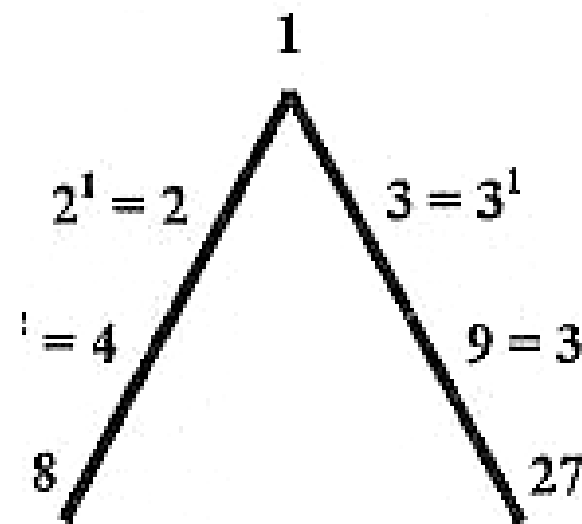
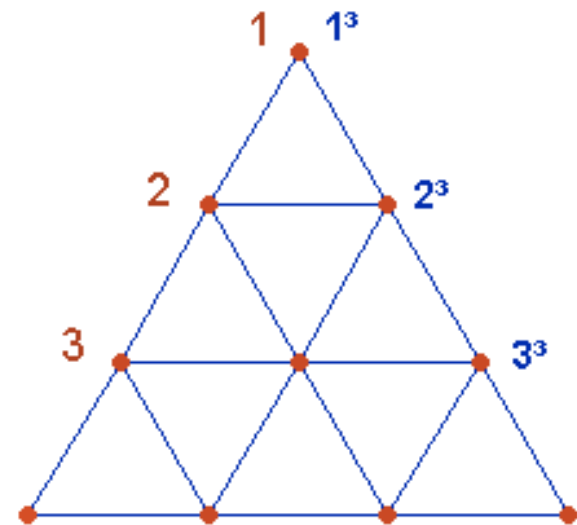
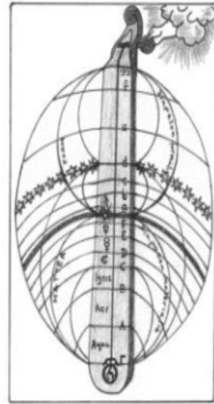


Από τον Πυθαγόρα στην Τεχνητή Νοημοσύνη: Μαθηματικά Μοντέλα στη Σύγχρονη Μουσική Θεωρία, Δημιουργία και Εκπαίδευση

- Καθηγήτρια Αναστασία Γεωργάκη
- Πρόεδρος, Τμήματος Μουσικών Σπουδών ΕΚΠΑ
- Διευθύντρια του Εργαστηρίου Μουσικής Ακουστικής και Τεχνολογίας
- Τμήμα Μουσικών Σπουδών, ΕΚΠΑ



[illegible]

Divine Harmony. Music of the Spheres
After Robert Fludd 1617

<https://www.youtube.com/watch?v=ttgLyWFNJI>

<https://www.youtube.com/watch?v=sPFU41Jf17Q>

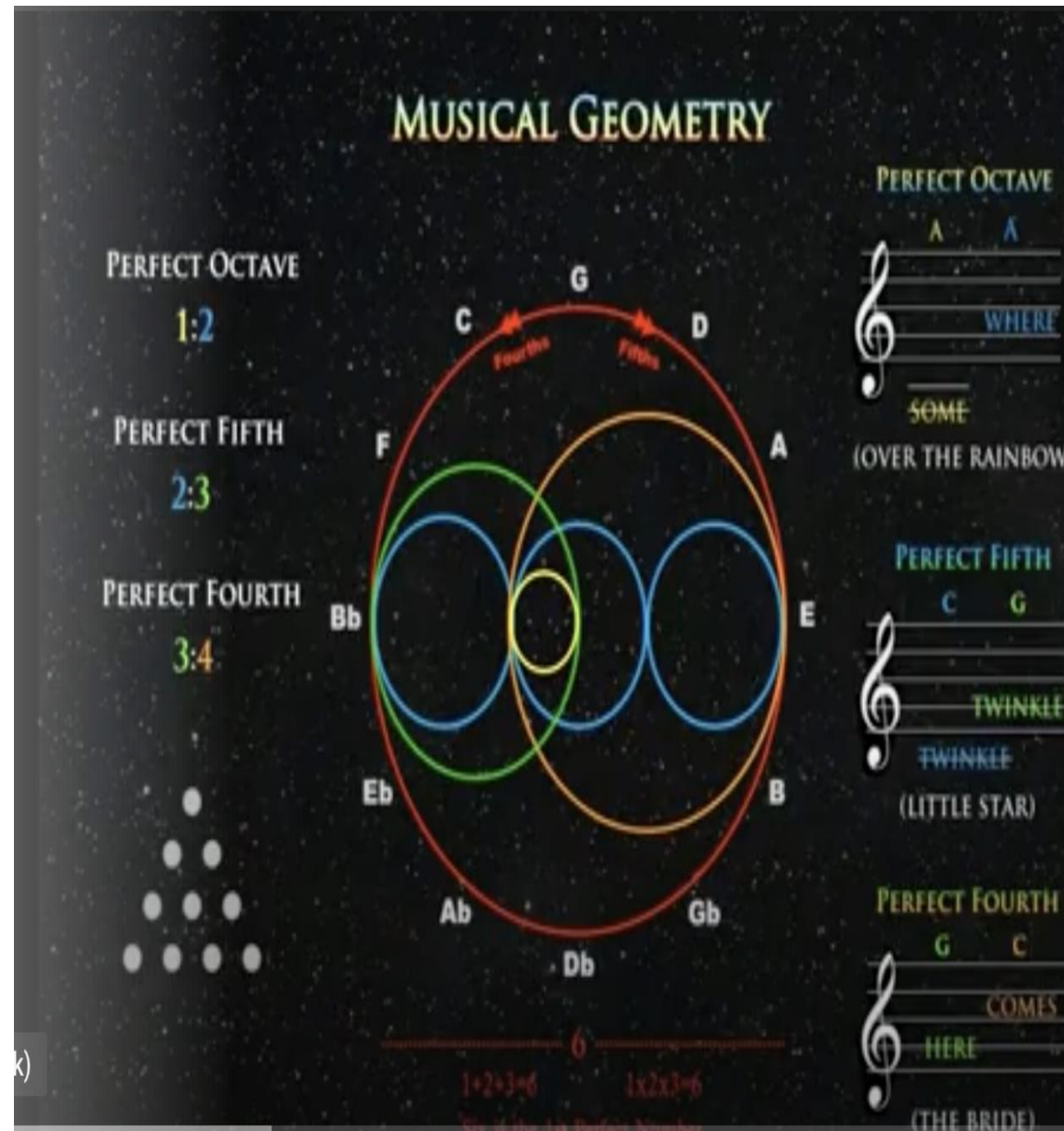


(source)

