

Logica e filosofia della scienza

(P) 6 CFU

Anno Accademico 2010-2011

Corso di laurea in Scienze della comunicazione

Ivan Valbusa

ivan.valbusa@univr.it

Avvertenza In queste pagine sono riportati i contenuti delle slide presentate durante il corso di Logica e filosofia della scienza, Anno Accademico 2010-2011¹. Sono omesse alcune immagini e i filmati, per i quali viene indicato il link dal quale possono essere scaricati. Le slides complete si trovano presso la pagina del corso.

1 Introduzione

Testi per l'esame

Riferimenti bibliografici

- [1] Losee, John (2009) *Filosofia della scienza. Un'introduzione*, Milano: il Saggiatore.
- [2] Moretto, Antonio (2009) *Appunti di logica*, a cura di Laura Moretti e Ivan Valbusa, 2^a ed. Disponibili presso la copisteria "La Rapida"
- [3] *Appunti delle lezioni!*

Letture di approfondimento

Riferimenti bibliografici

- [Boniolo] Boniolo, Giovanni, Maria Luisa Dalla Chiara, Giulio Giorello, Corrado Sinigaglia e Silvano Tagliagambe (2002) (a cura di) *Filosofia della scienza*, Milano: Raffaello Cortina Editore.
- [1] Gillies, Donald e Giulio Giorello (2007) *La filosofia della scienza nel XX secolo*, cur. e trad. da Matteo Motterlini, 8a ed., Roma-Bari: Laterza.
 - [2] Francesco Berto (2008) *Logica da zero a Gödel*, Laterza, Roma-Bari;
 - [3] Marcello Frixione (2009) *Come ragioniamo*, Laterza, Roma-Bari;
 - [4] Oldroyd, David (1998) *Storia della filosofia della scienza. Da Platone a Popper*, il Saggiatore, Milano

¹Queste note sono rilasciate sotto la licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 2.5 Italia. Per leggere una copia della licenza visita il sito web

<http://creativecommons.org/licenses/publicdomain/>

o spedisci una lettera a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

Cos'è la filosofia della scienza?

La filosofia della scienza è un'indagine su:

1. Categorie ontologiche che fanno da sfondo alle teorie scientifiche
2. Presupposti e predisposizioni degli scienziati
3. Chiarificazione dei concetti e delle teorie scientifiche
4. Criteriologia di secondo livello

Livello	Disciplina	Oggetto d'indagine
0	(esperienza)	Fatti
1	Scienza	Spiegazione dei fatti
2	Filosofia della scienza	Analisi delle procedure e logica della spiegazione scientifica

Il problema della demarcazione

- Cosa distingue la scienza da ciò che scienza non è.
- Cosa si intende per “scienza”
- Quali sono i confini di una scienza rispetto a un'altra scienza
- Cosa distingue la scienza dalla metafisica.
 - Verificabilità (neopositivismo)
 - Falsificabilità (Popper)

Sappiamo veramente definire in modo chiaro una scienza?

La matematica è l'unica scienza in cui non sappiamo mai di che cosa parliamo né se ciò che diciamo sia vero

BERTRAND RUSSELL

La questione enciclopedica

I termini della questione

Quali sono le relazioni che collegano le differenti scienze e arti, e come possono essere determinati i criteri che permettono di classificare le discipline e di differenziare le sottodiscipline di una data disciplina?

Alcuni momenti storici importanti

- Antichità e medioevo: albori della questione enciclopedica
- Età moderna: l'*Encyclopaedia* di J.H. Alsted
- Il Settecento: l'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert
- L'Ottocento: A. Comte, A.-M. Ampère
- Il Novecento: l'*Enciclopedia internazionale della scienza unificata*
- Oggi: l'ontologia formale

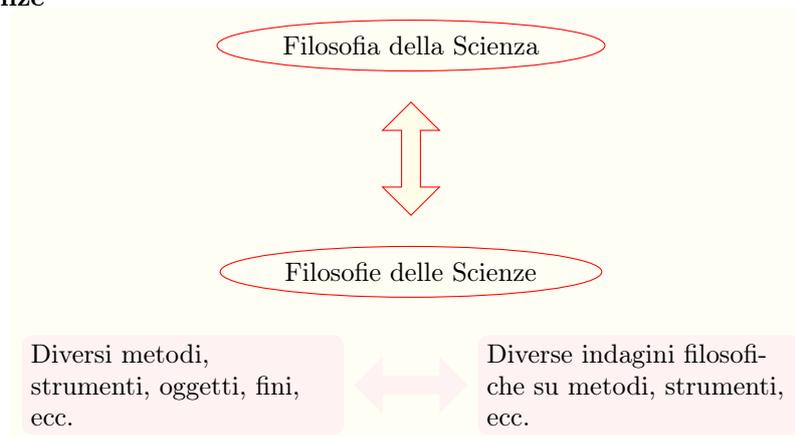
L'attualità della questione enciclopedica

Filosofia, intelligenza artificiale, linguistica, psicologia e logica si intrecciano nelle “ontologie”

Se tutti i *database* possono essere resi compatibili, allora prende forma la prospettiva di fondere le risorse separate di dati in modo tale da creare un'unica base di conoscenze delle dimensioni fino ad ora inimmaginate, realizzando in questo modo l'antico sogno di una Grande Enciclopedia che comprenda la totalità del sapere umano

BARRY SMITH

Filosofia e scienze



Riferimenti bibliografici

[1] N. Vassallo *Filosofie delle scienze*, Einaudi, Torino 2003

1.1 La nascita della filosofia della scienza

Prima di Aristotele, ma non solo ...

- Legame intrinseco tra scienza e filosofia
- Stretta relazione tra speculazione filosofico-scientifica e insegnamento
 - “Logica” e “filosofia della scienza” ad uno stadio implicito
- Presocratici (Scuola ionica, Scuola pitagorica, Naturalisti) “Ricerca del principio o dei principi di tutte le cose”
- Atomismo: Leucippo, Democrito
- Platone
 - Chiarificazione dei concetti e definizioni accurate
 - Prende forma il “problema della conoscenza”
 - Dottrina delle idee

2 Logica e filosofia della scienza

2.1 La natura della logica

Perché la logica è importante?

1. Le scienze fanno continuamente uso della logica, sia in fase di scoperta sia in fase di spiegazione o giustificazione delle proprie teorie.
2. Non si può studiare la metodologia delle scienze senza comprendere la natura di uno dei suoi strumenti privilegiati: il ragionamento

Cos'è la logica?

La logica è la disciplina che studia le condizioni di *correttezza* del *ragionamento*. Il suo scopo è dunque elaborare criteri e metodi, attraverso i quali si possano distinguere i ragionamenti corretti, detti anche validi, da quelli scorretti, o invalidi

F. BERTO, *Logica da zero a Gödel* (2007)

Ragionamento (o argomentazione)

Un ragionamento è un insieme di proposizioni nel quale, partendo da un insieme di premesse si arriva ad affermare una conclusione che dipende da quelle premesse.

Correttezza o validità

Ragionamento corretto (o valido)

Un ragionamento è valido se e solo se da premesse vere conduce ad una conclusione vera.

(seconda formulazione)

Un ragionamento è corretto (o valido) se non può mai accadere che le premesse siano vere e la conclusione falsa

1. Se è valido allora da premesse vere conduce ad una conclusione vera
2. Se da premesse vere conduce ad una conclusione vera allora è valido

Qualche esempio di ragionamento

1. Premesse vere - conclusione vera - argomentazione valida

Tutti i cavalli sono mammiferi; Furia è un cavallo; Furia è un mammifero.

2. Premesse false - conclusione falsa - argomentazione valida

Il Papa è francese; tutti i francesi sono vegetariani; il Papa è vegetariano.

3. Premesse false - conclusione vera - argomentazione valida

Platone è francese; tutti i francesi sono filosofi; Platone è filosofo.

4. Premesse vere - conclusione vera - argomentazione non valida

Tutti i cavalli sono mortali; Furia è un cavallo; Socrate è ateniese.

La logica e le scienze

Controllare quali enunciati siano veri in generale spetta alle “scienze”, intendendo il termine in senso molto lato. Con gli enunciati affermiamo, o neghiamo, che le cose stiano in un certo modo, e così facendo descriviamo almeno parzialmente il mondo. Le scienze studiano appunto come è fatto il mondo, come stanno le cose. Secondo una concezione abbastanza tradizionale del sapere scientifico [...] esse mirano a fornire, mediante le loro teorie, una descrizione, una descrizione vera del mondo – o meglio, della parte di mondo che ciascuna studia [...]. La logica, invece, non si interessa tanto della verità o falsità degli enunciati, quanto alle relazioni logiche che intercorrono tra essi: anzitutto, della relazione fra premesse e conclusioni, e dunque, delle condizioni di validità delle inferenze, in *ogni* campo. Proprio per questo, la logica esercita il suo influsso e il suo controllo in ogni campo del sapere. Ogni scienza, infatti, contiene deduzioni, argomentazioni, inferenze, e naturalmente noi vogliamo che siano corrette.

