

STORIA DELLA TECNOLOGIA

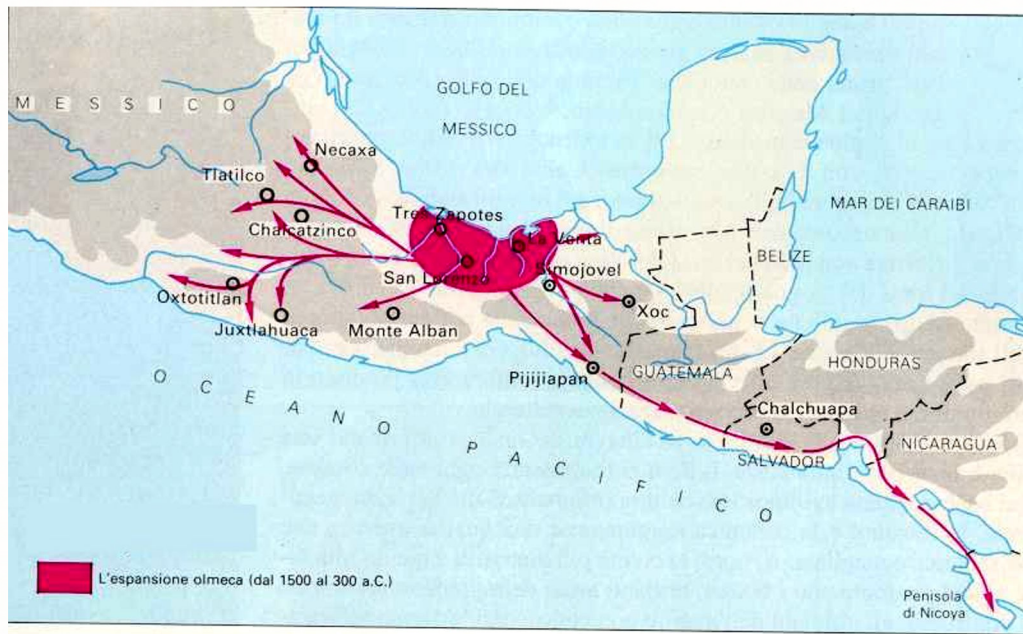
LEZIONE 5

**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2021-22**

~1000 a.C. - Centroamerica

Apogeo degli Olmechi

- prima civiltà centroamericana precolombiana (neolitica)
- fino al 300 a.C.



334-323 a.C. - Macedonia

Alessandro (356-323)

- In dieci anni di campagne militari conquista l'impero persiano e l'Asia centrale fino all'India



334-323 a.C. - Macedonia

Alessandro (356-323 a.C.)

- Durante le campagne asiatiche un flusso regolare di informazioni arriva in Grecia e ad Aristotele



- in particolare grazie a Callistene, il cronista della spedizione
- Conoscenze orientali dirette, anche scientifiche e tecniche, penetrano in Occidente, come non era mai avvenuto prima

323 a.C. - Babilonia

Morte di Alessandro

- Smembramento dell'impero



Dal 323: i generali di Alessandro formano i regni ellenistici

- o satrapie ellenistiche, inizialmente in guerra tra loro
- inizia l'era ellenistica

~300 a.C. - Mondo ellenistico

Insediamiento della cultura greca in Oriente

- Fondazione di varie “Alessandria”, volute da Alessandro
 - Alessandria d’Egitto, progettata da Dinocrate di Rodi
- Poi fondazione di molte altre città, in base a principi urbanistici innovativi
 - Antiochia

~300 a.C. - Mondo ellenistico

- Sviluppo dei commerci marittimi tra i centri di cultura greca
- Diffusione delle coltivazioni (uva, frutta ...)
 - arriva in occidente il cotone (di origine indiana/mesopotamica)
- Affermazione concorrenziale delle produzioni regionali (“globalizzazione commerciale”):
 - fittile, vetraria, tessile, mineraria, metallurgica, del legno, ...
- Affermazione del ceto borghese
- Diffusione della moneta, nascita delle banche private

~300 a.C. - Mondo ellenistico

Nuova cultura ellenistica:

- assorbimento nella filosofia naturale greca di conoscenze orientali – egizie, babilonesi, persiane, giudaiche e poi anche indiane
- scientifiche (anche con contenuti mistico-religiosi) e tecniche
- straordinario impulso a:
 - Medicina, matematica, astronomia, botanica
 - E anche Tecnologia
 - **Teofrasto** (~370 - ~286), successore di Aristotele alla guida del Liceo e massimo erudito del tempo, scrive anche libri dedicati alle tecniche (metalli, ...) e cita la fabbricazione di specchi (anche specchi ustori) d'argento o bronzo ad alto tenore di stagno

~300 a.C. - Norico (Austria)

Forgiatura del ferro stratificato (acciaio a pacchetto)

Fabbri Celti (forse anche già nel 400 a.C.)

- Già abili forgiatori del ferro ricavato dalla siderite
- Strati alternati di ferro dolce e ghisa saldati insieme, con diffusione mediata del carbonio
- La barra è rammollita, ripiegata e battuta più volte (una decina)
- Buon acciaio, ma forgiabile in piccole quantità (spade) e molto costoso; richiede grande perizia del fabbro e lunga lavorazione



10 piegature $\rightarrow 2^{10} = 1024$ strati

~310-270 a.C. - Roma

Espansione regionale romana

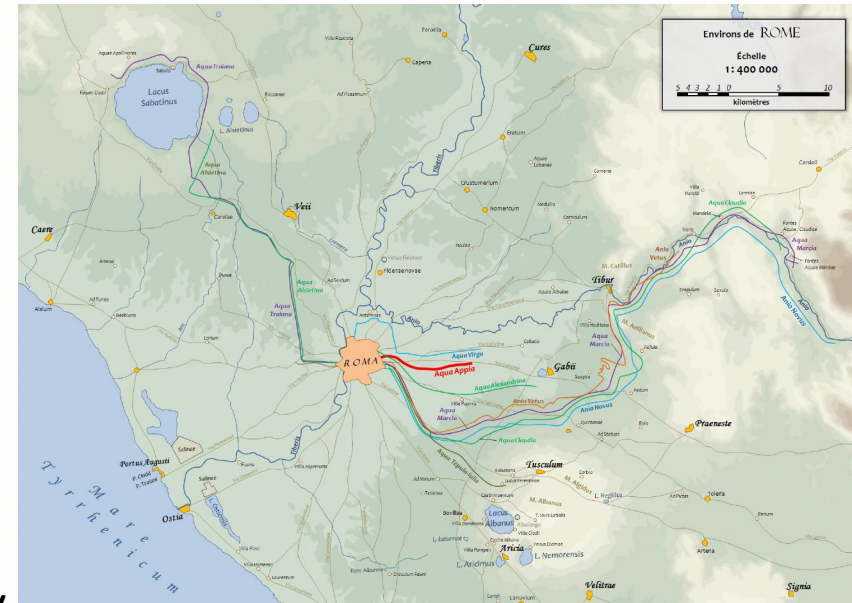
Primi acquedotti romani,
per la fornitura di acqua pura,
prelevata da fonti lontane

~310 a.C. Aqua Appia

- primo acquedotto romano
- in parte sotterraneo, 16,5 km, 876 L/s
- fatto costruire dal censore **Appio Claudio**

270 a.C. Anio Vetus

- secondo acquedotto
- quasi tutto sotterraneo, 63,5 km, 674 L/s
- col bottino di guerra preso a Pirro



Acquedotti romani

- Opere di ingegneria idraulica sofisticata:
- la pendenza dell'acquedotto, accuratamente determinata e realizzata, assicura la portata regolare d'acqua



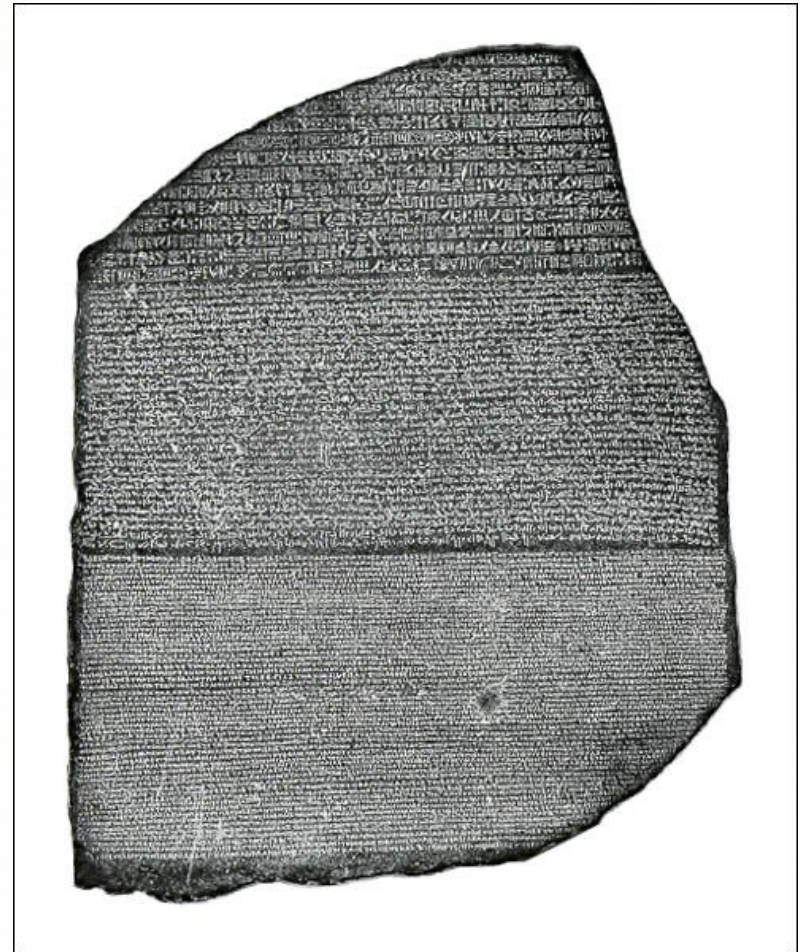
Museo della civiltà romana - Roma

~300 a.C. - Mondo ellenistico

Affermazione della cultura ellenistica nel bacino mediterraneo orientale e in Asia Minore

- Diffusione della lingua greca
- con impulso all'innovazione tecnica

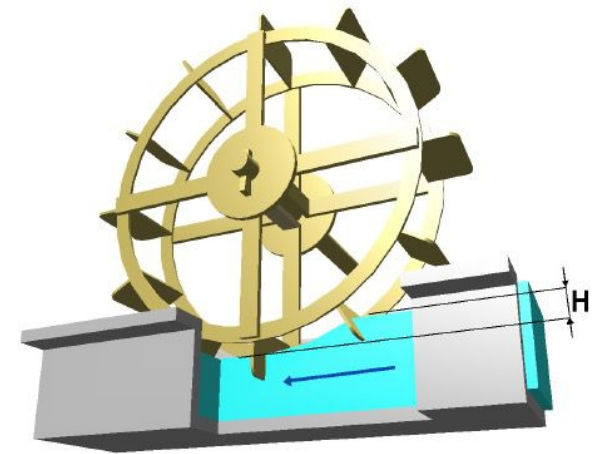
▪ Stele di Rosetta - British Museum
contiene un decreto del 196 a.C. scritto nelle tre scritture diffuse allora in Egitto: greco, demotico e geroglifico
rinvenuta nel 1799, permise di decifrare la scrittura geroglifica



