Riassunto

Giorgio de Santillana – *Le origini del pensiero scientifico*

Da Anassimandro a Proclo (600 a.C.–500 d.C.)

Il tema fondamentale affrontato da Giorgio de Santillana è la **formazione del pensiero scientifico nel mondo antico**. Per comprendere questa nascita bisogna evitare di immaginare la scienza antica come una versione incompleta della scienza moderna. Gli antichi non possedevano ancora il metodo sperimentale moderno, né la distinzione netta tra fisica, astronomia, matematica, filosofia e religione. Il loro problema fondamentale era piuttosto comprendere **che tipo di realtà fosse il cosmo e se l'ordine del mondo potesse essere conosciuto razionalmente**.

La nascita della scienza coincide quindi con una trasformazione del modo di pensare. L'uomo comincia a chiedersi non soltanto **"chi ha prodotto questo fenomeno?"**, ma soprattutto **"secondo quale ordine e secondo quali principi questo fenomeno avviene?"**. È il passaggio da una spiegazione fondata prevalentemente sul racconto mitico a una ricerca di **principi necessari e universali**.

1. Dal mito al logos

Uno dei concetti fondamentali per comprendere l'intero percorso è quello di **logos**.

Nella cultura mitica il mondo viene spiegato attraverso racconti che coinvolgono divinità, genealogie, forze soprannaturali e interventi personali. Questo non significa che il mito fosse semplicemente "irrazionale": anche il mito cercava di dare un ordine alla realtà. La differenza è che il pensiero filosofico-scientifico cerca progressivamente un ordine che possa essere **argomentato, discusso e compreso dalla ragione**.

Il logos rappresenta proprio questa esigenza di razionalità. Il mondo non è più pensato come una successione arbitraria di avvenimenti, ma come un **cosmo**, cioè un insieme ordinato.

La parola "cosmo" è quindi essenziale. Il cosmo non è semplicemente "l'universo" inteso come totalità degli oggetti esistenti; è un universo nel quale esiste **ordine**. Se il mondo è ordinato, allora è possibile cercare le regole che ne spiegano il funzionamento.

Da questo nasce una delle idee più importanti della scienza: **la natura è intelligibile**.

Dire che la natura è intelligibile significa sostenere che i fenomeni, anche quando sembrano caotici o misteriosi, non sono necessariamente privi di ordine. La ragione può cercare strutture, relazioni e regolarità.

---

2. Anassimandro: l'arché e l'ápeiron

Con **Anassimandro** si compie un passaggio decisivo. La domanda non riguarda più soltanto l'origine mitica del mondo, ma il **principio fondamentale della realtà**, l'arché.

L'arché è ciò da cui le cose provengono e ciò che permette di comprenderne l'esistenza. Cercare l'arché significa cercare un principio unitario dietro la molteplicità.

Anassimandro individua questo principio nell'**ápeiron**, termine che può essere tradotto come "indefinito", "illimitato" o "senza determinazione".

Il significato filosofico dell'ápeiron è particolarmente importante. Se il principio originario fosse una cosa determinata, per esempio l'acqua o il fuoco, sarebbe difficile spiegare come da quella realtà specifica possano derivare tutte le altre. L'ápeiron, invece, non è una realtà particolare tra le altre: è ciò che sta alla base della possibilità stessa delle determinazioni.

Da questo principio emergono le opposizioni fondamentali della natura: caldo e freddo, secco e umido e così via. La realtà nasce quindi attraverso un **processo di differenziazione**.

Qui compare un'altra idea essenziale: quella di **necessità**.

Gli eventi cosmici non dipendono semplicemente dalla volontà capricciosa di una divinità. Esiste una sorta di ordine secondo il quale le cose nascono, si trasformano e scompaiono. La natura possiede dunque una propria regolarità.

Questo è uno dei primi grandi passi verso il pensiero scientifico: **la natura può essere studiata perché possiede un ordine interno**.

---

3. Il cosmo come ordine

Il concetto di cosmo è strettamente collegato a quello di **misura**.
Un universo ordinato è un universo nel quale esistono rapporti determinati. Il pensiero greco sviluppa progressivamente l'idea che conoscere significhi anche riconoscere le **proporzioni** e le **relazioni** che collegano le parti del tutto.
La scienza nasce quindi anche come ricerca della misura.
Misurare significa trasformare qualcosa di apparentemente qualitativo in una relazione quantitativa.
Questo processo diventa particolarmente evidente nello sviluppo della matematica e dell'astronomia.
Il cielo offre un esempio privilegiato: gli astri sembrano muoversi secondo cicli regolari. Il problema diventa allora comprendere **quale struttura matematica possa spiegare questa regolarità**.

---

4. Eraclito: il divenire e il logos

Eraclito introduce un problema apparentemente opposto.
Se Anassimandro cerca il principio dell'ordine cosmico, Eraclito mette in primo piano il **cambiamento**. La realtà è caratterizzata dal divenire: tutto ciò che appartiene al mondo sensibile è sottoposto a trasformazione.
Ma il divenire non significa caos.
Questo è il punto fondamentale. Dietro il mutamento esiste una legge, un ordine, un logos. Gli opposti non sono semplicemente in conflitto: la loro tensione contribuisce alla struttura del cosmo.
Il concetto di **opposizione** assume quindi un valore scientifico e filosofico. Per comprendere un fenomeno bisogna capire le relazioni che lo collegano al suo contrario.
Il mondo è dunque un equilibrio dinamico. L'ordine non significa immobilità: può esistere ordine anche nel cambiamento.
Questa idea sarà fondamentale per lo sviluppo successivo della filosofia naturale.

---

5. Parmenide: essere, ragione e apparenza

Con **Parmenide** il problema diventa ancora più radicale.
Parmenide distingue tra ciò che appare ai sensi e ciò che la ragione può stabilire con necessità. I sensi mostrano un mondo nel quale le cose nascono, cambiano e muoiono. La ragione, invece, conduce alla riflessione sull'**essere**.
Il punto centrale è che la conoscenza non può dipendere esclusivamente dalle impressioni sensibili. Se i sensi mostrano continuamente trasformazioni, bisogna chiedersi se ciò che appare coincida con ciò che è veramente.
Nasce così una distinzione fondamentale tra:

- **apparenza**, cioè ciò che si manifesta ai sensi;
- **verità**, cioè ciò che può essere sostenuto razionalmente.

Il contributo di Parmenide alla nascita della scienza è quindi paradossale: egli sembra allontanarsi dall'esperienza concreta, ma proprio per questo obbliga il pensiero a interrogarsi sui **criteri della conoscenza**.
La scienza non consiste infatti soltanto nell'osservare. Bisogna anche stabilire **come interpretare ciò che osserviamo**.

---

6. Pitagorici: il numero come struttura della realtà

Con i pitagorici il concetto di ordine assume una forma particolarmente significativa: quella del **numero**.

Il numero non è più soltanto uno strumento utilizzato dall'uomo per contare. Diventa un modo per esprimere la struttura stessa della realtà.
Un esempio fondamentale è quello della musica. Le consonanze musicali possono essere associate a determinati rapporti numerici. Da questo nasce l'idea che anche ciò che percepiamo qualitativamente possa possedere una struttura quantitativa.
Il concetto di **armonia** è quindi essenziale.
Armonia significa rapporto equilibrato tra elementi differenti. Il cosmo può essere pensato allo stesso modo: una molteplicità di elementi diversi può costituire un'unità ordinata grazie ai rapporti che li collegano.
Questa concezione prepara una delle idee più importanti della scienza moderna: **la natura può essere descritta matematicamente**.

---

7. Platone: matematica e intelligibilità
Platone approfondisce il rapporto tra realtà sensibile e realtà intelligibile.
Il mondo che percepiamo attraverso i sensi è caratterizzato dal cambiamento. La conoscenza scientifica, invece, cerca ciò che è stabile e universale.
Per questo la **matematica** assume un valore fondamentale.
La matematica abitua la mente a ragionare attraverso relazioni necessarie. Un triangolo concreto può essere imperfetto, ma le proprietà matematiche del triangolo non dipendono dall'imperfezione di un singolo disegno.
Questo significa che la matematica permette di andare oltre il particolare e di raggiungere una struttura generale.
Per Platone, dunque, la conoscenza scientifica deve compiere un movimento dall'**apparenza alla struttura intelligibile**.
Anche l'astronomia deve essere matematizzata. Il movimento apparentemente irregolare degli astri deve essere ricondotto a modelli razionali.

---

8. Aristotele: la natura come realtà dotata di principi
Con Aristotele il pensiero sulla natura diventa sistematico.
La **physis**, cioè la natura, non è semplicemente un insieme di oggetti. È una realtà caratterizzata da principi propri di movimento e trasformazione.
Aristotele si pone una domanda fondamentale:
Che cosa significa spiegare scientificamente un fenomeno?
La risposta passa attraverso il concetto di **causa**.
Le quattro cause permettono di analizzare un fenomeno da differenti prospettive:

- la **causa materiale** indica di che cosa una cosa è fatta;
- la **causa formale** indica ciò che la cosa è, la sua struttura;
- la **causa efficiente** indica ciò che produce il cambiamento;
- la **causa finale** indica lo scopo o il fine verso cui tende il processo.

La spiegazione scientifica diventa quindi molto più complessa della semplice descrizione.
Dire che una pianta cresce non basta. Bisogna comprendere la struttura della pianta, ciò da cui deriva, i processi che ne permettono lo sviluppo e la sua direzione naturale.

---

9. Movimento e cambiamento
Uno dei problemi più importanti della filosofia naturale antica è il **movimento**.
Come è possibile che qualcosa cambi senza che il cambiamento sia completamente arbitrario?
Aristotele interpreta il movimento come passaggio dalla **potenza all'atto**.
La potenza rappresenta ciò che una cosa può diventare; l'atto rappresenta ciò che essa effettivamente è.