F. BERTO, *Logica da zero a Gödel* (2007)

3 Aristotele

3.1 La logica aristotelica

L'*Organon* di Aristotele

Categorie Dottrina del concetto

Dell'espressione Dottrina della proposizione

Analitici primi Teoria del sillogismo formale

Analitici secondi Teoria del sillogismo scientifico

Topici Argomentazione dialettica

Confutazioni sofistiche Argomentazione eristica

Classificazione delle proposizioni

Le proposizioni aristoteliche possono essere di 4 tipi, formalizzati con $A * B$, ottenuti dalla combinazione dell'affermazione e della negazione (è, non è) con la quantificazione (ogni, qualche):

Universali affermative Es. ogni A è B , tutti gli A sono B

Particolari affermative Es. qualche A è B , alcuni A sono B

Universali negative Es. ogni A non è B , nessun A è B

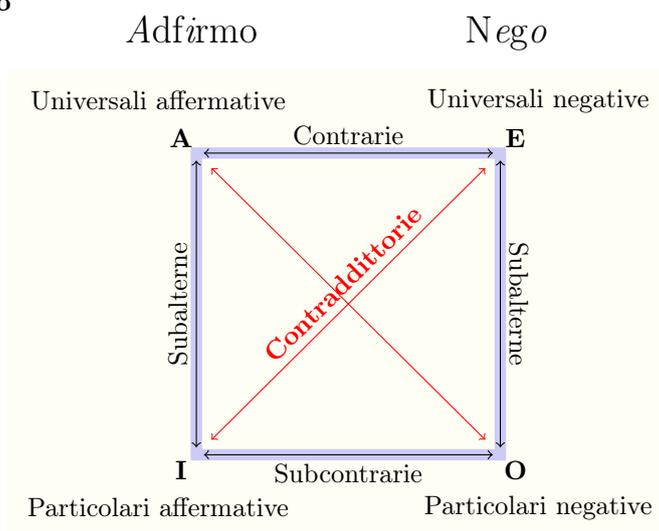
Particolari negative Es. qualche A non è B

Singolari Es. Socrate è filosofo

Indefinite Es. L'uomo è bianco

Spiegazione su proposizioni singolari e indefinite

Il quadrato di Psello



Relazioni tra le proposizioni A, E, I, O

Due proposizioni possono essere tra loro:

Contrarie Non possono essere entrambe vere, possono essere entrambe false, possono essere una vera e l'altra falsa. Es. *Ogni uomo è mortale-Nessun uomo è mortale.*

Subcontrarie Non possono essere entrambe false, possono essere entrambe vere, possono essere una vera e l'altra falsa, e viceversa. Es. *Qualche attore è italiano-Qualche attore non è italiano.*

Subalterne Se è vera l'universale è vera anche la particolare se è falsa la particolare è falsa anche l'universale. Es. *Ogni francese è vegetariano-Qualche francese è vegetariano.* Es. *Nessun francese è alto-Qualche francese non è alto.*

Contraddittorie Sono una vera e l'altra falsa, e viceversa. Es. *Ogni uomo è filosofo-Qualche uomo non è filosofo.* Es. *Nessun elefante è carnivoro-Qualche elefante è carnivoro.*

4 Aristotele

4.1 La logica aristotelica

Il Sillogismo

Le proposizioni possono essere messe insieme per formare dei ragionamenti. Un tipo particolare di ragionamento è il sillogismo.

Definizione

Il sillogismo è una concatenazione di proposizioni tali che date le premesse α e β si ricava la conseguenza γ :

$$\frac{\alpha \quad \beta}{\gamma} \quad \alpha, \beta, \gamma \text{ sono proposizioni del tipo } A * B$$

Esempio

Ogni mammifero è mortale
Tutti i leoni sono mammiferi

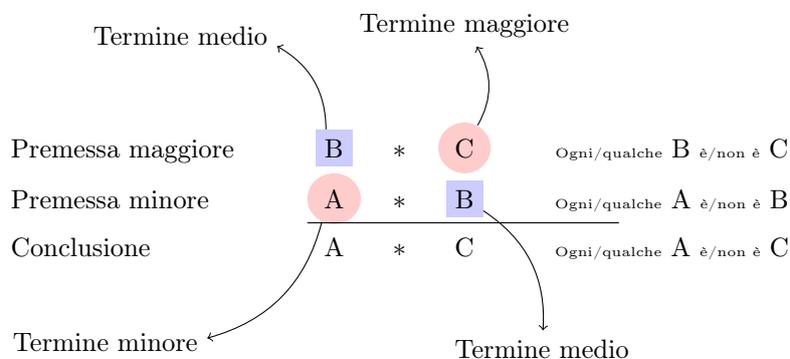
Tutti i leoni sono mortali

Esempio

Nessuno studente è musicista Ogni musicista è vegetariano

Qualche vegetariano non è uno studente

Il sillogismo formale



Le quattro figure del sillogismo

In base alla posizione del termine medio distinguiamo quattro figure di sillogismo.

Prima figura

$$\begin{array}{r} B * C \\ A * B \\ \hline A * C \end{array}$$

Seconda figura

$$\begin{array}{r} C * B \\ A * B \\ \hline A * C \end{array}$$

Terza figura

$$\begin{array}{r} B * C \\ B * A \\ \hline A * C \end{array}$$

Quarta figura

$$\begin{array}{r} C * B \\ B * A \\ \hline A * C \end{array}$$

I modi del sillogismo

In base ai diversi tipi di proposizione usate si possono costruire 256 modi del sillogismo.

- 4 tipi di premessa maggiore
- 4 tipi di premessa minore
- 4 tipi di conclusione

$$4^3 = 64 * 4 = 256$$

- 4 figure del sillogismo
- 256 modi possibili di sillogismo

I modi validi del sillogismo

Solo alcuni modi del sillogismo corrispondono a un *ragionamento corretto*.

I Figura Barbara, Celarent, Darii, Ferio

II Figura Cesare, Camestres, Festino, Baroco

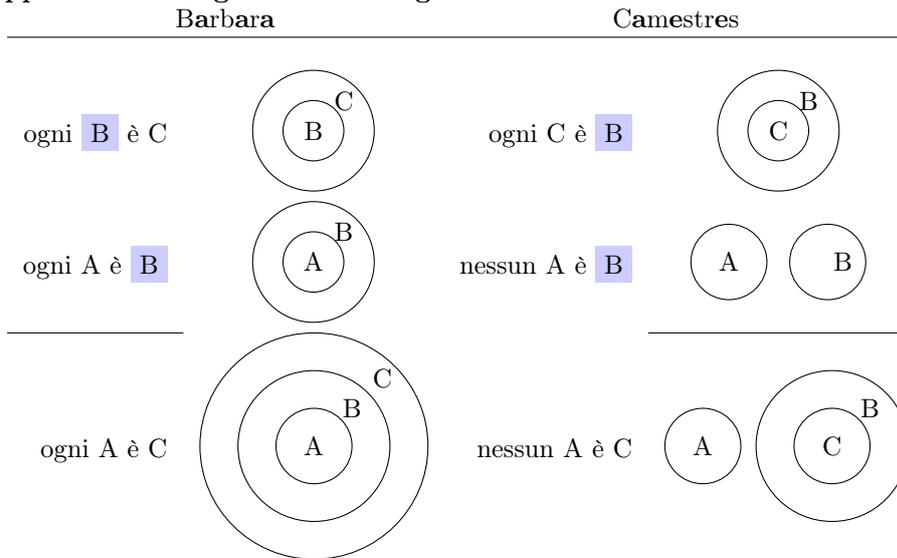
III Figura Darapti, Felapton, Disamis, Datisi, Bocardo, Ferison

I Figura (indiretti) Baralipon, Celantes, Dabitis, Fapesmo, Frisesomorum

I figura

Barbara	Celarent	Darii	Ferio
ogni B è C	nessun B è C	ogni B è C	nessun B è C
ogni A è B	ogni A è B	qualche A è B	qualche A è B
ogni A è C	nessun A è C	qualche A è C	qualche A non è C

Rappresentazione grafica dei sillogismi



4.2 La filosofia della scienza di Aristotele

La scienza per Aristotele

- Sapere accertato mediante dimostrazione
- Conoscenza delle cause

[...] sarà pure necessario che la scienza dimostrativa si costituisca sulla base di premesse vere, prime, immediate, più note della conclusione, anteriori ad essa e che siano cause di essa.

ARISTOTELE, *Secondi analitici*, 71B 20-23

- Dimostrazione
- Natura delle premesse
- Concetto di causalità

Le premesse qualificano i sillogismi

In base alla natura delle premesse distinguiamo diversi tipi di sillogismo. Il più importante è il sillogismo scientifico (o dimostrativo).

dialettico Fondato su premesse probabili

eristico Pseudo-sillogismo usato dai sofisti allo scopo di ingannare

scientifico Fondato su premesse necessarie

Il Sillogismo scientifico

Più precisamente:

Le premesse del sillogismo scientifico devono essere

- vere
- prime

- immediate
- più note della conclusione
- anteriori alla conclusione
- cause della conclusione

La caratteristica di essere prime e immediate appartiene solo ai principi primi.

Le premesse della scienza

Per evitare il regresso all'infinito, alcune premesse devono essere indimostrabili (prime) e immediate (evidenti).

Principi primi

- Principio di non contraddizione
- Principio del terzo escluso

Oltre ai principi primi in senso stretto vi sono poi le *premesse assunte da ciascuna scienza particolare*, assunte come punti di partenza delle dimostrazioni all'interno della scienza.

Principi primi

Principio di non contraddizione

1. È impossibile che la stessa cosa, ad un tempo, appartenga e non appartenga a una medesima cosa, secondo lo stesso rispetto.
2. È impossibile a chicchessia di credere che una stessa cosa sia e non sia

ARISTOTELE, *Metafisica*

Principio del terzo escluso

Non è neppure possibile che fra i due contraddittori ci sia un termine medio, ma è necessario o affermare o negare, di un medesimo oggetto, uno solo dei contraddittori, qualunque esso sia

ARISTOTELE, *Metafisica*

La relazione tra premesse e conclusione

Sillogismo scientifico

Tutti i ruminanti con lo stomaco munito di quattro cavità sono animali privi degli incisivi superiori
Tutti i buoi sono ruminanti con lo *stomaco munito di quattro cavità*

Tutti i buoi sono animali privi degli incisivi superiori

Nelle premesse è contenuta la *causa* della conclusione

Sillogismo non scientifico

Tutti i ruminanti con lo zoccolo diviso sono animali privi degli incisivi superiori
Tutti i buoi sono ruminanti con lo *zoccolo diviso*

Tutti i buoi sono animali privi degli incisivi superiori

Nelle premesse *non* è contenuta la *causa della conclusione*

5 Aristotele

5.1 La filosofia della scienza di Aristotele

Come si trovano le premesse dei sillogismi?

