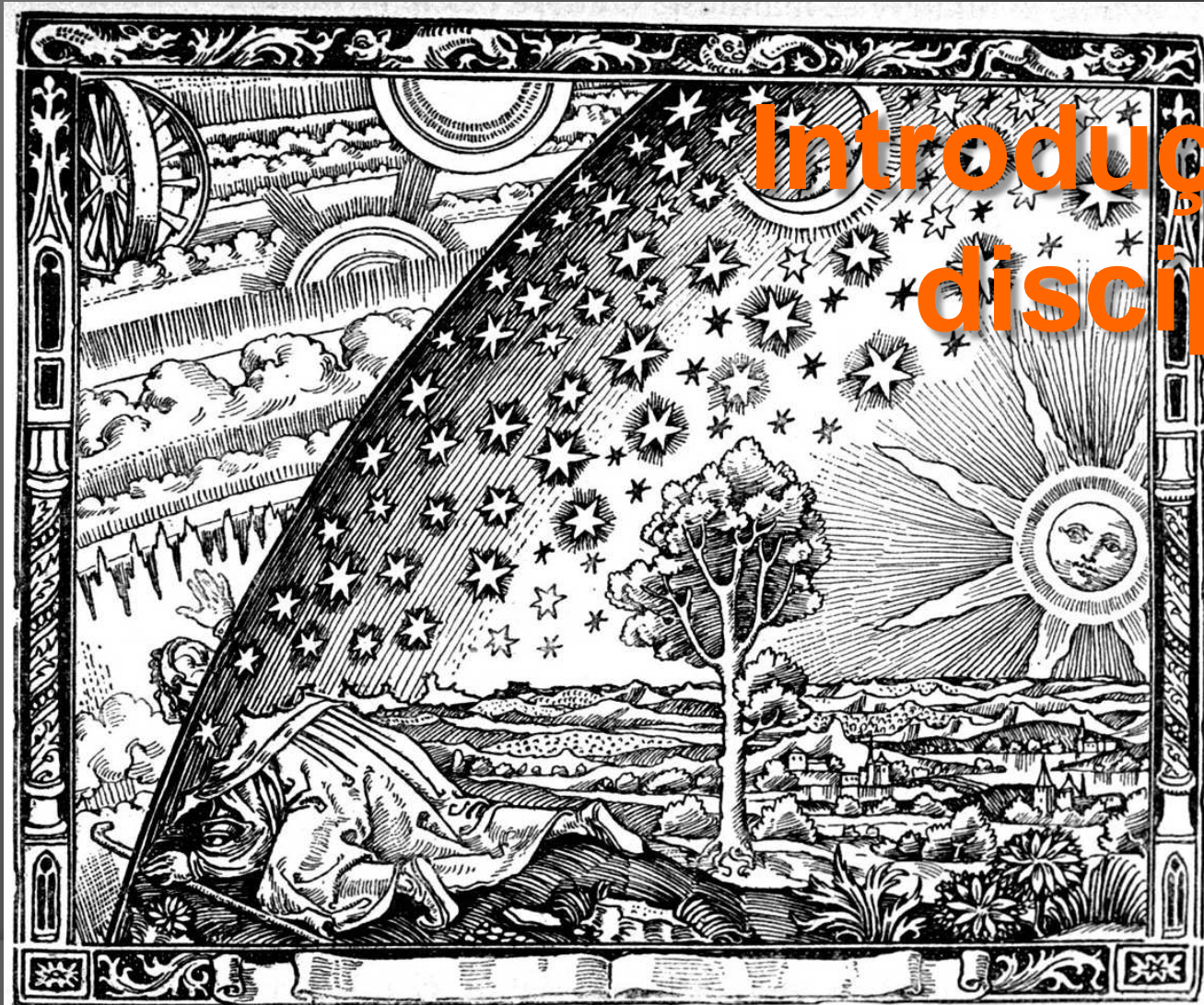


FILOSOFIA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA MODERNA



Introdução à
disciplina

UMA AMBIGUIDADE FRUTÍFERA

«Filosofia e História da Ciência Moderna»

1 – Filosofia e (História da Ciência Moderna)

=

Modelos metacientíficos dirigidos para a História da Ciência

2 – (Filosofia e História da) Ciência Moderna

=

A Ciência Moderna vista sob os ângulos da Filosofia da Ciência e da História da Ciência

3 – “Ciência Moderna”

=

No século XVII, tratava-se, mais propriamente, de *Filosofia Natural*

=>

Filosofia e História da Filosofia Natural...

PARA QUE HISTÓRIA DA CIÊNCIA?

- (1) Para compreender que o conhecimento científico (em particular o *nosso* conhecimento científico) nunca surge num vácuo.
- (2) Para compreender que o presente (das nossas técnicas, hipóteses, teorias, modelos) é fugaz.
- (3) Para compreender que o conhecimento científico é falível e tem seus limites.
- (4) Para compreender que o sistema do conhecimento é intrinsecamente dinâmico.
- (5) Para apreciar o fato de que a ciência está sempre inconclusa, em processo de construção.
- (6) Para compreender que, por outro lado, o conhecimento também apresenta certos invariantes.

PARA QUE HISTÓRIA DA CIÊNCIA?

- (7) Para compreender como as disciplinas científicas surgiram.
- (8) Para apreciar o fato de que os conceitos de *progresso científico*, *racionalidade científica* e *método científico* são mais complexos do que parecem.
- (9) Para se poder ter uma atitude crítica (leia-se: analítica, reflexiva) em relação à ciência — porém *com conhecimento de causa*.
- (10) Para se compreender e julgar a *inovação* (mantra do nosso tempo), é preciso compreender a *mudança*, que está relacionada com o tempo, e é objeto da história.
- (11) Para confrontar com a prática as nossas concepções filosóficas acerca do conhecimento – Elas são aplicáveis? Dão conta das vicissitudes da prática? São boas ferramentas interpretativas?

PARA QUE HISTÓRIA DA CIÊNCIA?

Toda história envolve interpretação — Não existe história “neutra”

Nunca podemos apagar por completo a nossa condição de habitantes do século XXI

O problema do anacronismo — Projetar conceitos, categorias e enfoques próprios de uma época sobre outra época diferente.

Um desafio triplo:

(1) Olhar / analisar / interpretar / compreender o passado em seus próprios termos

(2) A interpretação é inevitável, porém não se trata de qualquer interpretação!

(3) Fazer uma interpretação coerente / inteligível sem cometer anacronismos

O projeto de uma História fundamentalmente **conceitual** — não cronológica, biográfica, nem anedótica — e em parte também **social**.

PARA QUE HISTÓRIA DA CIÊNCIA?



O célebre dito de Hanson, parafraseando Kant, depois retomado por Lakatos,

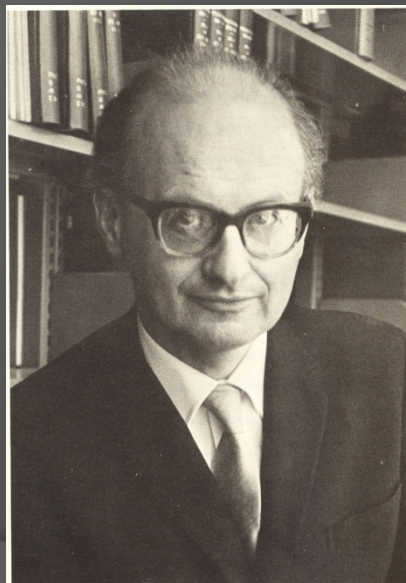
“A Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia, e a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega”

sugere que:

(a) para que a Filosofia da Ciência não seja “vazia”, ela precisa atuar de algum modo “com” a História da Ciência;

(b) para que a História da Ciência não seja “cega”, ela precisa atuar “com” a Filosofia da Ciência.

Porém, o que significa precisamente esse “com”? Qual é a natureza dessa relação?



‘MODERNO’ E ‘MODERNIDADE’

HUMANIDADES				
CLÁSSICO (Antiguidade) Até séc. V	MEDIEVAL	RENASCIMENTO Séc.XIV—XV	MODERNO Séc. XVI—XVIII (Barroco, Iluminismo, etc)	CONTEMPORÂNEO Séc. XIX—XXI (Romantismo, vanguardas, pós- moderno, etc)
CIÊNCIAS				
			“CLÁSSICA”	“MODERNA”

ALGUNS TEMAS NA CIÊNCIA MODERNA

Temas de caráter epistemológico / metodológico / axiológico:

- Noção de *método*
- Matematização, particularmente como quantificação — Crescente formalização e abstração
- O repensar da relação entre teoria e experiência
- Separação entre as esferas do *fato* e do *valor*
- Idéia de progresso (Uso do termo “novo” | noção de “revolução” | Visão que a Modernidade tem do Medievo)
- Aceleração e fragmentação do conhecimento (Rápido surgimento e consolidação de disciplinas e subdisciplinas)
- Redefinição de relação entre *ciência*, *técnica* e *tecnologia* (diferente daquela da Antiguidade)
- Mudanças na relação entre ciência e filosofia | Pretensão de naturalização do conhecimento | Atitude crítica da Filosofia e das Humanidades em relação à ciência moderna
- Obsessão com a **classificação**

ALGUNS TEMAS NA CIÊNCIA MODERNA

Temas macroteóricos – referentes às linhas mestras definidoras das agendas de problemas:

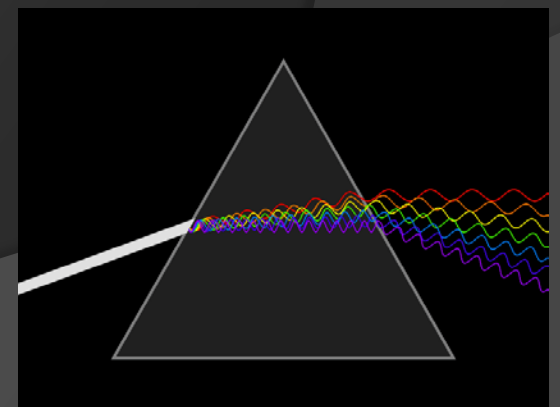
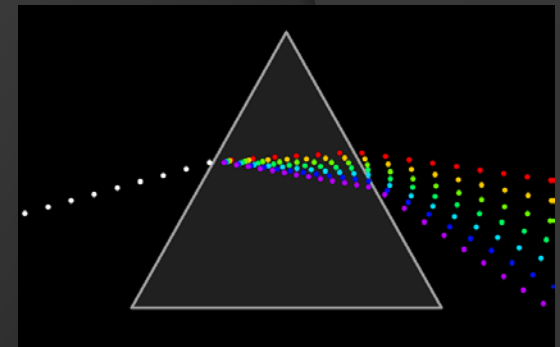
- Questão da existência do **vácuo / vazio**
- Problema do **movimento** e, em geral, da **mudança**
- Problema da estrutura e estabilidade da **matéria**
- Debate **atomismo X plenismo**
- **Finitude / infinitude / continuidade / descontinuidade**
- O repensar da noção de **causa** | Adesão ao determinismo
- Mecanicismo, em diversas variantes (e sua crise)
- Debate Epigênese x Preformismo (origem da vida e dos organismos)
- Debate Uniformitarismo x Catastrofismo (história da Terra)
- Debate Fixismo x Transformismo (espécies)
- Controvérsia sobre teleologia e finalismo
- Cadeia do Ser / Hierarquia da Natureza
- Perspectivas evolucionárias
- Conceito de **vida**
- Natureza da **percepção** e da **consciência**