Un seme, per esempio, possiede la potenzialità di diventare una pianta. Il processo naturale consiste nella realizzazione progressiva di questa possibilità.
Il cambiamento diventa quindi intelligibile: non è un passaggio casuale da qualsiasi cosa a qualsiasi altra cosa, ma un processo strutturato.

---

10. Matematica e dimostrazione
La matematica rappresenta nel mondo antico uno dei modelli più rigorosi della conoscenza.
Con **Euclide**, la geometria viene organizzata secondo un sistema deduttivo. Si parte da definizioni, postulati e principi e si ricavano conseguenze attraverso dimostrazioni.
Il concetto fondamentale è quello di **necessità logica**.
Una dimostrazione non dice semplicemente che qualcosa è probabilmente vero: mostra perché deve essere vero, date determinate premesse.
Questo modo di procedere è fondamentale per la storia della scienza perché introduce una distinzione tra:
opinione → affermazione → dimostrazione.
La conoscenza rigorosa richiede infatti che le conclusioni siano giustificate.

---

11. Archimede: matematica e realtà fisica
Con Archimede il rapporto tra matematica e mondo fisico diventa ancora più evidente.
La matematica non serve soltanto a contemplare strutture astratte, ma può essere applicata allo studio dei fenomeni concreti.
La **leva**, l'equilibrio, i corpi e i rapporti geometrici diventano oggetti di analisi quantitativa.
Il concetto fondamentale è quello di **modellizzazione**: un fenomeno reale può essere rappresentato attraverso una struttura matematica.
Questo rappresenta un passaggio importante verso la scienza fisica: la matematica diventa uno strumento per comprendere il comportamento dei corpi.

---

12. Astronomia: il problema dell'ordine celeste
L'astronomia costituisce uno dei campi privilegiati del pensiero scientifico antico.
Il cielo appare diverso dal mondo terrestre: i movimenti degli astri sono relativamente regolari e ripetitivi.
Ma esiste un problema: alcuni movimenti planetari sembrano irregolari, soprattutto se osservati rispetto alle stelle fisse.
Da qui nasce l'esigenza di costruire **modelli matematici**.
Il problema scientifico non consiste soltanto nel guardare il cielo, ma nel trovare una rappresentazione capace di spiegare ciò che viene osservato.
Questo conduce alla grande tradizione astronomica che culmina in **Tolomeo**.

---

13. Tolomeo: salvare i fenomeni
Il sistema astronomico antico mostra un principio metodologico importante: una teoria deve riuscire a **rendere conto dei fenomeni osservati**.
Tolomeo utilizza costruzioni geometriche complesse per rappresentare il movimento apparente dei pianeti.
Il punto essenziale è la costruzione di un modello che permetta di organizzare le osservazioni e fare previsioni.
L'astronomia diventa quindi una combinazione di:
osservazione + matematica + modello teorico.
Questo rapporto tra esperienza e costruzione razionale è uno dei lasciti più importanti della scienza antica.

---

14. Il rapporto tra uomo e cosmo

Un altro concetto centrale nell'opera è il rapporto tra **microcosmo e macrocosmo**.
L'uomo non viene pensato come un essere completamente separato dalla natura. Egli appartiene al cosmo e, in qualche modo, ne riflette l'ordine.
Conoscere il cosmo significa quindi anche interrogarsi sulla posizione dell'uomo al suo interno.
Questo spiega perché nell'antichità scienza, filosofia e religione non siano nettamente separate. Studiare il cielo poteva avere contemporaneamente un significato matematico, filosofico e religioso.

---

15. Il tardo antico e il neoplatonismo
Nella fase finale del percorso si arriva al **neoplatonismo**.
La realtà viene interpretata come una struttura gerarchica nella quale i diversi livelli dell'essere sono collegati.
Il mondo sensibile non è considerato semplicemente un insieme di oggetti materiali, ma parte di una realtà più ampia e intelligibile.
La conoscenza diventa quindi anche un processo di **risalita intellettuale**: dalla molteplicità delle cose sensibili verso i principi che permettono di comprenderle.
In questa prospettiva, matematica, astronomia e filosofia possono assumere un valore più profondo: non sono soltanto tecniche, ma strumenti attraverso cui la mente può riconoscere l'ordine del cosmo.

---

16. Proclo: la sintesi finale
Con **Proclo** confluiscono molte delle grandi tradizioni sviluppatesi nell'antichità: Platone, la matematica, l'astronomia e il pensiero religioso-filosofico.
Il cosmo appare come una struttura ordinata e intelligibile. I diversi livelli della realtà non sono isolati, ma collegati secondo rapporti e principi.
Il concetto di **ordine** raggiunge quindi una forma particolarmente ampia: conoscere significa comprendere come le diverse parti della realtà siano organizzate e collegate.
La matematica assume ancora una volta un ruolo fondamentale perché permette di cogliere relazioni che non sono immediatamente visibili ai sensi.

---

17. Il concetto di necessità
Un concetto trasversale a tutto il percorso è quello di **necessità**.
La scienza nasce quando si comincia a pensare che alcuni fenomeni non avvengano semplicemente perché "qualcuno li vuole", ma perché esiste una struttura che li rende necessari.
La necessità significa che, date determinate condizioni, determinati eventi devono verificarsi secondo un ordine.
Questo concetto è fondamentale perché rende possibile la **previsione**.
Se il mondo fosse completamente arbitrario, non sarebbe possibile una vera scienza. Se invece esistono regolarità, allora l'uomo può osservare il passato per comprendere il presente e prevedere il futuro.

---

18. Il concetto di legge
La nozione moderna di "legge naturale" non è ancora presente nell'antichità nella forma che assumerà con la scienza moderna. Tuttavia, emerge progressivamente l'idea che la natura sia governata da **regolarità**.
Questo è uno dei punti più importanti della storia raccontata da de Santillana.
La scienza presuppone infatti che il mondo non sia completamente imprevedibile.
L'osservazione di una regolarità permette di formulare un principio generale.
In questo senso, il pensiero scientifico consiste nel passaggio:
fenomeno particolare → riconoscimento della regolarità → formulazione del principio → comprensione dell'ordine.

---

19. Il concetto di misura

La **misura** è un altro elemento fondamentale.
Misurare significa stabilire rapporti.
La natura può essere conosciuta quando i suoi fenomeni possono essere confrontati secondo grandezze e proporzioni.
Questo diventa particolarmente evidente nell'astronomia, nella geometria e nella meccanica.
La misura rappresenta quindi un ponte tra esperienza e ragione: l'esperienza fornisce i fenomeni, mentre la ragione cerca di organizzarli attraverso rapporti intelligibili.

---

20. La tensione tra esperienza e ragione
Uno dei grandi problemi che attraversano tutto il pensiero antico è il rapporto tra **sensibilità e ragione**.
Da una parte, senza osservazione non possiamo conoscere i fenomeni.
Dall'altra, l'esperienza da sola non è sufficiente: ciò che vediamo può essere ambiguo, incompleto o ingannevole.
La scienza nasce proprio dalla loro interazione.
L'osservazione fornisce i dati, mentre la ragione li interpreta, li ordina e cerca di inserirli in una struttura generale.
Per questo la storia del pensiero scientifico non è semplicemente la storia dell'osservazione della natura, ma la storia del rapporto tra **osservazione, matematica, ragionamento e costruzione teorica**.

---

21. Il significato complessivo dell'opera
Il percorso da Anassimandro a Proclo può essere letto come la progressiva costruzione di una convinzione fondamentale:
il cosmo possiede un ordine e questo ordine può essere conosciuto.
Anassimandro cerca il principio originario della realtà.
Eraclito cerca la legge che governa il divenire.
Parmenide riflette sulle condizioni razionali della verità.
I pitagorici scoprono nel numero e nella proporzione una forma dell'ordine cosmico.
Platone porta la matematica verso il livello delle strutture intelligibili.
Aristotele costruisce una teoria sistematica della natura e delle sue cause.
Euclide mostra la forza della dimostrazione matematica.
Archimede applica la matematica alla realtà fisica.
Gli astronomi costruiscono modelli matematici del cielo.
Tolomeo organizza in un sistema complesso l'osservazione astronomica.
Il neoplatonismo, infine, interpreta il cosmo come una realtà gerarchicamente ordinata e intelligibile.
Il punto d'arrivo non è ancora la scienza moderna, ma una delle sue **condizioni culturali fondamentali**: l'idea che la natura non sia soltanto qualcosa che l'uomo subisce o contempla, ma qualcosa che può diventare **oggetto di conoscenza razionale**.

CONCLUSIONI E RIFLESSIONI
Giunti alla conclusione del percorso proposto da Giorgio de Santillana in *Le origini del pensiero scientifico. Da Anassimandro a Proclo (600 a.C.–500 d.C.)*, ciò che emerge con maggiore forza è che la nascita del pensiero scientifico non può essere considerata come un avvenimento improvviso, né come una semplice sostituzione del mito con la ragione. Essa rappresenta piuttosto un processo lungo e complesso, nel quale filosofia, matematica, astronomia, cosmologia, religione e riflessione sull'uomo rimangono profondamente intrecciate.
L'importanza dell'opera non consiste soltanto nel ricostruire una successione di idee e di autori, ma soprattutto nel mostrare una trasformazione profonda del modo in cui l'uomo guarda alla realtà. Il problema fondamentale diventa quello di capire se dietro la molteplicità dei fenomeni esista un **ordine** e se questo ordine possa essere conosciuto attraverso la ragione.