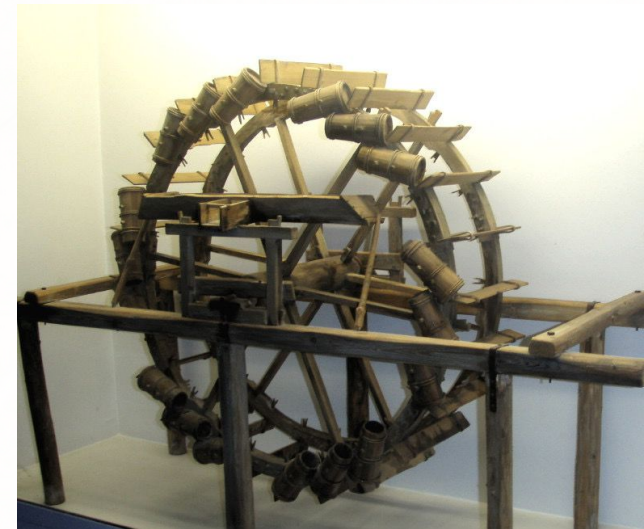
~270 a.C. - Asia Minore

Asia Minore (Perge) ruota ad acqua ad asse orizzontale per macina

- produzione di energia meccanica dall'acqua
- primo uso di sorgenti di energia inanimate



Asia Minore: noria
(ruota con secchi laterali)
per il sollevamento dell'acqua
irrigua



Deutsches Museum – Monaco

290 a.C. - Rodi

Colosso di Rodi (una delle città commerciali ellenistiche più prospere)

- progetto di **Chares di Lindos (Rodi)**
 - grande lanterna antropomorfa in bronzo all'ingresso del porto
 - alta 32 metri
- una delle 7 meraviglie del mondo antico

Interpretazione di fantasia,
strutturalmente improbabile



Il fatto che il nome del progettista sia stato tramandato è un segno dell'importanza riconosciuta non solo agli ideatori ma anche ai realizzatori e quindi, più in generale, alla tecnologia

280 a.C. - Alessandria

più grande e prospera città commerciale ellenistica

Torre luminosa per navigazione, eretta sull'isoletta di **Faro**, all'ingresso del porto

- progetto di **Sostrato di Cnido**
 - alta 120-130 metri,
 - intesa a dirigere le navi
 - visibile di notte da 48 km
 - una delle 7 meraviglie del mondo antico

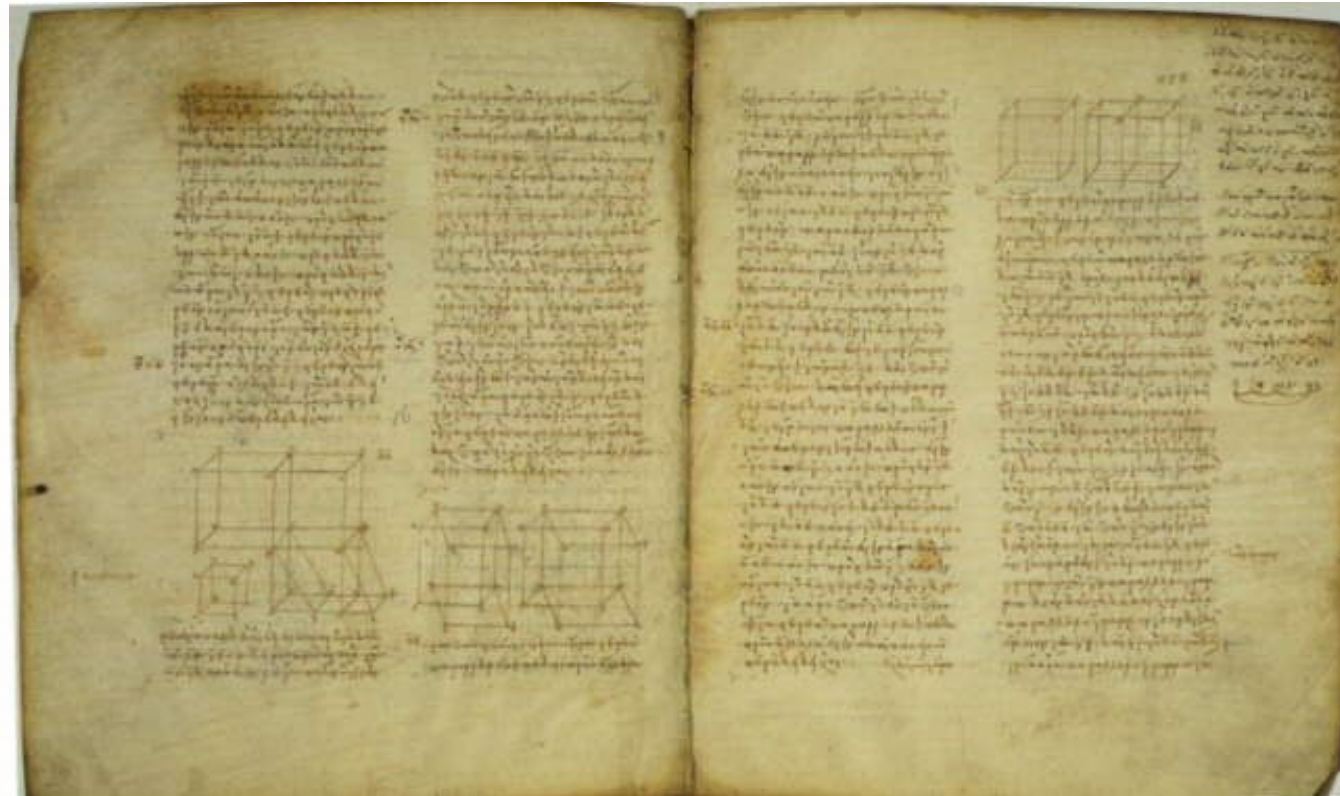
Ben documentato:
Riproduzione attendibile



~300 a.C. - Alessandria

Euclide (~325-~265)

- scrive gli Elementi – in 13 volumi
 - libro scientifico più letto della storia



*Edizione
medioevale
in pergamena
a tomo*

280 a.C. - Alessandria

Costruzione del Museo

- **Tolomeo I Sotère** (367-283 a.C.)
Tolomeo II Filadelfo (309-246 a.C.)
- Tempio dedicato alle Muse e quindi alle arti in senso lato, quindi anche matematica, fisica, astronomia, geodesia, e tecnica!

Include la

- Biblioteca



280 a.C. - Alessandria

■ Biblioteca

- per secoli massimo centro ellenistico (e mondiale) del sapere artistico, filosofico, scientifico e tecnico
 - I libri avevano forma di rotoli, non erano rilegati in tomi
- Forse anche 1.000.000 di rotoli in epoca romana



280 a.C. - Alessandria

Alessandria subentra ad Atene come capitale della cultura occidentale

- Straordinaria fioritura scientifica e tecnica
- Punto di incontro dei maggiori intelletti del mondo greco:
 - Euclide, Archimede,
Eratostene, Erone,
Aristarco, Callimaco,
Apollonio, ...
 - e non solo

~270-250 a.C. - Alessandria

Ctesibio di Alessandria:

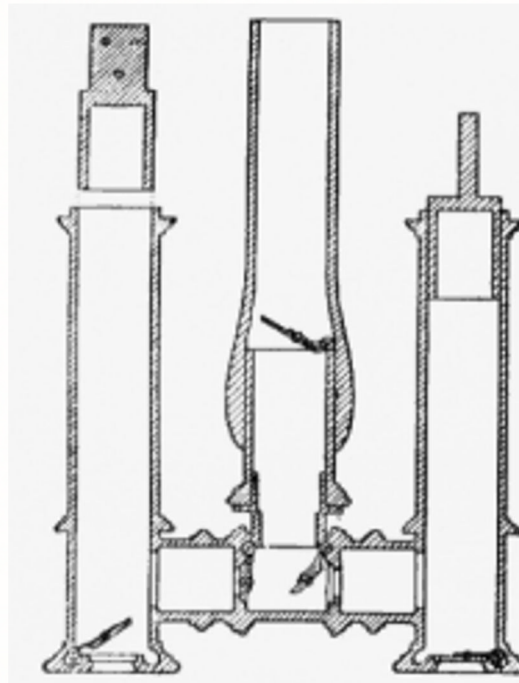
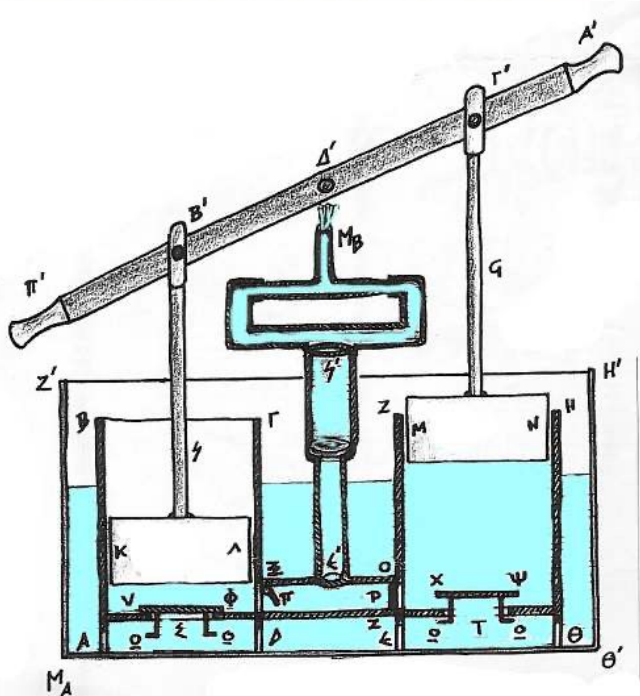
- iniziatore della scuola di meccanica alessandrina
- primi testi tecnici (ora perduti)
- primi studi sulla pneumatica (pressioni di gas e liquidi)
- invenzioni tecniche
 - Pompa antincendio ad aspirazione e compressione (prima documentata)
 - Orologio ad acqua (perfezionato)
 - Piccoli automi idroacustici (organetto, il primo documentato)

Sono prove di un deciso e nuovo interesse allo sviluppo tecnico, peraltro indirizzato a fini pratici e ricreativi (non produttivi)

~270-250 a.C. - Ctesibio

Pompa ad aspirazione e compressione

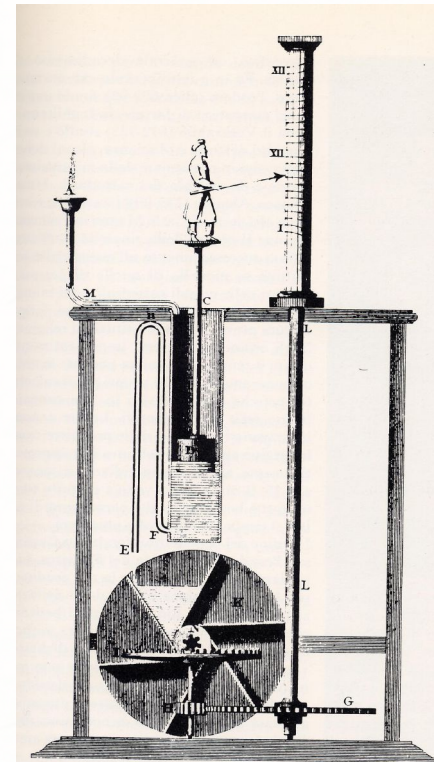
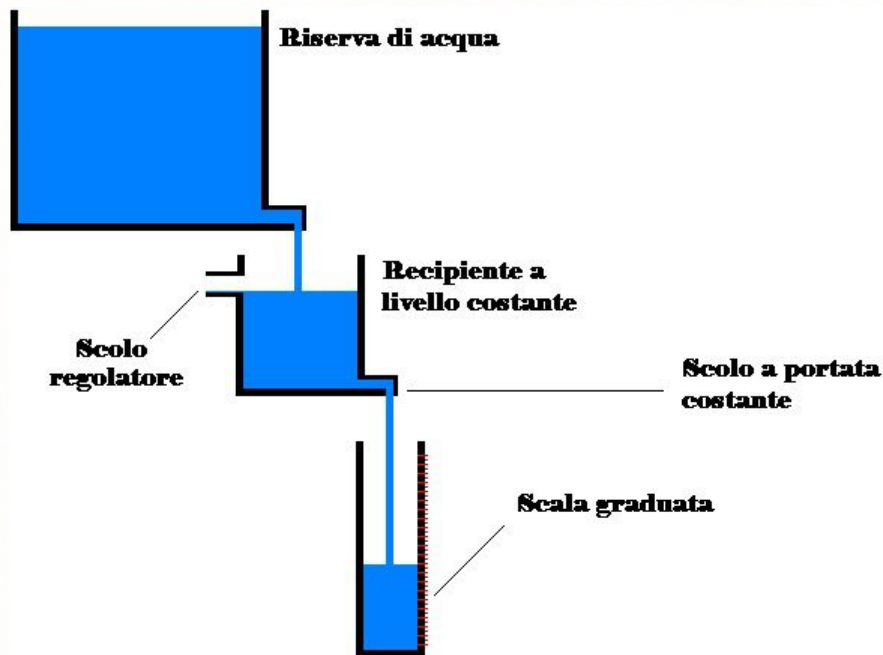
- Sistema pistone-cilindro
- Valvola pneumatica ed idraulica
- Principio della doppia azione
- Esempari trovati in molti siti archeologici romani



