.

Fu un risultato eccezionale, poiché a quel tempo la “guerra fredda” generava la propaganda dell'odio e impediva uno scambio pacifico delle idee. Uno scienziato occidentale che acconsentisse a un incontro con scienziati comunisti per discutere di pace e disarmo, veniva visto con un certo disprezzo. Invece in quella conferenza tutti gli scienziati riuscirono a porsi degli obiettivi comuni, che oltrepassavano i confini naziona-

li. Si capì chiaramente che una politica seria non poteva essere condotta senza il potenziale degli intellettuali.

Incoraggiati dal successo, i promotori pensarono di istituire un Comitato permanente, composto da Russell, Eugene Rabinowitch (USA), Dmitrij Skobeltsyn (URSS), Cecil Powell e Joseph Rotblat (Regno Unito). Sentiti centinaia di studiosi di tutto il mondo, il Comitato dispose la tipologia, le modalità e gli obiettivi delle Conferenze Pugwash per la scienza e gli affari mondiali.

A causa però del deterioramento della situazione politica, causato dai blocchi contrapposti, si decise che la seconda conferenza si tenesse ancora a porte chiuse, nell'aprile 1958, a Lac-Beauport in Canada, con 22 delegati. La terza invece fu tenuta nel settembre dello stesso anno a Kitzbühel in Austria, con 70 delegati.

Ci si convinse sempre più a realizzare degli incontri strettamente confidenziali, coinvolgendo soprattutto quegli scienziati che avessero potuto garantire una certa influenza sui propri governi. I giornalisti venivano esclusi. Gli stessi scienziati non dovevano manifestare pubblicamente dei pareri personali su quanto discusso, proprio perché si dava per scontato che i mass-media ne avrebbero travisato il contenuto. La dichiarazione finale doveva essere unica, sintetica, redatta ufficialmente dal Movimento, senza specificare i nomi dei partecipanti che avevano espresso opinioni contrastanti. Per il resto si lasciava ai singoli scienziati il dovere di dettagliare privatamente le risoluzioni prese ai rispettivi governi o istituzioni statali. Se proprio si volevano rilasciare interviste o pubblicare articoli, si poteva farlo rispettando il seguente principio: “Non dire nulla che corrisponda agli interessi di un singolo gruppo o sia in contrasto con gli interessi di altri gruppi”.

Ancora oggi si tiene, in genere, una conferenza all'anno, che può coinvolgere anche 200-250 persone. Tra l'una e l'altra avvengono simposi (a partire dalla conferenza di Ronneby nel 1967), seminari (a partire dal 1974), riunioni dei vari gruppi di ricerca, che analizzano profondamente una questione per volta, riguardante non solo la guerra atomica, ma anche quella chimica, biologica e convenzionale. Alla conferenza di Varsavia del 1982 il Movimento chiese alla NATO e al Patto di Varsavia di non utilizzare per primi, in caso di conflitto, alcuna bomba atomica e di limitarsi a una difesa con armi convenzionali (un principio che gli USA non hanno mai accettato, in quanto si dà per scontato che ha un vantaggio significativo chi comincia le ostilità nucleari per primo). Nel 1987 a Mrągowo, in Polonia, in un proprio simposio il Movimento disse che il concetto di “sicurezza universale” doveva sostituire quello di “deterrente nucleare”, giudicato troppo pericoloso; sicché si sarebbero dovute eliminare non solo le armi più adatte a un attacco di sorpresa, ma an-

che l'approccio militaristico nelle questioni politiche.⁹⁵

Al posto del Comitato permanente ora vi è il Consiglio Pugwash, composto di circa 30 membri. Non vi è un regolamento scritto, anche perché non esiste un'iscrizione formale. Il Movimento resta un'associazione privata e autonoma e, generalmente, non intraprende azioni unitarie con altre organizzazioni. Gli studiosi partecipanti, divenuti varie migliaia, non appartenenti unicamente al campo delle scienze esatte, continuano a rappresentare solo se stessi. I due uffici principali sono quelli di Londra e di Ginevra. Il sito web ufficiale è pugwash.org. I gruppi principali si trovano in Afghanistan, Argentina, Canada, Croazia, Danimarca, Egitto, Finlandia, Francia, Germania, Ungheria, India, Iran, Iraq, Israele, Italia, Giappone, Giordania, Paesi Bassi, Nuova Zelanda, Norvegia, Pakistan, Palestina, Russia, Sud Africa, Corea del Sud, Spagna, Sri Lanka, Svezia, Svizzera, Regno Unito, Stati Uniti. Non sono più presenti Brasile, Messico e Nigeria.

Il contributo di questo Movimento è stato rilevante in molte occasioni: l'accordo sul divieto delle prove nucleari nei tre ambienti naturali (1963); la convenzione sul divieto dell'arma biologica (1972); i trattati SALT 1 (1969-72) e SALT 2 (1972-79) per la limitazione delle armi strategiche; il Trattato di non proliferazione dell'arma nucleare (1970); il Trattato ABM contro i missili balistici (1972). Il Movimento diede un contributo fondamentale agli Accordi di Helsinki del 1975⁹⁶ ed espresse anche energiche proteste contro le ricerche americane nel quadro della SDI ("Scudo stellare") e contro l'interpretazione allargata (sempre da parte americana) del Trattato ABM. Nel 1978 il gruppo Pugwash ottenne il permesso di visitare l'impianto per la liquidazione di aggressivi chimici a Tooele, nello Stato americano dello Utah, in quanto aveva chiesto di vietare l'arma chimica.

Dal 1984 ad oggi il Movimento ha avanzato molte precise richieste: alla NATO e al Patto di Varsavia di elaborare delle dottrine militari semplicemente difensive; a Brasile e Argentina di non produrre l'atomi-

⁹⁵ Da notare che per gli USA la minaccia ai propri interessi vitali può sorgere in qualunque punto del mondo, sicché vogliono essere pronti in tempo reale a trasferire le loro truppe utilizzando la grande superiorità delle forze navali e aeronautiche in una qualunque delle tante basi militari sparse nel mondo.

