

Stefano Giovanni Loffi

Piccola
Storia dell'Idraulica

libera traduzione, ridotta ma integrata, di

“History of Hydraulics” di Hunter Rose e Simon Ince
dell'Istituto di Ricerca Idraulica dell'Università Statale dell' IOWA – U.S.A.,
édita, nel 1954, come supplemento, su *“LA HOUILLE BLANCHE”* .

Cap. 6 – La Meccànica nel Medio Evo

Cremona – 23 maggio 2006

Cap. 6 - La Meccànica nel Medio Evo

Con la caduta dell'impero romano d'occidente iniziò un periodo di transizione, di circa mille anni, ancor oggi spesso considerato, lo abbiamo già visto, un intervallo di immobilità quasi completa del progresso delle civiltà d'Europa, se non addirittura di regresso.

Fortunatamente sono sempre più gli storici che non concordano su tale drastico giudizio, rilevando infatti, nell'approfondire lo studio delle realtà del Medio Evo, un concreto ed a volte assai importante sviluppo di molte scienze e, in generale, della conoscenza.

Questo corretto convincimento, nello spazio di qualche generazione di studenti, ha buone probabilità di divenire patrimonio culturale delle comunità tutte, a beneficio della verità storica e, speriamo, passo non irrilevante nella universale comprensione reciproca.

Vero è che scomparve, in tempi rapidissimi, il tessuto sociale dell'immenso impero di Roma, le cui dimensioni, potenza, organizzazione, cultura, consentivano di mantenere efficienti opere di grandissimo impegno.

Non si fermò comunque la crescita delle scuole di pensiero, in un certo senso favorite dall'essere costrette alla speculazione piuttosto che alla realizzazione, ma fu senz'altro di gran difetto l'aggravarsi delle difficoltà di comunicazione, di scambio delle idee e delle esperienze.

Durante la millenaria fase medioevale, il sapere europeo dovette riorganizzarsi e, contestualmente, assimilare e sedimentare i nuovi concetti ed i nuovi metodi, muovendo forse piccoli ma inesorabili passi nelle scienze speculative, prima di rivolgere le acquisite nuove potenzialità teoriche alle applicazioni pratiche nelle aperture del Rinascimento..

Per la Storia dell'Idraulica, se qualcosa in questa fase retrocesse fu nel campo della realizzazione delle opere e nel mantenimento di quelle esistenti, in gran parte destinate all'abbandono.

Dopo le prime scoperte dei Greci, abbiamo già visto come la ricerca teorica si fosse già arrestata di fronte alle realizzazioni pratiche, sia per il costante impulso 'del fare' della civiltà romana, senza tregua tesa alla conquista ed alla colonizzazione, sia per la mancanza di adeguati strumenti matematici e di metodi sperimentali, i cui primi sviluppi giunsero in Europa, come già abbiamo visto, dalla cultura araba, a partire dal dodicesimo secolo.

Così, in questo capitolo, ben poco diciamo 'di Idraulica', perché ad essa nel Medio Evo europeo non giunse alcun significativo contributo; non altrettanto si può dire del progresso in quelle scienze, prime fra tutte la Fisica, la Meccanica, supporti indispensabili – al fianco della Matematica - per risolvere i problemi di interpretazione dei fenomeni legati ai fluidi.

Ecco il motivo dell'argomento di questo capitolo.

Nella storia del mondo occidentale, ovvero di quella parte dell'impero romano detto, appunto, d'Occidente, che si dissolse ben prima di quello d'Oriente, possiamo individuare quattro fenomeni evolutivi di grande significato:

