

L'EVOLUZIONE DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Dott. Ing. CARLO PARVOPASSU

Professore ord. f. r. di Scienza delle costruzioni nell'Università degli studi di Padova

2^a Conferenza tenuta il 7 maggio 1953

CAPITOLO IV

L'evoluzione della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni nell'antichità

I primi inizi del periodo storico più antico del divenire umano possono fissarsi intorno al cinquantesimo secolo avanti Cristo, al quale rimontano le testimonianze sicure di già costituite e fiorenti civiltà nel vicino Oriente, da cui trassero alimento sostanziale le più recenti e cospicue civiltà dell'Occidente e dell'Oriente lontano.

In quella data remota terminava una preistoria prestigiosa durante la quale si era compiuto il primo ciclo evolutivo della vita fisica ed intellettuale delle razze umane e alcuni gruppi sociali erano passati dall'empirismo e dall'intuizione al tentativo di organizzazione e utilizzazione ragionata delle conoscenze: l'umanità poteva ormai cimentarsi nelle astrazioni mentali, che la dovevano condurre alla costituzione formale di Scienze e Tecniche differenziate, quali la matematica, l'astronomia, la meccanica, l'architettura ecc.

Esamineremo brevemente lo sviluppo del pensiero scientifico e delle manifestazioni tecniche nei successivi momenti storici ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾.

A) CIVILTÀ ORIENTALI, ANTERIORI AL X SECOLO AV. CR.

1. *Civiltà egiziana = dal L al I secolo av. Cr.*

Dopo l'ultimo periodo della preistoria di questa civiltà, contenuto tra il 7000 ed il 5000 av. Cr., si iniziò la trasmigrazione di popolazioni etiopiche nella valle del Nilo, ove sorsero successivamente, con molte altre città, Tebe, Menfi e Sais, sedi dei Re e dei Faraoni.

La 1^a delle 31 dinastie, succedutesi fino alla conquista dell'Egitto

⁽⁶⁾ UCCELLI, *Enciclopedia*, cit.

⁽⁷⁾ *The Encyclopaedia Britannica*, XI ed. New York 1910-II. Enc. Brit. Inc.

⁽⁸⁾ Benjamin FARRINGTON, *Science in antiquity*. London 1936. Th. Butterworth Ltd Oxford.

da parte di Alessandro il Macedone nel 332 av. Cr., fu fondata nel 4800 e terminò nel 4500 av. Cr. in Menfi: le altre si susseguirono ininterrottamente, con capitali prima in Menfi, poi a Tebe, infine a Sais.

In base alle scoperte archeologiche compiute nella seconda metà del secolo decimonono, una indubbia conoscenza scientifica, acquisita nel campo della matematica e della medicina, è testimoniata da alcuni papiri e frammenti di papiri, di cui il più importante per le matematiche è quello noto sotto il nome di Rhind papyrus (1800 av. Cr.) e quello interessante la medicina va sotto il nome di Edwin Smith papyrus (2000 av. Cr.). Letteratura e filosofia furono coltivate fin dal 2800 av. Cr., con manifestazioni di classico valore.

Il popolo appariva diviso in tre caste, quella dei sacerdoti, quella dei guerrieri e quella degli artigiani, agricoltori, pastori, piloti ecc.

Nel 4236 av. Cr. disponeva del primo pratico calendario, con 12 mesi di 30 giorni e 5 giorni supplementari, atto a coordinare le principali attività pubbliche.

Prima del 3000 av. Cr. possedeva un alfabeto di 24 lettere e penna inchiostro, carta.

La numerazione era decimale.

Le conoscenze astratte, matematiche e medicali, furono sistematicamente applicate alle esigenze della vita: anatomia e fisiologia per la diagnosi e la cura medico-chirurgica, aritmetica e geometria per le calcolazioni astronomiche, la misura dei terreni, i tracciamenti stradali, e la tecnica costruttiva, con uso di strumenti ingegnosi come la groma, la diottra e il livello: ma sempre dominante fu il misticismo sacerdotale, che conduceva all'astrologia ed alla magia; e abituale l'anomino nelle manifestazioni scientifiche e tecniche, coltivate però sempre con sapiente empirismo in stretta interdipendenza.

Le costruzioni di edifici pubblici, templi e tombe, ebbero inizio fin dai tempi delle prime dinastie menfitiche, con impiego di muratura di argilla e paglia essiccata al sole, in forma di mattoni delle dimensioni di cm. $38 \times 18 \times 12$; gli spessori enormi dei muri delle tombe regali e l'indurimento e la cottura dei mattoni provocati dagli incendi favorirono la conservazione delle insigni opere: nei maestosi templi e nelle piramidi gigantesche, a base quadrata del lato di fin 150 m. con pari altezza, la cui costruzione culminò fra il 3000 e il 2500 av. Cr., furono impiegate le murature di mattoni e di pietre da taglio, abbondantemente disponibili a Syene ed altrove, quali graniti rosei, grigi, violetti, porfidi rossi e verdi, basalti, alabastri, calcari composti, gres ecc; si usavano malte di gesso e sabbia, fondazioni su platea cellulare costituita di muri ortogonali con riempimento di detriti rocciosi a sacco, strutture murarie di pietra da taglio in corsi orizzontali

regolari ed ossature trilitiche, con le quali, nella sala ipostilo, si imitava l'architettura del legno. Il legno non si impiegava, perchè nella regione era scarsamente disponibile. Erano frequenti le pseudovolte, le volte ad anelli inclinati e le volte su colonne: le armature o impalcature erano sostituite, nei cantieri di costruzione, da ammassi di terra e sabbia, messi gradualmente in opera e rimossi, a costruzione ultimata, con l'impiego di un enorme numero di schiavi, cui era d'altronde commesso il graduale sollevamento dei massi di pietra e degli altri materiali, operato con tiro per funi su piani inclinati mediante taglie e paranchi.

Non gravi difficoltà presentava la costruzione della rete stradale, che fu vasta e dotata di importanti opere d'arte.

Importanti canali di derivazione ed accurate regolazioni delle acque del grande Nilo consentivano approvvigionamenti idrici e tutela della produzione agricola, assai pingue e varia.

Divenne assai ricca e varia la produzione di dispositivi meccanici, strumenti ed attrezzi da lavoro, di pratica utilità.

Sviluppo notevole ebbero, fin dalle prime dinastie, la metallurgia e l'uso dei metalli preziosi, del rame, dello stagno, del piombo, del bronzo, e del ferro, la produzione dei colori, la ceramica.

Le arti figurative ed ornamentali ebbero rude ma importante espressione.

Le arti tessili furono coltivate ampiamente e con successo artistico; perfezionando le lavorazioni delle fibre di lino, di canapa, di cotone, di lana, di seta, di bisso, si ottennero tessuti pregiati: in questo campo si ebbe la evoluzione completa, dalla concia e cucitura delle pelli per vestiario, mediante ago e filo semplice o doppio, all'utilizzazione di fiocchi di lana o di cotone cuciti, ovvero di lucignoli stirati e torti con conocchia a fuso e cuciti trasversalmente, ovvero di fili ottenuti da fibre vegetali od animali e impiegati, come ordito e trama, nel telaio verticale od orizzontale, con legacci a mano o connessione mediante spoletta.

