

# COSA FANNO I MATEMATICI ALL'UNIVERSITÀ?

Marco Abate



*Pisa, 21 aprile 2021*

# Università di Pisa: Dipartimenti

Fisica	Ingegneria civile e industriale
Informatica	Ingegneria dell'energia, dei sistemi, del territorio e delle costruzioni
Matematica	Ingegneria dell'informazione
Scienze della terra	Medicina clinica e sperimentale
Biologia	Patologia chirurgica, medica, molecolare e dell'area critica
Chimica e chimica industriale	Ricerca traslazione e delle nuove tecnologie in medicina e chirurgia
Farmacia	Scienze veterinarie
Scienze agrarie, alimentari e agro-ambientali	Economia e management
Civiltà e forme del sapere	Giurisprudenza
Filologia, letteratura e linguistica	Scienze politiche

# Università di Pisa: Dipartimenti

Fisica	Ingegneria civile e industriale
Informatica	Ingegneria dell'energia, dell'ambiente, dell'edilizia e delle costruzioni
Matematica	Ingegneria dell'informazione
Scienze della terra	Medicina clinica e sperimentale
Biologia	Patologia chirurgica, medica, molecolare e dell'area critica
Chimica e chimica industriale	Ricerca traslazionale e delle nuove tecnologie in medicina e chirurgia
Farmacia	Scienze veterinarie
Scienze agrarie, alimentari e agro-ambientali	Economia e management
Civiltà e forme del sapere	Giurisprudenza
Filologia, letteratura e linguistica	Scienze politiche

# Università di Pisa: Dipartimenti

Settore 1	Fisica	Ingegneria civile e industriale	Settore 4
	Informatica	Ingegneria dell'energia, dei sistemi, dell'automazione e delle costruzioni	
	<b>MATEMATICA</b>	Ingegneria dell'informazione	
	Scienze della terra	Medicina clinica e sperimentale	
Settore 2	Biologia	Patologia chirurgica, medica, molecolare e dell'area critica	Settore 3
	Chimica e chimica industriale	Ricerca traslazionale e delle nuove tecnologie in medicina e chirurgia	
	Farmacia	Scienze veterinarie	
	Scienze agrarie, alimentari e agro-ambientali	Economia e management	
Settore 5	Civiltà e forme del sapere	Giurisprudenza	Settore 6
	Filologia, letteratura e linguistica	Scienze politiche	

# Corsi di laurea e di laurea magistrale (del Settore Culturale I)

**Fisica**

**Fisica**

**Informatica**

**Informatica**

**Informatica e networking**

**Data science and business informatics**

**MATEMATICA**

**MATEMATICA**

**Scienze e tecnologie geologiche**

**Scienze geologiche**

**Geofisica di esplorazione e applicata**

**Scienze ambientali**

**Scienze per la  
pace:  
cooperazione  
internazionale e  
trasformazione  
dei conflitti**

**Scienze  
naturali e  
ambientali**

**Informatica  
umanistica**

**Informatica  
umanistica**

**Cybersecurity**

**Scienze per la  
pace:  
trasformazione  
dei conflitti e  
cooperazione allo  
sviluppo**

**Scienze per la formazione primaria**

# Dove si possono trovare i Matematici?

- *Quasi tutti nel Dipartimento di Matematica, ma qualcuno anche nei dipartimenti di Informatica, Ingegneria, Agraria ed Economia (gli statistici).*
- *In decine di corsi di laurea e laurea magistrale (incluso il corso di Tecniche di allevamento animale e educazione cinofila).*

# Che tipo di Matematici?

- Studenti
- Dottorandi
- Assegnisti, borsisti e simili
- Ricercatori (a tempo indeterminato e a tempo determinato)
- Professori associati
- Professori ordinari

# La carriera di un Matematico in università





# Ricercatore: giovane praticante

- *Assunto per concorso: titoli e colloquio (scientifico)*
- *Due contratti triennali*
- *Deve principalmente fare ricerca*
- *Deve secondariamente insegnare*
- *Può occuparsi di terza missione (divulgazione, trasferimento tecnologico, rapporti con il territorio...)*
- *Stipendio iniziale: circa 1500 euro netti mensili*

