



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η αρμονία των σφαιρών σύμφωνα με την Πυθαγόρεια
θεώρηση: Μοντελοποίηση στο περιβάλλον Super Collider**

**The Pythagorean Harmony of the Spheres: Modeling
through Super Collider**

Μάρια Χ. Κατσίπη

Επιβλέπουσα: **Αναστασία Γεωργάκη, Καθηγήτρια (Πρόεδρος)**

ΑΘΗΝΑ

Μάρτιος 2022

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η αρμονία των σφαιρών σύμφωνα με την Πυθαγόρεια θεώρηση: Μοντελοποίηση
στο περιβάλλον Super Collider

The Pythagorean Harmony of the Spheres: Modeling through Super Collider

Μάρια Χ. Κατσίπη

A.M.: 1569201700020

Τριμελής Επιτροπή:

Αναστασία Γεωργάκη, Καθηγήτρια (Πρόεδρος)
Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Αρετή Ανδρεοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια

Σημείωμα της συγγραφέως

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί πτυχιακή εργασία η οποία συντάχθηκε για το Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και υποβλήθηκε προς εξέταση τον Μάρτιο του 2022. Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Οι απόψεις που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία εκφράζουν αποκλειστικά τη συγγραφέα και όχι την επιβλέπουσα Καθηγήτρια.

*“Οι ουράνιες κινήσεις δεν είναι τίποτα άλλο
από ένα συνεχόμενο τραγούδι για πολλές φωνές,
που συλλαμβάνεται όχι από το αυτί
αλλά από το πνεύμα,
μία μορφοποιημένη μουσική που αφήνει τα χνάρια της
στην ασταμάτητη ροή του χρόνου”*

Johannes Kepler

(Rodgers & Ruff, 1979)

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κ. Αναστασία Γεωργάκη, που με βοήθησε και με καθοδήγησε, καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης, την κ. Αρετή Ανδρεοπούλου, για τις συμβουλές της και τη βοήθειά της, στη διόρθωση της δομής του Abstract της εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1: Θεωρίες περί της Πυθαγόρειας αρμονίας των σφαιρών.....	10
1.1 Οι Πυθαγόρειες θεωρίες στην Αρχαιότητα και το Μεσαίωνα.....	12
1.1.1 Αρχαιότητα.....	12
1.1.2 Μεσαίωνα.....	21
1.2 Η αρμονία των σφαιρών στην Αναγέννηση και το Μπαρόκ.....	26
1.2.1 Αναγέννηση.....	26
1.2.2 Μπαρόκ.....	29
1.3 Από τον Κλασικισμό ως τον 20ο αιώνα.....	40
1.3.1 Κλασικισμός.....	40
1.3.2 20ος αιώνας.....	43
Κεφάλαιο 2: Η θεώρηση της αρμονίας των σφαιρών στη σύγχρονη μουσική.....	47
2.1 Η επιστημονική θεώρηση της NASA.....	49
2.2 Τεχνικές ηχοποίησης με εφαρμογές στην αλγοριθμική σύνθεση.....	57
Κεφάλαιο 3: Μοντελοποίηση των Πυθαγόρειων θεωρήσεων της αρμονίας των σφαιρών σε περιβάλλον Super Collider.....	70
3.1 Διαδικασία.....	71
3.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων.....	80
Επίλογος.....	83
Βιβλιογραφία.....	85
Διαδικτυακές Πηγές.....	87
Παράρτημα.....	89

Περίληψη

Η θεωρία της Πυθαγόρειας αρμονίας των σφαιρών, απασχολεί την ανθρωπότητα από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα και συνδέει άμεσα δύο τομείς: τον τομέα της μουσικής, με τον τομέα της αστρονομίας. Το βασικότερο ερώτημα της θεωρίας, είναι αν μπορούν οι κινήσεις των πλανητών να παράξουν ήχο και ταυτόχρονα, να δημιουργήσουν μουσική μέσω των κινήσεών τους. Η πρώτη αναφορά στην Πυθαγόρεια θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, τοποθετείται στην αρχαία Ελλάδα, την εποχή του Πυθαγόρα, από τον οποίο γίνεται και η παρατήρηση πως “τα πάντα είναι αριθμός.”