Anche i mezzi di trasporto stradali, con l'invenzione della ruota e del carro trainato a due o quattro ruote, e i mezzi di trasporto idrico, col naviglio, a remi od a vela, di dimensioni talora notevolissime, giunsero ad avanzato stadio di progresso.

Le armi ed i mezzi ossidionali di offesa e di difesa ebbero sviluppo adeguato all'importanza delle operazioni belliche.

Considerando il cospicuo apporto alle pratiche realizzazioni della tecnica, che la civiltà egiziana può vantare, dobbiamo concludere che nell'antico Egitto la scienza fu continuamente posta in atto e sperimentata, pur senza dar luogo ad una esposizione logicamente

ordinata per sé stante, alla quale si attribuisce il vero e proprio carattere di scienza, quasi a contrapposto del puro empirismo tecnico. Ora è vero che lo scopo della tecnica è pratico, mentre quello della scienza è teorico; ma è anche vero che la miglior prova che il nostro sapere è concreto consiste nel fatto che esso ci ponga in grado di far qualche cosa e che d'altronde il saper fare qualche cosa permette di confrontare cause ed effetti e giungere ad astrazioni razionali. Di qui il legame indissolubile tra scienza e tecnica, come mutui fattori integrantisi e l'alto valore intellettuale di un oculato empirismo.

2. *Civiltà assiro-babilonese = dal XL al VI secolo av. Cr.*

La preistoria di questa civiltà termina col periodo tra il 6500 ed il 4500 av. Cr.

Tra il 4000 e il 3500 i Sumeri occupano le paludi intorno alle foci dell'Eufrate e del Tigri. Dal 3800 si comincia a parlare di Babilonia, ma le tre grandi dinastie storiche babilonesi si succedettero rispettivamente fra il 2500 e il 2200 la 1^a, fra il 2200 ed il 1800 la 2^a, fra il 1800 ed il 1200 av. Cr. la 3^a, seguita dalle altre cinque fino al 500 av. Cr. Il regno di Assiria, più recente, sarebbe durato dal 1500 al 606 av. Cr., con unica dinastia dalla fondazione alla distruzione di Ninive. Del nuovo impero babilonese, tra il 625 e il 538 av. Cr., la grandezza si riassume tutta nel regno di Nabucodonosor, tra il 604 e il 562 av. Cr., e termina con la conquista e la distruzione di Babilonia da parte di Ciro.

Secondo le scoperte archeologiche compiute negli ultimi cento anni, la scienza babilonese risulta forse più antica dell'egiziana e le testimonianze ne risultano più abbondanti. Mentre gli Egiziani scrissero con penna ed inchiostro su papiri, materiale deperibile col tempo, nei reami di Sumeria, Akkad ed Assur, centri della cultura babilonese, si scriveva con uno stilo su tavolette di tenera argilla che erano poi cotte in forno e formavano così documenti praticamente indistruttibili. I resti della biblioteca di Assurbanipal (morto nel 626 a.v. Cr.), ne contava 22000 (oggi al British Museum) e la biblioteca del tempio di Nippur ne conteneva circa 50000, ordinate per data tra il 3000 e il 450 av. Cr. I caratteri della scrittura fonetica erano cuneiformi: la numerazione decimale, ma affiancata con un sistema sessagesimale a basi 1, 60, $60^2 = 3600$, $60^3 = 216000$ ecc., per i numeri superiori a cinquanta, con impiego naturalmente di un simbolo equivalente allo zero per la notazione posizionale.

I Sumeri possono considerarsi come i fondatori dell'aritmetica e della geometria e concepirono relazioni astratte di numeri e grandezze

fin dal 3000 av. Cr., stabilendo così i primi fondamenti di un pensiero scientifico autonomo: ma non giunsero ad un corpo di dottrina impeccabile per logica formale e metodologia e tutto l'edificio scientifico restò anonimo ed empirico, come per gli Egiziani, e, in mancanza di una filosofia naturale, mistico e teologico.

Oltre la matematica furono coltivate l'astronomia, la letteratura, la giurisprudenza.

L'eredità tecnica della preistoria venne notevolmente perfezionata, con apporto efficacissimo per la formazione di una conoscenza empirica normativa.

L'edilizia si sviluppò in Mesopotamia, dove difettavano pietre e legnami, con costruzioni di muratura in argilla o in mattoni, generalmente crudi, delle dimensioni di cm. $40 \times 40 \times 5 \div 10$, messi in opera allo stato plastico senza malta, ma con legni di rinforzo ed eventuali corsi orizzontali o letti di canne immersi nel bitume. Mentre per le abitazioni comuni tale struttura appariva anche in paramento, per i templi, i grandi palazzi, i giardini pensili dei Re la struttura stessa era rivestita con mattoni, cotti o smaltati, delle dimensioni di cm. $30 \div 63$, muniti del bollo del sovrano, ovvero con pietra da taglio. In questi edifici si erigevano muri, pilastri e colonne, volte a botte e ogivali, cupole sferiche o coniche, false volte, solai e coperture in legno di cedro del Libano e si impiegavano mezzi di cantiere di potente struttura, atti al collocamento in opera dei grandi monoliti, come quelli che decorano gli imponenti edifici di Babilonia, il palazzo del re Sargon a Korsabad ed altri monumenti.

Le comunicazioni terrestri erano curate con grande perizia sia nel tracciamento dei corpi stradali sia nell'esecuzione delle opere d'arte, già di notevole importanza, come ponti di legno a travata, e ponti di pietra a volta eretti senza armatura: i veicoli consistevano in carri a due o quattro ruote, trainati da equini o da vacche; il cammello serviva per le carovane desertiche.

Le costruzioni idrauliche erano rappresentate da pozzi o fontane, da derivazioni di acqua, mediante canali, dall'Eufrate e da altri corsi minori, da eventuali sollevamenti mediante coclee mosse dagli schiavi e da utilizzazioni di forza motrice mediante ruote idrauliche.

Le applicazioni delle macchine semplici, rullo, piano inclinato, cuneo, leva, ruota e vite, carrucole e taglie ecc., favorirono molto lo sviluppo dell'artigianato e della agricoltura.

All'estrazione e lavorazione dei metalli preziosi seguirono le prime manifestazioni della metallurgia del rame, dello stagno, del piombo, del bronzo e del ferro, con rapidi e smaglianti successi anche per la tecnica militare.

Nel campo delle costruzioni navali si aggiunsero importanti processi, con la calafatura di bitume, esterna ed interna, delle navi, foggiate perfino a tre ponti, con propulsione a remi. La leggenda dell'Arca di Noè parrebbe corrispondere ad una imbarcazione di tale tipo, con lunghezza, larghezza e altezza rispettivamente di 300, 50 e 30 cubiti, che, fatto il cubito pari a 525 millimetri, condurrebbero ad una stazza di circa 50000 tonnellate: manca ogni riferimento a mezzi di propulsione o di comando.