# Professore associato: esperto

- Richiede l'abilitazione al ruolo
- Assunto per concorso: *curriculum e titoli*
- *Deve principalmente fare ricerca*
- *Deve principalmente insegnare*
- *Deve secondariamente amministrare*
- *Può occuparsi di terza missione (divulgazione, trasferimento tecnologico, rapporti con il territorio...)*
- *Stipendio iniziale: circa 2200 euro netti mensili*

# Professore ordinario: professionista

- Richiede l'abilitazione al ruolo
- Assunto per concorso: *curriculum e titoli*
- Deve *principalmente fare ricerca (50%)*
- Deve *principalmente insegnare (50%)*
- Deve *principalmente amministrare (50%)*
- Può occuparsi di *terza missione* (divulgazione, trasferimento tecnologico, rapporti con il territorio...)
- *Stipendio iniziale: circa 3100 euro netti mensili*

# Cosa vuol dire amministrare?

La ricerca ha bisogno di *finanziamenti*:

- per comprare strumentazione (computer, software,...)
- per invitare altri matematici e organizzare convegni
- per visitare altre università e partecipare a convegni
- per pagare borse di studio e assegni di ricerca

I finanziamenti vanno *richiesti* e *gestiti*.

# Cosa vuol dire amministrare?

La didattica ha bisogno di *organizzazione*:

- quali corsi e insegnamenti attivare, quando, affidati a chi
- piani di studio e curricula
- orientamento, tirocini e contatti con l'esterno
- gestione di aule, laboratori e biblioteche
- (auto)valutazione della qualità

I corsi di laurea, laurea magistrale e dottorato vanno *creati*  
e *gestiti*.

# Cosa vuol dire amministrare?

L'amministrazione ha bisogno di *gestione*:

- edifici e attrezzature
- personale
- bilanci
- rapporti con le altre strutture dell'Ateneo
- rapporti con l'esterno
- e poi c'è la terza missione...

# Cosa vuol dire insegnare?

Prima dell'inizio del corso bisogna:

- scegliere quali insegnamenti insegnare (consultazione fra il docente e il corso di laurea e/o il dipartimento)
- scegliere il programma degli insegnamenti (fissato a grandi linee per gli insegnamenti fondamentali, più libero per i corsi avanzati)

# Cosa vuol dire insegnare?

Durante il corso bisogna:

- preparare le singole lezioni
- impartire le singole lezioni
- favorire l'apprendimento degli studenti
- effettuare ricevimento studenti
- preparare e correggere eventuali compiti
- eccetera...



# Cosa vuol dire insegnare?

Dopo la fine del corso bisogna:

- preparare gli esami
- somministrare gli esami
- riflettere sui risultati ottenuti e sulla valutazione fornita dagli studenti
- eccetera...

# Cosa vuol dire fare ricerca?

La ricerca in Matematica ha come obiettivo scoprire nuovi **teoremi**, la cui validità deve essere confermata da ragionamenti logici e completi, le **dimostrazioni**.

(Se poi i teoremi hanno anche delle applicazioni extra-matematiche è meglio ma non è obbligatorio)

# Cosa vuol dire fare ricerca?

Un buon teorema rivela caratteristiche **importanti** e **non evidenti** degli oggetti di cui tratta.

E, a volte, rivela **connessioni inaspettate** fra oggetti che sembrano completamente **diversi**.

---

Una buona dimostrazione chiarisce perché il teorema **dev'essere** vero.

E, a volte, è **elegante, armoniosa** e **ineluttabile** come una **sinfonia**.

# Cosa vuol dire fare ricerca?

*Esempio:*

*L'Ultimo Teorema di Fermat*

Quale che sia  $k \geq 3$ , l'equazione

$$x^k + y^k = z^k$$

non ha soluzioni intere positive, mentre

$$x^2 + y^2 = z^2$$

ha infinite soluzioni intere positive.

È una proprietà **profonda** e **inaspettata** dei numeri naturali, la cui dimostrazione dipende da una relazione **imprevista** e **cruciale** fra i numeri e le ciambelle.

# Cosa vuol dire fare ricerca?

I teoremi e le dimostrazioni sono presentati in articoli e libri, pubblicati da decine di editori in migliaia di riviste e collane in tutto il mondo.

*(848 teoremi nuovi al giorno, 1 ogni due minuti!)*

I teoremi e le dimostrazioni vengono raccontati in seminari fatti in università e centri di ricerca e in convegni che si tengono in tutto il mondo.