Στη συγκεκριμένη εργασία, στο πρώτο κεφάλαιο, θα γίνει μία ιστορική αναδρομή, μέσα στην οποία θα αναφερθούν οι κυριότερες θεωρίες για την αρμονία των σφαιρών -κατά το Πυθαγόρειο μοντέλο- σε διάφορες εποχές, από την αρχαιότητα μέχρι και τη σύγχρονη εποχή. Θα αναφερθούν, επίσης, διάφοροι καλλιτέχνες που έχουν ασχοληθεί με τη θεματική αυτή και τα μουσικά έργα που έχουν συνθέσει πάνω στη θεωρία, έτσι ώστε να ακούσουμε τους ήχους του διαστήματος μέσα από τη δική τους οπτική.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, θα γίνει μία επισκόπηση της δικής μας εποχής, όπου υπάρχει μία διαφορετική προσέγγιση της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών. Από τον Πυθαγόρα και τον Κέπλερ, προχωράμε την έρευνα στις ανακαλύψεις της NASA και στα πραγματικά ηχητικά δεδομένα που έχουμε συλλέξει από το διάστημα. Στο κεφάλαιο αυτό, θα μας απασχολήσει επίσης η χρήση των sonification στην αστρονομία (ηχοποιήσεις αστρονομικών δεδομένων), οι νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών και η σύνδεση των επιστημών με τις τέχνες.

Τέλος, στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, θα γίνει μία αναλυτική παρουσίαση της μοντελοποίησης των διάφορων θεωρήσεων της αρμονίας των σφαιρών, ανά εποχή, στο περιβάλλον της εφαρμογής Super Collider. Οι θεωρήσεις αυτές, θα έχουν παρουσιαστεί αναλυτικότερα στα προηγούμενα κεφάλαια. Οι μοντελοποιήσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο.

Λέξεις κλειδιά: αρμονία των σφαιρών, μουσική, αστρονομία, Πυθαγόρας, Κέπλερ, NASA, sonification, Super Collider

Abstract

Since ancient times, every known civilization was interested in understanding the universe. Without access to the technology we have now, the only tool they had and could use, was the observation of the solar system. As a result, lots of theories started to exist about the outer space. The theory discussed in this paper, is known as “The harmony of the spheres”. It is a philosophical approach to the planetary motions that combines two fields: those of astronomy and music. In this paper, you can find an introduction in the theories about the music of the spheres from around the world, different people and different eras. The main question of this theory is if the planetary motion could create music.

In the first chapter, there will be a presentation of the theories about “The harmony of the spheres” from the ancient times, the medieval period, the Renaissance, the Baroque, the classic period and the 20th Century and a presentation about the people who were engaged with this specific theory.

In the second chapter, there will be an overview of the discoveries that we now have in the astronomical field. Also, a presentation about the real sound data from the outer space, the data about the characteristics of the planets, that NASA provides to us and how we use these data for music synthesis. We will analyze the term “sonification” and discuss the use of sonification for astronomical research.

In the third chapter, you can find a demonstration from some of the theories that were analyzed in the first chapter, with the use of the Super Collider software. These theories, will be modeled in the Super Collider software and the procedure will be presented in this chapter.

Key Words: Harmony of the Spheres, music, astronomy, NASA, sonification, Super Collider

Εισαγωγή

Από την αρχαιότητα, υπήρχε η θεωρία πως ο άνθρωπος συνδέεται με το σύμπαν. Για την εξακρίβωση αυτής της θεωρίας, οι αρχαίοι πολιτισμοί μελετούσαν το σύμπαν, τους πλανήτες και τις κινήσεις των πλανητών καθημερινά για να ανακαλύψουν τη λειτουργία του και τη σύνδεση μεταξύ σύμπαντος και ανθρώπου. Οι περισσότεροι αρχαίοι πολιτισμοί, ανέλυσαν τη λειτουργία του διαστήματος μέσα από την καθημερινή μελέτη αυτού.

Παρατηρώντας τη φύση, ανακαλύπτουμε την ύπαρξη δονήσεων παντού γύρω μας. Το μικρότερο σωματίδιο που υπάρχει στη φύση, αλλά μέχρι και οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος, δονούνται. Ο συνδετικός κρίκος που ενώνει τον άνθρωπο με το σύμπαν, είναι οι δονήσεις.

Οι δονήσεις έχουν μία θεραπευτική ιδιότητα προς τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, μέσω των δονήσεων που δημιουργούνται από τους ήχους, ο άνθρωπος μπορεί να θεραπευτεί από ασθένειες που βασανίζουν το σώμα του, αλλά και ασθένειες που βασανίζουν το μυαλό του. (Franklin & Carey, 2005). Για αυτό το λόγο, θεωρείται πως η χρήση της μουσικής, μπορεί να βοηθήσει την ψυχική κατάσταση ενός ανθρώπου.

