

□

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 6

**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2020-21**

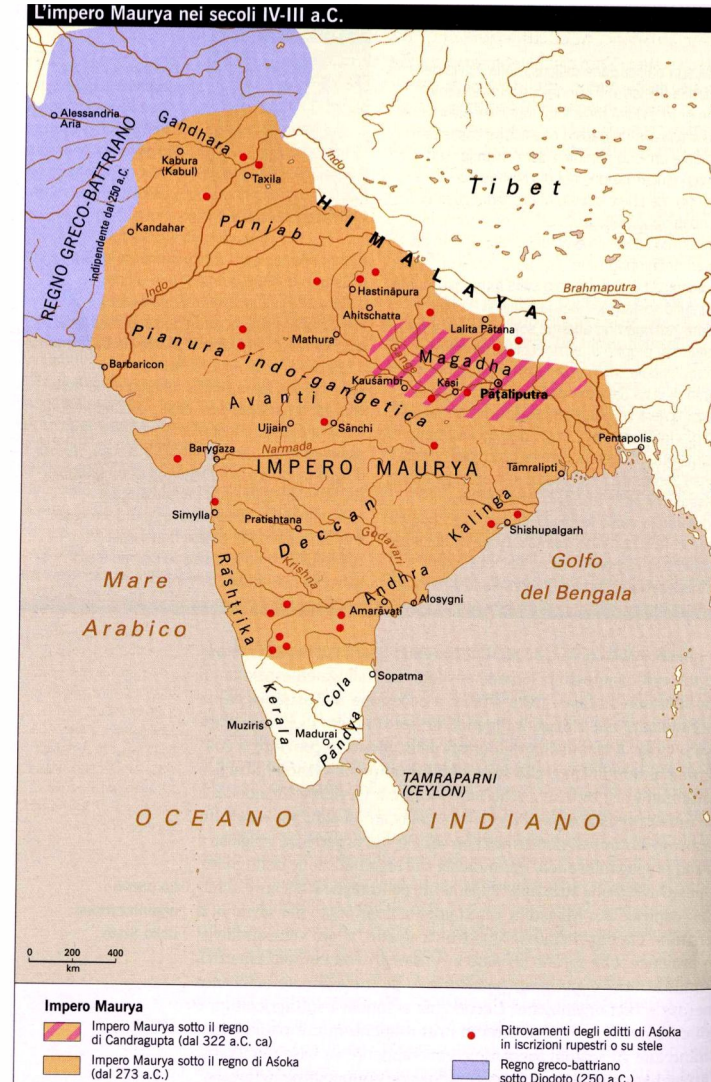
250 a.C. - India

Apogeo dinastia Maurya

Ashoka (299-237)

unifica il subcontinente

- Adozione del buddismo
- avvia un periodo di tolleranza, prosperità e sviluppo culturale, scientifico e tecnico



~250 a.C. (o prima) - India

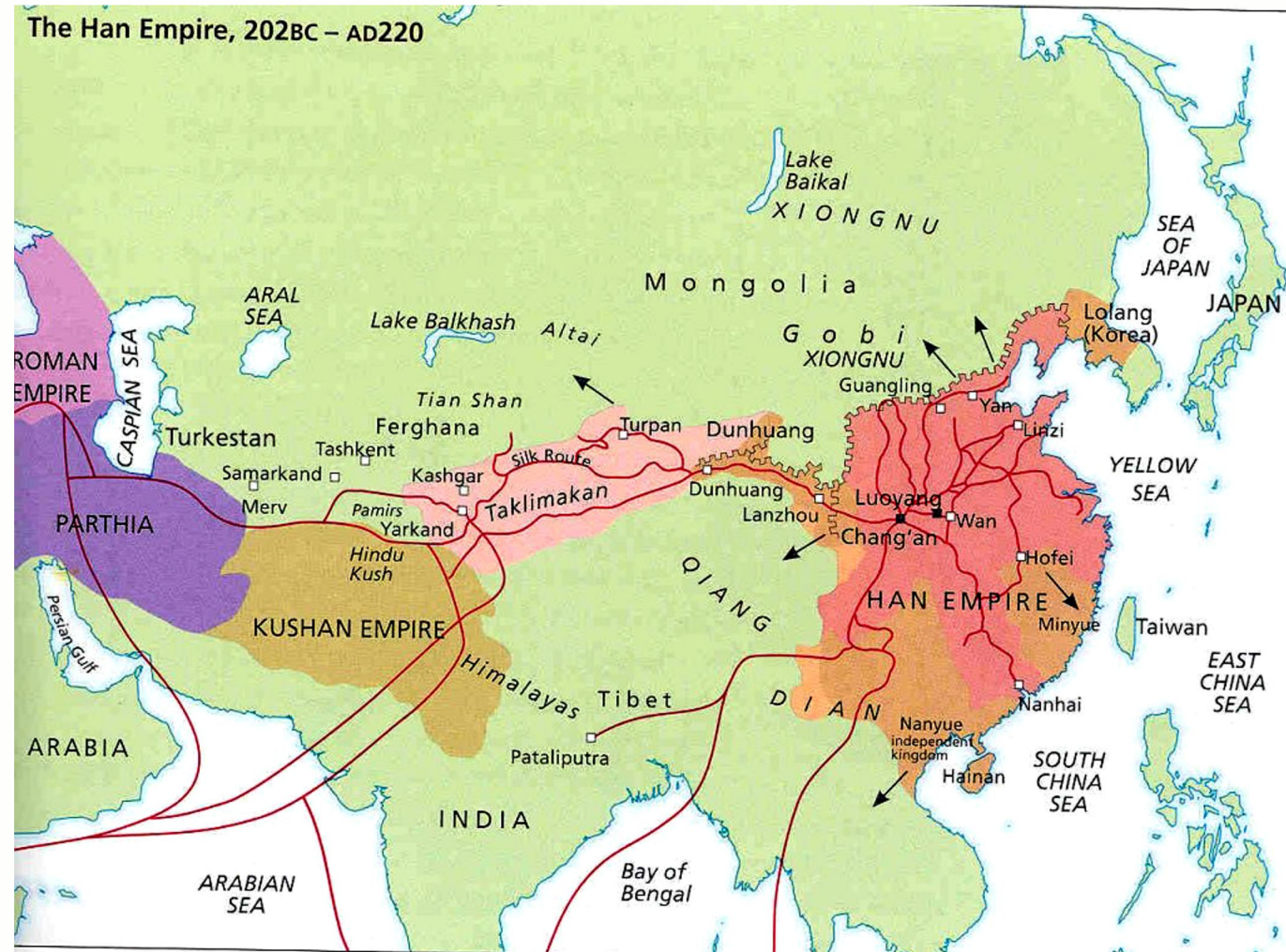
Crogiolo e acciaio wootz (urukku)

- Causa: penuria di rame e stagno e quindi di bronzo per utensili duri
- Vero acciaio fuso, ottenuto da una carica accuratamente calibrata di ferro battuto, carbone e vetro posti in crogiolo chiuso e sigillato
 - Il vetro fuso si arricchisce di carbonio, assorbe le impurità e galleggia permettendo la formazione di acciaio puro ad alto tenore di carbonio
 - Presupposto: minerali di ferro di buona qualità

202 a.C. - Cina

Affermazione della dinastia Han (202 a.C. - 220 d.C.)

4 secoli di
prosperità
e sviluppo



~200 a.C. - Cina

Tessitura della seta

- Perfezionamento delle tecniche, tenute sempre gelosamente segrete
- Commercializzazione su grandi distanze verso occidente
 - senza arrivare al bacino mediterraneo

Il secolo a.C.:

- Gabinetto a sciacquone

I secolo a.C.:

- Numeri negativi
nel trattato:
Nove capitoli sull'arte matematica



Moneta Han

106 a.C. - Asia

Rapporti Cina – Partia

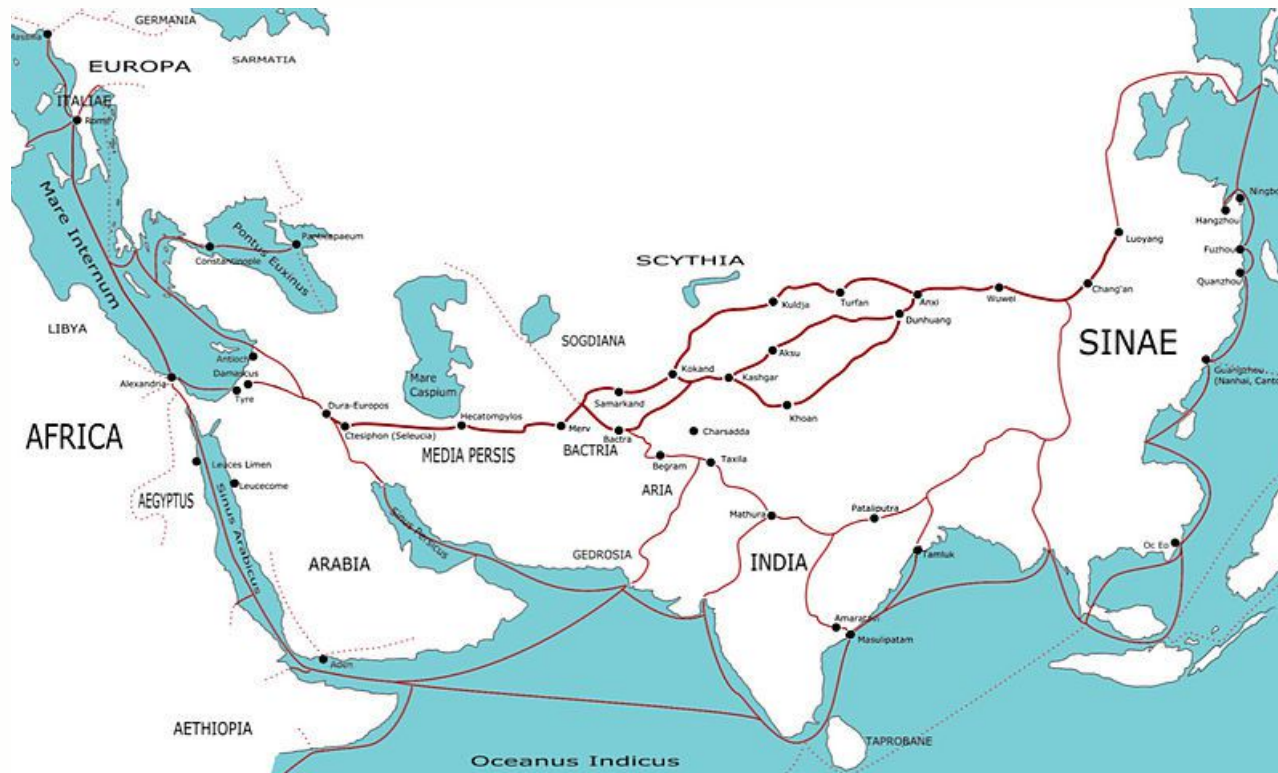
- Impero cinese degli **Han**
- Impero partico (Iran) di **Mitridate II** (124-87 a.C.)

- Missione diplomatica cinese presso l'impero partico e avvio di scambi commerciali regolari
 - Scambio di seta cinese con cavalli iraniani
 - Apertura delle rotte commerciali note come **Via della Seta**

106 a.C. - Asia

Via della seta

- Millenario collegamento tra i mondi cinese, medio-orientale ed indiano
- Incardinato nella regione della Sogdiana (attuale Uzbekistan)
- Scambi non solo commerciali, ma anche culturali: ampliamento reciproco delle conoscenze scientifiche e tecniche



23 a.C. Roma

Ottaviano Augusto (63 a.C. - 14 d.C.)