~270-250 a.C. - Ctesibio

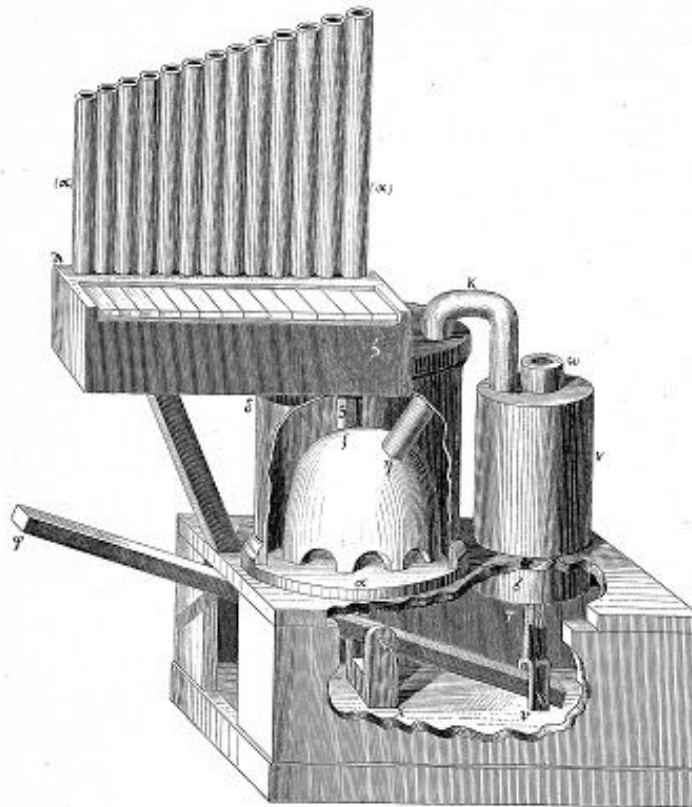
Orologio ad acqua

- Non molto preciso, ma capolavoro di idraulica (all'epoca)
 - regolatore del flusso d'acqua verso l'indicatore galleggiante
 - meccanismo con ingranaggi e scala graduata variabile per visualizzare automaticamente ore di durata diversa al variare delle stagioni e che costituisce il primo esempio noto di dispositivo a retroazione
 - dotato di sistema di suoneria



~270-250 a.C. - Ctesibio

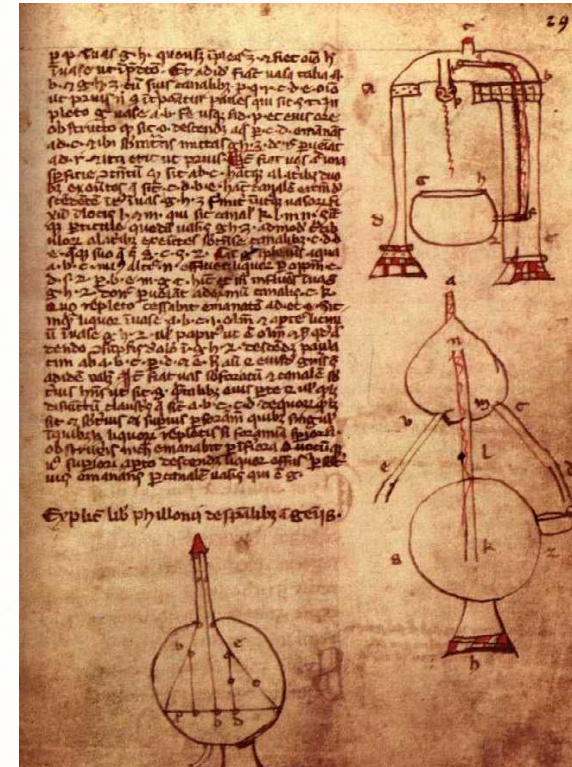
Organetto idraulico



~250 a.C. - Alessandria

Filone di Bisanzio (~290-220)

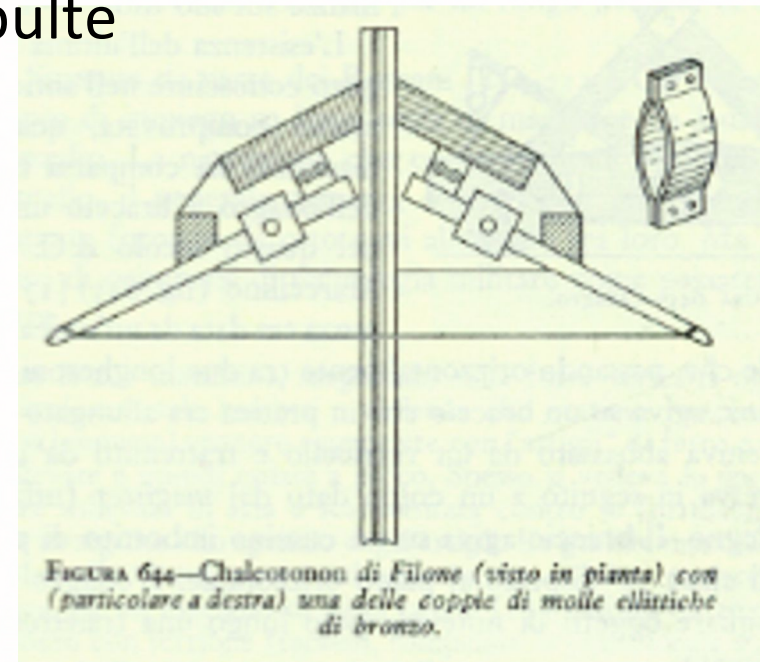
- allievo di Ctesibio
- *Trattato sulla Meccanica* (9 vol.):
 - Sulle catapulte (IV),
 - Sulla pneumatica (V),
 - Sulla costruzione delle fortezze (VII),
 - Sulla tecnica d'assedio (VIII)
- Metodo sperimentale
- Catalogo delle 7 meraviglie del mondo antico
 - Testimonia l'attenzione alle realizzazioni architettoniche, ma anche tecniche, del mondo allora noto



~250 a.C. - Alessandria

Filone di Bisanzio (~280-220)

- descrive per la prima volta la trasmissione a catena
- descrive per la prima volta la sospensione universale (cardanica)
- primi studi su elasticità dei metalli
- Molle di bronzo a balestra per catapulte
 - suggerite da Ctesibio
 - 30% stagno
 - ideate per superare i problemi di snervamento delle molle biologiche (vegetali o animali) utilizzate nelle catapulte
 - hanno modesto successo

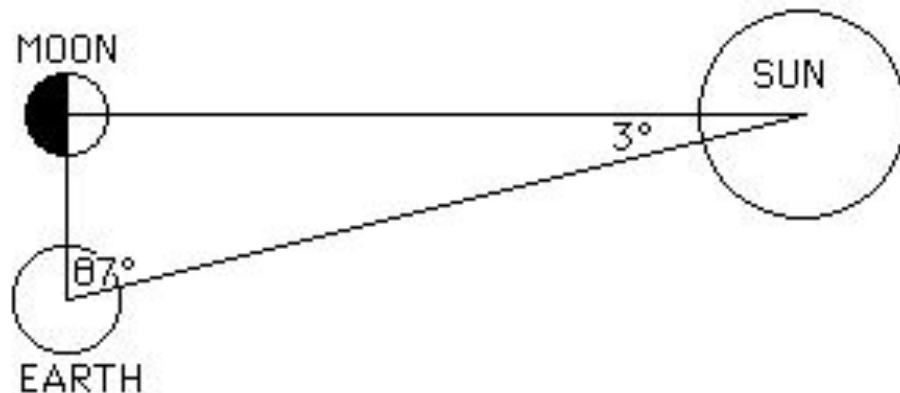


~250 a.C. - Alessandria

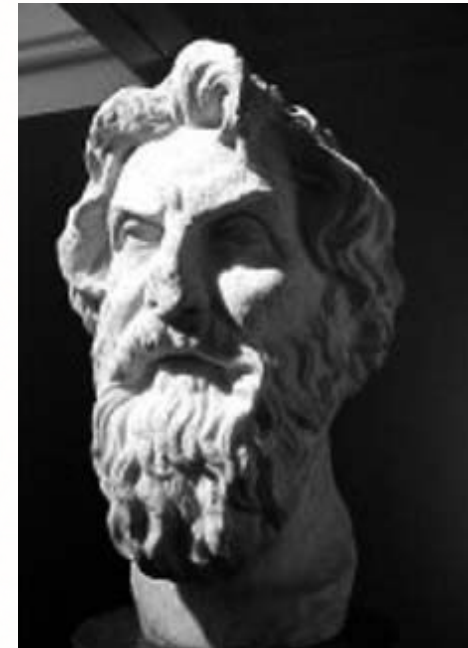
Tra questi nuovi e raffinati interessi scientifici germinano anche intuizioni geniali

Aristarco di Samo (~310-~230):

- primi concetti di trigonometria sviluppati in astronomia
- Stima delle distanze relative terra-luna e terra-sole



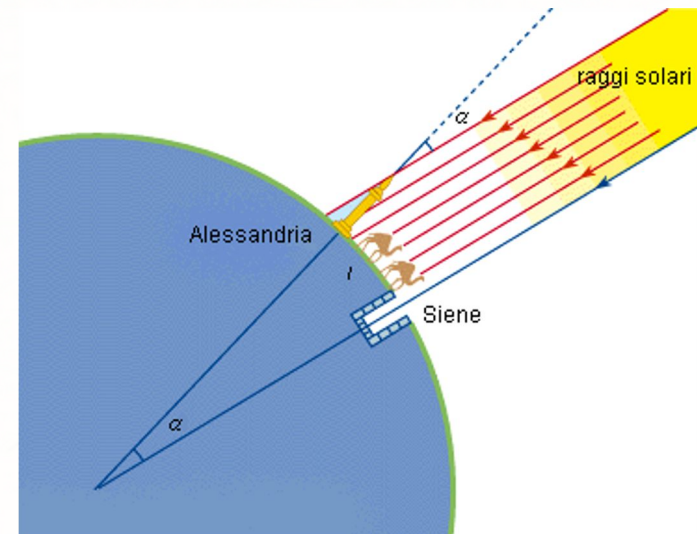
- prima teoria cosmologica eliocentrica
 - Senza seguito (eretica)



~240 a.C. - Alessandria

Eratostene di Cirene (~276 - 194)