Η μελέτη των δονήσεων της φύσης, κατάφερε να συνδέσει τις θετικές επιστήμες με τις τέχνες, ειδικότερα με την τέχνη της μουσικής, αφού χωρίς τις δονήσεις δεν θα υπήρχε ήχος. Πολλοί αρχαίοι πολιτισμοί, θεωρούσαν πως με την καλύτερη κατανόηση των ουρανών (δηλαδή του σύμπαντος), θα έρθει και η καλύτερη κατανόηση του εαυτού μας. Στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, οι πλανήτες δημιουργούν μουσική μέσω των κινήσεών τους. Οι δονήσεις του σύμπαντος, θεωρούνταν τέλειες από την αρχαιότητα, για αυτό και η μουσική των σφαιρών, όπως θα δείτε και παρακάτω, θεωρείται πως μπορεί να προκαλέσει σε όποιον την ακούσει, μία αίσθηση γαλήνης και ηρεμίας.

Έχοντας γοητευτεί με το γεγονός πως οι δονήσεις βρίσκονται παντού στη φύση, από την καρδιά του κάθε ανθρώπου μέχρι και τους πλανήτες, στην παρούσα εργασία μελετάται η ιδέα της αρμονίας των σφαιρών, της μουσική δηλαδή που δημιουργείται από τις δονήσεις του σύμπαντος. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη συγγραφή της εργασίας, είναι βιβλιογραφική.

Στο πρώτο κεφάλαιο, μελετάται μέσα από μία μουσικολογική ματιά, η εξέλιξη της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών από την Αρχαιότητα, με τις θεωρίες του Πυθαγόρα και του Πλάτωνα, μέχρι και τη σημερινή εποχή. Παρουσιάζεται το πώς η

αρμονία των σφαιρών μεταφράστηκε, παραφράστηκε και εφαρμόστηκε ανά τους αιώνες, από διάφορους επιστήμονες. Θα αναλυθούν ειδικότερα οι απόψεις διάφορων φιλοσόφων και καλλιτεχνών, ανά εποχές, πάνω στη συγκεκριμένη θεωρία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται τα δεδομένα που έχουμε σήμερα πάνω στον τομέα της αστρονομίας και η εξέλιξη της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών στη σημερινή εποχή. Τα σημερινά δεδομένα για τα χαρακτηριστικά των πλανητών, μας έχουν οδηγήσει σε μία προσέγγιση της αρμονίας των σφαιρών πιο κοντά στην πραγματικότητα. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των πλανητών τα οποία μετέφρασαν οι θεωρητικοί του τότε και του σήμερα σε ήχο;

Με την ένωση των τεχνών και της αστρονομίας, ο διαχωρισμός μεταξύ θετικών και ανθρωπιστικών σπουδών, παύει να υπάρχει. Στη σημερινή εποχή, πολλοί καλλιτέχνες δημιουργούν ενδιαφέρον ήχους, τους οποίους αντιστοιχούν με διάφορα χαρακτηριστικά των πλανητών, όπως για παράδειγμα το μέγεθος τους. Αυτές οι αντιστοιχίσεις ήχων σε διάφορες παραμέτρους, εκφράζονται με τον όρο ηχοποίηση (sonification).

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, μέσα από τις πληροφορίες που θα συλλεχθούν από τη συγκεκριμένη εργασία, θα παρουσιαστούν επτά μοντελοποιήσεις πάνω στο περιβάλλον του Super Collider, από επιλεγμένες θεωρίες, πάνω στην αρμονία των σφαιρών. Το τελικό αποτέλεσμα των μοντελοποιήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε και αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο. Έχει επίσης επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, μπορούμε να προσεγγίσουμε με έναν πιο πραγματιστικό τρόπο, την αρμονία των σφαιρών.

Κεφάλαιο 1

Θεωρίες περί της Πυθαγόρειας αρμονίας των σφαιρών

Θεωρίες περί της Πυθαγόρειας αρμονίας των σφαιρών

Η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, είναι μία φιλοσοφική προσέγγιση της λειτουργίας του σύμπαντος, μέσα από την ένωση της τέχνης της μουσικής, με δύο θετικές επιστήμες: την αστρονομία και τα μαθηματικά. Το σύμπαν είναι άπειρο και άγνωστο, γεγονός που κάνει την έμφυτη περιέργεια του ανθρώπου να αναζητά και να αναλογίζεται τι μπορεί να υπάρχει έξω από τον πλανήτη πάνω στον οποίο ζει. Δημιουργεί λοιπόν θεωρίες για τη λειτουργία του σύμπαντος, θεωρίες τις οποίες βασίζει πάνω στα δεδομένα που βλέπει, ακούει ή αισθάνεται γύρω του. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκε και η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, θα εξετάσουμε πώς, από που και από ποιους, μπορεί να ξεκίνησε η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, ξεκινώντας την ιστορική αναδρομή από την Αρχαιότητα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εξέλιξη της συγκεκριμένης θεωρίας κατά τη διάρκεια των εποχών που ακολούθησαν και οι άνθρωποι οι οποίοι καταπιάστηκαν με τη συγκεκριμένη θεωρία.