La filatura e la tessitura di fibre vegetali ed animali, lino e lana, dovettero essere già fiorenti, come la ceramica ed altre manifestazioni artistiche di alto pregio.

3. *Civiltà Indo - Persiane - Cinesi e Giapponesi XL - VI secolo av. Cr.*

Non ci tratterremo partitamente su queste civiltà orientali remote, giacchè troppo incerte sono le notizie di cui disponiamo: certo esse si svilupparono contemporaneamente alle civiltà del vicino oriente e con queste poterono interferire; ma restarono quasi completamente ignote fino al tardo medioevo e solo nel 1250, al compimento degli arditi viaggi di Marco Polo ed all'apparire del Milione, la pubblicazione nella quale egli riferì sulle meraviglie vedute, quelle vaste regioni del mondo apparvero anche nella grandezza del loro passato.

4. *Civiltà Egeo - Minossico - Micenica = XXX - X secolo av. Cr.*

Dopo lunga preistoria, la fondazione di Ilio, nella Troade, avvenuta intorno al 3000 av. Cr., segna l'inizio della civiltà egea nell'Asia Minore ossia in Frigia, Lidia, Licia, Siria e Palestina; la continuazione di tale civiltà si afferma con la fondazione di Tiro in Fenicia, che risalirebbe all'anno 2756 av. Cr., e l'istituzione nell'850 av. Cr. della colonia fenicia di Cartagine, distrutta dai romani nel 146 av. Cr.

La fondazione di Festo, Cnosso ed altri centri dell'isola di Creta e la fondazione di Micene e di Tirinto in Grecia, il cui sorgere si fa risalire al 4000 av. Cr., avevano a lor volta, dopo 30000 anni di preistoria, dato origine a nuove civiltà, le civiltà minossica e micenica, rispettivamente fiorite dal 2000 al 1500 e dal 1500 al 1000 av. Cr., completamente decadute ai tempi omerici.

Sin dal 3000 av. Cr. le civiltà egea - minossica - micenica conoscevano il rame, proveniente in gran copia dall'isola di Cipro: fioriva in esse l'arte figurativa, esprimente mirabilmente l'idea della vita, con gusto artistico rozzo ma originale, assolutamente indipendente da quello dell'Egitto e dell'Assiria, regioni colle quali eran pur frequenti i rapporti commerciali: vasi e gioielli d'oro e d'argento, e

d'altri metalli, vasi di argilla, tombe e sepolture regie di straordinaria ricchezza, bassorilievi in alabastro o gesso, statuette, sigilli, grandi pitture murali ne danno testimonianza.

Mancano le statue di grande rilievo.

Micene, Tirinto ed altre città, di Creta e dell'Asia Minore, ed anche in Italia, sono recinte da muri formati da massi enormi di pietra, lunghi dai sei ai sette metri, di forma irregolare o poligonale: sono le cosiddette mura ciclopiche, forse più antiche della civiltà micenica, che indicano la prima presa di possesso di un paese da parte di un'aristocrazia militare o sacerdotale (*).

Non si conoscono templi minossici o micenici, ma solamente palazzi: questi probabilmente fungevano anche da tempio e la dimora del Dio era compresa in quella del Re. I palazzi erano leggerissimi e costruiti piuttosto col legno che con la pietra: vi erano colonne di legno rastremate verso il basso, imitate anche colla pietra; i capitelli mostravano i primi tentativi degli ordini dorico e ionico.

Le manifestazioni storiche di queste civiltà hanno carattere prevalentemente artistico ed operativo, come si conveniva a quelle popolazioni mediterranee essenzialmente marinare, dedite ai commerci ed alle conquiste territoriali, ricche di tradizioni, di cultura, di sapienza e capacità costruttiva, forti ed opulente.

B) CIVILTÀ OCCIDENTALI, POSTERIORI AL X SECOLO A. CR.

1. — *Civiltà etrusca — dal X al I secolo a. Cr.*

Si afferma, con autonomia completa prima e ridotta poi, in Toscana, dal 1000 al 400 a. C., ampliandosi sotto il dominio di Roma dal 400 all'epoca di Augusto.

Gli Etruschi erano immigrati, probabilmente dall'Asia minore, in Toscana: secondo Erodoto provenivano dalla Lidia e si erano sovrapposti all'antico popolo umbro. Dotati di spiccate qualità marinare, commerciali, agricole e guerriere, riuniti in confederazioni di stati fastosi, a tre tribù, ciascuna a regime monarchico di tipo aristocratico, portarono la loro capacità culturale, artistica e costruttiva ad altissimo livello in tutte le manifestazioni della civiltà più raffinata.

Mura ciclopiche o pelasgiche, in pietra calcare con opus poligonale o in materiale tufaceo con opus quadratum a conci parallelepipedi senza malta, abitazioni, tombe, edifici pubblici, grandi palazzi e templi a tre navate con ossatura architravata, archi e volte

(*) S. REINACH, *Apollo*, II ed. italiana. Bergamo, Ist. It. A. G. 1906.

reali a botte, cupole, pseudovolte e pseudocupole, con impiego di pietra da taglio e terracotta, di legname e di metalli, testimoniano il cospicuo sviluppo della loro tecnica architettonica.

Strade e ponti cospicui, manufatti idraulici e bonifiche, navi a remi ed a vela di notevoli dimensioni, importanti opere militari di difesa e campali furono altre manifestazioni della loro abilità costruttiva.

Coltivarono la metallurgia, la ceramica artistica e l'arte tessile con magnificenza e splendore, facendo fiorire l'artigianato con mezzi sempre più progrediti.

2. — *Civiltà laziale — dal X al I secolo a. Cr.*

Si evolve nel primo millennio avanti Cristo la civiltà aborigena della confederazione latina, assimilando e modificando gli elementi della civiltà degli Umbri, degli etruschi e di altri popoli tirrenici, cui la legavano caratteri di affinità, e poi dei greci, degli orientali e dell'Africa mediterranea. Essa si inserisce nel IV secolo a. C., dopo la conquista delle trenta città da parte di Roma, nel processo definitivo di costituzione e sviluppo della grande civiltà classica, iniziatosi nel 753 a. C. colla fondazione di Roma.

Le manifestazioni prevalenti della tecnica laziale si riferiscono all'edilizia ed all'agricoltura, coltivate da un popolo grave e ordinato nella sua attività e dotato di spirito pratico profondo.

3. — *Civiltà greca — IX sec. a. Cr. — V sec. d. Cr.*

Tra il nono ed il settimo secolo avanti Cristo si matura il più grandioso dei fenomeni di sintesi intellettuale verificatosi nella storia dei tempi. Insieme con le sorgenti di luce che danno splendore di vita alla filosofia, si delineano nell'alta tecnica, già empiricamente evoluta, come corpo di conoscenze, in mirabili manifestazioni, i caratteri che la orienteranno decisamente verso la filosofia naturale o scienza razionale, quella che concepisce come immutabili, e indipendenti da forze occulte, le relazioni che legano fra loro un fenomeno materiale ad un altro, un principio alle sue conseguenze, per modo tale che, scoperta una di tali relazioni, può legarsi con sicurezza logica un fenomeno causale con quello che ne scaturisce come effetto.