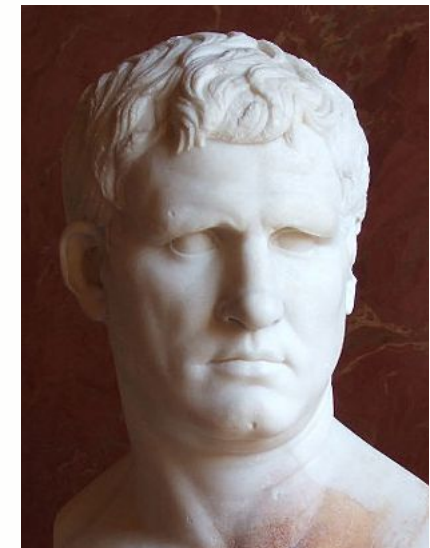
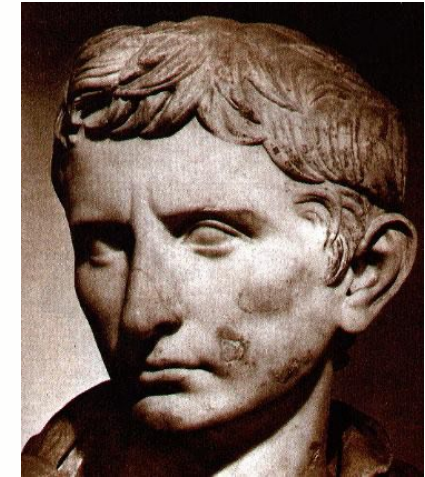
fonda l'Impero Romano

Apporto determinante:

Marco Agrippa (63 a.C. - 12 a.C.)

comandante e ingegnere formatosi in Grecia

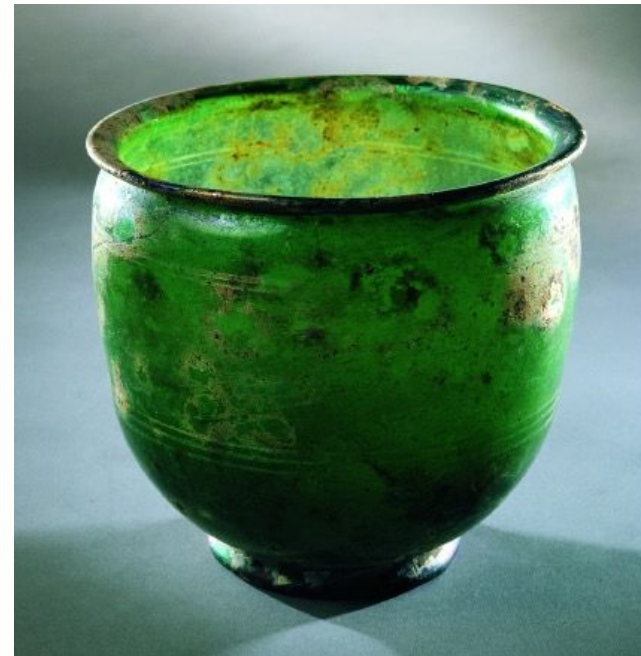
- Roma: acquedotti (Aqua Iulia e Acqua Virgo), fognature, terme
- strade e acquedotti in Gallia
- cartografia (mappa completa dell'impero)



20 a.C. - Fenicia

Soffiatura del vetro alla canna

- Il processo di produzione risulta enormemente semplificato e velocizzato, rendendo il vetro economico e di uso generale
- Poco dopo la conquista della Siria (che comprende la Fenicia) da parte di Pompeo (64 a.C.)
- emigrazioni di artigiani vetrai dall'Asia Minore in Italia e diffusione di tecniche di lavorazione del vetro



20 a.C. - Impero romano

Vetro diventa di uso comune

- oggetti in vetro soffiato incolore e trasparente, di basso costo



Terrina in vetro
affresco di Pompei (79 d.C.)



Oggetti romani in vetro del I sec. d.C.

- anche vetrate per finestre a mosaico di piccoli pezzi da colata e stampo, per edifici pubblici

~10 d.C. - Impero romano

- Diversificazione del vetro, anche raffinato e costoso, variazioni nella soffiatura
- oggetti in vetro policromo
 - Soffiatura del primo strato e ricopertura con secondo strato per immersione in letto fuso
 - successiva lavorazione a cammeo dello strato esterno



*vaso Portland, lavorazione a cammeo
British Museum*

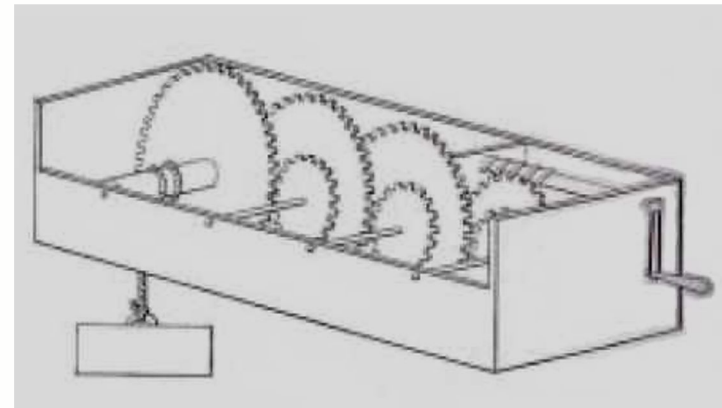
~50 d.C. - Alessandria

Erone di Alessandria (~10 - ~70 d.C.)

- matematico e tecnico
- seguace di Archimede (~240 a.C.)

matematica e fisica matematica:

- formula di Erone per l'area di un triangolo generico dalla lunghezza dei lati
- calcolo di ingranaggi di precisione
- calcolo di gru

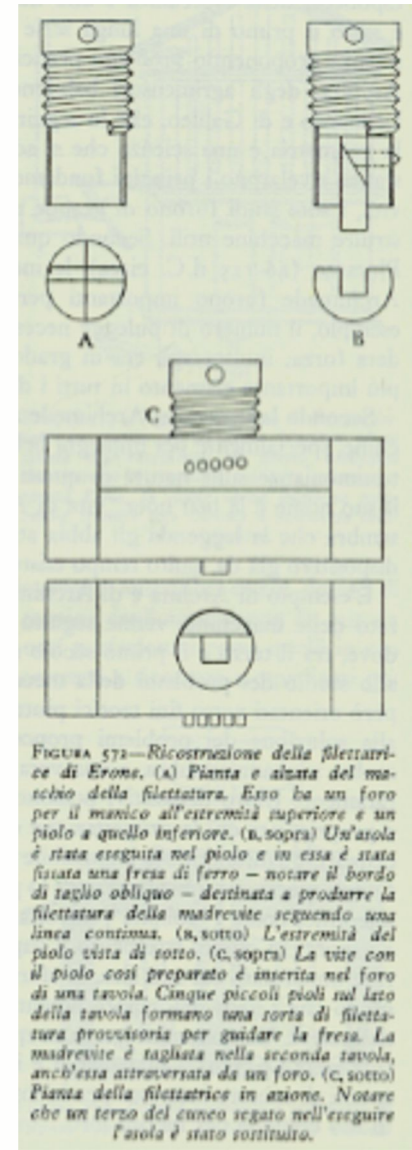


~50 d.C. - Erone

Massimo tecnico dal tempo di Archimede

Tecnica

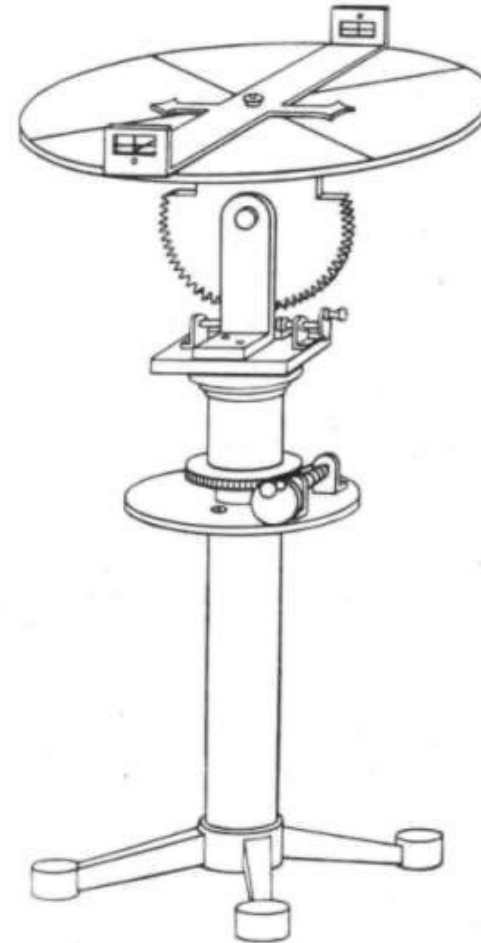
- macchine utensili
 - filettatrice
 - che usa nei suoi strumenti tecnici



~50 d.C. - Erone

Strumenti per agrimensura

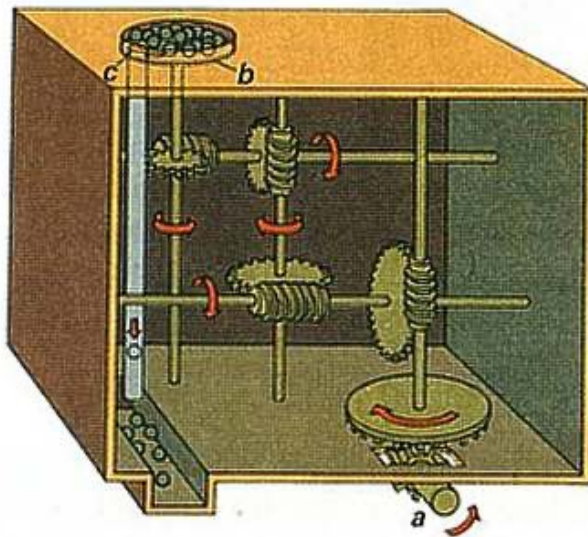
- Diottra di Erone (proto-teodolite)
 - usa regolazioni a vite senza fine
 - misura distanze tra punti lontani,
 - misura aree di terreni,
 - traccia linee rette, ...



~50 d.C. - Erone

Strumenti per agrimensura

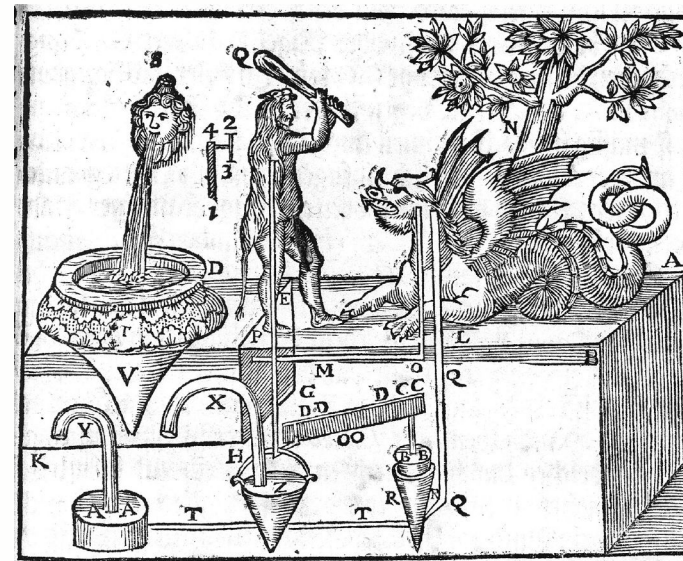
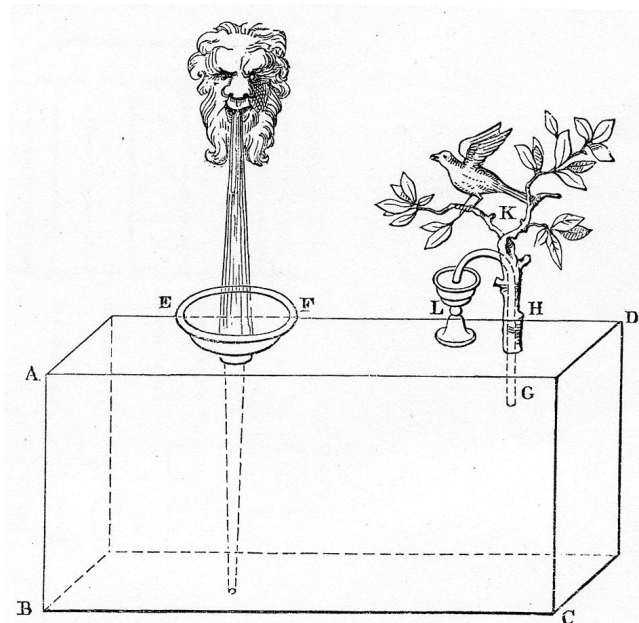
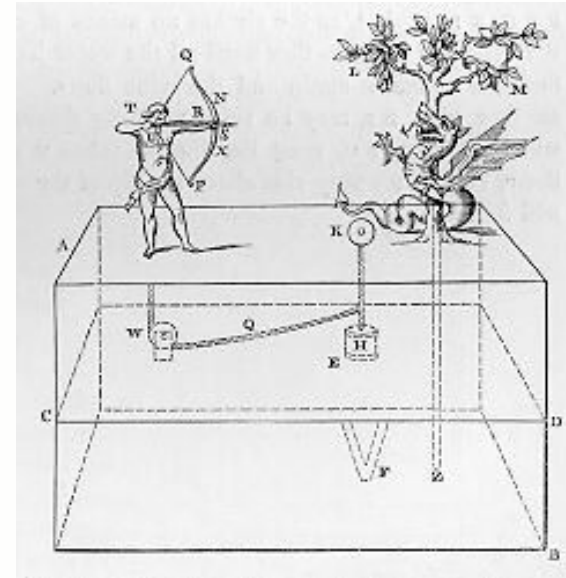
- Odometro
 - rilascia sassolini e distanze regolari
 - misuratore della distanza lungo le strade romane
 - posizionamento delle pietre miliari



~50 d.C. - Erone

Meccanismi ludici

- Automi teatrali
 - azionati a pressione
 - ispirati a Ctesibio (~270 a.C.)