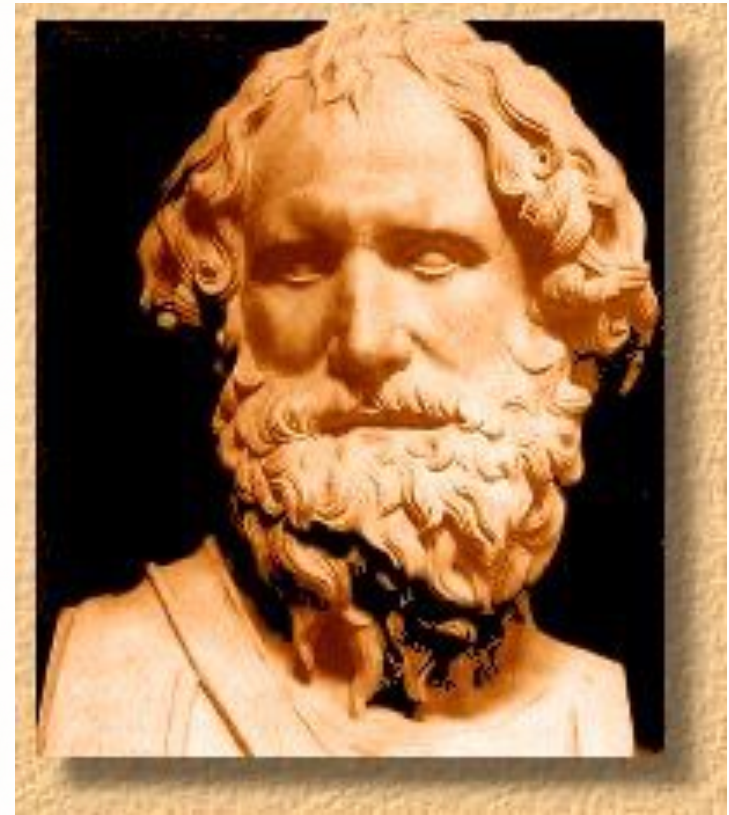
- capo bibliotecario (il massimo)
- matematico
 - crivello di Eratostene, ...
- astronomo,
 - Stima le distanze Terra-Sole e Terra-Luna
- geografo e geodeta
 - calcola la circonferenza terra in 252.000 stadi (unità di misura da lui usata e non nota con certezza)
 - che corrisponderebbero a 39375 km contro i 40.000 km reali con un errore dell'1,6%!



~240 a.C. - Alessandria, Sicilia

Archimede di Siracusa (~287 - 212)

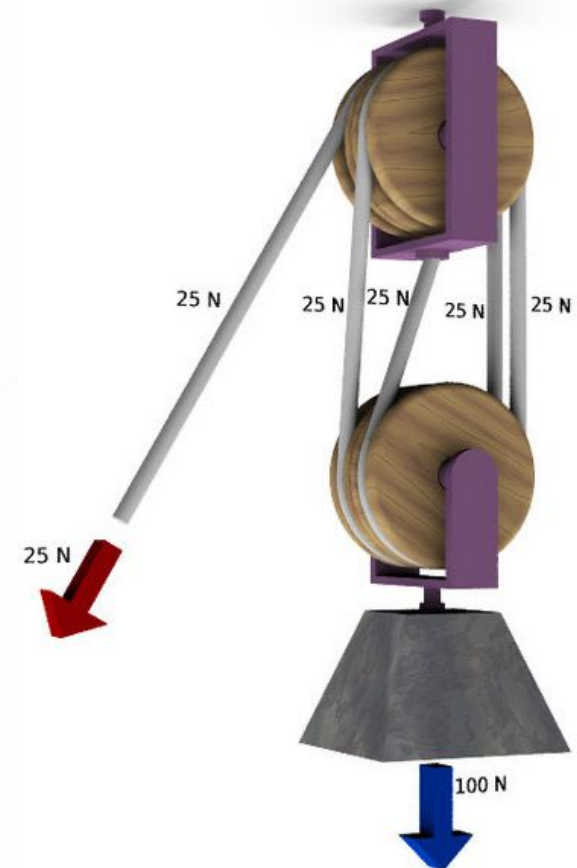
- matematico, fisico, ingegnere
 - teoremi in geometria, volume della sfera
 - calcolo di pi greco alla terza cifra, ...
 - metodo di esaustione in geometria
 - intuizione dei logaritmi
- Applicazione della matematica alla fisica
 - peso specifico e galleggiamento
- Primi studi razionali di meccanica applicata:
 - studi quantitativi su leva, carrucole multiple, ingranaggi, idrostatica,



~240 a.C. - Archimede

Studi combinati con ideazioni di interesse pratico quali:

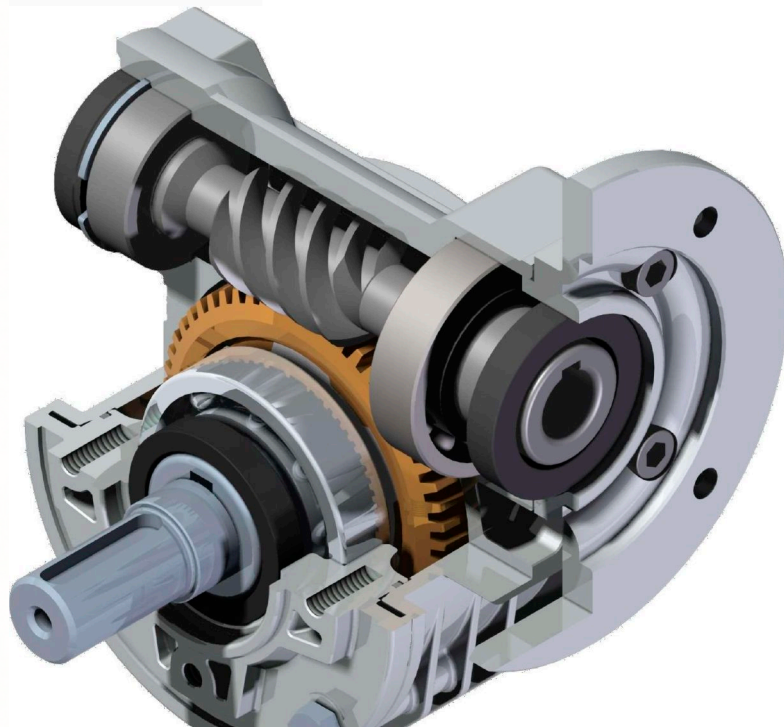
- Carrucola mobile
 - dimezzamento della forza di sollevamento
- Carrucole multiple mobili e fisse (paranco)
 - demoltiplica la forza di sollevamento



~240 a.C. - Archimede

Vite senza fine e ruota dentata

Meccanismo attualissimo



~240 a.C. - Archimede

Varie invenzioni pratiche riportate dagli antichi cronisti:

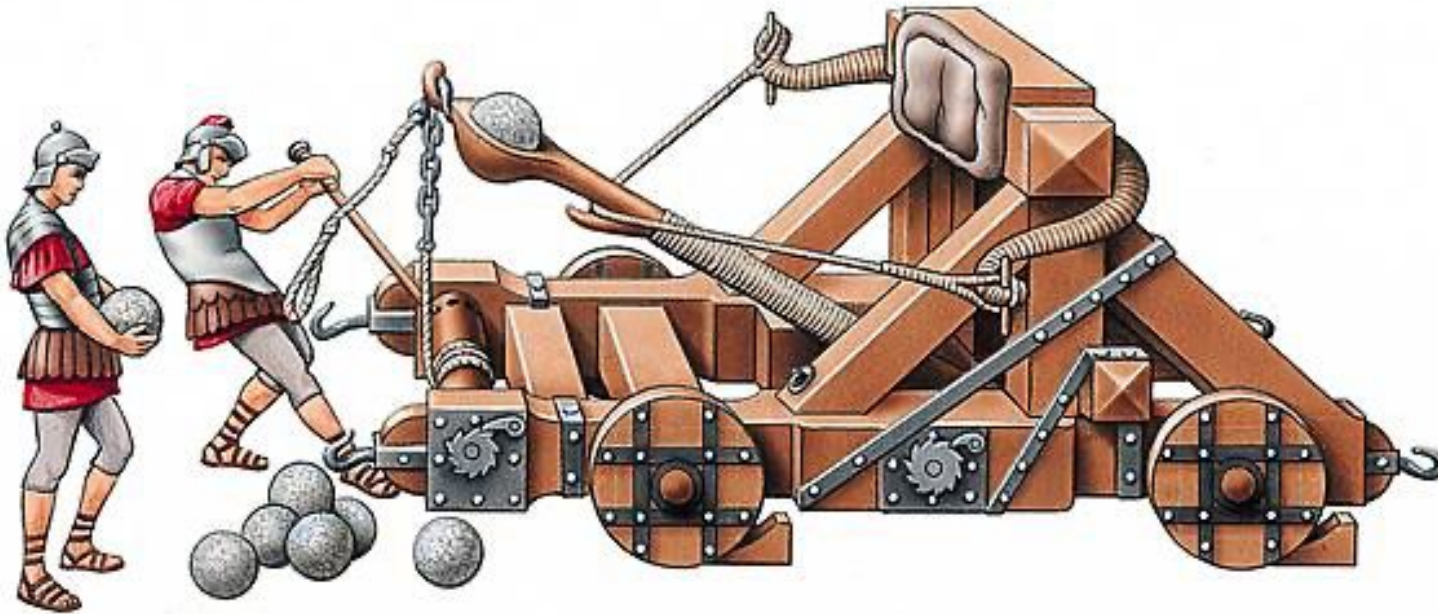
- Dispositivo per varare la Siracusana
 - la gigantesca trireme del tiranno di Siracusa Gerone
lunga 45 metri e pesante 3300 tonnellate



~240 a.C. - Archimede

Catapulta perfezionata

- maggiore potenza e precisione, regolazione del tiro



~240 a.C. - Archimede

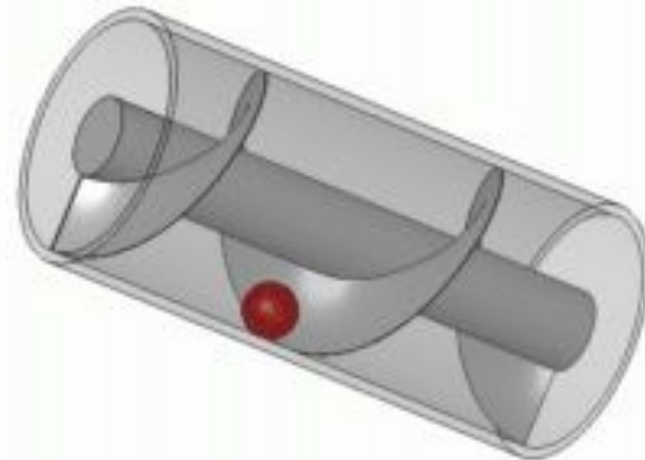
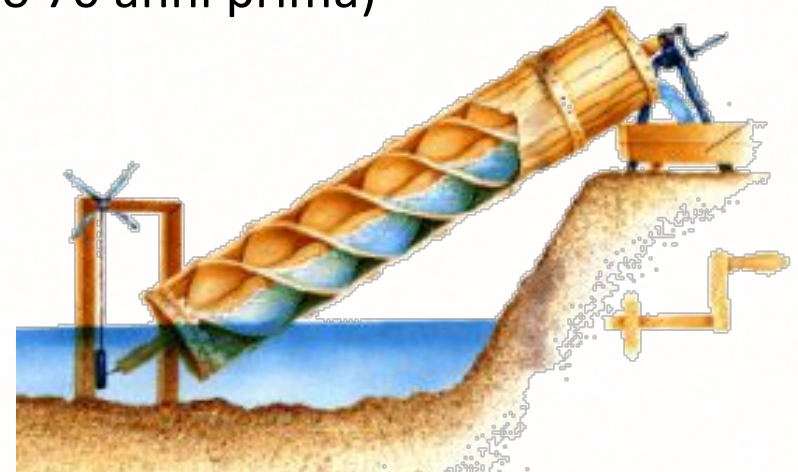
Mano di ferro = arpione mobile per rovesciare le quinqueremi romane