Guthrie K.S.. *The pythagorean Sourcebook and Library: An anthology of Ancient Writings which relate to Pythagoras and Pythagorean Philosophy* (Phanes Press, 1987)

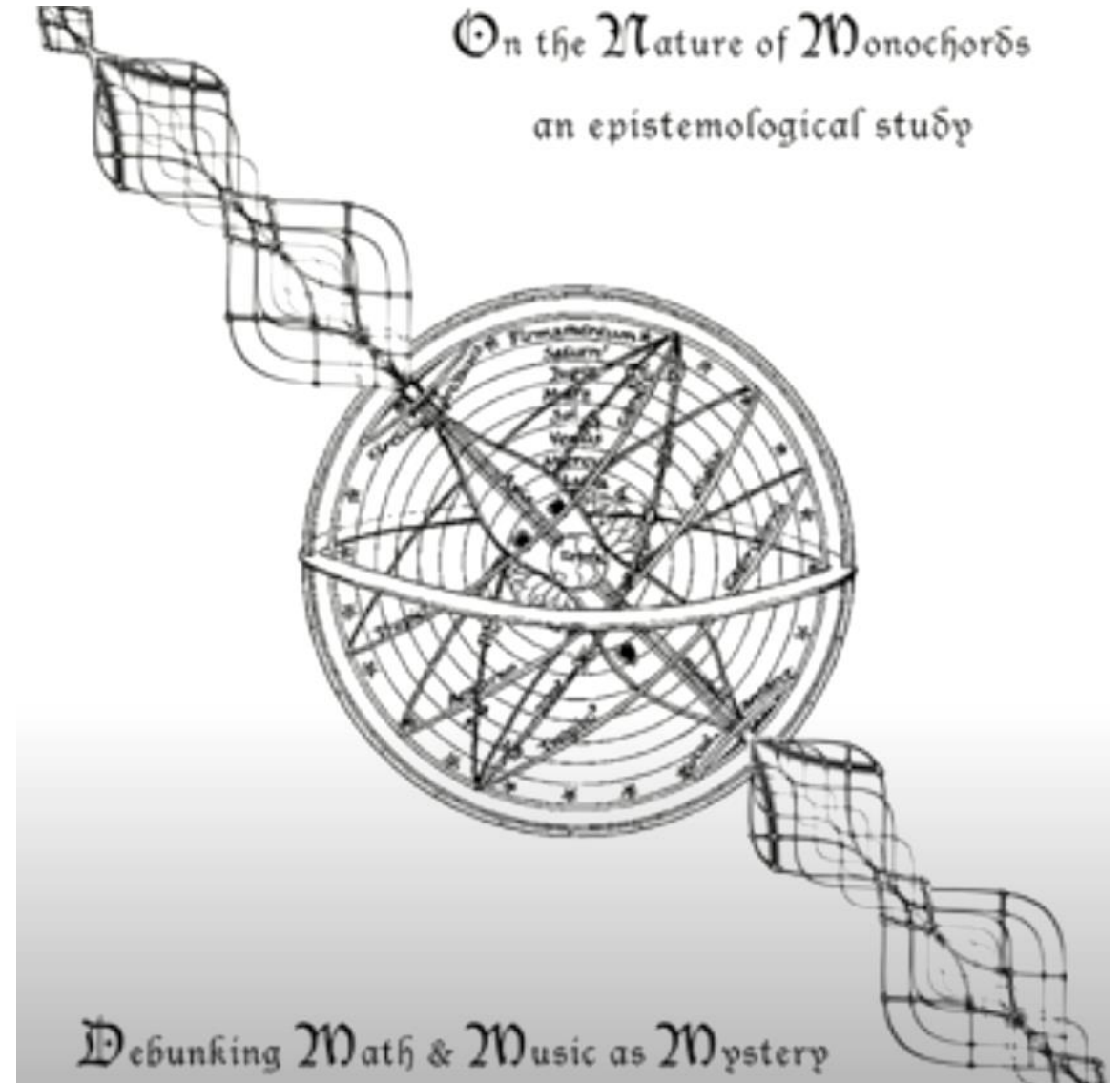
Σύνοψη

- 1. Από τον Πυθαγόρα στην Τεχνητή Νοημοσύνη (μια ιστορική αναδρομή)
- 2. Μαθηματικά μοντέλα στην σύγχρονη μουσική Δημιουργία και Ερμηνεία
- 3. Μουσική και Μαθηματικά στην εκπαίδευση



Από τον Πυθαγόρα στην Τεχνητή Νοημοσύνη

1. Πυθαγόρειοι και οι απαρχές των μουσικών μαθηματικών
(6ος αιώνας π.Χ.)
 - Η Αρμονική Σειρά:
 - Μαθηματικά των διαστημάτων
 - Τελεστές
2. Ο Μεσαίωνας έως την Αναγέννηση (9ος - 16ος αιώνας)
 - Μεσαιωνική μουσική θεωρία
 - Αναγέννηση και αρμονική εξέλιξη
3. Η περίοδος Μπαρόκ και πέρα από αυτήν (17ος - 18ος αιώνας)
 - Φούγκα και αντίστιξη: Μουσικές μορφές ως αλγόριθμοι
4. 19ος και αρχές 20ού αιώνα: Η άνοδος της Μαθηματικής
Θεωρίας της Μουσικής Θεωρία συνόλων και θεωρία ομάδων (Schoenberg...)
 - Fractal γεωμετρία στη μουσική (Ligeti....)
 - Πιθανότητες στη μουσική (Ξενάκης)
5. Μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη στη μουσική
(21ος αιώνας) Μηχανική μάθηση στη μουσική σύνθεση
 - Νευρωνικά δίκτυα για μίμηση ύφους:
 - Music Analysis with Machine Learning
 - (Ανάλυση μουσικής με μηχανική μάθηση):
 - Συστήματα μουσικών αναπαραστάσεων