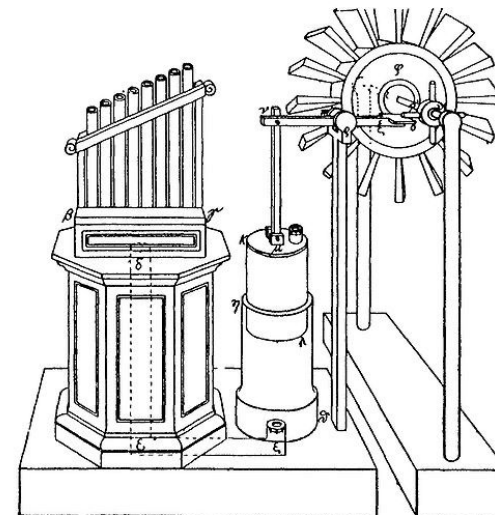
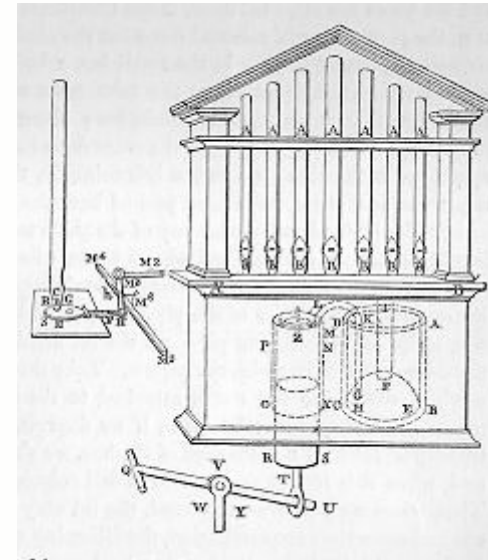


~50 d.C. - Erone

Meccanismi ludici

- Organo musicale pneumatico
 - lavoro meccanico compiuto dalla pressione dell'aria, creata da pompa a cilindro e pistone

- Organo musicale pneumatico azionato da una ruota a vento
 - prima macchina azionata dall'energia del vento



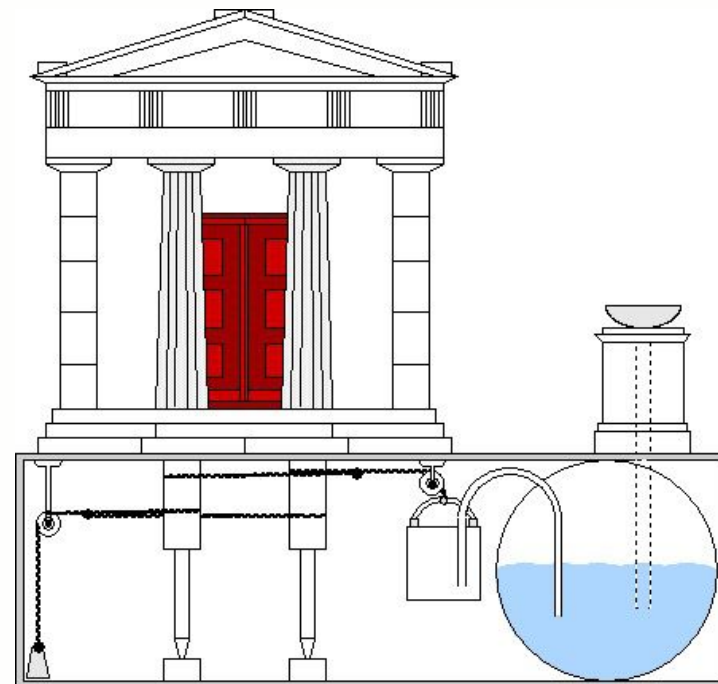
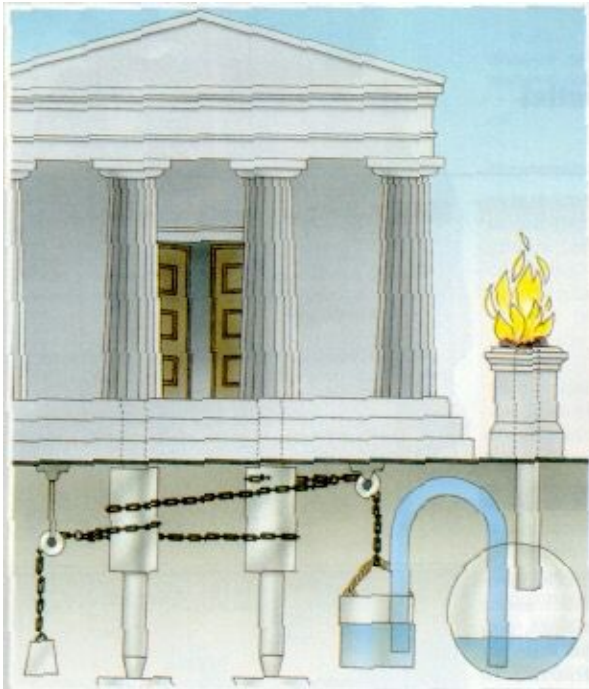
~50 d.C. - Erone

Automazione e pressione

- macchine a gettone per il rilascio di acqua santa nei templi
- tubazioni flessibili per pompe antincendio
- meccanismi automatici a pressione

porte di un tempio ad apertura automatica (accendendo il focolare)

- lavoro meccanico compiuto col vapore (quindi col calore)

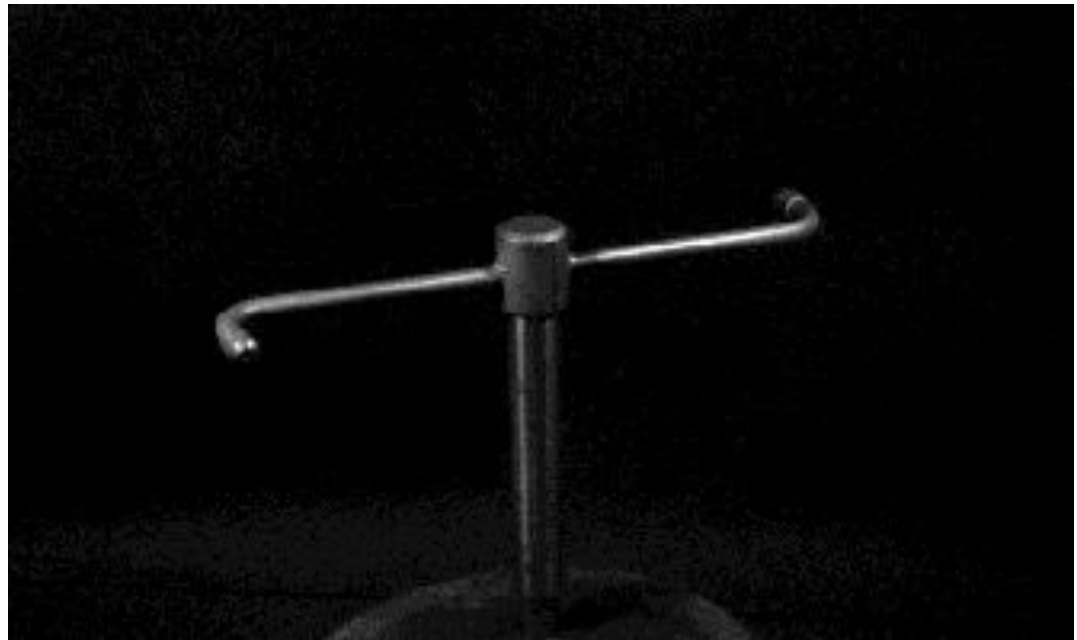


~50 d.C. - Erone

Primi interessi tecnici per il vapore:

Eolipila

- prima macchina a vapore, capace di compiere lavoro meccanico
 - Erede degli studi di pneumatica di Ctesibio (~270 a.C.)



80 d.C. - Roma

Colosseo (Anfiteatro Flavio)

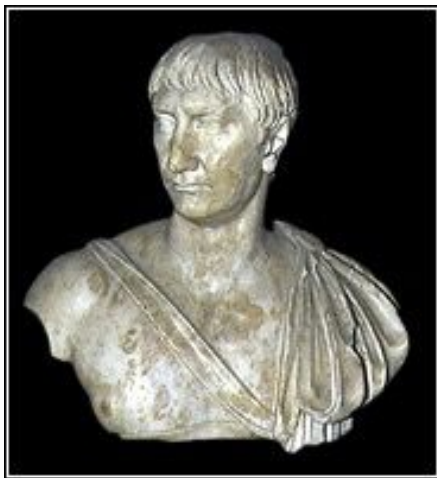
- con il bottino razziato a Gerusalemme (tesoro del tempio) nel 70 d.C.
- massima arena del mondo antico
- uso sistematico di arco e calcestruzzo
 - H = 52 metri
 - A = 19000 m²
 - 70.000 posti



107-117 - Roma

Apogeo dell'impero con Traiano

- 107 sottomissione dei Daci (Romania)
- 117 vittoria sui Parti (Mesopotamia)



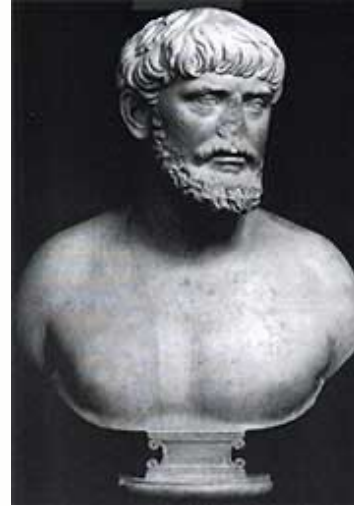
 Geographical Tour: A Tour of Empire

107-117 - Roma

Apollodoro di Damasco al servizio di Traiano

- formatosi nel mondo ellenistico
- opere belliche e monumentali
- 104 Ponte sul Danubio
- 106 Odeon di Domiziano
- 112 Foro traiano
- 113 Colonna traiana

i bassorilievi della colonna traiana documentano le realizzazioni ingegneristiche durante la campagna in Dacia



135 - Roma

Pantheon

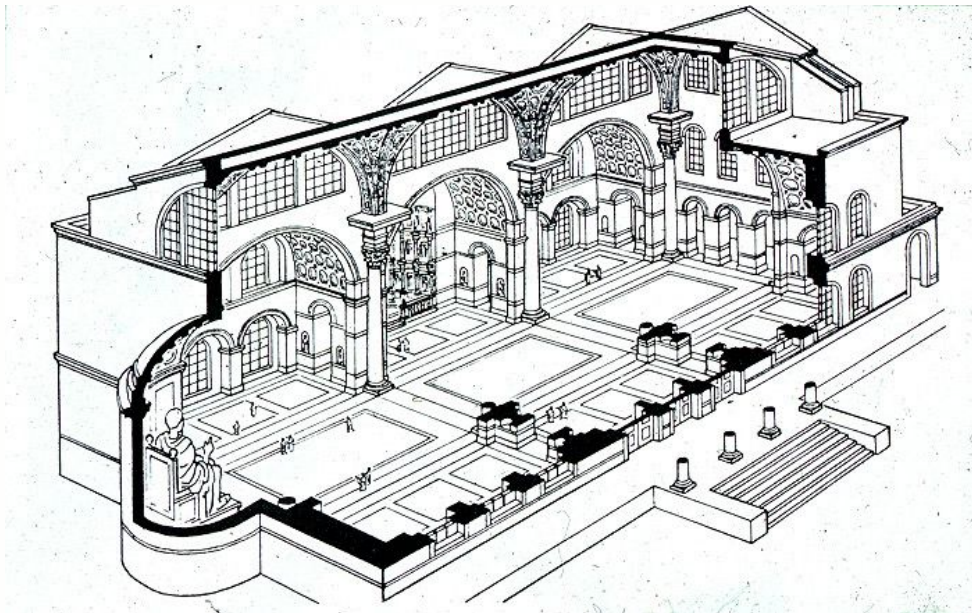
- Volta a cupola in calcestruzzo a composizione differenziata, più leggera verso l'alto (cemento con pomice)
- $\varnothing = 43,2$ metri, H = 44 metri
 - Forse progettato da Apollodoro
 - insuperata per oltre 1300 anni



Impero Romano

Edilizia: uso sistematico ed evoluto di arco e volta per architettura monumentale e di pubblica utilità

- 313 d.C. - Basilica di Massenzio
 - Più grande edificio civile romano
 - Più ampio arco a tutto sesto in laterizi mai realizzato
 - Solo ~900 anni dopo si torneranno a costruire edifici così imponenti



Impero Romano

Il secolo d.C.: l'impero raggiunge la massima estensione e l'apice del proprio sviluppo sotto Traiano ed Adriano

- fattori della supremazia romana:
 - forti valori nazionali
 - vocazione militare
 - sistema giuridico evoluto (il migliore allora esistente)
 - organizzazione statale e burocratica efficiente
 -

Impero Romano

Ma anche:

- organizzazione e tecnologia militare di prim'ordine
- comunicazioni e strade (informazioni ed esercito)
- edilizia pubblica, sistemi idrici, fognari
 - sono forme di **tecnologia**, ancorché non tutte ingegneristiche
 - molto perfezionate ed evolute; strumentali alle esigenze di stato e potere (celebrative, strategiche, di utilità pubblica) e da questo pianificate e controllate
- poche innovazioni vere (calcestruzzo, vetro), ma la tecnologia registra eccezionali progressi
- le realizzazioni degli ingegneri romani spesso non hanno paragoni al mondo e non saranno eguagliate per molti secoli

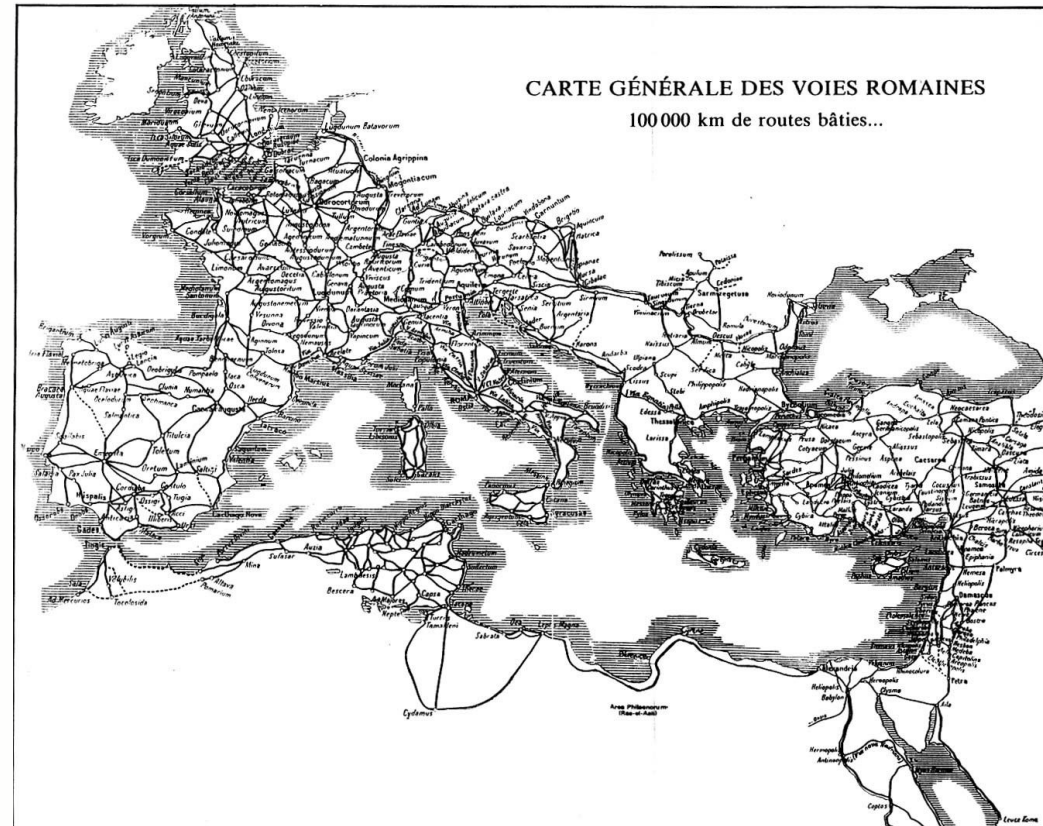
Impero Romano

Rete stradale

Fondamentale per informazioni strategiche, mobilità delle legioni, trasporti, comunicazioni, commerci

80.000 km di strade
sistema postale

mobilità insuperata per secoli
normale: 75 km/dì
speciale: 150 km/dì
max: 240 km/dì

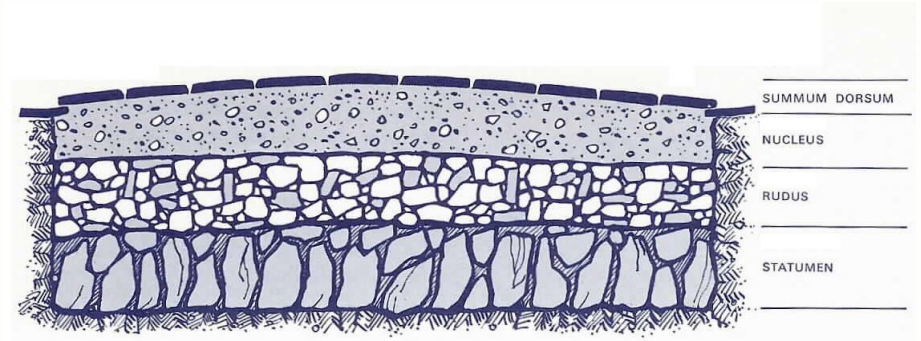


Impero Romano

Rete stradale

struttura stratificata complessa

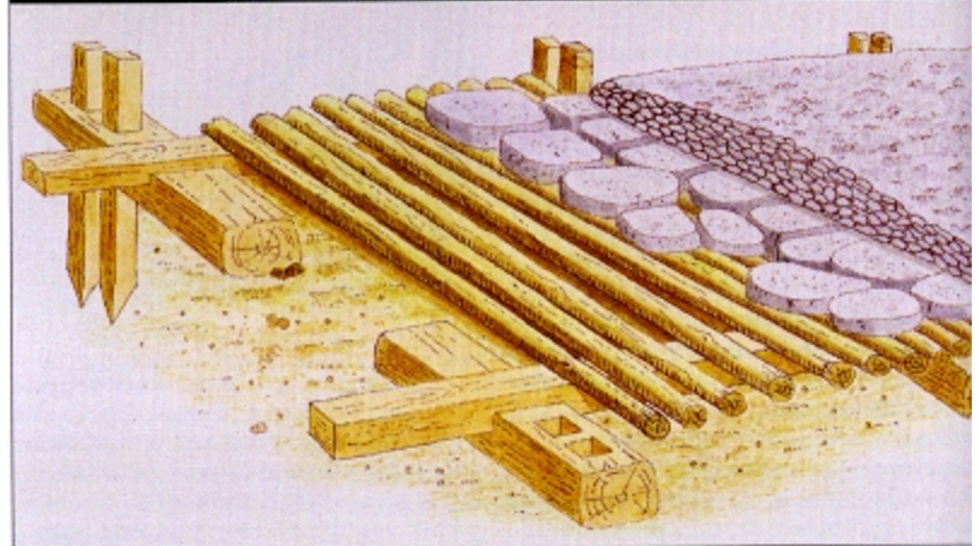
- strada, street, strasse,... vengono dal latino strata



La costruzione di una strada romana



Sezione di una strada romana



Impero Romano

Rete stradale



La bronza raffigura un romano che usa la groma, uno strumento di misurazione che consisteva in un palo verticale con una croce orizzontale e quattro corde per allineare i punti del terreno.

- Ingegnere romano con *groma*, impiegata nel rilevamento e tracciamento stradale (incroci a 90) e in agrimensura (appezzamenti rettangolari)
- solo ~1400 anni dopo la caduta di Roma si torneranno a costruire strade paragonabili



Impero Romano



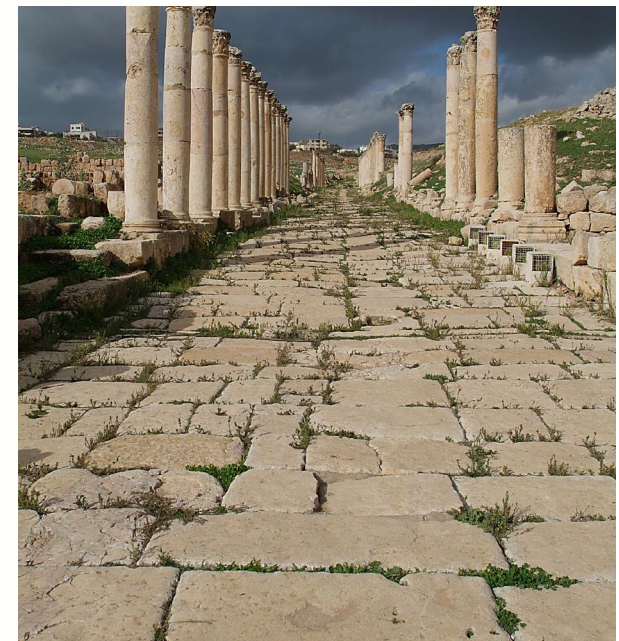
Pompei

Marocco



Galilea

Parenzo (Istria)



Impero Romano

Trasporti e comunicazioni: ponti europei

Alcantara (ES) Pontem perpetui mansurum in saecula



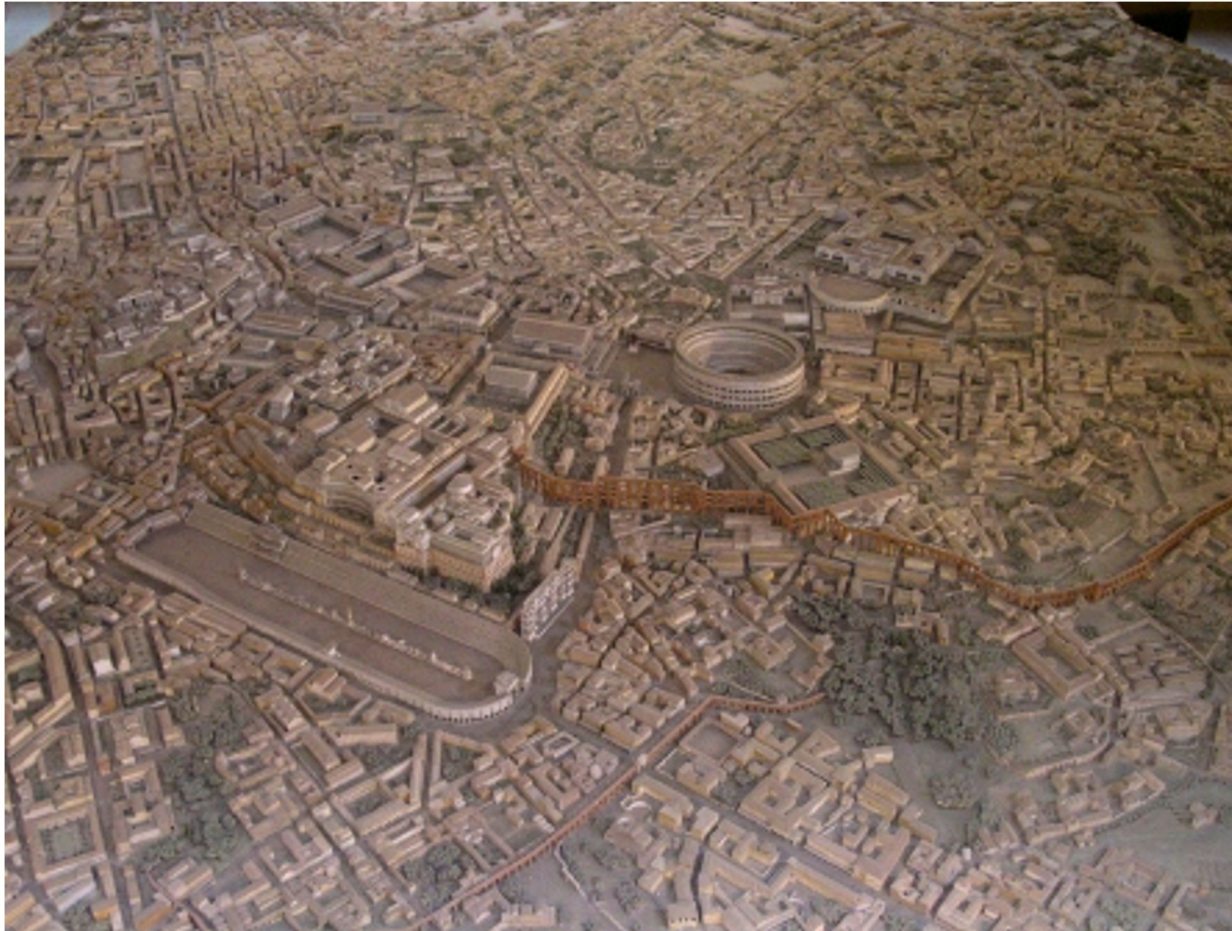
Roman Bridge. Barrel vaulting, River Guadiana.