Tale concezione fu (basandosi sulle conoscenze acquisite dalle civiltà orientali e nell'elaborazione del pensiero della civiltà egea) genialmente ed audacemente introdotta dai Greci, estendendola a tutto il campo della materia sulla quale si esercita l'attività dello spirito.

Naturalmente fu riconosciuto che, come per rendersi conto delle relazioni che intercedono tra numeri, linee e superfici bisogna ricorrere a nozioni aritmetiche e geometriche, così, per rendersi conto delle relazioni tra fenomeni del mondo fisico bisogna ricorrere a ragioni meccaniche e fisiche, e per spiegare la salute e le malattie bisogna ricorrere a ragioni biologiche e fisiologiche. Il legame tra gli oggetti di ciascuna scienza doveva svolgersi d'altronde nell'ordine ben definito dal più semplice al più complesso, per modo che i fenomeni indagati finissero per dipendere da un piccolo numero di proposizioni fondamentali o definizioni, che avrebbero costituito un sistema di principi garantito da una rigorosa logica.

Una deduzione razionale di tali principi, controllata, quando fosse possibile, con esperienze, avrebbe assicurato la validità del corpo di dottrina costituito dall'edificio delle conseguenze tratte dai principi stessi.

L'affiancamento del concetto di sperimentaltà a quello di razionalità costituiva, nel nuovo ideale scientifico greco, il carattere che, purtroppo soltanto diciotto secoli dopo Platone ed Aristotile, dette origine alla scienza moderna, così feconda di direttive e di risultati nelle applicazioni tecniche che hanno ormai l'aspetto del prodigio.

Il cammino percorso in questo riuscito sforzo di organizzazione del pensiero scientifico fu arduo e spossante.

Dal dominio teocratico ed aristocratico della realtà, concepita nella sua essenza ⁽¹⁰⁾ secondo la filosofia aritmetica di *Pitagora di Samo* (572 a. C.) e dei suoi scolari contemporanei *Archippo* e *Liside* a Samo, Crotone, Metaponto, Tebe e Taranto, come pura legge dei numeri e dei rapporti semplici, di fronte a un Dio, solo sofo o sapiente, si passò alla filosofia matematica e fisica della scuola Ionica che si rivolgeva alla ricerca degli ἀρχαί o principî con *Talete di Mileto* (624-548 a. C. — principio: *l'acqua*), *Anassimandro di Lampsaco* (610-547 a. C. — principio: *l'aria*), *Anassimene di Mileto* (scolare del precedente — principio: *la terra*) ed *Eràclito di Efeso* (540 a. C. — principio: *il fuoco* o eterno contrasto e divenire — πάντα ῥεῖ): successivamente si svilupparono le teorie filosofiche sulla natura e sulla dottrina dell'essere per parte della scuola italica di Elea in Lucania, rappresentata da *Parmenide di Elea* (500 a. C.), scolaro di *Senofane di Colofone* e maestro di *Zenone di Elea* (425 a. C.) e la scuola filosofica di *Empedocle di Agrigento* (483-423 a. C.), di *Anassagora di Clazomene* (498-428 a. C.) e di *Demócrito di Abdera* (470-370 a. C.), uomini di

(10) UCCELLI, *Enciclopedia* cit.

altissimi sentimenti, pluralisti, che cercarono con l'atomismo di risolvere il contrasto eleatico-eracleiteo dell'essere e del divenire, rinunciando ormai all'insostenibile unità del principio.

Questi dibattiti dettero vita ad una serie di abbaglianti trionfi del pensiero filosofico e scientifico, che sfociarono nel *nosce te ipsum* del grande responso di *Socrate*, questo sublime principe dei filosofi, nato e vissuto in Atene dal 470 al 401 a. C., che designava con quel responso il precetto per conseguire la moralità e la scienza, combattendo strenuamente l'insegnamento e la prassi dei sofisti ed introducendo nella psicologia il metodo dell'osservazione sperimentale.

Socrate concepì la Scienza ⁽¹¹⁾ come un ordine del pensiero che riconosce l'ordine interiore ed esteriore, voluto ed operato, perchè la Scienza conduce alla pratica e la ragione speculativa è legislatrice della volontà.

Derivano dalla eccelsa scuola di Socrate i due contrapposti primati filosofici fioriti in Atene, quello dell'Accademia di *Platone d'Atene* (429-347 a. C.) e quello del Peripato di *Aristotile di Stagira* (384-322 a. C.), che domineranno il pensiero dell'Umanità per diciotto secoli e tuttora sopravvivono.

Le dottrine platoniche sarebbero, secondo il Caverni, ⁽¹²⁾ una viva espressione e uno splendidissimo dramma che rappresenta in atto lo stato e le condizioni di placida contemplazione in cui si trova la mente dell'uomo nel primo acquisto delle verità naturali, quali lo indicano i fatti osservabili nel bambino che da poco ha passato i quaranta giorni di vita. Il primo maestro dell'uomo non è che Dio e la scienza non è che la reminiscenza: la geometria e l'arte dei numeri sono sorgente di tutti i beni e non sono sorgente di alcun male ed aiutano nella reminiscenza, cosicchè sono fondamento di morale e di scienza; i fenomeni, come è naturale, sono contingenti. Pertanto in Platone non si trova alcun cenno inerente al modo di resistere della materia alle sollecitazioni esterne.

Le dottrine aristoteliche segnerebbero, in contrapposto, per il carattere di ruvidezza e l'operosità del loro autore, la rappresentazione più viva di quella turbolenta fase di irrequietezza morbosa e delirante che si sostituisce alle estatiche e serene contemplazioni del bambino quando l'età cresce: il bambino vorrebbe che la natura si governasse come egli crede e pretenderebbe di imporsi piuttosto che assoggettarsi a lei; e tale è appunto il carattere della filosofia naturale, algebrizzata col sillogismo e volontariamente invo-

⁽¹¹⁾ A. CONTI e V. SARTINI, *Filosofia elementare*. Barbera, Firenze 1893.

⁽¹²⁾ R. CAVERNI, op. cit.

luta, dello Stagirita, il teorico delle Categorie, l'oracolo dell'*ipse dixit* e, per S. Tommaso e Dante, lo *maestro di color che sanno*: le opere di lui, ordinate da Diogene Laerzio sotto 146 titoli, dicesi formassero circa 400 volumi relativi a tutti i campi del sapere, dalla logica alla fisica e alla storia naturale, alla matematica, alla metafisica, alla psicologia, all'etica, alla retorica, alla poetica, alla storia; in tutte queste discipline quel sommo portò la lucidità della sua mente ordinatrice e l'acume del suo ingegno ineguagliato.