- Non si trovano attraverso il sillogismo. Questo comporterebbe un regresso all'infinito.
- Serve un metodo per formulare premesse generali partendo dall'esperienza (particolare)

Induzione

- Induzione per enumerazione semplice
- Induzione per intuizione diretta

Cosa si intende per induzione

Tipo di ragionamento in cui viene formulata una generalizzazione partendo da un insieme di casi particolari

Example 1.

1. Tutti i corvi osservati a Verona fino ad ora sono neri
2. Tutti i corvi osservati a Vicenza fino ad ora sono neri
3. Tutti i corvi osservati a Padova fino ad ora sono neri
- n.* [...]

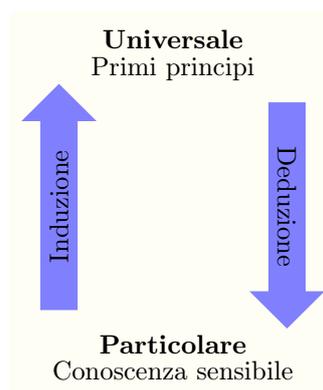
I Non sono stati mai osservati corvi non neri

C Tutti i corvi sono neri

I contributi di Aristotele alla filosofia della scienza

- Logica e teoria del sillogismo
- L'esperienza sensibile diventa fondamentale per la conoscenza scientifica
- Importanza del concetto di causalità per la scienza
- Importanza dei due momenti: induttivo e deduttivo

L'arco della conoscenza



David Oldroyd, *The Arch of Knowledge. An introductory Study of the History of the Philosophy and Methodology of Science* (1986)

6 L'orientamento pitagorico

L'orientamento pitagorico

L'universo ha una struttura matematico-geometrica

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

G. GALILEI, *Il saggiatore*

Siamo tutti un po' "pitagorici"?

- Pitagora e i numeri
- Platone: i cinque solidi regolari <http://mathworld.wolfram.com/PlatonicSolid.html>
- Il *Mysterium cosmographicum* di Keplero
- Galileo Galilei
- ...

Salviamo (almeno) i fenomeni!

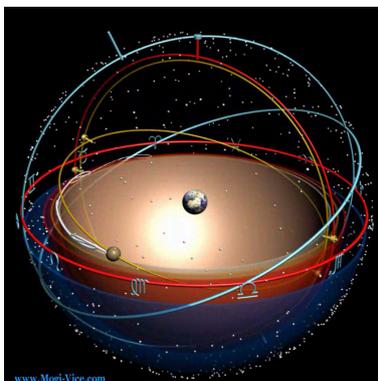
Gemino di Rodi tra i primi distingue due prospettive:

- quella dell'*astronomo*
- quella del *fisico*

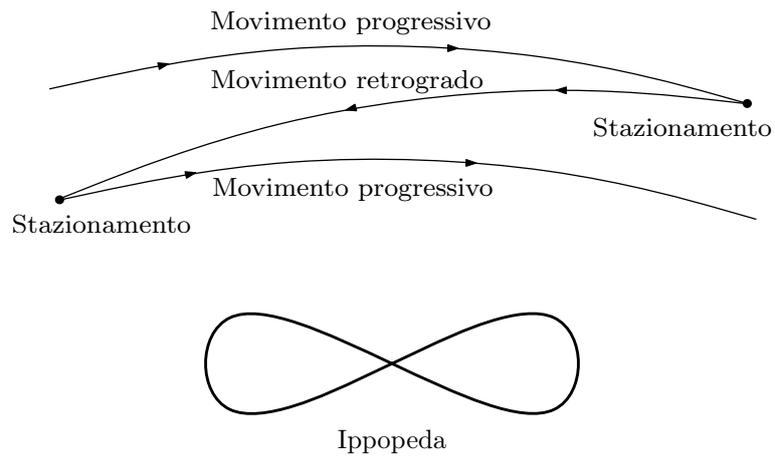
7 I modelli astronomici

- modello delle sfere omocentriche (Eudosso, Aristotele)
- modello a epiciclo-deferente (Tolomeo)
- modello a eccentrico mobile (Tolomeo)
- modello copernicano (Copernico)
- modello Kepleriano (Keplero)

Eudosso salva i fenomeni, ma a quale costo?



Anomalie nel cielo

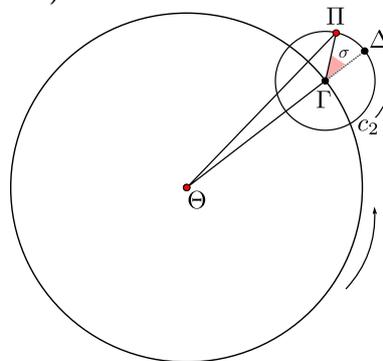


Scarica il filamto realizzato da Massimo Mogi Vicentini: <http://www.mogi-vice.com/Scaricamento/Eudosso.zip>

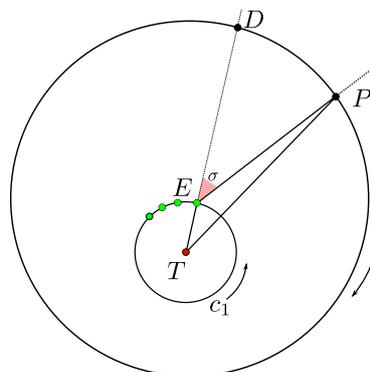
8 I modelli astronomici

- modello delle sfere omocentriche (Eudosso, Aristotele)
- modello a epiciclo-deferente (Tolomeo)
- modello a eccentrico mobile (Tolomeo)
- modello copernicano (Copernico)
- modello Kepleriano (Keplero)

I modelli di Tolomeo (II sec. d.C.)



Modello a epiciclo-deferente



Modello a eccentrico mobile

Oltre agli epicicli e ai deferenti, Tolomeo fa uso dell'*equante*, un punto rispetto al quale il pianeta ha una velocità angolare costante.

Scarica il filamto realizzato da Massimo Mogi Vicentini: <http://www.mogi-vice.com/Scaricamento/EEE.zip>

Tolomeo-*astronomo* vs. Tolomeo-*matematico*

- *Syntaxis* o *Almagesto*: i modelli hanno una funzione euristica
- *Hypotheses planetarum*: i modelli rappresentano la vera struttura del mondo

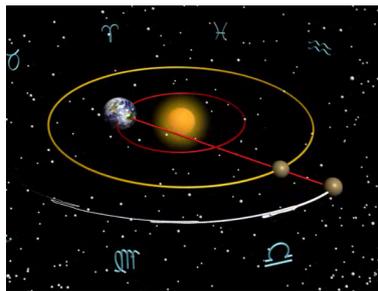
Nicola Copernico: la rivoluzione

De revolutionibus orbium caelestium (1543)

- Modello eliocentrico: il sole è al centro dell'universo
- Modello unificato

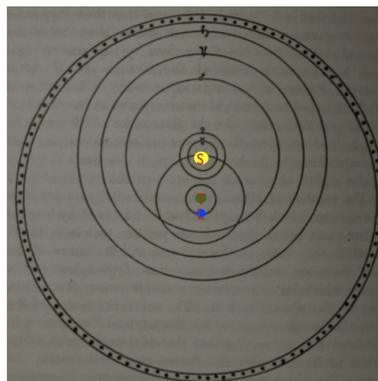
Ci sono ancora dei limiti:

- Orbite circolari
- In alcuni casi si deve ricorrere agli epicicli per correggere le anomalie nelle orbite



Scarica il filamto realizzato da Massimo Mogi Vicentini: <http://www.mogi-vice.com/Scaricamento/Eudosso.zip>

Tycho Brahe ovvero la via di mezzo



Fonte: J.L.E. Dreyer, *History of planetary systems from Thales to Kepler*

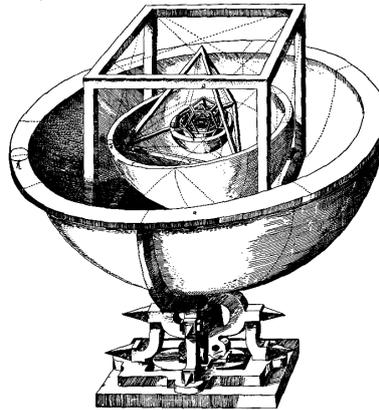
Sistema in parte eliocentrico e in parte geocentrico:

Il sole (S) è al centro delle orbite dei cinque pianeti; la terra (T) è il centro dell'universo e delle orbite del sole e della luna (L)

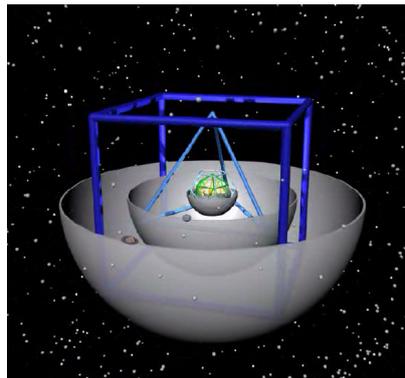
Keplero “pitagorico”

Sfera	Solido inscritto
Saturno	Cubo
Giove	Tetraedro
Marte	Dodecaedro
Terra	Icosaedro
Venere	Ottaedro
Mercurio	

Mysterium Cosmographicum (1596)



Keplero pitagorico



Scarica il filmato realizzato da Massimo Mogi Vicentini: <http://www.mogi-vice.com/Scaricamento/Keplero-MC.zip>

