

# Einstein's Wonder

E. Gasco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zirak Software Department - [www.zirak.it](http://www.zirak.it)

SISFA Conference, 2020

# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## Che cosa è un Dynamic Frame: la struttura base I

Un frame è definito come una matrice che associa dei valori a degli attributi; un esempio tipico che viene fornito per esemplificare in cosa consista è il concetto di *'bird'*, il cui frame si può rappresentare come:

### Example

```
bird = {beak:{round, pointed}; leg:{short, long}; foot:{webbed, clawed}}
```

dove il concetto *bird* prende il nome di *'superordinate concept'*, gli attributi sono l'insieme {beak, leg, foot} e per ogni attributo ci sono i valori che possono essere assunti (ad es. per l'attributo beak si hanno i valori {round, pointed}).

## Che cosa è un Dynamic Frame: concetti subordinati I

Le *'subordinate concepts'* sono dei concetti *'secondari'* che attivano solo alcuni valori fra quelli possibili per il *'superordinate concept'*.  
Ad es. nel caso del *'superordinate concept'* *'bird'* abbiamo i *'subordinate concepts'* di *'water bird'* e *'land bird'* che possono essere rappresentati come:

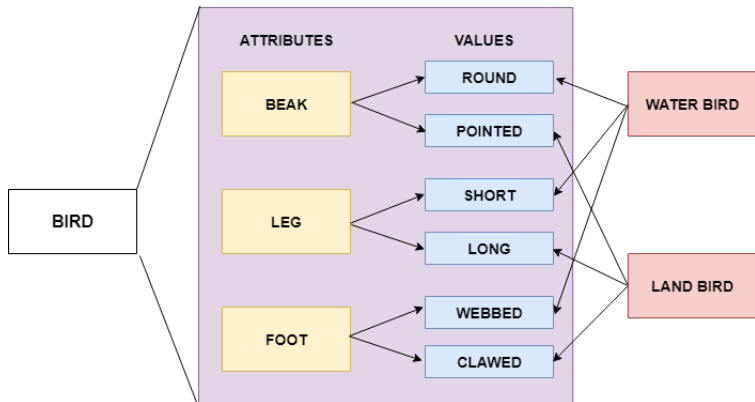
### Example

```
water bird = {beak:round; leg:short; foot:webbed}  
land bird = {beak:pointed; leg:long; foot:clawed}
```

La funzione di attivazione dei valori che determinano il *'subordinate concept'* prende il nome di *'determination link'*.

# Che cosa è un Dynamic Frame: Diagramma I

Il concetto di Bird è rappresentato dal diagramma seguente



# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## Definizione formale di un Dynamic Frame I

Un frame  $F(c)$  è una struttura formata da un insieme di subordinate concepts  $S = \{s\}$  rispetto ad un superordinate concept  $c$ , un insieme di attributi  $A = \{a\}$ , un insieme di valori  $V = \{v\}$ , un insieme di determination link  $D = \{d\}$ , che può essere rappresentata come  $\mathbf{F}(c) = \langle c, \mathbf{A}, \mathbf{V}, \mathbf{S}, \mathbf{D} \rangle$  e che soddisfa le seguenti proprietà:

- 1 Ogni attributo  $a \in A$  mappa un valore  $v \in V$  al superordinate concept  $c$ :  $a = A(c, v)$ . E' importante notare che lo stesso valore  $v$  può essere pensato come un superordinate concept di cui si fornisce una frame. In questo modo la struttura a frame è ricorsiva.
- 2 Ogni determination link  $d \in D$  stabilisce un legame fra un subordinate concepts  $s \in S$  e un  $v \in V$ :  $d = D(s, c)$



# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

# Un Dynamic Frame per la meraviglia I

Per individuare un Frame da associare al concetto di Meraviglia è necessario scegliere :

- l'insieme di attributi  $A = \{a\}$
- i corrispettivi valori  $V = \{v\}$ .
- i concetti subordinati.

La metodologia che seguiremo sarà quella di individuare i concetti subordinati, che permetteranno di individuare l'insieme di attributi e di valori.

# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## Thaumazein: la sua origine I

- La radice del termine *Thaumazein* ha le sue origini nella Mitologia Greca: Taumante è il dio marino greco figlio di Ponto e Gea, i cui figli sono le Arpie e Iride.
- La sua genealogia e la sua posizione nella mitologia greca sono importanti; Taumante infatti rappresenta la meraviglia e i pericoli del mare. Il mare è un luogo che non appartiene all'uomo e la meraviglia nasce da questo mondo che non si conosce.

## Thaumazein: la sua origine II

- Taumante è una divinità che non appartiene al periodo caotico di Crono e Gaia e neppure al mondo parzialmente ordinato di Zeus e Poseidone. Thaumazein dunque rappresenta un'esperienza che non è caos, ma neppure ordine, ma è riconoscere un ordine nascosto - non raggiungibile - che si trova al di sotto delle apparenze. E' Iride - figlia di Taumante, l'arcobaleno nella Mitologia Greca e messaggera degli dei - che permette all'uomo questa esperienza.

## Thaumazein: la sua origine III

- In Omero e nella letteratura arcaica il termine ha sempre sia una valenza cognitiva sia affettiva, intellettuale ed emozionale, con un significato che coinvolge i sentimenti di reverenza, stupore (awe) e ammirazione. In questo periodo la meraviglia è spesso collegata con la facoltà di vedere, ed un suo utilizzo è sovente associato alla visione di un qualcosa che allo stesso tempo è divino e umano. Un esempio è dato nell'Iliade dall'incontro fra Priamo e Achille.
- Nell'incontro fra Priamo ed Achille i due protagonisti si riconoscono come divinità, ma allo stesso tempo hanno sembianze e sentimenti umani; è questa duplice sensazione di vicinanza e differenza che crea la l'emozione di meraviglia

## Platone: la meraviglia contemplante I

- Nel mito della caverna - nella *Repubblica* - che Platone approfondisce l'attività del filosofare come osservazione contemplante di un mondo ideale; il filosofo infatti alla vista delle idee rimane stupefatto - una meraviglia muta; vi è dunque una attività intellettuale (che si compie nel vedere) accompagnata da uno stato emozionale che comprende 'awe, reverence and astonishment'

## Platone: la meraviglia contemplante II

- Nel *Simposio* Diotima descrive questo stato emozionale: "*when [the philosopher] views beautiful things [...] he will suddenly see, at the end, a wondrous (thaumaston) vision, beautiful in nature, which is the nal object of his previous toils*". All'attività filosofica è dunque associato un costante senso di meraviglia; quando il filosofo raggiunge la visione del vero essere egli sperimenta sia la conoscenza sia la meraviglia.



## Scienza cognitiva: la meraviglia contemplante I

- Keltner e Haidt [2003]: *Approaching awe, a moral, spiritual, and aesthetic emotion*

Viene presentato un approccio prototipale allo 'stupore contemplante' (awe), dove si evidenziano due attributi essenziali di questa emozione:

- il fattore che genera l'emozione: 'perceived vastness' inteso come "*sense of being in the presence of something greater than the self and a feeling of being connected with their surrounding*".
- la conseguenza dell'emozione: 'need for accomodation' inteso come "*the Piagetian process of adjusting mental structures that cannot assimilate a new experience*".

## Scienza cognitiva: la meraviglia contemplante II

- Shiota e altri [2007]: *The nature of awe: Elicitors, appraisals, and effects on self-concept*

Viene esteso il lavoro di Keltner e mostrato come l'idea di 'vastness' non è solo legata al percepire qualcosa di fisicamente più grande di sé ma anche come "*one may experience a sense of vastness in a mathematical equation, not because the equation is literally long, but because of the vast number of observed physical processes it is able to explain and predict*"

## Scienza cognitiva: la meraviglia contemplante I

- Gallagher e altri [2015]: *A neurophenomenology of awe and wonder*

Viene studiato lo stupore (awe) e la meraviglia (wonder) prendendo in esame i resoconti degli astronauti.