La domanda che attraversa idealmente tutto il percorso potrebbe quindi essere formulata in questo modo: **perché l'uomo ha cominciato a pensare che il mondo fosse conoscibile?**
Prima ancora di chiedersi come siano nate le singole scienze, è necessario comprendere questa trasformazione fondamentale. L'uomo antico comincia a osservare il mondo non soltanto con stupore, ma con la convinzione che i fenomeni non siano completamente casuali e che dietro di essi esistano principi, relazioni e regolarità.
È proprio questa convinzione che costituisce uno dei fondamenti più profondi del pensiero scientifico.

La meraviglia come origine della ricerca

Il primo elemento che emerge è il ruolo della **meraviglia**.
La conoscenza nasce quando ciò che ci circonda smette di apparire ovvio. Il cielo, il movimento degli astri, l'alternarsi delle stagioni, la nascita e la morte, il cambiamento della materia e il funzionamento del corpo umano diventano problemi da comprendere.
La meraviglia non è ancora scienza, ma rappresenta una delle condizioni della ricerca.
Meravigliarsi significa riconoscere che esiste qualcosa che non comprendiamo pienamente. Da questa consapevolezza nasce la domanda e dalla domanda nasce la ricerca.
Il pensiero greco introduce quindi una trasformazione fondamentale: l'uomo non si limita più a raccontare il mondo, ma cerca di **spiegarlo**.
Questa distinzione è molto importante. Raccontare un fenomeno significa inserirlo all'interno di una narrazione; spiegarlo significa cercare il principio che lo produce o la legge secondo la quale si verifica.
La ricerca dell'**arché** rappresenta proprio questo passaggio. Con Anassimandro la domanda sull'origine della realtà diventa una ricerca di un principio generale. L'obiettivo non è più soltanto sapere da dove provengano le singole cose, ma comprendere quale principio permetta di spiegare la molteplicità dell'esistente.
Il concetto di **ápeiron** assume in questo contesto un significato particolarmente importante. Esso rappresenta ciò che non è limitato o determinato come le singole cose e che, proprio per questo, può essere concepito come principio della loro generazione.
L'importanza di Anassimandro non sta quindi soltanto nella specifica risposta che egli propone, ma nel modo nuovo di formulare il problema.
La domanda diventa:

Qual è il principio che rende possibile l'ordine della realtà?

Questa domanda costituisce uno dei primi grandi passi verso la razionalità scientifica.

Dal mito al logos

La nascita della razionalità greca viene spesso descritta attraverso la formula del passaggio dal **mythos al logos**.
Questa formula è utile, ma non deve essere interpretata in maniera troppo semplicistica. Il mito non era semplicemente una forma di ignoranza destinata a essere cancellata dalla filosofia. Anche il mito cercava di spiegare la realtà e di attribuirle un ordine.
La trasformazione consiste piuttosto nel fatto che il pensiero filosofico comincia progressivamente a cercare spiegazioni fondate su principi che possano essere discussi e argomentati.
Il **logos** rappresenta quindi la possibilità di sottoporre il mondo a un'indagine razionale.
Questa trasformazione è fondamentale perché implica una nuova concezione della natura.
La natura non è più soltanto il luogo nel quale accadono eventi misteriosi, ma diventa qualcosa che possiede una propria struttura.
È qui che compare il concetto di **cosmo**.
Il cosmo è un mondo ordinato. Non è semplicemente la totalità delle cose, ma una totalità nella quale le parti sono collegate tra loro secondo determinati rapporti.
Questa idea è essenziale per la nascita della scienza.
Se il mondo fosse completamente caotico e imprevedibile, non sarebbe possibile costruire una conoscenza scientifica. La scienza presuppone invece che esistano regolarità che possono essere individuate.

La natura deve quindi essere, almeno in parte, **intelligibile**.

Il problema dell'ordine

L'idea di ordine attraversa l'intero percorso storico.
Anassimandro cerca un principio capace di spiegare la generazione delle cose.
Eraclito cerca il logos che governa il divenire.
I pitagorici individuano nei numeri e nelle proporzioni una struttura dell'ordine cosmico.
Platone ricerca le forme intelligibili.
Aristotele cerca le cause e i principi della natura.
Gli astronomi cercano regolarità matematiche nei movimenti celesti.
Proclo interpreta infine il cosmo come una struttura gerarchicamente ordinata.
Sembra quindi possibile individuare un filo conduttore: **la ricerca dell'ordine dietro la molteplicità dei fenomeni**.
Questa ricerca è alla base della scienza anche oggi.
Quando uno scienziato cerca una legge fisica, studia un fenomeno biologico o costruisce un modello matematico, parte implicitamente dalla convinzione che esista una qualche regolarità.
La scienza moderna possiede strumenti molto diversi da quelli degli antichi, ma conserva questa esigenza fondamentale.

Eraclito e il problema del divenire

Eraclito offre una prospettiva particolarmente interessante perché mette al centro il **cambiamento**.
La realtà è caratterizzata dal divenire. Le cose cambiano continuamente e gli opposti entrano in rapporto tra loro.
Ma il cambiamento non significa caos.
Dietro il divenire esiste il **logos**, cioè un ordine razionale.
Questa concezione contiene una riflessione di grande importanza: l'ordine non coincide necessariamente con l'immobilità.
È possibile che un sistema sia ordinato proprio perché possiede regole che governano il cambiamento.
Questa intuizione può essere collegata anche alla scienza contemporanea. Molti fenomeni naturali non sono statici, ma dinamici: gli organismi crescono, i corpi si muovono, le stelle nascono e muoiono, gli ecosistemi si trasformano.
La scienza non cerca quindi necessariamente qualcosa che non cambia, ma può cercare la **legge che regola il cambiamento**.
Eraclito ci insegna, in questo senso, che comprendere la realtà significa anche comprendere la struttura delle trasformazioni.

Parmenide e il problema della verità

Parmenide introduce invece una riflessione fondamentale sul rapporto tra **ragione e esperienza**.
I sensi mostrano un mondo in continuo cambiamento. La ragione cerca invece ciò che è necessario e stabile.
Questa distinzione introduce un problema che rimarrà centrale nella storia della scienza: possiamo fidarci completamente di ciò che percepiamo?
L'esperienza è indispensabile, ma non sempre è sufficiente.
Un fenomeno può apparire in un determinato modo e avere una spiegazione completamente diversa da quella suggerita dall'immediatezza dei sensi.
Il pensiero scientifico moderno dimostrerà ampiamente quanto sia importante questa distinzione. La realtà non coincide necessariamente con ciò che appare immediatamente.
Parmenide contribuisce quindi alla formazione di un atteggiamento fondamentale: **non accontentarsi dell'apparenza**.
La conoscenza deve cercare ragioni.

Il numero e l'armonia

La tradizione pitagorica porta a una delle idee più affascinanti dell'antichità: la possibilità che il **numero** rappresenti una struttura fondamentale della realtà.
Il numero permette di esprimere rapporti e proporzioni.

L'esempio della musica è particolarmente significativo. L'armonia che l'orecchio percepisce può essere ricondotta a rapporti numerici.
Da questa osservazione nasce una concezione molto importante: ciò che appare qualitativamente diverso può essere collegato attraverso una struttura quantitativa.
La matematica diventa così una forma di conoscenza dell'ordine.
Questa intuizione avrà conseguenze enormi nella storia successiva della scienza.
La fisica moderna, infatti, descriverà molti fenomeni attraverso formule matematiche. Ma l'idea che la natura possieda una struttura matematica affonda le proprie radici molto più indietro nel tempo.
La domanda rimane ancora oggi affascinante:
Perché il linguaggio matematico riesce a descrivere con tanta efficacia la natura?
La risposta non è semplice, e proprio per questo il problema conserva una dimensione filosofica.
Platone e la ricerca dell'intelligibile
Platone approfondisce la distinzione tra ciò che appare e ciò che può essere conosciuto attraverso l'intelletto.
La realtà sensibile è mutevole. La conoscenza autentica deve cercare strutture più stabili.
La matematica assume per questo un'importanza straordinaria.
Essa abitua la mente a ragionare attraverso relazioni necessarie e universali.
Platone ci permette quindi di comprendere che la conoscenza scientifica non coincide semplicemente con l'accumulo di osservazioni.
Osservare non significa ancora comprendere.
Bisogna costruire concetti, formulare ipotesi e riconoscere relazioni.
Questa riflessione è ancora attuale.
Viviamo oggi in un'epoca nella quale disponiamo di una quantità enorme di dati. Tuttavia, possedere molti dati non significa automaticamente comprendere la realtà.
I dati devono essere interpretati.
È necessario trovare relazioni.
È necessario distinguere ciò che è essenziale da ciò che è secondario.
In questo senso, la lezione platonica sulla struttura intelligibile della realtà mantiene una straordinaria attualità.
Aristotele e la ricerca delle cause
Con Aristotele la riflessione sulla natura raggiunge un livello sistematico.
La domanda centrale diventa quella della **causa**.
Sapere che un fenomeno avviene non significa ancora comprenderlo.
La vera conoscenza deve chiedere:
Perché avviene?
La teoria delle quattro cause permette di affrontare il fenomeno da diverse prospettive: materia, forma, origine del cambiamento e finalità.
Il valore di questa impostazione consiste nella volontà di trasformare la descrizione in spiegazione.
Aristotele mostra quindi che il pensiero scientifico richiede un'organizzazione concettuale della realtà.
La natura non viene considerata come una semplice somma di fatti, ma come un insieme di processi che possono essere studiati attraverso principi.
Anche la distinzione tra **potenza e atto** è fondamentale.
Il cambiamento non è una trasformazione completamente casuale. Un essere possiede determinate possibilità e può svilupparle secondo una struttura propria.
Questa concezione mostra come la filosofia antica cercasse di rendere intelligibile il movimento.
La matematica come modello di certezza
Un altro elemento fondamentale è rappresentato dallo sviluppo della matematica.
Con Euclide si afferma un modello di conoscenza fondato sulla **dimostrazione**.
La matematica insegna che non è sufficiente affermare qualcosa: bisogna dimostrarlo.
Questa esigenza rappresenta una delle caratteristiche fondamentali della razionalità scientifica.

