

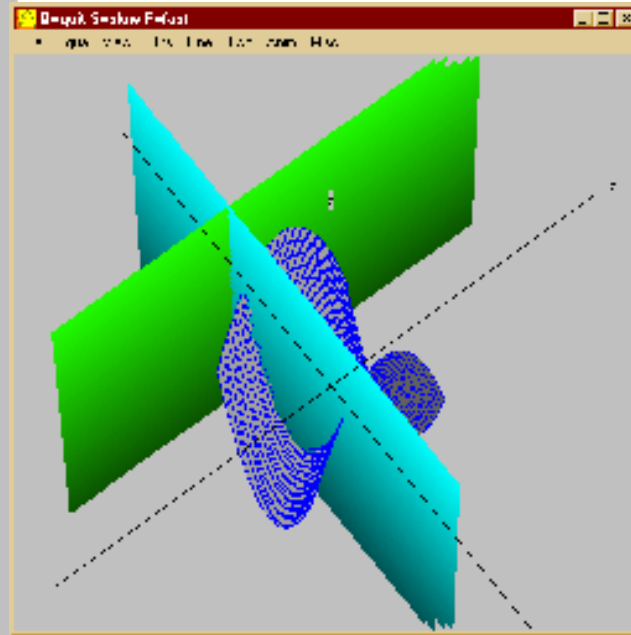
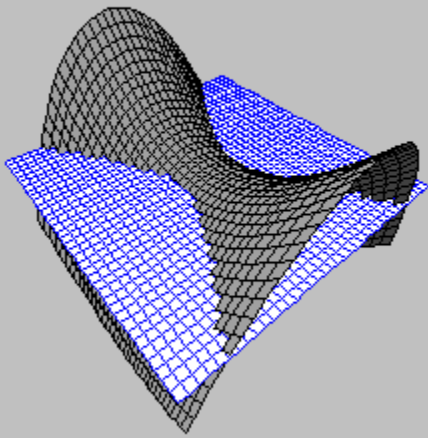
# STORIA DEL PENSIERO SCIENTIFICO I (50549)

docente Flavia Marcacci  
a.a. 2010-11

La matematica greca oltre Euclide

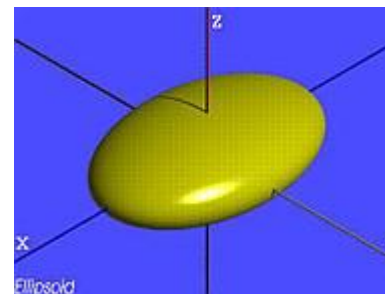
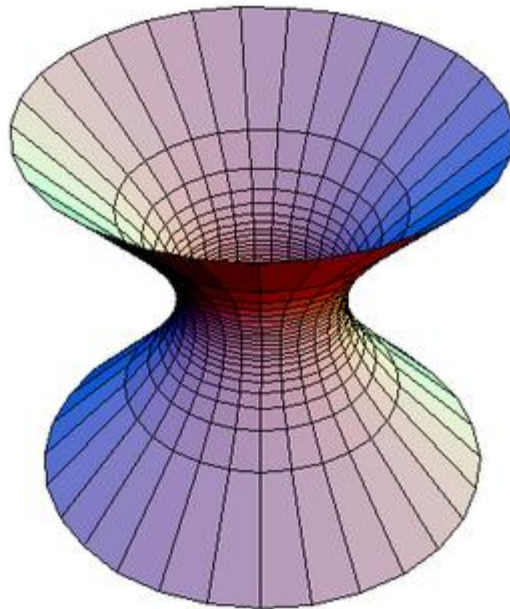
# Dopo Euclide: i protagonisti

- La Biblioteca di Alessandria
- Archimede (III sec. a.C.):
  - lo studio dei volumi e delle curve, le opere
  - il Metodo: le eccezioni entro un ambito informale della ricerca, la meccanica e un'altra via dimostrativa
  - Lo stile espositivo è euclideo
  - il conoide rettangolo (parabola che ruota attorno al suo asse – cf. paraboloidi); conoide ottusangolo (iperbole che ruota attorno al suo asse non trasverso – cf. iperboloidi); due sferoidi ottenuti dalla rotazione dell'ellisse attorno ai suoi assi (cf. ellissoide)



