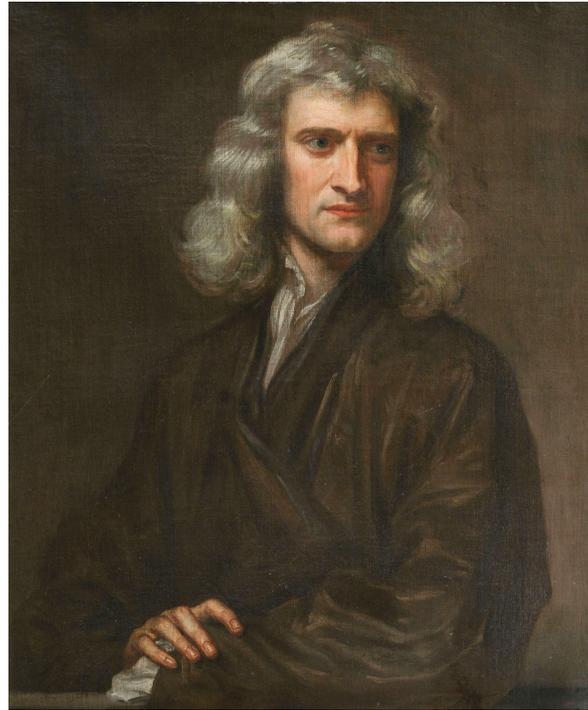


## SIR ISAAC NEWTON

Woolsthorpe, 25.12.1642 - Londra, 20.03.1727



Portrait of Newton at 46 by Godfrey Kneller, 1689

### BIOGRAFIA

#### □ La giovinezza

Non conobbe mai il padre, Isaac anch'egli, un proprietario terriero, analfabeta, che morì tre mesi prima della sua nascita. La madre Hannah si risposò con un pastore anglicano e lui fu affidato ai nonni materni. Praticamente trattato da orfano ebbe un'infanzia infelice, non menzionò mai il nonno in tutta la sua vita e covò un grande rancore verso la madre e il patrigno.

Frequentò la scuola elementare a Grantham senza mostrare grandi doti, venne anzi descritto come pigro e disattento, per cui la madre lo ritirò e lo avviò a lavorare nelle sue tenute, ma anche per questo non mostrò alcun interesse.

Uno zio convinse la madre che era adatto per l'università e quindi nel 1660 poté riprendere gli studi interrotti alla Grammar School di Grantham dove alloggiava presso il Direttore della scuola. Ci sono molti aneddoti sulla sua abilità manuale nei lavori meccanici o

nel disegno, ma dovuti a biografi posteriori senza molti riscontri oggettivi. Sembra invece che fosse già solitario, scontroso ed anche manesco, caratteristiche che lo accompagneranno per tutta la vita.

Nel 1661 entrò al **Trinity College di Cambridge**, più anziano dei suoi compagni di corso, e per pagarsi parzialmente le spese, nonostante la madre fosse benestante, era servitore di un Fellow.

Oltre all'obbligatorio e dominante Aristotele studiò la filosofia di Cartesio, Hobbes ma anche Boyle e Galileo e l'Ottica di Keplero.

Nei suoi primi anni a Cambridge sappiamo che comprò molti libri, fino a possedere una biblioteca di quasi 2000 volumi che spaziano su tutte le discipline, ma specialmente filosofia naturale e teologia.

Nel 1663 cominciò a studiare seriamente matematica: la geometria di Euclide ma anche Cartesio e la nuova algebra e geometria analitica di Viète e l'algebra di Wallis che gli ispirò il suo primo lavoro sull'area delle sezioni paraboliche e iperboliche.

Nel 1664 ottenne il titolo di *scholar* che prevedeva una borsa di studio e nel 1665 ottenne la laurea (B.A.), ma nell'estate l'Università fu chiusa per la peste, dovette tornare a casa in campagna e, come scriverà più tardi,

*tutto ciò avvenne nei due anni della peste del 1665 e del 1666, poiché in quei giorni ero nel fiore dell'età creativa e attendevo alla Matematica e Filosofia più di quanto abbia mai fatto in seguito.*

Quello che avvenne è lui stesso a dircelo:

*trovai il metodo delle approssimazioni delle serie e la regola per ridurre un qualunque esponente di un binomio qualsiasi a tali serie [il binomio di Newton], lo stesso anno trovai il metodo delle tangenti e il metodo diretto delle flussioni e l'anno dopo il metodo inverso delle flussioni [il calcolo delle derivate ed integrali], e la Teoria dei colori e nello stesso anno cominciai a pensare alla gravità che si estende all'orbita della luna e... dedussi che le forze che trattengono i pianeti nelle loro orbite devono essere reciprocamente come i quadrati delle loro distanze dai centri intorno ai quali ruotano... [la gravitazione universale].*

Quindi a 25 anni ha già tutto, almeno in testa, di quelle rivoluzionarie scoperte che lo renderanno famoso.