~240 a.C. - Archimede

Attribuzioni improprie (indotte dalla sua fama):

- specchio ustore (citato da Teofrasto, almeno 70 anni prima)
- carrucola semplice (nota agli Assiri)
- coclea o vite di Archimede per il sollevamento di acqua
 - usata da millenni



~240 a.C. - Archimede

- Ha lasciato libri di matematica, di fisica e di “meccanica razionale”
- ma nessun libro sulle ideazioni tecniche:
 - nessuna di esse fu documentata da Archimede
- secondo Plutarco: “non volle lasciare libri sui suoi lavori ingegneristici, perché ignobili e degni solo di un artigiano”. Conferma la profonda differenza tra scienza e tecnica nel pensiero greco classico, fatto proprio dai romani
- Tale atteggiamento riportato da Plutarco si accorda con l’opinione classica (in particolare aristotelica) che solo la scienza, intesa come disinteressato esame della verità, è degna degli uomini liberi

~250 a.C. - Mondo ellenistico

ALTRI ASPETTI TECNOLOGICI

- Metallurgia
 - Bronzo: nonostante la diffusione del ferro, è più usato, gestito con oculatezza e riciclato:
 - più facile da produrre del ferro, ma disponibile in limitate quantità e a costi comunque elevati
 - Tecniche di saldatura note
 - dell'oro con rame, del ferro, del bronzo,
 - Leghe: le pratiche di allegazione non sono codificate e divulgate
 - spesso erano il risultato di circostanze fortuite (in funzione dei minerali usati)
 - sempre gestite gelosamente e tenute segrete, spesso erano perdute con la scomparsa del loro ideatore

~250 a.C. - Mondo ellenistico

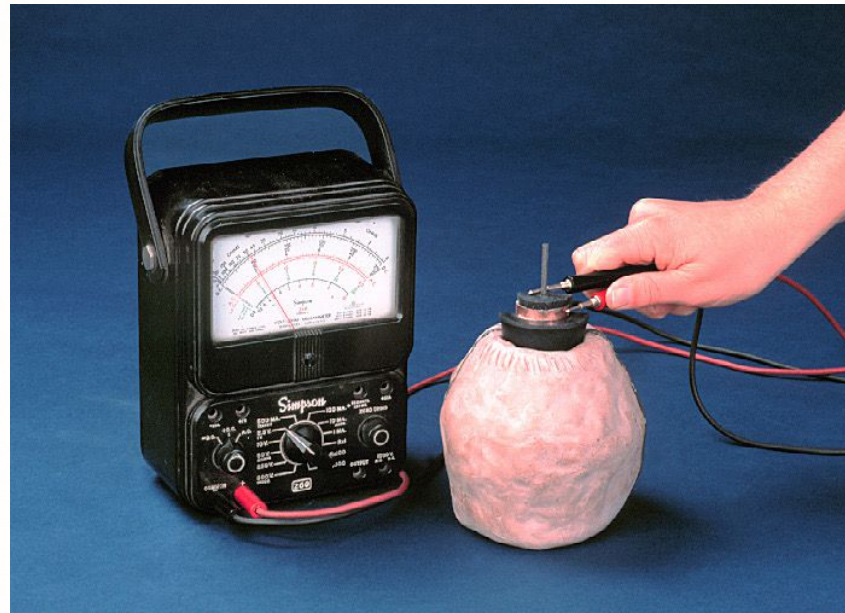
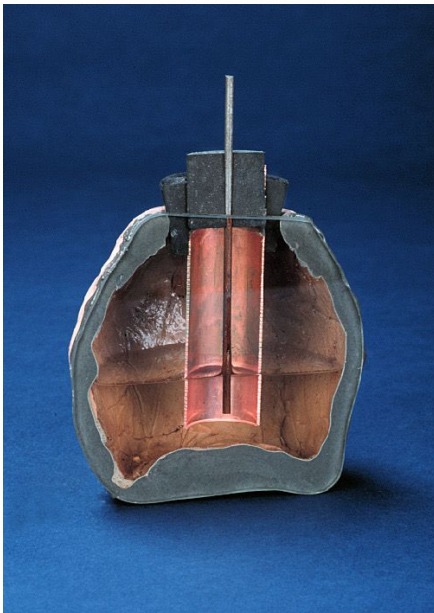
ALTRI ASPETTI TECNOLOGICI

- Chimica e alchimia:
 - interesse verso le proprietà delle sostanze
 - trovano applicazioni pratiche con elevato valore economico:
 - tinture, cosmetici, profumi, concia, imbalsamazione, metallurgia, ...
 - e con valenze mistiche:
 - le conoscenze orientali sulla trasformazione della materia sono inquadrare nei principi della filosofia naturale greca sulla costituzione della materia (atomistici, aristotelici, ...)
 - ne derivano progressi certi ma scarsamente documentati, tenuti segreti da una disciplina filosofico-mistica
 - come dai minerali si estraggono i metalli, così si ritiene di poter trasformare un metallo in un altro, in particolare in oro

~250 a.C. (224 dC?) - Mesopotamia

Chimica mesopotamica:

- pila elettrochimica (pila di Baghdad)
rame-ferro-acido vegetale
 - Generatori di elettricità dinamica
 - Probabile impiego magico-taumaturgico (analgesia)



237 a.C. - Egitto tolemaico

Decreto di Canopo: adozione dell'anno di 366 giorni ogni 4 anni (detto poi bisestile)

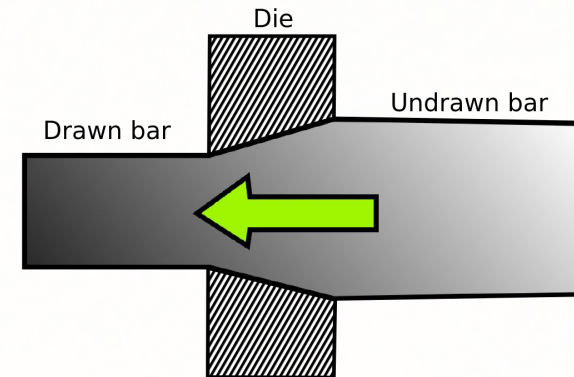
- ma la sua applicazione è aleatoria (è demandata ai sommi sacerdoti, senza essere istituzionalizzata)



~200 a.C. - Mondo ellenistico

Altri sviluppi tecnologici:

- 146 a.C.: Stampi per trafilatura
 - per produrre fili metallici
- Torchio a leva perfezionato
- Incudine per chiodi
- Pompe ad aria (derivate dalle ideazioni di Ctesibio)
- Strumenti per misurazioni terrestri
- Bacino di carenaggio asciutto per navi



180 a.C. - Mondo ellenistico

Pergamo (in Misia, sulla costa asiatica dell'Egeo)

Acquedotto di Pergamo:
adduce acqua alla città,
posta su un promontorio

Grande tecnologia idraulica

- condotta forzata con sifone:
 - primo sifone documentato in un'opera tecnica
 - condotta a tenuta che scende e poi risale per 160 metri



Modello di Pergamo - Pergamonmuseum - Berlino

~170 a.C. - Mondo ellenistico

Pergamo

- Grande biblioteca, ricca di 200.000 volumi
- **Pergamena:**
 - supporto per scrittura ricavato dalla pelle di pecora
 - Perfezionata dai tecnici del re Eumene II, forse in seguito all'embargo del papiro egiziano, causato da un conflitto con l'Egitto di Tolomeo V
 - pratico e resistente, più sottile della pelle, e scrivibile su entrambe le facce
 - riutilizzabile: cancellazione per sbiancamento e riscrittura
 - alternativo al papiro
 - ma molto più costosa del papiro

~150 a.C. - Mondo ellenistico

Adozione dei metodi matematici babilonesi da parte dei matematici ellenistici

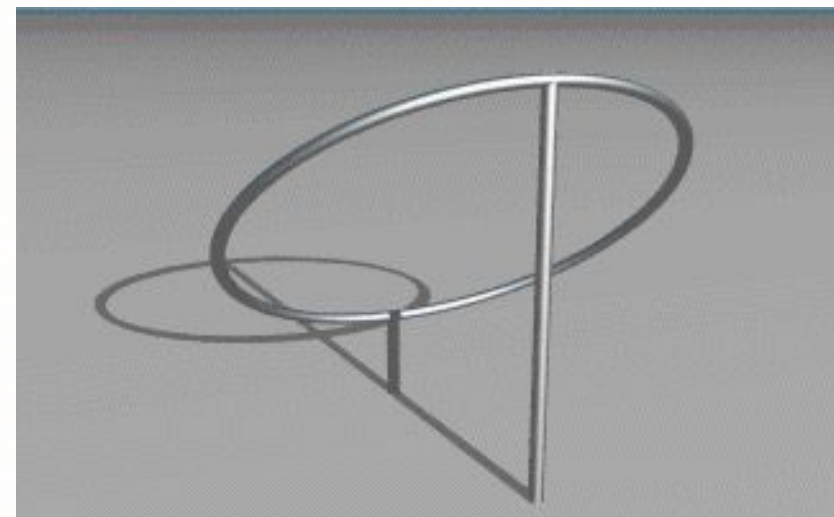
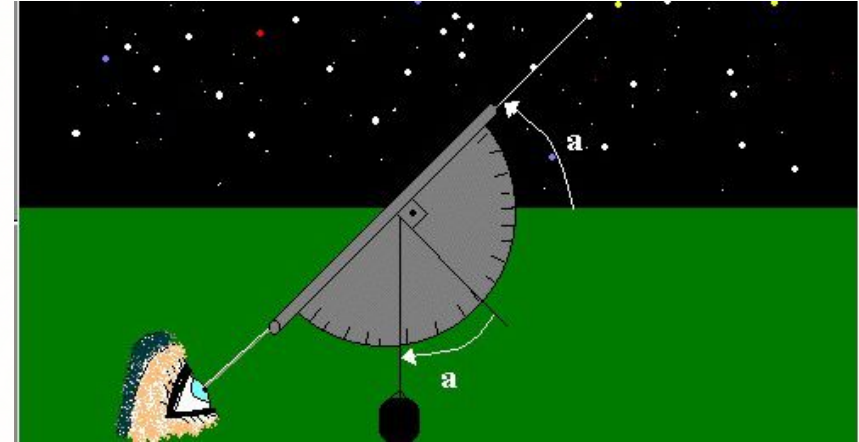
- **Ipparco di Nicea** (o di Rodi, ~190 - ~120)
 - Mantiene la concezione geocentrica
 - Sviluppa la trigonometria (prime tavole)
 - Stima la distanza terra-luna
 - Osserva la precessione degli equinozi
 - Compila un atlante stellare con coordinate ortogonali:
 - Latitudine, longitudine e magnitudine di circa 1000 stelle

~150 a.C. - Mondo ellenistico

Ipparco di Nicea

- **Astrolabio**
- strumento astronomico, il più importante dell'antichità
 - in uso per circa 1700 anni
 - permette di individuare le stelle e di conoscere l'ora dalla posizione delle stelle

- **Cerchio di Ipparco**
(attribuzione indebita)
- occorrenza degli equinozi



193 a.C. - Roma

I guerra punica: 264-241 a.C.

II guerra punica: 218-202 a.C.

III guerra punica: 149-146 a.C.