⁹⁶ I principi di Helsinki furono i seguenti: uguaglianza sovrana, rispetto dei diritti inerenti alla sovranità, non ricorso alla minaccia o all'uso della forza, inviolabilità delle frontiere, integrità territoriale degli Stati, risoluzione pacifica delle controversie, non intervento negli affari interni, rispetto dei diritti dell'uomo e delle libertà fondamentali, inclusa la libertà di pensiero, coscienza, religione o credo, uguaglianza dei diritti e autodeterminazione dei popoli, cooperazione fra gli Stati, adempimento in buona fede degli obblighi di diritto internazionale.

ca; alle maggiori potenze mondiali di realizzare un satellite internazionale destinato a ricerche esclusivamente pacifiche; a USA e URSS di abbassare di molto la potenza e la frequenza delle esplosioni nucleari sotterranee, nonché di ridurre del 95% il livello degli armamenti nucleari offensivi, e di individuare delle zone geografiche completamente denuclearizzate⁹⁷; a tutte le superpotenze di rinunciare alla dottrina del “deterrente nucleare”, in quanto la pace si ottiene di più di fronte al disarmo di tutti e alla fiducia reciproca, che non di fronte alla paura di essere distrutti.

Il Movimento lavorò molto anche per far approvare da USA e URSS il Trattato sulle forze nucleari a medio raggio (INF), firmato da Reagan e Gorbačëv nel 1987, con cui si eliminarono tutti i missili nucleari a gittata corta e intermedia (tra 500 e 5.500 km) con base a terra. Tuttavia, sotto la presidenza Trump gli USA sono usciti da questo trattato e si propongono di reinstallare in Europa quel tipo di missile. Da notare che mentre un missile nucleare USA a raggio intermedio schierato in Europa può colpire Mosca, un analogo missile schierato dalla Russia sul proprio territorio non può colpire Washington. La differenza è che oggi gli USA vogliono colpire anche la Cina, dislocando missili del genere nei Paesi asiatici loro alleati. All’Assemblea generale Onu (21 dicembre 2018), l’Unione europea ha bocciato la risoluzione con cui la Russia proponeva di preservare il Trattato stabilendo meccanismi di verifica e negoziati.

Oggi ci si rende conto che se anche si riuscisse a eliminare tutte le armi di sterminio di massa, resta sempre la cognizione su come produrle, per cui occorre assolutamente che si sviluppi un clima di fiducia reciproca. Peraltro le tecnologie nucleari per usi civili si sono dimostrate la porta per accedere alle tecnologie militari, poiché il *dual-use* è la caratteristica intrinseca e ineliminabile di questa tecnologia. Paradossalmente proprio l’idea di rendere possibile l’uso dell’energia contenuta nei nuclei atomici a fini pacifici, lanciata nel 1953 da un celebre discorso di Eisenhower: “Atoms for peace”, ha accelerato la proliferazione del nucleare anche per scopi militari. Civile e militare sono diventate due facce della stessa medaglia.

Ogni Paese teme di restare indietro rispetto agli altri. Il ragionamento che si fa è molto semplice: “Se non lo faremo noi, gli altri non si lasceranno sfuggire questa occasione. Ecco perché, se vogliamo evitare il

⁹⁷ Fu la Polonia, col “piano Rapacki” (dal nome del Ministro degli Esteri), che nel 1957 chiese per la prima volta all’ONU di creare in Europa una zona libera da armi nucleari, che avrebbe dovuto includere la Polonia e le due Germanie (successivamente anche la Cecoslovacchia). Il piano fallì per l’opposizione della NATO.

ricatto, dobbiamo guadagnare tempo”. È sbagliata proprio la prospettiva del disarmo: non ha più senso creare prima gli armamenti e poi condurre faticosi negoziati per disfarsene. Il disarmo dev'essere preventivo, basato ovviamente sulla fiducia reciproca. Si è più sicuri se tutti si è disarmati. In assenza di questa fiducia il passaggio da una guerra con armi convenzionali a una con armi nucleari va dato per scontato.

Conclusione

Gli esseri umani vivono su un pianeta che hanno chiamato “Terra”, pur essendo esso prevalentemente composto di acqua (71%), un elemento praticamente introvabile o inutilizzabile negli altri pianeti, e senza il quale la vita è impossibile. La presenza dell'acqua sulla superficie terrestre è il prodotto della pressione atmosferica e di un'orbita stabile nella zona abitabile circumstellare del Sole, ma la sua provenienza rimane sconosciuta. Molti scienziati deducono che l'acqua liquida una volta copriva vaste aree di Marte e Venere, ma su questi pianeta la vita è letteralmente impossibile e non solo quella umana.⁹⁸ Può essere casuale il fatto che solo sul nostro pianeta sia presente la vita in tutte le sue forme?

Viviamo un'esperienza simile a quella del feto nel ventre della madre, immersi nell'acqua, in cui navighiamo come fossimo sommozzatori. Non riusciamo a stare fermi. A volte ci muoviamo in maniera tale che il cordone ombelicale si attorciglia attorno al collo. Però ad un certo punto avvertiamo la necessità di uscire da uno spazio che ci è diventato troppo piccolo. Microcosmo e macrocosmo straordinariamente si somigliano. Si potrebbe addirittura dire che come la natura terrestre limitata sta alla materia cosmica illimitata, così l'essere umano mortale in quanto terreno sta all'essenza umana immortale in quanto universale.