Temas herdados de épocas anteriores, e ressignificados na modernidade

ALGUNS TEMAS NA CIÊNCIA MODERNA

Temas conceituais “micro”:

- Distinção entre **qualidades primárias** e **qualidades secundárias**
- Éter / fluidos sutis (calórico, flogisto, fluidos elétricos)
- Natureza da eletricidade e do magnetismo
- Conceito de força
- Conceito de campo
- Conceito de energia
- Controvérsia sobre a medida do movimento
- Óptica e visão
- Natureza da luz: corpuscular X ondulatória
- Conceito de inércia
- Redefinições dos conceitos de **espaço e tempo**
- Princípios de conservação
- Noção de equilíbrio dinâmico nos sistemas

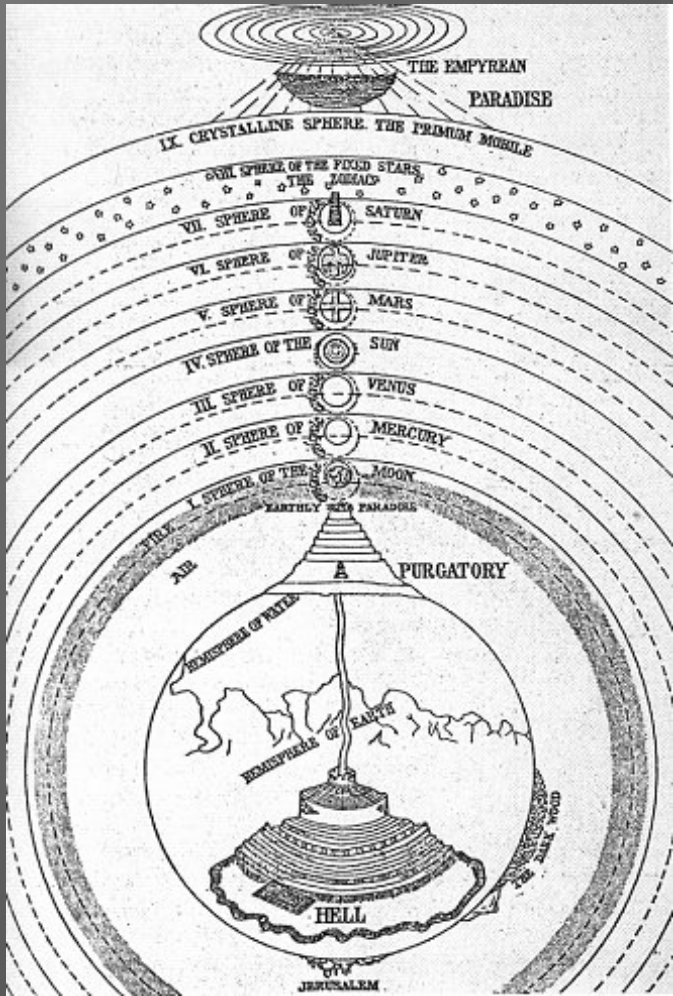


FILOSOFIA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA MODERNA



Uma ilustração:
Transformações
nos conceitos de
espaço

NOVOS ESPAÇOS REPRESENTATIVOS



O universo segundo a *Divina Comédia* de Dante.



Pietro Lorenzetti, "Entrada de Cristo em Jerusalém", c. 1320

NOVOS ESPAÇOS REPRESENTATIVOS

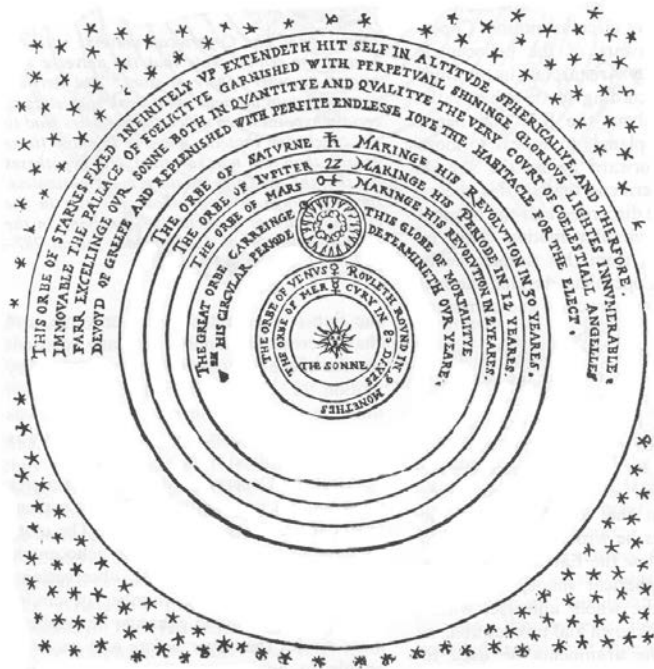


Sistema geo-heliocêntrico de Tycho Brahe.



Maître de l'Échevinage (séc. XV), "Reconstrução do templo de Jerusalém". In: William of Tyre, *Histoire d'Outremer* (Bibl. Nat. France)

NOVOS ESPAÇOS REPRESENTATIVOS



Thomas Digges (1576), *A Perfit Description of the Coelestiall Orbes...*



Andrea Mantegna – “A agonia no jardim” (1455)

“This orbe of starres fixed infinitely vp extendeth hit self in alitvde sphericallye, and therefore immovable. The pallace of foelicitye, garnished with perpetvall shinginge gloriovs lightes innvmerable, farr excellinge our Sonne both in quantitye and qualitey, the very covrt of coelestiall angelles, devoyd of greefe and replenished with perfite endlesse ioye, the habitacle of the elect.”

NOVOS ESPAÇOS REPRESENTATIVOS

Os novos espaços da filosofia natural

O espaço geometrizado — agora visto como homogêneo, isotrópico e ilimitado — corresponde a um novo cosmos, infinito e ilimitado, não mais hierarquizado, e que dispensa a distinção entre as regiões celeste / terrestre — e, em algum sentido, também reverbera na renovação operada na representação do espaço através da **perspectiva**.

A perspectiva representa uma das maiores revoluções conceituais e estéticas na história da arte. A dimensão das figuras deixa de ser proporcional à sua importância, como era até meados do Trecento, e passa a ser uma função da sua posição em cena. Para criar regiões na tela, indicar a importância de determinadas figuras, o artista deverá lançar mão de outros meios. Surge a noção de ponto de fuga.

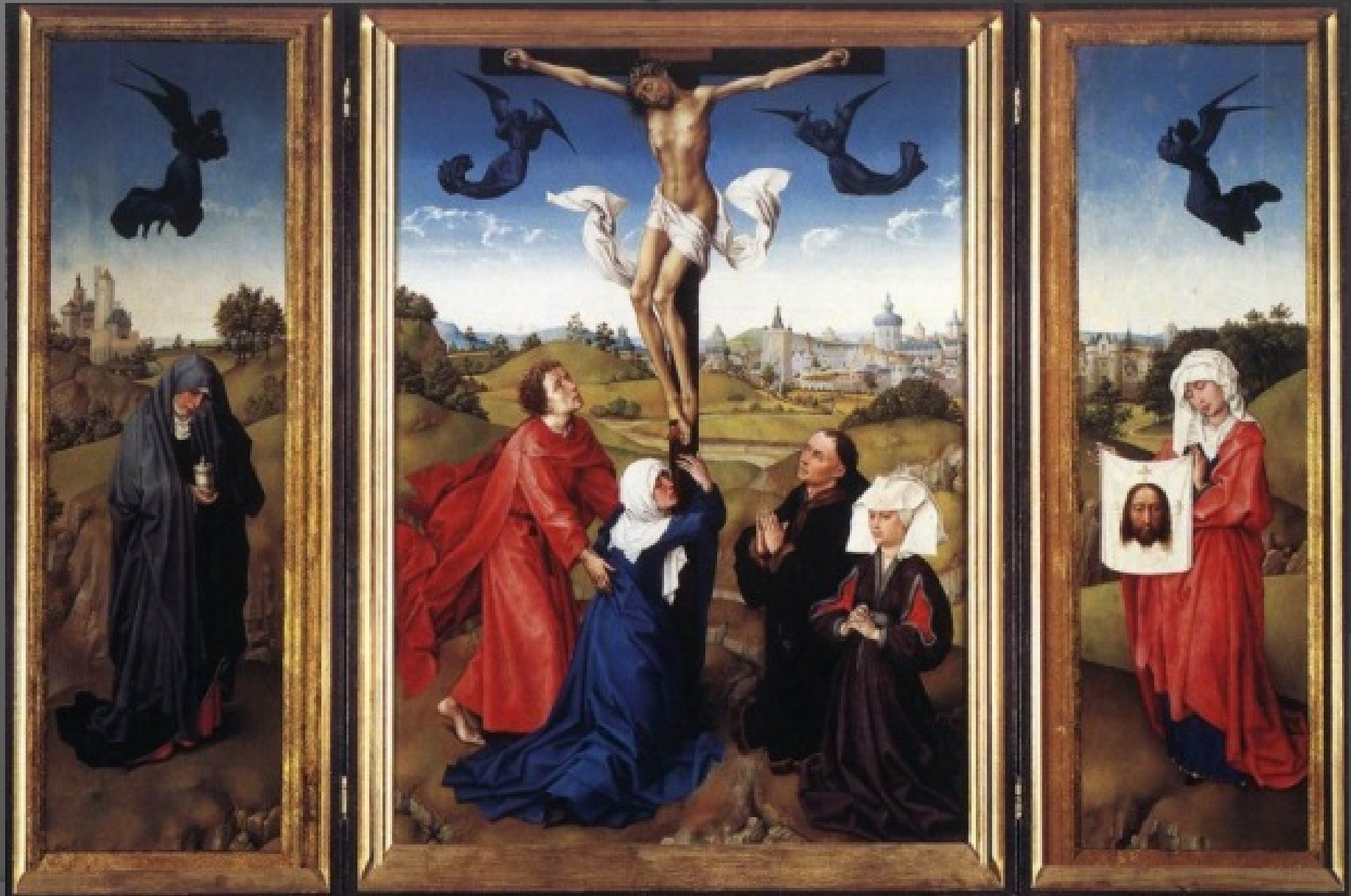
A finitude do espaço aristotélico /ptolomaico / medieval excluía a possibilidade de se pensar a infinitude do movimento, a existência do vazio, bem como o conceito de inércia. Num cosmos finito (e que contém uma região sublunar bem delimitada e também finita), não há lugar para um movimento que se prolonga indefinidamente.