Impero Romano

Roma: città più popolosa del mondo

oltre 1 milione di abitanti



Museo della civiltà romana

Impero Romano

Roma

richiede un'organizzazione e pianificazione tecnica molto evoluta ed efficace

- urbanistica, sistema viario
- centri commerciali e di servizi (fori)
- centri ricreativi (terme)
- fornitura alimentare e mercantile (strutture mercantili e portuali a Ostia)
- fornitura idrica
- sistema fognario (Cloaca Massima)
- fornitura termica (legno e carbone di legna)



bilancia stadera: invenzione romana molto longeva, ancor oggi usata

Impero Romano

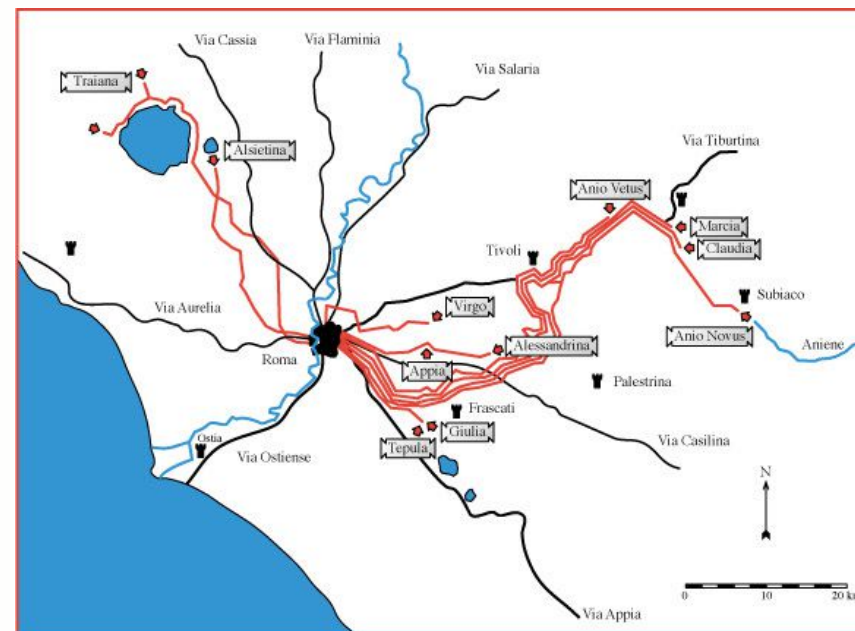
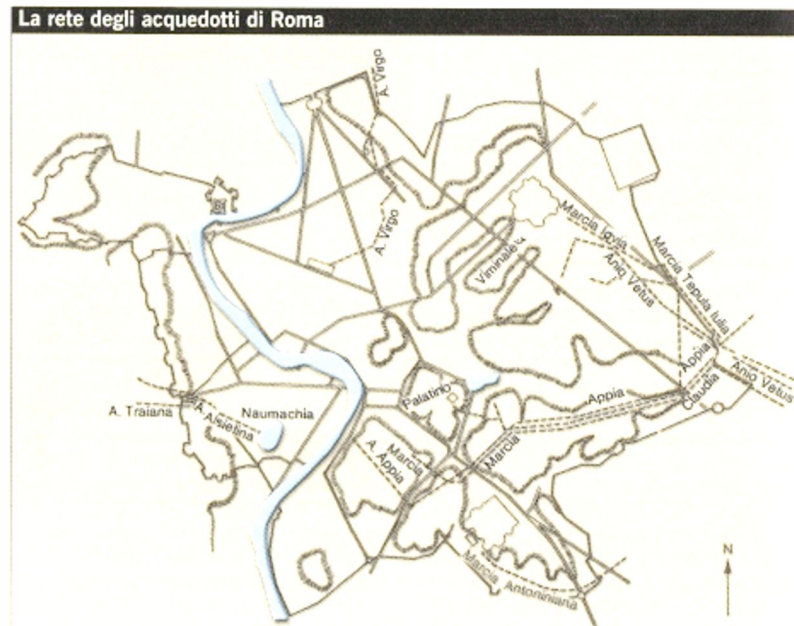
Ingegneria idraulica

- acquedotti e reti idriche urbane
 - anche con tubazioni in piombo
 - solo ~1300 anni dopo il crollo dell'impero romano di occidente saranno costruiti acquedotti equivalenti
- terme pubbliche
 - presenti in ogni città, istituzioni ricreative e sociali
- bonifiche agrarie:
 - canali irrigui, dighe per bonifiche
 - 12 d.C. Diga sul Reno in Olanda, costruita da Druso
 - solo ~1100 anni dopo il crollo dell'impero romano di occidente riprenderanno lavori di bonifica analoghi

Impero Romano

Sistema idrico a Roma

- 11 acquedotti, 105 fontane pubbliche, 700 abbeveratoi, 130 latrine ...
 - documentato da Sesto Giulio Frontino (30 d.C. - 103-4) in “De Aqueductu Urbis Romae”
- acquedotto maggiore: Anio Novus, 38 d.C., 87 km, 2274 L/s
- l'ultimo: Aqua Alexandrina, 226 d.C.



Impero Romano

Idraulica: acquedotti extraurbani



Ponte di Gard, nei pressi di Nîmes



Impero Romano

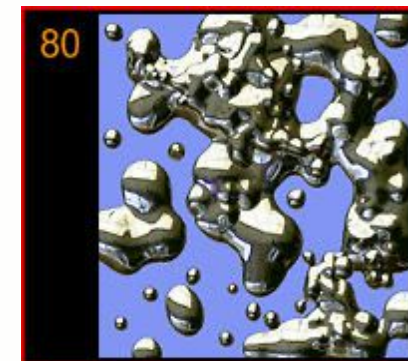
Metallurgia: tecnologia strategica per Roma

- Estrazione e fusione su grande scala dei 7 metalli noti nell'antichità
 - rame, stagno, ferro, piombo, oro, argento, mercurio
- Minerali provenienti da distretti minerari diversi:
 - Spagna, Inghilterra, Austria, Germania, Cipro, Egitto, Isola d'Elba, ...
- Estratti anche da miniere in galleria, per inseguire le vene sotterranee
 - estratti da schiavi in condizioni di lavoro estreme, che non vedono la luce del sole per mesi e fino alla morte (come riporta Plinio)
- Leggi minerarie (per i lavoratori liberi):
 - regole igieniche nelle miniere, bagni forniti di acqua calda
 - regolamenti analoghi inglesi saranno introdotti nel 1911

Impero Romano

Metallurgia e siderurgia

- Perfezionamenti nelle tecniche di fucinatura e allegazione:
 - bronzi e ottoni di diverse qualità e caratteristiche
 - saldature perfezionate, ...
 - ferri legati con diverse caratteristiche ottenuti da minerali di diversa provenienza
- I minerali sono determinanti
 - ad esempio dai minerali di siderite contenenti manganese estratti e lavorati dai Celti del Norico (attuale Austria-Tirolo) si ottengono ferri particolarmente duri (citati da Plinio per la loro bontà)
- Tecnica di amalgamazione
 - separazione dell'oro per mezzo del mercurio (isolato intorno al 750 a.C.) – soluzione e successiva evaporazione



Impero Romano

Meccanica metallurgica

- Sempre applicata in oggetti di dimensioni limitate
- anche piccoli per meccanica di “precisione” popolare
 - serrature e chiavi



Impero Romano

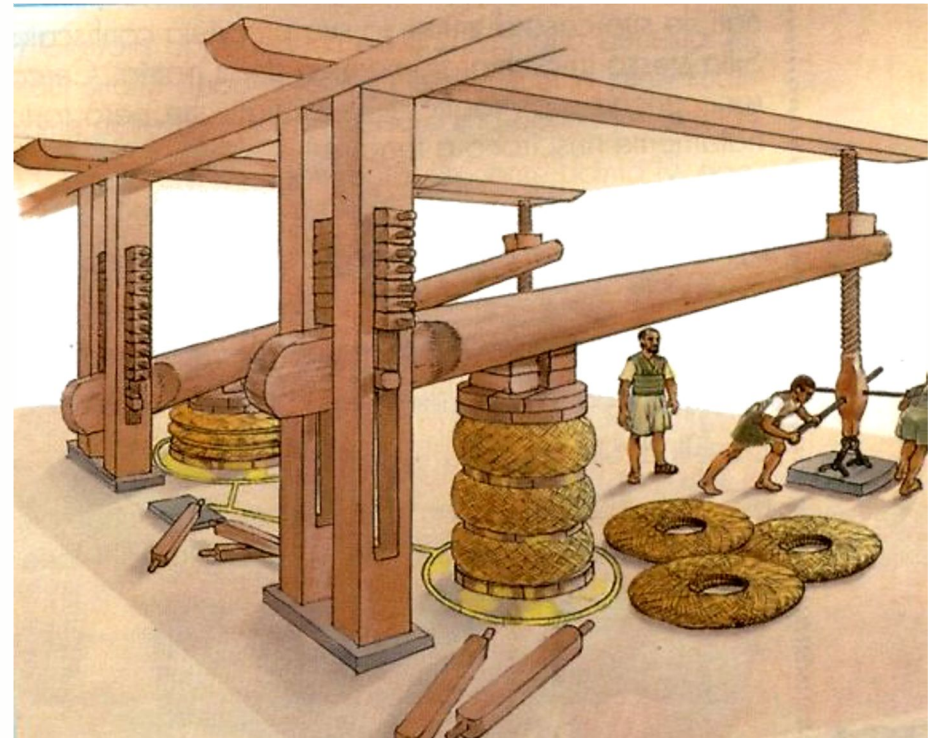
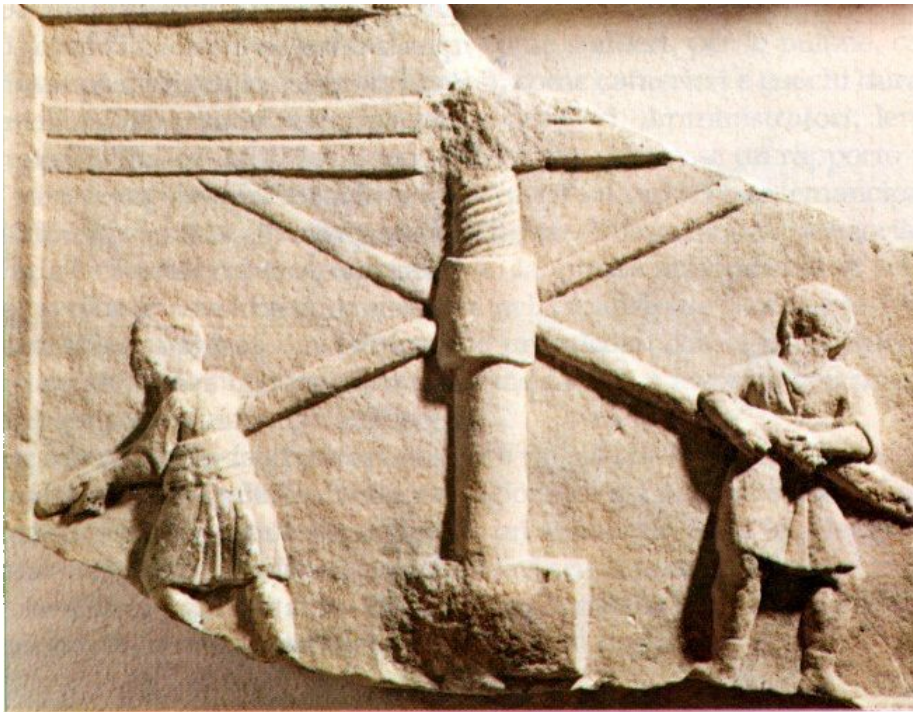
Legno: uso intensissimo

- come materia prima per costruzioni:
 - macchine belliche, macchine agrarie e artigianali, carri, navi, mobilio, moltissimi oggetti di uso quotidiano
- come risorsa energetica termica per impieghi produttivi:
 - metallurgia
 - 1 kg di rame poteva richiederne 30 kg (trasformato in carbone di legna)
 - 1 kg di acciaio ne richiedeva 100 kg
 - le miniere di Rio Tinto (Spagna) ne avrebbero richieste 270 ton al giorno
 - cottura di laterizi e prodotti fittili
 - fusione del vetro
 - produzione di calce e cemento
 - ...

Impero Romano

Legno: meccanica di uso comune

- grandi macchine, belliche e artigianali
 - torchio a vite (altro uso della vite come elemento meccanico, non per assemblaggio)



Impero Romano

Legno: costruzioni navali

- militari
- mercantili (onerarie)
- tra loro profondamente diverse:
 - cantieristica evoluta e forte specializzata

Museo della Civiltà Romana



Impero Romano

Legno come risorsa energetica termica per usi civili:

- climatizzazione (ipocausto) delle case patrizie
 - ad aria calda distribuita nel sottopavimento
 - livello di confort ineguagliato fino al XX secolo
- delle acque pubbliche – terme
 - bagni a vari livelli di temperature
 - grandi vasche di acqua calda
- fuoco domestico (cucina)
 - usato da tutti



villa romana in Armenia

Impero Romano

Energia meccanica:

il lavoro è ancora fornito prevalentemente dai muscoli

- Nonostante la ruota idraulica, i muscoli (di uomini e animali) continuano ad essere la risorsa di energia meccanica sfruttabile su vasta scala



Pompei: Macine per grano ad azionamento muscolare

Impero Romano

Risorse energetiche - approvvigionamento

- risorse termiche (legno)
 - disboscamento sistematico di aree sempre più estese e lontane, trasporto via mare
- risorse meccaniche (schiavi)
 - risorsa energetica come negli altri imperi antichi e contemporanei
 - guerre di conquista, mercati di schiavi ai confini dell'impero (ove erano pagati ad alto prezzo)
 - controllo ferreo
 - Repressione spietata di ogni rivolta (guerre servili tra il 135 e il 71 a.C. - quella del 73-71 a.C. guidata da Spartaco fu repressa ferocemente da Crasso e Pompeo: 60.000 ribelli furono uccisi in battaglia e 6.000 furono crocefissi lungo la via Appia)

Impero Romano

Mancato sviluppo della meccanica industriale

(comune anche ai mondi greco, mediorientale ed orientale)

- concetto di ricchezza aristocratico, legato al latifondo e al grande commercio di import-export, non all'artigianato
- le risorse intellettuali erano prerogativa delle classi nobili
- disprezzo culturale di queste per il lavoro manuale (plebeo o servile)
- assenza di motivazioni etico-economiche verso il lavoro produttivo
- La tecnologia produttiva non è percepita come strumento di progresso economico, sociale o scientifico
- abbondanza di risorse energetiche meccaniche anche per i lavori meno massacranti (plebe da sfamare - "panem et circenses")
- ...