I movimenti del feto, se sono pericolosi per la sua sopravvivenza (si pensi solo alla posizione podalica), vanno considerati del tutto casuali, ma noi umani, da quando siamo comparsi su questo pianeta, abbiamo preso a vivere, circa 6000 anni fa, in maniera innaturale e per nostra diretta responsabilità. L'uomo è l'unico essere animato del pianeta (e probabilmente dell'intero universo) che può compiere cose contronatura, cioè, in definitiva, contro se stesso. Che lo faccia per scelta consapevole o perché si sente talmente condizionato da ciò che lo circonda da non poter fare diversamente, non cambia la sostanza delle cose. Di fatto siamo esseri pericolosi, e la natura, la cui integrità è sempre più minacciata, sem-

⁹⁸ Oggi le ricerche sono andate molto oltre nell'individuazione di acqua nel sistema solare. Gli scienziati concordano, p.es., sul fatto che sotto la superficie di Europa (la luna di Giove) esista uno strato d'acqua liquida. Anche Encelado, una luna di Saturno, ha rivelato dei geysers d'acqua. Si ipotizza l'esistenza di un oceano salino subsuperficiale su Ganimede, una luna di Giove. L'asteroide Cerere sembra essere differenziato in un nucleo roccioso e un mantello ghiacciato, e potrebbe avere un oceano liquido di acqua residuo sotto lo strato di ghiaccio. I “giganti ghiacciati”, come i pianeti Urano e Nettuno, si pensa abbiano un oceano d'acqua “supercritico” sotto le loro nuvole.

bra non avere più le risorse sufficienti per riprodursi secondo le proprie leggi. La desertificazione è forse l'unica strada che le resta per ridurre al minimo il nostro impatto nocivo?

Eppure l'uomo è anche l'unico essere vivente che, quando si comporta secondo natura, *sa* perché è giusto comportarsi così. È un animale che non vive solo di istinti, ma anche di razionalità, di intelligenza delle cose. E anche il fatto che sia l'unico non può essere considerato casuale. L'essere umano è un ente di natura che ha consapevolezza del perché la natura si comporta in un determinato modo. Ha una conoscenza sempre più precisa delle sue leggi, dei suoi meccanismi. In lui è grave soltanto il fatto che, pur avendo conoscenza delle “ragioni” della natura, non le rispetta come dovrebbe.

Tale atteggiamento, finché gli abitanti del pianeta erano pochi in grandi spazi geografici, con strumenti tecnologici poco impattanti sui processi naturali, poteva anche essere sopportato dalle forze della natura. Oggi però, con una crescita globale della popolazione umana pari a circa 75 milioni di individui ogni anno, tale sopportazione non è più possibile, anche perché i mezzi che usa una popolazione così numerosa, cresciuta in maniera spropositata negli ultimi due secoli (da 1 miliardo nel 1804 a 7 miliardi nel 2011), sono altamente pericolosi non solo per l'integrità della natura, ma anche per la sopravvivenza di qualunque essere vivente.

Circa 10.000 anni fa, con la nascita dell'agricoltura, abbiamo modificato enormemente il nostro modo tradizionale di vivere, ch'era quello del raccoglitore e del cacciatore. Circa 6000 anni fa abbiamo introdotto nella storia del genere umano la schiavitù, che si è evoluta in tre forme diverse di dipendenza: fisica, tributaria e salariata.

La schiavitù fisica negava qualunque tipo di diritto e lo schiavista poteva fare dello schiavo ciò che voleva. Nella servitù tributaria (quella feudale) il sottoposto aveva qualche diritto in più, ma certamente non la libertà. La libertà è invece conosciuta dall'operaio o dall'intellettuale salariato, il quale, essendo privo di proprietà, conosce solo una libertà formale o giuridica. La libertà vera, quella sostanziale, quella *de jure* e *de facto*, non si conosce più: per averla occorre una certa proprietà privata, un certo reddito.

In mezzo a queste tre forme di schiavitù vi sono ovviamente molte varianti, a seconda che lo schiavista sia una persona privata o un ente pubblico. L'ultima schiavitù, quella salariata, ha permesso la libertà giuridica perché, nel contempo, ha sviluppato, grazie alla scienza, un progresso tecnologico che permette di arricchirsi in una maniera spropositata. Questa tecnologia è la principale artefice della devastazione dell'ambiente naturale, e costituisce la principale minaccia all'esistenza della stessa specie umana.

Al momento attuale, per quanti sforzi scientifici e tecnologici si facciano di avventurarsi nello spazio cosmico, non siamo in grado di popolare l'universo con razionalità. Siamo diventati degli esseri inutili, proprio in quanto nocivi all'ambiente e a noi stessi. Sarebbe meglio che scomparissimo dalla faccia della Terra. Meglio ancora, naturalmente, sarebbe che gli elementi "sani" della nostra specie – se ancora ve ne sono – facessero una rivoluzione tale da riportare le cose com'erano nella fase della partenza, cioè al Paleolitico. Ma per farlo non basta una rivoluzione politica: occorre anche procedere a una riforestazione dell'intero pianeta. Dobbiamo riportarlo com'era in origine, poiché questa è la sola condizione per poterlo riprodurre nell'universo, dove gli spazi sono davvero infiniti.

Infatti, si può anche pensare che, uscendo da questo pianeta, le condizioni materiali della nostra esistenza, non saranno più esattamente identiche a quelle attuali, ma non possiamo pensare che saranno diverse le caratteristiche della nostra identità umana, che per poter vivere serenamente e dignitosamente ha bisogno di esercitare la libertà di coscienza e di conoscenza, di azione e di relazione. Non possiamo uscire da questa porzione di universo senza capire come eravamo quando ci siamo entrati. L'evoluzione che abbiamo vissuto non può farci dimenticare chi davvero siamo. Solo se sappiamo chi siamo, potremo vivere in maniera umana e naturale, in condizione ambientali diverse da quelle terrene.