Αναλυτικότερα, αφού αναφερθούν οι θεωρήσεις πάνω στην αρμονία των σφαιρών στην Αρχαιότητα, θα συνεχίσουμε με τις εξελίξεις πάνω στη θεωρία, κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Θα αναφερθούν οι διαφορές που υπήρξαν πάνω στη θεωρία, αλλά και στον τρόπο σκέψης των ανθρώπων, εκείνη την εποχή. Συνεχίζουμε με την εποχή της Αναγέννησης και του Μπαρόκ, όπου υπάρχει μία γενικότερη ανάπτυξη στις τέχνες και στις επιστήμες και όπου ο άνθρωπος είναι πιο μορφωμένος, από ότι στις προηγούμενες εποχές. Τέλος, προχωράμε στην εποχή του Κλασικισμού, όπου αναφέρονται διάφοροι καλλιτέχνες, οι οποίοι απασχολήθηκαν με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών και καταλήγουμε σε μία πιο πρόσφατη εποχή, τον 20ο αιώνα.

Η θεωρία που κυριαρχούσε στην Αρχαιότητα σχετικά με τη λειτουργία του κόσμου και ολόκληρου του σύμπαντος, είναι η θεωρία πως *“τα πάντα είναι αριθμός”*. Οτιδήποτε δηλαδή υπάρχει στη φύση, μπορεί να εξηγηθεί μέσα από τα μαθηματικά και τη χρήση των αριθμών. Η θεωρία αυτή, προέρχεται από τους Πυθαγόρειους, των οποίων οι θεωρίες πέρασαν στις επόμενες γενιές και πολλοί νέοι φιλόσοφοι τις ασπάζονται ακόμη και σήμερα. Από εκείνους φαίνεται να ξεκινά και η ύπαρξη της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών.

1.1 Οι Πυθαγόρειες θεωρίες στην Αρχαιότητα και το Μεσαίωνα

1.1.1 Αρχαιότητα

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στη σημερινή κοινωνία, μας έχει βοηθήσει σε όλους τους τομείς της ζωής μας. Στον τομέα της έρευνας και των επιστημών, η τεχνολογία αποτελεί το βασικότερο εργαλείο για την ανάλυση δεδομένων και χωρίς αυτήν, δεν θα είχαμε την πρόοδο που έχουμε μέχρι τώρα.

Στην Αρχαιότητα, η παρατήρηση και ο στοχασμός ήταν τα εργαλεία που οδηγούσαν τους επιστήμονες σε καινούριες ανακαλύψεις για τον κόσμο της επιστήμης. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληγαν, προερχόντουσαν μέσα από πολλές ώρες παρατήρησης του κόσμου στον οποίο ζούμε, δίχως τη χρήση εξελιγμένης τεχνολογίας. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε και η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών.

Θεωρείται, πως η πρώτη αναφορά στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, έγινε στην αρχαία Ελλάδα, την εποχή που ζούσε ο Πυθαγόρας, δηλαδή περίπου τον 6ο αιώνα π.Χ.¹ Ο Πυθαγόρας ήταν αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος, μαθηματικός και μουσικός θεωρητικός και φαίνεται να ήταν ο πρώτος που συνέδεσε τη μουσική με την αστρονομία. Σπούδασε στην Αίγυπτο, την Ινδία, τη Βαβυλώνα και την Ιταλία.

Τη ζωή, τις φιλοσοφίες και τις ιδέες του Πυθαγόρα, τις μαθαίνουμε από διάφορες γραπτές πηγές που άφησαν πίσω τους μεταγενέστεροι συγγραφείς. (Berghaus, 1992). Ο ίδιος, δεν έχει αφήσει πίσω του γραπτές πηγές. Οι περισσότεροι από τους συγγραφείς που ενδιαφέρθηκαν να διατηρήσουν και να μεταφέρουν τις ιδέες του Πυθαγόρα, ήταν άνθρωποι από τον κύκλο του, που ασπάζονταν τις απόψεις, αλλά και τον τρόπο ζωής του. Οι ακόλουθοι αυτοί, ονομάζονται “*Πυθαγόρειοι*”².