Impero Romano

Mancato sviluppo della meccanica industriale

(comune anche ai mondi greco, mediorientale ed estremo orientale)

-
- aspetto xenofobo: la consapevolezza della superiorità politico-militare e l'orgoglio nazionale si estendevano anche in campo tecnico
- rendendo il mondo romano scarsamente ricettivo di idee e stimoli esterni
- È un atteggiamento culturale simile a quello esistente nell'impero cinese
-
- ma anche:
- ***livello tecnologico complementare non maturo, mancano presupposti evolutivi***

~130 - Alessandria

Claudio Tolomeo (100 - 178)

Matematico e astronomo

- *Mégale Syntaxis* o *Almagesto* (dall'arabo *Takrir-al-magesti*)
 - massimo trattato matematico-cosmologico dell'antichità
 - continua l'opera di Ipparco
 - teoria geocentrica che domina le concezioni astronomiche per 1400 anni
 - uso della trigonometria e di latitudine e longitudine
- Ottica
 - Rifrazione, potere ingrandente di sfere di vetro riempite di acqua (= lenti - prime indagini; da circa un secolo è disponibile il vetro trasparente)

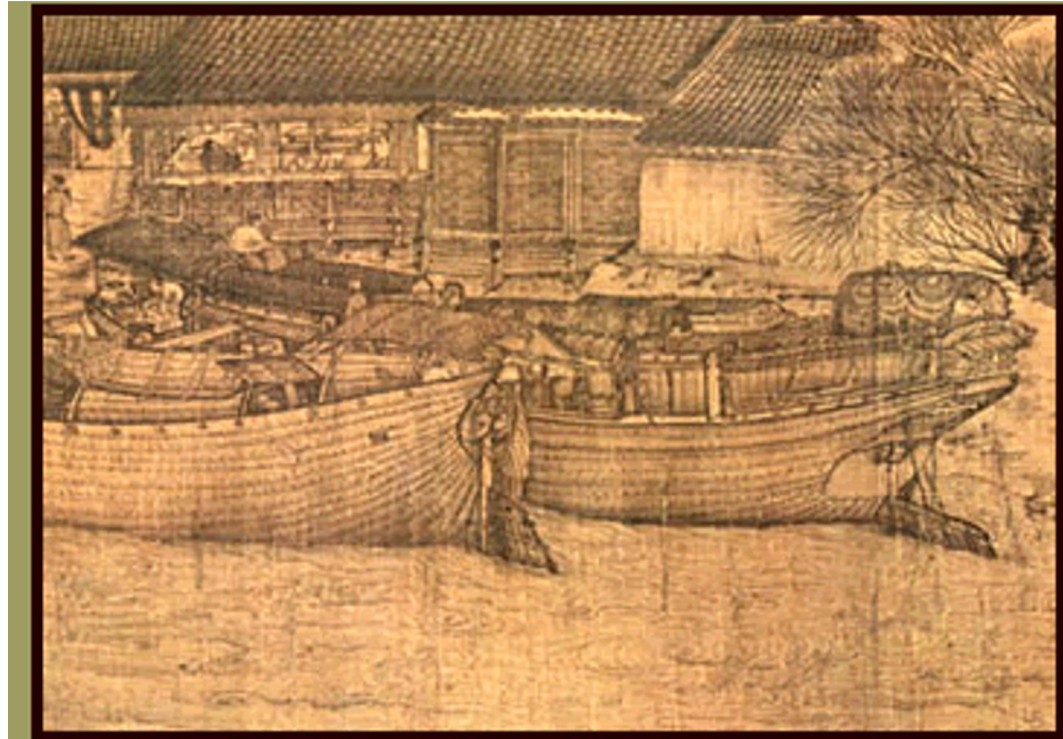


~50 d.C. - Cina

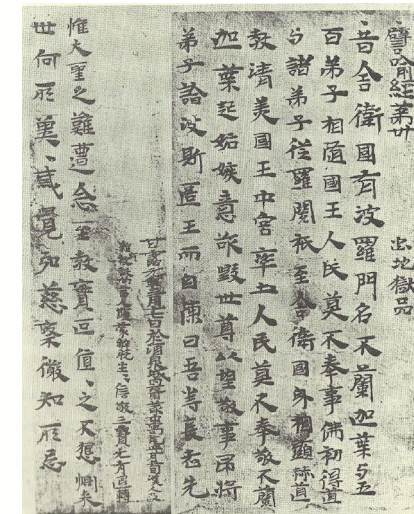
Timone di poppa

- Molto più efficace dei vecchi timoni a forma di remo

Timone romano



105-142 - Cina



256: più antico libro su carta

105: Carta

- T'sai Lun, eunuco di corte (o è solo il divulgatore presso l'imperatore? secondo recenti ricerche la carta era nota già nel II secolo a.C.)
- da cascami di fibre tessili vegetali macerati in acqua (lisciviazione)
- importanza fenomenale nei secoli successivi

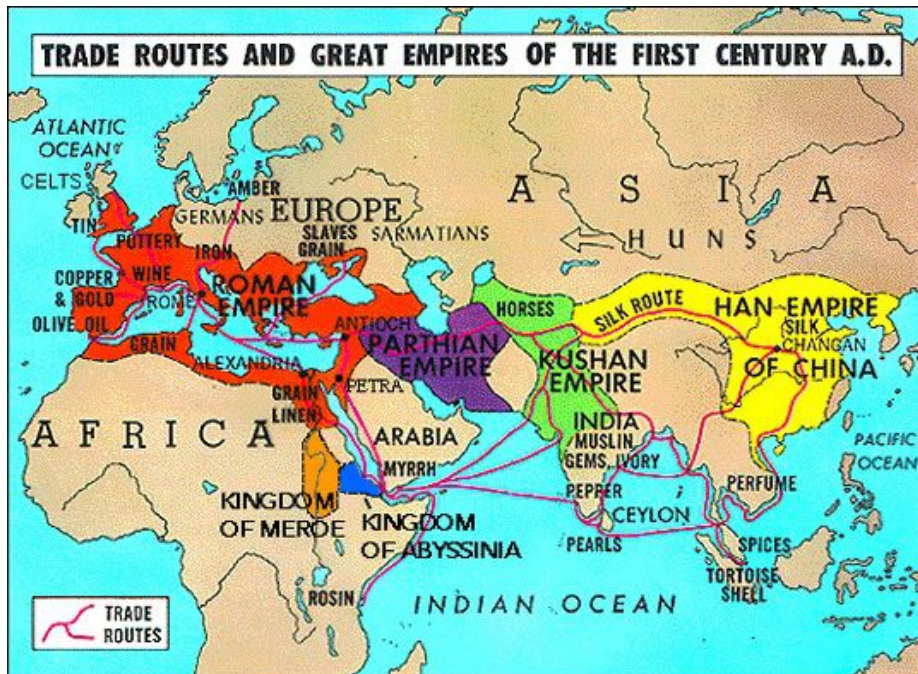
132: Sismografo

- Rilevazione dei terremoti (direzione e distanza)

142: primo trattato cinese di alchimia

~166 d.C. - Roma - Cina

- Missione diplomatica romana in Cina
- Avvio di rapporti commerciali:
 - in Cina: vetro,
 - nell'impero romano: spezie (uso alimentare), seta, ...
 - seta: tessuto lussuoso e costosissimo, che innescò una moda così vasta e dannosa per il bilancio statale che furono emanate leggi per limitarne il commercio



235-284 Impero Romano

Crisi economica e politica, ma anche energetica del tardo impero

Termica (legno)

Esaurimento delle riserve boschive, sempre più vasto, e aumento vertiginoso del prezzo del legno

- deforestazione generalizzata nelle isole e coste mediterranee
- i minerali di ematite dell'Elba, ormai disboscata, sono trasportati e fusi a Populonia per ricavare il ferro
- leggi severe contro la scarsa qualità dei mattoni, dovuta a cottura frettolosa, causata dall'elevato costo del legno

Meccanica (schiavi)

Esaurimento dell'espansione territoriale e dell'apporto di manodopera servile (anche per ragioni religiose: il cristianesimo è liberalizzato da Costantino nel 313 d.C. con il concilio di Milano che sancisce la libertà di culto)

Contribuisce alla decadenza dell'impero romano

Impero Romano

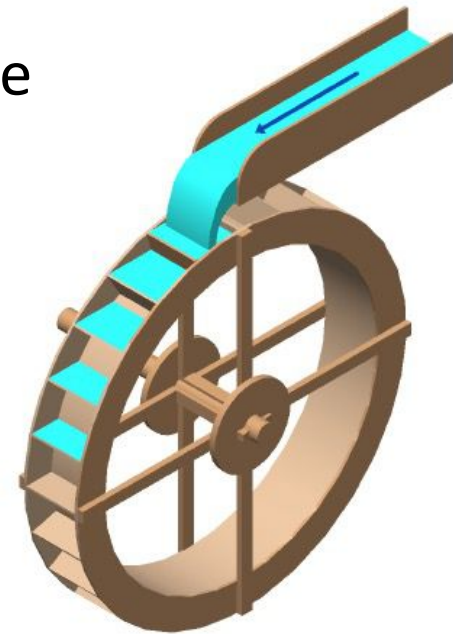
Diffusione della ruota idraulica

Sfruttamento dell'energia idrica
non generalizzato ma diffuso in varie aree

Ruota idraulica per sopra

Per fronteggiare:

- la progressiva diminuita disponibilità di manodopera servile
- e poi il divieto di impiegare gli schiavi nella molitura



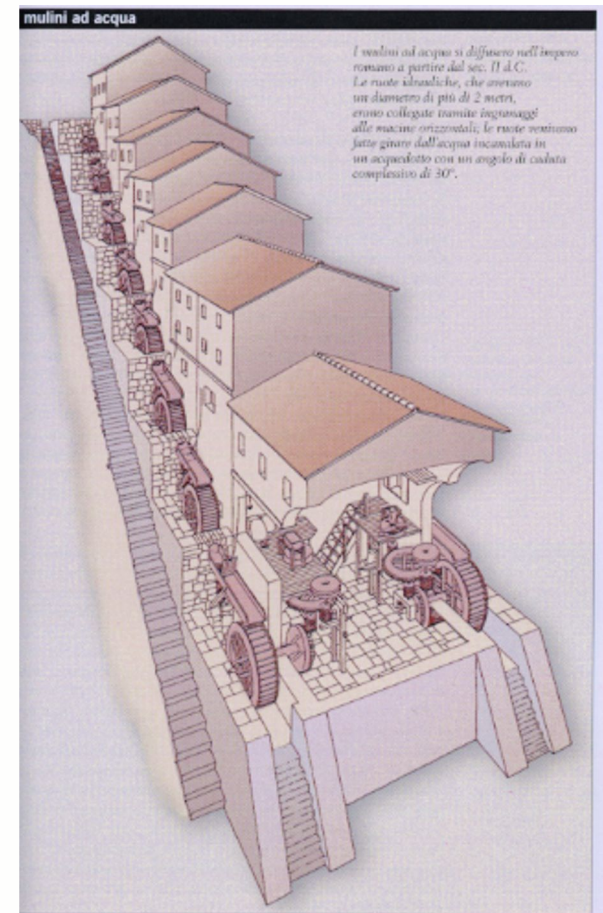
308 - Impero Romano

Prima diffusione della ruota idraulica

mulini in cascata di Barbegal (10 km da Arles) progettati da **Quinto Candido Benigno**:

Benigno:

- 16 ruote idrauliche per sopra da 2,7 metri di diametro, poste in cascata lungo un pendio, azionano 32 macine capaci di produrre oltre 3 tonnellate di farina al giorno
- sufficiente ad alimentare 80.000 persone
- uno dei primissimi esempi di organizzazione produttiva meccanizzata ed “industriale”