L'essenza umana è qualcosa che ci precede nel tempo. Fa parte dell'universo, che è illimitato nello spazio ed eterno nel tempo. L'universo è il contenitore infinito di una coscienza altrettanto infinita. Ecco perché diciamo che l'essenza umana non è mai nata, e quindi è destinata a esistere. Si tratta soltanto di trovare il modo di farla esistere in maniera naturale, conformemente alle leggi necessarie dell'universo, la prima delle quali è la *libertà di coscienza*. Senza il rispetto integrale di questa libertà, ogni esistenza umana è impossibile. Se manca il rispetto di questa legge fondamentale, diventa impossibile il rispetto integrale di tutte le altre leggi.

Se dovessimo elaborare un modello matematico della libertà umana, dovremmo per forza concludere che il numero delle scelte possibili resta sempre superiore al numero degli oggetti possibili nel mondo fisico. La libertà infatti è oggetto di esperienza, non di logica, per cui praticamente non ha confini. La libertà è la possibilità sperimentale di scegliere tra tutto ciò che può essere oggetto di scelta, anche senza necessità che la scelta sia logicamente corretta. È una invariante insopprimibile, proprio perché il nulla non esiste.

Gli esseri umani sono figli di un intervento esterno al pianeta in cui vivono. Sono figli di un'inseminazione naturale. Sono figli di un'es-

senza che ha tutte le caratteristiche della nostra umanità. Questa essenza deve poter essere riconosciuta come tale, altrimenti non avrà alcun senso popolare l'universo. Non possiamo continuare a diffonderci così come stiamo facendo in questo momento. Per poterlo fare in maniera adeguata, dobbiamo essere “naturalisti”, non “alienati”, dobbiamo essere *noi stessi* e non qualcosa di diverso. Tra l'essere e il dover essere non deve esserci alcuna differenza. Non possiamo portarci dietro dei problemi irrisolti. Siamo entrati nudi in questo pianeta e nudi ne usciremo. Infatti nulla è più importante dello *sviluppo della coscienza*.

L'unica cosa che ci verrà chiesta è come abbiamo sviluppato la nostra coscienza in rapporto all'ambiente in cui abbiamo vissuto, in rapporto alle persone con cui ci siamo relazionati. In riferimento allo sviluppo di tale coscienza ci verranno assegnati dei compiti adeguati, corrispondenti al suo livello. Noi siamo destinati a crescere di continuo, ad assumerci responsabilità sempre più significative, di cui dobbiamo sempre rendere conto, poiché la *responsabilità personale* di ciò che si fa, è la condizione che ci permette di capire se facciamo cose giuste o sbagliate. La responsabilità personale non è qualcosa che uno possa vivere da solo, nell'intimità della propria coscienza. Un “io” isolato è un'astrazione priva di senso. L'identità umana è data dalla *relazione sociale*. Ora che abbiamo capito che nell'universo non esiste alcun dio ma soltanto l'essere umano, resta da compiere l'ultimo passo: *come rendere umano l'uomo*, cioè come renderlo conforme alle esigenze della materia.

E, per fare ciò, dovremmo partire dal presupposto che, per come siamo fatti, solo su questo pianeta possiamo vivere in maniera naturale. Non può interessarci sapere come vivere al di fuori della Terra, poiché, anche se vi riuscissimo, saremmo costretti a ricorrere a qualcosa di artificiale. Quindi la famosa frase del Baronio, citata spesso da Galilei: “La Bibbia ci dice come si va in cielo, non come va il cielo”, è, sul piano astratto, cioè a prescindere dal suo contenuto mistico, sostanzialmente giusta, anche sul piano scientifico. All'essere umano deve premere sapere come poter vivere, al meglio, qui e ora, perché solo così potrà essere sicuro di come poter vivere una volta uscito dal ventre terracqueo. E come al feto non interessa sapere come funziona il cordone ombelicale per la propria nutrizione, così a noi non deve interessare più di tanto sapere come funziona la natura. Nessuno dice al feto in che posizione deve mettersi per poter uscire dal sacco amniotico. Lasciamo quindi che la natura ci determini più di quanto fino ad oggi le abbiamo concesso.

*

La scienza moderna, nata nel XVII secolo, non va contestata per-

ché contraria alla religione, ma perché contraria all'*etica*. Qualcuno potrà dire che, a quel tempo, religione e morale coincidevano, in quanto era la Chiesa a dire come ci si doveva comportare in ogni situazione della vita, e quindi anche in campo scientifico. E tuttavia l'etica della Chiesa, essendo appunto "religiosa", non poteva essere *laica*, cioè aperta a soluzioni non dogmatiche.

Anche questa però può essere un'affermazione molto discutibile, in quanto l'etica religiosa della Chiesa romana conteneva molti aspetti di laicità, sin dalla riscoperta accademica dell'aristotelismo, che si poneva in antitesi alla tradizione platonico-agostiniana. Possiamo addirittura dire che il progresso verso il pensiero scientifico fu proprio una conseguenza, indiretta o involontaria, di quella distinzione che gli Scolastici cominciarono a fare tra funzioni della fede e funzioni della ragione. A forza di distinguere le due facoltà umane si arrivò, a un certo punto, a dire con la ragione cose molto diverse da quelle che per tradizione o secondo autorità si dicevano con la fede.

E la rottura fu inevitabile, non solo con Galilei, messo agli arresti domiciliari e obbligato all'abiura, ma anche con Machiavelli, le cui opere vennero messe tutte all'Indice, o con Giordano Bruno, messo sul rogo, o con Campanella, che passò 27 anni in carcere, e con tanti altri. La reazione della Chiesa fu durissima, poiché, essendo un soggetto eminentemente *politico*, temeva di perdere il proprio potere temporale. Di conseguenza, invece di considerare l'evoluzione del pensiero scientifico come necessariamente separato o distinto dalla riflessione teologica, lo interpretò come una minaccia alla propria stabilità.