# Cosa vuol dire fare ricerca?

*Creare* matematica è un'attività principalmente **solitaria**, o tutt'al più svolta in piccoli gruppi.

*Parlare* di matematica è invece un'attività molto **gregaria**. I matematici di tutto il mondo sono in stretto contatto fra loro (usando l'**inglese** come lingua comune).

La **comunità** matematica non risente delle divisioni nazionali: è una comunità **mondiale**.

# Cosa vuol dire fare ricerca?

Una parte non indifferente dell'abilità (e del lavoro) di un matematico consiste nel riuscire a capire qual è il problema, e nel porsi le domande giuste.

# Esempio:

## Il metodo di Newton per i polinomi

Vogliamo trovare le **radici** di un polinomio a coefficienti reali

$$p(x) = a_d x^d + \dots + a_1 x + a_0.$$

( $x_c$  è una radice se  $p(x_c) = 0$ )

Cosa vuol dire *trovare una radice*? Formule generali che esprimono le radici tramite i coefficienti del polinomio ci sono solo per polinomi di secondo, terzo e quarto grado; formule analoghe per polinomi di grado 5 o maggiore **non esistono.**



**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

*Idea di Newton (diciassettesimo secolo):* trovare un procedimento (un **algoritmo**) che applicato a un numero qualsiasi  $x_0$  fornisca

un nuovo numero  $x_1$  **più vicino** a essere una radice di quanto non fosse  $x_0$ . Ripetendo il procedimento partendo da  $x_1$  (e poi da  $x_2$ , e poi da  $x_3$ , e così via) si riesce ad **approssimare** una radice del polinomio con la **precisione** che si desidera.

**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

*Algoritmo di Newton:* dato il polinomio  $p(x)$  e il tentativo iniziale  $x_0$ , tracciamo la tangente al grafico di  $p$  nel punto  $(x_0, p(x_0))$ , e prendiamo come  $x_1$  l'intersezione della tangente con l'asse delle ascisse.

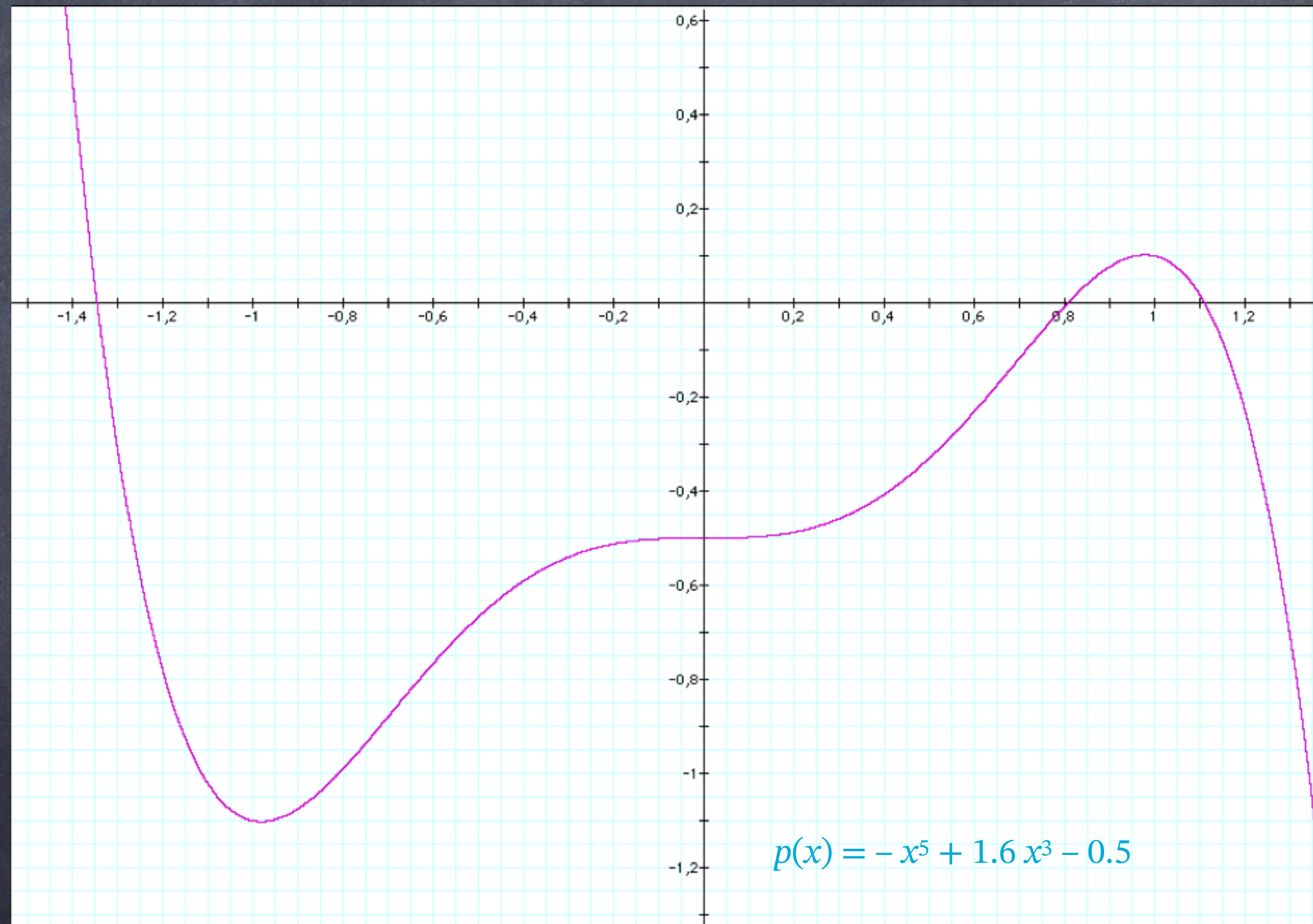
In formula:

$$x_1 = x_0 - p(x_0)/p'(x_0),$$

dove  $p'(x_0)$  è la derivata di  $p$  calcolata in  $x_0$ .

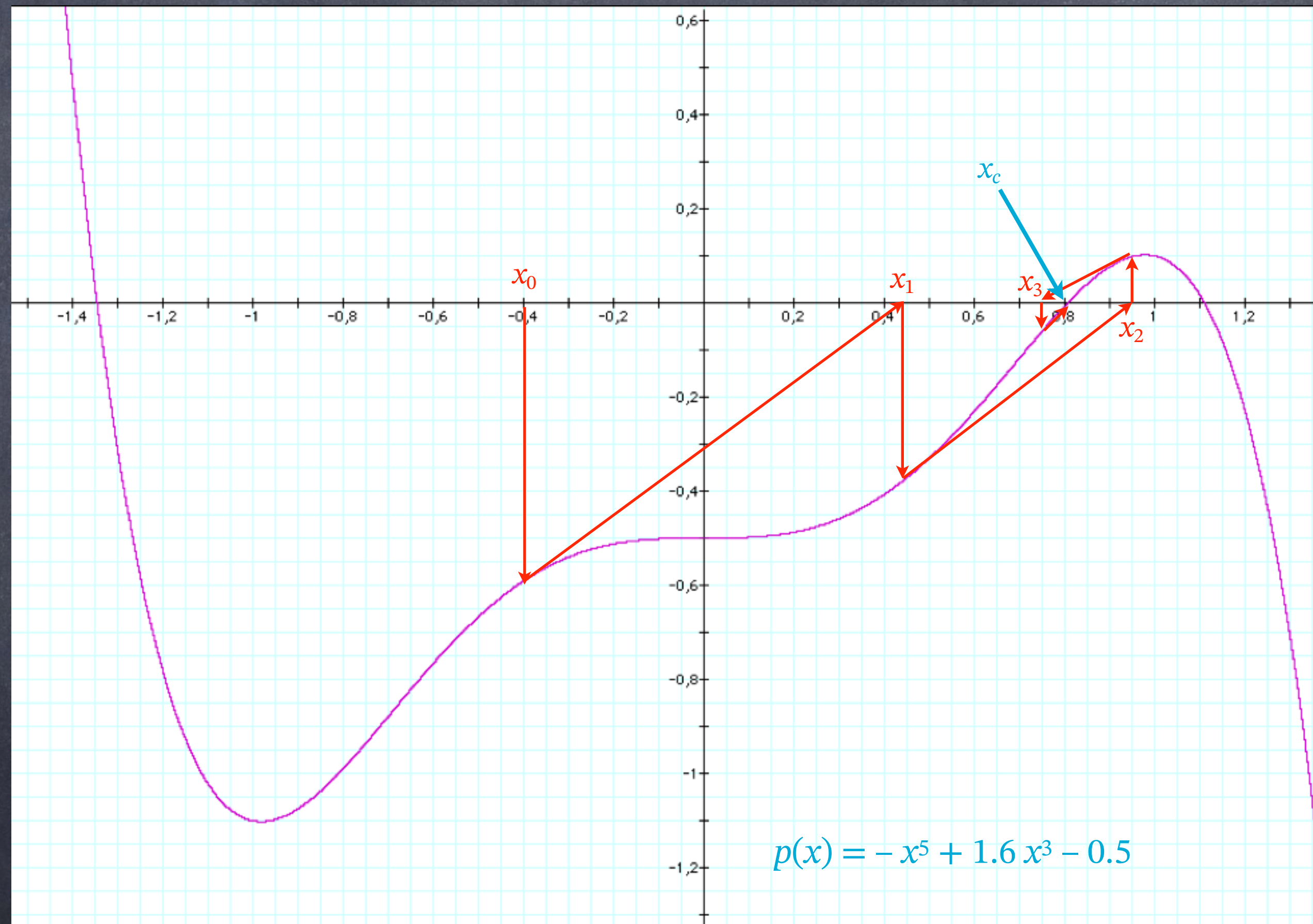
**Esempio:**

# Il metodo di Newton per i polinomi



# Esempio:

## Il metodo di Newton per i polinomi



## Esempio:

# Il metodo di Newton per i polinomi

*Domanda: ma il metodo di Newton funziona?*

- *Risposta di Newton: **Si**, se si parte da un valore  $x_0$  abbastanza vicino a una radice.*
- *Controdomanda di Cayley (diciannovesimo secolo): ma se non sappiamo dove sono le radici come facciamo a essere **sicuri** di partire abbastanza vicini a una di esse?*

## Esempio:

# Il metodo di Newton per i polinomi

*Riformulazione di Cayley:* consideriamo la funzione razionale

$$f(x) = x - p(x)/p'(x).$$

Preso un numero complesso  $x_0$ , poniamo  $x_1 = f(x_0)$  e, più in generale,

$$x_n = f(x_{n-1}).$$

Se la successione  $\{x_n\}$  converge a un numero  $x_c$ , per forza dev'essere  $f(x_c) = x_c$ ; e questo può succedere se e solo se  $p(x_c) = 0$ , cioè se e solo se  $x_c$  è una radice di  $p$ . Quindi la domanda è:

*per quali valori di  $x_0$  la successione  $\{x_n\}$  converge?*

**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

*Prima risposta di Cayley:* se  $p$  è un polinomio di secondo grado, la risposta è **facile**. L'unico  $x_0$  da escludere è quello in cui la derivata di  $p$  si annulla (per cui  $f(x_0)$  non è definita), e che è il **punto medio** del segmento individuato dalle due radici. Partendo a sinistra del punto medio il procedimento converge alla radice più piccola; partendo a destra converge alla radice più grande.

*Nel piano complesso bisogna escludere l'asse del segmento congiungente le due radici; e partendo in ciascun semipiano il procedimento converge alla radice contenuta in quel semipiano.*