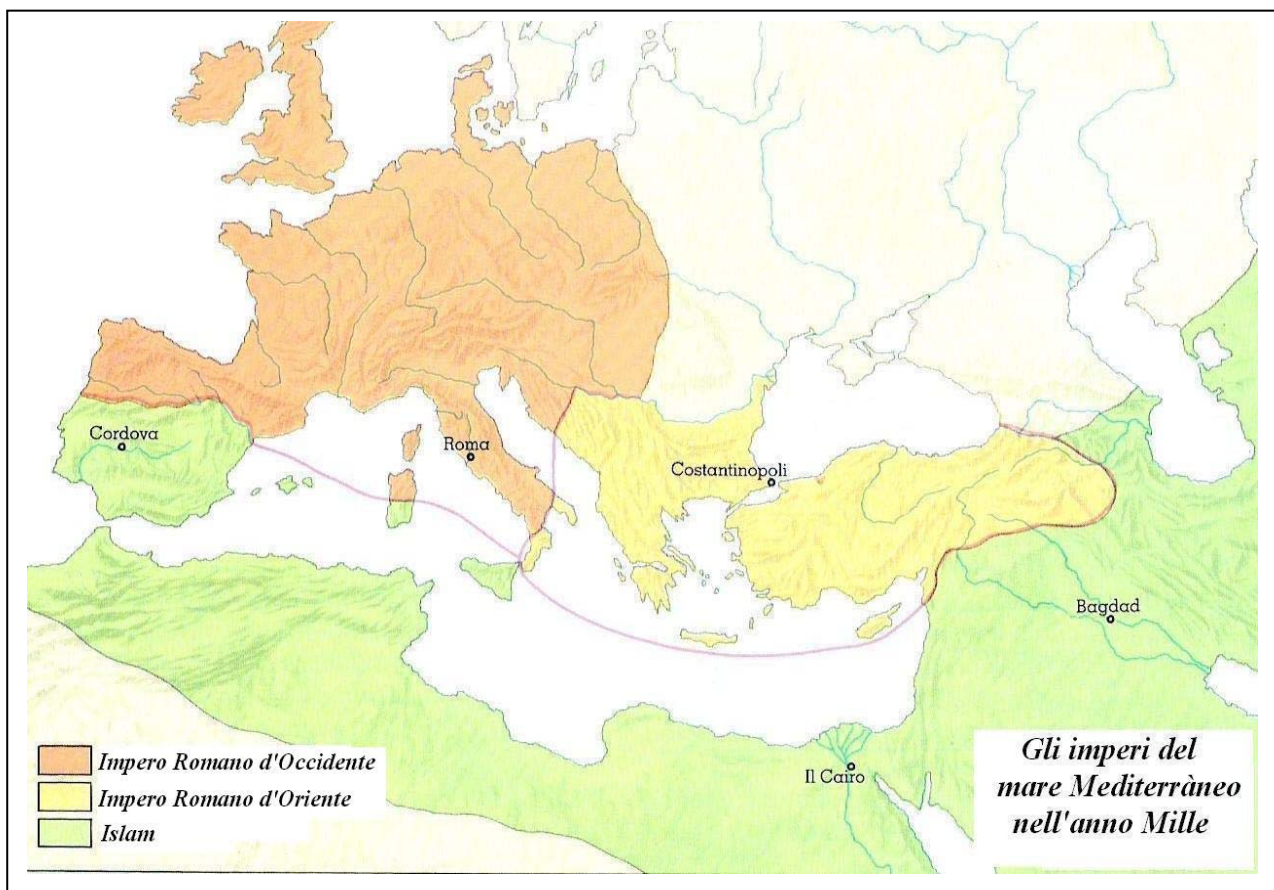
- **I** : dissoltosi l'unificante controllo dell'impero romano, i popoli, le singole comunità gradualmente impararono l'arte dell'autodeterminazione, organizzandosi secondo modelli che esprimevano, seppure in diverse forme, l'originalità di ciascuno;
- **II** : la Chiesa Cristiana accrebbe, assieme al potere spirituale, il proprio ascendente su popoli e potentati, sviluppando una capillare organizzazione, di chiese ed ordini, in tutto l'Occidente. La figura del Papa fu al centro dei maggiori interessi, incarnando quel potere divino invocato da tutti i regnanti (o aspiranti tali) a suggello indiscutibile di una consacrata investitura;

- **III** : le scuole filosofiche greche penetrarono nella cultura dell'Occidente attraverso le porte aperte dell'Islam, in Spagna ed in Sicilia, giungendo addirittura ad influenzare l'impostazione intellettuale dei dottori della chiesa romana; le opere di questi filosofi, sebbene così lontane nel tempo, prima tradotte dall'arabo in latino e poi trascritte da migliaia di amanuensi, spesso organizzati in istituti religiosi diffusi in tutto il territorio dell'Europa occidentale, portarono l'interesse per la speculazione filosofico/scientifica sotto il sostegno, l'interpretazione ed anche il rigido controllo della chiesa cristiana;
- **IV** : oltre alla filosofia greca, trascritta quasi senza interferenze, la cultura araba fece giungere altri nuovi sviluppi in molte scienze, alcune delle quali già ad un livello notevolmente evoluto, come ad esempio la Matematica, nella quale il contributo della scienza indiana donò all'Europa, attraverso l'Islam, i numeri 'arabi'; il sistema decimale; il numero 'zero'. Non solo: i testi arabi, tradotti in latino, accesero le menti su nuovi orizzonti e nuovi metodi di indagine, in molte discipline: la natura della materia, l'osservazione e la misurazione dei moti astronomici, lo studio dei fenomeni naturali, la medicina, i primi metodi sperimentali, . . .

Il crescente distacco tra Impero d'Occidente e d'Oriente derivò anche da alcuni presupposti di natura politica, prima che storica.

Quando l'imperatore romano Costantino divenne cristiano, nel IV secolo, fu inevitabile la sua ambizione di dominare anche la chiesa, o meglio, di porre un limite al crescente suo potere. Questo desiderio, quasi necessità, unito ad una impostazione comunque ancora 'pagana' del governo imperiale, giocò un ruolo importante nella decisione di spostare il centro del potere politico a Costantinopoli, il più possibile lontano da Roma, città che la cristianità 'papale' aveva eletto a centro di riferimento universale.