■ Calcestruzzo

pietrisco + malta liquida formata da calce* e pozzolana

- solidifica rapidamente anche in assenza di aria
- costituisce una rivoluzione in edilizia
 - pietra artificiale facile da foggare colandola in sagome
- solidifica anche in acqua** : impianti portuali
 - Ostia e altrove
 - creazione di porti artificiali sicuri dove non esistono approdi naturali

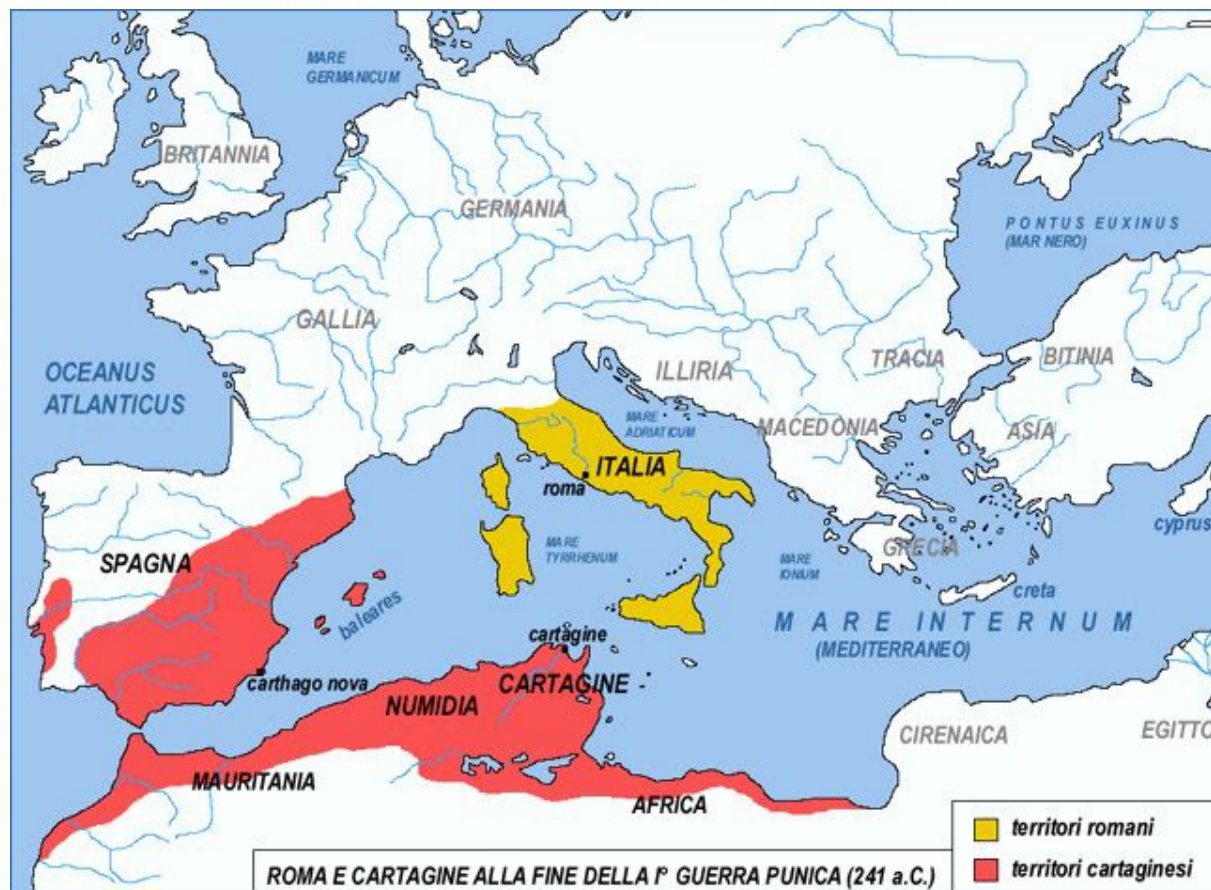
rafforza l'espansione romana nel Mediterraneo

* ottenuta cuocendo ad alta temperatura il calcare o il marmo

** grazie alla pozzolana

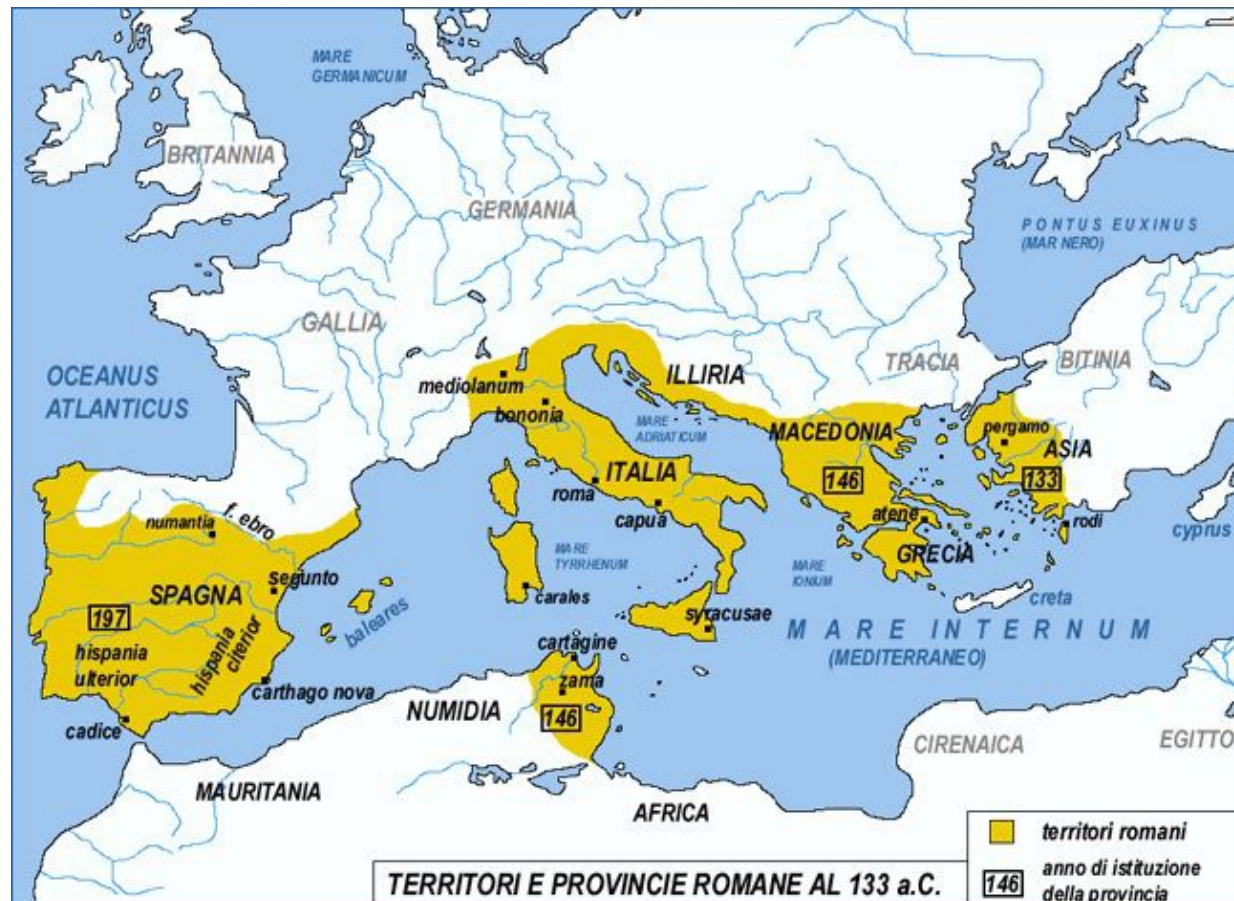
146 a.C. - Roma

- Distruzione di Cartagine
- Affermazione di Roma nel Mediterraneo
 - 241 a.C. = fine prima guerra punica ...



146 a.C. - Roma

- Distruzione di Cartagine
 - Egemonia di Roma sul Mediterraneo
 - ... al 146 a.C. = fine III guerra punica
 - e 133 a.C.



144-142 a.C. - Roma

Col bottino di guerra di Cartagine

144 a.C. Aqua Marcia

- terzo acquedotto - 91 km
- 80 km sotterranei – 2251 L/s

142 a.C. Ponte Emilio

- primo ponte di pietra sul Tevere
 - ora Ponte Rotto

Le conquiste militari forniscono capitale (risorse finanziarie) e manodopera (schiavi) per le grandi opere pubbliche



133 a.C. - Turchia, Roma

- Attalo III, re di Pergamo, lascia il suo regno in eredità a Roma
 - segno del potere di Roma e del prestigio delle sue istituzioni
 - primo regno ellenistico a rientrare nell'orbita romana
- inizia l'assorbimento della cultura greca nel mondo romano:
 - Lingua
 - Filosofia
 - Letteratura
 - Matematica
 - Astronomia
 - Tecnica

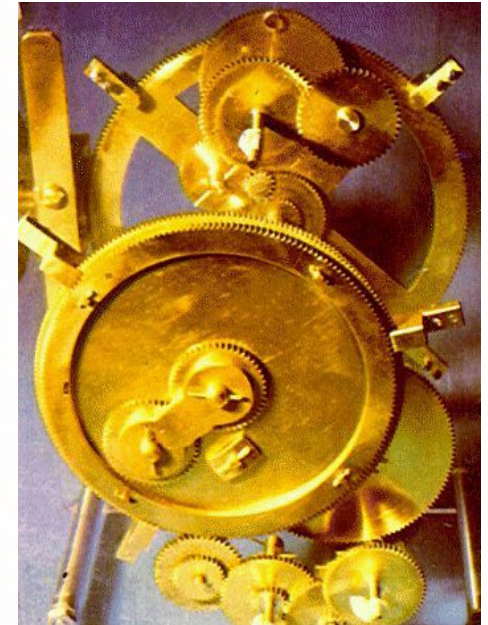
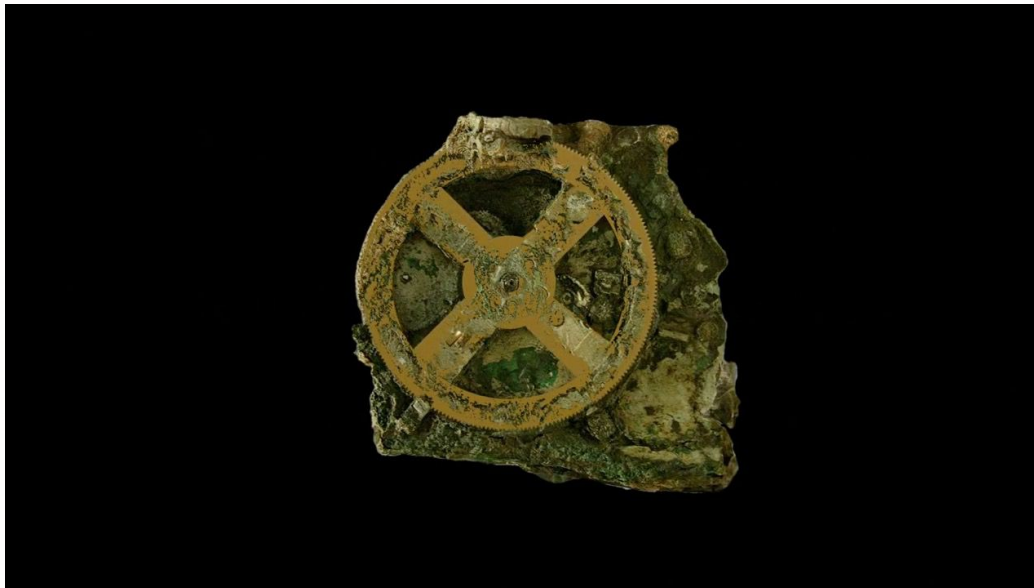


Altare di Pergamo - Pergamonmuseum – Berlino

~80 a.C. - Grecia

Meccanica di precisione

- Meccanismo di **Antikythera** (Anticitera)
 - congegno astronomico per calcolare la posizione dei 5 pianeti noti, fasi lunari, equinozi, mesi, ...
 - calcolo eventi astronomici, eclissi, date olimpiadi
 - ingranaggi epicicloidali 254:19, differenziale (entrambi reinventati reinventati 1900 anni dopo)
 - scuola di Archimede?