Sbagliò in questo comportamento? Se si accetta l'idea che una Chiesa debba fare politica, certamente no. Ma la cosa sarebbe da discutere anche solo dal punto di vista etico. Infatti è sotto gli occhi di tutti che la scienza cosiddetta "sperimentale" o "induttiva", nata con Bacone e Galilei, ha prodotto, a distanza di quattro secoli, immani disastri ambientali. E continua a farlo imperterrita, nonostante gli allarmi degli ecologisti.

Ovviamente le autorità ecclesiastiche non si opponevano ai principi della scienza sulla base di una salvaguardia della natura. E tuttavia ci si può chiedere se una difesa dei valori squisitamente religiosi avrebbe potuto in qualche modo favorire un maggior rispetto dell'ambiente.

Qui però bisognerebbe aprire una parentesi, ponendo in discussione il concetto stesso di "valori religiosi", poiché, guardando quelli professati dal papato, vien da pensare che fossero più che altro dei valori politici rivestiti da un'ideologia di tipo religioso. Anzi, ci si può addirittura chiedere se non fosse stata proprio questa fondamentale incoerenza a favorire, nella classe borghese, l'esigenza di uno sviluppo del pensiero

scientifico del tutto autonomo dalla fede, il quale pensiero, dando più peso alla ragione, voleva porsi in maniera più coerente. In tal senso dovremmo dire che, condannando la scienza, la Chiesa romana, in realtà, stava condannando se stessa, o comunque stava condannando un prodotto inevitabile di un proprio comportamento che di “religioso” aveva assai poco.

Problematiche del genere non si ponevano neppure nel Seicento. Tuttavia era forte la consapevolezza negli scienziati di voler “dominare” la natura, cioè di voler conoscere le sue leggi per meglio permettere alla borghesia di sfruttarla. Le scoperte scientifiche venivano incontro alle esigenze di una classe emergente, quella appunto borghese, che, a partire dalla nascita dei Comuni, aveva cominciato a farsi strada in Europa occidentale, e che, a partire dalla scoperta dell'America, aveva cominciato a dominare molti territori extraeuropei, e che, a partire dalla formazione delle monarchie assolutistiche, aveva cominciato a ridimensionare i poteri dell'aristocrazia, laica ed ecclesiastica.

Le suddette problematiche, quindi, non si ponevano perché non si aveva alcuna consapevolezza ambientale, ma anche perché i poteri che si contrapponevano erano entrambi autoritari: quello ecclesiastico perché di tipo feudale, quello borghese perché di tipo capitalistico. La Chiesa subordinava la natura a una concezione religiosa favorevole alla teocrazia; la borghesia subordinava la natura alle esigenze del profitto economico.

Quindi tra Chiesa romana e scienziati borghesi la contrapposizione era molto relativa, in quanto, in definitiva, essi rappresentavano le due facce di una stessa medaglia. Nessuno dei due contendenti stava difendendo un'etica davvero *democratica* e *umanistica*, e tanto meno un'etica *ambientalistica*.

È vero che la Chiesa non parlava di “dominare” la natura (nel Genesi l'Eden andava soltanto “custodito”), ma è anche vero che non le riconosceva alcuna autonomia: la natura veniva considerata un semplice strumento che Dio metteva a disposizione dell'uomo e che, in ultima istanza avrebbe sempre potuto riprendersi (p.es. nei confronti dell'idea di “fine del mondo” era implicito che Dio si sarebbe servito di imponenti fenomeni naturali).

Tra Dio, Natura e Uomo vi era lo stesso rapporto che il mondo feudale esprimeva tra sovrano, terra (o feudo) e vassallo. Il feudo non veniva dato in “proprietà” (anche se, a partire dall'877, per i grandi vassalli, cominciò a esserlo), ma solo in “usufrutto”, e in teoria poteva essere revocato in qualunque momento. Il fatto che i vassalli insistessero per averlo in proprietà (e nel 1037 vi riuscirono anche i minori), sta proprio a indicare che nel feudalesimo dell'Europa occidentale le esigenze di tipo in-

dividualistico sono sempre state molto forti.

Questo per dire che se in epoca feudale la Chiesa si trovò a essere meno invasiva nei confronti della natura, fu solo perché disponeva di mezzi tecnologici di molto inferiori a quelli che si diede la classe borghese. Da un lato quindi la Chiesa romana considerava la natura uno strumento nelle mani di Dio (al pari del tempo⁹⁹); dall'altro però non si sarebbe fatta scrupolo di sottomettere la natura alle esigenze umane di dominio, o comunque non sarebbe stata capace di trovare nella propria ideologia valide motivazioni per impedirlo.¹⁰⁰

Quando la Chiesa si opponeva allo sviluppo scientifico, non era tanto per tutelare le esigenze riproduttive della natura, quanto piuttosto perché in quello sviluppo scorgeva degli aspetti che mettevano in discussione le fondamenta del proprio potere politico. È infatti evidente che se una propria autorità politica si basa anche sul fatto che tutti devono credere nel geocentrismo, quando qualcuno parla di eliocentrismo, fosse anche un esponente del clero in tutta la sua buona fede (come lo fu p.es. Copernico), non è possibile non sospettarlo di “eresia”.

Al papato ci sono voluti 400 anni prima di ammettere che nei confronti di Galilei ci si era sbagliati. Tuttavia papa Wojtyła, facendolo, non si era reso conto che contro quella scienza anticologica è invece venuto il momento di dire qualcosa che sia davvero *umanistico* e *naturalistico*. Paradossalmente quindi la Chiesa romana nei confronti di Galilei ha sbagliato due volte.