Fu quindi per una precisa strategia che Costantino volle, nella nuova capitale, il quinto soglio vescovile - che andava ad aggiungersi ai quattro originari di Roma, Alessandria, Gerusalemme ed Antiòchia - lontano da Roma e 'a portata di mano' dell'imperatore.



La separazione tra Occidente ed Oriente iniziò così ad avere anche connotati religiosi, nell'ambito della stessa cristianità, che, tra l'altro, si dimostrò, sin dalle origini, ben più esposta a subire il moltiplicarsi di diverse confessioni. L'Oriente, quindi, si separava anche nella fede, crescendo in una 'pietosa' ortodossia che, come abbiamo visto nel precedente Capitolo 5, sarà origine e motivo della conservazione e della diffusione della cultura ellénica.

In occidente, l'influenza del Papa crebbe costantemente e còlse un grande contributo dall'azione di Carlo Magno (? 742 – Aquisgrana 814), *Princeps Populi Christiani*, che, tra l'altro, contribuì a costituire il dominio temporale della chiesa di Roma.

Il Sacro Romano Impero, del quale Carlo Magno fu consacrato re, da Papa Leone III, nella cattedrale di S. Pietro in Roma la notte di Natale dell' 800, rese ancor più grande la distanza da Costantinòpoli, che ora rivendicava, oltre alla maggior ortodossia alla dottrina di Cristo, l'esclusività nel rappresentare la continuità con l'impero di Roma antica.

Il dominio carolingio non sopravvisse al suo costruttore, ma la chiesa di Roma ne soffrì poco o nulla.

Il papato, infatti, gradualmente crebbe nel potere spirituale e nel controllo dei territorî, ma soprattutto nel mantenersi abilmente equidistante dai diversi regnanti che si alternavano nei molti regni occidentali, annullando definitivamente il pericolo d'essere assorbito da parte di qualsiasi singolo stato.

L'ormai consolidato e riconosciuto potere spirituale della chiesa di Roma, spesso non disgiunto da atteggiamenti più inclini alla gestione politica, richiamò, nel XII sécolo, i popoli d'occidente ad una grandiosa impresa collettiva, nella quale l'unità della fede fece resuscitare, in Europa, una nuova, sebbene provvisoria e strumentale, unità politica e militare: le Crociate.

'*Salviamo i luoghi sacri della Terra Santa*', un grido, tra i tanti, al quale accorsero enormi schiere di soldati ed a volte interi popoli. Non mancarono, in questo, strumentali azioni di propaganda ('il fine sempre giustifica i mezzi?') come, ad esempio, la certezza del paradiso al Crociato che morisse per liberare Gerusalemme. . . . anche in questo la chiesa cristiana ha imparato dall'Islam?

Mentre, ad òpera di traduttori ed amanuensi, il sapere degli Árabi 'conquistava' la cristianità occidentale, con velocità apprezzabile – per quei tempi - ed in modo assai stimolante, le Crociate furono il veicolo cruento di un'altra componente importante nel progresso delle scienze: l'emulazione.

I Crociati, che combatterono e vissero nelle terre dell'Islam, provarono l'esperienza diretta del livello di civiltà del popolo di *Allah*; ne videro e ne apprezzarono le realizzazioni. Chi sopravvisse a quell'avventura contribuì al diffondersi, in Occidente, della conoscenza di tante pratiche applicazioni della scienza.

Nell'ambito delle realizzazioni idrauliche, esempio eclatante fu la reintroduzione e la ràpida diffusione della ruota idraulica per muovere mulini, magli, màntici e folli.

Dalla Persia giunse la versione 'aerea' della ruota ad acqua: il mulino a vento.

La costruzione dei grandi impianti di irrigazione, alimentati da sbarramenti artificiali posti negli àlvei dei fiumi, fu senz'altro òpera ammirata ed apprezzata per il relevantissimo vantaggio nel garantire raccolti sicuri ed abbondanti.

All'attività di irrigazione e di sistemazione fondiaria, gli Árabi svilupparono anche l'indispensabile organizzazione regolamentare.

Nei territorî arabi che si affacciano sul mar Rosso (la terra di *Higiàz*), ancora prima dell'Islam ed ancor più nell'Islam, esistevano, infatti, istituzioni di diritto agrario che definivano: la servitù di acquedotto; i tempi ed i modi di diritto dell'acqua per l'irrigazione; la comunione degli utenti di uno stesso corso d'acqua; l'attribuzione delle acque ai terreni di coloro che avevano contribuito alla realizzazione della rete irrigua; l'attività coatta della bonifica e l'attribuzione dei

terreni bonificati in proporzione al lavoro compiuto. Sono *régole* che poi ritroveremo, quale ritenuto bagaglio culturale 'autoctono', nelle grandi opere irrigue che iniziarono a formarsi, a partire dall'undicesimo secolo, nel nord della penisola italiana.