~65 a.C. - Lidia, Grecia ionica

Tecnologia produttiva

- Ruota idraulica “scandinava”, ad asse verticale
 - uso per macina
 - lenta e poco efficiente
 - ma avrà importanti sviluppi 1900 anni dopo



~50 a.C. - Atene

Torre dei venti

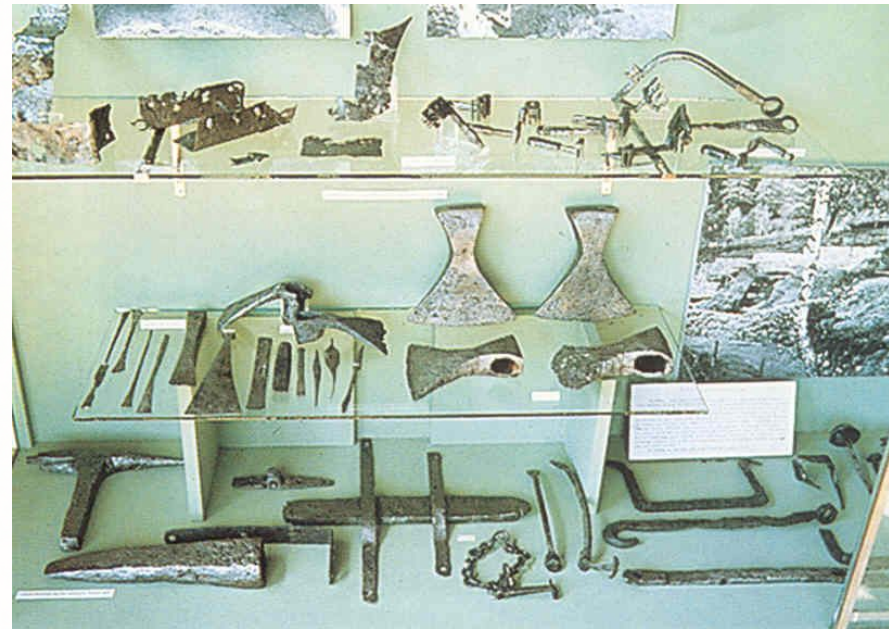
- alta 12 metri, pianta ottagonale
- una meridiana nella porzione superiore di ogni faccia
- primo orologio da torre ad uso pubblico
- figurino con elica sulla sommità:
primo anemometro
- concezione del tempo civico di uso collettivo che si impone solo nel medioevo



I sec. a.C. - Roma

Progressi in metallurgia e in meccanica

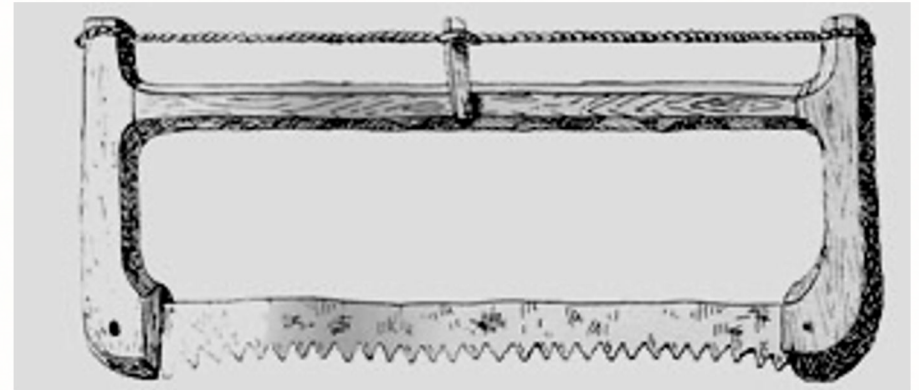
- a seguito dei recenti apporti di cultura tecnica esterna
- Rinvenimento finale del ferro
 - riscaldamento atto a ridare elasticità al ferro e quindi a ridurre la fragilità
 - migliora la qualità dell'acciaio
 - è sempre una tecnica accessoria alla forgiatura, idonea alla produzione di oggetti di dimensioni limitate
- Diffusione di utensili in ferro più efficaci



I sec. a.C. - Roma

Utensili migliori in ferro per lavorare il legno:

- Sega a telaio
- Segaccio
- Pialla
- Lima
- ...
- destinati ad un lunghissimo utilizzo



I sec a.C. - Roma

-
- Succhiello (trivellino)
- Trapano a pompa
 - utensili più efficienti di quelli in bronzo
 - che lavorano meglio il legno e rendono possibile una meccanica in legno molto progredita...



lo stesso tipo di trapano a pompa, incluso il volano

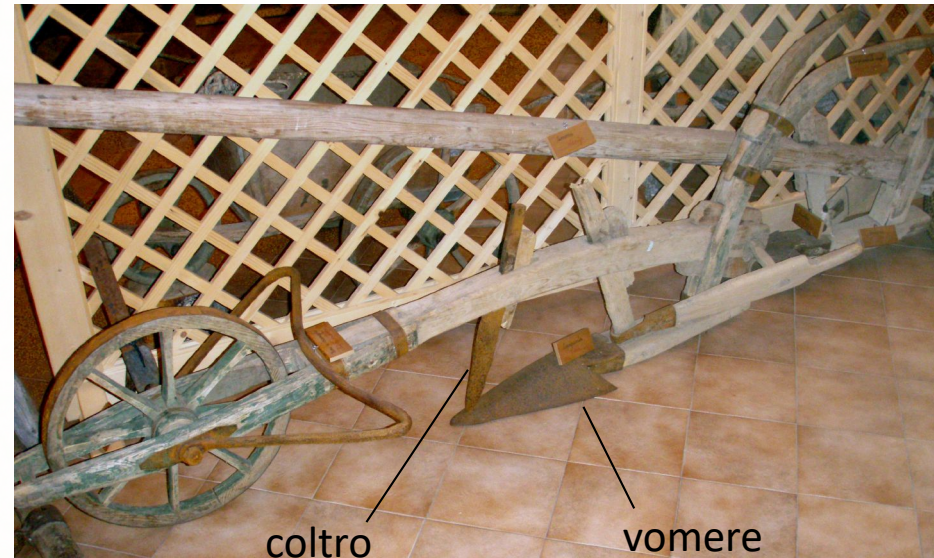
....
prodotto da una cultura polinesiana!



I sec. a.C. - Roma

Impiego combinato di legno e ferro
tipico in agricoltura

- Aratro a coltro e vomere:
solo le parti critiche sono in ferro
 - Per terreni pesanti
 - Permette di eseguire la sarchiatura (raschiatura) del campo secondo direzioni ortogonali



Aratro a coltro e vomere in uso nel secolo scorso nelle comunità montane (Museo di Pieve di Livinallongo)

- Per tale motivo i terreni ad uso agricolo dei romani hanno sempre forma rettangolare

I sec. a.C. - Roma

Meccanica militare in legno e ferro

- La meccanica evoluta in legno trova impiego primario in campo militare
- in particolare nella produzione di artiglieria per uso tattico e per assedio
 - di derivazione ellenistica
- ma non solo.....
- Le capacità tecnologiche unite alla vocazione militare contribuiscono alla supremazia romana che dura per secoli

“Roma non aveva un esercito, era un esercito”

Talcott Parsons - Harvard University

Frame
(Capitolo)

Parts of the Ballista

Stays (Anterides)

Winch Lever
(Scutula)

Winch Wheel
(Carchesium)

Ladder
(Scapus Climacidos)

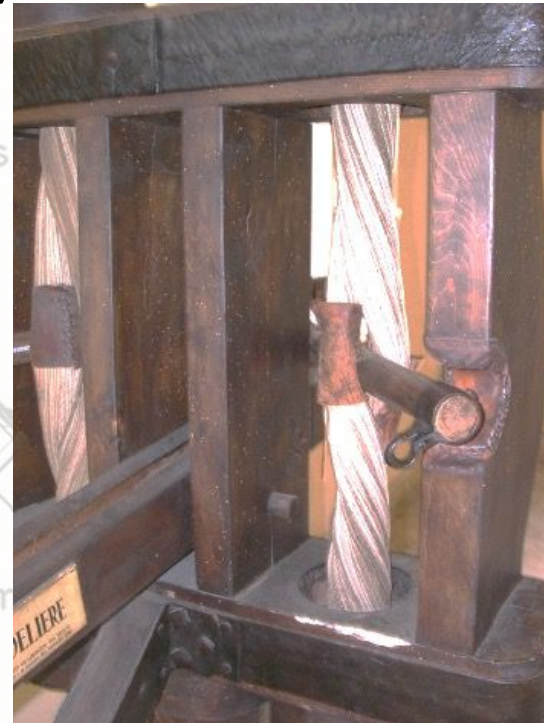
AntiBasis

Basis

58-52 a.C. - Roma

Campagne galliche di Cesare (100 - 44 a.C.)

- armi da lancio tattiche
- **Ballista** (balista) - usa tendini animali come elementi elastici per l'accumulo energetico – lancia dardi o pietre da 5 kg a 300 m (fuori dalla portata degli arcieri)



Frame
(Capitulum)

58-52 a.C. - Roma

Campagne galliche di Cesare (100 - 44 a.C.)

- armi da lancio tattiche
- **onagro**, può lanciare grosse pietre (50 kg) con traiettorie molto curve a 350 metri (fuori dalla portata degli arcieri)



Parts of the Ballista

Aim (Archium)

inch Lever
(utula)

inch Wheel
(archesium)

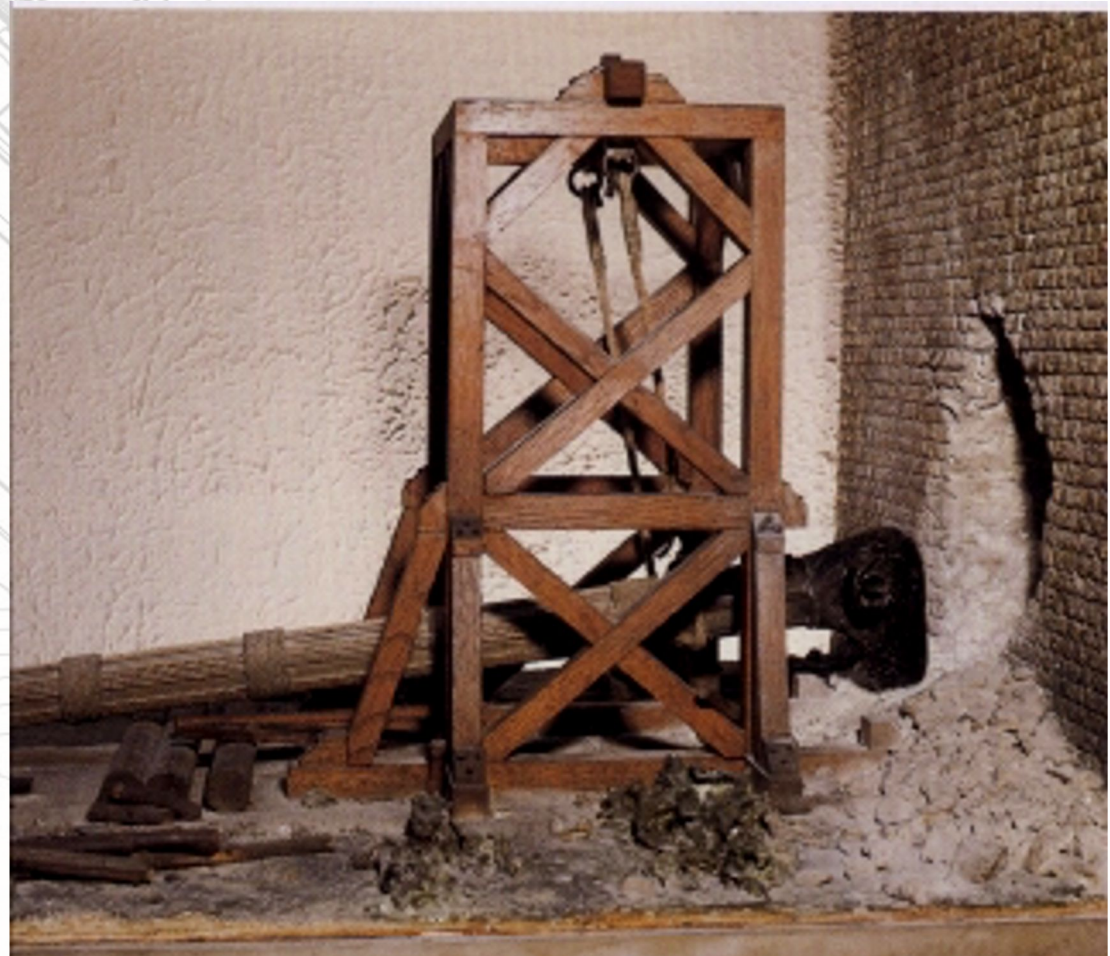
Museo della civiltà romana - Roma

58-52 a.C. - Roma

Campagne galliche di Cesare

- torri da assedio e arieti

Parts of the Ballista



58-52 a.C. - Roma

Campagne galliche di Cesare

- Ponte sul Reno
 - esempio emblematico del livello della carpenteria in legno romana
 - lungo 500 metri e largo 4 con 56 campate
 - costruito in 10 giorni
 - forse progettato da Vitruvio