Tanto il primato dell'Accademia, quanto quello del Peripato, ostacolarono purtroppo la valorizzazione del metodo sperimentale, ritenendo il primo fallace l'esperienza ed il secondo ritenendola inutile: ambedue erano dualisti, poichè ammettevano Dio e materia, divino l'intelletto e materiale l'anima sensitiva.

Nelle questioni meccaniche di Aristotile si trovano già tracce di una rudimentale Scienza delle Costruzioni. Egli si occupa della resistenza delle travi alla rottura per flessione: si chiede, nella XVI^a questione, perchè tanto più siano deboli i legni quanto più son lunghi e risponde con evidenti allusioni al momento delle forze sollecitanti trasversali; in altra successiva questione investiga il perchè, se si vuol rompere un bastone premendolo col ginocchio nel mezzo e trattendolo con le mani da una parte e dall'altra, occorre compiere uno sforzo tanto maggiore quanto minore è la distanza delle mani stesse e risponde dicendo che forse ciò è dovuto alla minore capacità del movimento da cui la rottura dipende. Tuttavia le questioni meccaniche son trattate senza chiare idee di forze attive e di resistenze passive, di equilibrio, di quiete e di movimento, pur essendovi trattati, con considerazioni informate al senso comune ed appoggiate all'esperienza banale, i principii della leva e della bilancia e le leggi del movimento locale, per il quale ultimo Aristotile statuisce che la velocità di un corpo è proporzionale alla forza o al peso che la producono, senza ammettere però la legge d'inerzia, ciò che lo porta a negare la possibilità del vuoto.

Invano cercheremo in Platone la trattazione di tal genere di questioni pratiche.

Durante il periodo in cui si compiva la grande ascesa scientifica sopra ricordata, fiorivano in tutta la Grecia, nell'Egeo e nelle colonie italiche della Magna Grecia le arti belle, le lettere e la tecnica costruttiva.

Le costruzioni edilizie si affermavano nei grandi edifici pubblici e nei templi maestosi, ovunque sorgenti come opere in pietra splendidamente decorate con sculture e altorilievi, con architettura architravata e tetti a falde, ma anche con colonne, archi e volte: i

mezzi di sollevamento per la posa in opera di grandi monoliti, quali funi, pinze, code di rondine, coppie di pulegge e incastellature, erano copiosi e potenti.

Le costruzioni militari oppidali e le opere ossidionali e difensive, nonchè l'armamento delle truppe e la flotta, erano di notevole entità.

Anche le costruzioni stradali segnarono progressi cospicui: una galleria di circa 800 m. di lunghezza fu traforata con grande perizia a Samo da Eupalino, celebre ingegnere. Le costruzioni idrauliche erano rappresentate da condutture d'acqua sotterranee, fonti e fontane, serbatoi di acque piovane e tubazioni per acquedotti, oltre che da importanti lavori di sistemazione fluviale e portuale.

Le costruzioni meccaniche in genere, la metallurgia, la ceramica e le arti tessili ebbero vigoroso sviluppo. Si deve segnalare al riguardo l'opera peculiare di *Archita di Taranto*, filosofo pitagorico e matematico nato a Taranto nel 430 a. C., uomo di rigida moralità ed austera continenza, stratega imbattuto e statista insigne, fondatore della meccanica scientifica, cui si attribuiscono le invenzioni della vite, della puleggia, del cervo volante e anche la costruzione di una colomba automatica volante nell'aria, oltre studi basilari di aritmetica e geometria, come le proporzioni e le progressioni aritmetiche e geometriche, ed anche trattazioni di acustica ed arte musicale.

Dall'Accademia sostanzialmente, e solo apparentemente dal Peripato, discendono i due più grandi Maestri che abbia avuto la Scienza, *Euclide ed Archimede*, della cui opera giova qui dare esplicita menzione, per l'importanza capitale nel campo della matematica e della fisica applicata.

Di *Euclide* non si conoscono esattamente le date di nascita e di morte, il luogo di origine, parentele, maestri: si sa soltanto che visse ai tempi di Tolomeo I (323-285 a. C.) e che fondò ad Alessandria una scuola di matematica celeberrima.

I suoi *Elementi di Geometria* (Στοιχεῖα), in 13 libri, si riferiscono nei primi sei alla geometria piana, in quattro all'aritmetica e negli altri tre alla geometria solida: si affiancano ad essi gli altri trattati «*Fenomeni, Ottica, Catottrica, Coniche, Dati, Porismi*» ed un volumetto di *Meccanica* probabilmente dovuto ad altro autore greco. Tutte queste opere hanno avuto universale risonanza ed informato la geometria e la fisica per tutti i tempi, secondando i placiti di Platone.

Di *Archimede*, cui, nel terzo secolo a. C., si deve la prima fulgida apparizione e la più viva rappresentazione della tecnica sperimentale italiana guidata da spirito matematico profondo, si sa che nacque a Siracusa in Sicilia nel 287 ed ivi morì, vittima di guerra,

nel 212 a. C.; che studiò in Alessandria, servì poi il re Gerone e suo figlio Gelone in Siracusa, inventando per loro macchine belliche e gli specchi ustori; che scoprì il suo principio di idrostatica, investigò e determinò la relazione tra il volume di una sfera e quello del cilindro circoscritto, si occupò della rettifica del cerchio e della quadratura della parabola, di conoidi e sferoidi, trattò delle spirali, del problema della leva e della bilancia (oggetto del trattato insigne degli equiponderanti, fondamento della statica), dell'equilibrio dei piani, dei centri di gravità, dei galleggianti (trattato celebre sui fondamenti della idrostatica), della coclea e di molti altri argomenti pratici. La sua leva ed i suoi liquidi sono tuttavia, al modo platonico, corpi ideali, a comportamento quasi esclusivamente geometrico, che fluiscono come i punti, le linee, le superfici esclusivamente geometrici fluiscono a generare linee, superfici, volumi: le sue invenzioni fisiche e meccaniche erano da lui considerate nient'altro che giochi di geometria, nei quali si era imbattuto trattenendovisi intorno per suo passato tempo.

Tale concezione della fisica e della meccanica è quella che domina anche gli allievi di Archimede, quali *Ctesibio* ed *Erone di Alessandria*, contemporaneo il primo di Archimede ed il secondo, matematico e meccanico, il più grande ingegnere dell'antichità, vissuto in Alessandria nel secondo secolo a. C., Direttore della Scuola di Meccanica di Alessandria, che aveva corsi propedeutici destinati allo studio delle matematiche (λογικόν) e corsi di applicazione successivi (χειρουργικόν) come negli attuali Politecnici. A Ctesibio si attribuiscono macchine idrauliche, del tipo delle pompe: ad Erone ruote dentate, viti, taglie, ventose, siringhe, organi idraulici, odometri, solcometri, automatismi e teatri mobili, eolipile, mulinelli a vapore. Il primo trattato di fisica dell'antichità, *Gli Spiritali* (*Spirititalia seu Pneumatica*), dovuto ad Erone, ci è giunto quasi intatto, insieme con altro suo trattato importantissimo sulla *Meccanica* e l'elevatore.