1. Η Πυθαγόρεια Βάση της Μουσικής

1. Η συσχέτιση της Ακουστικής με τα Μαθηματικά (Μονόχορδο)-Μουσική Ακουστική και Ακουσματική Μουσική

2. Η μαθηματική δόμηση της μουσικής θεωρίας (Τετρακτύς)-Αλγοριθμική μουσική και παραγωγή μουσικής με νευρωνικά δίκτυα (Η Τετρακτύς ως τελεστής)

<https://www.youtube.com/watch?v=UTpENLf19uA>

3. Η αντίληψη της Συμφωνίας και διαφωνίας (Πλατωνικό Λάμδα)- Ψυχοακουστική

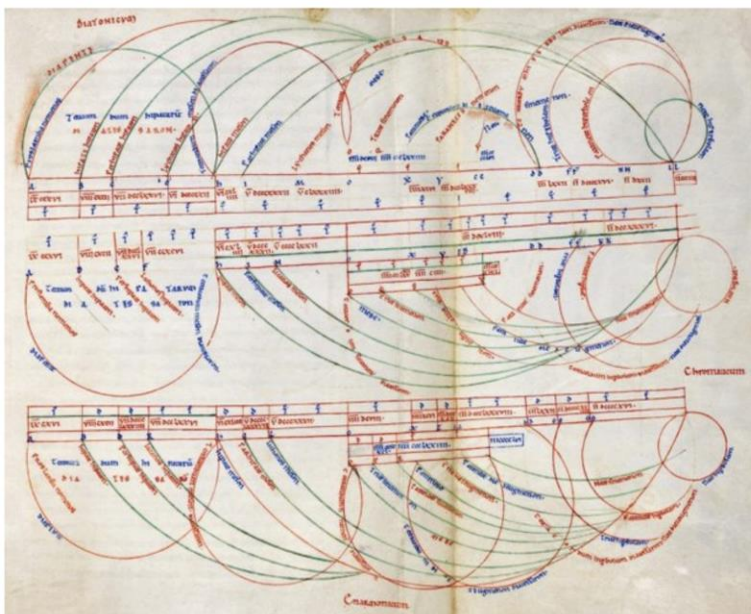
4. Η επίδραση της Μουσικής στον άνθρωπο ανάλογα με την κλίμακα/ήθος (Μουσική Ψυχολογία και ΜουσικοΘεραπεία)

-

5. Η διασύνδεση της μουσικής με τον Κοσμικό Σύμπαν (Μουσική των Σφαιρών) – Ηχομεταφορά/ηχοποίηση ((Informative music)¹

A whole
tone of
ratio 9:8
naturally
emerges.



