Università di Udine, Facoltà di Scienze della Formazione

Corso di Storia della Scienza (10)
Descartes.
Newton: la gravitazione e l'ottica

Universitas
Studiorum
Utinensis

Giorgio T. Bagni
Dipartimento di Matematica e Informatica
Università di Udine
bagni@dimi.uniud.it
www.syllogismos.it

René Descartes (Cartesio)

- La ricerca, perseguita da **René Descartes** (Cartesio, 1596-1650), di un **metodo generale per raggiungere la verità nelle scienze** portava all'attribuzione di un ruolo centrale alla fisica meccanica.
- Conseguentemente, la matematica venne ad assumere nelle speculazioni cartesiane un ruolo di primissimo piano, per le potenzialità di oggettività e di rigore.

Descartes e il meccanicismo

- Con il termine **meccanicismo** si indicano le concezioni che legano i fenomeni naturali alla materia e al movimento.
- La legge universale, per Descartes, si basa sulla persistenza: **ogni cambiamento deve avvenire per effetto dell'incontro con altri corpi.**
- Ad esempio il movimento, creato da Dio, è modificato o trasmesso solo per effetto dell'incontro di corpi.
- Anche i processi biologici sono, in questa concezione, spiegati analogamente ai fenomeni fisici. Questo approccio portò all'**interpretazione dei fenomeni fisiologici dal punto di vista fisico-chimico.**

Descartes tra Galileo e Newton

- "È vero che Descartes fu uno dei maggiori matematici del Seicento, e che, in quanto tale, esercitò su Newton un'influenza maggiore di quella che l'autore dei *Principia* sarebbe mai stato disposto ad ammettere.
- Ma è altrettanto vero che **la fisica di Descartes era lontana sia dalla matematica di stampo newtoniano, sia dalla sperimentazione accoppiata alla dimostrazione geometrica che stava alla radice dell'impresa galileiana**" (Bellone, 1990, p. 49).

Descartes e la geometria analitica

- François Viète (1540-1603) si occupò della possibilità di impiegare l'algebra per la risoluzione di problemi geometrici.
- Ma la svolta decisiva per la nascita della geometria delle coordinate (o "geometria analitica") ebbe luogo nel XVII secolo: nel 1637 fu pubblicato il *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences* di Descartes.
- Nell'appendice intitolata *La Géométrie* (l'unica opera matematica del filosofo francese) veniva descritta la possibilità di **rappresentare graficamente equazioni** indeterminate.

Descartes e la geometria analitica

- Osserva D.J. Struik: "Descartes pubblicò la sua *Géométrie* come un'applicazione del suo **metodo generale di unificazione**, in questo caso unificazione di algebra e geometria. I meriti del libro, secondo il punto di vista comunemente accettato, consistono soprattutto nella creazione della cosiddetta geometria analitica. È vero che in seguito questa parte della Matematica si è evoluta sotto l'influenza del libro di Descartes, ma non si può considerare la *Géométrie* in sé come il primo manuale su questo argomento. Non vi si trovano assi 'cartesiani' e non vi sono derivate le equazioni della retta e delle sezioni coniche" (Struik, 1981, p. 134).

Fermat e la geometria analitica

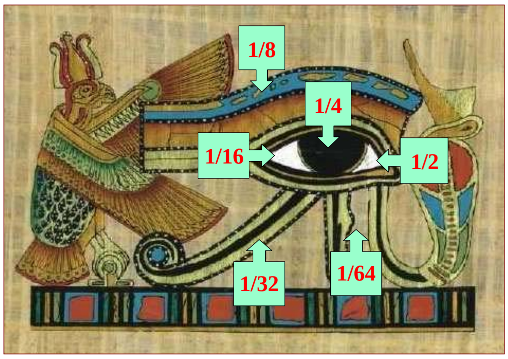
- Molto importante, per lo studio delle radici storiche della moderna geometria delle coordinate, è l'opera *Ad locos planos et solidos isagoge* di **Pierre de Fermat** (1601-1665), pubblicata postuma nel 1679 (ma originale rispetto alle ricerche di Descartes, essendo stata scritta nel 1629, ovvero otto anni prima della pubblicazione del *Discours de la méthode*).
- La ricerca di Fermat (al pari di quella cartesiana) fu coronata dal successo anche perché i matematici del Seicento, a differenza dei loro predecessori (anche ben più prossimi rispetto ai lontani Greci, come Nicola d'Oresme), potevano disporre di **strumenti algebrici adeguati.**

Fermat e la geometria analitica

- L'indagine di Fermat si mantenne sempre vicina allo spirito della ricerca di Apollonio.
- A Pierre de Fermat deve essere ricondotto il principio fondamentale della geometria analitica (1636), secondo il quale **un'equazione in due incognite individua un luogo (una retta o una curva).**
- Anche la possibilità di semplificare l'equazione di una stessa curva mutando opportunamente la posizione degli assi fu un'intuizione di questo grande matematico (tuttavia Descartes aveva osservato che il grado di una curva è indipendente dalla scelta del riferimento).