Una teoria scientifica deve essere sostenuta da argomentazioni e deve poter essere sottoposta a controllo.
La matematica mostra quindi il valore della **necessità logica**.
Se determinate premesse sono accettate, alcune conclusioni seguono necessariamente.
La scienza moderna svilupperà metodi diversi dalla geometria euclidea, ma conserverà questa esigenza di rigore.

Archimede: tra teoria e realtà

Archimede rappresenta un momento fondamentale perché mostra come la matematica possa essere utilizzata per comprendere fenomeni concreti.
La leva, l'equilibrio, i corpi e il loro comportamento possono essere studiati attraverso rapporti quantitativi.
Questo dimostra che non esiste necessariamente una separazione tra teoria e pratica.
L'astrazione matematica può diventare uno strumento per comprendere il mondo fisico.
È una lezione particolarmente importante anche per il presente.
Molte delle tecnologie contemporanee derivano da teorie che, in origine, potevano apparire completamente astratte.
La storia della scienza dimostra quindi che il sapere teorico e quello pratico non sono necessariamente opposti: possono alimentarsi reciprocamente.

L'astronomia e la ricerca di modelli

L'astronomia rappresenta uno dei campi privilegiati della ricerca dell'ordine.
Il cielo mostra regolarità evidenti: il sorgere e il tramontare degli astri, i cicli lunari, le stagioni e i movimenti planetari.
Ma proprio l'osservazione più attenta rivela anche delle difficoltà.
I pianeti sembrano compiere movimenti complessi e apparentemente irregolari.
La soluzione consiste nella costruzione di **modelli matematici**.
Con Tolomeo questo processo raggiunge una grande complessità.
L'importanza di questo sviluppo non riguarda soltanto il modello astronomico specifico, ma il metodo generale: l'osservazione viene organizzata attraverso una costruzione teorica.
La scienza diventa quindi anche una forma di **modellizzazione della realtà**.
Un modello non è necessariamente la realtà stessa. È una rappresentazione che permette di comprenderne alcuni aspetti.
Questa distinzione è fondamentale anche nella scienza contemporanea.

Il rapporto tra scienza e filosofia

Uno degli insegnamenti più importanti del percorso di de Santillana è che nel mondo antico non esiste una separazione rigida tra scienza e filosofia.
Per noi oggi è normale parlare di fisica, astronomia, matematica, filosofia, medicina e religione come ambiti differenti.
Per gli antichi, invece, queste forme di conoscenza potevano appartenere a una stessa ricerca generale sulla realtà.
La domanda scientifica era anche una domanda filosofica.
Studiare il cielo significava interrogarsi sull'ordine del cosmo.
Studiare il movimento significava chiedersi che cosa fosse la natura.
Studiare il numero significava interrogarsi sulla struttura della realtà.
Questa unità originaria del sapere rappresenta uno degli aspetti più significativi del libro.
Essa ci invita a mettere in discussione la separazione troppo rigida tra le cosiddette **“due culture”**, quella scientifica e quella umanistica.

Il neoplatonismo e Proclo

Con Proclo il percorso raggiunge una delle sue ultime grandi sintesi.
Il cosmo viene interpretato come una struttura ordinata nella quale i diversi livelli della realtà sono collegati.

La conoscenza non consiste soltanto nell'accumulare informazioni sul mondo sensibile, ma nel comprendere le relazioni che collegano le diverse dimensioni dell'essere.
La matematica e l'astronomia assumono quindi anche una dimensione filosofica.
Il cosmo non è soltanto qualcosa da osservare: è qualcosa da **comprendere nella sua struttura complessiva**.
Con Proclo emerge quindi una visione nella quale il sapere scientifico e la riflessione metafisica sono profondamente connessi.
Questo costituisce il punto conclusivo di un lungo percorso che ha avuto origine con la ricerca dell'arché.

Il concetto di necessità

Tra i concetti più importanti che attraversano l'intera storia della scienza antica vi è quello di **necessità**.
La natura non viene progressivamente pensata come il risultato di eventi completamente arbitrari.
Esistono rapporti che si ripetono.
Esistono cicli.
Esistono proporzioni.
Esistono cause.
Esistono strutture.
La possibilità stessa della scienza dipende dalla convinzione che questi elementi possano essere individuati.
La necessità permette inoltre la previsione.
Se un fenomeno avviene secondo determinate regole, allora conoscere quelle regole permette, almeno in parte, di prevedere ciò che accadrà.
Questa capacità di passare dall'osservazione alla previsione rappresenta una delle caratteristiche fondamentali della conoscenza scientifica.

Una riflessione personale sul significato della scienza

Personalmente, il percorso proposto da de Santillana porta a riflettere sul fatto che la scienza non dovrebbe essere considerata soltanto come un insieme di risultati.
La scienza è prima di tutto un **modo di interrogare la realtà**.
È un atteggiamento fondato sul dubbio, sulla ricerca e sulla disponibilità a modificare le proprie convinzioni.
Questa dimensione è particolarmente importante nel mondo contemporaneo.
Oggi abbiamo accesso a una quantità enorme di informazioni, ma proprio per questo diventa sempre più difficile distinguere tra informazione e conoscenza.
Possedere un'informazione non significa averla compresa.
Conoscere significa saper valutare le fonti, riconoscere le prove, distinguere le ipotesi dalle certezze e accettare la possibilità di essere smentiti.
Da questo punto di vista, la lezione degli antichi rimane sorprendentemente attuale.
La loro ricerca nasce dalla meraviglia, ma anche dalla consapevolezza di non sapere.
Socrate aveva sintetizzato questo atteggiamento nella celebre formula:
«So di non sapere».
Anche se Socrate non è il protagonista principale del percorso scientifico, questa frase esprime bene un atteggiamento fondamentale della ricerca: riconoscere i propri limiti è il primo passo per poter conoscere.

La scienza non è una certezza assoluta

Un'altra riflessione importante riguarda il rapporto tra scienza e verità.
La scienza cerca la verità, ma non può essere identificata con il possesso definitivo della verità.
La storia della scienza dimostra infatti che molte teorie considerate valide in un determinato periodo sono state successivamente corrette o superate.
Questo non significa che la scienza sia inutile o che “tutto sia relativo”.
Significa piuttosto che la conoscenza scientifica è **progressiva e autocorrettiva**.

Una teoria è tanto più forte quanto più è capace di confrontarsi con i dati e di resistere alle verifiche.
In questo senso, la scienza è diversa dal dogma.
Il dogma pretende di essere definitivo.
La scienza mantiene invece aperta la possibilità della revisione.
Questa apertura rappresenta una delle sue più grandi forze.

La continuità tra antico e moderno

Il percorso da Anassimandro a Proclo permette infine di comprendere che la scienza moderna non nasce dal nulla.
La rivoluzione scientifica moderna rappresenterà una trasformazione radicale. Il ruolo dell'esperimento, della matematizzazione, della verifica empirica e della formulazione delle leggi naturali sarà profondamente diverso.
Tuttavia, molte delle domande fondamentali erano già presenti nell'antichità.
Anassimandro si interrogava sull'origine e sull'ordine.
Eraclito sul logos.
Parmenide sulla verità.
I pitagorici sul numero.
Platone sulla struttura intelligibile.
Aristotele sulle cause.
Euclide sulla dimostrazione.
Archimede sulla relazione tra matematica e realtà.
Gli astronomi sull'ordine del cielo.
Proclo sulla struttura complessiva del cosmo.
La modernità non inventa quindi la domanda sull'ordine della natura.
La trasforma.

Scienza e cultura

Uno degli aspetti che considero più interessanti è il rifiuto della contrapposizione tra scienza e cultura umanistica.
La storia antica dimostra che il sapere è nato come una ricerca unitaria.
La domanda sul cosmo era contemporaneamente una domanda filosofica.
La matematica era una forma di conoscenza della natura.
L'astronomia era legata alla cosmologia.
La riflessione sull'uomo era legata alla riflessione sull'universo.
Oggi questa unità è molto più difficile da mantenere perché le conoscenze sono diventate estremamente specialistiche.
Tuttavia, proprio per questo diventa ancora più importante mantenere un dialogo tra discipline.
La scienza può dirci **come** funzionano determinati fenomeni.
La filosofia può aiutarci a riflettere sui concetti che utilizziamo.
La storia può mostrarci come siamo arrivati alle nostre conoscenze.
L'etica può interrogarsi sulle conseguenze dell'uso della conoscenza.
La letteratura e l'arte possono rappresentare l'esperienza umana di fronte a un mondo sempre più conosciuto scientificamente.
Nessuna di queste dimensioni deve necessariamente sostituire le altre.

Una citazione come sintesi

Una delle formulazioni che meglio sintetizza il senso complessivo del percorso è l'idea che gli antichi **"pensavano che esistesse un ordine delle cose"**.
Questa affermazione contiene in poche parole il nucleo della riflessione.
La questione non è semplicemente che gli antichi osservassero il mondo.
Molte civiltà antiche hanno osservato il cielo e sviluppato calendari, sistemi matematici e conoscenze pratiche.

La peculiarità della tradizione filosofico-scientifica greca consiste soprattutto nella progressiva convinzione che dietro i fenomeni esista un **ordine generale**, e che questo ordine possa essere oggetto di una ricerca razionale.
Il passo successivo è ancora più importante: se esiste un ordine, allora l'uomo può cercare di **comprenderlo**.
Questa fiducia nella comprensibilità del cosmo costituisce uno dei grandi fondamenti della nostra cultura scientifica.