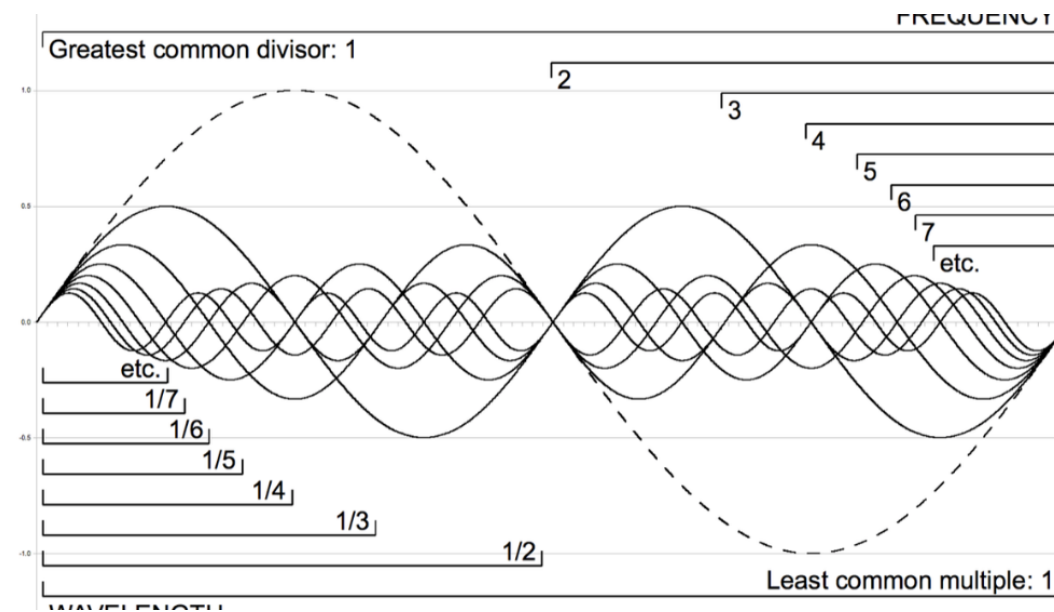


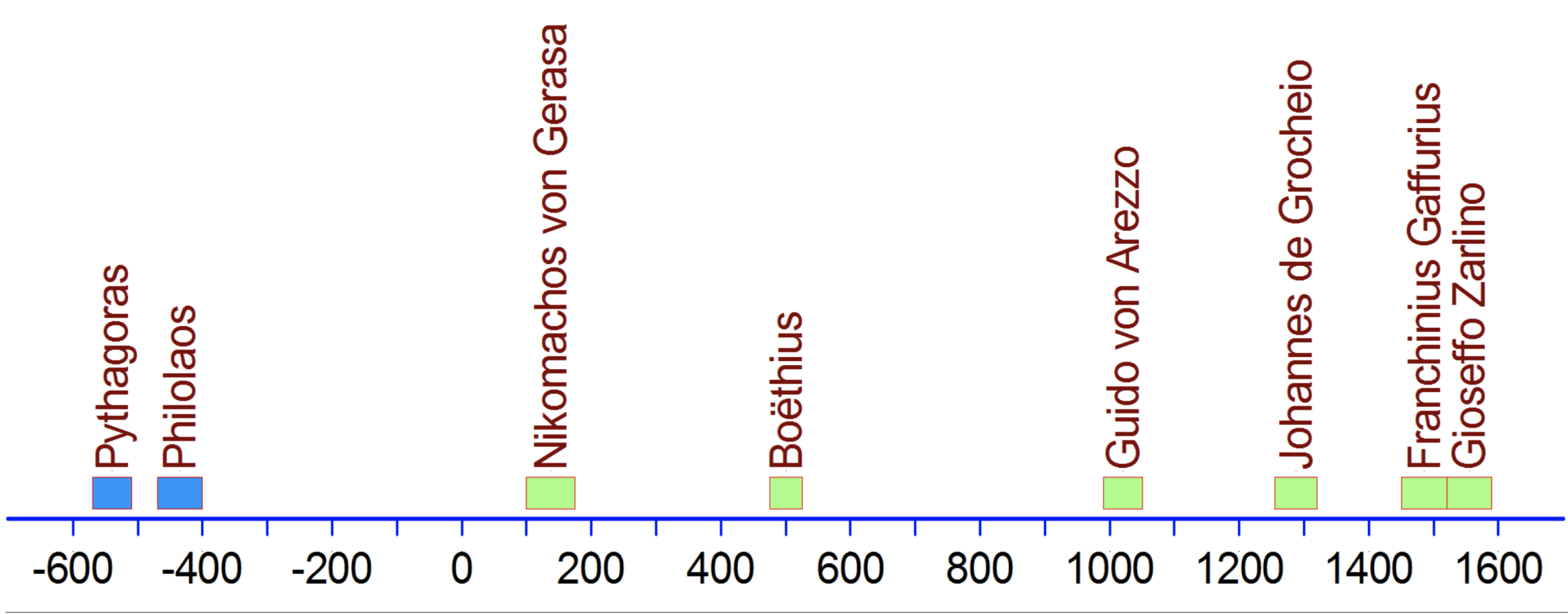
Figure

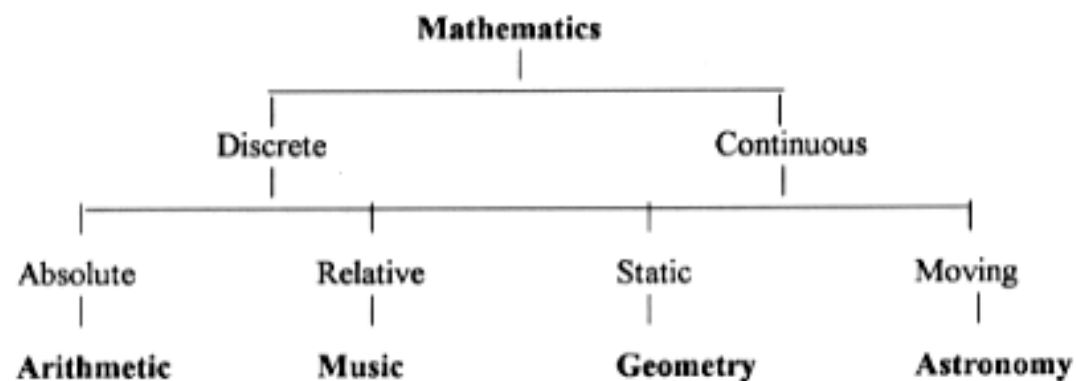
Caption

Fig. 5. Musical arc diagrams for from Boethius's *De institutione arithmetice* (Slg. 296, fol. 96r, St. Gallen, Kani Vadianische Sammlung).

This figure was uploaded by f
Marchese
Content may be subject to copyrig







THE SEVEN LIBERAL ARTS

Trivium
"the expression
of intellect"

Grammar	---	Moon
<i>language</i>		
Logic	---	Mercury
<i>logic</i>		
Rhetoric	---	Venus
<i>speech as art</i>		

Quadrivium
"intellect"

Arithmetic	---	Sun
<i>number</i>		
Music	---	Mars
<i>time (harmony)</i>		
Geometry	---	Jupiter
<i>space (proportion)</i>		
Astronomy	---	Saturn
<i>motion (rhythm)</i>		

Μαθηματική δόμηση της Φούγκας

<https://www.youtube.com/watch?v=ddebxi3-U04>

126

J.S. Bach
E Major Fugue
Well-Tempered Clavier Book 2

FUGA IX.

EXPOSITION

a 4.

Subject

Answer 1

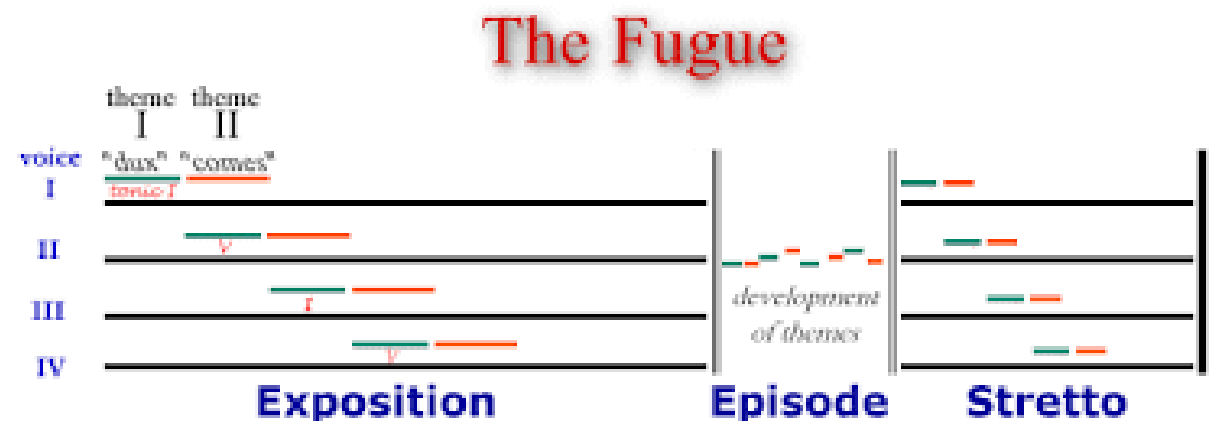
Answer 2

Subject

TONIC:

codetta

DOMINANT:



Πυθαγόρειοι τελεστές στην Μουσική Πληροφορική

Νευρωνικά δίκτυα και μηχανική μάθηση :το παράδειγμα του Bach

(MuseNEt, OpenAI)