*

Insomma, in origine deve esserci stata una coppia in grado di riprodursi. Deve averlo fatto sulla Terra, e noi non possiamo sapere se l'aveva già fatto altrove. Sappiamo però che sulla Terra si è riprodotta *umanamente*. La provenienza degli esseri umani dagli animali è esclusa a priori. Probabilmente è vero il contrario: gli animali sono, in qualche maniera, un prodotto umano. Infatti non c'è nessuna proprietà animale che noi non possiamo riprodurre. Questo vuol dire che l'elemento *terreno* è

⁹⁹ Il tempo era considerato uno strumento nelle mani di Dio, al punto che si vietava il prestito a interesse, anche se poi, con la nascita dei Comuni, la teologia scolastica cominciò a tollerarlo a condizione che l'interesse non fosse eccessivo. Dopodiché la Chiesa fu costretta a inventarsi i monti di pietà per venire incontro alle esigenze di quei cristiani che non erano in grado di pagare eccessivi interessi. La storia dell'usura, sotto questo aspetto, sembra anticipare quello che sarebbe avvenuto nell'evoluzione del pensiero scientifico.

¹⁰⁰ Né le trova oggi: basta vedere come inquina l'ambiente con le onde elettromagnetiche di Radio Vaticana.

stato fondamentale per riprodursi *umanamente*. Se quella coppia si è riprodotta altrove, il prodotto non era esattamente *umano* come noi.

Ma cos'è che ci rende *umani*? Due cose qualificano la nostra umanità: la prima è che siamo fatti di *materialità*, cioè siamo enti di natura; la seconda è che esiste in noi un elemento immateriale o spirituale, la *libertà di coscienza*, che in natura nessun altro conosce.

La coppia che ha originato gli esseri umani sulla Terra, distinti per genere, è per noi un prototipo, un modello originario. Fare l'uomo vuol dire fare la specie umana divisa per genere sessuale, in grado di riprodursi da sola, senza bisogno di un aiuto esterno. È stato creato un genere umano del tutto autosufficiente, dipendente solo dalla natura. Siamo fatti a immagine e somiglianza di una coppia ancestrale, che ci precede nel tempo, ma che nella sostanza è fatta come noi, incapace di sottrarsi ai vincoli della materia cosmica, ma dotata di una autoconsapevolezza che la materia non possiede. E la materia cosmica non coincide esattamente con la materia terrestre, cioè con la natura, in quanto è infinitamente più complessa, essendo originaria, non derivata.

Quindi come “esseri umani” siamo stati generati sulla Terra, ma come “essenza umana” siamo enti cosmici e universali, eterni come la materia. Noi abbiamo una libertà di coscienza la cui profondità e vastità è paragonabile solo a quella spazio-temporale ed energetica della materia cosmica. L'essere non coincide esattamente con l'essenza. Questa è più complessa di quello, poiché può esistere indipendentemente dalle caratteristiche terrene. Cioè la materialità dell'essenza umana è più complessa di quella dell'essere umano: solo nell'aspetto della libertà di coscienza è identica. Nel cosmo infatti non abbiamo a che fare con la gravitazione universale, coi limiti dello spazio e del tempo, e possiamo viaggiare alla velocità della luce. Nel cosmo l'energia prevale sulla materia. Se la materia si consuma, l'energia non si consuma mai. Non ne sappiamo la ragione e non ne conosciamo il modo, anche se Max Planck arrivò a dire che tutta la materia non esiste che in virtù di una forza che fa vibrare le particelle e mantiene in vita il minuscolo sistema solare dell'atomo. Quindi sappiamo con sicurezza che nel cosmo l'energia trasforma la materia di continuo, conservandone le proprietà fondamentali e associandole in maniera tale da ottenerne di nuove.

Sulla Terra dobbiamo affrontare il problema dell'invecchiamento, della malattia, della morte: tutto ciò provoca dolore. Nel cosmo l'unico dolore è provocato dall'uso sbagliato della libertà di coscienza. Sulla Terra l'uso sbagliato di tale libertà termina, individualmente, con la morte. Nel cosmo può non terminare mai. Collettivamente, nella forma generazionale, anche sulla Terra può non terminare mai. Ma questo uso sbagliato della libertà di coscienza è un fenomeno innaturale, che, come tale,

viene continuamente combattuto. La lotta contro l'abuso della libertà è una costante sulla Terra (almeno sin da quando è nato lo schiavismo) e, come tale, può essere una costante anche nel cosmo, poiché nessuno può obbligare l'uomo a essere umano e naturale. L'unica cosa che nel cosmo si può fare, essendoci spazi infiniti, è permettere a chiunque lo voglia, d'essere se stesso, conforme a natura. Sulla Terra, invece, essendo gli spazi limitati, i condizionamenti negativi sono molto più forti, per cui la lotta è più intensa e dolorosa.

Noi abbiamo bisogno d'imparare a essere umani e naturali, per continuare a esserlo, in forme diverse, anche nel cosmo. Ci attendono forme potenziate, di molto superiori a quelle che sperimentiamo adesso. Tuttavia non saranno così superiori da minacciare l'inviolabilità della libertà di coscienza, né l'integrità della natura. L'importante per noi è sapere che non possiamo anticipare su questo pianeta ciò che dovremo vivere nel cosmo. Dobbiamo rispettare i limiti entro cui siamo stati posti. La libertà è tale sempre all'interno di limiti di cui possiamo prendere coscienza. Nel cosmo non avremo gli stessi limiti terreni, ma uno sarà assolutamente identico: la *libertà di coscienza resterà inviolabile*. Alla coscienza della libertà ci si deve arrivare spontaneamente, senza costrizione da parte di nessuno. La verità non può essere imposta, senza contraddirla immediatamente: infatti essa coincide con la libertà. Solo i limiti entro cui la verità e la libertà sono se stesse, possono essere imposti. Ma questi limiti vengono decisi dalla materia cosmica: quella materia di cui noi tutti siamo parte organica, da sempre.