La grande eredità degli antichi

La vera eredità del pensiero antico non consiste nel fatto che gli antichi avessero già raggiunto le conoscenze della scienza moderna.
Non le avevano.
Molte delle loro teorie sono state superate e alcune delle loro interpretazioni della natura si sono rivelate errate.
Ma questo non diminuisce il loro valore storico e filosofico.
La loro grandezza consiste nell'aver formulato domande fondamentali e nell'aver sviluppato strumenti concettuali per affrontarle.
Essi hanno insegnato che la realtà può essere interrogata.
Hanno insegnato che l'apparenza può essere messa in discussione.
Hanno insegnato che il cambiamento può possedere un ordine.
Hanno insegnato che il numero può descrivere relazioni reali.
Hanno insegnato che una spiegazione deve cercare le cause.
Hanno insegnato che un'affermazione deve essere sostenuta da ragioni.
Hanno insegnato che l'universo può essere considerato un **cosmo**, cioè una realtà ordinata.
Questa eredità è ancora presente nella scienza contemporanea.

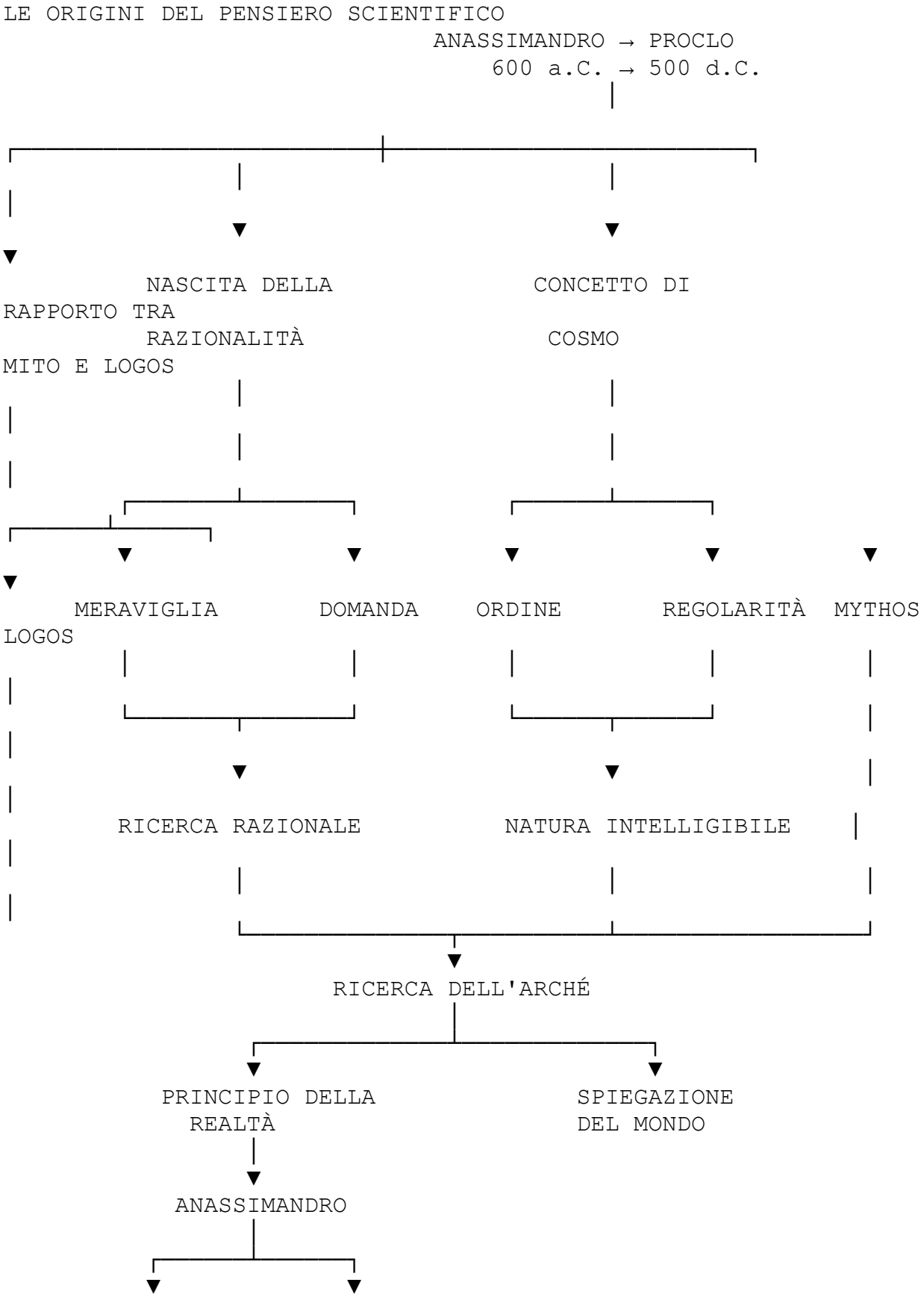
Conclusione definitiva

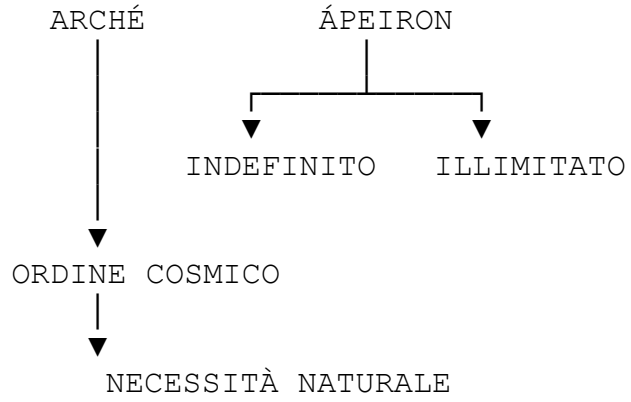
In definitiva, il percorso da Anassimandro a Proclo può essere interpretato come la storia della progressiva costruzione di una nuova immagine del mondo.
All'inizio vi è la meraviglia di fronte alla realtà.
Da questa meraviglia nasce la domanda.
Dalla domanda nasce la ricerca dell'arché.
Dalla ricerca dell'arché nasce la filosofia della natura.
Dalla ricerca dell'ordine nasce la matematica.
Dall'osservazione delle regolarità nasce l'astronomia.
Dalla ricerca delle cause nasce una concezione sistematica della natura.
Dalla dimostrazione nasce l'esigenza del rigore.
Dalla costruzione dei modelli nasce una nuova forma di rappresentazione del cosmo.
Infine, con il neoplatonismo, questi diversi percorsi vengono ricondotti all'interno di una concezione complessiva dell'ordine dell'essere.
Il risultato è una delle più importanti conquiste intellettuali della storia dell'umanità: la convinzione che **il mondo sia, almeno in parte, intelligibile**.
La scienza moderna porterà questa convinzione verso forme completamente nuove. Ma il problema fondamentale rimarrà.
Perché esiste un ordine nella natura?
Perché possiamo descriverlo?
Perché la matematica riesce a rappresentare fenomeni del mondo reale?
Quali sono i limiti della nostra conoscenza?
E soprattutto: **quanto possiamo realmente comprendere della realtà che ci circonda?**
Sono domande che appartengono all'antichità, ma che continuano a essere nostre.
È forse questo l'aspetto più affascinante dell'opera di de Santillana: comprendere le origini del pensiero scientifico significa comprendere non soltanto la storia della scienza, ma anche la storia dell'uomo come essere capace di interrogare il mondo.

La scienza nasce dalla capacità di non accontentarsi dell'apparenza.
Nasce dal desiderio di trovare un ordine.
Nasce dalla volontà di trasformare lo stupore in domanda e la domanda in conoscenza.
Ma nasce anche dalla consapevolezza che ogni conoscenza può essere messa in discussione.
Per questo il vero valore del pensiero scientifico non risiede soltanto nelle risposte che offre, ma nella capacità di **continuare a porre domande**.
In questa prospettiva, l'intero percorso da Anassimandro a Proclo può essere riassunto attraverso tre parole: **meraviglia, ragione e ricerca**.
La meraviglia apre la domanda.
La ragione cerca l'ordine.
La ricerca non considera mai definitiva la propria conclusione.
È proprio questa tensione, tra il desiderio di conoscere e la consapevolezza dei limiti della conoscenza, che rende il pensiero scientifico una delle più grandi espressioni della capacità umana di comprendere il mondo.
E forse la lezione più importante che possiamo ricavare dall'intero percorso è proprio questa: **conoscere non significa possedere definitivamente la realtà, ma imparare a interrogarla nel modo più rigoroso, libero e consapevole possibile.**