Per l'importanza della loro opera nello sviluppo delle matematiche in relazione alle applicazioni, conviene ricordare ancora:

Apollonio di Perga, il sommo geometra della Scuola Alessandrina, nato probabilmente nel 262 a. C. e vissuto sotto i regni di Tolomeo III Euergetes e di Tolomeo Philopator, autore di numerosi scritti sulle coniche ed altri argomenti di geometria e anche di lavori astronomici;

Eratostene di Alessandria (276-194 a. C.), scienziato greco nato a Cirene, vissuto alla corte di Tolomeo III Euergetes, come Capo della Biblioteca di Alessandria, uno degli uomini più eruditi dell'antichità, autore di lavori pregiati nei vari campi dello scibile, comprese le matematiche e le meccaniche, l'astronomia e la geodesia (misura

indiretta della circonferenza terrestre su un arco di meridiano tra Syene ed Alessandria);

Diófanto, vissuto in Alessandria verso il 250 dopo Cristo, celebre e fecondo cultore dell'Aritmetica, della Teoria dei numeri, dell'Algebra, nel cui studio precorse gli Arabi ed i moderni;

Pappo di Alessandria, geometra vissuto verso la fine del terzo secolo dopo Cristo, in un periodo di generale ristagno degli studi matematici, eccellente scienziato ed elegante scrittore, cui si deve una Teoria del piano inclinato, un Commentario dell'opera di Claudio Tolomeo e la grande opera in otto volumi intitolata συναγωγή o *Collezione*, non giunta integra a noi, contenente l'esposizione sistematica, esatta e fedele, dei più importanti risultati ottenuti dai matematici, astronomi e meccanici suoi predecessori, con prefazioni perspicue e poderose note esplicative o amplificative.

4. — *Civiltà Romana* — VIII sec. a. C. - V. sec. d. C.

Inizia il suo ciclo con la fondazione di Roma, nel 753 avanti Cristo, e, attraverso il periodo primitivo dei Re e quello intermedio della Repubblica, raggiunge, coll'Impero di Augusto, nel 30 avanti Cristo, l'acme portentosa, per tramontare nel 476 dopo Cristo con la caduta dell'Impero romano d'occidente e l'accentramento dei poteri del grande stato romano a Bisanzio.

Il popolo latino creò questo stato gigantesco imponendo gradualmente il suo dominio a quasi tutto il mondo conosciuto e sviluppando con forza, saggezza e sapienza la sua missione unificatrice ed elevatrice dell'umano consorzio. Popolo di agricoltori e di soldati, di organizzatori e di politici, di giuristi ed oratori eloquenti, conobbe, sotto l'influenza della vinta Grecia, l'arte e la scienza, la filosofia e le lettere, il diritto e la capacità di governo.

Nel campo culturale, scientifico e tecnico contava uomini insigni, quali *M. Tullio Cicerone* (106-43 a. C.), *Lucrezio Caro* (93-51 a. C.), *M. Pollione Vitruvio* (I sec. a. C.), *Lucio Seneca* (2 a. C.-65 d. C.), *Plinio il Vecchio* (23-79 d. C.), *Sesto Giulio Frontino* (40-106 d. C.); il primo di essi rappresentava la dottrina morale platonica, gli altri in certo senso rappresentavano la filosofia naturale aristotelica, fatta molto progredire, per sapienza propria, dai romani, dediti all'aritmetica piuttosto che alla geometria pura ed inclini alla fisica. Di *Vitruvio*, sommo ingegnere civile e militare di Cesare e di Augusto, dobbiamo ricordare, perchè particolarmente si riferisce all'evoluzione della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, l'opera assai importante e in gran parte originale, in dieci libri, *De Architectura*, dedicata

ad Augusto (nel I libro vi si tratta dell'Architettura in genere, nel secondo dei materiali da costruzione, nel terzo, quarto e quinto degli edifici pubblici, nel sesto e nel settimo degli edifici privati, nell'ottavo degli acquedotti, nel nono della costruzione degli orologi ad acqua, nel decimo delle macchine); l'autore usa locuzioni talora plebee e volgari, ma scrive con chiarezza e precisione e con ricche illustrazioni che, già perdute, poterono essere ricostruite; acute e profonde sono le sue osservazioni sui criteri generali da seguire nelle costruzioni e sui materiali da impiegare: una traduzione con commento fu curata da Monsignor Daniel Barbaro, Patriarca di Aquileja, ed apparve in Venezia nel 1584 per i tipi di Francesco de Franceschi Senese, dedicata al cardinale di Ferrara Ippolito d'Este; nell'introduzione dell'editore sono parafrasati dal testo di Vitruvio alcuni consigli agli Architetti, che mi sembrano anche oggi interessanti giacchè « suggeriscono di apprendere bene la teoria e la pratica, perchè la teoria si riferisce alla pratica e la pratica dipende dalla teoria, e ricordano che chi non ha le matematiche non ha la teoria e che l'Architetto deve esser ornato delle cognizioni di molte arti e di molte scienze per poggiare su fondamento sodo il nome e la gloria che cerca, quali frutti di virtù propria senza simulazione ed arroganza ». Di *Frontino*, celebre ingegnere civile e militare esso pure, *curator aquarum*, ricorderemo il trattato di *Arte militare e strategia* ed un trattato di *Agrimensura*, giunti a noi solo in parte, e l'importantissima opera *De aquis urbis Romae libri II*, composta e pubblicata sotto Nerva e Traiano: potrà anche interessare il cenno che egli non volle monumenti e ne accompagnò il divieto colle parole memorabili « *impensa monumenti supervacua est: memoria nostra durabit si vita meruimus* ».

La tecnica romana si manifestò in forme grandiose. Particolarmente noteremo quanto segue.

Nell'architettura, accolti i tipi di costruzioni umbri ed etruschi e quelli dei greci, con mura pelasgiche, edifici di abitazione privata, mercati, fori, palazzi, templi, sepolcreti, ne modificò l'ossatura e la struttura, affiancando al sistema architravato, con timpano e colonne portanti, il sistema a pilastri con lesene sorreggenti archi, volte, lucernari, cupole e decorati con colonne portanti e ornamentali e, d'altra parte, alla muratura in pietra da taglio (*opus incertum* ed *opus reticolatum*) la muratura in cotto d'alto pregio con malta di pozzolana e la muratura concrezionata in calcestruzzo cementizio (*opus caementicium*); le costruzioni erano ideate ed eseguite impersonalmente dai *collegia* o *corporazioni* di architetti:

la tecnica e l'organizzazione militare fiorirono con gli accampamenti (*castrum* cintato dal *vallum*), le fortificazioni campali (ca-

stelli, cinte difensive a mura, torri, fosso, antemurale, merli e porte), i mezzi ossidionali (scala d'assalto, *testudo*, torre mobile, ariete, vinea e pluteo), le armi portatili (panoplia), le artiglierie (catapulta, scorpione, balista, onagro):