*

Albert Einstein stabilì l'uguaglianza di materia ed energia che sta alla base della bomba atomica, ma quando cercò una teoria unitaria sulla luce, la materia e la gravitazione, non riuscì a trovarla. Eppure se avesse considerato la cosa dal punto di vista non scientifico ma *etico*, non sarebbe stato difficile. La *coscienza* infatti supera la scienza.

In virtù della coscienza la gravità potrà essere vinta in qualunque momento, e accettata anche in qualunque momento, come una forma di impegno personale, una sorta di autolimitazione. Si potrà viaggiare alla velocità della luce, senza poter anticipare i pensieri altrui: avremo la percezione dell'infinità dell'universo e dell'impossibilità di poterne violare le leggi. L'energia che produrremo sarà praticamente illimitata, e il mezzo materiale con cui la trasmetteremo non si consumerà mai, almeno non così presto da metterci in affanno, anche se solo nei problemi da risolvere ci realizzeremo, poiché la contraddizione non è un limite ma una risorsa.

La trasparenza sarà il criterio della felicità interiore. La verità ci renderà liberi perché saremo veri nella libertà. L'impegno di ognuno di noi sarà quello di ricostruire da zero il paradiso terrestre che abbiamo distrutto, per il quale ci sono voluti miliardi di anni. Ciò al fine di capire la complessità e la delicatezza delle cose, il necessario equilibrio per farle funzionare, tutte le incredibili leggi della dialettica degli opposti che si attraggono e si respingono, per distinguersi e per completarsi. Nulla di positivo di quanto abbiamo vissuto sulla Terra andrà perduto. Tutto quello che di positivo avremmo voluto concludere, senza riuscirvi, sarà concluso, se lo riterremo di fondamentale importanza e se sarà compatibile con le nuove condizioni in cui andremo a vivere. Nessuno potrà cancellare dalla nostra mente la memoria delle cose belle che abbiamo vissuto, anche se dovremo avere la forza di perdonarci per le cose che ci hanno fatto soffrire.

Noi saremo quel che vogliamo essere nel rispetto della libertà e della volontà altrui. Se vorremo far del male a qualcuno, potremo farlo solo a noi stessi, poiché nessuno sarà obbligato ad accettare qualcosa contro la propria volontà. Non esisterà alcun ente esterno a noi, cui dovremo dipendere contro la nostra volontà.

Il tempo e lo spazio saranno assolutamente relativi alla nostra percezione. Il tempo sarà eterno e lo spazio quello in cui noi decideremo di vivere finché vorremo. Non ci sarà nessun limite alle relazioni sociali né all'apprendimento. La libertà di coscienza sarà la principale legge dell'universo e avrà come unico fine la coscienza della libertà, personale e collettiva. In ogni angolo dell'universo sarà scolpito a caratteri cubitali il principio "L'identità è data dalla diversità", che in altre parole vuol dire: "In principio vi è il due".

La riproduzione sarà un'altra legge fondamentale dell'universo, ma quella della specie umana non avverrà nelle stesse forme terrene, proprio perché sulla Terra è strettamente legata all'esperienza dell'invecchiamento e della morte. Nessuno potrà impedire l'attrazione tra generi diversi, ma la sessualità è finalizzata alla riproduzione fisica. Nel cosmo l'energia avrà una prevalenza sulla materia. L'energia sarà materia reduplicata all'ennesima potenza. Così come l'energia solare, composta di idrogeno ed elio, ha prodotto la materia terrena, senza subire modifiche eccessive. L'energia umana più potente sarà quella dell'amore reciproco.

Bibliografia in lingua italiana

- J. L. E. Dreyer, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli, Milano, 1970.
- T. S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana*, ed. Einaudi, Torino, 1981.
- T. S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969.
- A. Banfi, *L'uomo copernicano*, ed. Mondadori, Milano 1950.
- G. Abetti, *Storia dell'astronomia*, ed. Vallecchi, Firenze 1963.
- A. Koyré, *La rivoluzione astronomica*, ed. Feltrinelli, Milano 1966.
- A. Koyré, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, ed. Feltrinelli, Milano 1970.
- A. Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, ed. Einaudi, Torino 1967.
- A. Lovejoy, *La grande catena dell'essere*, ed. Feltrinelli, Milano 1966.
- L. Geymonat, *Storia del pensiero scientifico*, ed. Garzanti, Milano 1970-72.
- Storia della scienza*, vol. I: *La rivoluzione scientifica: dal Rinascimento a Newton* (diretta da Paolo Rossi), ed. UTET, Torino 1988.
- P. Rossi, *I filosofi e le macchine*, ed. Feltrinelli, Milano 1962.
- La rivoluzione scientifica da Copernico a Newton* (a cura di P. Rossi), ed. Loescher, Torino 1973.
- H. Butterfield, *Le origini della scienza moderna*, ed. Il Mulino, Bologna 1962.
- AA.VV., *Storia delle scienze* (a cura di N. Abbagnano), ed. UTET, Torino 1965.
- A. Carugo, *La nuova scienza*, in "Nuove questioni di storia moderna", ed. Marzorati, Milano 1966 (vol. I).
- R. Lenoble, *Le origini del pensiero scientifico moderno*, ed. Laterza, Roma-Bartì 1976.
- AA.VV., *Storia della scienza* (a cura di M. Danmas), ed. Laterza, Roma-Bari 1976-78.
- AA.VV., *Leonardo e l'età della ragione*, Edizioni di "Scientia", Milano 1982.