La storia del *Calcolo Sublime*
Solo due grandi protagonisti?

Radici antichissime: l'occhio di Horus



Gli Egiziani e le (prime) potenze di 1/2

- (1/2) + (1/4) +
  + (1/8) + (1/16) +
  + (1/32) + (1/64) =
  = **1!**

  Il risultato esatto sarebbe: 63/64 (cioè: 1–1/64).

- Un primo abbozzo di procedimento "infinitesimale", **ma interrotto quando le quantità coinvolte diventano "troppo piccole" (minori di 1/64).**
- **Contesto culturale**: tutto ciò è in perfetto accordo con lo spirito della matematica egizia, supporto per gli ingegneri più che ricerca teorica vera e propria.

Il mito dell'occhio di Horus consente una riflessione matematica

- Riprendiamo l'esempio, ma… senza fermarci:
  ad una "addizione di **infiniti** addendi", intuitivamente, è sempre associata una somma **infinitamente grande**.
- Infatti se addizioniamo **tutte le potenze di un numero positivo** (ad esempio di 2):
  1+2+4+8+16+32+64+…
  superiamo ogni $k>0$, qualsiasi sia il k considerato.
- **Ma se quel numero è invece minore di 1?**
  1+(1/2)+(1/4)+(1/8)+(1/16)+(1/32)+(1/64)+…

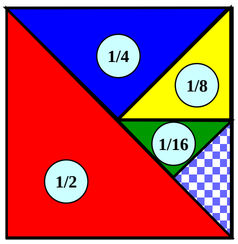
Riflettiamo sull’ultimo esempio

- **1+(1/2)+(1/4)+(1/8)+(1/16)+(1/32)+(1/64)+…** supera ogni *k*>0, qualsiasi sia il *k* considerato?
- **La risposta è no**. Basta *k* = 2: la somma non supererà mai 2, qualsiasi sia il numero di addendi considerati:

1	per arrivare a 2 dovremmo aggiungere 1 aggiungiamo **la metà** di ciò che manca: **1/2**
1+1/2	per arrivare a 2 dovremmo aggiungere 1/2 aggiungiamo **la metà** di ciò che manca: **1/4**

e via di seguito: aggiungiamo **sempre la metà di ciò che manca… quindi non supereremo mai 2!**

Completiamo la “scomposizione” dell’occhio di Horus



- Quello rosso è un triangolo rettangolo isoscele con il **cateto unitario**.
- Qual è la sua area? **1/2**
- E del triangolo blu? **1/4**
- E del triangolo giallo? **1/8**
- E del verde? **1/16**
- **E proseguendo così?**
- Possiamo dunque affermare: (1/2)+(1/4)+(1/8)+(1/16)+(1/32)+(1/64)+(1/128)+…≤1 anzi, più addendi consideriamo, più ci avviciniamo a **1**.

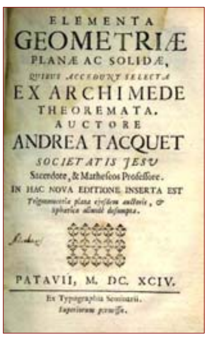
Un altro antico esempio per una riflessione epistemologica

- **Per superare l’idea (errata!) “infiniti addendi, somma infinita”** ci riferiremo a Zenone d’Elea (490-430 a.C.) e al paradosso di Achille e della Tartaruga.
- Tale paradosso può portare ad una serie geometrica **convergente**: una “addizione con infiniti addendi” la cui **somma non supera, per quanti addendi si considerino, un numero finito**.
- Riflettendo sulla rincorsa di Achille alla Tartaruga, infatti, **calcoleremo la somma (finita) di tutte le (infinite) potenze di 1/10.**