Un resoconto tipico è il seguente:

### Example

*"Incredibile! I just noticed we were approaching London around midnight GMT. I decided to turn off all the light and set myself up for some hopeful night shots. What an amazing, spectacular, incredible, mind blowing view! So for a moment I just stared at the incredible display of life below me. From there we flew across the rest of Europe in a few minutes and I was just overwhelmed with the beauty of our civilizations as it was, splattered across the dark landscape"*

## Scienza cognitiva: la meraviglia contemplante II

Si giunge ad una definizione esplicita di stupore e meraviglia:

- Stupore: “*A direct and initial feeling when faced with something incomprehensible or sublime*” [Specification: captured by view; elation; experience hungry, overwhelmed, scale effect, sublime, surprise]
- Meraviglia: “*A reflective feeling one has when unable to put things back into familiar conceptual framework*” [Specification: perspectival shift, nostalgia, unity with hole, unity of external]
- Dal lavoro di Gallagher si deduce:
  - la meraviglia è un'emozione positiva
  - lo meraviglia è un'emozione complessa, riflessiva su uno stato emozionale quale lo stupore

# Un Dynamic Frame per la meraviglia I

L'analisi della meraviglia contemplante ci ha permesso di individuare alcuni attributi del concetto di meraviglia con alcuni suoi valori:

- Attributo: il fattore che genera l'emozione (**elicitor factor**).
  - Valore associato: **perceived vastness**
- Attributo: conseguenza dell'emozione (**cognitive consequence**).
  - Valore associato : **need for accomodation**
- Attributo: tipo di emozione (**emotion type**)
  - Valore associato: **positive**
- Attributo: emozione iniziale (**starting emotion**)
  - Valore associato: **awe** (stupore)

## Un Dynamic Frame per la meraviglia II

la meraviglia contemplante (subordinate concept) è dunque rappresentabile come:

### Definition

meraviglia contemplante = {elicitor factor: perceived vastness;  
cognitive consequence: need for accomodation; emotion  
type:positive; starting emotion: awe}

# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## Platone: la meraviglia interrogante

- Nel *Teeteto* Platone fa discendere l'inizio del filosofare dalla meraviglia: “[...] è tipico soprattutto del filosofo provare questo stato d'animo, la meraviglia. Infatti non c'è altro principio della filosofia che questo e colui che disse che Iride è discendente di Taumante non sembra essersi sbagliato a stabilire la genealogia.”
- Teeteto descrive anche questo stato emozionale: essere “[...] pieno di una straordinaria meraviglia dinnanzi a che cosa mai rappresentino casi simili: e qualche volta, quando davvero mi concentro su di essi, mi vengono le vertigini”



## Platone: la meraviglia interrogante

- La meraviglia è dunque un'emozione disorientante - si provano le vertigini - e nasce da un profondo smarrimento di fronte ad una contraddizione - aporein. Il pathos che sorregge l'esercizio filosofico è una meraviglia tanto destabilizzante da provocare le vertigini, ed è proprio questa perdita d'equilibrio che costituisce il punto di partenza per un processo di rinnovamento individuale.
- Come superare questo smarrimento? Secondo Platone è Iride che ci porta il messaggio di una realtà ideale al di là delle apparenze che restituisce 'solidità' alla nostra esperienza.

## Poros e Aporein

- **Poros:** è usato per indicare soltanto vie marittime o fluviali ed è un percorso tracciabile entro un elemento che significa in modo particolare l'instabile proprio perché fluido. Una via d'acqua non è segnata in modo netto, definitivo, permanente. Il poros deve dunque essere ri-delineato, ri-trovato, "congetturato" ogni volta a partire da segni (promontori, stelle...)
- **Aporein:** è il verbo indica la mancanza di poros, quindi l'inattraversabilità dell'elemento liquido, sulla cui instabile mobilità non sappia aver la meglio, a ri-tracciare e poi a seguire la rotta (poros). In ambito filosofico esso giunge in sede cognitiva ad indicare l'impotenza a fluire e a muoversi di una razionalità che, pur sempre congetturale e perciò esposta all'errore, può però aprirsi la via attraverso il corretto impiego dei segni o indizi che le siano ogni volta disponibili.