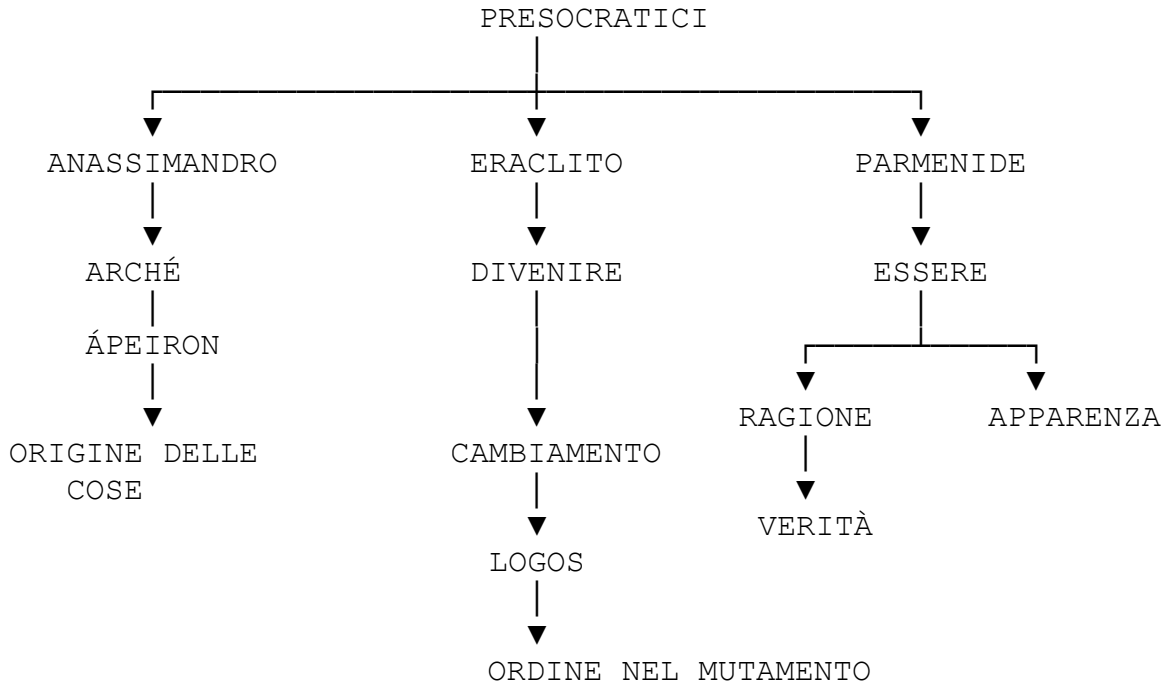
MAPPA RAMIFICATA

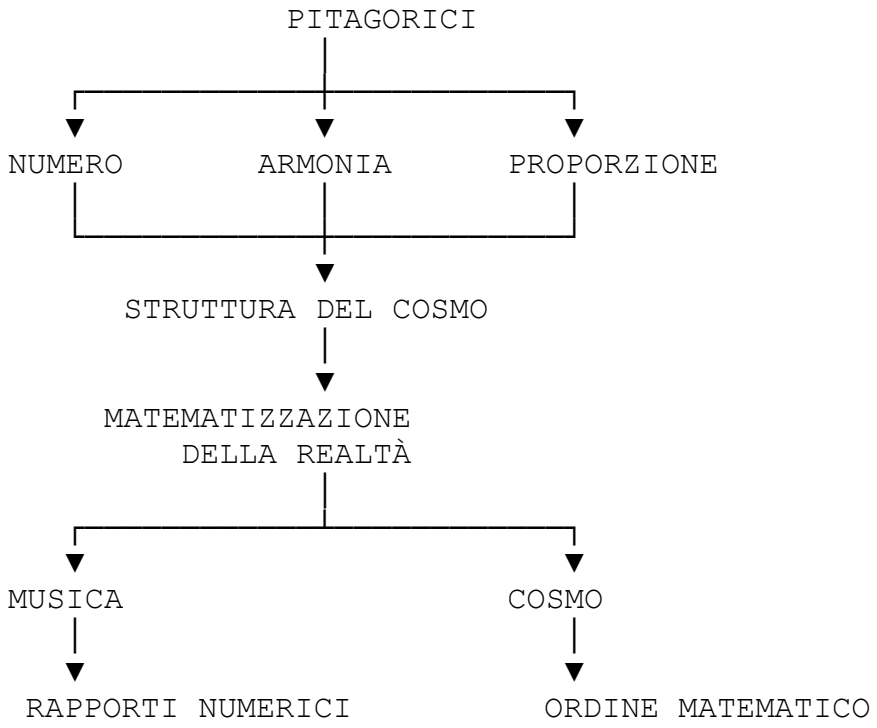
Le origini del pensiero scientifico – Giorgio de Santillana





I PRESOCRATICI

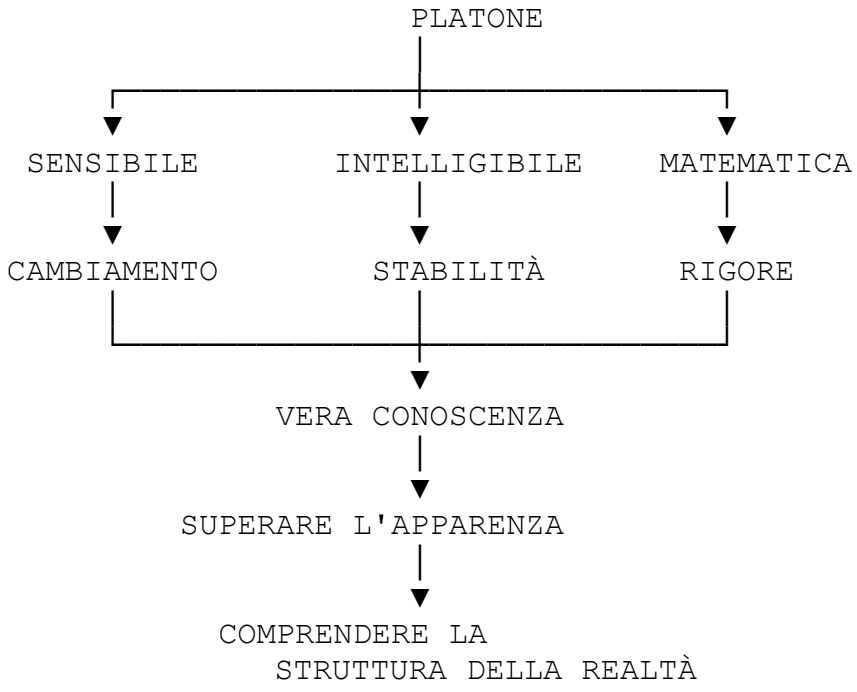


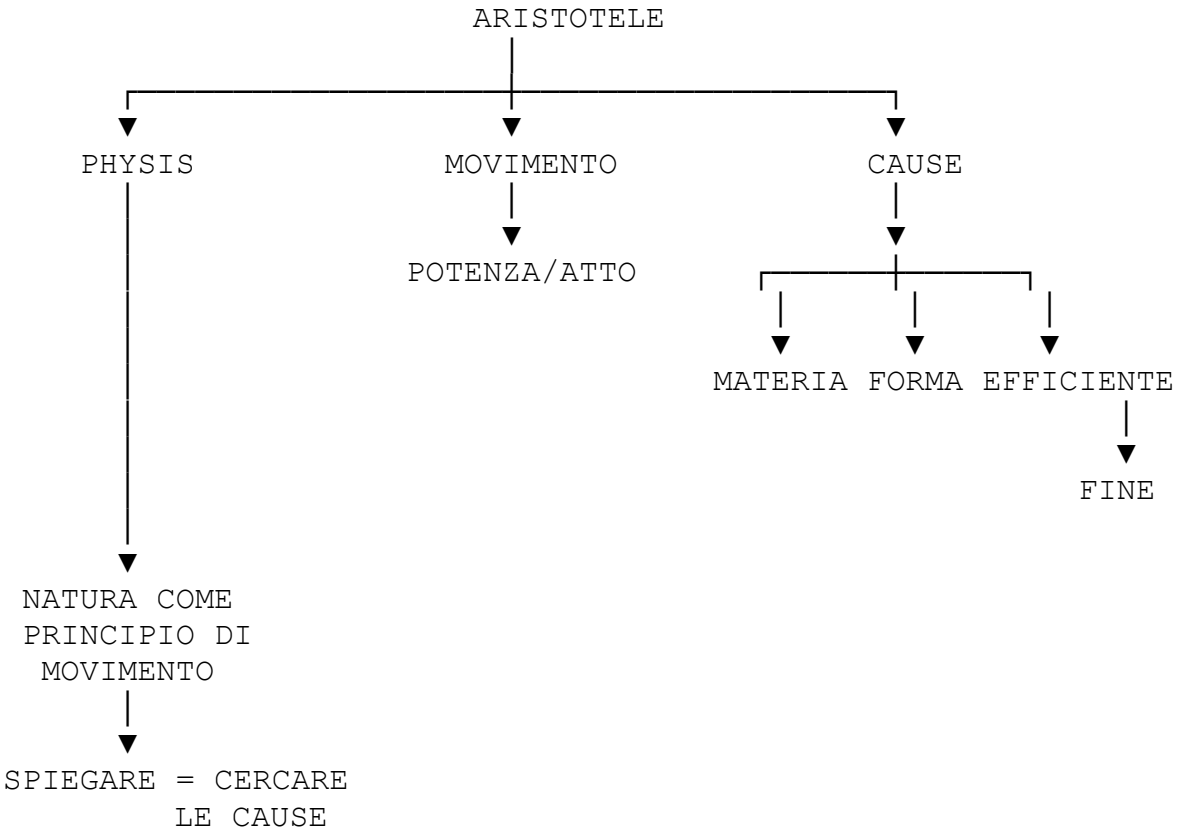


Idea centrale

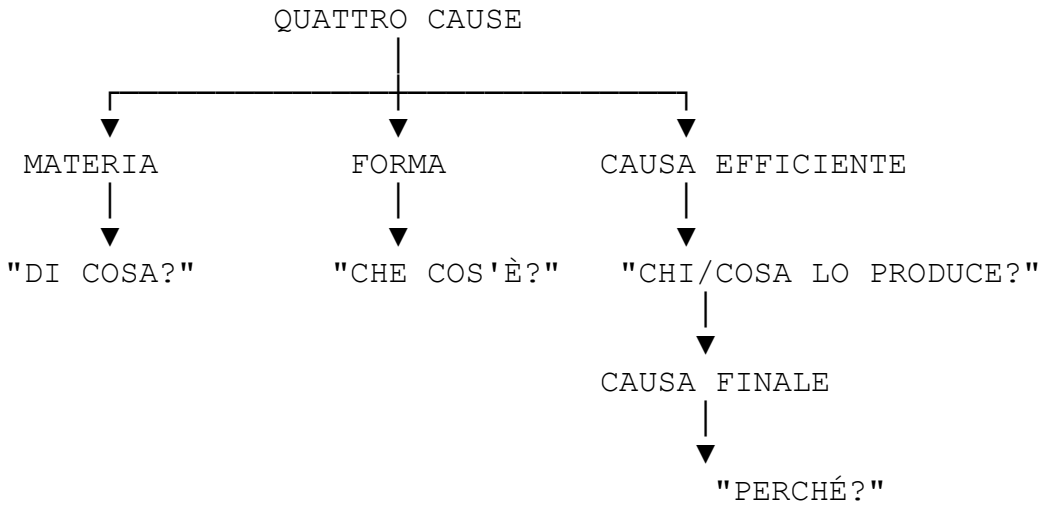
Numero → proporzione → armonia → ordine → conoscenza della realtà

Il numero non è soltanto uno strumento per contare, ma diventa un possibile **principio strutturale del cosmo**.