La chiesa di Roma non riuscì però ad evitare che attorno ad essa i grandi poteri europei ruotassero ed interferissero, prima di tutto a spese di una sempre meno probabile formazione di uno stato forte nella penisola italiana, mentre l'Europa occidentale si divise in stati, grandi o piccoli, aggregatisi in forza di comuni situazioni linguistiche, geografiche, storiche.

L'Italia, certo la più 'sfortunata', rimase per quattordici secoli suddivisa in piccoli se non piccolissimi principati e regni, certo anche per effetto della continua tensione che faceva di Roma e del Papa meta ambita e contesa dai potenti stati europei: il 'controllo' della chiesa romana, in forma più o meno evidente, non poneva ostacoli al sacro suggello del potere personale di qualunque monarchia occidentale.

La Svizzera formò, ben presto, una federazione di Cantoni che ha resistito sino ad oggi.

La Francia fu riunita da Carlo Magno intorno al nono secolo, e da allora restò identificata come un'unica nazione.

La Spagna fu interamente conquistata dall'Islam già a metà dell'ottavo secolo e restituita ai cristiani divisa in pochi vasti regni (Castiglia, Navarra, Portogallo e Aragona) nel XII secolo.

La Germania vedeva la sua prima definizione territoriale e culturale nel regno 'dei Franchi orientali', con il trattato di Verdun nell'843.

L'Inghilterra, invasa successivamente da Sassoni, Danesi e Normanni, poté sviluppare, dall'inizio del secondo millennio, un'organizzazione unitaria su tutto il proprio territorio, certo facilitata dall'essere isola.

L'Europa occidentale stava così definendo un nuovo assetto, con nuove aggregazioni di popoli, in qualche modo identificati in omogeneità di tradizioni, di lingua, di storia e di cultura, mentre l'Impero islamico, in un lampo, comparve sulla scena producendo grandi sviluppi in molte scienze.

Abbiamo visto, nel Capitolo 5, come l'Islam fu prezioso nel conservare le culture antiche delle quali produsse non solo traduzioni ma anche libri di commento ed integrazioni originali. Ancor più appropriato appare così il termine '*Árabo*' che sta a significare, nell'omonima lingua, '*potere di spiegare chiaramente*'.

La traduzione e la diffusione delle opere dell'Islam, nella nascente e cristiana Europa 'degli stati', favorì la nuova ascesa della dottrina di Aristotele, nella quale si intravedevano profili compatibili con il Cristianesimo, ed in particolare d'aristotelica dimostrazione dell'esistenza di Dio.

A questo rilancio dell'aristotelismo nell'ambito della chiesa contribuì, verso la fine dell'ottavo secolo, l'azione dello stesso Carlo Magno che, re analfabeta, volle fondata una *Schola* in ogni abbazia del suo regno e contemporaneamente stabilì che fossero assunte come fondamento dell'educazione dei religiosi quelle che chiamò le sette arti liberali: Grammatica, Retorica, Logica, Aritmetica, Musica, Geometria ed Astronomia.

Il diffondersi della cristianità e delle autorità locali ecclesiali produsse, nonostante il frazionamento della geografia politica, un'unicità spirituale che l'Europa non aveva mai conosciuta prima, neppure al tempo del più splendente impero romano. Un'unità spirituale che riconosceva nel Papa di Roma l'autorità assoluta, suprema, . . . divina.

La penetrazione nell'Europa della dottrina di Aristotele trovò, quindi, centri di diffusione ben distribuiti nel territorio e ben governati da un potere centrale, allora tanto indiscusso quanto indiscutibile.

La predilezione della chiesa cristiana per quella parte della cultura che ne confermasse, quindi rafforzandoli, i propri dogmi, trovò alcune vie maestre, che ne divennero sostegno incontestabile.

Nel campo della concezione dell'universo, assunse grande rilievo la diffusione dell'opera di Claudio Toloméo (Alessandria, intorno al II secolo d.C.), che elaborò la più completa sintesi astronomiche dell'antichità, nel suo trattato *'Magisté syntaxis'* (il titolo originale è *'Megalé mathemathiché syntaxis'*), tradotto in arabo con il titolo *'Islāh al-Mağistī'*, ad opera di Ġābir ibn Aflah, e poi reso in latino, come abbiamo già visto, da Gerardo da Cremona con il titolo *'Almagesto'*.

In quest'opera Toloméo postulò che la Terra fosse al centro dell'universo che attorno ad essa ruotava; di conseguenza, per rendere compatibile a questo modello il moto degli astri, formulò una complessa teoria geometrica fatta di eccentricità ed orbite non circolari chiamate *epicicli*.

Poiché l'elaborazione di Toloméo di fatto riusciva a seguire con precisione il moto di stelle, pianeti e Sole, ottenne grande favore nella medioevale Europa cristiana: porre la Terra al centro dell'universo era la miglior conferma della centralità di tutto, anche della religione di Cristo, o per meglio dire . . . di Roma!