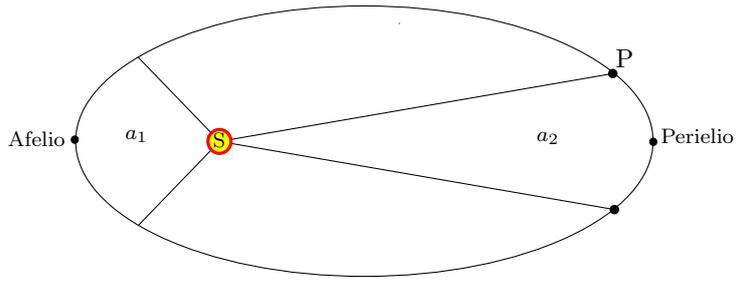
9 I modelli astronomici

Le tre leggi di Keplero

Prima legge I pianeti si muovono lungo orbite ellittiche di cui il sole occupa uno dei fuochi

Seconda legge Il raggio vettore (SP) spazza aree uguali in tempi uguali; la velocità areale è costante:

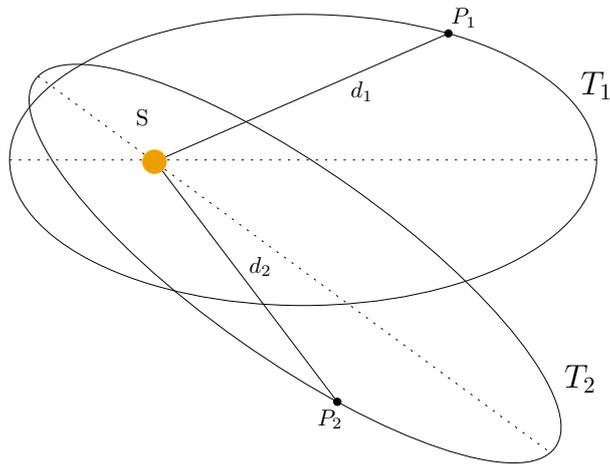
$$a_1 : a_2 = t_1 : t_2$$



Astronomia nova AITIOLOGETOS, seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis (1609)

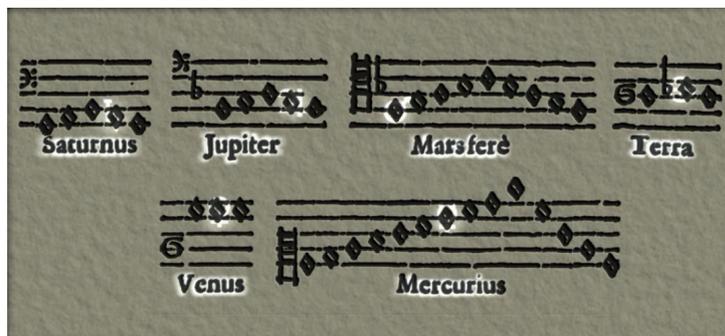
Le tre leggi di Keplero

Terza legge Il quadrato dei periodi di rivoluzione di due pianeti qualsiasi sono proporzionali ai cubi dello loro distanze medie dal sole: $T_1^2 : T_2^2 = d_1^3 : d_2^3$



Harmonices mundi (1619)

La musica dell'universo



Scarica il filamto realizzato da Massimo Mogi Vicentini: http://www.mogi-vice.com/Scaricamento/Keplero_Harmonices_Mundi.zip

La legge di Titius-Bode

	4	3	6	12	24	48
Distanza calcolata	4	7	10	16	28	52
Pianeta	Mercurio	Venere	Terra	Marte	Asteroidi	Giove
Distanza osservata	3,9	7,2	10	15,2		52
Distanza calcolata	100	196	388	772		
Pianeta	Saturno	Urano	Nettuno	Plutone		
Distanza osservata	95,4	191,9	300,7	395		

10 L'induttivismo

10.1 Francis Bacon

Francis Bacon (1561-1626)

- Ricerca finalizzata al bene dell'umanità
- Importanza delle "arti"
- Importanza della "ricerca di base"
- Collaborazione scientifica
- "La scienza e la potenza umana coincidono"



Il *Novum Organum* (1620)

- Fornire alla scienza un nuovo strumento (*organon*) per effettuare induzioni precise
- "Totale Ricostruzione [*Instauratio*], sostenuta dalle dovute fondamenta, delle scienze, delle arti e di tutta la conoscenza umana"
- Ristabilire il predominio dell'uomo sulla natura

La dottrina degli “idoli”

- Idola Tribus (idoli della tribù)
- Idola Specus (idoli della caverna)
- Idola Fori (idoli del mercato)
- Idola Theatri (idoli del teatro)

11 L’induttivismo

11.1 Francis Bacon

Il metodo

- Storia naturale e sperimentale
 - Tavole dell’essenza o della presenza
 - Tavole della deviazione o della assenza
 - Tavole dei gradi
 - Processo di esclusione delle correlazioni accidentali
- “Prima vendemmia”: interpretazione iniziale
- Istanze prerogative → *istanza cruciale*



La dottrina delle “forme”

Compito e fine della potenza umana è generare e introdurre una nuova natura o nuove nature in un corpo dato. Compito e fine della scienza umana è scoprire la forma di una natura data, cioè la vera differenza, o natura naturante, o fonte di emanazione. [...] la scoperta, in ogni generazione e movimento, del *processo latente* [...] e analogamente, la scoperta dello *schematismo* latente dei corpi che sono in quiete.

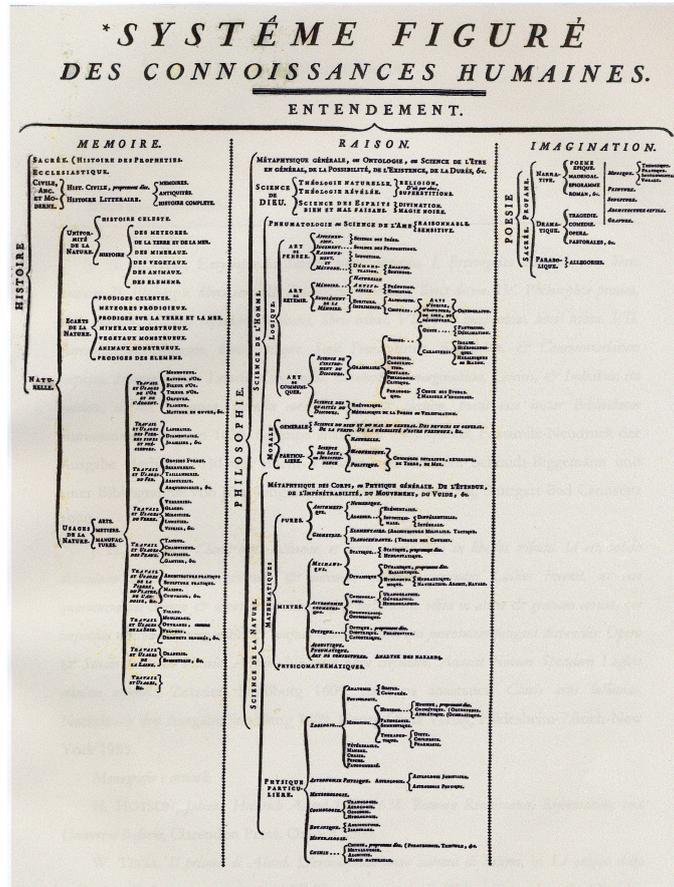
F. BACON

La classificazione baconiana delle scienze

Of the Proficiency and Advancement of Learning (1605); trad. latina: *De dignitate et augmentis scientiarum* (1623)

Facoltà dell'intelletto	Parti della scienza umana
MEMORIA	STORIA
IMMAGINAZIONE	POESIA
RAGIONE	FILOSOFIA

L'albero delle conoscenze della *Encycpédie* di Diderot e d'Alembert, ispirato al *De dignitate* di F. Bacon



11.2 John Stuart Mill

I metodi induttivi di J.S. Mill (1806-1873)

The system of logic (1843)

- Metodo della concordanza
- Metodo della differenza
- Metodo delle variazioni concomitanti
- Metodo dei residui

Metodo della concordanza e differenza

Metodo della concordanza		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	ABEF	abe
2	ACD	acd
3	ABCE	afg

Metodo della differenza		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	ABC	a
2	BC	—

Metodo della variazioni concomitanti e dei residui

Metodo delle variazioni concomitanti		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	A^+BC	a^+bc
2	A^0BC	a^0bc
3	A^-BC	a^-bc

Metodo dei residui		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	ABC	abc
2	B è causa di b	b
3	C è causa di c	c

Il metodo dei residui: un esempio

Metodo dei residui		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	ABC	abc
2	B è causa di b	b
3	C è causa di c	c

<i>La scoperta di Nettuno</i>		
Caso	Circostanze antecedenti	Fenomeni
1	$(A), (B), (C)$	$(a), (b), (c)$
2	(B) influenza di Saturno (b)	Perturbazione (b)
3	(C) influenza di Giove (c)	Perturbazione c

I limiti dei “metodi” di Mill

- Difficoltà insite nel nesso causa-effetto
- Difficoltà nell'individuare tutte le circostanze antecedenti
- Necessità di formulare ipotesi sulle circostanze rilevanti
- Difficoltà legate a fenomeni con causalità multipla e nei casi di composizione delle cause → metodo deduttivo

11.3 Bertrand Russell

Cosa giustifica le inferenze induttive?

Principio di induzione

1. Quando una cosa di tipo A si presenta insieme a una cosa di altro tipo B, e non si è mai presentata separatamente da una cosa del tipo B, quanto più grande è il numero dei casi in cui A e B si sono presentate assieme, tanto maggiore è la probabilità che si presenteranno assieme in un nuovo caso in cui si sa che è presente una delle due A;
2. in circostanze uguali, un numero sufficiente di casi in cui due fenomeni si siano presentati assieme farà della probabilità che si presenteranno ancora assieme quasi una certezza; e farà sì che questa probabilità si avvicini illimitatamente alla certezza.