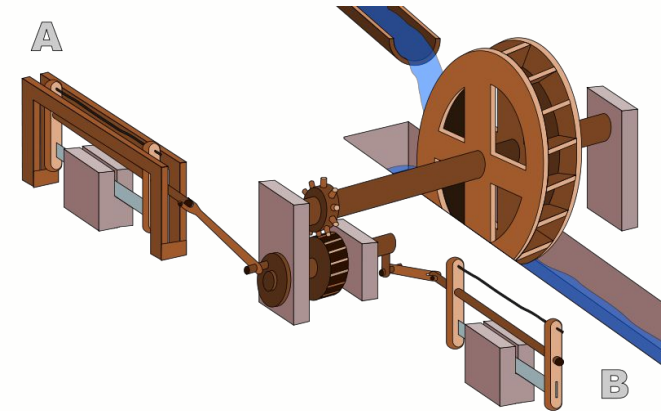


~270-370 - Impero Romano

Altri usi produttivi della ruota idraulica

~270: meccanismo a biella e manovella

- scolpito su un sarcofago a Hierapolis (costa ionica della Turchia)
- combinato con una ruota idraulica aziona una sega da pietra (trasforma il moto rotatorio in moto rettilineo alternativo)



~ 370: Trier (Germania) sega per marmo azionata da ruota idraulica

- citata da Ausonio nel poema Mosella



Costantinopoli, Mosaico del Gran Palazzo - VI sec

~270 - Impero Romano

Maglieria: indumenti sagomati senza cuciture ed elastici, calze

- in questo periodo si verifica un peggioramento delle condizioni climatiche

Soffiatura del vetro: diffusione in Europa centro-settentrionale

- Basso costo, vasto uso per oggetti comuni

reperto



replica (aspetto originale)



~350 d.C. – Impero romano

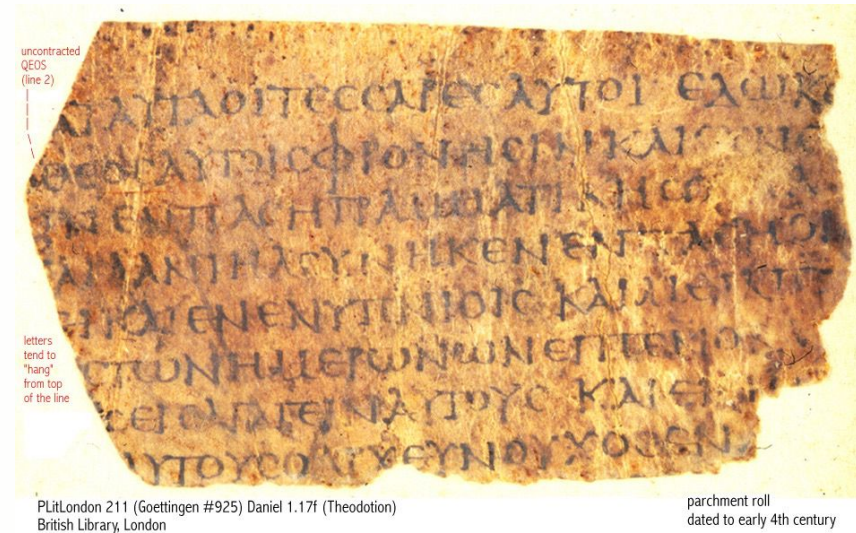
Coppa di Licurgo

- Testimonianze tecniche raffinate di lavorazione e di produzione di vetro capace di cambiare colore al variare delle condizioni di illuminazione (nanotecnologia ante litteram)



~350 - Impero Romano

- Primi **codici** in pergamena
libri formati da più pagine
legate insieme lungo un lato
- tuttavia i rotoli rimangono in uso
per vari secoli, per usi specifici



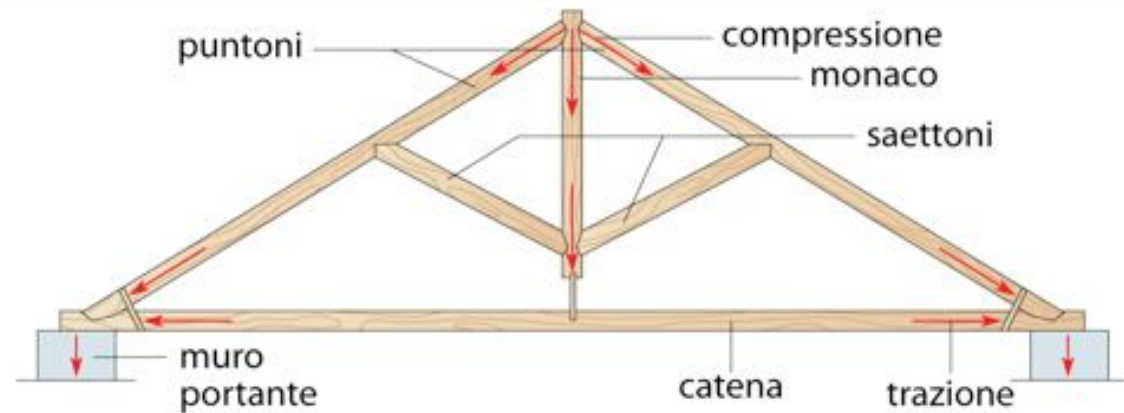
Pagina di uno antico codice

- i libri rimangono estremamente costosi, a causa del lungo lavoro di ricopiatura
oltre che per il costo del supporto di scrittura
- accessibili solo a persone facoltose, sono un segno di opulenza del proprietario

~370 - Impero Romano

Diffusione della copertura a capriata

- utilizzata nella basilica di San Paolo fuori le mura, Roma – IV secolo
- ancora attuale per coperture in legno



380 - Impero Romano

Teodosio (347-395)

- Ultimo imperatore dell'impero romano unito
- dopo la disastrosa sconfitta di Adrianopoli del 378
- Editto di Tessalonica
 - trasformazione dell'impero in uno stato confessionale: obbligo per tutti i cittadini di professare la religione cristiana (tentativo di aggregazione ideologica per contrastare il declino civile e statale)
 - n.b.: il cristianesimo era stato legittimato da Costantino nel 313, con il concilio di Milano, che sancì la libertà di culto



~391 - Impero Romano

Teodosio (347-395)

380: Editto di Tessalonica: cristianesimo religione di stato

391: Decreto di distruzione dei templi pagani e dei testi classici in essi conservati

393: Abolizione delle Olimpiadi (considerate riti pagani)

Nel cristianesimo prevalgono posizioni radicali (fondamentaliste), che arrivano all'intransigenza e al fanatismo, insieme ad interpretazioni mistiche dei fenomeni naturali (rifiuto del razionalismo)

415: Ipazia, matematica e filosofa pagana di Alessandria, è lapidata da una banda di cristiani fanatici aizzati da Cirillo, vescovo della città

425: **Teodosio II** (401–450) fonda il *Pandidakterion* a Costantinopoli

- scuola di studi superiori, cristiana, proto-università gestita da studenti, dedicata a medicina, filosofia e legge, in competizione con l'Accademia (pagana) di Atene
- anticipa le università europee

378-476 – Impero d'Occidente

Tracollo romano, inizio della caduta dell'impero

378: Battaglia di Adrianopoli (vicino a Costantinopoli) vittoria dei Visigoti sull'esercito romano

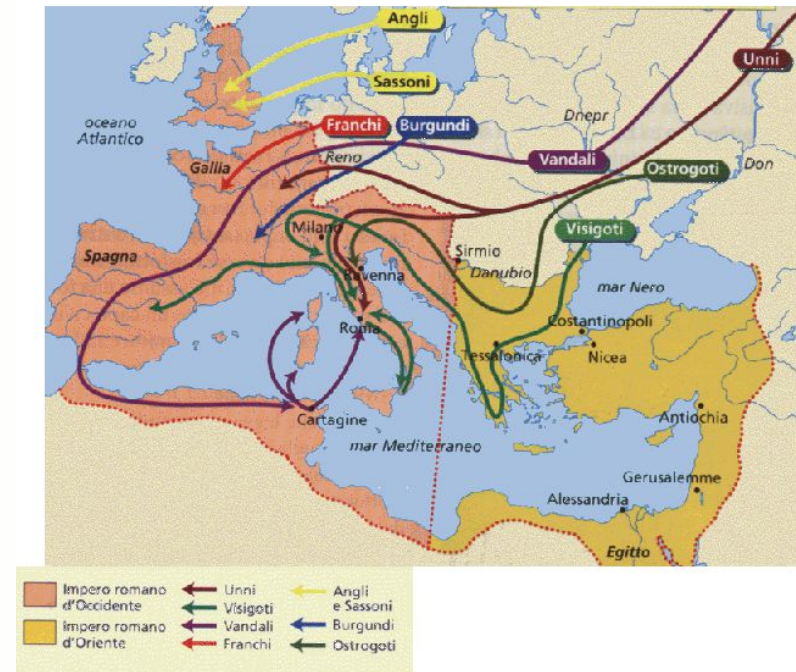
380-408: Invasione e stanziamento dei Visigoti dentro l'impero

410: Sacco di Roma

476: Deposizione di Romolo Augusto (ultimo imperatore d'occidente)

- Crollo dell'Impero Romano di Occidente (convenzionale)

- Invasioni barbariche



Dopo il 476 - Europa occidentale

Con la caduta dell'impero romano d'occidente

Oblio culturale e tecnico di:

- Organizzazione sociale e civile, sistema giuridico, alfabetizzazione, arti
- **Tecnologie pubbliche e “costose”** (edilizia, strade, ponti, acquedotti, ...)
- mancando le risorse per realizzarle, ne vengono dimenticate le conoscenze e le tecniche costruttive

Perdurano:

- Credo religioso cristiano (vari regni barbari si convertono)
- Parzialmente alcuni valori (linguistici, aspetti giuridici coltivati dal clero, ...)
- **Tecnologie “povere”**: meccanica del legno, vetro, metallurgia, ...
o strategiche: siderurgia

Europa occidentale

Siderurgia

- diffusione della siderurgia e delle tecniche romane e celtiche, anche in Nord Europa

Si pratica la forgiatura di acciaio a pacchetto, faticosa, lenta, costosa

- il tipo di minerale è determinante ancora per molto tempo e crea “comprensori” siderurgici:

Svezia: minerali di ottima qualità (privi di zolfo e fosforo che renderebbero fragile il ferro), forniscono acciaio eccellente, per la produzione di armi (spade), vaste riserve boschive forniscono il legno quale combustibile per i forni

~480 d.C. - Germania

Chiodi in ferro per uso navale

per fissare lo scheletro e il fasciame,
rivoluzione costruttiva nella
carpenteria marittima nordeuropea

già noti nell'impero romano

usati nelle navi di Caligola a Nemi del 41 d.C.



Chiodi navali - Museo Archeologico di Lubecca



CHIODI IN FERRO DELLE
NAVI ROMANE DI NEMI

529-535 - Europa orientale

Impero romano d'Oriente

Giustiniano (482-565) riforme:

irrigidimento religioso

529: chiusura di Accademia e Liceo ad Atene
(sedi di cultura pagana)

- proibizione di insegnare in pubblico ai filosofi non cristiani
- persecuzioni di pagani, ebrei, samaritani, ...
- Per promuovere l'unità dell'impero attraverso l'imposizione della sola religione cristiana

535: *Corpus iuris civilis*, fondamento del diritto civile di molti stati moderni

- L'impero romano d'oriente diviene un riferimento culturale e religioso per l'Europa, ove i fondamenti e le conoscenze della filosofia naturale greca classica ed ellenistica gradualmente scivolano nell'oblio



530 - Europa orientale

Datazione cristiana

Dionysius Exiguus (Dionigi il Piccolo)

- monaco sciita (Russia meridionale) attivo a Roma
- Propone di contare gli anni “ab incarnatione Domini nostri Jesus Christi” (dall’incarnazione di nostro Signore Gesù Cristo), ponendo tale evento nell’anno 1
 - lo zero ancora non esiste nel mondo cristiano
- che secondo i suoi conti coinciderebbe con l’anno 753 “ab Urbe condita” (dalla fondazione di Roma)
 - ma oggi sappiamo che tale computo è errato di circa 5 anni
- L’autorevolezza della fonte e l’accettazione da parte di varie autorità religiose ne favorisce l’adozione in tutta la cristianità