<https://www.youtube.com/watch?v=Y48xGobW90o> έργου

Απάντηση στον αυτοσχεδιασμό από τον υπολογιστή με νευρωνικά δίκτυα

<https://www.youtube.com/watch?v=OhXf-1QpqEI>

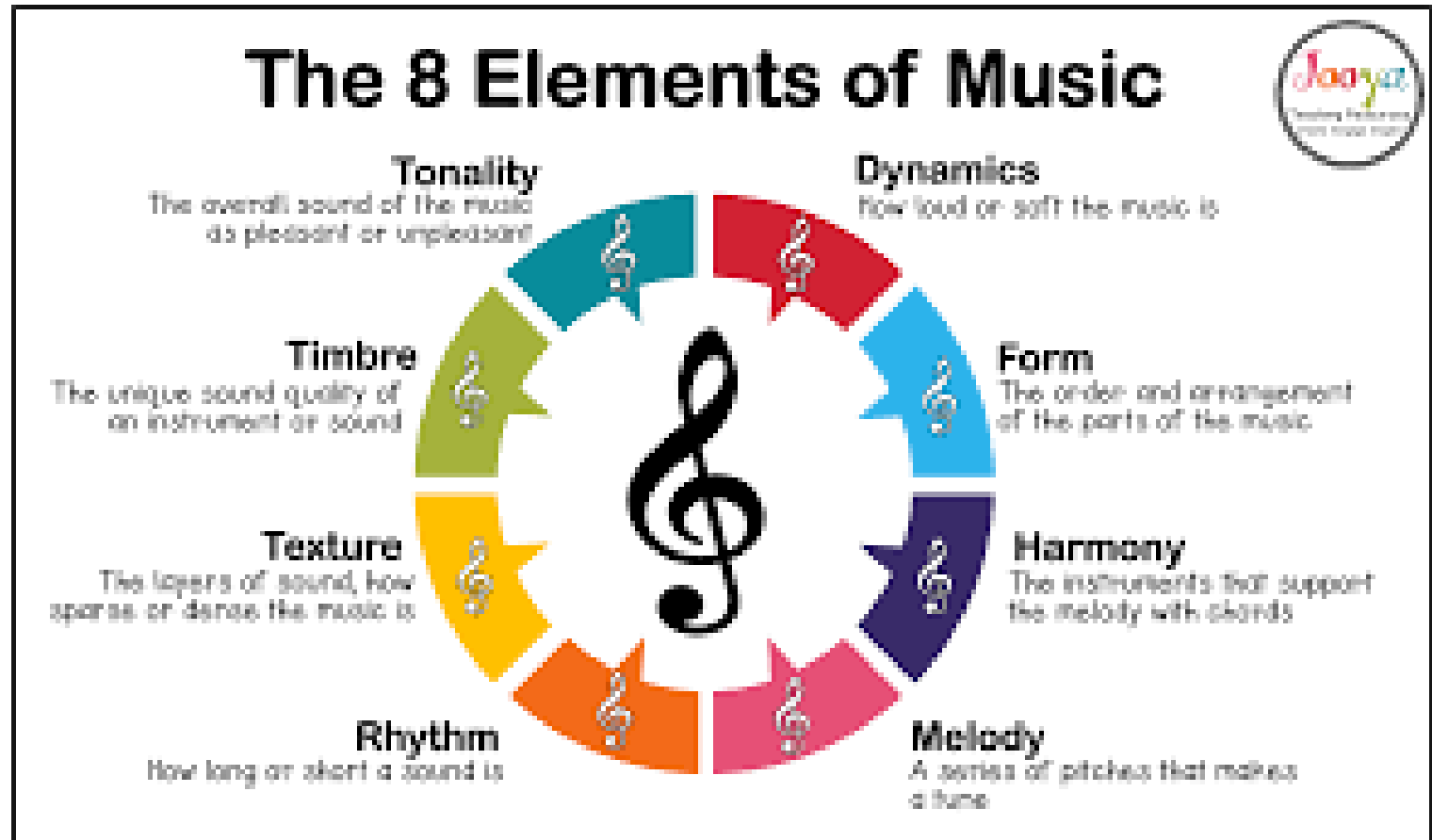
Αυτόματη εναρμόνιση

<https://www.youtube.com/watch?v=QiBM7-5hA6o>

Αυτόματη σύνθεση

<https://www.youtube.com/watch?v=1X4RwFw0hOY>

Τα
Μαθηματικά
της
Μουσικής
εκτέλεσης



Μαθηματικά μοντέλα στη σύγχρονη μουσική δημιουργία και επιστήμη

1 Μουσική Ακουστική και Ψυχοακουστική

- Μαθηματικά στην Μουσικής Ακουστική και Ψυχοακουστική
- Κουρδίσματα (Pythagorean, Aristoxenian, kt..) και Πειραματικά κουρδίσματα (microtonal divisions, well-temperament, algorithmic derivation of scales Harry Partch, Alois Haba, ...)
- Διαφωνία/Συμφωνία

2. Μουσική Θεωρία και Μαθηματικά

- Ρυθμός και Χρονικές ενδείξεις /Τονικό ύψος και συχνότητα/Μουσικές κλίμακες και κουρδίσματα/Αρμονία και συγχορδίες/Μουσική φόρμα

Συνδυαστική/Πιθανότητες/Στοχαστικά μοντέλα/Fractals

2.Αλγοριθμική και Ακουσματική σύνθεση

- Η αισθητική βάση της αλγοριθμικής σύνθεση (Ξενάκης, κ.α.)
- Ακουσματική σύνθεση

3.Η φιλοσοφική και Αισθητική βάση των Αριθμών στην Μουσική

- Η εξελικτική πορεία των μαθηματικών σαν βάση της Μουσικής : από το Πλάτωνα έως τον Deleuze
- Η ανθρωπιστική βάση των μαθηματικών στην Ιστορία της Μουσικής.
- Πυθαγόρεια Κοσμική Αρμονία (Πτολεμαίος-Αριστόξενος)
- Αναλογίες για τις εικαστικές τέχνες και στην Αρχιτεκτονική.
- Μαθηματική δομή της Μουσικής σημειογραφίαςMusic and mathematical notation