Così è che questa teoria divenne l'unica ufficiale ed ammessa scienza astronomiche per quasi mille anni, sino al XVII secolo, quando giunsero, come vedremo, scienziati che seppero associare al potere della mente il coraggio del proprio cuore.

Nel campo della Filosofia, lungo la stessa 'via araba', giunse l'opera di Giovanni Filòpono, detto il Grammatico, cristiano di Alessandria del sesto secolo, che si dedicò ad un ampio studio critico delle teorie di Aristotele, producendo anche lavori originali in materia di Teologia, Filosofia e Matematica.

Il pensiero di Giovanni Filòpono ebbe un destino emblematico.

La chiesa romana guardò, infatti, con favore alla parte teologico/filosofica di Giovanni Filòpono, laddove, nel libro *'Sull'eternità del mondo'*, dava certezza all'esistenza delle tre essenze in un solo Dio (Padre, Figlio e Spirito Santo) ed anche alle due nature nello stesso Cristo (Dio e uomo): la dottrina di Aristotele inizia così a 'conquistare' la cristianità.

Invece, nel campo della Fisica, il netto distacco del 'Grammatico' dalle teorie aristoteliche ne decretò, in questa parte, l'oblio.

Filòpono criticò, infatti, i Peripatetici almeno su tre aspetti: negò che la velocità di caduta dei gravi fosse influenzata dal loro peso; ritenne inaccettabile la teoria aristotelica che il mezzo determini il moto degli oggetti elaborando la teoria dell'impeto (che oggi chiamiamo 'variazione della quantità di moto'); rifiutò infine la negazione dell'esistenza del vuoto, vero dogma granitico di Aristotele.

Con Giovanni Filòpono inizia così una critica alla dominante cultura aristotelica che giunse, ben mille anni dopo, alla definitiva affermazione delle teorie di Galileo Galilei:

" Il mezzo si oppone al movimento dei proiettili che non possono avanzare senza dividerlo, anche se essi si muovono a contatto con esso. Nulla tuttavia potrà impedire che una freccia, un sasso, o qualsiasi altro corpo sia lanciato nel vuoto, a condizione che esistano il motivo agente, il corpo mobile e lo spazio per riceverlo."

La riscoperta e la nuova valorizzazione dei principi dei Peripatetici e l'impulso nell'educazione e nella speculazione filosofica negli istituti religiosi, alimentarono e caratterizzarono il nuovo movimento filosofico, noto sotto il termine di Scolastica, perché sorto, intorno all'undicesimo secolo, proprio nelle *Scholae* dei centri religiosi volute da Carlo Magno.

Nel termine Scolastica, però, si devono individuare diverse dottrine filosofiche e teologiche, elaborate tra l' XI ed il XIV secolo, che avevano, seppure differenti tra loro, alcuni caratteri comuni, tra i quali il metodo utilizzato nel ragionamento del sillogismo, identico a quello

di Aristòtele, entrò nella Scolastica nel XII secolo attraverso le versioni latine dei testi di filosofi musulmani.

Gli scritti di Aristòtele, in particolare quelli dedicati alla prova dell'esistenza di Dio ed alla parte teologica della metafisica, divennero ben presto il riferimento dell'istruzione della Scolastica, tant'è che la principale attività tra gli studenti fu l'assimilazione della logica dei Peripatetici nella teologia cristiana. Questa pratica fu portata al culmine da Tommaso d'Aquino (Aquino 1225 – Fossanova 1274) – chiamato il principe dei filosofi Scolastici – che è ritenuto l'origine dell' 'aristotelizzazione' della cristianità.

Purtroppo, l' assimilare la metafisica di Aristòtele fu un tutt'uno con l'assimilazione della sua Fisica, argomenti che, per gli Scolastici, neppure erano nettamente separati.

Il pensiero scientifico, quindi, restò legato o, per meglio dire, imprigionato, dall'approccio aristotelico:

Nomina sunt consequentia rerum

i nomi, i puri concetti corrispondono alla realtà delle cose ancor prima dell'esperienza.

Poiché di puri concetti è fatta la dottrina d'ogni religione, i dogmi della fede, ecco che, nel Medio Evo cristiano, ogni branca della conoscenza umana doveva necessariamente non essere contraria al pensiero ufficiale della chiesa, pena la contestazione d'eresia, che a quei tempi portava a conseguenze quantomeno 'spiacevoli'.

Ancòr oggi viviamo 'di Scolastica', nei frequentissimi confronti dove tanti uniscono altre grida attorno a temi 'di moda' con posizioni ingiustificate, preconcepite, vuote di contenuti (per non dire di peggio!). Ancòr oggi è difficile ottenere l'opportunità di un adeguato spazio mediatico quando si vuole esprimere un pensiero 'contro corrente', spesso semplicemente vero: "*Solo l'errore ha il privilegio di dare il proprio nome ad una setta.*", così scriveva Voltaire . . .