**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

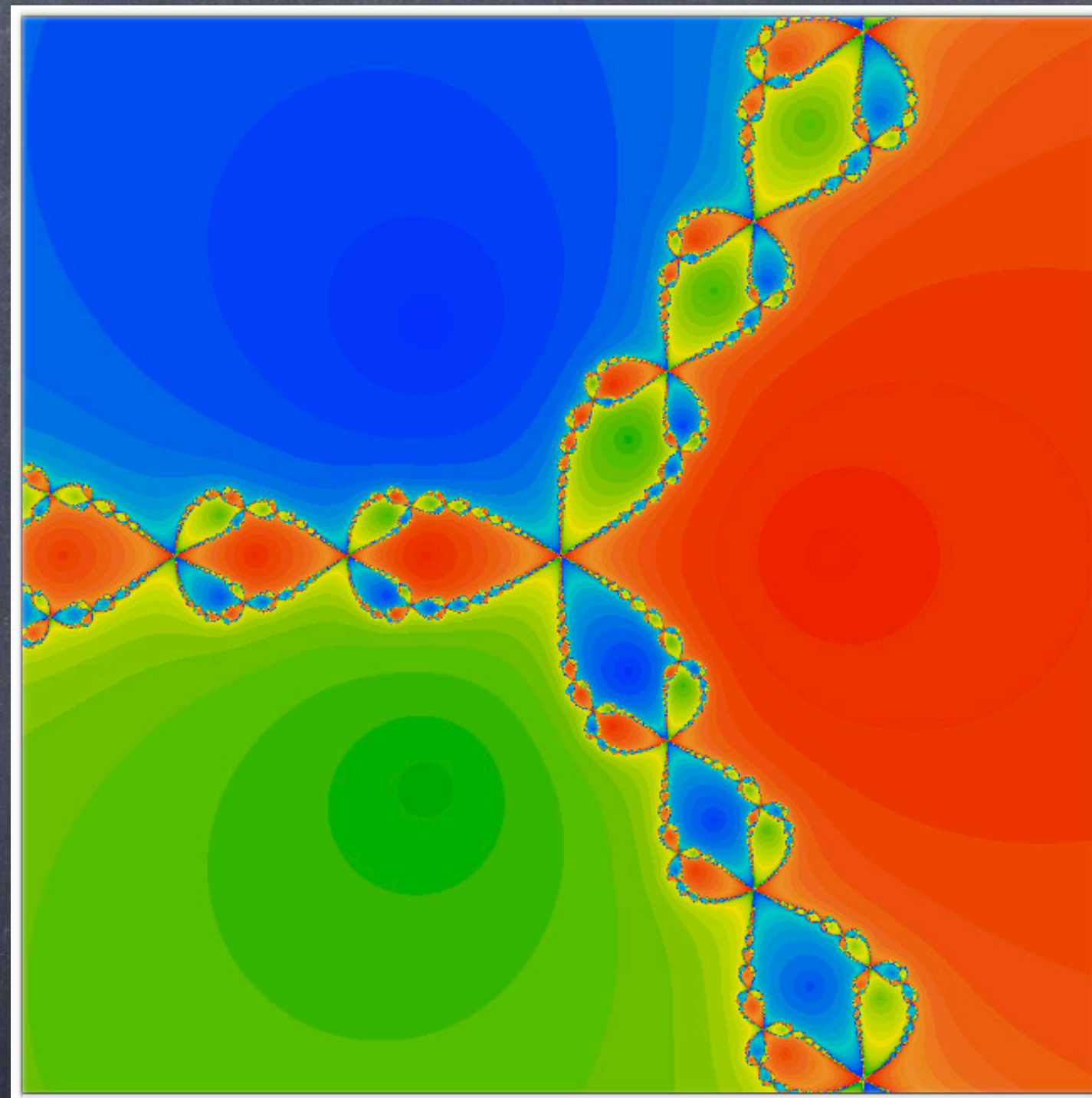
*Ma Cayley non riuscì a capire cosa succedeva con polinomi di terzo grado (o di grado maggiore). I **punti medi** e gli altri concetti di **geometria euclidea** non sembravano essere di alcuna utilità. Non riuscì neppure a capire che **domande** doveva porsi sull'insieme dei valori per cui il metodo di Newton funzionava. E non aveva tutti i torti...*