NOVOS ESPAÇOS - PERSPECTIVA



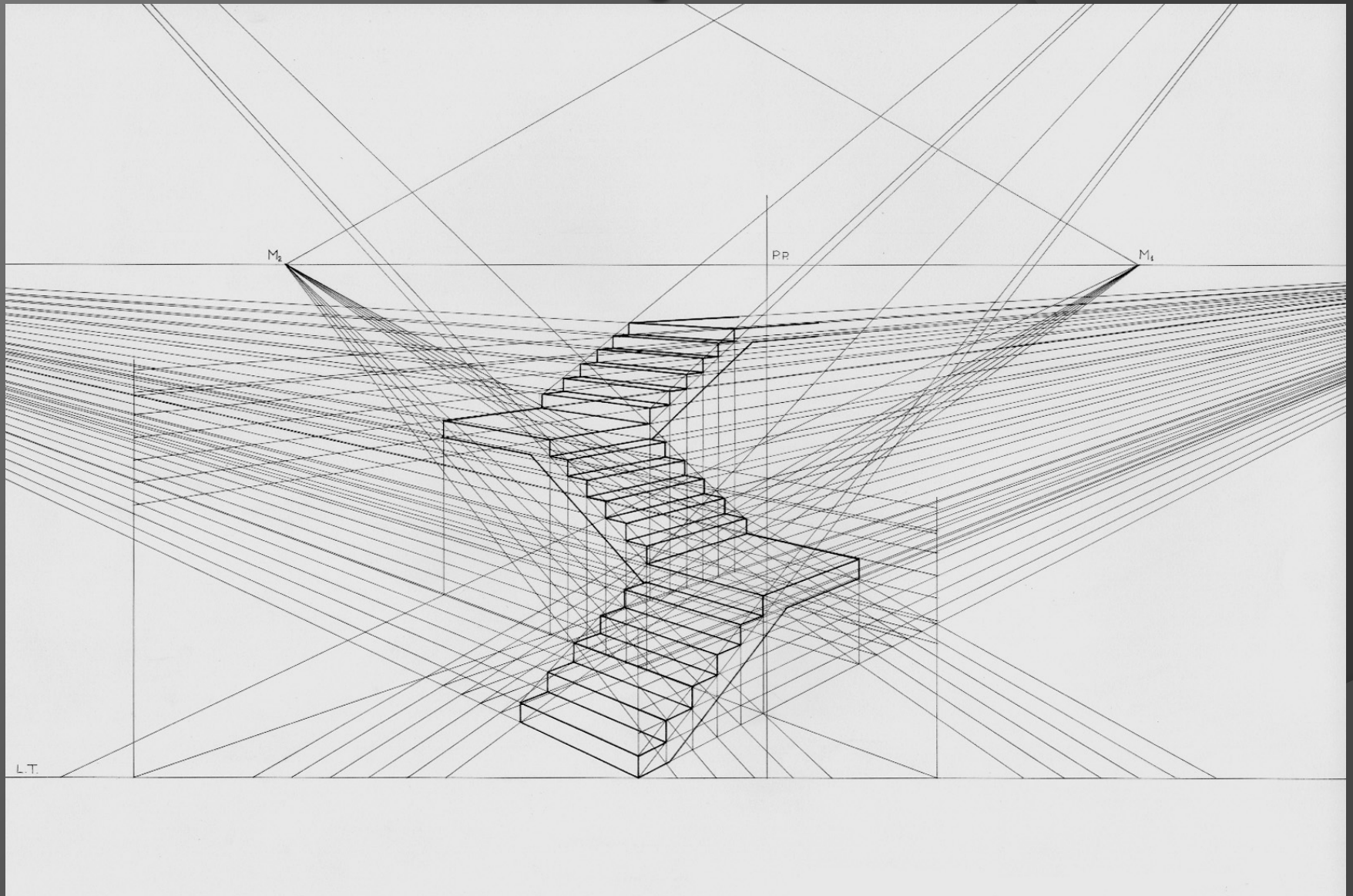
Pietro Perugino (1481-82) - "Cristo entregando as chaves a São Pedro". Fresco, 335 x 550 cm, Capela Sistina, Vaticano

NOVOS ESPAÇOS - PERSPECTIVA



Van der Weyden, "Tríptico da Crucificação", c. 1445. Kunsthistorisches Museum, Viena.

NOVOS ESPAÇOS - PERSPECTIVA



Luciano Testoni – Perspectiva de uma escadaria (1995)

CONCEPÇÕES MODERNAS DE ESPAÇO

COROLARIO I

Daí, segue-se claramente que, se a partir do primeiro instante do movimento fossem tomados sucessivamente intervalos de tempos iguais, como, por exemplo, AD, DE, EF, FG nos quais se percorrem os espaços HL, LM, MN, NI, estes espaços estariam entre si assim como os números ímpares a partir da unidade, a saber, 1, 3, 5, 7: esta é, com efeito, a proporção entre os excessos dos quadrados das linhas que se excedem igualmente, diferença essa que é igual à menor delas, ou seja, à proporção entre os quadrados dos números inteiros que se seguem à unidade. Quando, portanto, os graus de velocidade aumentam em tempos iguais, de acordo com a simples série dos números, os espaços percorridos em tempos iguais adquirem incrementos segundo a série dos números ímpares ab unitate.

Galileu, *Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências*

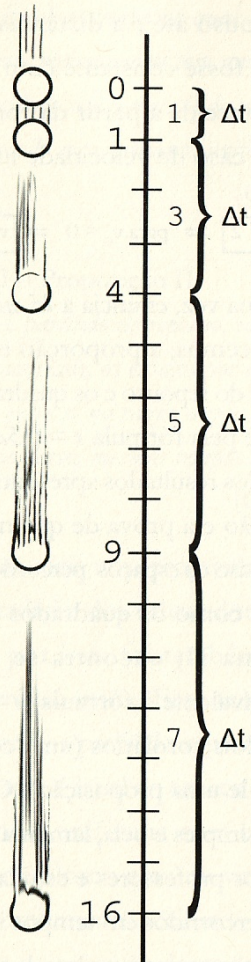


Figura 29

CONCEPÇÕES MODERNAS DE ESPAÇO

Algumas questões e controvérsias conceituais presentes na evolução dos conceitos de espaço ao longo da Modernidade:

- Relação entre matéria e extensão (Descartes)
- Projeto de aplicação da geometria e da matemática à ciência do movimento (Galileu, Benedetti, Tartaglia)
- Debate sobre a possibilidade do vazio (Descartes, Boyle, Hobbes)
- Finitude ou infinitude (Bradwardine, Bruno, Nicolau de Cusa, Henry More)
- Absoluto, relativo, relacional (Newton, Leibniz)
- Relação com o debate sobre o atomismo, corpuscularismo, infinitesimais e indivisíveis (Gassendi, Boyle, Borelli, Cavalieri)
- Estatuto da noção de espaço como a priori ou a posteriori (Kant, Helmholtz, Mach, Poincaré)
- Espaço e divindade (Bradwardine, More, Malebranche, Berkeley, Newton)
- Relação entre o espaço dado aos sentidos e representado pela imaginação, e o espaço da geometria, concebido pelo entendimento.

define the kind, or the manner of any action, the causes or the physical reason thereof, or that I attribute forces, in a true and physical sense, to certain centres (which are only mathematical points); when at any time I happen to speak of centres as attracting, or as endued with attractive powers.

SCHOLIUM¹

Hitherto I have laid down the definitions of such words as are less known, and explained the sense in which I would have them to be understood in the following discourse. I do not define time, space, place, and motion, as being well known to all. Only I must observe, that the common people conceive those quantities under no other notions but from the relation they bear to sensible objects. And thence arise certain prejudices, for the removing of which it will be convenient to distinguish them into absolute and relative, true and apparent, mathematical and common.

I. Absolute, true, and mathematical time, of itself, and from its own nature, flows equably without relation to anything external, and by another name is called duration: relative, apparent, and common time, is some sensible and external (whether accurate or unequable) measure of duration by the means of motion, which is commonly used instead of true time; such as an hour, a day, a month, a year.

II. Absolute space, in its own nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable. Relative space is some movable dimension or measure of the absolute spaces; which our senses determine by its position to bodies; and which is commonly taken for immovable space; such is the dimension of a subterraneous, an aerial, or celestial space, determined by its position in respect of the earth. Absolute and relative space are the same in figure and magnitude; but they do not remain always numerically the same. For if the earth, for instance, moves, a space of our air, which relatively and in respect of the earth remains always the same, will at one time be one part of the absolute space into which the air passes; at another time it will be another part of the same, and so, absolutely understood, it will be continually changed.

III. Place is a part of space which a body takes up, and is according to the space, either absolute or relative. I say, a part of space; not the situation, nor the external surface of the body. For the places of equal solids are always

[¹ Appendix, Note 13.]

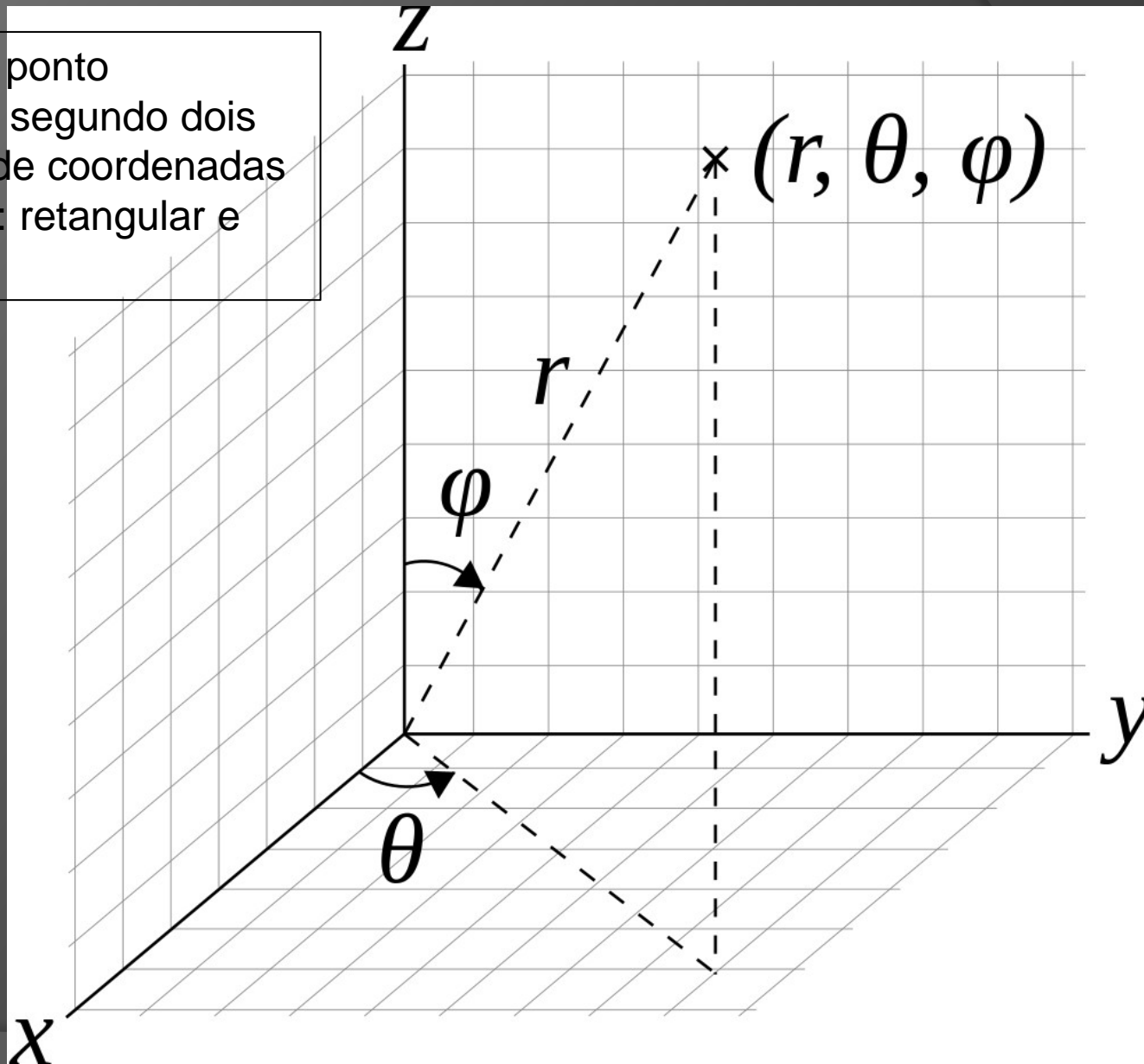
equal; but their surfaces, by reason of their dissimilar figures, are often unequal. Positions properly have no quantity, nor are they so much the places themselves, as the properties of places. The motion of the whole is the same with the sum of the motions of the parts; that is, the translation of the whole, out of its place, is the same thing with the sum of the translations of the parts out of their places; and therefore the place of the whole is the same as the sum of the places of the parts, and for that reason, it is internal, and in the whole body.