Paraboloide,  
iperboloide,  
ellissoide

Immagini da  
Wikipedia



- Apollonio (III sec. a.C.): le coniche (ἔλλειψις, ὑπερβολή, παραβολή)
- **Erone** (II sec. d.C. → **articolo**), Pappo (III-IV d.C.), Teone e Ipazia (IV-V d.C.): matematica “tecnica” e “scientifica”
- Diofanto: invenzione di un'algebra disgiunta dalla geometria; approccio induttivo e non assiomatico-deduttivo
- Matematica neo-platonica come alternativa ad Euclide: Plotino e Porfirio (III-IV d.C.), Nicomaco (II d.C.) e Giamblico e la pitagorizzazione del platonismo, Domnino (V d.C.) e il ritorno ad Euclide, Proclo (V d.C.) e l'ontologizzazione di Euclide

# Il caso della trigonometria

- La parte più “greca” della odierna matematica in uso
- Dalla goniometria alla trigonometria: importanza dello studio degli angoli e della loro equidivisibilità; somma degli angoli interni del triangolo (scoperta pitagorica? Cf. Proclo *in Eucl.* 379 Friedlein)
- Angolo piano = inclinazione delle linee l’una rispetto all’altra in Euclide (in Elementi termini 8, 9, 11, 12 e nei Data prop. 39-55, 63-67)
- Discussione sugli angoli attestata da Proclo (*in Eucl.* Commentando la definizione 8)
- Trigonometria = parte della matematica che cerca la risoluzione di un triangolo generico

- da Ipparco e Tolomeo approccio mediante le corde e non i seni
- Sviluppo della trigonometria in ottica (Eucl. *Opt.* A, prop. 18) e in astronomia (precedenza della trigonometria sferica su quella piana)
- Sviluppo di una **scienza della sfera**.
  - Sfera interna molto inferiore per dimensione alla sfera esterna, tanto da esserne considerata il centro puntiforme
  - Suddivisione del circolo in 360 gradi (come i 360 giorni degli antichi calendari?)
  - Eudosso, Euclide, Autolico ma soprattutto Ipparco
  - Necessità di sviluppare una astronomia a fianco di una cosmologia: Teodosio di Rimini, Gemino di Rodi, Menelao di Alessandria, Tolomeo, Pappo e Teone
  - Tolomeo, *Collezione matematica* (*Mathematikh; suvntaxi1*), poi mutuata in *Megalex suvntaxi1*, quindi ammirata dagli Arabi che anteposero l'articolo *Al* al superlativo *mevgisto1* coniando la parola *Al-Midschistî*, da cui derivò *Almagesto*. Sviluppa una tavola delle corde partendo dalle premesse formulate da Ipparco e basandosi sul teorema di Menelao.

# L'algebra: una matematica meno greca?

- Termine di origine araba, e precisamente deriva dallo scritto di Mohammed ibn Musa Al-Khuwarizmi (ix sec.) *Al-giabr wa-l-muqabala*, che letteralmente significa 'trasporto', 'connessione', 'completamento', alludendo alle operazioni effettuate nelle equazioni algebriche (eguaglianza verificata per alcuni valori, dette radici, da sostituire alle incognite) per portare un termine da un membro all'altro.
- Centralità del concetto di uguaglianza tra quantità
- Il tentativo di Timarida

- Soluzione del “fiore di Timarida”: Ponendo  $a = x + x_1 + \dots + x_n$  si individua la soluzione

$$x = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n - a}{n - 1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x + x_1 = a_1 \\ x + x_2 = a_2 \\ x + x_3 = a_3 \\ \dots \\ \dots \\ x + x_n = a_n \end{array} \right.$$

- Algebra retorica e algebra geometrica: vari esempi
- **Diofanto**, *Arithmetica*. Algebra sincopata.

x	ζ (α[ι]qpo")
x <sup>2</sup>	Δ <sup>Υ</sup> (Δ = duami")
x <sup>3</sup>	K <sup>Υ</sup> (K = kubo")
x <sup>4</sup>	ΔΔ <sup>Υ</sup>
...	
1/2	β <sup>x</sup>
1/3	γ <sup>x</sup>
1/x <sup>2</sup>	Δ <sup>Υ</sup> x
-	↑

# Siamo ancora tra Platone e Aristotele... il concetto di “numero” nelle sue origini

- Distinzione tra il concetto di unità come monade platonico e di unità come unità di misura aristotelico
- Presenza di entrambe le interpretazioni nell'opera euclidea
- Presenza delle due concezioni nella matematica greco dopo Euclide
- La matematica dopo Euclide prende confidenza anche con altri sistemi dimostrativi, più informali, suscitati da un'attitudine pratica e rivolta alle misurazioni