**Esempio:**

# Il metodo di Newton per i polinomi

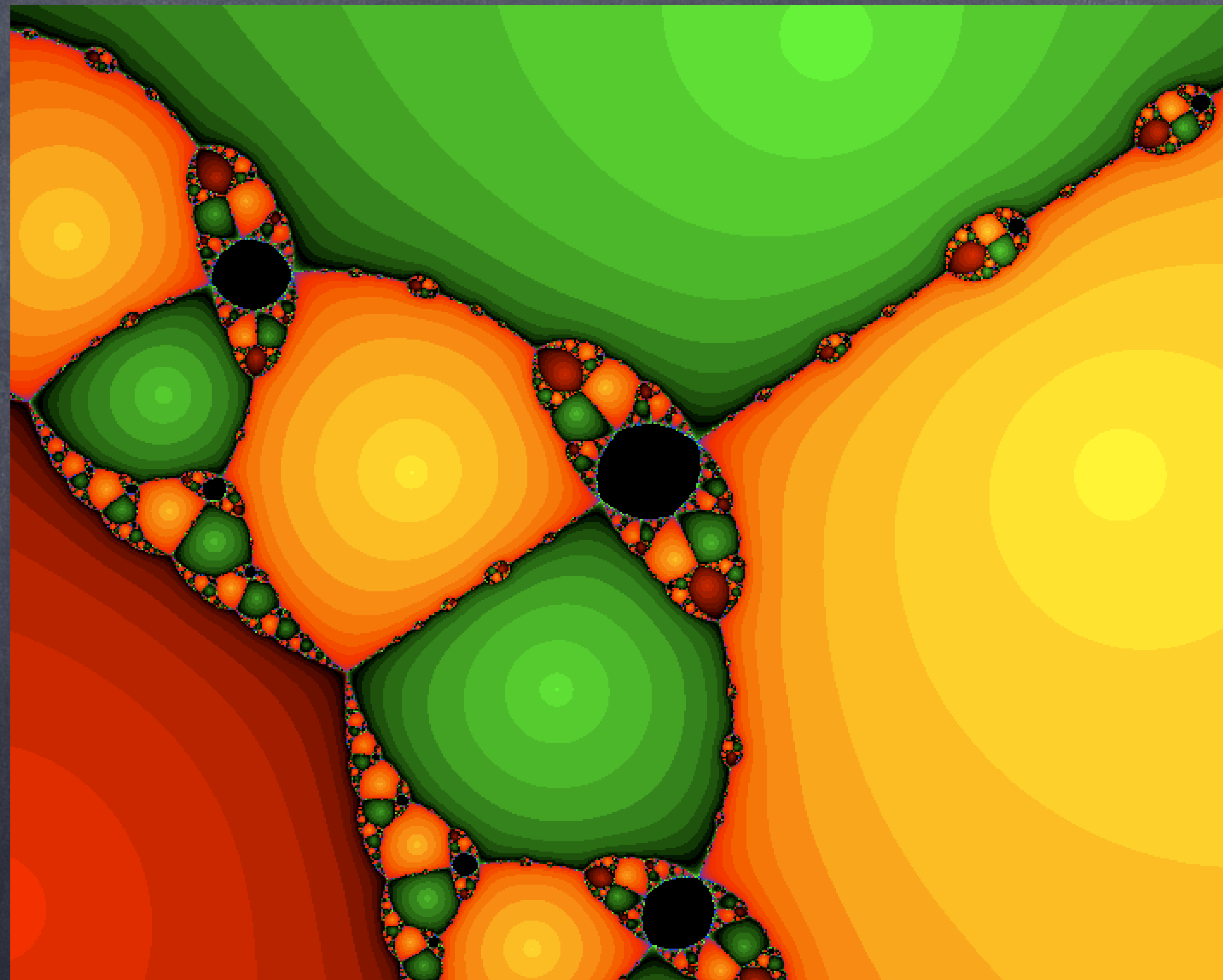
$$p(x) = x^3 - 1$$



**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

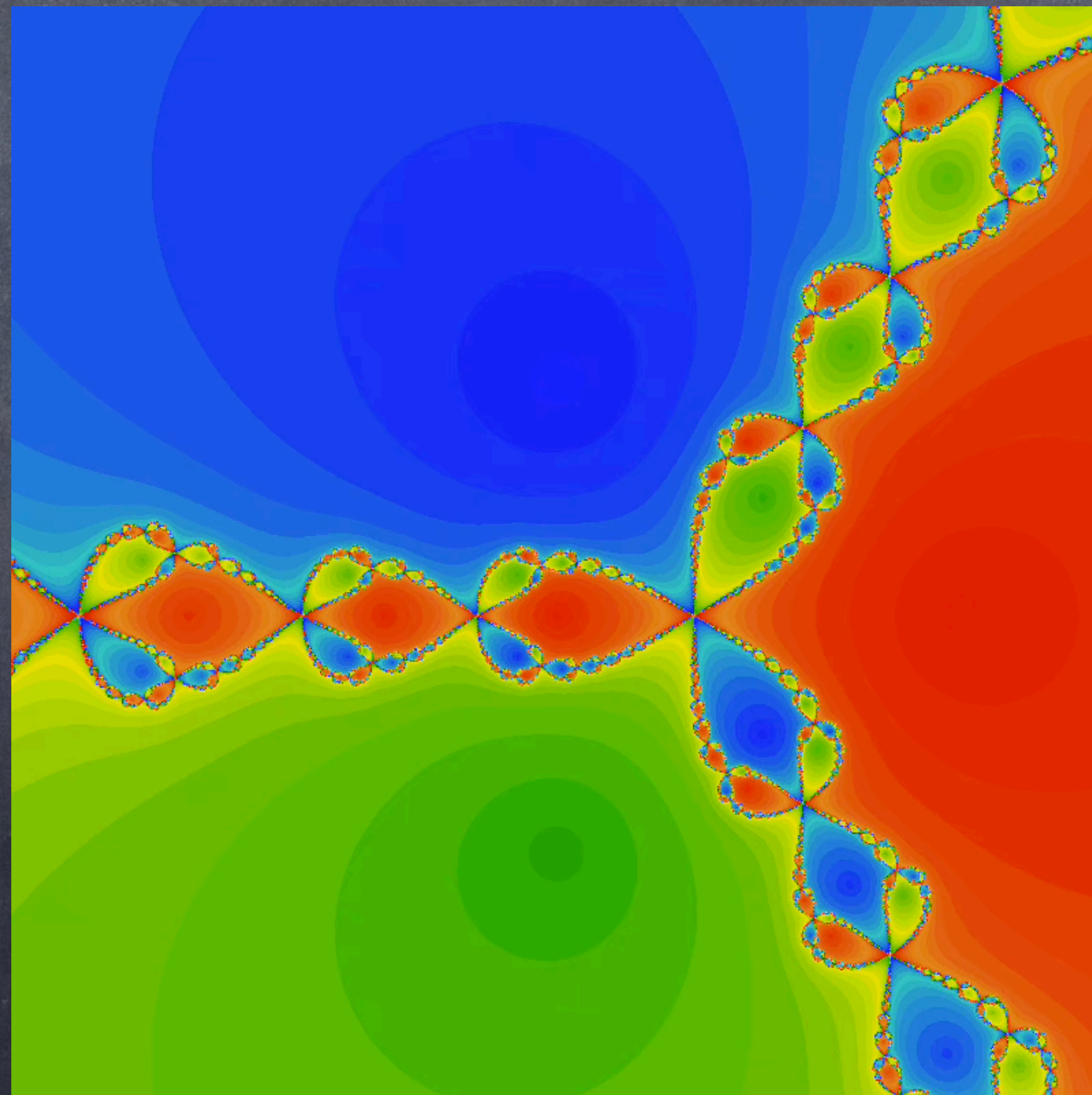
$$p(x) = x^3 - (0.68 + 1.63i)x - 0.32 + 1.63i$$



**Esempio:**

# Il metodo di Newton per i polinomi

$$p(x) = x^3 - 1$$



**Esempio:**

## **Il metodo di Newton per i polinomi**

*Si è riusciti a comprendere in maniera ragionevolmente completa cosa stava accadendo solo nella seconda metà del ventesimo secolo, grazie allo sviluppo delle teorie dei **sistemi dinamici** e dei **frattali**.*

*Ancora oggi il metodo di Newton è oggetto di studi approfonditi, e non ha finito di rivelarci tutti i suoi **segreti**.*

# Cos'altro fanno i matematici?

*Un sacco di cose: lavorano in*

- Università e centri di ricerca pubblici e privati;
- Banche e istituti finanziari;
- Imprese di telecomunicazioni;
- Istituti statistici e demoscopici;
- Aziende di software;
- Assicurazioni;
- Case editrici;
- Scuole di vari ordini e gradi;

e, più in generale, in tutte quelle situazioni in cui è importante saper ragionare logicamente, usare un computer, e non spaventarsi di fronte a problemi che coinvolgano numeri o modelli matematici.

*Tasso di occupazione a 1 anno dalla laurea magistrale: 96,6%*

*Tempo medio richiesto per trovare lavoro (o dottorato): poco più di 3 mesi.*

# COSA FANNO I MATEMATICI ALL'UNIVERSITÀ?

Marco Abate



*Pisa, 21 aprile 2021*

<http://pagine.dm.unipi.it/abate>