IV. Absolute motion is the translation of a body from one absolute place into another; and relative motion, the translation from one relative place into another. Thus in a ship under sail, the relative place of a body is that part of the ship which the body possesses; or that part of the cavity which the body fills, and which therefore moves together with the ship: and relative rest is the continuance of the body in the same part of the ship, or of its cavity. But real, absolute rest, is the continuance of the body in the same part of that immovable space, in which the ship itself, its cavity, and all that it contains, is moved. Wherefore, if the earth is really at rest, the body, which relatively rests in the ship, will really and absolutely move with the same velocity which the ship has on the earth. But if the earth also moves, the true and absolute motion of the body will arise, partly from the true motion of the earth, in immovable space, partly from the relative motion of the ship on the earth; and if the body moves also relatively in the ship, its true motion will arise, partly from the true motion of the earth, in immovable space, and partly from the relative motions as well of the ship on the earth, as of the body in the ship; and from these relative motions will arise the relative motion of the body on the earth. As if that part of the earth, where the ship is, was truly moved towards the east, with a velocity of 10010 parts; while the ship itself, with a fresh gale, and full sails, is carried towards the west, with a velocity expressed by 10 of those parts; but a sailor walks in the ship towards the east, with 1 part of the said velocity; then the sailor will be moved truly in immovable space towards the east, with a velocity of 10001 parts, and relatively on the earth towards the west, with a velocity of 9 of those parts.

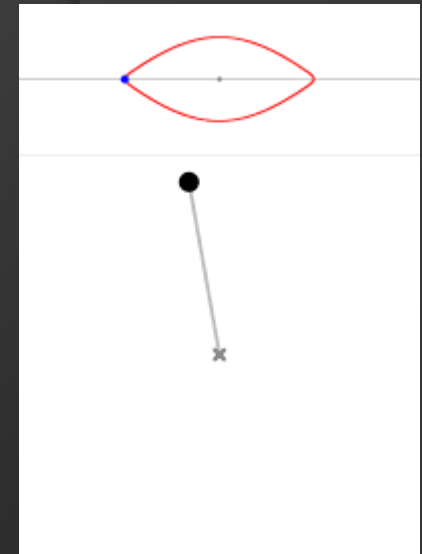
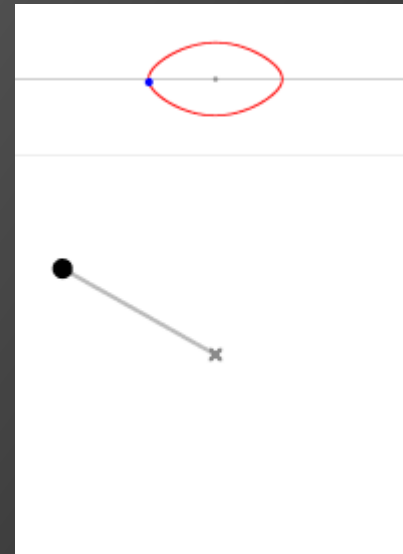
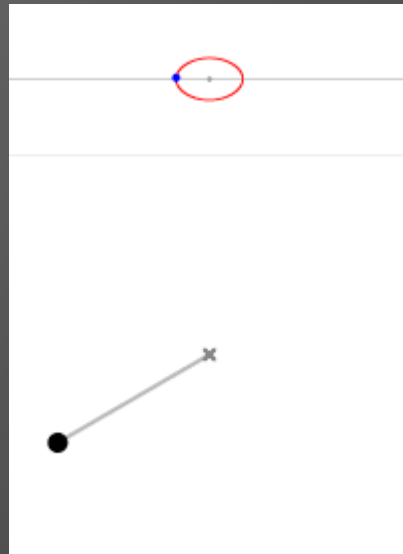
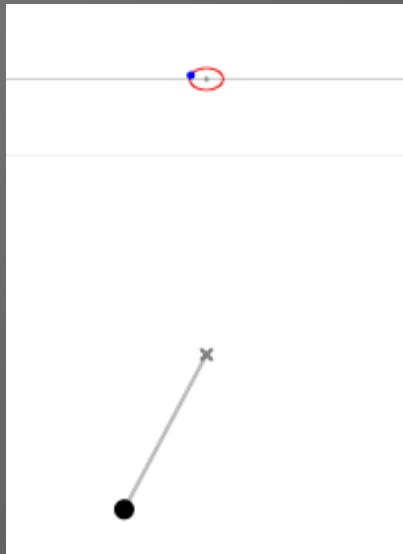
Absolute time, in astronomy, is distinguished from relative, by the equation or correction of the apparent time. For the natural days are truly un-

A MATEMATIZAÇÃO DO ESPAÇO

O mesmo ponto localizado segundo dois sistemas de coordenadas diferentes: retangular e esférica

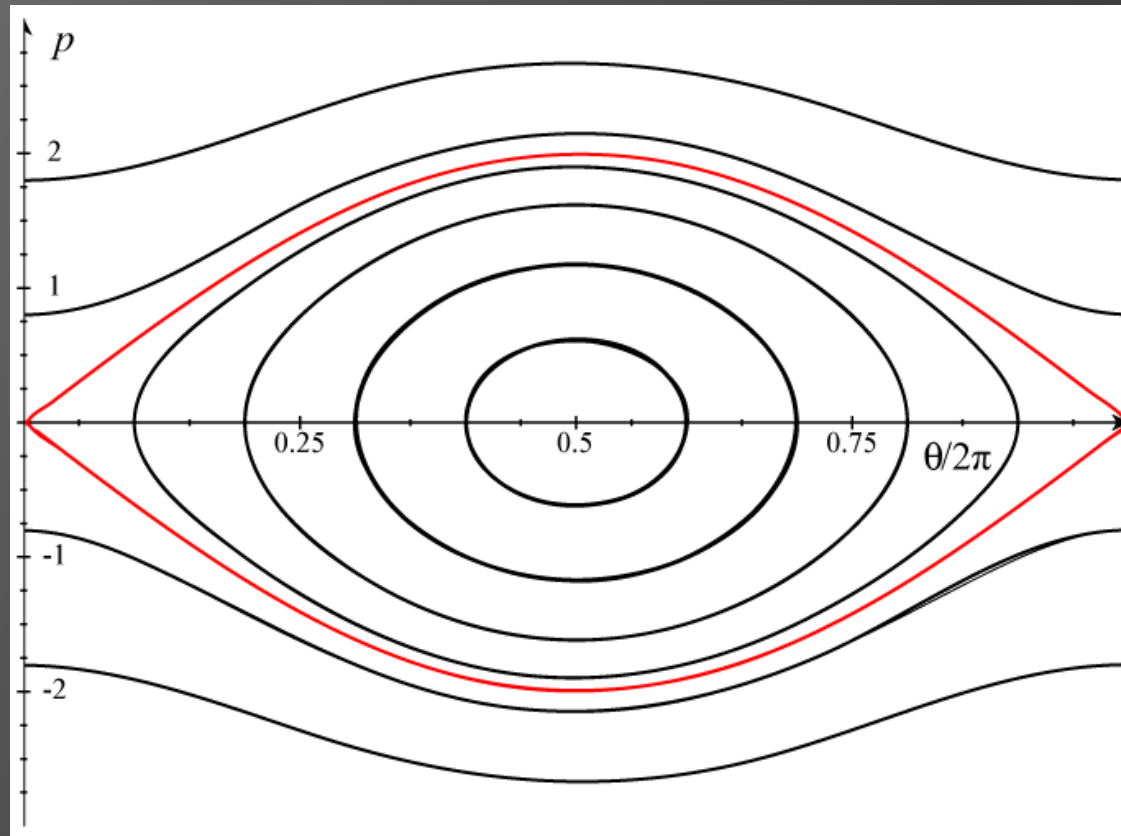


ESPAÇOS ABSTRATOS PARA FENÔMENOS REAIS



O movimento de um pêndulo simples (abaixo) descrito no espaço de fase ângulo-momento (acima). A noção de espaço de fase tornou-se corrente na Mecânica Analítica a partir do século XIX.