BERTRAND RUSSELL, *The Problems of Philosophy* (1912)

12 Karl Raimund Popper (1902-1994)

12.1 Il Falsificazionismo

Le critiche del *falsificazionismo*: Popper

- Critica all'induttivismo
- Critica al *principio di verifica* neopositivista
- Critica al *convenzionalismo* (Duhem, Poincaré)

Riabilitazione della componente metafisica nel contesto della scoperta scientifica:

Non esiste «nessun metodo logico per avere nuove idee, e nessuna ricostruzione logica di questo processo. [...] ogni scoperta contiene un “elemento irrazionale” o “un’intuizione creativa” nel senso di Bergson».

K.R. POPPER, *Logica della scoperta scientifica*

Il compito della filosofia della scienza

La logica della ricerca scientifica

Uno scienziato [...] produce asserzioni o sistemi di asserzioni, e li controlla passo per passo. Nel campo delle scienze empiriche [...] costruisce ipotesi, o sistemi di teorie e li controlla, confrontandoli con l'esperienza mediante l'osservazione e l'esperimento. Suggesto che il compito della logica della scoperta scientifica, o logica della conoscenza, è quello di fornire un'analisi logica di questa procedura; cioè di analizzare il metodo delle scienze empiriche.

K.R. POPPER, *Logica della scoperta scientifica*

Come procede (dovrebbe procedere) la scienza? Il falsificazionismo o metodo deduttivo dei controlli

1. Viene avanzata per tentativi un'ipotesi o un insieme di teorie
2. Si traggono conclusioni attraverso la deduzione logica
3. Si procede al controllo della teoria
 - (a) Si confrontano le conclusioni tra di loro e con altre asserzioni rilevanti \Rightarrow *Coerenza interna del sistema*
 - (b) Forma logica della teoria: empirica, scientifica, tautologica?
 - (c) Si confronta la teoria con altre teorie \Rightarrow *Progresso scientifico*
 - (d) *Controllo della teoria mediante applicazioni empiriche delle conclusioni*

Controllo della teoria mediante applicazioni empiriche delle conclusioni

- Si deducono dalla teoria delle *predizioni*
- Si controllano queste predizioni con i risultati degli esperimenti
 - Se gli esperimenti concordano con le predizioni allora la teoria è *temporaneamente verificata*
 - Se gli esperimenti hanno falsificato le predizioni allora anche la teoria risulta *falsificata*

Se la teoria ha superato i controlli severi fatti nel tentativo di falsificarla si può dire che è stata corroborata dall'esperienza passata.

K.R. POPPER, *Logica della scoperta scientifica*

Analisi falsificazionista della prima legge di Keplero

- Lo sfondo teorico di Keplero: copernicanesimo
- Prima ipotesi: orbita circolare \Rightarrow *equante*
- Seconda ipotesi: orbita ovale \Rightarrow *epicicli e deferenti*
- Terza ipotesi: *orbite ellittiche*

Ci sono ancora delle difficoltà:

1. “Adattabilità” dell’ipotesi dei moti circolari
2. Le osservazioni precedono le ipotesi

Una via di mezzo: l’induzione congetturale La scoperta della penicillina

La fortuna aiuta gli spiriti pronti:

- Alexander Fleming (1881-1955) scopre la penicillina nel 1929
- Il colore degli stafilococchi
- La muffa contaminatrice

Cosa è successo prima del 1929?

- Le ferite di guerra
- La scoperta del *lisozima*
- Cosa ne facciamo della piastra contaminata?

Cambio di rotta:

- La penicillina viene usata per isolare il bacillo di Pfeiffer

13 Elementi di logica proposizionale

13.1 Proposizioni e connettivi

Esempi di proposizioni semplici

- Luigi ama Giovanna (A)
- Paolo gioca a tennis (B)
- Adriana va al cinema (C)
- Paolo accompagna Giovanna (D)
- Giuseppe studia (E)
- Giuseppe non supera l’esame (F)
- Ogni scapolo non è sposato (G)
- Cesare passò il Rubicone (H)

Esempi di proposizioni composte

- NON (Luigi ama Giovanna);
- (Paolo gioca a tennis) E (Adriana va al cinema);
- (Giuseppe studia) O (Giuseppe non supera l'esame);
- SE (Adriana va al cinema) ALLORA (Paolo la accompagna);
- (Adriana va al cinema) SE E SOLO SE (Paolo accompagna Giovanna);
- (NON (Ogni scapolo non è sposato)) E (Cesare passò il Rubicone).

I cinque connettivi

Per ottenere le proposizioni composte adoperiamo i connettivi NON, E (ET), O (VEL), SE... ALLORA (IMPLICA); SE E SOLO SE (COIMPLICA), a cui possiamo assegnare dei simboli:

negazione	coniunzione	disgiunzione	condizionale	bicondizionale
non	e (et)	o (vel)	se... allora (implica)	se e solo se (coimplica)
not	and	or	if... then	if and only if
\neg	\wedge	\vee	\rightarrow	\leftrightarrow

I cinque connettivi

- NON (Luigi ama Giovanna);
- (Paolo gioca a tennis) E (Adriana va al cinema);
- (Giuseppe studia) O (Giuseppe non supera l'esame);
- SE (Adriana va al cinema) ALLORA (Paolo la accompagna);
- (Adriana va al cinema) SE E SOLO SE (Paolo accompagna Giovanna);
- (NON (Ogni scapolo non è sposato)) E (Cesare passò il Rubicone).

$$\neg A; B \wedge C; E \vee F; C \rightarrow D; C \leftrightarrow D; \neg G \wedge H.$$

È vero o non è vero?

Assumiamo che ogni proposizione possa assumere uno e uno solo tra due possibili valori di verità:
V= vero **F**= falso

Ricerchiamo un modo per valutare il valori di verità di una proposizione composta (attraverso i cinque connettivi) in base ai valori di verità assunti dalle proposizioni componenti.

Non ci impegniamo (più di tanto) sul concetto di "verità"

semantica

13.2 Elementi di sintassi del calcolo proposizionale

I simboli del linguaggio

- Variabili proposizionali: p, q, r, \dots
- Connettivi: $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow$
- Simboli ausiliari: $(,)$

I cinque connettivi

Negazione (operatore NON)

p	$\neg p$
V	F
F	V

Congiunzione (operatore ET)

p	q	$p \wedge q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

Disgiunzione
(operatore VEL)

p	q	$p \vee q$
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Condizionale
(SE... ALLORA...)

p	q	$p \rightarrow q$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Bicondizionale
(SE E SOLO SE)

p	q	$p \leftrightarrow q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	V

13.3 Le formule ben formate

Formule ben formate (*fbf*)

Definizione

1. Le variabili proposizionali p, q, r, \dots sono *fbf*;
 2. Se α, β, γ sono *fbf*, allora anche $(\neg\alpha)$, $(\alpha \wedge \beta)$, $(\alpha \vee \beta)$, $(\alpha \rightarrow \beta)$, $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ sono *fbf*;
 3. Nient'altro è *fbf*.
- È una *definizione induttiva*, che mostra la possibilità di costruire ogni *fbf* a partire dal livello di base: le variabili proposizionali.
 - (Le variabili $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ non sono simboli del linguaggio, ma del *metalinguaggio*, con cui noi parliamo del linguaggio.)

Semplificazione della scrittura delle *fbf*

I connettivi possono essere ordinati secondo la “forza” del loro legame:

- \neg lega più strettamente di \wedge
- \wedge lega più strettamente di \vee
- \vee lega più strettamente di \rightarrow
- \rightarrow lega più strettamente di \leftrightarrow .

Pertanto con i seguenti passaggi possiamo semplificare la scrittura di:

1. $((p \rightarrow q) \vee (\neg q)) \leftrightarrow ((\neg(\neg p)) \wedge q)$
2. $((p \rightarrow q) \vee (\neg q)) \leftrightarrow ((\neg(\neg p)) \wedge q)$
3. $((p \rightarrow q) \vee \neg q) \leftrightarrow ((\neg\neg p) \wedge q)$
4. $((p \rightarrow q) \vee \neg q) \leftrightarrow (\neg\neg p \wedge q)$
5. $(p \rightarrow q) \vee \neg q \leftrightarrow \neg\neg p \wedge q$

14 Elementi di logica proposizionale

Occorrenze di un simbolo e scopo di un connettivo. Il connettivo principale

$$(((p \rightarrow q) \vee (\neg q)) \leftrightarrow ((\neg(\neg p)) \wedge q)) \quad (((p \rightarrow q) \vee (\neg q)) \leftrightarrow ((\neg(\neg p)) \wedge q)) \quad (((p \rightarrow q) \vee (\neg q)) \leftrightarrow ((\neg(\neg p)) \wedge q)) \quad (1)$$

Occorrenza di un simbolo

Nella formula 1 vi sono 2 occorrenze di p , e 3 occorrenze di q , individuabili in base alla posizione occupata tra i simboli (da sinistra a destra).

Scopo di un connettivo

Lo scopo (campo) di una occorrenza di un connettivo in una *fbf* è la più piccola (sottoformula) *fbf* in cui figura questa occorrenza.