le strade ed i ponti, su cui si manovravano ormai il veicolo a due ruote ed il carro a quattro ruote con sterzo, si svilupparono in una vastissima rete, tracciate e costruite, amministrate e mantenute con criteri di saggezza e di sapienza; le opere d'arte (terrapieni, gallerie, ponti e viadotti) importantissime hanno in buona parte sfidato il tempo ed ancora appaiono in efficienza dopo più di venti secoli:

le costruzioni idrauliche giunsero all'apogeo in Roma e nelle provincie con cisterne, serbatoi, pozzi, piscine, ninfei, terme, grandi acquedotti sotterranei o pensili, castelli d'acqua e sifoni, tubature di distribuzione con rubinetterie perfette, e, ancora, imponenti sistemazioni fluviali, dighe, argini, canali ed impianti d'irrigazione, emissari di laghi ecc.; tutte opere attestanti larghezza di vedute, genialità e perizia senza pari:

le costruzioni navali progredirono in alta misura con la trireme e la quinquereme, munite anche di vela, degli ultimi secoli prima di Cristo fino alle navi di Nemi, di dimensioni notevoli, di struttura ed esecuzione tecnicamente perfetta, di stupenda ornamentazione, che documentano il grado cospicuo raggiunto dalla Scienza e dalla Tecnica navale romana nel primo secolo dopo Cristo:

la metallurgia (colle leghe di oro, argento, rame, con la ghisa, il ferro e l'acciaio e le saldature autogene), la ceramica (coi laterizi ed il vasellame), le arti tessili (col perfezionamento del telaio verticale e la rifinitura dei tessuti) ebbero notevoli sviluppi nella civiltà romana, come le industrie manifatturiere e meccaniche, rimanendo ancora tuttavia a modesto livello.

CAPITOLO V

L'evoluzione della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni nel medio evo

A) DAL V AL X SECOLO DOPO CRISTO

Questo periodo si inizia con la decadenza precorritrice della caduta dell'impero romano d'Occidente, al principio del quinto secolo dopo Cristo: si riassume culturalmente nelle manifestazioni neoplatoniche dei padri della Chiesa e del monachesimo e nelle opere di alcuni eruditi scrittori romani ed arabi, e socialmente in un letargo, che dovrà scuotersi per opera di Carlo Magno, coronato nuovo imperatore

d'occidente in Roma nell'800 da papa Leone III; seguirà il feudalismo germanico-romano, combattuto poi dal sorgere dei comuni e delle libertà comunali nel decimo secolo.

San Girolamo (331-420), autore della « Volgata », traduzione latina della Sacra Scrittura da lui curata in Betlemme, *Sant'Agostino d'Ippona* (354-430), vescovo, autore di celeberrime opere filosofiche, *San Benedetto di Norcia* (480-543), fondatore dell'ordine dei Benedettini a Subiaco e Montecassino ed *Anicio Manlio Torquato Severino Boezio* (480-525), autore del « De Consolatione Philosophiae », statista e filosofo di illustre famiglia romana, per tre volte console di Teodorico re dei Goti, gettato poi dal sovrano nelle prigioni di Pavia, ove morì, sono i rappresentanti più cospicui della cultura dell'alto medio evo, seguiti cronologicamente dall'arabo-persiano Avicenna (980-1037), filosofo e medico-chirurgo famoso, autore di numerosissime opere e trattati di varia mole, seguace di Aristotile.

La tecnica subì in questi secoli un generale e notevole regresso, dovuto alle condizioni sociali e politiche. Si salvarono le manifestazioni dell'architettura religiosa, che dal IV al VI secolo e oltre è tutt'altro che decadente. Il fervore di libera edificazione delle chiese cristiane, seguito alla pubblicazione in Milano dell'editto di Costantino nell'anno 313 e favorito dalla personale azione dello stesso imperatore Costantino, pur non catecumeno, della imperatrice Sant'Elena, e di vescovi e comunità, rifulse con la costruzione, in Roma, in Gerusalemme, Costantinopoli e altre città, delle prime grandi basiliche, spesso fabbricate ed abbellite con materiali e spoglie dei templi pagani, tra cui la più celebre fu quella di San Pietro in Roma, eretta nello stesso luogo ove sorse poi l'attuale primo tempio della Cristianità; esso si intensificò col trasferimento della capitale a Bisanzio, denominata, nel 330, Costantinopoli, trasferimento che aveva fatto perdere a Roma ogni importanza civile e politica, riservandole però la sacra funzione di sede centrale della sorgente chiesa cattolica, e continuò dopo la caduta dell'impero d'occidente nel 476. I colonnati esterni del tempio pagano furono sostituiti da quelli interni del tempio cristiano, che assume due forme, cioè la centrale dei templi d'oriente, rotondi e poligonali od a croce equilibrata, con copertura a tetto, a volta o a cupola, e la basilicale dei templi di Roma e d'occidente, a tre od a cinque navate, di cui la principale, in asse, sopraelevata, dotata di matronei, con copertura a falde piane o curva. Nell'architettura cristiana latina, a Roma, Ravenna, Milano ecc., viene usato abbondantemente, come materiale da costruzione, il conglomerato cementizio romano oltre alla muratura in laterizi tipo romano, eventualmente a faccia vista, lavorata a cortina con mattoni cotti e bollati, ed alla muratura

di pietrame ben riquadrato con eventuali corsi di mattoni intercalati regolarmente; come ossatura per i muri è adottata, per economia, quella di tipo romano, la quale presenta masse portanti costituite da piedritti a sezione discontinua con lesene e ingrossamenti verticali, e masse di riempimento sostenute da archi di scarico in aggetto che conferiscono carattere ornamentale; come elementi strutturali si notano pareti con colonne di sostegno, architravi od arcuazioni, senza o con pulvino, e coperture con volte e cupole od a tetto con capriate in legno, poste tra le finestre, su piedritti sottostanti; talora i muri d'ambito, resi resistenti a spinte orizzontali, sorreggono grandiosi archi trasversali con sopraelevazione murale a timpano e su questi poggia il tetto. Nell'architettura bizantina, a Costantinopoli, Ravenna, Venezia, è usata prevalentemente la muratura in blocchetti di pietra rozzamente squadrate con ricorsi di grandi mattoni come legamento, posta in opera con malta di sabbia vulcanica e mattone pesto; l'intelaiatura dei muri è in legno con tiranti e catene; i piedritti isolati sono rappresentati da colonne con ricchi capitelli; le coperture sono eseguite con volte a botte, a crociera su pianta quadrata o rettangolare, a vela, con cupole emisferiche, a pennacchi, poggianti su quattro archi e quattro piedritti d'angolo, e sono costruite senza centinatura con struttura laterizia, a nervature di mattoni e riempimento a lacunari, protetta da strato di tegole senza sottostruttura lignea. Nell'architettura romanica, a Firenze ed a Milano, coi maestri lombardi del nono e decimo secolo, sono adoperate le stesse strutture dell'architettura bizantina; ma prevale la basilica a tetto, poi con volte a botte, a tutto sesto o ad ogiva, con volte a crociera e con cupole eventualmente rialzate, ed alle colonne sono sostituiti i pilastri, i grossi muri sono a doppia cortina con riempimento a sacco.