Quando nel 1667 tornò a Cambridge, era senz'altro il più avanzato matematico in Europa, ma non aveva scritto nulla!

## □ La maturità

Il **calcolo differenziale e integrale** fu elaborato ed esposto nelle tre opere:

1• *De analysis per aequationes numero terminorum infinitas*, scritto nel **1669**, ma pubblicato nel **1711**;

2• *Methodus fluxionum et serierum infinitarum* (citato anche come *De Methodis Serierum et Fluxionum*) scritto nel **1671**, ma pubblicato postumo nell'edizione tradotta in inglese del **1736** e poi nel **1742**.

Nel 1668 ottenne il Master, fu eletto *Fellow* del Trinity College e **Isaac Barrow**, professore lucasiano di matematica, tentò di far conoscere i risultati di Newton mandando lavori manoscritti all'editore Collins che li mostrò alla *Royal Society*. Quando poi Barrow si dimise raccomandò che il suo successore fosse proprio Newton che prese servizio nel **1669**.

Il suo primo corso fu sull'ottica e in esso espose i suoi esperimenti con i prismi, le sue idee sulla luce, e la dimostrazione dei vantaggi di un telescopio riflettore.

Dopo aver donato proprio un telescopio a specchio (ora chiamato *newtoniano*), fu ammesso come membro della *Royal Society* nel 1672 e pubblicò nelle *Philosophical Transactions* i suoi primi lavori di ottica che trovarono però l'opposizione di **Hooke** e **Huygens**.

Questi contrasti lo spinsero ancor di più nel suo isolamento e rittrosia nello scrivere. Nel suo carattere si evidenziavano due contrastanti spinte, l'ambizione di fama e riconoscimenti e la paura delle critiche, così spesso sceglieva la comoda via di fuga di non rendere pubblico nulla.

Le relazioni con Hooke, segretario e curatore degli esperimenti della *Royal Society*, si deteriorarono ancora di più nel 1675 con reciproche accuse di plagio e Newton non inviò più lavori alla *Royal Society*.

Solo dopo la morte di Hooke pubblicò le sue ricerche sulla luce nel trattato

- *Opticks* (**1704**).

In appendice a questo trattato, viene pubblicata la terza esposizione riguardo al calcolo infinitesimale:

- 3• *De quadratura curvarum*, scritto nel **1676**, pubblicato nel **1704**.

Un'altra importante appendice dell'*Opticks* fu un altro lavoro matematico:

- *Enumeratio Linearum Tertii Ordinis*, scritto prima del **1676**, pubblicato nel **1704**.

Fin dall'inizio della geometria analitica - in particolare con la *Géométrie* di Descartes (1637), che Newton studiò attentamente nella sua traduzione latina (1659-61) - i matematici europei si interessarono alla rappresentazione algebrica delle curve piane. Come hanno mostrato Descartes e John Wallis, le sezioni coniche possono essere rappresentate da equazioni polinomiali di secondo grado in due variabili (in coordinate cartesiane) e Newton studiò la trattazione algebrica di Wallis (Oxford, 1656).

Newton si chiede come muovere un ulteriore passo avanti e studiare i grafici delle funzioni polinomiali di terzo grado.

*L'Enumeratio Curvarum Trium Dimensionum* è stato probabilmente scritto nel 1667-8. Newton utilizza ampiamente gli assi cartesiani (cosa che Descartes non aveva fatto) e non ha scrupoli nell'usare coordinate negative. Nella sua classificazione delle cubiche (alla fine le dividerà in 72 "specie", altre 6 sono stati aggiunti in seguito da James Stirling, Francois Nicole e Nicolaus I Bernoulli), Newton mostra una piena padronanza dell'algebra e del calcolo, ma ha anche profonde intuizioni sulla geometria proiettiva. Afferma che tutte le curve cubiche possono essere ottenute proiettando centralmente le cinque "parabola divergenti", come tutte le coniche possono essere ottenute proiettando la circonferenza. Qui Newton mostra anche la sua destrezza nel disegnare accuratamente le curve cubiche piane.