Για τον Πυθαγόρα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου, τα πάντα είναι αριθμός. Μετέφραζε τα πάντα σε αριθμητικές αναλογίες και οτιδήποτε

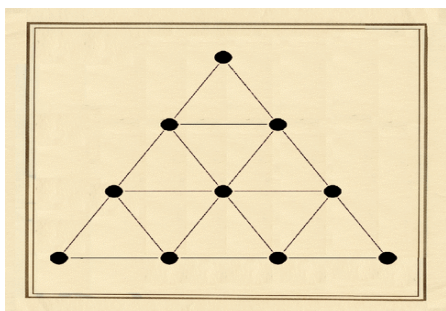
1. Οι περισσότερες πηγές, τοποθετούν τη γέννηση του Πυθαγόρα μεταξύ του 570 με 580 π.Χ. στη Σάμο (Cirillo, 2009), αλλά υπάρχουν πηγές που τοποθετούν τη γέννησή του, το 532 π.Χ. (Proust, 2009).

2. Για να ενταχθεί κάποιος στην ομάδα των Πυθαγόρειων, έπρεπε να πάρει όρκο σιωπής για 3 χρόνια. Ήταν μία ιδιαίτερη και μυστικοπαθής ομάδα. Βασικά χαρακτηριστικά τους, ήταν πως δεν φορούσαν μάλλινα, δεν έτρωγαν κρέας και απέφευγαν τα φασόλια. (Cirillo, 2009).

υπάρχει γύρω μας θεωρούσε πως μπορεί να εξηγηθεί με τη χρήση των αριθμών.³ Αυτός και οι ακόλουθοί του, είχαν αφοσιωθεί στη μελέτη της αριθμητικής, της γεωμετρίας, της μουσικής και της αστρονομίας. Θεωρούσαν πως ολόκληρη η αρμονία του σύμπαντος, μπορούσε να ανακαλυφθεί μόνο μέσα από αυτές τις τέσσερις επιστήμες.

Στην αρχαία Ελλάδα, η σύνδεση των τεσσάρων αυτών επιστημών (αριθμητική, γεωμετρία, μουσική και αστρονομία), ονομαζόταν τετρακτύς⁴. Η τετρακτύς, συμβολιζόταν με ένα τρίγωνο, δημιουργημένο με τελείες. (εικόνα 1.1). Συμβόλιζε επίσης την τελειότητα και την αρμονία, τη συμφιλίωση των αντιθέτων και την ισορροπία.

Η βάση όλων μέσα στη φύση για τον Πυθαγόρα και τους Πυθαγόρειους, είναι οι αριθμοί 1, 2, 3 και 4. Προσθέτοντας τους τέσσερις αυτούς αριθμούς, βγαίνει το αποτέλεσμα 10. Για τη δημιουργία του τριγώνου της εικόνας 1.1, χρησιμοποιούνται συνολικά 10 τελείες, ξεκινώντας από την κορυφή με μία τελεία και φτάνοντας στη βάση με τέσσερις. (Berghaus, 1992).



Εικόνα 1.1 *Τετρακτύς*. (Jossifresco, 2006).

Αυτοί οι τέσσερις αριθμοί, συμβολίζουν την τελειότητα, τον απόλυτο κόσμο, όπως ακριβώς και το γεωμετρικό σχήμα της τετρακτύς που βλέπετε στην παραπάνω εικόνα. Ο Ιάμβλιχος⁵, μας ενημερώνει, ότι ο Πυθαγόρας ήταν αυτός που ανακάλυψε τις βασικές μαθηματικές αναλογίες της αρχαίας Ελληνικής μουσικής. Ο Πυθαγόρας, χρησιμοποιεί αυτούς τους τέσσερις αριθμούς για να δημιουργήσει τις αναλογίες όλων

3. Οι Πυθαγόρειοι, θεωρούσαν τους αριθμούς ως τη θεμελιώδη βάση της πραγματικότητας. (Cirillo, 2009).

4. Οι ελληνικές σπουδές, περιλάμβαναν τα μαθηματικά, τη γεωμετρία, τη μουσική και την αστρονομία. Όλα αυτά είναι μέρος της τετρακτύς, ή στα λατινικά, quadrivium.

5. Νεοπλατωνικός φιλόσοφος, ο οποίος έγραψε τη βιογραφία του Πυθαγόρα. Αναφέρεται στην Πυθαγόρεια θεωρία της μουσικότητας του σύμπαντος και στο γεγονός πως η μουσική και ολόκληρο το σύμπαν, βασίζονται σε μαθηματικούς νόμους. (Franklin & Carey, 2005)

των καθαρών διαστημάτων, στη μουσική θεωρία (1:2 = 8η Κ, 2:3 = 5η Κ, 3:4 = 4η Κ). Με τους τέσσερις αυτούς αριθμούς, δημιουργείται η αρμονία στη μουσική.