# Matematica non assiomatica: Erone

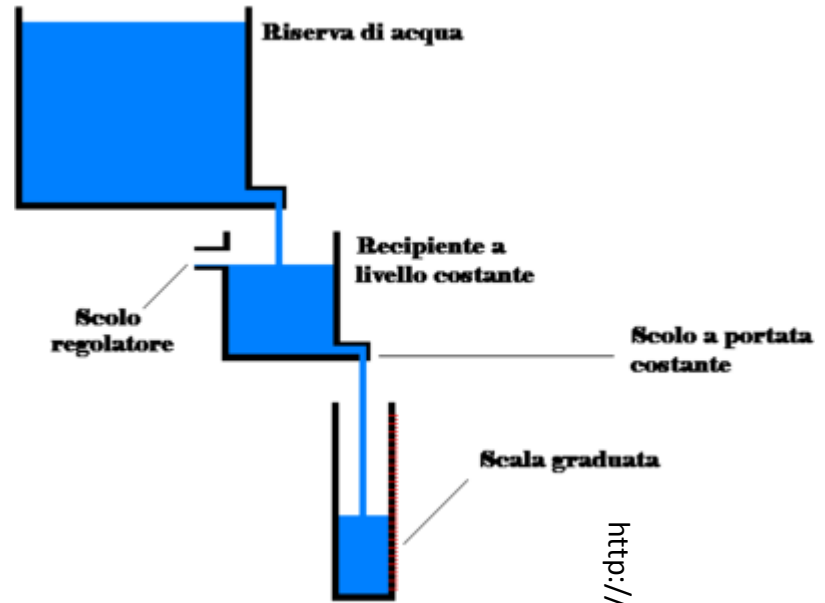
- Cf. articolo in  
<http://www.flaviamarcacci.it/download.htm>

# I Greci e il metodo sperimentale

- Il ruolo degli scettici: realismo contro dogmatismo?
- La discussione intorno al sistema: il ruolo e il significato delle ipotesi, la distinzione tra matematica e fisica
- La scienza ellenistica usa abitualmente misure
- Dovettero esserci molti autori di opere meccaniche se Vitruvio, *De architettura* ne fa un lungo elenco: Archita, Archimede, Ctesibio, Filone, ...
- Sappiamo che c'era una qualche progettazione scientifica di macchine e di strumenti, sebbene le fonti siano estremamente scarse.
- Ad esempio Erone nella *Diottra* descrive una livella ad acqua.



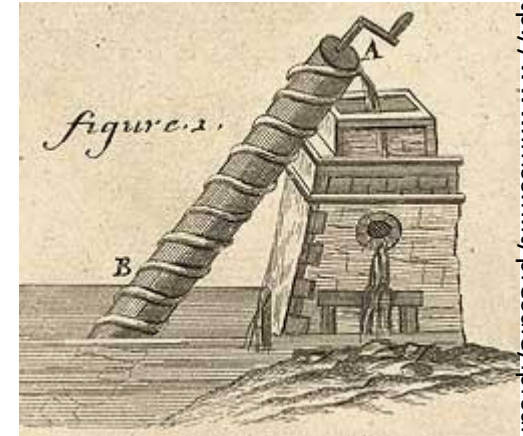
- Orologi, come quello ad acqua. Ctesibio (III sec. a.C.)
- Macchine militari: la Helepolis (= distruttrice delle città), struttura mobile, montata su 8 grandi ruote e alta 9 piani. Lati ricoperti di lastre di ferro, con fessure adatte ai pèroiettili da lanciare e richiudibili mediante portelli meccanici. Fu costruita da Demetrio (Diodoro Siculo in *Bibliotheca historica*, x, xci,1-6)
- La progettazione di nuove armi richiedeva spesso un lavoro collettivo
- Ingegneria navale e invenzioni del Faro ad Alessandria, verso 280 a.C. secondo Flavio Giuseppe alto circa 95 metri