#### □ Il capolavoro

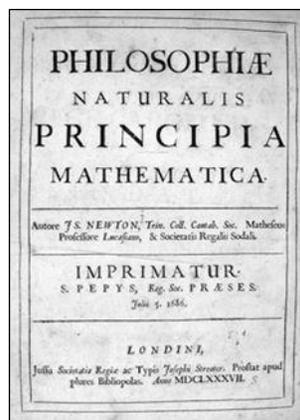
Nel 1678 soffrì di un esaurimento nervoso e l'anno dopo, anche a causa della morte della madre, si chiuse ancora di più in se stesso evitando anche apparizioni pubbliche.

Dopo le pretese di Hooke di avere trovato la legge della forza di gravitazione, nel 1686 l'astronomo **Edmund Halley** convinse Newton a scrivere un trattato completo della sua meccanica e delle applicazioni all'astronomia, e lo finanziò pure. Così nel **1687** fu pubblicato

- *Philosophiae naturalis principia mathematica*,

universalmente noto come *Principia*, considerato il più importante libro scientifico di tutti i tempi. In esso, oltre ai tre "assiomi" noti come *principi della dinamica*, viene analizzato il moto dei corpi sotto l'azione di forze, trattando corpi orbitanti, proiettili, pendolo, caduta libera sotto l'azione della gravità e viene enunciata la *legge di gravitazione universale*.

L'accoglienza in Europa, ancora dominata dalla visione cartesiana, fu tiepida e l'importanza del libro sarà riconosciuta solo in epoca illuminista soprattutto dopo la grande propaganda di **Voltaire**. Da allora in poi sempre di più l'aggettivo "newtoniano" si accompagnerà alla fisica stessa anche se la meccanica cosiddetta newtoniana sarà opera di numerosi altri, da **Euler** ai **Bernoulli**, a **Lagrange** e **Laplace**.



Quando il re cattolico Giacomo II cominciò a pretendere di avere diritti anche sulle elezioni alle cattedre universitarie e persino sugli esami e imporre nomine di cattolici, Newton da fervente protestante (in effetti secondo le regole avrebbe dovuto prendere i voti per avere diritto al titolo di Fellow in un College, ma ottenne una dispensa che lo preservò da molti guai essendo la sua visione religiosa non molto in linea con la chiesa anglicana) si oppose con tutto il suo prestigio a questo attacco all'indipendenza dell'Università.

Guglielmo di Orange, chiamato dai protestanti, dopo aver messo in fuga Giacomo fu proclamato Re nel 1689. In quell'anno Newton fu **eletto al Parlamento** in rappresentanza dell'Università di Cambridge e cominciò a frequentare l'ambiente di Londra.

Era al culmine della gloria quando ebbe un altro esaurimento nervoso, le cui cause sono ancora discusse, se dovuto a problemi personali o religiosi o persino ad avvelenamento a causa delle sue ricerche alchimistiche; si trattò comunque di una depressione che gli impedì di lavorare per anni.

#### □ La fama e gli onori

Nel **1696** decise di accettare l'offerta di un incarico governativo diventando **Governatore della Zecca Reale** e poi Direttore nel 1699 anche se mantenne la cattedra a Cambridge per qualche anno. Tale incarico era poco più che onorifico, e Newton con l'appannaggio

e le rendite delle sue tenute poteva considerarsi ricco, ma mise tutto il suo impegno nel lavoro alla Zecca, soprattutto per introdurre nuove tecniche (come la zigrinatura del bordo delle monete) e nel combattere le falsificazioni con grande energia e rigore (conducendo personalmente le indagini e l'accusa al processo, fece condannare una decina di falsari alla pena capitale).

Nel **1703**, scomparso Hooke, fu eletto Presidente della *Royal Society*, poi sempre rieletto fino alla sua morte, e nel **1705** ebbe il titolo nobiliare, primo ad essere proclamato *Sir* per meriti scientifici (ma forse più per il lavoro alla Zecca).

In questo periodo lavorò alle successive edizioni dei *Principia*, sempre con aggiunte e commenti, ma non produsse nessun nuovo lavoro scientifico.