Oggi potremmo sostituire il termine 'errore' con 'falsità', 'ipocrisia', 'convenienza', . . . 'conformismo', ed il termine 'setta' con tanti moderni neologismi, che individuano aggregazioni di persone più o meno 'pensanti', accomunati dal suffisso terminale '-ista' !

Nel Medio Evo, contestare la dottrina 'dominante' chiedeva un grande coraggio: si poteva mettere in gioco la vita ed anche l'ancòr più preziosa anima.

Questo Capitolo, come già detto 'poco idraulico', vuole essere anche un sentito omaggio a questi coraggiosi studiosi che, per primi, tra mille rischi, alzarono la voce della scienza al di sopra di quella 'del popolo' e . . . del 'potere'.

Ricordiamo quindi coloro che iniziarono la demolizione della dottrina aristotelica, protetta nel solido 'castello' della Scolastica, opponendosi al potere religioso che incarnava anche quello scientifico; fu, in alcuni casi, una aperta ribellione che sorse proprio al tempo in cui queste dottrine giunsero alla loro massima espressione con Tommaso d'Aquino.

Questi, riproponendo la teoria che il moto di ogni oggetto fosse sostenuto dal mezzo nel quale esso procede, respinse, come errate, le teorie dell'impeto e dell'esistenza del vuoto, elaborate da Giovanni Filòpono, che non ebbe quindi, e l'umanità con lui, la stessa 'fortuna' che ebbero coloro che sostennero le medesime tesi nell'Islam.

Il procedere del pensiero scientifico, quindi, còmplice il potere anche culturale della chiesa romana, trovò il maggior ostacolo nella difesa preconcepita dei dogmi di Aristòtele, adeguati al cristianesimo e quindi rinvigoriti.

Desta così poca sorpresa che il movimento Protestante abbia trovato maggior impulso dalle scuole che reclamavano la libertà della scienza; così come è comprensibile che i primi

movimenti di opposizione si manifestassero in aree geografiche lontane da Roma e dalla sua potentissima chiesa 'aristotelicizzata'.

Il filosofo e scienziato inglese, Ruggero Bacon (Ilchester Somersetshire 1214 - Oxford 1292?), contemporaneo di Tommaso d'Aquino, fu esemplare di quell'epoca: come frate francescano egli insegnò la filosofia di Aristotele; tuttavia il suo pensiero scientifico se ne distaccò, attribuendo alla scienza la missione di migliorare la condizione umana ed affermando la necessità di dedicarsi all'esperienza dei fenomeni osservati ed allo studio della natura, unico mezzo per ampliare e verificare le proprie conoscenze scientifiche.

La matematica, per Ruggero Bacon, diventa il mezzo indispensabile "per conoscere le altre scienze o le cose di questo mondo"; tutto ciò che non regge la verifica dell'esperienza non può essere che confinato nella superstizione e nella magia; gli esperimenti sono il vero veicolo della ricerca scientifica.

Questo nuovo approccio costituisce certo un passo di assoluto valore nella storia della scienza e dell'umanità tutta.

A dispetto del fatto che Tommaso d'Aquino fosse anch'egli un religioso, monaco Domenicano, educato alle sette arti liberali della Scolastica in Italia ed in Francia, il suo insegnamento aristotelico fu fortemente avversato dalle autorità ecclesiastiche di Parigi e, in un secondo tempo, anche da quelle di Canterbury, dove, in prima fila, troviamo il filosofo inglese e religioso francescano Giovanni Duns Scoto (1265-1308) attivo a Canterbury.

Efficace, negli effetti e nel seguito, fu il pensiero di Guglielmo di Ockham (Ockham 1295 - Monaco di Baviera ca. 1350), anch'egli frate francescano, seguace di Ruggero Bacon e pupillo del confratello Giovanni Duns Scoto.

I tre furono protagonisti di una vigorosa disputa contro le dottrine scolastiche e quindi contro la Fisica e la Metafisica di Aristotele; il fatto che appartenessero tutti all'ordine del 'poverello di Assisi' è significativo: la regola dei seguaci di Francesco, povertà nella carità, inequivocabilmente vicina al messaggio di Cristo, costituiva una sorta di protezione per quegli spiriti, meno costretti alla ottusa obbedienza della disciplina culturale ufficiale.

Guglielmo di Ockham mantenne la sua ricerca filosofica all'interno di una rigida regola:

"Entia non sunt multiplicandi praeter necessitatem"

. . . chiamata 'Il rasoio di Ockham', perché produceva una pesante spoliatura, nelle dottrine scolastiche, di tanti concetti, soggetti e principi superflui, creati per spiegare e giustificare, secondo la stessa razionalità scolastica, l'universo ed i rapporti tra uomo e Dio. Il frate, filosofo e scienziato, sostenne che la fede e la ragione operano in assoluta perfetta autonomia; la prima esplora il 'soprasensibile' entro i limiti del dogma; la ragione opera nel campo dell'esperienza.