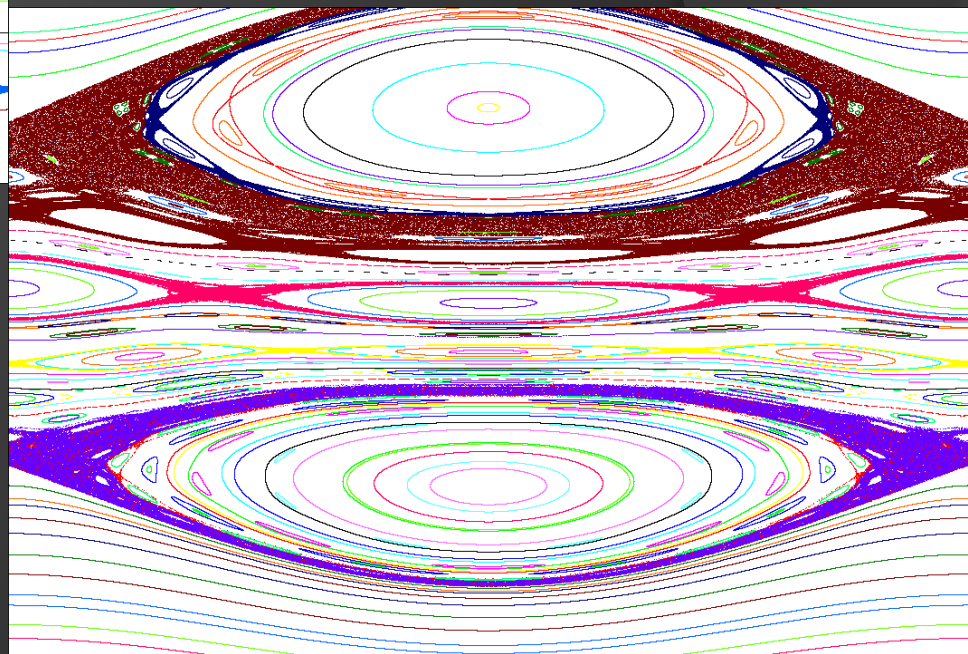
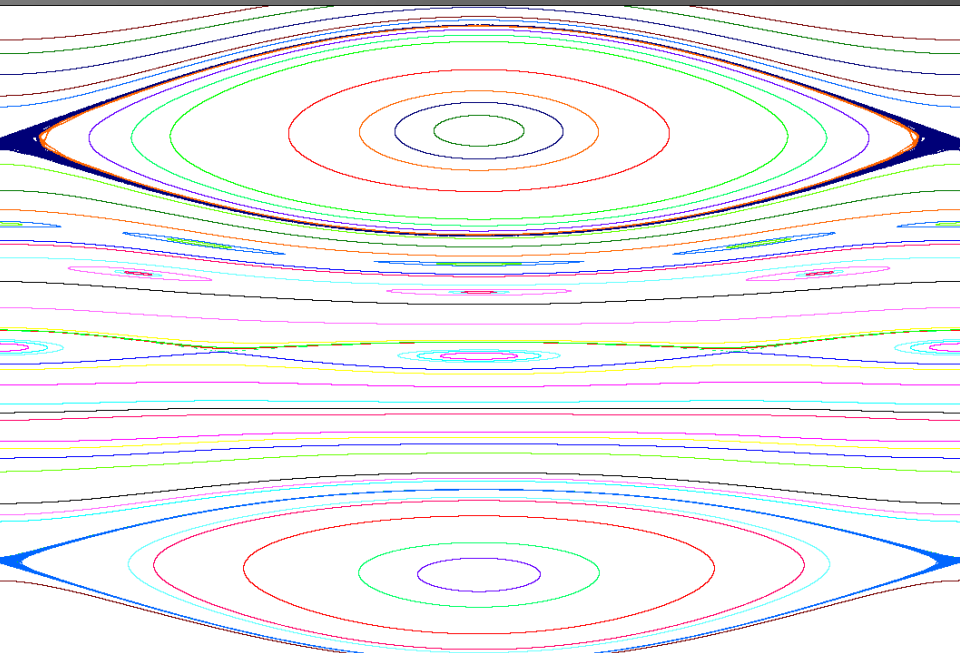
ESPAÇOS ABSTRATOS PARA FENÔMENOS REAIS



O movimento de um pêndulo simples descrito no espaço ângulo-momento.

Fonte: James Meiss, "Hamiltonian systems", Scholarpedia

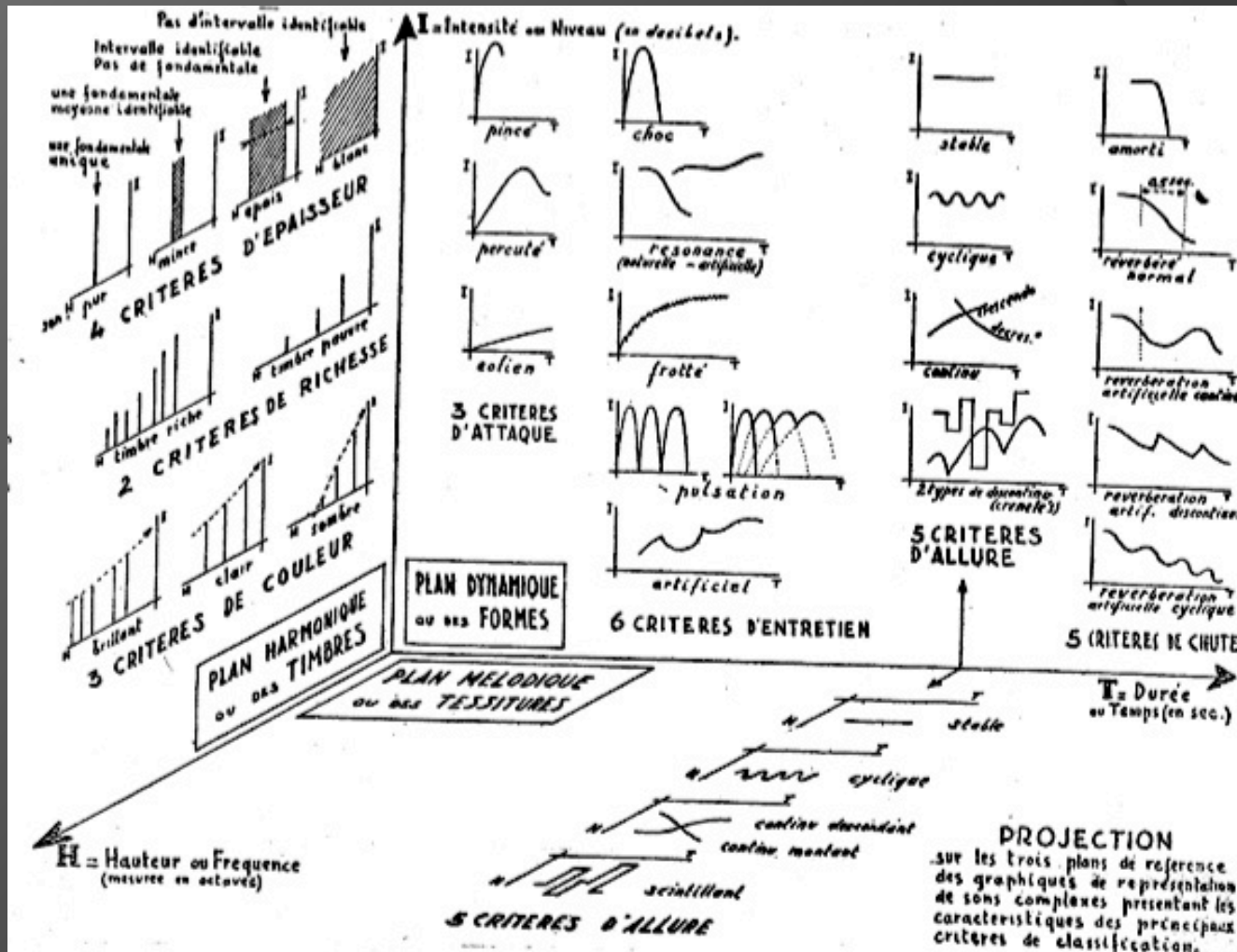
ESPAÇOS ABSTRATOS PARA FENÔMENOS REAIS



Oscilações acopladas representadas no espaço de fase. Acima, comensuráveis. Abaixo, incomensuráveis. Surgem regiões caóticas.

Fonte: James Meiss, "Hamiltonian systems", Scholarpedia

ESPAÇOS ABSTRATOS PARA FENÔMENOS REAIS



O espaço de representação dos objetos sonoros, segundo o compositor pioneiro da música concreta Pierre Schaeffer (c. 1948).

Fonte: <https://artodisiac.wordpress.com/>

ESPAÇOS ABSTRATOS

Reference: The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell, Vol. III, 1874-1879, Edited by P.M. Harman, Cambridge University Press, 2002.

Properties-colors defined. Similar to Gibbs Fig. 2 Ref.[1] pg.394 where lines are projected onto a three-dimensional energy-entropy-volume surface implied but not shown in this plate.

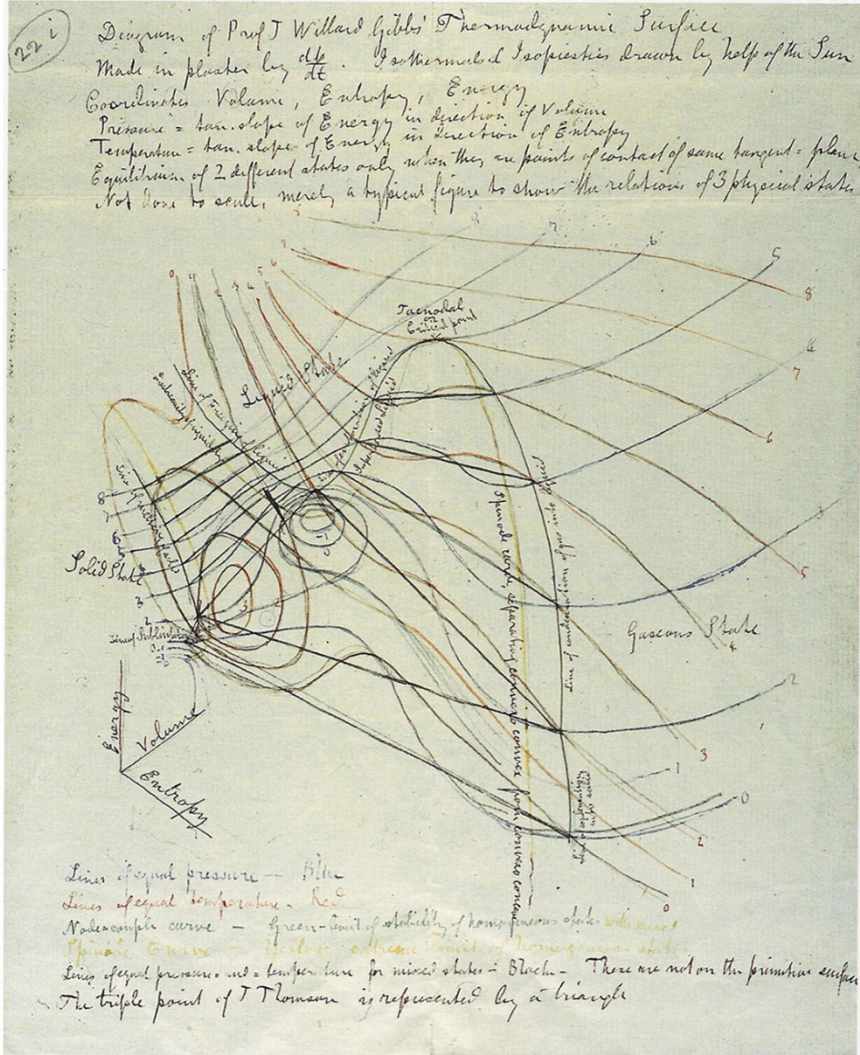


Plate IV. Diagram of the lines on Gibbs' thermodynamic surface, 8 July 1875 (Number 564).

Pointing the positive energy coordinate downward allows for the creation of a raised surface not shown in this plate. However this format can be cast into a plaster mold with a surface.