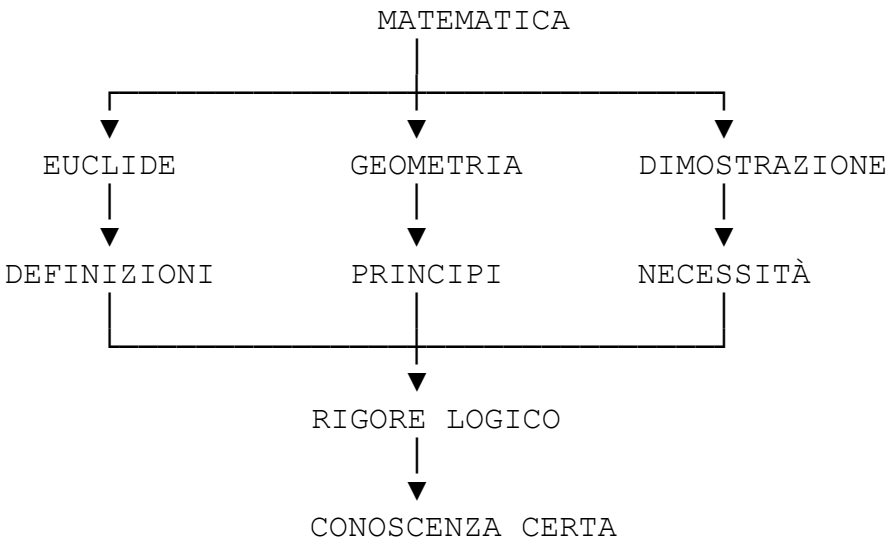




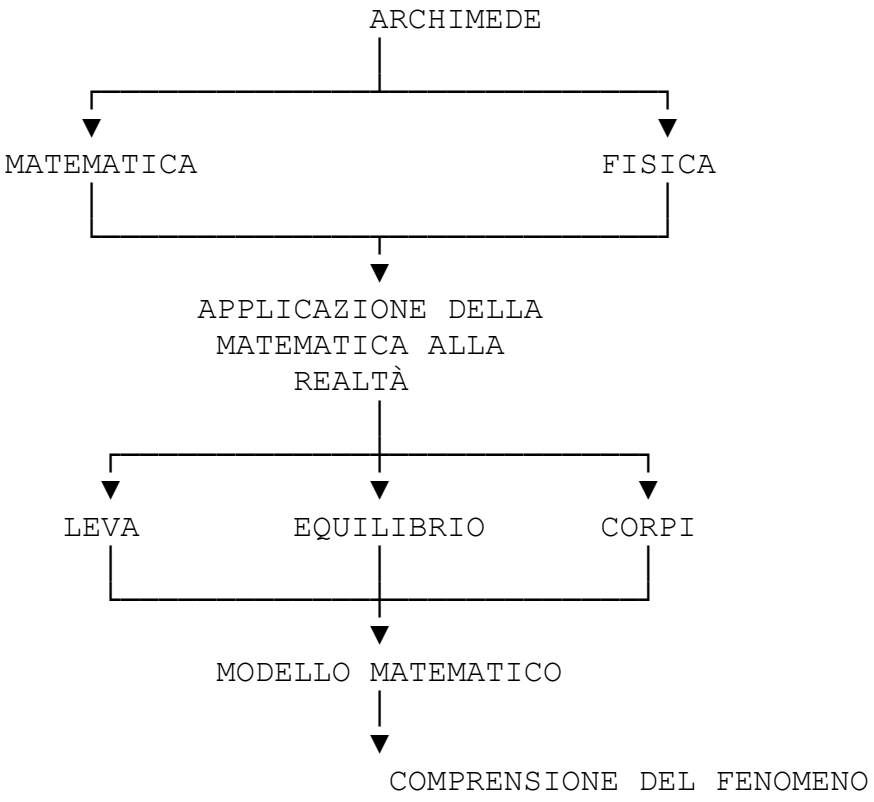
Le quattro cause

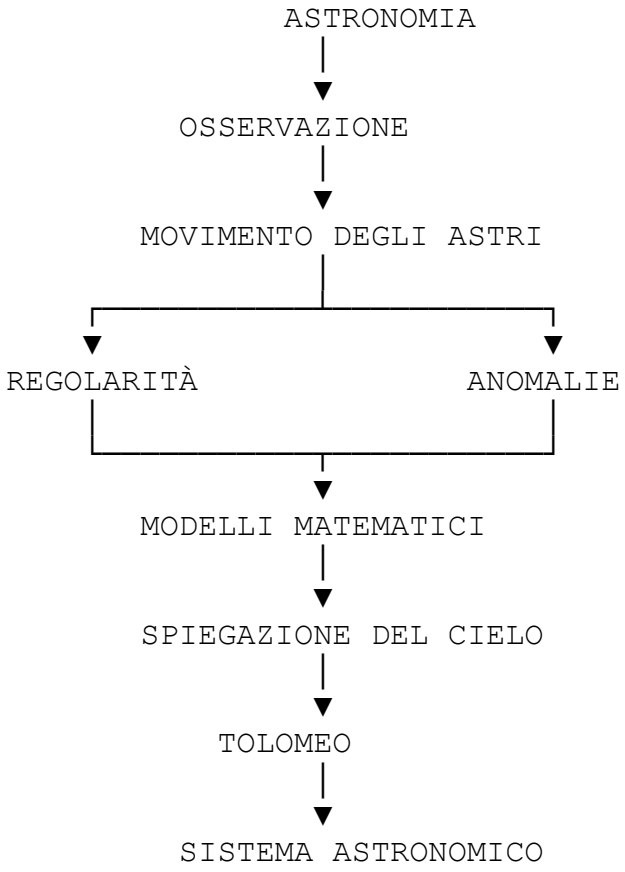


MATEMATICA E DIMOSTRAZIONE



ARCHIMEDE

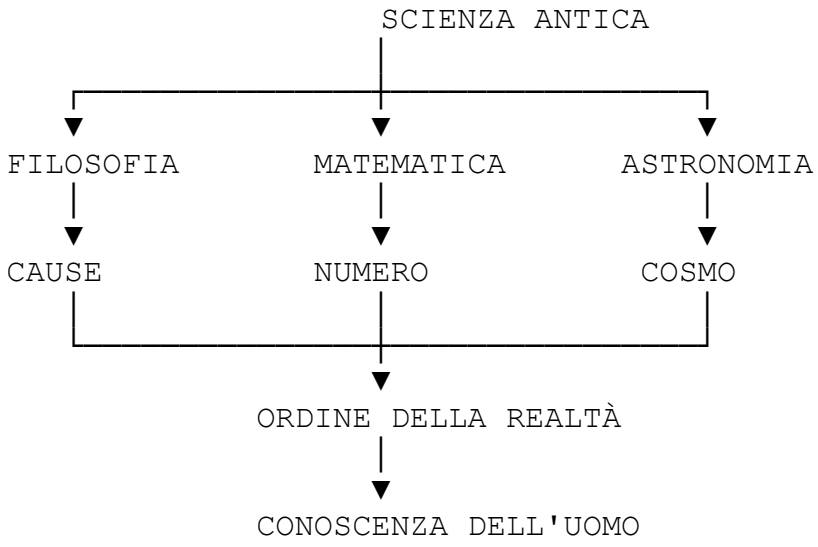




Concetto fondamentale

Osservazione → modello → matematica → previsione

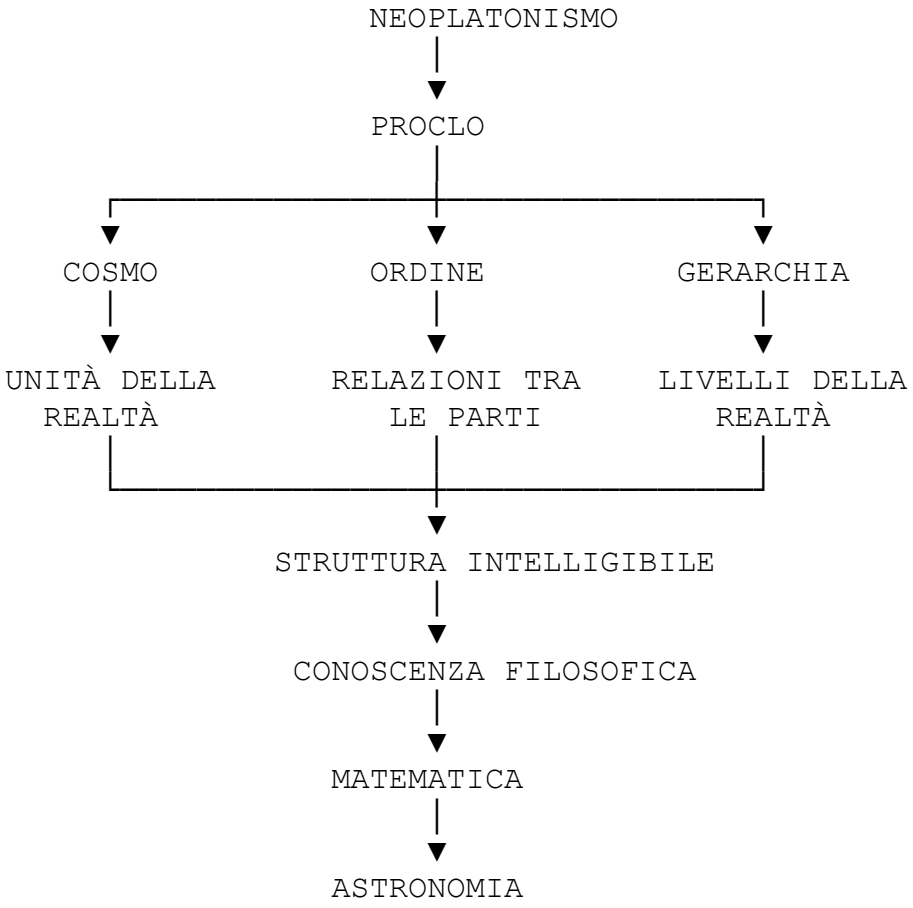
L'astronomia mostra che la scienza non consiste soltanto nell'osservare, ma anche nel **costruire modelli capaci di rappresentare i fenomeni**.



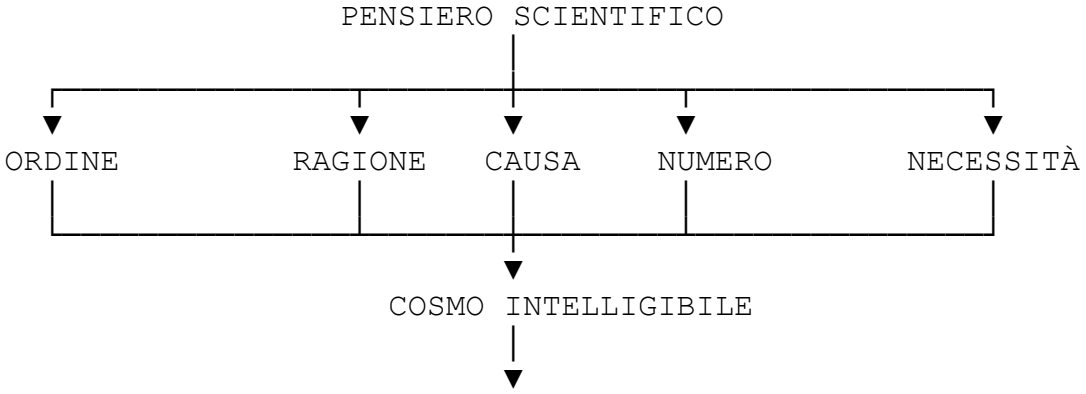
Nell'antichità non esiste ancora una separazione rigida tra discipline.

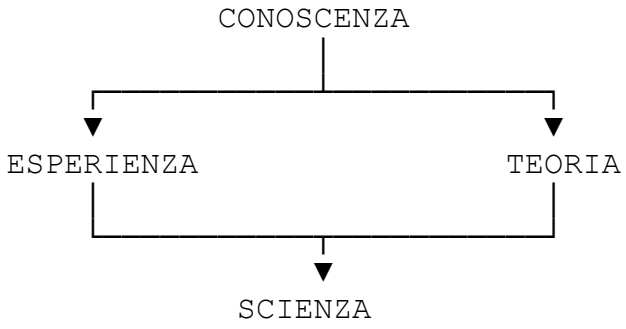
Studiare la natura significa anche interrogarsi su:

- che cos'è la realtà;
- che cosa significa conoscere;
- quale sia l'origine dell'universo;
- quale ordine governi il cosmo;
- quale sia il posto dell'uomo nell'universo.



GRANDI CONCETTI TRASVERSALI

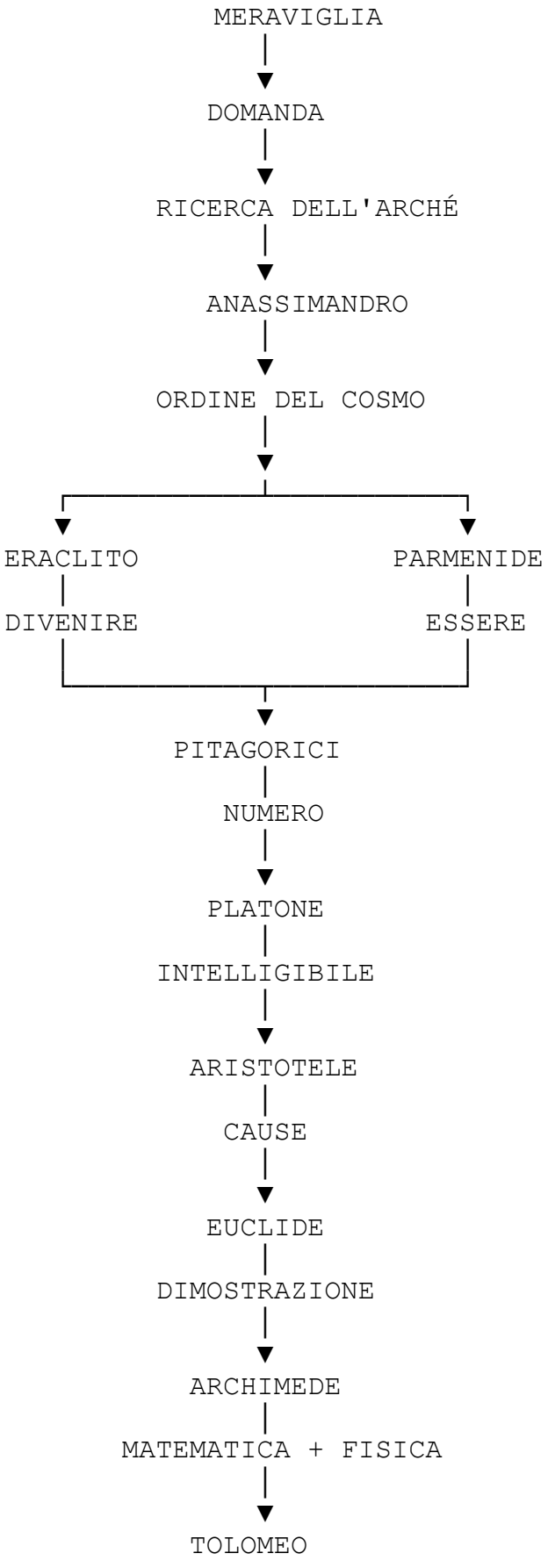