Στην αρχαιότητα, αρμονία σημαίνει ισορροπία του κόσμου. Η μουσική για τους Πυθαγόρειους ήταν η υψηλότερη φιλοσοφία.⁶ (Gaizauskas, 1974). Για εκείνους, τα πάντα είναι αριθμός και η υψηλότερη φιλοσοφία, η μουσική, δημιουργείται μέσω των αριθμών. Η ανακάλυψη πως οι μουσικοί ήχοι μπορούν να ειπωθούν με μαθηματικές έννοιες, ένωσαν τις δύο αυτές τέχνες. Ο άνθρωπος δημιουργεί τη μουσική, οι αριθμοί θεωρούνται ιεροί.⁷ Η σύνδεση της μουσικής με τα μαθηματικά, είναι η ενοποίηση του θείου με τον άνθρωπο.

Από πηγές, γνωρίζουμε πως οι θεωρητικοί μουσικοί της αρχαίας Ελλάδας, χρησιμοποιούσαν τις αναλογίες των μεγεθών των χορδών, για να ποσοτικοποιήσουν τους τόνους κλιμάκων. Οι ίδιες αναλογίες που χρησιμοποιούνται στη μουσική για τα διαστήματα, χρησιμοποιούνται από τον Πυθαγόρα και για τον καθορισμό των νότων των πλανητών. (Proust, 2009). Οι νότες που αντιστοιχούν σε κάθε πλανήτη στην αρχαιότητα, ήταν οι εξής, σύμφωνα με τον Proust:

Πλανήτης	Κρόνος	Δίας	Άρης	Ήλιος	Ερμής	Αφροδίτη	Φεγγάρι
Νότα	B (σι)	C (ντο)	D (ρε)	E (μι)	F (φα)	G (σολ)	A (λα)

Πίνακας 1.1. Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής, στην Αρχαιότητα

Με αυτόν τον τρόπο συνδέεται η μουσική αρμονία, με την αρμονία των σφαιρών στην αρχαία Ελλάδα. Η σύνδεση των αριθμητικών αναλογιών με τη μουσική αρμονία, οδήγησαν τον Πυθαγόρα στην εξήγηση ολόκληρου του κόσμου μέσα από τα μαθηματικά. Έτσι δημιουργήθηκε και η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών.

Ο Πυθαγόρας θεωρούσε ακόμα, πως ο κόσμος μέσα στον οποίο ζούμε, είναι ένα γιγαντιαίο μουσικό όργανο της θεϊκής πραγματικότητας. Σύμφωνα με αυτόν, όλοι οι πλανήτες κινούνται γύρω από τη Γη με συγκεκριμένες ταχύτητες, σε συγκεκριμένες τροχιές και έχουν μεταξύ τους ίδιες αριθμητικές σχέσεις με τις κλίμακες της μουσικής.

6. Η μουσική στην αρχαία Ελλάδα, είναι η τέχνη των Μουσών (υβριδικά πλάσματα, μισές άγγελοι-μισές δαίμονες). Οι αρχαίοι Έλληνες, θεωρούν πως η μουσική αντικατοπτρίζει έναν κόσμο ο οποίος βρίσκεται σε σειρά, σε μία αρμονία.

7. Οι αρχαίοι θεωρούσαν τα μαθηματικά ως ιερά, ως τις πιο αγνές ιδέες.

(Proust, 2009). Μέσω αυτής της παρατήρησης, καταλήγει τελικά στο συμπέρασμα πως οι πλανήτες μπορούν να παράγουν ήχο.

Θεωρείται πως η ιδέα του Πυθαγόρα να μετατρέψει τα μουσικά διαστήματα σε αριθμητικές αναλογίες, προέκυψε καθώς περνούσε έξω από ένα σιδηρουργείο. Εκεί, παρατήρησε πως τα μεγέθη και το βάρος των σφυριών του σιδηρουργού, διέφεραν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορετικές συχνότητες κατά το χτύπημα τους. Μέσα από τον πειραματισμό του πάνω σε ένα μονόχορδο, κατάφερε να βρει τις ακριβείς μαθηματικές αναλογίες των διαστημάτων. Αυτές οι μαθηματικές αναλογίες είναι όλα τα καθαρά διαστήματα τα οποία αναφέρονται λίγο παραπάνω ($1:2 = 8\eta \text{ K}$, $2:3 = 5\eta \text{ K}$, $3:4 = 4\eta \text{ K}$) και τα οποία, όπως βλέπουμε, δημιουργούνται με τη χρήση των αριθμών 1, 2, 3 και 4.