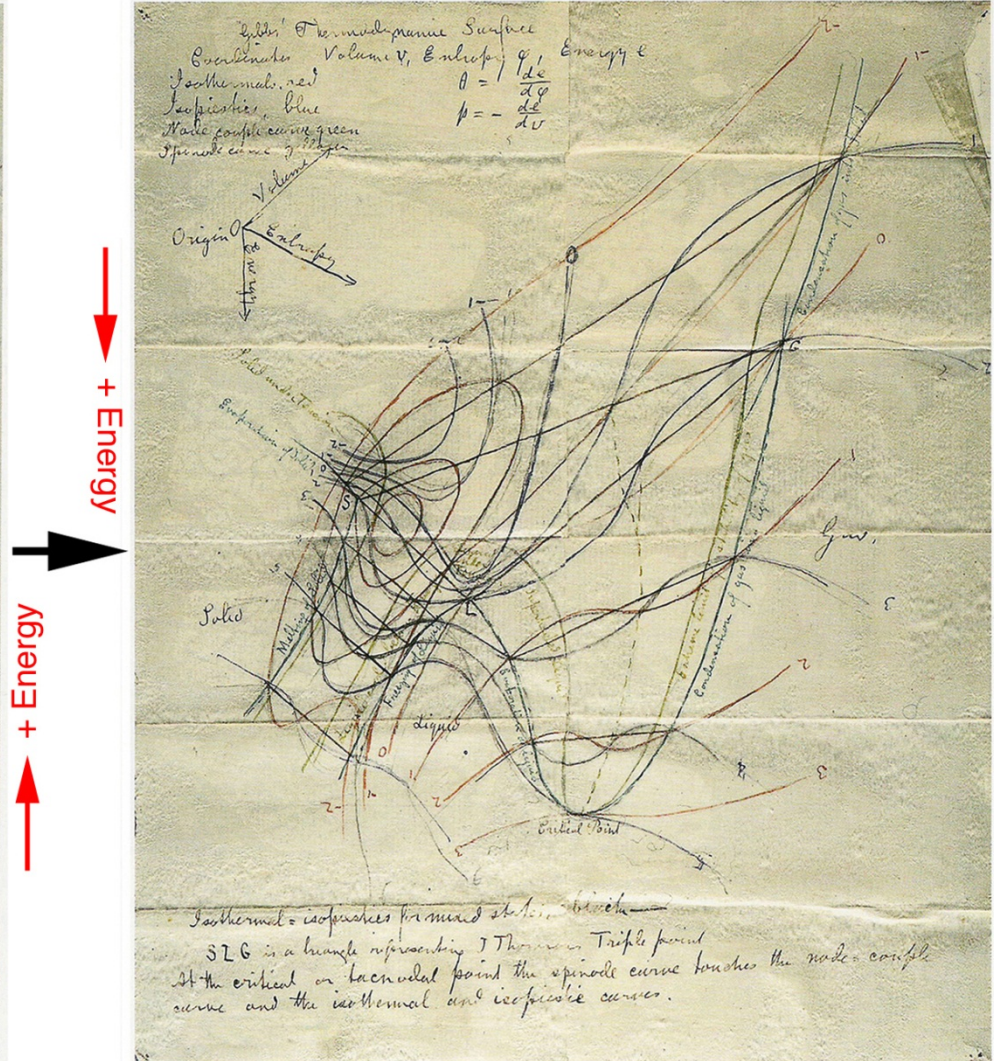


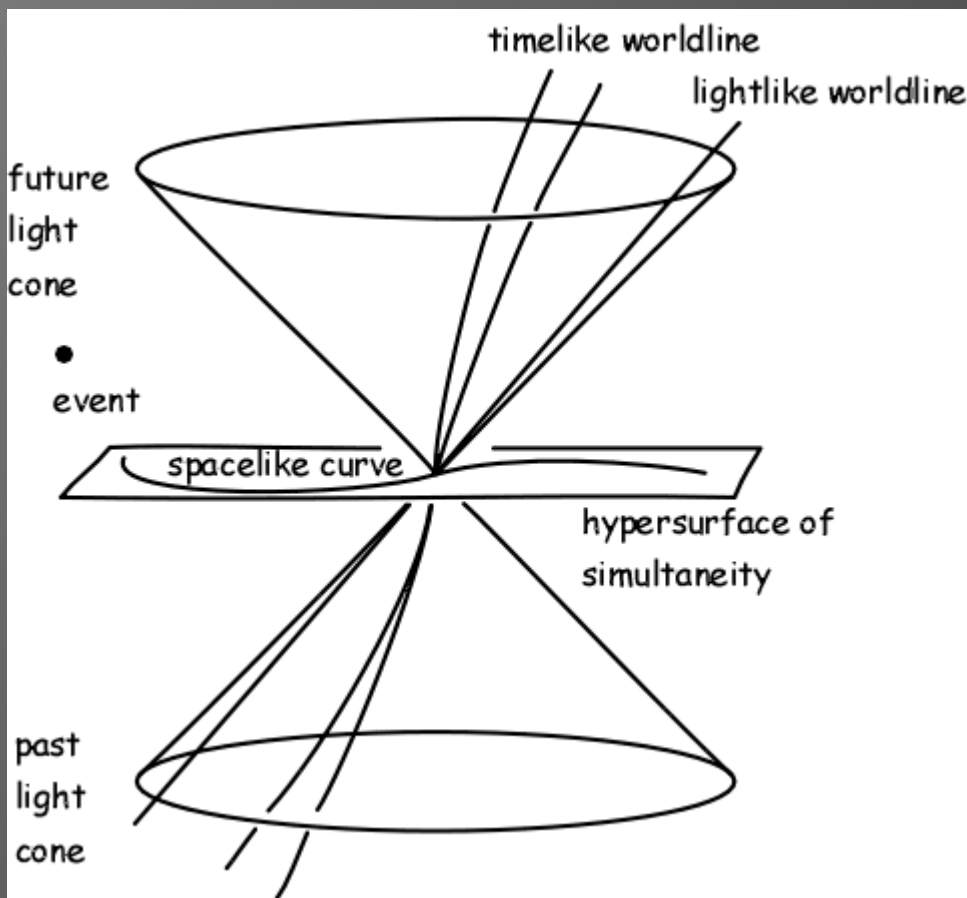
Plate V. Diagram of the lines on Gibbs' thermodynamic surface, 15 July 1875 (Number 567)

ESPAÇOS ABSTRATOS PARA FENÔMENOS REAIS



James Clerk Maxwell (c. 1875) – Modelo original em gesso, representando algumas curvas notáveis – como isotermas, isóbaras, transições de fase, etc – em uma superfície termodinâmica para uma substância arbitrária no espaço de fase Entropia-Energia-Volume.

ESPAÇOS ABSTRATOS



Fonte: À esq.: John D. Norton, "Spacetime", DHPS, Univ. Pittsburgh. À dir.: R. Penrose & F. Hadrovich – "Twistor theory", URL: <http://users.ox.ac.uk/~tweb/00006/> (Oxford University)

O espaço da relatividade: espaço-tempo de Minkowski.

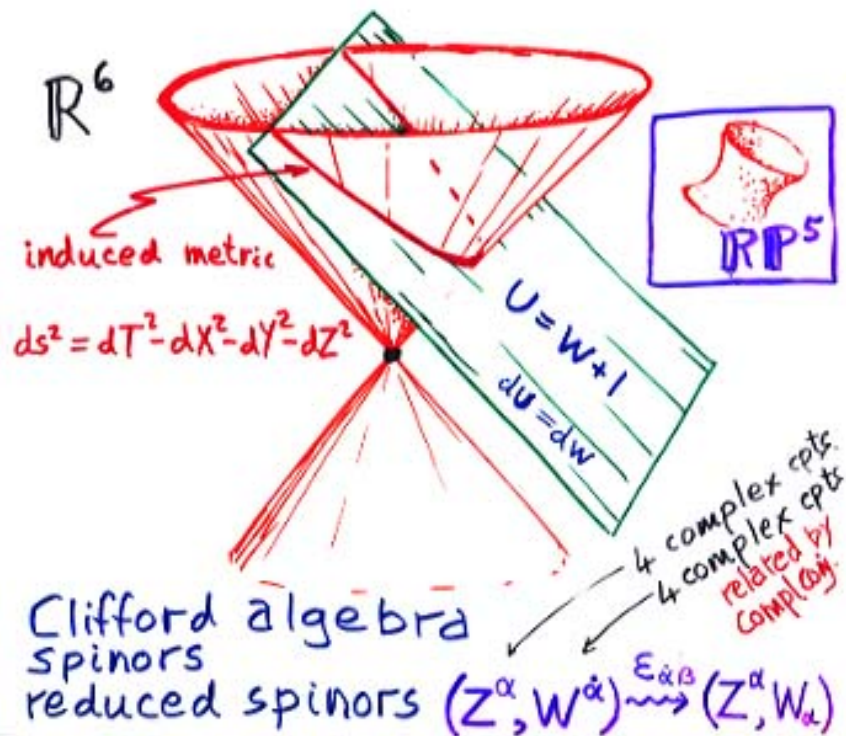
Twistors as spinors for the conformal group of (compactified) Minkowski space $O_+^\uparrow(2,4)$

metric in \mathbb{R}^6

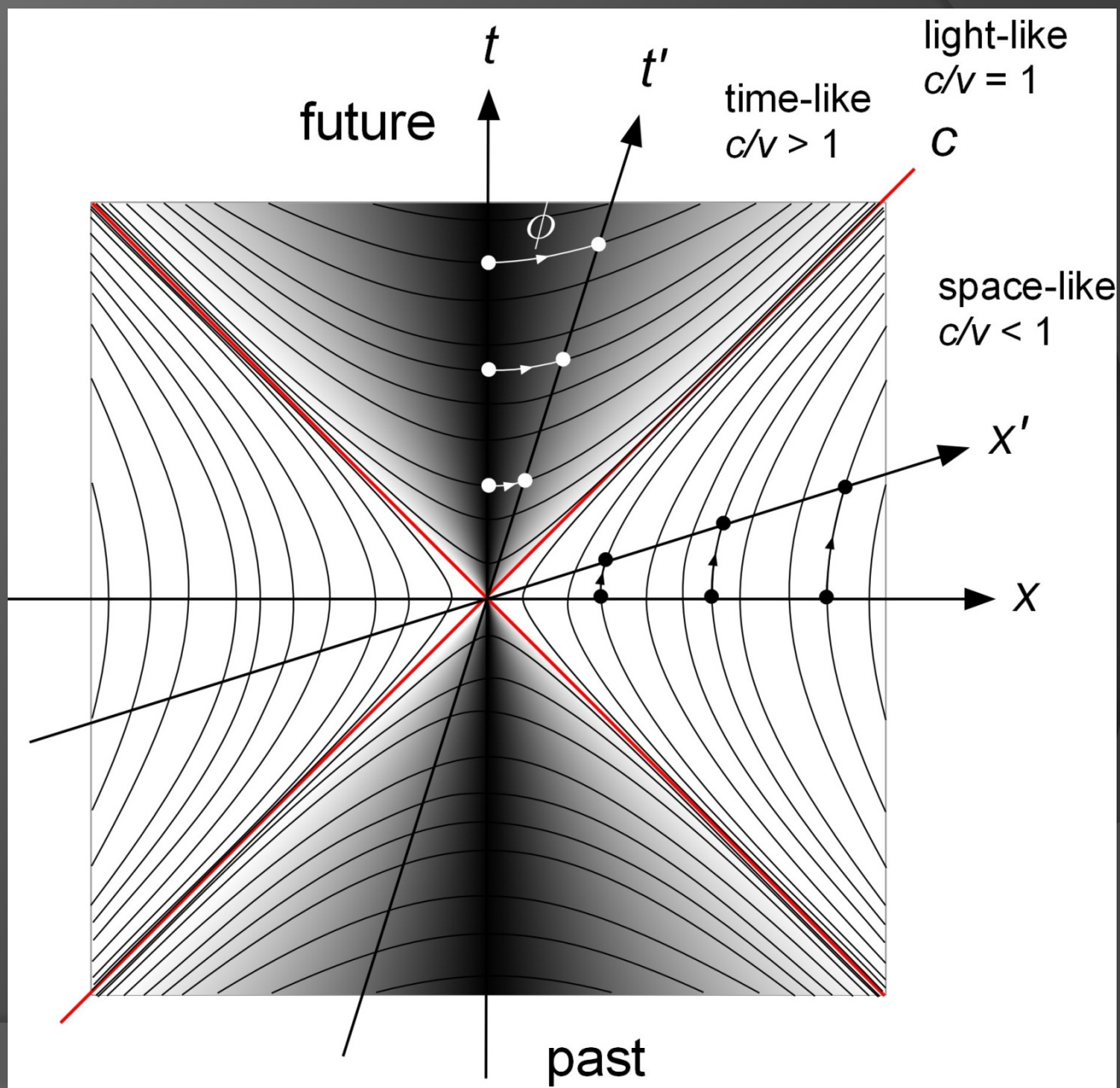
$$ds^2 = dU^2 + dT^2 - dX^2 - dY^2 - dZ^2 - dW^2$$