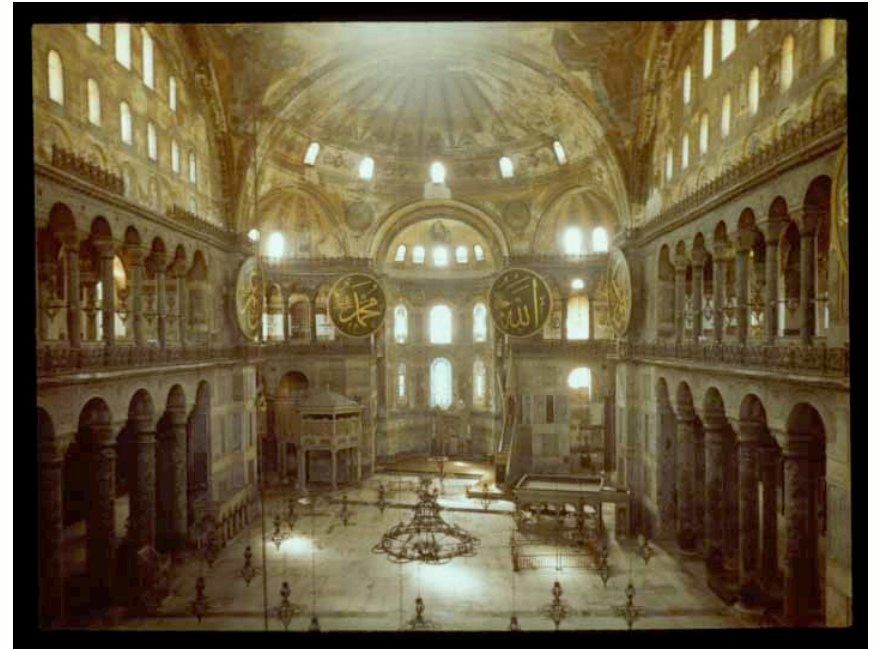
537 - Costantinopoli

Hagia Sophia (Divina Sapienza)

Antemio da Tralle (474–558) e

Isidoro il Vecchio da Mileto (442-537)

- commissionata da Giustiniano, edificata in 10 anni
cupola in laterizi (insuperata per 900 anni):
- $\emptyset = 32$ metri, H = 55 metri



547 - Ravenna

San Vitale

- cupola: $\emptyset = 17$ metri, H = 30 metri
- presenza bizantina in Italia (Giustiniano)
- importazione di modelli bizantini



226 - Persia

Affermazione dell'impero sasanide

- subentra all'impero partico
- massima estensione nel 570
- confessione zoroastriana
- avversario storico di Costantinopoli

situazione nel 527



- forma un baluardo che impedisce la diffusione delle culture orientali (cinese e indiana) verso l'Europa

270: Accademia di *Gundishapur*: medicina, filosofia, teologia, scienze, maggiore centro di medicina del mondo antico mediorientale ed occidentale (è di fatto un'università)

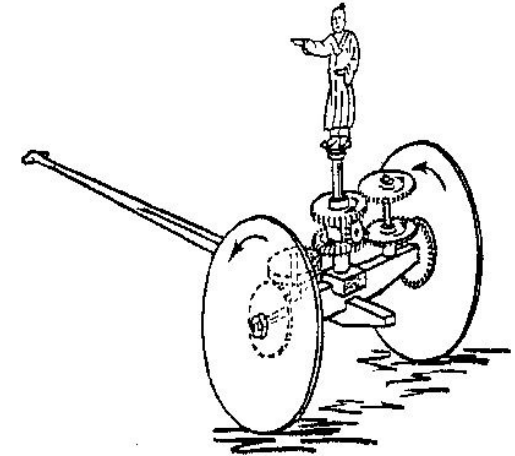
~250 - Cina

258: fondazione della scuola di *Nanjing*

- istituzione di istruzione e formazione superiore (università), tuttora attiva come National Central University (dopo periodi di interruzione)

Carro che punta a sud

- **Ma Jun**
- meccanismo differenziale con ingranaggi accuratamente calibrati, senza dispositivi magnetici, che orienta la statuetta sempre nella stessa direzione (quindi a sud, se così è stata orientata inizialmente), qualsiasi curva eseguano le ruote
 - comprende uno dei primissimi dispositivi a retroazione
 - forse noto già da vari secoli



~270-300 - Cina

~270: Carriola

- Permette ad un uomo solo di trasportare grandi pesi (150 kg)
- macchina banale ma utilissima, permette a un solo uomo si spostare grandi pesi con poca fatica

300-650: Prime polveri piriche

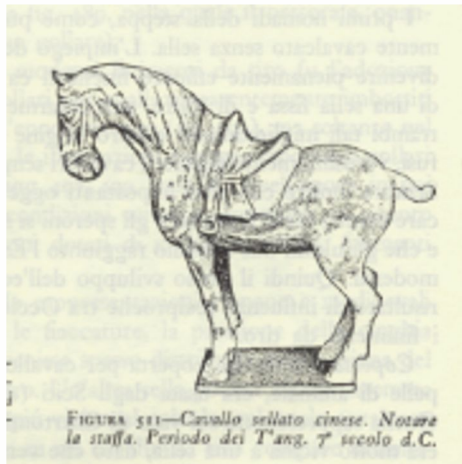
- Rapporti di alchimisti cinesi, alla ricerca dell'elisir dell'immortalità, riportano più volte ricette di polveri infiammabili, anticipatrici della polvere da sparo



322 - Cina

Staffe

- Miglior controllo del cavallo, richiedono la sella rigida (quest'ultima nota ai romani nel I secolo a.C., ma senza staffe)
 - staffe di cuoio sono già note in India tra il II e il I secolo a.C.
 - Permettono di cavalcare a mani libere
 - per usare l'arco, per brandire armi
 - rendono molto più efficace e micidiale la cavalleria
- ~750: introduzione in occidente



~400 - Cina, Asia centrale

Cina:

- Telaio per tessitura orizzontale, di tipo moderno
 - Indispensabile alla futura automazione delle operazioni di tessitura



Asia centrale:

- Arco composto (legno + fibre biologiche)
 - Molto potente e leggero



~550 - Cina

Stampa a massello in legno – xilografia

- riduce il tempo di scrittura di pagine da produrre in molte copie in particolare in ideogrammi
 - analogo in Europa nel XIV secolo



Carro a vela

- Sfruttamento terrestre dell'energia eolica
- Prime grandi velocità su terra
 - analogo in Europa nel 1584

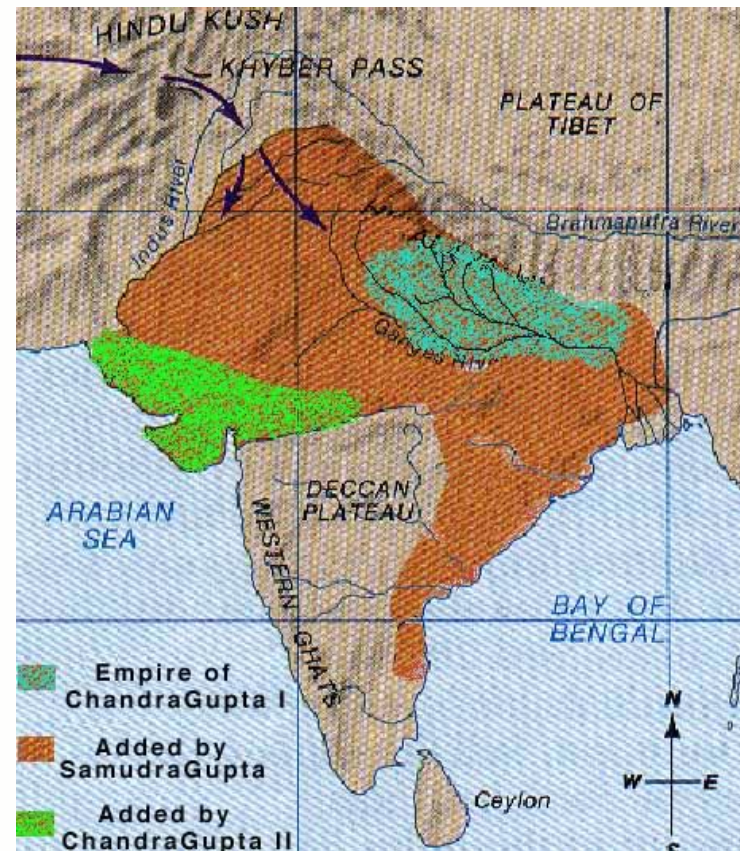
372 - Corea

Fondazione dell'università di *Taehak*
istituzione di istruzione e formazione superiore

320 - India

Affermazione della dinastia Gupta

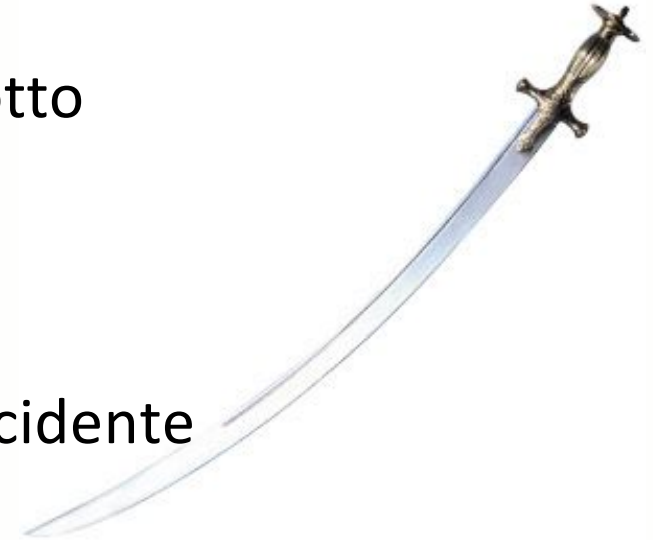
- Epoca d'oro della civiltà indiana antica
- Fioritura di:
 - arte,
 - scienza,
 - lettere,
 - filosofia



da ~300 - India, Sri Lanka

Acciaio “serico”

- è acciaio di crogiolo (wootz) da secoli prodotto in India con una tecnica tenuta segreta
 - migliore e più veloce da produrre di quello europeo, lavorato “a pacchetto”
- per secoli commerciato in lingotti fino in occidente
- spacciato per cinese da mercanti gelosi di conservare il segreto del mercato di approvvigionamento
 - (in Cina è prodotto acciaio simile a quello europeo in veri e propri altiforni ad alta capacità produttiva)



900: diffusione lenta in Asia centrale (Turkmenistan, Uzbekistan)

~400-500 - India

~400: Colonna in acciaio a Delhi - priva di ruggine

~500: Fondazione della scola superiore di *Nalanda* a Bihar (istituzione di istruzione e formazione superiore)

Chimica

Matematica

- numerazione posizionale decimale, priva di zero
- **Aryabhata**

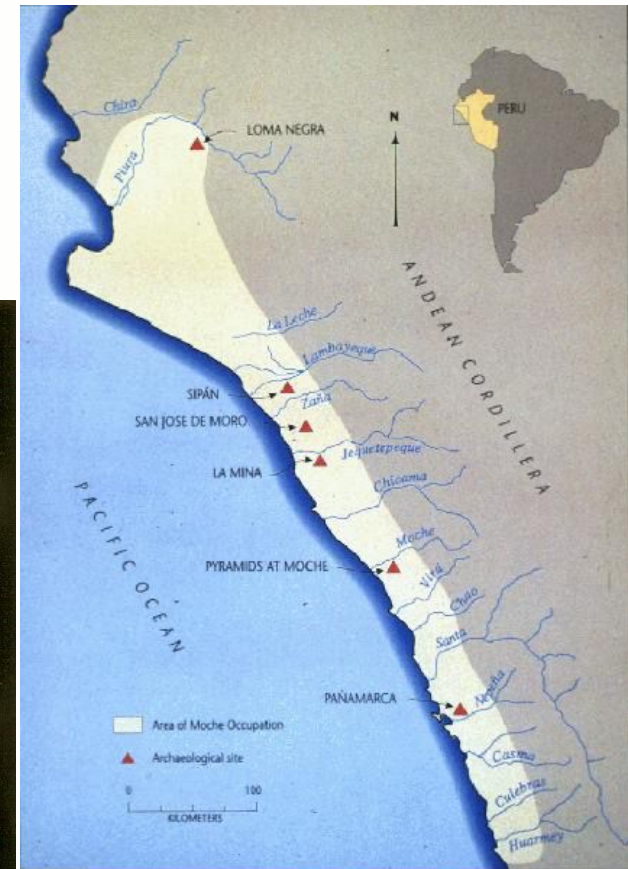
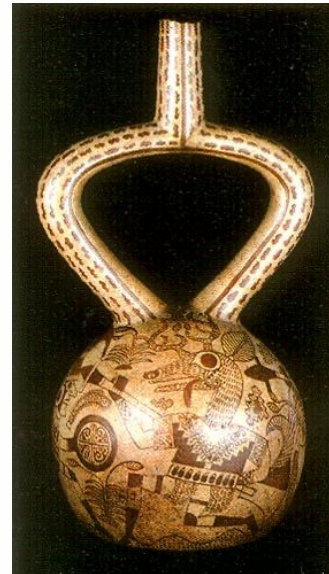


~200 - America Meridionale

Perù costiero

Fioritura della civiltà Moche

- (200 a.C. – 800 d.C.)
- società neolitica ricca, gerarchizzata e con potere fortemente accentrato
- piramidi alte fino a 50 metri
- ceramiche
- sistemi di irrigazione



~350 - America Centrale

Civiltà di Teotihuacan

- cultura neolitica
 - astronomia
 - piramidi-tempio
 - Ziggurat
 - fino a 200.000 abitanti
-
- decadenza ed abbandono nel 750
 - cause ignote