Ne esce da questo una netta frattura con le teorie fisiche di Aristotele ed un recupero dell'impostazione di Democrito (filosofo greco, incontrato nel Capitolo 2), che poneva al centro della conoscenza l'esperienza diretta dei fenomeni studiati.



Guglielmo di Ockham accetta la teoria dell'impeto: non è il mezzo che muove gli oggetti bensì la forza iniziale che a loro è stata impressa.

A Parigi, la critica a Tommaso d' Aquino trovò la propria principale sede nella locale università, la Sorbona, dove, in questo, si distinsero:

- Jean Buridan (Bethune ca 1300 – ca 1358), che fu Rettore dell'Università parigina nel 1327;
- Nicole Orésme (Caen ca 1320 – Lisieux 1382), poco più giovane di Buridan e che insegnò a Rouen e poi divenne vescovo di Lisieux nel 1377;
- Albert di Sassonia (Rickmersdorf ca 1316- Halbertstadt 1390), insegnante all'università di Parigi, poi rettore dell'università di Vienna ed infine vescovo di Halberstadt.

Anche se indirettamente, questi tre filosofi diedero un vigoroso contributo alla disgregazione dell'approccio alla scienza sostenuto dalla Scolastica, evidenziando la necessità, nella ricerca, dell'osservazione, della sperimentazione ripetuta e della verifica degli effetti.

Jean Buridan, certo influenzato dal pensiero di Guglielmo di Ockham, confutò la teoria aristotelica del sostentamento del moto operato dal mezzo nel quale esso si sviluppa; egli rilevò con chiarezza che il volo di una penna e quello di una pietra sono chiaramente differenti, anche se vengono inizialmente spinti alla stessa velocità.

Buridan osservò che le lance vengono appuntite, all'estremità anteriore, per meglio fendere l'aria, ma se si appuntisse anche l'estremità opposta, contro la quale Aristotele riteneva si esercitasse la spinta del mezzo che 'si chiude' dietro l'oggetto in movimento, perché, a parità di spinta iniziale, non si riduce la velocità e lo spazio percorso?

La velocità iniziale di un corpo in movimento, egli affermò, è proporzionale all'impeto ed alla quantità di materia che compone il corpo stesso; nel prosieguo del moto, per effetto della resistenza dell'aria ed anche del peso, l'impeto costantemente diminuisce finché il movimento del corpo si arresta.

L'interpretazione del moto degli oggetti, per quanto intuitiva, è ormai perfetta.

Estendendo questo ragionamento agli astri, osservati in costante movimento e quindi apparentemente non soggetti ad alcun rallentamento, Jean Buridan li considerò come oggetti che hanno subito un impeto iniziale ad opera di Dio; questa spinta primordiale però, nel caso dei corpi celesti, non si riduce nel tempo perché essi, nel cosmo, non incontrano forze contrastanti.

Nicole Orésme, probabilmente allievo di Jean Buridan, si occupò inizialmente dei principi della Cinematica, investigando vari casi di moto uniforme, uniformemente variato (cioè di corpi che subiscono un'accelerazione costante, come, ad esempio, quelli in caduta libera sottoposti alla costante accelerazione di gravità) ed anche non uniformemente variato, valutando la relazione tra tempo e distanza, attraverso costruzioni geometriche.

In Statica, partendo dal calcolo dell'area del triangolo, che è pari a quella del rettangolo con stessa base ed altezza pari alla metà di quella dello stesso triangolo, egli giunse alla seguente regola generale per il primo approccio rigoroso all'esistenza del baricentro di ogni corpo:

“Ogni grandezza uniformemente variata mantiene le stesse misure totali come se essa mantenesse uniformemente il valore che acquista il suo punto di mezzo.”

Iniziò così ad interrogarsi sui moti relativi di oggetti che si muovono in direzioni e velocità differenti, giungendo ad affermare che l'idea di Aristotele e di Tolomeo che la Terra fosse

fissa al centro dell'universo non era una certezza: non essendoci in questo alcuna esperienza, poteva essere vera anche l'idea contraria:

“Se un uomo fosse nel cielo . . . potrebbe sembrargli che la Terra ruoti in un moto a periodo giornaliero così come il cielo sembra fare a noi sulla Terra. Similmente: se la Terra si muove in un movimento giornaliero e non il cielo a noi appare che la Terra sia fissa ed il cielo in movimento.”

La cosmologia di Nicole Orèsmè, iniziando a mettere in discussione la teoria della Terra al centro dell'universo - quindi dubitando anche della centralità universale dell'umanità fatta ad immagine e somiglianza di Dio – incontrò la contrarietà della Chiesa ma anche l'imperitura fama, essendo oggi ricordata come la teoria del 'Precopernicanesimo'.

Albert di Sassonia fu interessato sia al concetto di centro di gravità che ai fenomeni della caduta dei gravi.