Η θεωρία πως οι πλανήτες όσο κινούνται παράγουν συγκεκριμένους τόνους, προήλθε μέσα από την παρατήρηση του κόσμου γύρω μας. Ο ήχος που δημιουργούνταν από αντικείμενα τα οποία γυρνούσαν συνεχόμενα γύρω από μία χορδή, οδήγησε τους Πυθαγόρειους στη συγκεκριμένη θεωρία, ότι δηλαδή οι πλανήτες, οι οποίοι κινούνται συνεχώς με μία συγκεκριμένη πορεία, δημιουργούν μία αρμονία κατά τη διάρκεια της κίνησής τους. Ο λόγος που δεν ακούμε τον γλυκό αυτόν ήχο της κίνησης των αστεριών και των πλανητών, είναι -κατά τους Πυθαγόρειους- επειδή τα αυτιά μας τον έχουν συνηθίσει και τον αγνοούμε. Μπορούμε όμως να συνειδητοποιήσουμε την ύπαρξη της μουσικής του σύμπαντος, μέσα από τα μαθηματικά.⁸

Οτιδήποτε δίδασκε ο Πυθαγόρας, παρέμενε μέσα στην κοινωνία των Πυθαγόρειων. Παρόλα αυτά, οι φιλοσοφίες του Πυθαγόρα βρέθηκαν αργότερα στα γραπτά του Πλάτωνα, του Αριστοτέλη και πολλών Νεοπλατωνικών θεωρητικών μεταγενέστερα.

Εκτός από τα γραπτά που έχουν αφήσει πίσω τους οι Πυθαγόρειοι, σημαντικό πρόσωπο από το οποίο έχουμε γραπτές πηγές πάνω στην αριθμητική, τη γεωμετρία και τη μουσική, ήταν ο Αρχύτας ο Ταραντίνος, ο οποίος έζησε το 400 π.Χ.. Πριν τον Αρχύτα, γνωρίζουμε λίγα πράγματα για την ιστορία των τριών αυτών επιστημών. Αναφέρεται πρώτα στην αριθμητική, η οποία έχει την πιο άμεση σχέση με τους αριθμούς, έπειτα στη γεωμετρία και τέλος στη μουσική. Αυτές οι τρεις επιστήμες θεωρεί πως συνυπάρχουν και αλληλοεξαρτώνται. (Crocker, 1964). Ο Αρχύτας επηρέασε πολύ τον Πλάτωνα.

8. Οι Πυθαγόρειοι, ήταν οι πρώτοι που έθεσαν το γεγονός πως η Γη είναι στρογγυλή. (Proust, 2009).

Τη θεωρία του Πυθαγόρα για την αρμονία των σφαιρών, τη μαθαίνουμε αρχικά, από τους δύο διαλόγους του Πλάτωνα, “*Τίμαιος*” και “*Πολιτεία*”. Η μετάφραση του Τίμαιου στα λατινικά το 45 π.Χ. και ξανά τον 4ο αι. μ.Χ., ενέπνευσε και τη Μεσαιωνική Νεοπλατωνική κοσμολογία.

Η πρώτη αναφορά στη θεωρία της αρμονίας του σύμπαντος γίνεται από τον Πλάτωνα στον *Τίμαιο*, και έπειτα στην *Πολιτεία*, μέσα από την παρουσίαση ενός μύθου, με τίτλο: “*Ο μύθος του Ηρός*”. Στο συγκεκριμένο μύθο, ο Πλάτωνας, παρουσιάζει μία ιστορία με πρωταγωνιστή τον Ηρ. Ο Ηρ πεθαίνει και ξυπνάει στη μετά-θάνατον ζωή. Αυτό που αντικρίζει μπροστά του όταν ξυπνάει, είναι ο ουρανός, ο οποίος είναι γεμάτος με κοντάρια, αδράχτια και γάντζους. Γύρω από αυτά τα αντικείμενα, γυρνούν οκτώ πλανήτες και πάνω σε κάθε έναν από τους πλανήτες, κάθετα μία σειρήνα. Κάθε μία από τις σειρήνες τραγουδά και έναν συγκεκριμένο τόνο.

Ο Πλάτωνας με το συγκεκριμένο μύθο, προσπαθεί να παρουσιάσει την ιδέα της αρμονίας των σφαιρών.⁹ Κάθε πλανήτης, αντιστοιχεί σε μία νότα και όλοι οι πλανήτες μαζί, βγάζουν μία γλυκιά μουσική. Επίσης, στην *Πολιτεία*, ο Πλάτωνας θαυμάζει τους Πυθαγόρειους, οι οποίοι συνδέουν τις μαθηματικές αναλογίες με τη μουσική αρμονία, δεν συμφωνεί όμως με αυτούς. Παρόλο που υποστηρίζει τη σύνδεση της μουσικής με τα μαθηματικά, θεωρεί πως τα μαθηματικά είναι ανώτερα της μουσικής. (Cirillo, 2009).