on "light cone"

$$U^2 + T^2 - X^2 - Y^2 - Z^2 - W^2$$

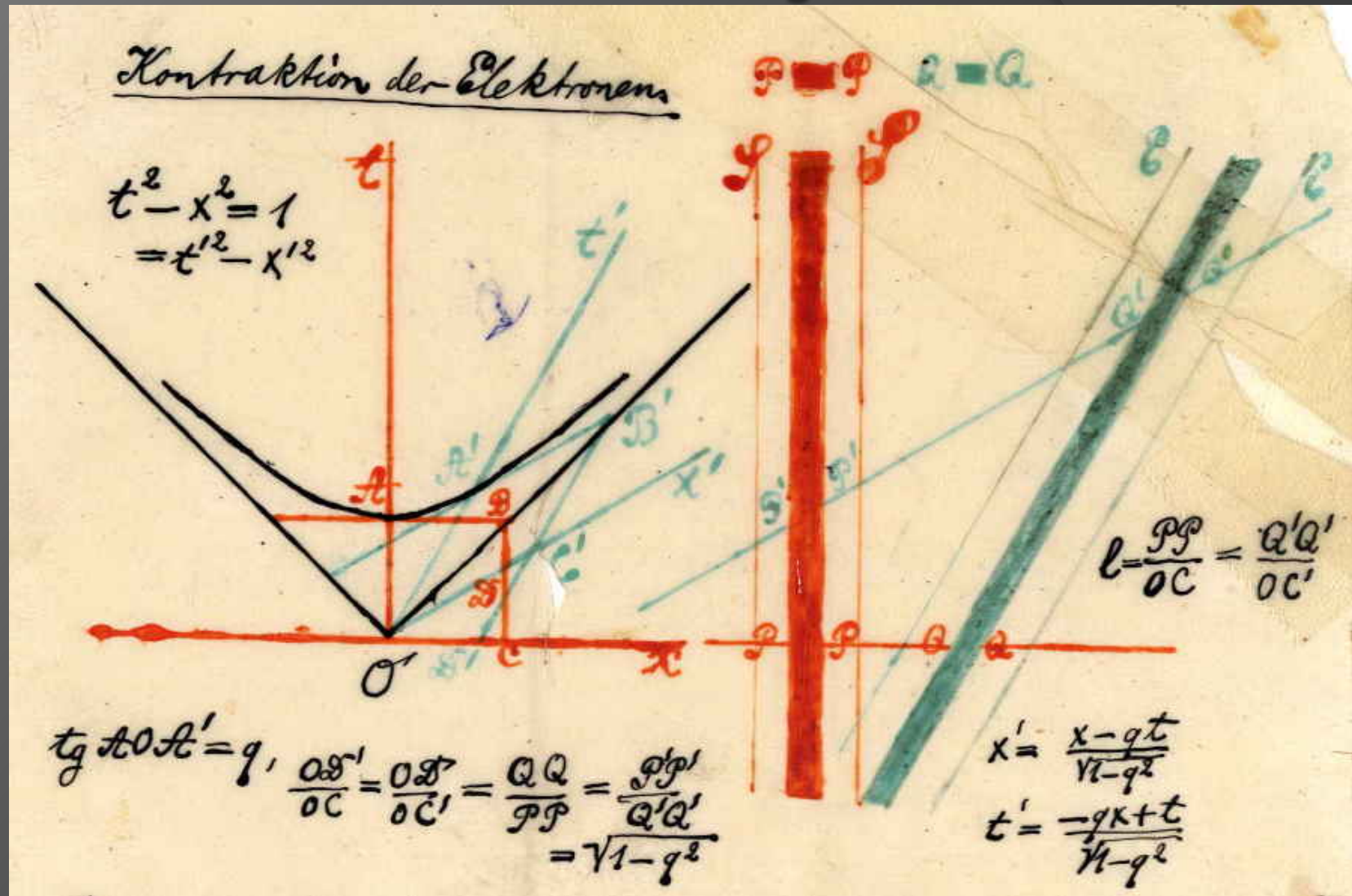


ESPAÇOS ABSTRATOS



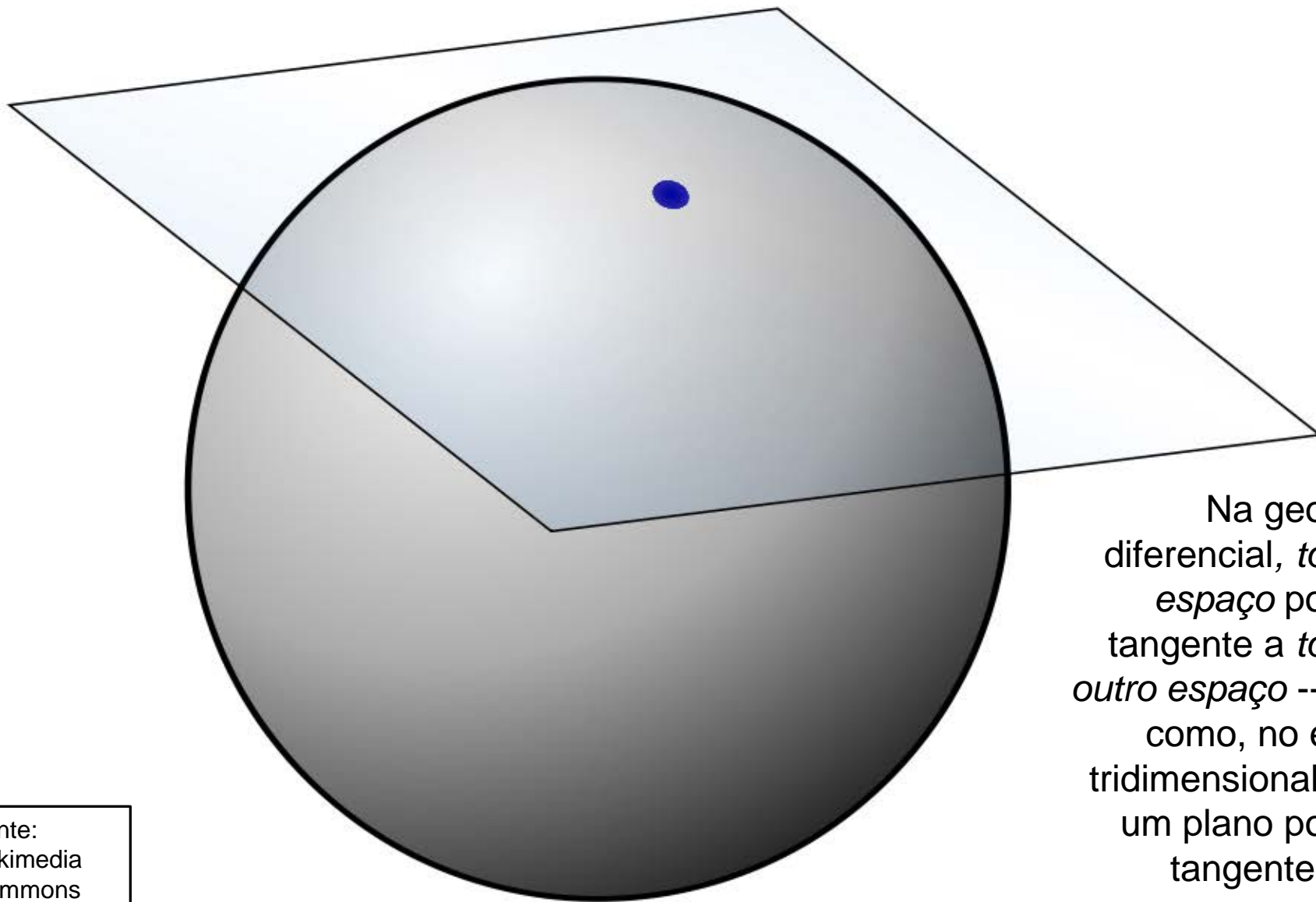
Fonte:
Wikimedia
Commons

ESPAÇOS ABSTRATOS



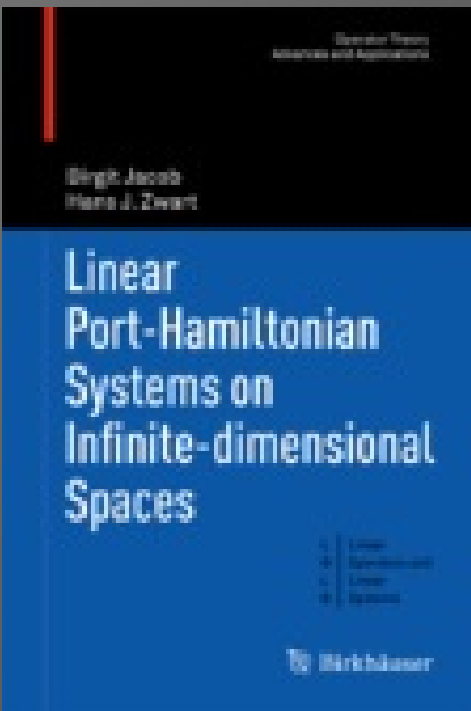
“From this hour on, space by itself and time by itself are to sink fully into the shadows and only a kind of union of the two should yet preserve autonomy.” -- Hermann Minkowski, 1909.