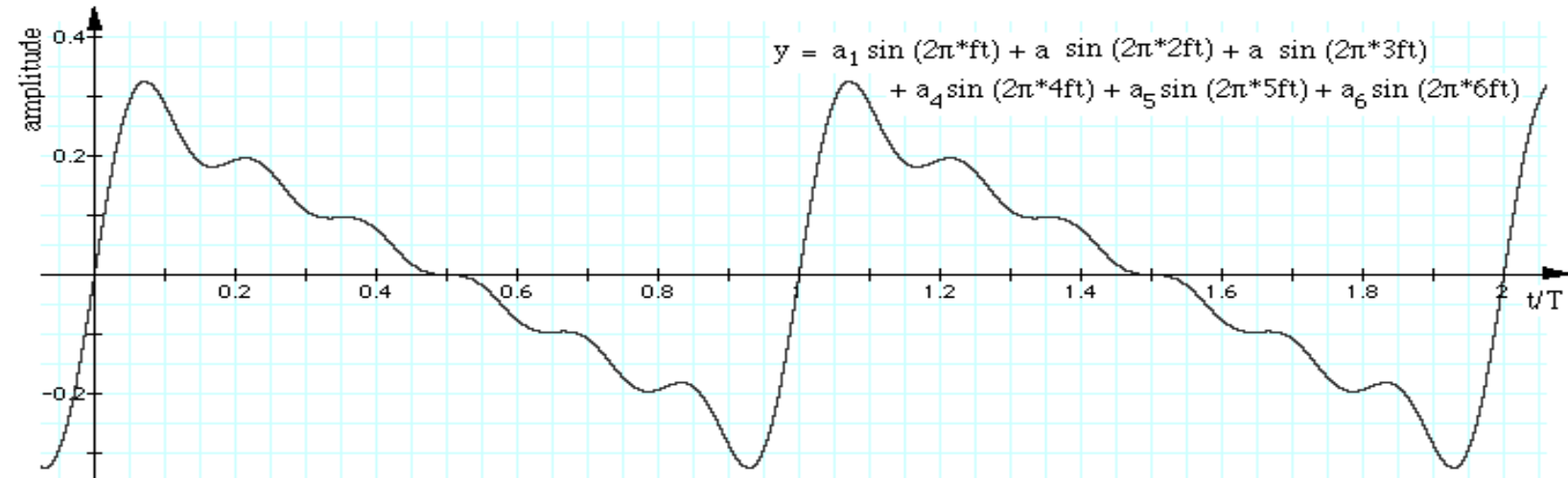
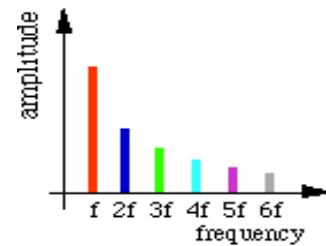
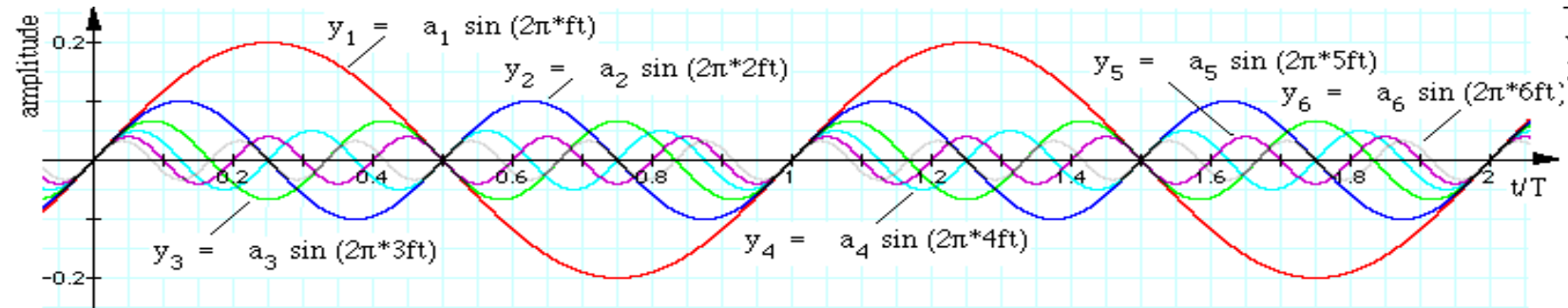
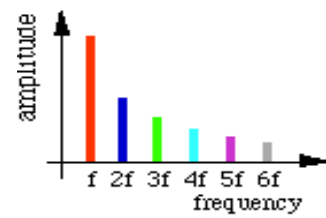
4.Μουσική , Τεχνολογία και κουλτούρα

Τεχνητή Νοημοσύνη και υπολογιστική μουσικολογία (η μαθηματική βάση του μουσικού στυλ)

- Επίδραση της τεχνολογίας στην Μουσική (φαρμάκι και φάρμακο)
- Η επίδραση της τεχνολογίας στον πολιτισμό

Η δόμηση του ήχου-Η Αρμονική σειρά
<https://www.youtube.com/watch?v=1yaqUI4b974&t=73s>