Benché paragonasse l'attrazione della Terra al fenomeno del magnetismo, egli credeva che, a differenza dell'attrazione magnetica del ferro, la gravità fosse la stessa a tutte le altezze e proporzionale alla distanza, anche se ciò poteva portare ad immaginare la possibilità di una velocità infinita: aumentando all'infinito la distanza di caduta, infatti, la velocità, se alla distanza stessa proporzionale, sarebbe diventata anch'essa infinita.

Per confutare questa apparente illogicità della propria teoria, Albert di Sassonia introdusse, per via solo empirica, un concetto assai importante nello studio della caduta dei gravi e, in generale, del moto degli oggetti in un fluido, liquido o gassoso che sia: nel caso dei pesi in caduta libera, la resistenza al moto, crescendo più rapidamente dell'impeto impresso dalla gravità, porta, dopo un certo tempo, ad annullare l'accelerazione e quindi a mantenere la caduta ad una velocità costante, di valore finito.

Anche all'università di Oxford si deve riconoscere un originale nuovo fermento culturale che contribuì a liberare la ricerca scientifica dai vincoli e dalle superfetazioni che Guglielmo di Ockham aveva per primo 'tagliato con il suo rasoio'.

Guglielmo Heytesbury, che divenne cancelliere di Oxford nel 1371, dopo quarant'anni di insegnamento, per primo fece osservazioni ed elaborò considerazioni sulla relazione tra la distanza e la velocità ed anche tra la velocità e l'accelerazione:

“Per un corpo che lascia lo stato di quiete, si può immaginare una misura del moto [cioè: della distanza, ndr] che cresca indefinitamente; similmente si può immaginare una misura della variazione del movimento seguita da un corpo che può incrementare o decrescere il suo movimento con una velocità o lentezza infinitamente variabili. La misura di quest'ultima grandezza ha la stessa relazione con la misura del movimento, come il movimento porta alla distanza che è continuamente attraversata.”

Nel secolo successivo, il XV, uno scrittore di Oxford, noto soltanto con il nome di *Il Calcolatore*, per primo formulò la relazione tra velocità e tempo nel moto uniformemente accelerato:

“Se un corpo aumenta il suo moto in modo uniforme, come esso comincia a fare nel primo istante, egli attraverserà nella seconda metà del tempo tre volte la distanza attraversata nella prima metà.”

Una tale andar a tentoni nello studio degli elementi della Meccànica continuò a Parigi e ad Oxford attraverso il quindicesimo século, ma, contemporaneamente, crebbero i centri di pensiero e di studio in Spagna, in Italia ed in Germania.

È singolare constatare che quasi tutti i personaggi, ricordati in questo Capitolo, appartengano ad ordini religiosi, con prevalenza dei discépoli di San Francesco.

La stabilità dell'organizzazione della chiesa cristiana aveva consentito, durante il Medio Evo, l'ininterrotta attività della sue *Scholae*, che erano, quindi, l'unico centro di riferimento della cultura, ma anche dell'approccio ad essa: chi desiderava accedere agli studi non aveva altra possibilità. Così è che l'attività di conservazione della cultura antica, sulla quale si era costruita e si voleva staticamente mantenere la base fondante del pensiero della stessa chiesa cristiana d'Occidente, fu anche stimolo per la crescita del dissenso, fonte di nuove idee, alimento della critica e delle nuove aspirazioni.

Il cammino della ricerca fu però spesso deviato o reso faticoso da concetti errati ma purtroppo ben radicati profondamente nella cultura degli scienziati. Per esempio: sebbene molti progressi fossero già compiuti nell'analisi dell'accelerazione uniforme, cioè lo studio di corpi in moto che subiscono una costante accelerazione, ancora solida era l'idea che la velocità della caduta libera di un oggetto dipendesse soltanto dal proprio peso.

Galileo Galilei, invece, dimostrò, come vedremo, che ogni corpo in caduta è soggetto alla stessa accelerazione di gravità. Quanto noi vediamo di differente nella velocità di caduta, e quindi nel tempo, di corpi diversi è soltanto dovuto alla presenza dell'aria, che agisce opponendosi al moto in modo differente; nel vuoto, una palla di piombo ed una piuma cadono dalla stessa altezza nel medesimo tempo.

Il progresso, che elimina gli errori e porta alla corretta e completa conoscenza dei fenomeni, fu assai lento nel Medio Evo anche perché, in quell'epoca, ai vincoli ideologici e dogmatici della religione 'di stato' e della filosofia, si affiancava un ancor faticoso sistema di diffusione e scambio di informazioni ed esperienze.

Lo sforzo di molte persone, contemporaneo ed a volte identico, ma in luoghi differenti e lontani, richiese ancora secoli, prima che i principi della Meccànica e della Fisica fossero chiariti; principi, oggi recepiti come elementari, sui quali si basa la scienza dell'Idraulica.

* * *