Fu coinvolto in un'aspra polemica con **Leibniz** sulla priorità dell'invenzione del calcolo infinitesimale e usò la sua carica di Presidente della *Royal Society* per far nominare una commissione imparziale(!) che riconoscesse i suoi diritti. Scrisse anche il rapporto finale della commissione, ovviamente senza firmarlo! Leibniz lo attaccò duramente, gettando dubbi sulla paternità della teoria della gravitazione, e mettendo in evidenza le sue idee religiose poco ortodosse, in sostanza accusandolo di eresia e di appartenere alla società segreta dei Rosacroce (il che peraltro era vero per quasi tutta la *Royal Society*).

Queste polemiche, continuate anche dopo la morte di Leibniz nel 1716, rallentarono la diffusione dell'opera di Newton in continente e congelarono anche i rapporti tra i matematici inglesi ed europei per più di un secolo.

Negli ultimi anni si dedicò agli amati studi storici e cronologici, soprattutto sui libri biblici, e a speculazioni teologiche, ma anche all'alchimia mai abbandonata. Su questi argomenti molti suoi trattati sono stati pubblicati postumi, ma la grande mole di manoscritti fu tenuta segreta dagli eredi per paura di accuse di eresia e per non intaccare l'immagine del Newton scienziato che si era ormai affermata, e solo in anni molto recenti è stata esaminata dagli studiosi.

Conduceva una vita sobria e schiva, generoso coi pochi amici e molto rigido con i nemici, non si sposò mai ed anzi gli si riconosce solo un giovanile innamoramento, visse nella casa di Jermyn Street a Londra con i nipoti. Morì nel **1727**.

Fu sepolto con grandi onori a **Westminster Abbey** a Londra.

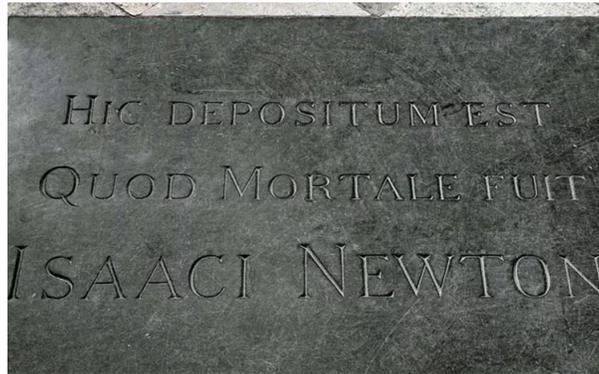
## LA SEPOLTURA

Newton died unmarried at Kensington on 20th March 1727 and was buried in Westminster Abbey on 28th March. Before the funeral his body lay in state in the Jerusalem Chamber (a room in the Deanery) and his coffin was followed to its grave by most of the Fellows of the Royal Society. The Lord Chancellor, the Dukes of Montrose and Roxburgh and the Earls of Pembroke, Sussex and Macclesfield were pall bearers. The Hon. Sir Michael Newton was chief mourner (*London Journal* 8 April 1727)

Newton's grave is in front of the choir screen, close to his monument. The Latin inscription on it reads:

*Hic depositum est, quod mortale fuit Isaaci Newtoni*

This may be translated as: "Here lies that which was mortal of Isaac Newton".