Connettivo principale

Il connettivo principale è quello il cui scopo è l'intera *fbf*

14.1 Tautologia, equivalenze, conseguenza logica

Con le tavole di verità esaminiamo il comportamento della *fbf*:

$$(p \vee q) \rightarrow (\neg q) \leftrightarrow (\neg p) \wedge (\neg q) \quad (2)$$

p	q	$(p \vee q)$	\rightarrow	$(\neg q)$	\leftrightarrow	$(\neg p)$	\wedge	$(\neg q)$
V	V	V	V	F	F	V	F	F
V	F	V	V	V	V	F	V	F
F	V	F	V	F	F	V	V	F
F	F	F	V	V	V	V	V	F



Colonna del connettivo principale

Tautologie e contraddizioni

Tautologia Una *fbf* α che sia vera per ogni assegnazione dei valori di verità attribuita alle sue variabili proposizionali.

Contraddizione Una *fbf* α che sia falsa per ogni assegnazione dei valori di verità attribuita alle sue variabili proposizionali.

Le *fbf* che non sono contraddizioni o tautologie sono chiamate *contingenti* (o *anfotere*)

Equivalenze

fbf equivalenti

Date due *fbf* γ, δ , diremo che γ e δ sono equivalenti (γ **eq** δ , oppure $\gamma \Leftrightarrow \delta$), se tutte le volte che è vera γ , lo è anche δ , e viceversa. In altri termini, esse si comportano allo stesso modo riguardo a tutte le assegnazioni dei valori di verità (hanno la stessa colonna di verità sotto il connettivo principale).

Principio di non contraddizione: è sempre vero che “ $\neg(\alpha \wedge \neg\alpha)$ ” **Principio del terzo escluso:** è sempre vero che “ $\alpha \vee \neg\alpha$ ”

\neg	$(\alpha \wedge \neg\alpha)$	eq	(α)	\vee	$(\neg\alpha)$
V	V F F V		V	V	F V
V	F F V F		F	V	V F

Conseguenza logica

Diremo che la formula β è conseguenza logica di un insieme di formule $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ se per tutte le assegnazioni di valori di verità tali che le proposizioni $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, assumono tutte il valore V, anche β assume il valore V.

Se invece si verifica che per qualche assegnazione di valori di verità tale che le proposizioni $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, assumono tutte il valore V, β assume il valore F, diciamo che β non è conseguenza logica delle assunzioni (ipotesi) $\alpha_1, \dots, \alpha_n$.

$$\alpha_1, \dots, \alpha_n \models \beta$$

Queste definizioni ricordano la definizione di *correttezza logica del ragionamento*?

Sì!

Alcune regole logiche

Il *modus ponendo ponens* MPP

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	A
Conclusione	B

$$p \rightarrow q, p \models q$$

p	\rightarrow	$q,$	p	\models	q
V	V	V	V		V
V	F	F	V		F
F	V	V	F		V
F	V	F	F		F

Il *modus tollendo tollens* MTT

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	$\neg B$
<hr/>	
Conclusione	$\neg A$

$$p \rightarrow q, \neg q \models \neg p$$

p	\rightarrow	$q,$	\neg	q	\models	\neg	p
V	V	V	F	V		F	V
V	F	F	V	F		F	V
F	V	V	F	V		V	F
F	V	F	V	F		V	F

Alcuni errori logici

L'errore di affermare il conseguente

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	B
<hr/>	
Conclusione	A

$$p \rightarrow q, q \models p$$

p	\rightarrow	$q,$	q	\models	p
V	V	V	V		V
V	F	F	F		V
F	V	V	V		F
F	V	F	F		F

L'errore di negare l'antecedente

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	$\neg A$
<hr/>	
Conclusione	$\neg B$

$$p \rightarrow q, \neg p \models \neg q$$

p	\rightarrow	$q,$	\neg	p	\models	\neg	q
V	V	V	F	V		F	V
V	F	F	F	V		V	F
F	V	V	V	F		F	V
F	V	F	V	F		V	F

15 Elementi di logica proposizionale

15.1 Tautologia, equivalenze, conseguenza logica

Conseguenza logica

Diremo che la formula β è conseguenza logica di un insieme di formule $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ se per tutte le assegnazioni di valori di verità tali che le proposizioni $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, assumono tutte il valore V, anche β assume il valore V.

Se invece si verifica che per qualche assegnazione di valori di verità tale che le proposizioni $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, assumono tutte il valore V, β assume il valore F, diciamo che β non è conseguenza logica delle assunzioni (ipotesi) $\alpha_1, \dots, \alpha_n$.

$$\alpha_1, \dots, \alpha_n \models \beta$$

Queste definizioni ricordano la definizione di *correttezza logica del ragionamento*?

Sì!

Alcune regole logiche

Il *modus ponendo ponens* MPP

Premessa 1	$A \rightarrow B$	
Premessa 2	A	
		Conclusione B

$$p \rightarrow q, p \models q$$

p	\rightarrow	$q,$	p	\models	q
V	V	V	V		V
V	F	F	V		F
F	V	V	F		V
F	V	F	F		F

Il *modus tollendo tollens* MTT

Premessa 1	$A \rightarrow B$	
Premessa 2	$\neg B$	
		Conclusione $\neg A$

$$p \rightarrow q, \neg q \models \neg p$$

p	\rightarrow	$q,$	\neg	q	\models	\neg	p
V	V	V	F	V		F	V
V	F	F	V	F		F	V
F	V	V	F	V		V	F
F	V	F	V	F		V	F

Alcuni errori logici

L'errore di affermare il conseguente

Premessa 1	$A \rightarrow B$	
Premessa 2	B	
		Conclusione A

$$p \rightarrow q, q \models p$$

p	\rightarrow	$q,$	q	\models	p
V	V	V	V		V
V	F	F	F		V
F	V	V	V		F
F	V	F	F		F

L'errore di negare l'antecedente

Premessa 1	$A \rightarrow B$	
Premessa 2	$\neg A$	
		Conclusione $\neg B$

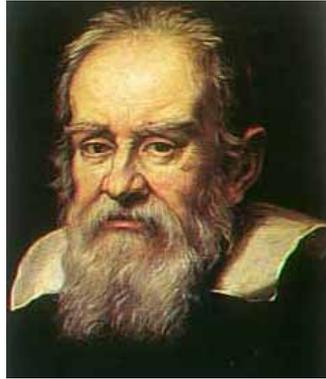
$$p \rightarrow q, \neg p \models \neg q$$

p	\rightarrow	$q,$	\neg	p	\models	\neg	q
V	V	V	F	V		F	V
V	F	F	F	V		V	F
F	V	V	V	F		F	V
F	V	F	V	F		V	F

16 Galileo Galilei

16.1 Introduzione

Galilei divin uomo



Il problema della demarcazione

- Qualità primarie – qualità secondarie
- “Luoghi naturali”

Alcune definizioni

Moto rettilineo uniforme

Moto eguale o uniforme intendo quello in cui gli spazi percorsi da un mobile in tempi uguali, comunque presi, risultano tra di loro eguali.

GALILEI, DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE (1638), P. 725-727

Moto uniformemente accelerato

Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi uguali acquista eguali momenti di velocità.

GALILEI, DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE (1638), P. 725-727

Galilei “pitagorico”

Principio di semplicità

Quando, dunque, osservo che una pietra, che discende dall’alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti avvengano secondo la più semplice e più ovvia proporzione? Ora, se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nel medesimo modo

GALILEI, DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE (1638), P. 728

16.2 La caduta dei gravi

Momento deduttivo

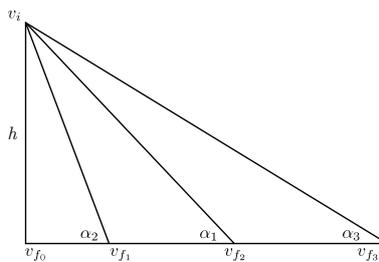
- Viene formulata la definizione del moto uniformemente accelerato: la velocità è proporzionale al tempo. $v = kt$, $v/t = k$

Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi uguali acquista eguali momenti di velocità.

v	t
10	1
20	2
30	3
40	4

Momento deduttivo

- Si richiede di accettare un postulato



Assumo che i gradi di velocità, acquistati da un medesimo mobile su piani diversamente inclinati, siano eguali allorché sono eguali le elevazioni di quei piani medesimi

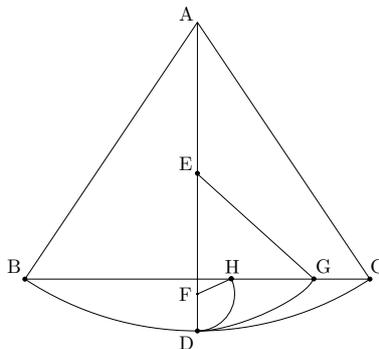
GALILEI, *Discorsi*, P. 737

Momento deduttivo

- Si cerca di “dimostrare” il postulato precedente attraverso l’esperienza del pendolo

Oltre al verisimile, voglio con una esperienza accrescer tanto la probabilità, che poco gli manchi all’uguagliarsi ad una ben necessaria dimostrazione

GALILEI, *Discorsi*, P. 738



Momento deduttivo

1. Si dimostra che gli spazi percorsi da un corpo che cade con moto uniformemente accelerato sono proporzionali al quadrato dei tempi

$$\begin{aligned}v &= kt, \text{ per ipotesi} \\s(t) &= v_m t, \\v_m &= 1/2 v_f, \text{ allora} \\s(t) &= 1/2 v_f t \\&\text{poiché } v = kt, \\s(t) &= 1/2 kt^2\end{aligned}$$

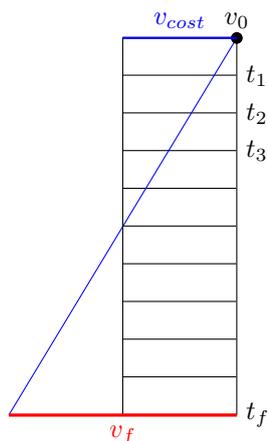
Ponendo $k = g$, $s(t) = 1/2gt^2$ (g rappresenta l'accelerazione di gravità: $g \approx 9,81m/s^2$)

Momento deduttivo

Teorema I. Proposizione I.