## Aristotele: la meraviglia interrogante

- Aristotele segue la linea indicata da Platone, accettando il legame tra meraviglia, aporia e disorientamento.
- Nella Metafisica si ha *“gli uomini, ora come in origine, hanno iniziato a filosofare attraverso la meraviglia”* (Met. 982b, 10) ed in seguito *“[...] Infatti, come abbiamo detto, tutti cominciano dal meravigliarsi che le cose stiano in un determinato modo: così ad esempio, di fronte alle marionette che si muovono da sé [...] o alla incommensurabilità della diagonale al lato: infatti, a tutti coloro che non hanno ancora conosciuto la causa, fa meraviglia che fra l'una e l'altra non vi sia una unità minima di misura comune. Invece bisogna pervenire allo stato d'animo contrario [...]. E così avviene, appunto, per restare agli esempi fatti, una volta che si sia imparato: di nulla un geometra si meraviglierebbe di più che se una diagonale fosse commensurabile al lato”* (Met., 983a, 11-20).
- La filosofia dunque è una continua fuga dalla meraviglia

## La meraviglia nei giochi di prestigio

- Lamont [2017]: *A particular kind of wonder: The experience of magic past and present*
- Quando ci si confronta con giochi di prestigio sovente si prova meraviglia.
- La meraviglia nasce dal fatto che viene mostrato un qualcosa che è impossibile

### Example

- persone che vengono segate a metà, ma che ne escono illese
- un elefante vivo che sparisce dal palcoscenico

- Ci aspettiamo che la magia accada: un trucco magico fallito susciterebbe sorpresa ma non meraviglia, un trucco magico invece evoca meraviglia, ma non sorpresa.

## Scienza dell'educazione e meraviglia

- la meraviglia è un'emozione che deve essere suscitata nell'alunno da parte dell'insegnante al fine di favorire l'interesse per la materia e la predisposizione al riconoscimento dei problemi.
- Zazkis [2014]: "*Wondering About Wonder in Mathematics*"
- Si individuano le due tipologie di meraviglia associate al verbo 'to wonder':
  - 'wondering at': viene utilizzato nella maggior parte dei casi quando si esprime la meraviglia per un'esperienza che si è subita e corrisponde all'uso del nome 'wonder'.
  - 'wondering why/how': viene utilizzato quando ci si chiede quali siano le cause che stanno alla base dell'esperienza.
- Meraviglia contemplante e interrogante possono essere interconnesse: l'esempio del frattale di Mandelbrot.
- Quali sono i temi che possono favorire la meraviglia?
  - percezione di un qualcosa di magico: numerosi giochi algebrici
  - risultati controintuitivi: numero infinito di poligoni regolari in 2D, il numero finito di poliedri regolari in 3D (solidi platonici)

## Scienza dell'educazione: differenza fra curiosità e meraviglia

- Shinkel [2017]: “*The Educational Importance of Deep Wonder*”
- Si individuano si fa riferimento alle due tipologie di meraviglia e si mostra l'importanza della meraviglia contemplante (deep wonder) nel processo di educazione.
- Prende anche in esame la differenza fra curiosità e wonder: la curiosità infatti è un'emozione che induce le persone ad esplorare all'interno di un determinato 'framework' concettuale, mentre la meraviglia è una esperienza che qualcosa che era ritenuto valido non è completo o addirittura del tutto errato.
- Generalmente la curiosità precede la meraviglia: di fronte ad un qualcosa di inaspettato si cerca di includere l'esperienza nella struttura concettuale che si ha a disposizione, ma se questo non capita si genera la meraviglia

# Un Dynamic Frame per la meraviglia I

L'analisi della meraviglia interrogante ci permette di mantenere gli attributi individuati per la meraviglia contemplante ma di cambiarne i valori:

- Attributo: il fattore che genera l'emozione (**elicitor factor**).
  - Valore associato: **aporia**
- Attributo: conseguenza dell'emozione (**cognitive consequence**).
  - Valore associato : **need for accomodation**
- Attributo: tipo di emozione (**emotion type**)
  - Valore associato: **negative**
- Attributo: emozione iniziale (**starting emotion**)
  - Valore associato: **curiosity** (curiosità)

## Un Dynamic Frame per la meraviglia II

Il concetto di meraviglia interrogante (subordinate concept) è dunque rappresentabile come:

### Definition

meraviglia interrogante = {elicitor factor: aporia; cognitive consequence: need for accomodation; emotion type: negative; starting emotion: curiosity}



# Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

# Un Dynamic Frame per la meraviglia I

L'analisi sulla meraviglia ci ha portato a determinare gli attributi che caratterizzano il concetto:

- il fattore che genera l'emozione (**elicitor factor**), i cui possibili valori sono : {vastness, aporia}
- conseguenza dell'emozione (**cognitive consequence**), i cui possibili valori sono: {need for accomodation}
- tipo di emozione (**emotion type**), i cui possibili valori sono: {positive, negative}
- emozione iniziale (**starting emotion**), i cui possibili valori sono: {awe, curiosity}

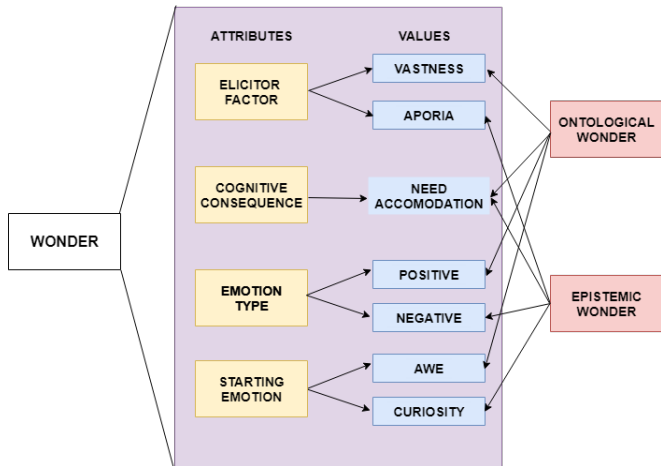
# Un Dynamic Frame per la meraviglia II

Il concetto di meraviglia è dunque rappresentabile come:

## Definition

meraviglia = {elicitor factor: {perceived vastness, aporia};  
cognitive consequence: {need for accomodation}; emotion type:  
{positive, negative}; starting emotion: {awe, curiosity}}

# Un Dynamic Frame per la meraviglia: Diagramma I



## Outline

- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia

- Nell'**Autobiografia Scientifica** Einstein afferma che "*.. il nostro pensiero proceda in massima parte senza fare uso di segni (parole) e anzi assai spesso inconsapevolmente. Come può accadere altrimenti che noi ci meravigliamo di certe esperienze in modo così spontaneo?*"
- La meraviglia dunque non nasce da un ragionamento esplicito, ma dall'incessante processo di collegamento fra concetti che produce il nostro pensiero in modo anche inconsapevole;
- Si prova un sentimento di meraviglia "*quando un'esperienza entra in conflitto con un mondo di concetti già sufficientemente stabile in noi. Ogniqualevolta sperimentiamo in modo aspro e intenso un simile conflitto, il nostro mondo intellettuale reagisce in modo decisivo.*" Il conflitto deve essere risolto, in modo tale che "il mondo intellettuale" da noi sviluppato sia alla fine in grado di comprendere anche il fatto/evento inusuale; in un certo senso lo sviluppo del nostro mondo intellettuale è una continua "**fuga dalla meraviglia**"

## Outline

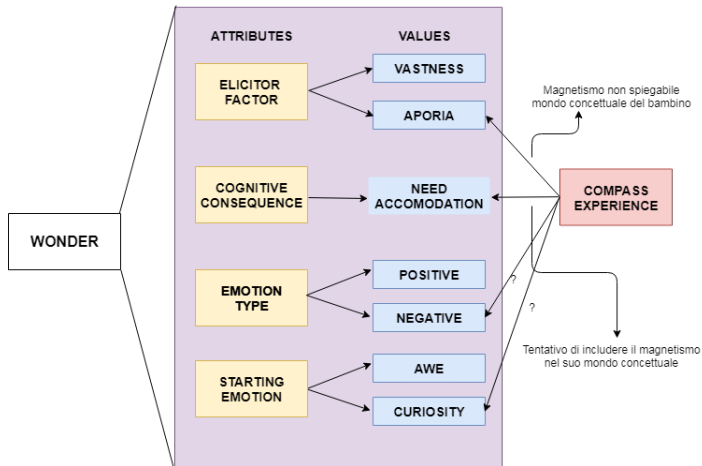
- 1 Dynamic Frame
  - Che cosa è un Dynamic Frame
  - Definizione Formale di un Dynamic Frame
  - Un Dynamic Frame per la Meraviglia
- 2 La Meraviglia
  - La meraviglia contemplante (ontologica)
  - La meraviglia interrogante (epistemica)
- 3 Un Dynamic Frame per la meraviglia
  - Un Dynamic Frame per la meraviglia
- 4 Einstein's Wonder
  - Come si attua il pensiero e la fuga dalla meraviglia
  - Le esperienze di Meraviglia