<https://www.youtube.com/shorts/Wf0mZ42Kf7w>

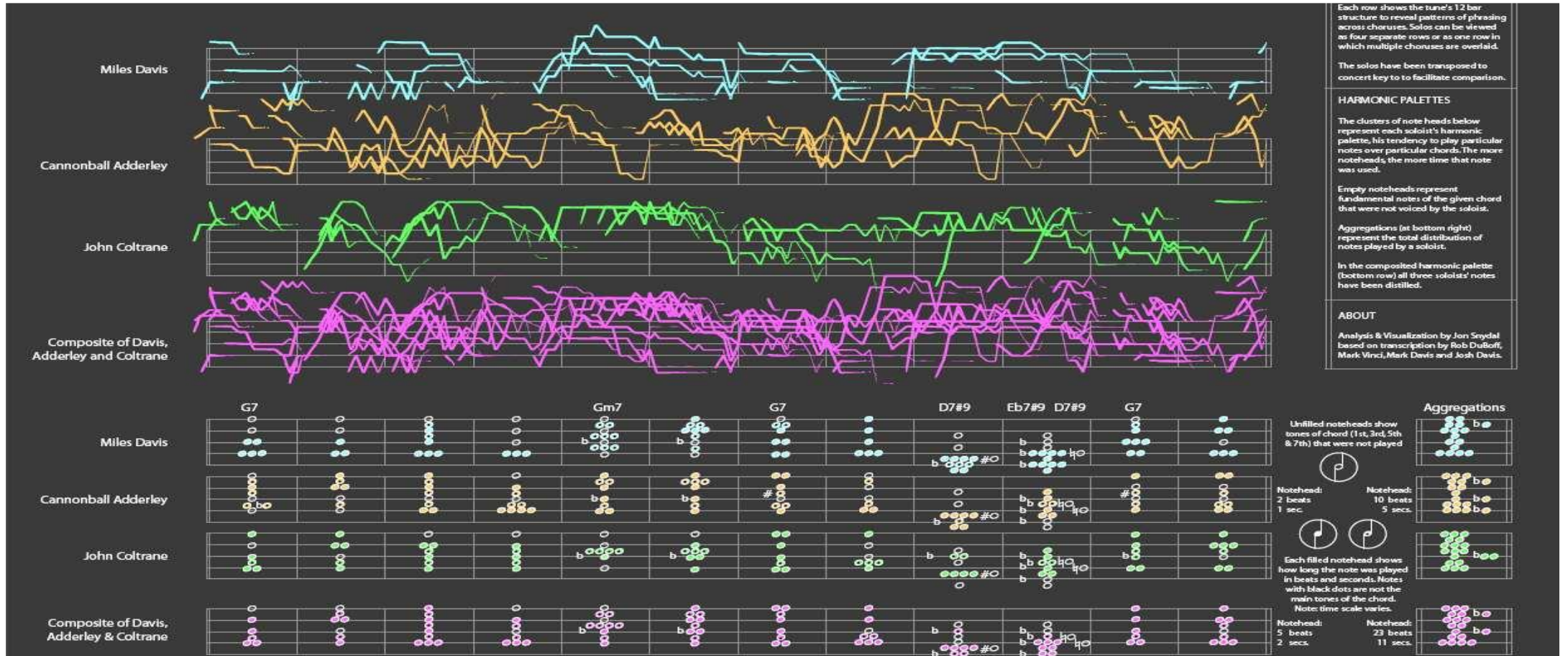


Arc Diagrams

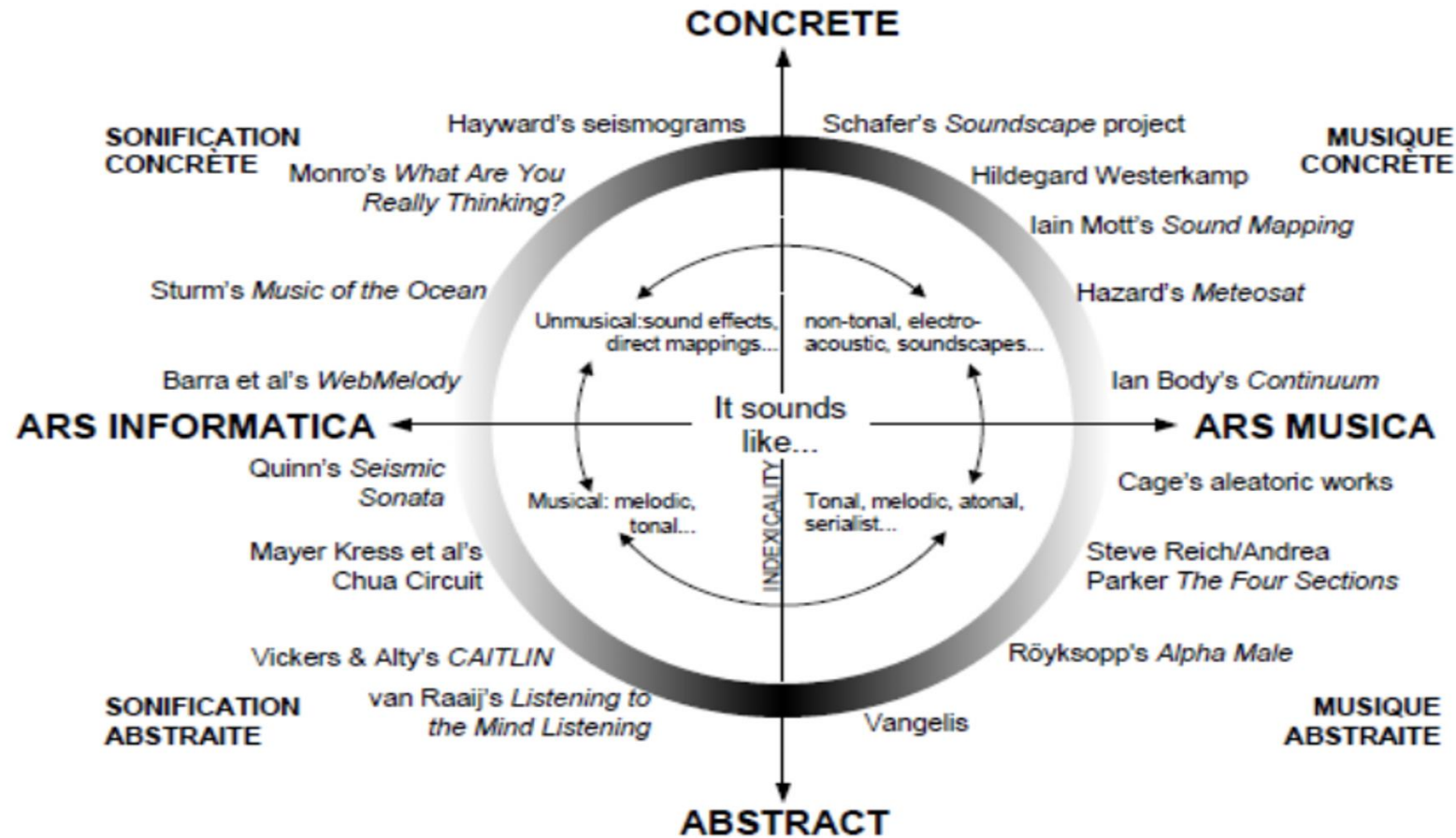


Figure 2.1: Arc Diagrams: (a) Three repeated substrings `1234567` connected by two arcs. The width of the arc is proportional to the length of the repeated subsequence while the radius is proportional to the distance between the matching pair. (b) An example illustrating *Für Elise*.