Il tempo in cui uno spazio dato è percorso da un mobile con moto uniformemente accelerato a partire dalla quiete, è eguale al tempo in cui quel medesimo spazio sarebbe percorso dal medesimo mobile mosso di moto equabile, il cui grado di velocità sia sudduplo [la metà] del grado di velocità ultimo e massimo [raggiunto dal mobile] nel precedente moto uniformemente accelerato

GALILEI, *Discorsi*, P. 740



$$\begin{aligned}s &= v_m t \\v_m &= 1/2(v_f - v_0) = 1/2kt\end{aligned}$$

Momento deduttivo

Teorema II. Proposizione II.

Se un mobile scende, a partire dalla quiete, con moto uniformemente accelerato, gli spazi percorsi da esso in tempi qualsiasi stanno tra di loro in duplicata proporzione dei tempi [...], cioè stanno tra di loro come i quadrati dei tempi. $s = kt^2$

GALILEI, *Discorsi*, P. 741

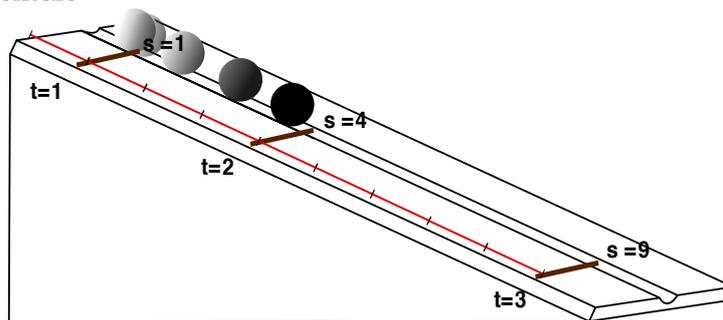
Momento deduttivo

Corollario I

[spazi percorsi in tempi uguali] staranno tra di loro come i numeri impari ab unitate, cioè come 1,3, 5, 7 [...]

t	0	1	2	3	4	5
$s = kt^2$	0	1	4	9	16	25
		$1 - 0 =$	$4 - 1 =$	$9 - 4 =$	$16 - 9 =$	$25 - 16 =$
		1	3	5	7	9

Conferma sperimentale



Vengono effettuati degli esperimenti, utilizzando piani inclinati con diverse elevazioni; per la stima dei rapporti tra i tempi Galilei si serve di una clessidra ad acqua (sarà vero?).

La legge di caduta dei gravi: sintesi

1. Si formula una prima ipotesi: $v = kt$
2. Si formula una seconda ipotesi: la velocità finale di una sfera che rotola su piani inclinati diversi, ma con uguale elevazione, è uguale
3. Si cerca di “dimostrare” la seconda ipotesi attraverso l’esperienza del pendolo
4. Dalla prima ipotesi si deduce che $s = kt^2$
5. Si sperimenta la legge $s = kt^2$ su di un piano inclinato
6. Appoggiandosi alla conclusione di 3, si conclude che i corpi cadono in natura con moto uniformemente accelerato

17 Galileo Galilei

17.1 Il moto dei proiettili

La composizione dei moti

Immagino di avere un mobile lanciato su un piano orizzontale, rimosso ogni impedimento: già sappiamo [...] che il suo moto si svolgerà equabile e perpetuo sul medesimo piano, qualora questo si estenda all’infinito; se invece intendiamo [questo piano] limitato e posto in alto, il mobile, che immagino dotato di gravità, giunto all’estremo del piano e continuando la sua corsa, aggiungerà al precedente movimento equabile e indelebile quella propensione all’ingiù dovuta alla propria gravità: ne nasce un moto composto di un moto orizzontale equabile e di un moto deorsum naturalmente accelerato.

GALILEI, *Discorsi*, pp. 770-771

La traiettoria dei proiettili è parabolica

Teorema I. Proposizione I.

Un proietto, mentre si muove di moto composto di un moto orizzontale equabile e di un moto deorsum naturalmente accelerato, descrive nel suo movimento una linea semiparabolica

GALILEI, *Discorsi*

Composizione dei moti

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$
$$y = \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0} \right)^2$$
$$y = \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_0^2}$$
$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

Qualche (pre)supposizione

Prima supposizione

I due moti (verticale di caduta e orizzontale) non si influenzano a vicenda

Sagr. Non si può negare che il discorso sia nuovo, ingegnoso e concludente, argomentando ex suppositione, supponendo cioè che il moto trasversale si mantenga sempre equabile, e che il naturale deorsum parimenti mantenga il suo tenore, d'andarsi sempre accelerando secondo la proporzion duplicata de i tempi, e che *tali moti e loro velocità, nel mescolarsi, non si alterino perturbino ed impedischino*

GALILEI

Qualche (pre)supposizione

Seconda supposizione

Non si considera la curvatura terrestre

Terza supposizione

Si trascura l'“impedimento del mezzo”

Salv. Tutte le promesse difficoltà e istanze son tanto ben fondate, che stimo essere impossibile il rimuoverle, ed io, per me, le ammetto tutte, come anco credo che il nostro Autore esso ancora le ammetterebbe; e concedo che le conclusioni così in astratto dimostrate si alterino in concreto, e si falsifichino

In conclusione

Salv. Possiamo per tanto [...] concludere che le fallacie nelle conclusioni le quali astraendo da gli accidenti esterni si dimostreranno, siano negli artifizi nostri di piccola considerazione

GALILEI, *Discorsi*

I contributi di Galilei

- Demarcazione della fisica: proprietà primarie e proprietà secondarie
- Importanza della verifica empirica
- Importanza della matematica per la fisica
- Importanza delle astrazioni e delle idealizzazioni

La legge di caduta dei gravi: sintesi

1. Si formula una prima ipotesi: $v = kt$
2. Si formula una seconda ipotesi: la velocità finale di una sfera che rotola su piani inclinati diversi, ma con uguale elevazione, è uguale
3. Si cerca di “dimostrare” la seconda ipotesi attraverso l’esperienza del pendolo
4. Dalla prima ipotesi si deduce che $s = kt^2$
5. Si sperimenta la legge $s = kt^2$ su di un piano inclinato
6. Appoggiandosi alla conclusione di 3, si conclude che i corpi cadono in natura con moto uniformemente accelerato

Dov’è l’affermazione del conseguente...?

Nella scienza, in generale, si possono avere varie ipotesi con conseguenze simili controllabili sperimentalmente. Così la riuscita conferma sperimentale di un’ipotesi non dimostra la verità di tale ipotesi; e l’assunzione che essa implichi tale verità conduce a cadere nell’«errore di affermare la conseguente»

D. OLDROYD (1986), *The Arch of Knowledge*

La fisica, però, implica qualcosa di più che salire e scendere (o scendere e salire) su per una scala matematica o geometrica. Il nostro «arco della conoscenza» è formato sia di mattoni logico-matematici sia da mattoni empirici. Non possiamo perciò mai essere certi che neppure l’arco scientifico più robusto e meglio costruito resterà in piedi per sempre! Una struttura matematica potrebbe reggere, finché si conservino gli assunti prescelti

D. OLDROYD (1986), *The Arch of Knowledge*

18 Il ragionamento abduttivo

Abduzione

Definizione di abduzione

Ragionamento attraverso il quale, partendo da alcuni fatti che si vogliono spiegare (premesse), si cerca di individuare una possibile ipotesi che li spieghi (conclusione). (Frixione 2007)

Definizione di abduzione (C.S. Peirce)

La forma dell’inferenza [abduttiva] è la seguente: si osserva un fatto sorprendente C; ma se A fosse vero, C sarebbe spiegato come fatto naturale; dunque c’è ragione di sospettare che A sia vero

Premessa 1	L’assassino ha sporcato di fango il tappeto
Premessa 2	Chiunque fosse entrato dal giardino avrebbe sporcato di fango il tappeto
Conclusione	L’assassino è entrato dal giardino (probabilmente)

Abduzione

Definizione di abduzione

Ragionamento attraverso il quale, partendo da alcuni fatti che si vogliono spiegare (premesse), si cerca di individuare una possibile ipotesi che li spieghi (conclusione). (Frixione 2007)

Premessa 1	Se c'è un black out, allora la lampadina della cucina non si accende
Premessa 2	La lampadina della cucina non si accende
<hr/>	
Conclusione	(Forse) c'è un black out

Abduzione

Schema "logico" dell'abduzione

Premessa 1	B
Premessa 2	$A \rightarrow B$
<hr/>	
Conclusione	A (forse)

Il *modus ponendo ponens* MPP

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	A
<hr/>	
Conclusione	B

Fallacia dell'"affermazione del conseguente"

Premessa 1	$A \rightarrow B$
Premessa 2	B
<hr/>	
Conclusione	A

Criteri per la spiegazione migliore

Semplicità Tra due spiegazioni disponibili è opportuno scegliere la più semplice.

Conservatività Tra due spiegazioni disponibili è opportuno scegliere quella che non richiede di modificare un numero troppo grande delle nostre convinzioni sul mondo.

Controllabilità Tra due spiegazioni disponibili è opportuno scegliere quella per la quale si ha a disposizione una procedura per valutarne la plausibilità.