Le Strade ed i Ponti segnano nel medio evo un lunghissimo periodo di stasi: nessuna nuova costruzione è agevole ed è quasi impossibile la manutenzione della grandiosa rete romana: se pure la cura rivolta da Giustiniano, nel VI secolo, alla manutenzione della fitta rete di strade carreggiabili e mulattiere in Oriente riuscì a conservare le vie maggiori di traffico utilizzabili fino al tempo delle Crociate, in Occidente le continue guerre e l'anarchia fecero sì che alcune importanti strade vennero addirittura a scomparire, nonostante le sanzioni adottate dalle autorità centrali dell'impero carolingio contro feudatari rapinatori, l'opera della chiesa cattolica, che, aiutando le corporazioni di mestiere, favoriva la costruzione di nuovi tronchi e opere d'arte, di passi e ospizi alpini, e gli sforzi di alcune città e comuni.

La Tecnica militare ebbe una ripresa nel nono secolo al sorgere del feudalismo col conseguente smembramento del potere in una

moltitudine di piccole sovranità: torri isolate, torri gentilizie, castelli, dimore fortificate, mezzi campali e ossidionali si moltiplicarono riproducendo però in massima dispositivi in uso nei secoli precedenti.

Le applicazioni meccaniche continuarono ad essere coltivate in qualche settore particolare: andarono però in rovina le industrie minerarie e metallurgiche con l'abbandono completo di già fiorenti cave e miniere e la vandalica distruzione del patrimonio di metalli accumulato dai romani.

L'arte tessile fu coltivata con qualche cura, con speciale riguardo all'utilizzazione della seta, importata dalla Persia, in bozzoli e fili, a Bisanzio, come dono all'imperatore Giustiniano.

B) DALL'XI AL XIV SECOLO DOPO CRISTO

L'espandersi della cultura araba e la ripresa delle grandi manifestazioni intellettuali nell'Europa intera segnarono il trionfo del neo-aristotelismo di cui il già ricordato Avicenna aveva affermato la potenza. Le sue manifestazioni culminarono nell'opera dell'arabo musulmano *Averroes* (Ibn-Muhammad ibn-Rushd), nato a Cordova in Spagna (1126-1198), teologo, giurista, letterato, matematico, astronomo, medico e filosofo di alto valore, ed in quella dei dottori della Chiesa, *Alberto Magno* di Colonia, vescovo di Ratisbona (1193-1280), *Ruggero Bacone*, francescano inglese, doctor admirabilis (1214-1294) e *San Tomaso d'Aquino* (1226-1274), svoltasi nell'epoca della fondazione delle grandi università europee di Parigi, Bologna, Padova, ecc., nelle quali si riprendeva con la scolastica la libera rielaborazione del pensiero filosofico puro ed applicato.

È da segnalarsi come il più cospicuo rappresentante di una scuola che intorno al secolo dodicesimo fece compiere passi essenziali nello sviluppo delle matematiche e della statica *Giordano Nemorario* o di Nemore, forse Nemi, vissuto intorno al 1250: nel « *Liber Jordani De Ponderibus* », pubblicato con una relazione integrativa di un suo geniale seguace il cui nome ci è sconosciuto, appare un notevole progresso sulla statica greca, essendovi introdotta la nozione di *componente del peso secondo una data direzione*, applicando tacitamente, per stabilire l'equilibrio della leva, il principio, in singolare connessione con la nozione di momento, che *la forza che può elevare un peso ad una certa altezza può elevare un peso m volte più grande ad una altezza m volte più piccola*, principio che verrà assunto più tardi dal Cartesio a fondamento della sua statica e si trasformerà poi nel principio dei lavori virtuali; i trattati di aritmetica e geometria di Giordano fecero testo in tutto il tredicesimo secolo ed oltre, come i testi sull'alge-

bra e la geometria di *Leonardo Pisano*, il *Fibonacci*, insigne abacista del Comune di Pisa (1241).

Altri insigni cultori di scienze matematiche e fisiche furono: l'arcivescovo di Canterbury *Tomaso Bradwardine*, dotto geometra che si occupò di questioni dinamiche (1290-1348), *Giovanni Buridanus*, celebre meccanico, docente e Rettore per oltre un trentennio dell'Università di Parigi (1300-1360), *Alberto di Sassonia*, dottore e professore nella Facoltà di Arti di Parigi (1320-1398), *Nicola Oresme*, dotto vescovo francese di Lisieux, scolastico di gran fama specialmente versato nelle discipline meccaniche (1320-1382), *Biagio Pellacani* di Parma, altro classico della Scienza De Ponderibus, illustre professore nelle Università di Bologna e di Padova (1350-1416), *Pietro d'Abano* professore dell'Università di Padova, matematico e filosofo eccelso (1250-1365).

Tra i massimi esponenti della scienza universale dei suoi tempi citeremo anche l'Alighieri (1265-1321), per quanto egli fosse troppo distratto dal leggere il gran libro della natura dalla lettura dei libri dei filosofi.

Il benefico influsso del sorgere dei Comuni, delle Repubbliche marinare e dei grandi Potentati europei ed il rifiorire delle antiche corporazioni d'arte e mestieri dal nono al tredicesimo secolo consentirono la ripresa ed il progresso della Tecnica in tutti i campi.

All'architettura romanica si affianca nel secolo decimoterzo in Italia, a Firenze, Milano, Bologna, Venezia, in Francia, in Germania ecc. l'architettura gotica, nella quale si presentano la volta ogivale a crociera con costoloni diagonali e pilastri polistili, i muri d'ambito con contrafforti e archi rampanti, finestroni e portali e cornicioni con la più ricca decorazione ornamentale, tetti e guglie di forme slanciate, concepite nel movimento e nell'arditezza come per costruzioni in ferro, anzichè in pietra; trionfa nella Spagna e nel mondo Arabo l'architettura moresca, di caratteristiche ben note, solida e sfarzosa. Le costruzioni stradali subirono a partire dall'undicesimo secolo decadenza talmente grave da rendere ovunque mal sicure, ardue e penose ed insufficienti le comunicazioni interurbane e nei contadi. Una ripresa si ebbe per le costruzioni idrauliche e navali. Le applicazioni meccaniche fiorirono con la costruzione degli automatismi, secondo la scuola eroniana; un gran numero di orologi meccanici e planetari, idraulici o a pesi e molle, opere di gran pregio, arricchirono città e borghi. L'invenzione della polvere pirica per le artiglierie per opera di Ruggiero Bacone e del monaco tedesco Bertoldo Schwartz fecero progredire radicalmente la tecnica degli armamenti. Anche l'industria mineraria, la metallurgia e l'industria tessile fecero rapidi progressi in tutto il mondo conosciuto.