**The Helepolis at Rhodes**  
 Height: 130-140R (40-43m)  
 Base: 72R (22m) square  
 Armament: Lower floor: 2x180 iber (82kg) catapults; 1x60 iber (27kg) catapult  
 1st floor: 2x60 iber (27kg) catapults  
 Next five floors: 2x60 iber (4kg) catapults  
 Top two floors: 2x dart-throwers.  
 Construction: main beams are fir or pine, wheels and horizontals are oak. All major joints are reinforced with iron plates to protect the machine from fire missiles. Its exterior is clad with iron-plates on 3 sides.  
 Propulsion: the machine is mounted on eight wheels each 14ft (4.3m) in diameter. It is propelled by a capstan and sail drive, with a suitable mechanical advantage. (manned by roughly 200 men). Additional thrust could be provided from the rear.  
 Weight: Probably around 150 tons.  
 Siege towers had existed since Assyrian times. That illustrated is the famous Helepolis built by Epimachus of Athens for Demetrius Poliorcetes (the Besieger) in 304 BC. This was the largest siege tower of ancient times and descriptions of it survive in the accounts of Vitruvius, Diodorus, Plutarch and the so-called Athenaeus Mechanicus. Most siege towers were smaller than this gigantic structure and were made of wood or hide and saw-wood covered. Many had drawbridges, but this one apparently did not. In action it was brought up within missile range of the walls, supplying suppressing fire against the defenders. The large stone-thrower could even destroy ramparts and curtain walls. Since this had been accomplished, attackers could bring up battering rams and drills, or undermine the walls. Alternatively an assault could be mounted with ladders, drawbridges, sambucos etc.

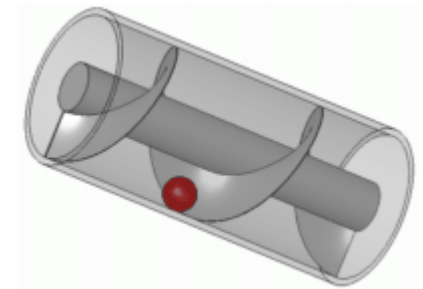
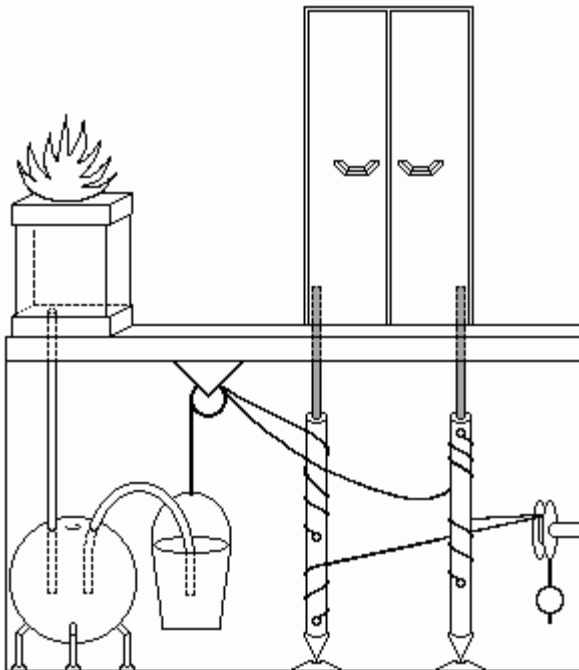
<http://www.jhbayo.com/maderuelo/ROMA/helepolis.htm>

- Macchine idrauliche. La coclea: una grossa vite inserita in un tubo, immersa parzialmente in acqua, fatta ruotare da un meccanismo (animali o altro) per sollevare il liquido.
- Macchina a vapore. Erone di Alessandria, per aprire le porte dei templi mediante la pressione dell'aria scaldata che faceva fuoriuscire l'acqua dal secchio.



<http://www.imss.fi.it/presale/iprsal15.html>

[http://it.wikipedia.org/wiki/File:Macchina\\_di\\_Erone.gif](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Macchina_di_Erone.gif)



[http://it.wikipedia.org/wiki/Vite\\_di\\_Archimede](http://it.wikipedia.org/wiki/Vite_di_Archimede)

# Macchina di Anticitera (II a.C.)

- Congegno per calcolare i moti del sole e della luna, una sorta di calendario perpetuo. Vi erano due ingranaggi fondamentali, l'uno che riproduce il moto del sole (per 254 rivoluzioni siderali), l'altro della luna (19 anni solari).



# Bibliografia minima

- P. Colace (ed.), *Dizionario delle scienze e delle tecniche di Grecia e Roma*, 2 voll., Roma 2010. Voci curate da F. Marcacci, Trigonometria e Algebra.
- L. Russo, *La rivoluzione dimenticata*, Milano 2001
- E. Giusti, *Ipotesi sulla natura degli oggetti matematici*, Torino 1999
- A. Strumia, *Il problema dei fondamenti*, Siena 2009
- Klein, *Greek mathematical Thought and the origin of Algebra*, Dover 1965