Visual jazz improvisations



Ars informatica



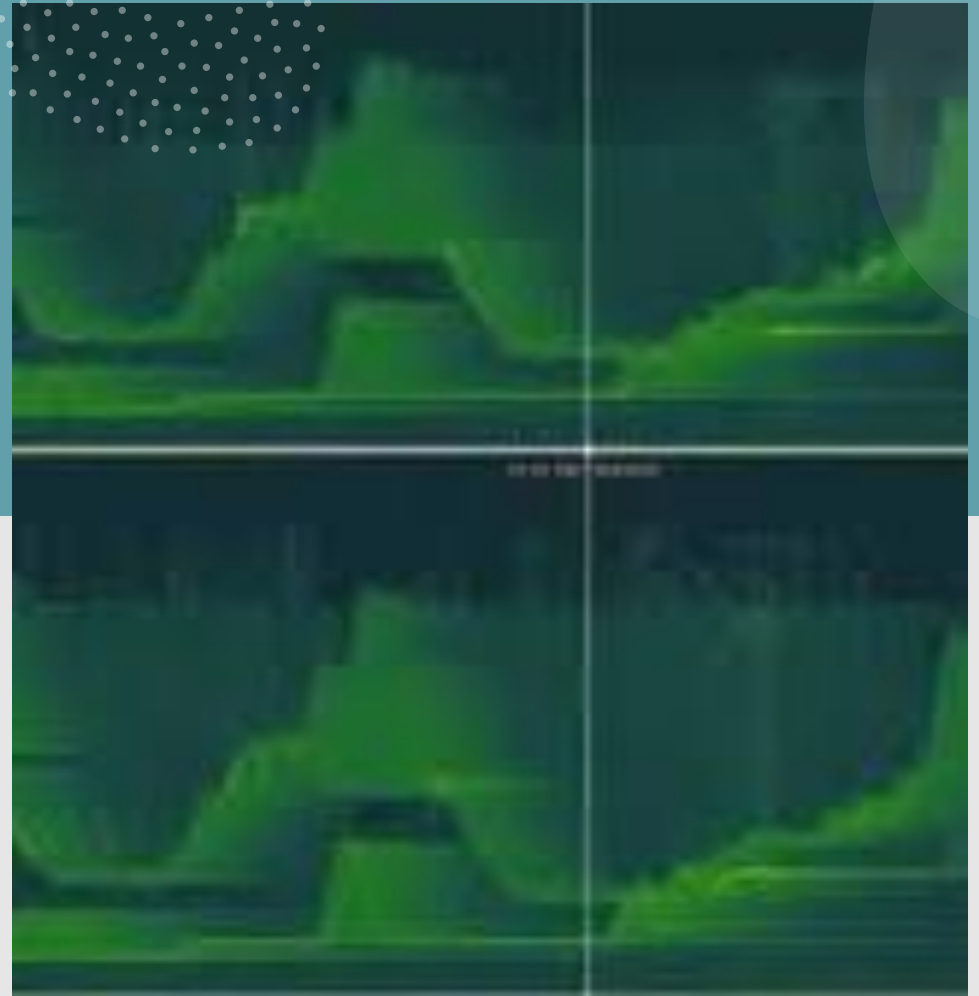
Εικ. 1.2 Ars Infomatica – Ars Musica (Vickers και Hogg, 2006)

Ακουσματική Μουσική

Elementa , J.C.Risset

Aqua, 1998

<https://www.youtube.com/watch?v=BAiFY8RVvYU&t=88s>



Sonification Techniques and Strategies

Frequency, Distance ratios,
Motion, Power, size, Mass,
Numerical values, Density,
Brightness(Image), Intensity

Pitch/Pitch
Range

Techniques

- Audification
- Parameter Mapping

Loudness

Intensity, Density, Size,
Amplitude, Absolute
Magnitude(Mv), Distance

Size, Duration, Density,
wavelength, Color(image),
brightness(image)

Timbre/
Instruments

Space

Location, Spatial Coordinates

Timescales, Periods

Duration

Αλγοριθμική σύνθεση (μέσω ηχομεταφοράς)

NASA makes black hole sound waves from the centre of the Perseus galaxy audible for first time

- <https://www.youtube.com/watch?v=FMifNQ7MFMU>



Christina Georgiou, Fiori Metallinou, Areti Andreopoulou, Tilemachos Mousaw, Anastasia Georgaki

SOLAR WINDS

- Sonification of Magnetic Storms in Algorithmic Music



3. Μαθηματικά Μοντέλα στην Μουσική Παιδαγωγική

European Projects

- **Imuscica**
- **Dore.Mat.**
- **1. Rhythm and Time Signatures**
- **Pedagogical Application:** Teachers can help students understand the structure of rhythms by introducing concepts like fractions, division, and multiples. For example, a 4/4 time signature can be broken down into four quarter notes or two half notes, helping students visualize and internalize rhythmic patterns through mathematical concepts.
- **2. Intervals and Scales**
- **Pedagogical Application:** Teachers often use visual aids and exercises that emphasize the ratio relationships between notes. Understanding these ratios can help students grasp the concept of harmony and tuning. The study of scales, particularly the chromatic scale (12 notes in an octave), can also be framed in terms of modular arithmetic, helping students recognize patterns.
- **3. Harmony and Chord Structures**
- **Pedagogical Application:** In teaching harmony, music educators can emphasize the relationship between intervals and their numerical representations. Understanding the mathematics of intervals (like the difference between major and minor thirds) can help students not only play but also understand how to build chords and progressions.

Sound based Mathematics in music

- **4. Acoustics and Sound Waves**
- **Pedagogical Application:** Introducing concepts of frequency, pitch, and waveforms can enrich students' understanding of sound production and music theory. Teachers can incorporate technology or tools that visualize sound waves, helping students see the connection between theory and the actual vibrations they hear.
- **5. Musical Form and Symmetry**
- **Pedagogical Application:** Teachers can show students how composers use symmetry and patterns in their music. By recognizing these structures, students develop an appreciation for the larger organization of musical works and can approach composition with a deeper understanding of form.
- **6. Patterns and Sequences**
- **Pedagogical Application:** Music educators can incorporate mathematical sequences into their teaching to demonstrate how patterns in rhythm, melody, and harmony are grounded in mathematical ideas. This helps students recognize that music, like mathematics, is about recognizing, creating, and manipulating patterns.

Technology based mathematics in music

- **7. Technology and Digital Music**
- **Pedagogical Application:** Teachers can introduce students to software that analyzes music, such as digital audio workstations (DAWs) or tools that allow for manipulation of sound frequencies, helping students to explore the relationship between mathematics and sound in real-time.
- **8. Musical Analysis and Graph Theory**
- **Pedagogical Application:** Teachers can guide students through the process of using graph theory to analyze musical forms, providing a mathematical lens through which to view music's structure and interconnections.
- <https://www.wolframalpha.com/examples/society-and-culture/arts-and-media/music>

- <https://www.youtube.com/watch?v=SZazYFchLRI>