ESPAÇOS ABSTRATOS



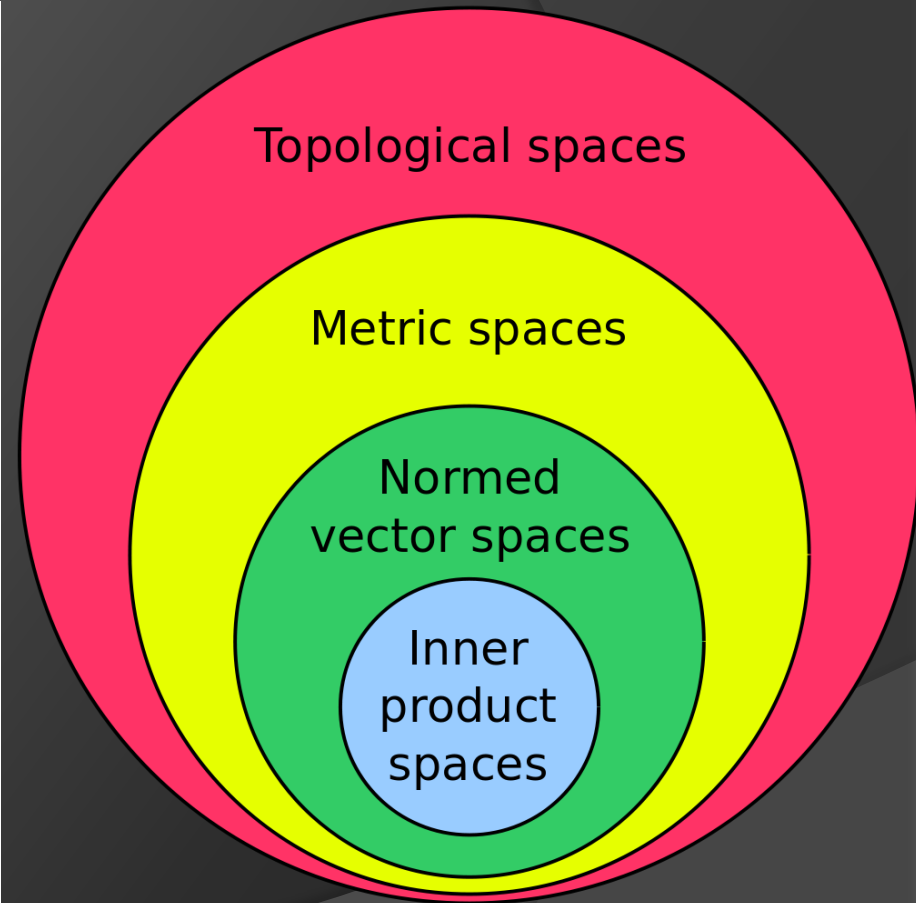
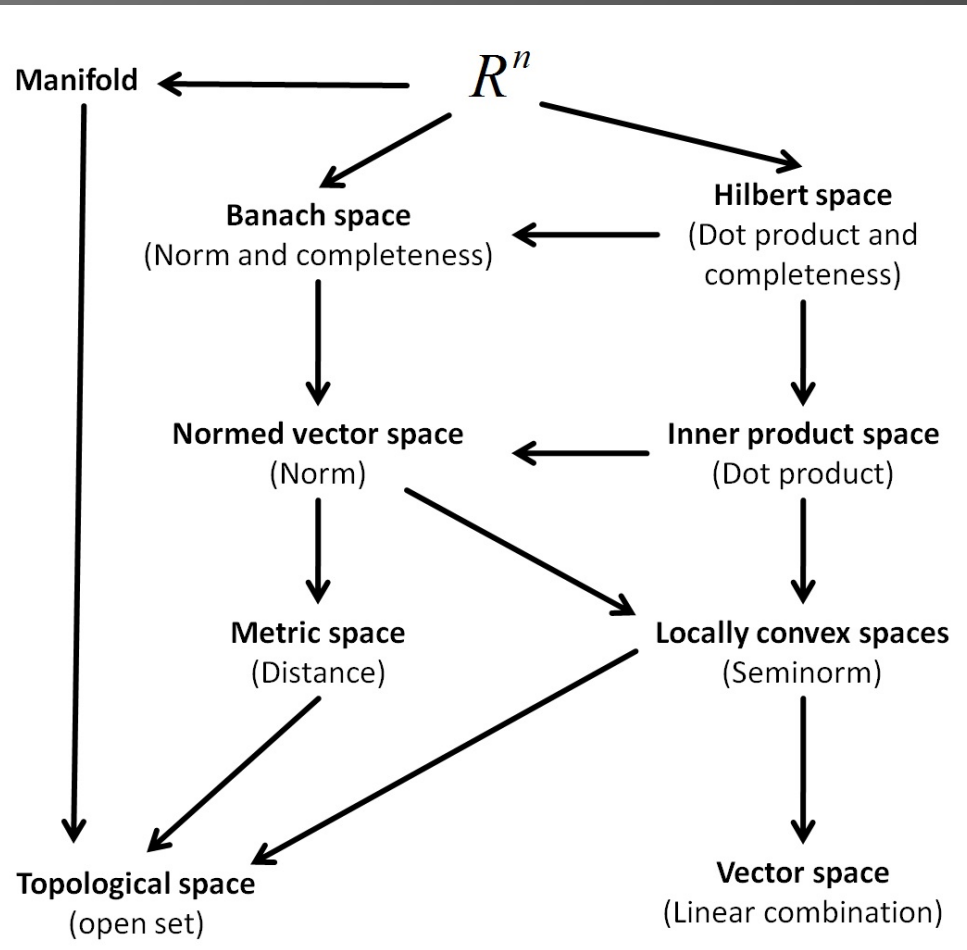
Na geometria diferencial, *todo um espaço* pode ser tangente a *todo um outro espaço* -- assim como, no espaço tridimensional usual, um plano pode ser tangente a uma esfera.

ESPAÇOS ABSTRATOS



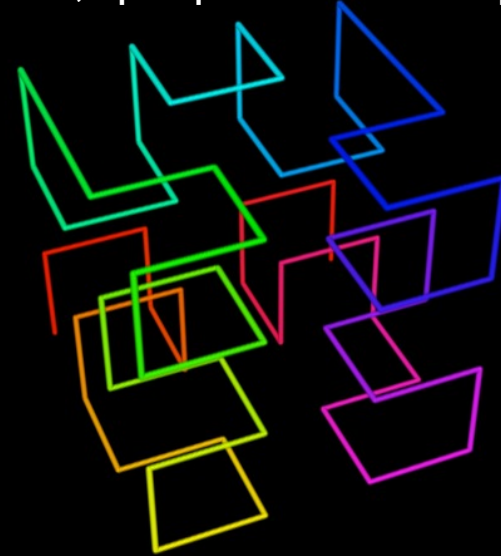
Espaços com *número infinito* de dimensões!

ESPAÇOS ABSTRATOS

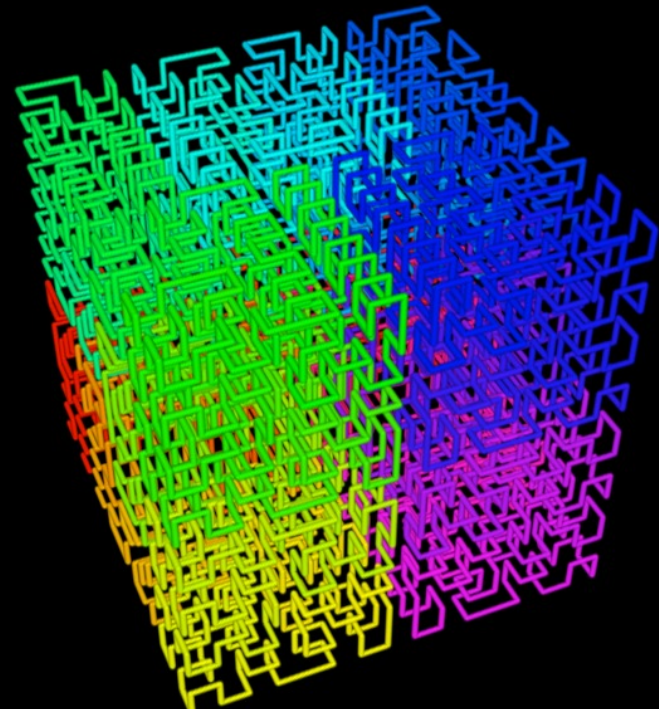
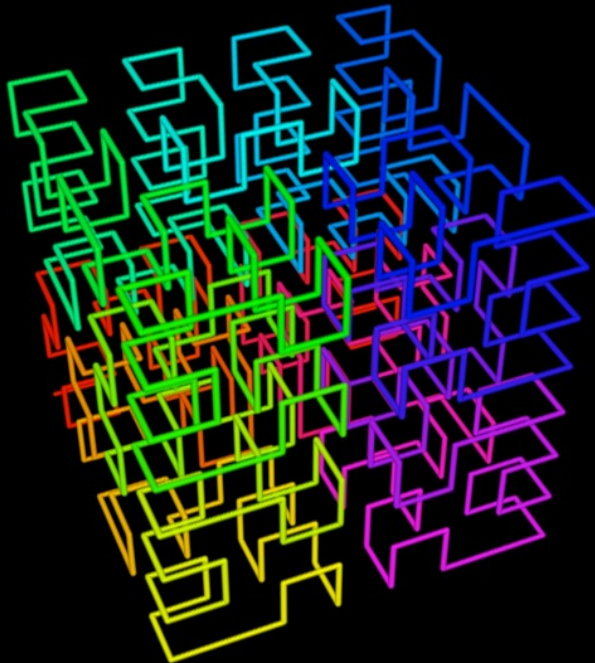


O zoológico de espaços da matemática contemporânea.

Quatro estágios na construção da curva de Hilbert, que preenche o espaço



Fonte: Jean-François Colonna,
CMAP, École Polytechnique,
http://www.lactamme.polytechnique.fr/descripteurs/Galerie_NumberTheory.FV.html



HISTÓRIA CONCEITUAL DA CIÊNCIA

Essas transformações conceituais profundas nos permitem apreciar vários aspectos:

Temos um *tema* – o espaço...

...que se manifesta sob a forma de diferentes *conceitos* (aliás muito diferentes entre si)...

...os quais, por sua vez, existem no contexto de determinadas *teorias*...

...formuladas com o objetivo de solucionar certos *problemas* (suscitados por fatores diversos, intra-científicos e extra-científicos)...

...que se sucedem (as teorias e os problemas) ao longo do *tempo histórico*...

HISTÓRIA CONCEITUAL DA CIÊNCIA

...e que podem estar (teorias e problemas) imbricados dentro de estruturas ainda maiores (paradigmas, programas de pesquisa, tradições, de pesquisa, matrizes disciplinares -- *macroteorias*, enfim...

...sujeitas a uma *dinâmica* complexa, mas que se pode investigar, e pode apresentar certos padrões...

...e que – supõe-se – apresenta certas características como *racionalidade* (que pode ter um componente contingente e um invariante) e algum sentido (talvez bastante acidentado) de *progresso*...

...mas podem apresentar *rupturas*, *descontinuidades*, *não-cumulatividades* e *não-linearidades*.

HISTÓRIA CONCEITUAL DA CIÊNCIA

Assim como a ciência procura, em certo sentido, *interpretar* a realidade (conferindo-lhe inteligibilidade), também a história da ciência procura *interpretar* a própria ciência em seu desenvolvimento temporal, buscando uma inteligibilidade.

A postulação dos temas, das macroteorias, a periodização histórica, a reconstrução das teorias, a modelagem da dinâmica do conhecimento, a identificação das normas de racionalidade operantes – tudo isso decorre de *atos interpretativos* do filósofo e do historiador, num estudo metacientífico.

ALGUNS REFERENCIAIS PARA UMA HISTÓRIA CONCEITUAL DA CIÊNCIA

- Alexandre Koyré – História teórica interna
- Paulo Abrantes – Imagens de natureza, imagens de ciência
- Gerald Holton – *Themata* no pensamento científico
- Larry Laudan – Modelo simbiótico e não-hierárquico
- Bernard Cohen – Historiografia das revoluções científicas

ENDEREÇOS

- <http://filosofiadacienciausp.wordpress.com>
- <http://sites.google.com/site/filosofiadacienciausp/>