Generalizzazioni statistiche

Schema generale della generalizzazione statistica

Su un campione casuale di m che hanno la proprietà P , l' $n\%$ ha la proprietà Q Circa l' $n\%$ degli individui che hanno la proprietà P hanno la proprietà Q

Esempio

Su un campione di 1000, il 15% legge almeno due libri l'anno Circa il 15% degli italiani legge almeno due libri l'anno

Esempio

Su un campione di 500 studenti dell'Università di Verona, il 10% compra il quotidiano ogni giorno Circa il 10% studenti dell'Università di Verona, il 10% compra il quotidiano ogni giorno

Il campione statistico

Il campione deve rispondere a due requisiti:

1. Casualità

Campione non casuale

Il 5% dei miei amici ama la musica jazz

QUINDI circa il 5% delle persone ama la musica jazz

2. Rappresentatività

Campione non rappresentativo

Il 90% dei veneti presenti in quest'aula non beve alcolici

QUINDI *circa* il 90% dei veneti non beve alcolici

19 I. Newton

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

AUCTORE
ISAACO NEWTONO. Eo. Avv.

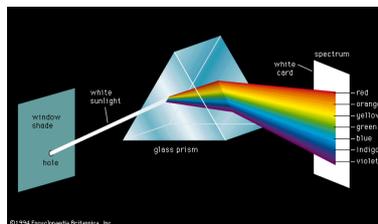
Editio tertia aucta & emendata.

LONDINI:
Apud GULIELMUM & JOHANNEM STURMUM, Regie Societatis typographos.
MDCCLXXVI.

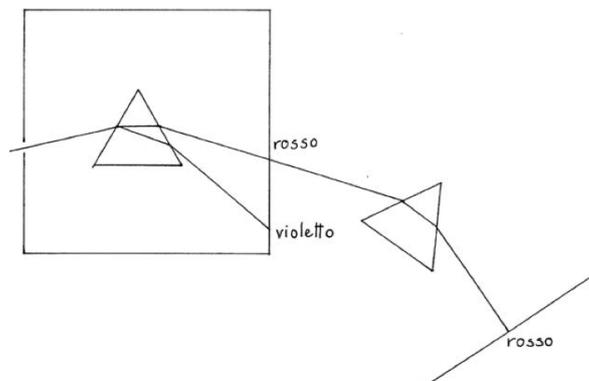
- Metodo dell'analisi e della sintesi
- Il valore dell'esperienza
- *Hypotheses non fingo* (?)

Il prisma di Newton: analisi e sintesi

Esperimento 1



Esperimento 2



Chi garantisce che la presenza di più colori sia dovuta ad una proprietà della luce stessa e non ad una particolare proprietà dei prismi? Newton procede in questo caso attraverso un metodo deduttivo:

lancia l'ipotesi che il cambiamento di colore del fascio di luce non sia provocato dal prisma e poi procede alla conferma di tale ipotesi attraverso un altro esperimento

19.1 I *Principia Mathematica*

Principi matematici di filosofia naturale (1687)

Libro I Studio del moto dei corpi soggetti a forze (dinamica)

Libro II Studio del moto dei corpi in un mezzo resistente

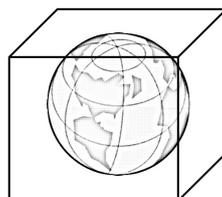
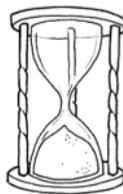
Libro III "Sistema del mondo" Studio del moto dei corpi celesti

Libro I: Definizioni

1. Quantità di materia (massa): $m = \rho \times vol$
2. Quantità di moto: $q = m \times v$
3. *Vis insita* (forza di inerzia): Disposizione a resistere, per la quale un corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.
4. Forza impressa
5. Forza centripeta
6. "
7. "
8. "

Libro I: Scolio

1. Tempo assoluto - tempo relativo
2. Spazio assoluto - spazio relativo
3. Luogo assoluto - luogo relativo
4. Moto assoluto - moto relativo



Libro I: Assiomi o leggi del moto

Legge I: Principio di inerzia

Ogni corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme salvo che non sia costretto da forze impresse a mutare il suo stato

Legge II

Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e avviene lungo la linea retta secondo la quale è stata impressa la forza

Legge III

Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria: ovvero le azioni tra due corpi sono sempre uguali tra loro e dirette verso parti opposte

Libro I: Proposizioni

Proposizione 1

Le aree che *i corpi ruotanti* descrivono, condotti i raggi verso il centro immobile delle forze, giacciono sugli stessi piani e sono proporzionali ai tempi

Proposizione 2

Ogni corpo che si muove lungo una qualche linea curva descritta su un piano e, con il raggio condotto verso un punto immobile o che si muove di moto rettilineo uniforme, descrive intorno a quel punto aree proporzionali ai tempi, è spinto da una *forza centripeta* che tende al medesimo punto.

Libro I: Proposizioni

Proposizione 3

Ogni corpo che, con il raggio condotto verso il centro di un altro corpo comunque mosso, descrive intorno a quel centro aree proporzionali ai tempi, è spinto da una forza composta dalla forza centripeta che tende verso quel secondo corpo e da tutta la forza acceleratrice dalla quale il secondo corpo è spinto.

Proposizione 4

Le forze centripete, che descrivono cerchi diversi con moto uniforme, tendono ai centri dei medesimi cerchi e stanno fra loro come i quadrati degli archi descritti in tempi uguali divisi per i raggi dei cerchi.

Corollario

Le forze centripete sono inversamente proporzionali ai quadrati dei raggi.

Libro III: Le Regole del filosofare

Regola I Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.

Regola II Le medesime cause vanno assegnate ad effetti naturali dello stesso genere.

Regola III Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e (quelle) che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile impiantare esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti i corpi.

Regola IV Nella filosofia sperimentale, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, devono, nonostante le ipotesi contrarie, essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, finché non intervengano altri fenomeni, mediante i quali sono rese più esatte o vengono assoggettate ad eccezioni.

Vediamo cosa succede nel mondo

Servono dei **fenomeni**, per esempio:

La terza legge di Keplero vale per i satelliti di Giove e di Saturno La seconda legge di Keplero vale per la Luna rispetto alla terra

Servono anche altre **proposizioni**, per esempio:

Proposizione 1

Le forze per effetto delle quali i pianeti che ruotano intorno a Giove sono continuamente ritratti dai moti rettilinei, e sono trattenuti nelle proprie orbite, tendono al centro di Giove e sono inversamente proporzionali ai quadrati delle distanze dei luoghi dal medesimo centro.

Proposizione 2

Le forze per effetto delle quali i pianeti primari sono continuamente ritratti dai moti rettilinei, e sono trattenuti nelle proprie orbite, tendono al Sole e sono inversamente proporzionali ai quadrati delle distanze dei luoghi dal medesimo centro.

Libro III: La legge di gravitazione universale

Proposizione 7

La gravità appartiene a tutti i corpi, ed è proporzionale alla quantità di materia in ciascuno

$$f = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Lo “Scolio generale”

Rationem vero harum gravitatis proprietatum ex phænomenis nondum potui deducere, & *hypotheses non fingo*. Quicquid enim ex phænomenis non deducitur, *hyibothesis* vocanda est; & hypotheses seu metaphysicæ, seu physicæ, seu qualitatum occultarum, seu mechanicæ, in *philosophia experimentalis* locum non habent. In hac philosophia propositiones deducuntur ex phænomenis, & redduntur generales per inductionem.

I. NEWTON

20 Positivismo matematico e convenzionalismo

20.1 George Berkeley

George Berkeley (1685-1753) La concezione “strumentalista”

- “Esse est percipi”
- Le forze sono soltanto entità matematiche
- Le leggi della meccanica sono solo mezzi per spiegare e prevedere i fenomeni
- Lo spazio assoluto è un’invenzione inutile

20.2 Ernst Mach (1838-1916)

Ernst Mach La scienza è economica

- Fenomenismo, empirismo, sensismo: tutto è *sensazione*
- Le “cose in sè” non esistono, ma sono “utili” ⇒ **Strumentalismo**
- I concetti scientifici sono riducibili a sensazioni
- Le spiegazioni scientifiche descrizioni economiche di fenomeni per mezzo di leggi

- Le proposizioni della meccanica si dividono in:

Generalizzazioni empiriche Verità contingenti confermate da prove sperimentali

Definizioni “Forza”, “massa”, ecc.

20.3 Pierre Duhem

Pierre Duhem (1854-1912) “La verità di una teoria fisica non si decide a testa o croce”

La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura (1906)

Una teoria fisica è composta da:

- Simboli matematici
- Postulati generali
- Le conclusioni, dedotte matematicamente, vengono sottoposte alla prova sperimentale

Se il controllo sperimentale è sfavorevole cosa succede?

Il fisico non può mai sottoporre al controllo dell’esperienza un’ipotesi isolata, ma soltanto tutto un insieme di ipotesi. Quando l’esperienza è in disaccordo con le sue previsioni, essa gli insegna che almeno una delle ipotesi costituenti l’insieme è inaccettabile e deve essere modificata, ma non gli indica quale dovrà essere cambiata

P. DUHEM

Le ipotesi *ad hoc*

Quando una teoria viene confutata non siamo costretti a rigettarla. Possiamo introdurre ipotesi *ad hoc* per rendere la teoria solida

Le ipotesi diventano **convenzioni** e le convenzioni non sono né vere né false sono piuttosto più o meno **convenienti**

⇒ **Strumentalismo**

Gli esperimenti cruciali non esistono

La verità di una teoria fisica non si decide a testa o croce

DUHEM

- Teoria corpuscolare: la luce è più veloce nell’acqua che nell’aria
- Teoria ondulatoria: la luce è più veloce nell’aria che nell’acqua
- Esperimento di Foucault: la luce è più veloce nell’aria che nell’acqua
- Vince la teoria ondulatoria? **No!**

Newton contraddice Keplero

Il principio della gravitazione universale, ben lungi dunque dal potersi ricavare per generalizzazione e induzione delle leggi di osservazione formulate da Keplero, le contraddice formalmente. Se la teoria di Newton è esatta, le leggi di Keplero sono necessariamente false

P. DUHEM

Se supponiamo il contrario avremmo una argomentazione in cui si deriva una conclusione che contraddice le premesse.