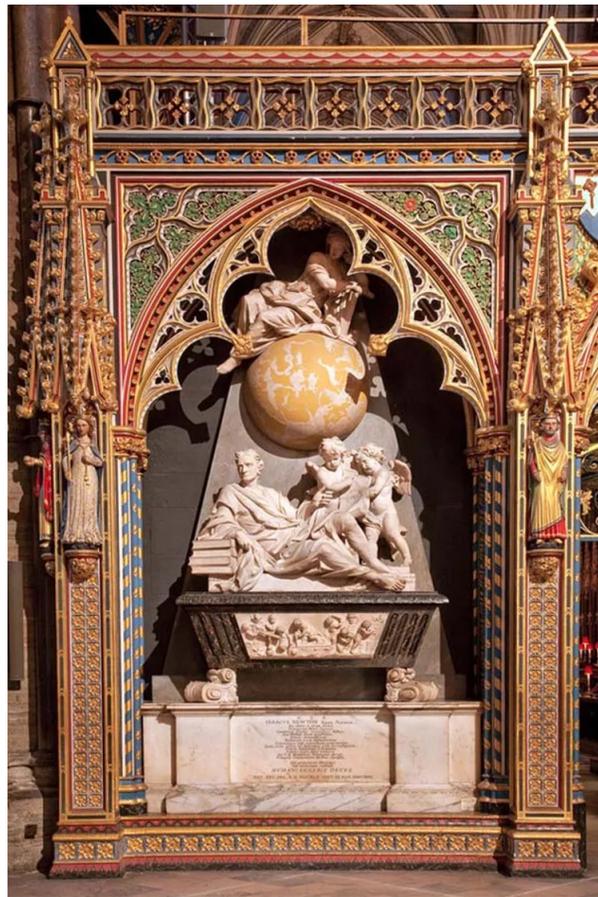
### *Newton's monument*

Newton's monument stands in the nave against the choir screen, to the north of the entrance to the choir. It was executed by the sculptor Michael Rysbrack (1694-1770) to the designs of the architect William Kent (1685-1748). It was finished in August 1730 and unveiled the following year.

The monument is of white and grey marble. Its base bears a Latin inscription and supports a sarcophagus with large scroll feet and a relief panel. The relief depicts boys using instruments related to Newton's mathematical and optical work. One has a telescope, one is looking through a prism and another is balancing the Sun and planets on a steel yard. Others depict Newton's activities as Master of the Mint (producing coin of the realm) - the figures carry pots of coins and an ingot (bar) of metal is being put into a furnace.

Above the sarcophagus is a reclining figure of Newton, in classical costume, his right elbow resting on several books representing his

great works. They are labelled (on the fore-edges) 'Divinity', 'Chronology', 'Opticks' [1704] and 'Philo. Prin. Math' [Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, 1686-7]. With his left hand he points to a scroll with a mathematical design shown on it (the 'converging series'), held by two standing winged boys. The painting on this scroll had been erased or cleaned off in the early 19th century and was re-painted in 1977 from details in Newton's manuscripts. The background is a pyramid on which is a celestial globe with the signs of the Zodiac, of the constellations, and with the path of the comet of 1680. On top of the globe sits a figure of Urania (the muse of Astronomy) leaning upon a book. On either end of the base is his coat of arms, two shinbones in saltire, within a decorative cartouche.



The monument originally stood out against the flat front of the choir screen, but was enclosed within the present decorative arch when Edward Blore re-modelled the screen in 1834. Inscription

The inscription reads:

H. S. E. ISAACUS NEWTON Eques Auratus, / Qui, animi vi prope  
 divinâ, / Planetarum Motus, Figuras, / Cometarum semitas, Oceanique  
 Aestus. Suâ Mathesi facem praeferente / Primus demonstravit: / Radio-  
 rum Lucis dissimilitudines, / Colorumque inde nascentium proprietates, /  
 Quas nemo antea vel suspicatus erat, pervestigavit. / Naturae, Antiqui-  
 tatis, S. Scripturae, / Sedulus, sagax, fidus Interpres / Dei O. M. Maje-  
 statem Philosophiâ asseruit, / Evangelij Simpliciter Moribus expressit.  
 / Sibi gratulentur Mortales, / Tale tantumque exstitisse / HUMANI GE-  
 NERIS DECUS. / NAT. XXV DEC. A.D. MDCXLII. OBIIT. XX. MAR.  
 MDCCXXVI

This can be translated as follows: *Here is buried Isaac Newton, Knight, who by a strength of mind almost divine, and mathematical principles peculiarly his own, explored the course and figures of the planets, the paths of comets, the tides of the sea, the dissimilarities in rays of light, and, what no other scholar has previously imagined, the properties of the colours thus produced. Diligent, sagacious and faithful, in his expositions of nature, antiquity and the holy Scriptures, he vindicated by his philosophy the majesty of God mighty and good, and expressed the simplicity of the Gospel in his manners. Mortals rejoice that there has existed such and so great an ornament of the human race! He was born on 25th December 1642, and died on 20th March 1726.*

The date of death is given in contemporary Old Style dating, which in present dating is 1727.