Bibliografia su Amazon

Memorie:

Sopravvissuto. Memorie di un ex
Grido ad Manghinot. Politica e Turismo a Riccione (1859-1967)

Storia:

Homo primitivus. Le ultime tracce di socialismo
Cristianesimo medievale
Dal feudalesimo all'umanesimo. Quadro storico-culturale di una transizione
Protagonisti dell'Umanesimo e del Rinascimento
Storia dell'Inghilterra. Dai Normanni alla rivoluzione inglese
Scoperta e conquista dell'America
Il potere dei senzadio. Rivoluzione francese e questione religiosa
Cenni di storiografia
Herbis non verbis. Introduzione alla fitoterapia

Arte:

Arte da amare
La svolta di Giotto. La nascita borghese dell'arte moderna

Letteratura-Linguaggi:

Letterati italiani
Letterati stranieri
Pagine di letteratura
Pazinzia e distèin in Walter Galli
Dante laico e cattolico
Grammatica e Scrittura. Dalle astrazioni dei manuali scolastici alla scrittura
creativa

Poesie:

Nato vecchio; La fine; Prof e Stud; Natura; Poesie in strada; Esistenza in vita;
Un amore sognato

Filosofia:

Laicismo medievale
Ideologia della chiesa latina
L'impossibile Nietzsche
Da Cartesio a Rousseau
Rousseau e l'arcanthropia
Il Trattato di Wittgenstein
Preve disincantato
Critica laica
Le ragioni della laicità
Che cos'è la coscienza? Pagine di diario
Che cos'è la verità? Pagine di diario
Scienza e Natura. Per un'apologia della materia
Spazio e Tempo: nei filosofi e nella vita quotidiana
Linguaggio e comunicazione

Interviste e Dialoghi

Antropologia:

La scienza del colonialismo. Critica dell'antropologia culturale

Ribaltare i miti: miti e fiabe destrutturati

Economia:

Esegesi di Marx

Maledetto capitale

Marx economista

Il meglio di Marx

Etica ed economia. Per una teoria dell'umanesimo laico

Le teorie economiche di Giuseppe Mazzini

Politica:

Lenin e la guerra imperialista

Io, Gorbaciov e la Cina (pubblicato dalla Diderotiana)

L'idealista Gorbaciov. Le forme del socialismo democratico

Il grande Lenin

Cinico Engels

L'aquila Rosa

Società ecologica e democrazia diretta

Stato di diritto e ideologia della violenza

Democrazia socialista e terzomondiale

La dittatura della democrazia. Come uscire dal sistema

Dialogo a distanza sui massimi sistemi

Diritto:

Siae contro Homolaicus

Diritto laico

Psicologia:

Psicologia generale

La colpa originaria. Analisi della caduta

In principio era il due

Sesso e amore

Didattica:

Per una riforma della scuola

Zetesis. Dalle conoscenze e abilità alle competenze nella didattica della storia

Ateismo:

L'Apocalisse di Giovanni

Amo Giovanni. Il vangelo ritrovato (ed. Bibliotheka)

Pescatori di uomini. Le mistificazioni nel vangelo di Marco

Contro Luca. Moralismo e opportunismo nel terzo vangelo

Metodologia dell'esegesi laica. Per una quarta ricerca

Protagonisti dell'esegesi laica. Per una quarta ricerca

Ombra delle cose future. Esegesi laica delle lettere paoline

Umano e Politico. Biografia demistificata del Cristo

Le diatribe del Cristo. Veri e falsi problemi nei vangeli

Ateo e sovversivo. I lati oscuri della mistificazione cristologica

Risorto o Scomparso? Dal giudizio di fatto a quello di valore

Cristianesimo primitivo. Dalle origini alla svolta costantiniana
Guarigioni e Parabole: fatti improbabili e parole ambigue
Gli apostoli traditori. Sviluppi del Cristo impolitico

Indice

Introduzione.....	5
L'antropocentrismo dell'Umanesimo.....	11
Sguardo d'insieme.....	22
La rivoluzione astronomica.....	29
Le Accademie scientifiche.....	44
Le astronomie pre-copernicane.....	50
I popoli antichi.....	50
Il mondo greco.....	51
Aristotele (384-322 a.C.).....	54
I luoghi naturali.....	54
Il luogo e il vuoto.....	56
Il tempo.....	57
Il mondo è finito.....	57
Tolomeo (100-175).....	58
Teoria dell'impetus.....	63
Copernico (1473-1543).....	65
Breve biografia.....	65
Antecedenti.....	67
Teorie copernicane.....	67
Le obiezioni all'eliocentrismo.....	72
Tycho Brahe.....	74
Giovanni Keplero.....	76
Le leggi di Keplero.....	76
Galileo Galilei.....	78
Premessa storica.....	78
Biografia.....	78
Le conseguenze della condanna.....	101
Galilei privato.....	104
Scoperte.....	105
Metodo teorico.....	107
Tesi teologiche.....	110
Osservazioni critiche.....	114
Francesco Bacone.....	124
La vita.....	124
Polemica contro autorità e tradizione.....	125

Api, formiche e ragni.....	127
La liberazione dei pregiudizi.....	128
Il metodo della ricerca scientifica.....	130
Le forme dei fenomeni.....	132
Deduzione e induzione.....	132
La Nuova Atlantide.....	134
In sintesi.....	136
Limiti di Bacone.....	138
Pregi di Bacone.....	139
Isaac Newton.....	141
La struttura dei Principi matematici.....	144
Regole del filosofare.....	147
Metodologia scientifica.....	150
Commento al punto B).....	152
I concetti di tempo e spazio assoluti.....	153
In che cosa consiste il metodo scientifico?.....	154
Le domande irrisolte.....	159
Per una nuova cosmologia.....	161
I.....	161
II.....	162
III.....	164
IV.....	166
V.....	168
VI.....	170
Per un nuovo rapporto tra scienza ed etica.....	173
I.....	173
II.....	175
III.....	180
Il Movimento Pugwash.....	185
Conclusione.....	192
Bibliografia in lingua italiana.....	202
Bibliografia su Amazon.....	203