## L'esperienza della bussola (meraviglia interrogante)

- L'interesse di Einstein per la scienza si manifestò presto a cominciare dall'incontro con il magnetismo. Aveva ricevuto una bussola dal padre ed era affascinato dal fatto che delle forze invisibili potessero fare muovere gli oggetti.
- Nell'Autobiografia a ricordo di questa esperienza egli afferma *“Una meraviglia di natura simile l'ho provata da bambino, a 4 o 5 anni, quando mio padre mi mostrò l'ago di una bussola [...] quell'esperienza fece su di me un'impressione intensa e duratura. Dietro le cose ci doveva essere un qualcosa di profondamente nascosto [...] Il fatto che quell'ago si comportasse in quel certo modo non si accordava assolutamente con la natura dei fenomeni che potevano trovare posto nel mio [di Einstein] mondo concettuale di allora, tutto basato sull'esperienza diretta del toccare.”*
- Quale tipo di meraviglia? Meraviglia interrogante



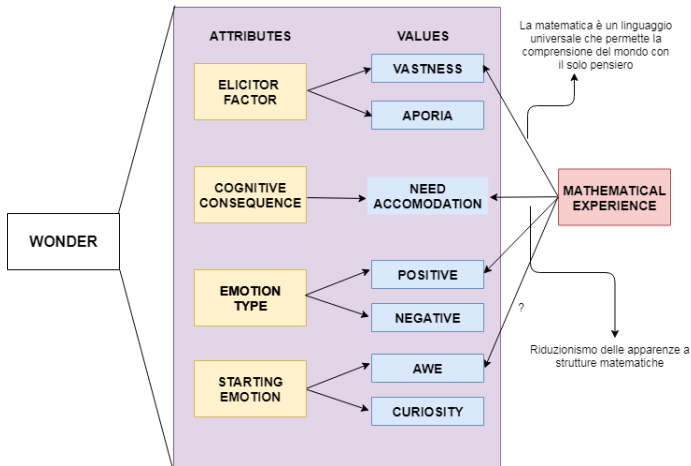
# L'esperienza della bussola: Frame I



## L'esperienza della matematica (meraviglia contemplante)

- Intorno ai 12 anni - dopo un periodo di fervore religioso - Einstein fu introdotto allo studio della matematica da un giovane studente polacco (Talmud) che gli regalò un libro di geometria.
- Ciò che lo stupì fu che alcuni asserti della geometria, seppure non evidenti, potevano essere dimostrati con una certezza che non poteva lasciare dubbi (Einstein fa riferimento ad esempio al fatto che le altezze di un triangolo si incontrano in un unico punto).
- La meraviglia nasceva dalla constatazione che alcuni concetti del tutto evidenti, come quelli basilari della geometria (la linea, il punto...) avevano un riscontro immediato nell'esperienza (l'asta rigida, l'intervallo finito...) e tramite di essi si poteva costruire un sapere 'certo', si poteva avere una "*certa conoscenza degli oggetti dell'esperienza per mezzo del puro pensiero*".
- Quale tipo di meraviglia? Meraviglia contemplante.

# L'esperienza della matematica: Frame I



## Lo stimolo della meraviglia attraverso i libri

- I **Libri Popolari di Scienza Naturale di Bernstein** ebbero una grande influenza sul giovane Einstein.
- Lo stile di Bernstein era molto particolare in quanto metteva in risalto la meraviglia e lo stupore per le conquiste scientifiche del XIX secolo.

### Example

- "Natural scientists have considered and investigated things that strike any normal man as a fable"

- *"Praised be this science! Praised be the men who do it! And praised be the human mind, which sees more sharply than does the human eye!"*

- L'autore descrive il calcolo esatto con cui l'astronomo francese Leverrier ipotizza l'esistenza di un pianeta oltre Urano e lo fa in un articolo dal titolo "*The Wonder of Astronomy*"

- Quale tipo di meraviglia è stimolata in questo caso? La meraviglia contemplante in quanto mostra come la scienza possa conoscere il mondo che ci circonda.