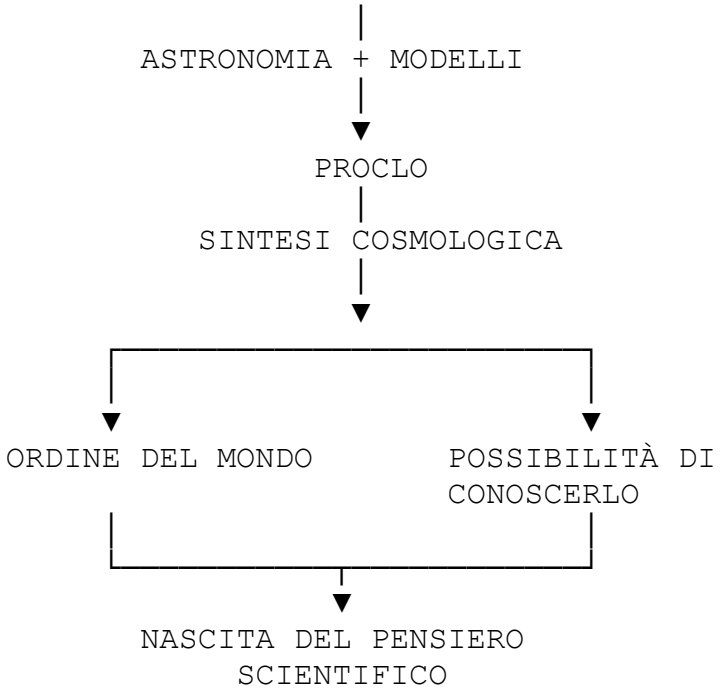


I concetti da ricordare

COSMO
→ universo ordinato
ARCHÉ
→ principio/origine della realtà
ÁPEIRON
→ principio indefinito e illimitato in Anassimandro
LOGOS
→ ragione/ordine che struttura il reale
PHYSIS
→ natura, realtà dotata di propri principi di trasformazione
CAUSA
→ ciò attraverso cui si comprende perché qualcosa è o accade
NUMERO
→ strumento e principio dell'ordine
ARMONIA
→ equilibrio fondato su rapporti e proporzioni
NECESSITÀ
→ regolarità che rende possibile la spiegazione e la previsione
DIMOSTRAZIONE
→ passaggio rigoroso da principi a conclusioni
MODELLO
→ rappresentazione razionale e matematica dei fenomeni
INTELLIGIBILE
→ ciò che può essere compreso dalla ragione oltre l'apparenza sensibile

IL FILO CONDUTTORE DELL'OPERA





Formula finale da ricordare

MERAVIGLIA → DOMANDA → RAGIONE → RICERCA DELL'ORDINE → MATEMATICA → CAUSE → MODELLI → CONOSCENZA