Zenone, Achille e la Tartaruga

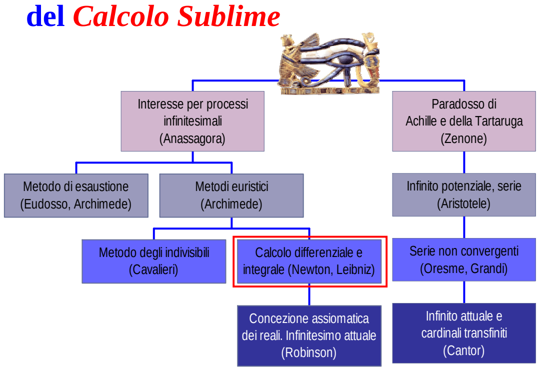
- **A.** concede 1 m di vantaggio a **T.** ed è 10 volte più veloce di essa.
- Quando **A.** avrà raggiunto la posizione iniziale di **T.**, **T.** avrà percorso nuovamente 0,1 m.
- Raggiunta poi questa seconda posizione, **A.** avrà ancora un distacco di 0,01 m, etc.
- In tutto, **A.** percorrerà dunque: 1+0,1+0,01+0,001+... = 1,111…
- **Dopo 1,2 m A. avrà superato T.!**
- **1+1/10+1/100+1/1000+... = 10/9**

Torniamo nel Seicento: finito e infinito

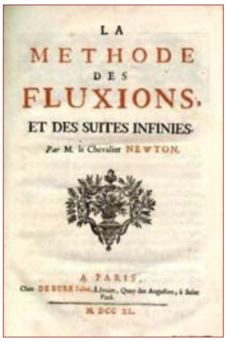

ELEMENTA
GEOMETRIÆ
PLANÆ AC SOLIDÆ,
EX ARCHIMEDE
THEOREMATA.
AUCTORE
ANDREA TACQUET
SOCIETATIS JESU
Sacerdote, & Matheseos Professore.
IN HAC NOVA EDITIONE INSERTA EST
PATAVII, M. DC. XCIV.
Ex Typographia Seminarii.

- Andrea Tacquet notava:
- “**Con facilità si passa da una progressione finita alla progressione infinita**. E c’è da stupirsi che gli Aritmetici che conoscevano il teorema sulle progressioni finite abbiano ignorato quello sulle progressioni infinite, che si deduce immediatamente”.

La storia “non sequenziale” del *Calcolo Sublime*



Newton e Leibniz



- La messa a punto dei principali concetti e dei procedimenti dell’analisi infinitesimale, almeno per quanto riguarda la loro interpretazione seicentesca, fu opera di **Isaac Newton** (1642-1727) e di **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716).

Newton e Leibniz

- Cronologicamente, Newton lavorò sul metodo diretto ed inverso delle flussioni a partire dal 1665, ma ritardò la diffusione dei propri risultati; pubblicò *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1686-1687) e *Tractatus de quadratura curvarum* (1704).
- L’opera *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* fu pubblicata soltanto postuma nel 1736. **Con i lavori di Newton il calcolo poteva essere considerato concettualmente a punto.**
- **Ma sarà Leibniz che darà ordine di metodo ed introdurrà una simbologia efficace.**

Newton fisico e matematico

- “Le differenze tra Leibniz e Newton spiegano la diversa influenza che i due pensatori hanno esercitato sullo sviluppo della scienza. Leibniz tende sistematicamente alla generalità, (…) Newton –mente inglese, portata alla considerazione del particolare concreto– lavora di solito sopra esempi tratti dal campo algebrico, (…) ma proprio questi esempi portano a questioni che esorbitano dalla generalità leibniziana" (Enriques, 1938, p. 63).
- L’impostazione newtoniana del Calcolo superava nettamente in flessibilità ed in profondità quella attribuita alla matematica greca che riguardava **questioni statiche e non cinematiche**.

Newton e la gravitazione

- “Se la vaga concezione di una forza attrattiva governatrice dei movimenti celesti, la quale era per così dire nell’aria durante la seconda metà del secolo XVII, poté mutarsi nella solida teoria della gravitazione universale, fu perché **Newton disponeva di un ordigno matematico delicato e rigoroso**, cioè il calcolo delle flussioni; in tal modo alla *geometria del cielo*, in cui s’illustrarono gli astronomi greci, poté venire aggiunta la *meccanica celeste*, scienza ben meritevole dell’epiteto di *sublime*, in quanto permette non soltanto di spiegare, ma di preannunziare i fenomeni aventi per teatro il cielo” (Loria, 1938, p. 136).

L’ottica di Newton

- Secondo Newton la luce ha natura **corpuscolare**.
- Invece secondo altri (Hooke, Huygens) la natura della è **ondulatoria**, collegata alla vibrazione meccanica di un mezzo (ad esempio: l’etere cosmico).
- Dal punto di vista metodologico, entrambe le impostazioni erano **basate su risultati sperimentali** (per Newton la dispersione della luce bianca).
- Il supporto matematico non era però sufficiente a superare le difficoltà.
- Inizialmente venne preferito l’approccio corpuscolare; all’inizio del XIX secolo (Fresnel) prevalse l’impostazione ondulatoria.

A tutti grazie dell’attenzione