- descritto nel *De bello gallico*
- e oggetto di ricostruzioni ipotetiche



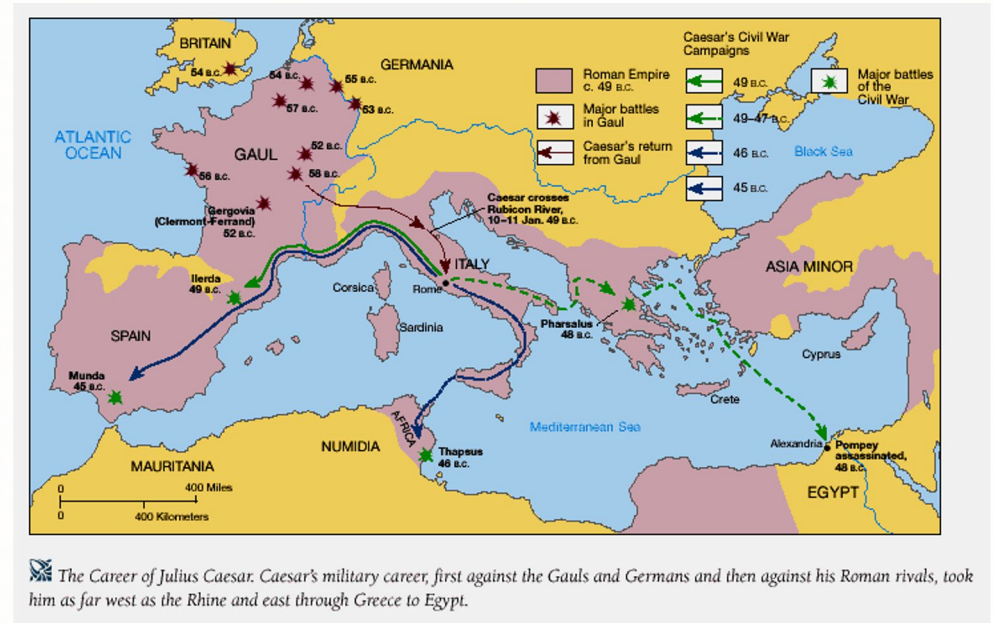
Deutsches Museum - Monaco e Museo della civiltà romana - Roma

45-44 a.C. - Roma

45: **Cesare** ritorna dall'Egitto
ne introduce a Roma
le conoscenze:

- Tecniche agrarie egizie
- Calendario giuliano elaborato dall'astronomo **Sosígene di Alessandria**

- prevede un giorno addizionale (ai 365) ogni 4 anni (anno bisestile):
 - si ripete (bissa) il sesto giorno prima delle Calende di Marzo (*bis sextum Kalendas Martias*), vale a dire il 24 febbraio
- per aggiustare l'errore accumulatosi nei secoli il 45 a.C. dura 445 giorni
 - Il calendario giuliano comporta comunque un errore di circa 11 minuti all'anno (=1 giorno ogni 128 anni)



~27 a.C. - Roma

Marco Vitruvio Pollione

- *De Architectura* (trattato sul saper costruire in modo razionale) in 10 volumi, su tutti gli aspetti dell'architettura e, specialmente, dell'ingegneria romana e pre-romana
- riferimenti espliciti alle opere di Ctebisio, Archimede, Aristosseno (allievo di Aristotele), ...
- tratta di:
 - materiali
 - edilizia
 - idraulica
 - meccanica
 - strumenti ed attrezzi (clessidre,)

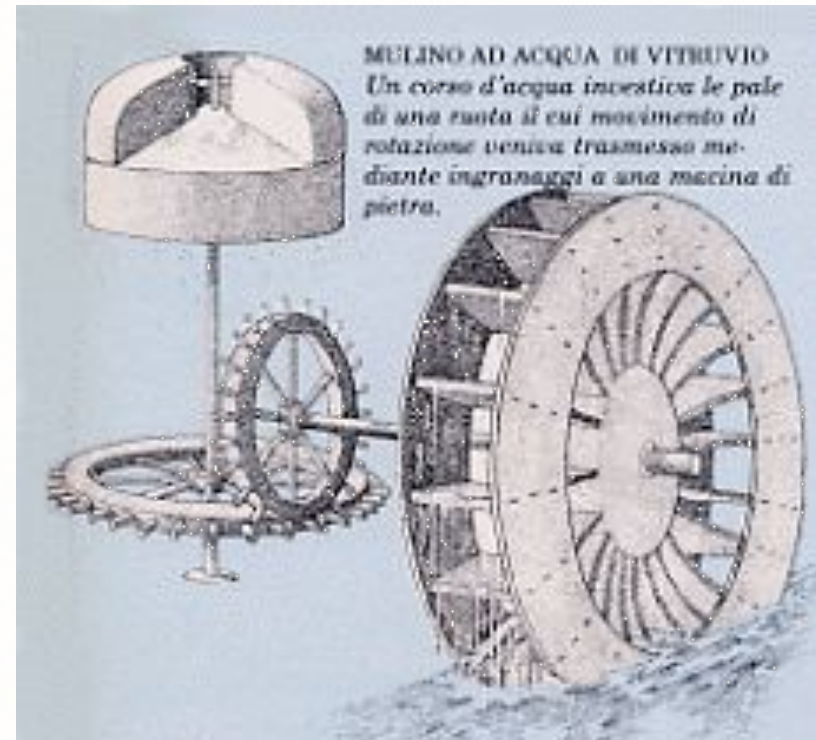
avrà influenza enorme sul Rinascimento, 1550 anni dopo

~27 a.C. - Roma

Vitruvio:

- ruota idraulica
 - ad asse orizzontale
 - spinta “per sotto”
 - per azionare una macina (mulino)

- diffusione parziale nel mondo romano ove la macinazione (grano, ...) è eseguita prevalentemente a forza muscolare (schiavi, animali)



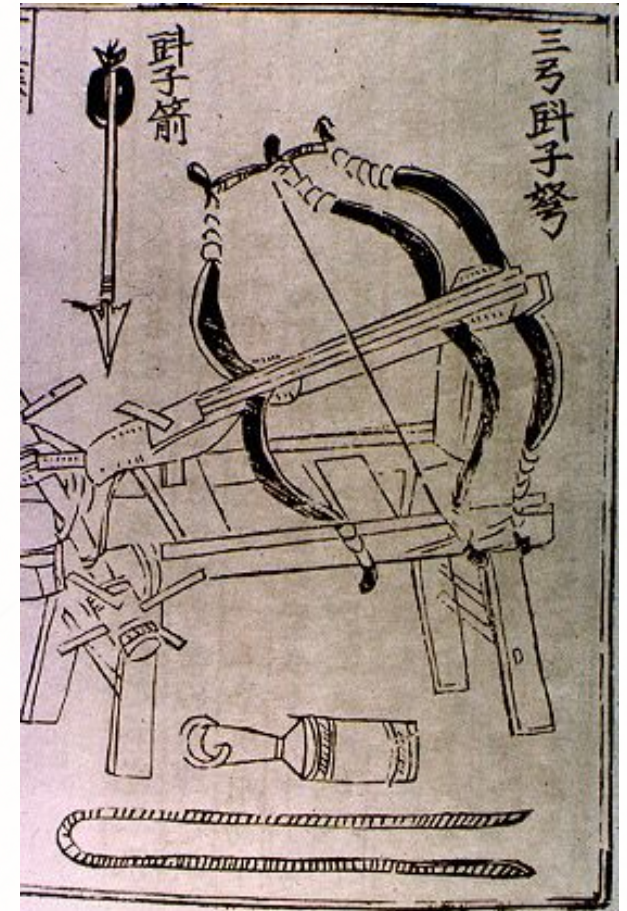
341 a.C. - Cina

Tecnologia bellica

Balestra

- uso documentato in battaglia
- indipendentemente dalla Grecia

- evoluzione:
 - 221 a.C.:
versione a dardi multipli



~300 a.C. - Cina

Siderurgia

- Acciaio da fusione, ottenuto ossidando all'aria il carbonio della ghisa fusa
 - così diminuisce il tenore del carbonio legato e la ghisa si trasforma in acciaio
 - processo sconosciuto ancora per molti secoli in Occidente
- Tempra



300-200 a.C. - Cina

- **Matematica cinese**
 - uso dei “bastoncini da calcolo” da parte dei funzionari statali (predecessori dell’abaco)
 - ~300-250 a.C.: primi trattati cinesi di matematica
- **Astronomia:**
 - individuazione della durata dell’anno tropico di 365,25 giorni
- **Bastoncini per mangiare**
 - attenzione igienico-alimentare
 - rapida diffusione in Oriente



in Occidente ci si ciba con le mani ancora per più di un millennio

220 a.C. - Cina

220 a.C.: Bussola magnetica

- usa magnetite e poi anche acciaio magnetizzato a caldo
- impiegata nella navigazione
- esistono indizi di un suo possibile uso secoli prima, per orientamento durante i viaggi terrestri nelle sconfinite praterie asiatiche

Modello del 220 a.C.



221 a.C. - Cina

Qin Shi Huangdi (259 BC – 210 BC)

- sconfigge gli stati avversari
 - anche con la balestra a dardi multipli
- unifica la Cina
- primo imperatore cinese

220: completa il primo tratto della grande muraglia

- per arginare le minacce di invasioni dei popoli nomadi del nord
- rete stradale efficiente, che favorisce:
 - controllo
 - commerci
 - unificazione nazionale
- unificazione della scrittura e della cultura



213 a.C. - Cina

Qin Shi Huangdi

- per ottenere unificazione e centralizzazione distrugge la tradizione culturale:
- perseguita i dotti (depositari delle conoscenze tradizionali)
- fa distruggere tutti i libri
 - gravissima perdita di informazioni sulla scienza e tecniche cinesi più antiche
 - ... nei secoli avrà molti emulatori:
 - 1559 il Sant'Uffizio istituisce l'Indice dei libri proibiti
 - 1933 i nazisti bruciano dei libri contrari allo spirito tedesco

Come dirà Henry P. Brougham nel XIX secolo, “l'educazione rende un popolo facile da guidare ma difficile da comandare, facile da governare ma impossibile da schiavizzare”

... evidentemente Qin Shi lo sapeva ...

210 a.C. - Cina

Morte di Qin Shi Huangdi

- Tomba monumentale a Xi'an
- Vegliata dall'esercito di terracotta
- Le armi dei soldati sono in bronzo legato deliberatamente anche con titanio, magnesio, cobalto (allora ignoti in occidente) che conferiscono maggior durezza e potere di penetrazione



il livello raggiunto dalla metallurgia cinese sarà uguagliato in Occidente nel XVIII secolo