## Lo stimolo della meraviglia attraverso i libri

- La meraviglia viene suscitata da Bernstein proponendo delle situazioni che non si riscontrano della vita quotidiana; dei paradossi o delle situazioni inusuali. Bernstein cerca di presentare un mondo che non è quello che esperiamo e che suscita curiosità / meraviglia.

### Example

- propone di immaginare un mondo in cui gli esseri umani abbiano un senso in più od uno in meno rispetto ai 5 conosciuti. Cosa succederebbe al concetto di distanza se non avessimo il senso della vista?

- sovente viene messo in risalto che esistono forze della natura che non sono alla portata dei nostri sensi.

- ipotizza l'esistenza di una unica forza di cui quelle conosciute sono l'espressione.

- Quale tipo di meraviglia è stimolata in questo caso? La meraviglia interrogante in quanto si presentano delle aporie, delle situazioni inusuali che creano curiosità.e allo stesso tempo sconcerto.

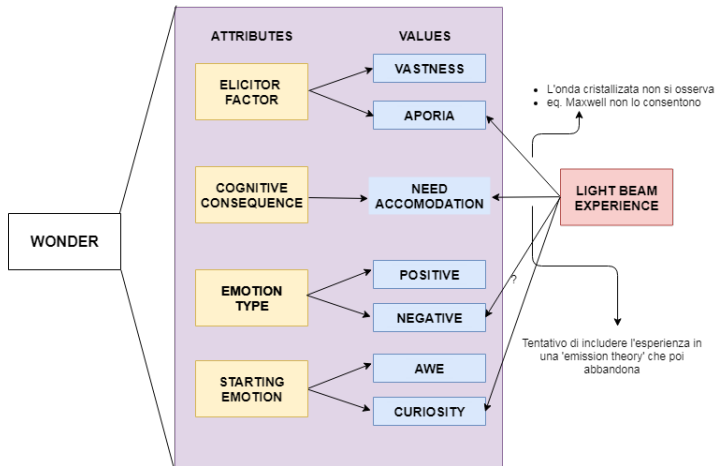
## L'esperienza del raggio luminoso (meraviglia interrogante)

- Bernstein proponeva al lettore di intraprendere un viaggio fantastico all'interno di un cavo del telegrafo, correndo a velocità fantastica a fianco di un segnale elettrico.
- Sulla falsa riga dell'esempio di Bernstein, Einstein si immaginò di correre al fianco di un raggio luminoso e si pose la domanda di come fosse l'aspetto del fascio luminoso.
- L'onda elettromagnetica sarebbe stata cristallizzata, non avrebbe oscillato nel tempo.
- Einstein concluse: “[...] *Eppure sembra che una cosa del genere non esista nè in base all'esperienza, nè secondo le equazioni di Maxwell*”

## L'esperienza del raggio luminoso (meraviglia interrogante)

- Nell'intervista del 1916 di Wertheimer viene descritto l'esperimento mentale: *"The process started in a way not very clear, and is therefore difficult to describe - in a certain state of being puzzled . First came such questions as: What if one were to run after a ray of light? What if one were riding on the beam? If one were to run after a ray of light as it travels, would its velocity thereby be decreased? If one were to run fast enough, would it no longer move at all? [...] To young Einstein this seemed strange. [...] When we asked him whether, during this period, he had already had some idea of the constancy of light velocity, independent of the movement of the reference system, Einstein answered decidedly: "No, it was just curiosity [curiosity]. That the velocity of light could differ depending upon the movement of the observer was somehow characterized by doubt. Later developments increased this doubt. [aporia: velocità della luce non costante fra sistemi di riferimento]"*
- Quale tipo di meraviglia? Meraviglia interrogante.

# L'esperienza del raggio luminoso: Frame I





## Riassunto

- Abbiamo introdotto la distinzione fra Meraviglia Contemplante e Interrogante rifacendoci alla filosofia greca
- Abbiamo costruito un Dynamic Frame per rappresentare la meraviglia
- Abbiamo descritto alcune esperienze legate alla meraviglia negli anni della formazione di Einstein.
- Outlook
  - Dobbiamo approfondire e legare la distinzione alle teorie attuali sulle emozioni.
  - Affrontare la meraviglia anche nella scoperta del principio di Equivalenza.