The poet Alexander Pope had written an epitaph for Newton but this was not allowed to be put on the monument in the Abbey

*Nature and Nature's laws lay hid in night:  
 God said, Let Newton be! and all was light*

## BINOMIO DI NEWTON

La formula che esprime le potenze naturali di un binomio è ben nota per  $n \in \mathbb{N}$  (Cardano, Fermat...) e suggerita per potenze razionali (Stevin, Wallis...):

$$(a + b)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} a^{n-k} b^k.$$

Chiaramente, la validità di questa formula è equivalente a quella in una sola variabile:

$$(1 + x)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k.$$

Newton generalizza a esponente "reale":

$$(1+x)^\alpha = 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{6} x^3 + \dots + \binom{\alpha}{k} x^k + o(x^k)$$

## IDENTITÀ DI NEWTON

Consideriamo il polinomio monico

$$p(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-1} x + a_n$$

e supponiamo abbia  $n$  radici (non necessariamente distinte)

$$x_1, x_2, \dots, x_n.$$

Per ogni  $k \geq 0$ , denotiamo la somma delle loro potenze  $k$ -esime con

$$S_k = \sum_{i=1}^n x_i^k.$$

Già il francese Albert Girard nel 1629 trova le seguenti relazioni

$$S_1 = -a_1$$

$$S_2 = -a_1 S_1 - 2a_2 = a_1^2 - 2a_2$$

$$S_3 = -a_1 S_2 - a_2 S_1 - 3a_3 = -a_1^3 + 3a_2 a_1 - 3a_3.$$

Newton intuisce e dimostra la formula generale per ogni  $k < n$ :

$$S_k + a_1 S_{k-1} + a_2 S_{k-2} + \dots + a_n S_{n-k} + \dots + k a_k = 0.$$

Ricorsivamente, si può esprimere  $S_k$  in funzione dei coefficienti e delle somme precedentemente calcolate.

I casi in cui  $k > n$  o  $k < 0$  possono essere trattati con opportuni artifici.

## METODO DI NEWTON O METODO DELLE TANGENTI

Il matematico francese **François Viète** presentò nel 1600 un metodo, già noto nel 1427 da **al-Kashi**, per la ricerca degli zeri di un polinomio attraverso una perturbazione di una sua soluzione approssimata. Newton nel 1669 scoprì autonomamente un metodo per la ricerca degli zeri di una funzione.

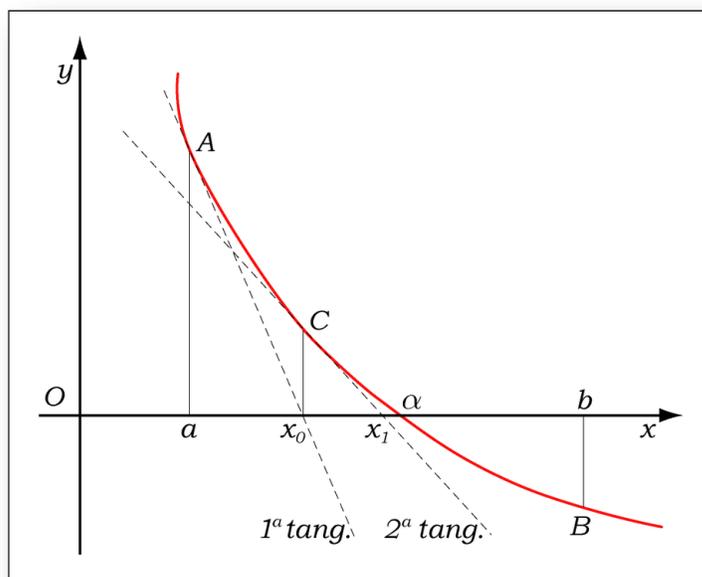
Il *Metodo di Newton* – detto anche *delle tangenti* – è un metodo iterativo in generale molto efficiente (quando funziona) per calcolare gli zeri di una funzione.

Supponiamo che  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  sia una funzione derivabile, con derivata continua (in realtà dovremmo assumere ulteriori ipotesi...), e supponiamo di sapere che  $f$  si annulla in un punto  $\alpha$  nell'intervallo  $[a, b]$ .

La retta tangente al grafico di  $f$  nel punto  $A(a, f(a))$  ha equazione

$$y - f(a) = f'(a)(x - a).$$

Intersechiamo tale retta con l'asse delle  $x$  e denotiamo con  $x_0$  tale punto:



Chiaramente  $x_0$  è soluzione del sistema

$$\begin{cases} y - f(a) = f'(a)(x - a) \\ y = 0 \end{cases} \Rightarrow x_0 = a - \frac{f(a)}{f'(a)}.$$

Ora ripetiamo il procedimento e consideriamo la la retta tangente al grafico di  $f$  nel punto  $C(x_0, f(x_0))$ ; tale retta ha equazione

$$y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0)$$

e interseca l'asse delle  $x$  nel punto  $x_1$ , dove

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}.$$

Iterando il procedimento, si costruisce la successione

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}.$$

Si prova che

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \alpha.$$