Κάτι παρόμοιο περιγράφει ο Cicerō (Κικέρων), στο “*Όνειρο του Σκιπίωνα*” (“*Scipio’s Dream*”, ή στα λατινικά, “*Somnium Scipionis*”), χρησιμοποιώντας την Πυθαγόρεια φόρμουλα. Στο όνειρό του, ο Scipio, βλέπει πως το σύμπαν αποτελείται από εννέα ουράνιες σφαίρες. Όσο κοιτάει και παρατηρεί τις σφαίρες αυτές, ακούει ταυτόχρονα έναν γλυκό ήχο, ο οποίος προέρχεται από αυτές κατά τη διάρκεια της κίνησής τους. Ο Κικέρων λοιπόν εδώ, αναφέρεται και αυτός στη μουσική των σφαιρών με έναν παρόμοιο τρόπο με αυτόν του Πλάτωνα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως, ο πρωταγωνιστής δεν έχει πεθάνει, αλλά ονειρεύεται. (Lowenthal, 2006).

Ο Πλάτωνας παρουσιάζει στον *Τίμαιο*, μία κλίμακα, την οποία χρησιμοποιεί για να περιγράψει τον ήχο της αρμονίας των σφαιρών. Η κλίμακα αυτή, ονομάζεται *κλίμακα του Τιμαία*. Είναι μία κατάβαση, η οποία ξεκινά από τη νότα μι και καταλήγει

9. Στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, τα αστέρια και οι πλανήτες βγάζουν ταιριαστούς ήχους. Θεωρούν, πως η μουσική των σφαιρών θα ακουστεί μόνο από λίγους, στο δρόμο τους προς τον ουρανό (δηλαδή όταν πεθάνουν, όπως έγινε και στο μύθο του Ηρός). (Lowenthal, 2006).

μία οκτάβα κάτω (E-D-C-B-A-G-F-E).¹⁰ Χρησιμοποιείται δηλαδή ο Δώριος τρόπος για την περιγραφή της αρμονίας των σφαιρών, “η μόνη αρμονία που είναι ελληνική” κατά τα λεγόμενα του Crickmore. (Crickmore, 2013). Η Πυθαγόρεια σκάλα που παρουσιάζεται στον Τίμαιο, αποτελείται από διαστήματα 5ης = 3:2, τόνου = 9:8, ημιτόνιου = 256:243, 3ης = 81:64 και 6ης = 27:16. Ο Πλάτωνας θεωρεί -όπως και ο Πυθαγόρας- πως η μουσική συνδέεται άμεσα με την αστρονομία.

Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχουν διάφορες αμφιβολίες για το αν ο Πυθαγόρας ήταν πράγματι ο πρώτος ο οποίος εξέφρασε την ιδέα της αρμονίας των σφαιρών. Υπάρχει η πιθανότητα η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, να προέρχεται από τη Βαβυλώνα, πολύ πριν εμφανιστεί η θεωρία αυτή στην αρχαία Ελλάδα.

Οι Βαβυλώνιοι φαίνεται από πηγές ότι προσπαθούσαν να συνδέσουν τη μουσική με το γεωκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος. Η θεωρία πως η ιδέα της αρμονίας των σφαιρών προέρχεται από τη Βαβυλώνα, βασίζεται στην ανακάλυψη τεσσάρων πηγών από τη Βαβυλώνα, μέσα στις οποίες παρατηρείται πως η Βαβυλώνια μουσική είναι βασισμένη σε 7 διατονικά επτάχορδα. Ένα από αυτά τα επτάχορδα, ταίριαζε με τους πρώτους επτά τόνους της κλίμακας που αναφέρεται στον Τίμαιο του Πλάτωνα (Δώριος τρόπος, Κλίμακα του Τιμαία – *nid qablīm*, στις βαβυλώνιες πηγές). (Crickmore, 2013).

Μετά από τον Πλάτωνα, ακολουθεί ο Αριστοτέλης. Ο Αριστοτέλης, είναι ακόμα ένας αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος, ο οποίος αναφέρεται στην Πυθαγόρεια θεωρία πως το σύμπαν δημιουργεί μουσική και πως βασίζεται στα μαθηματικά, όπως ακριβώς και η μουσική αρμονία. Σύμφωνα λοιπόν με τον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.), οι Πυθαγόρειοι θεωρούσαν πως τα ουράνια σώματα παράγουν το κάθε ένα τη δική του μοναδική νότα.¹¹ (Gaizauskas, 1974). Η ταχύτητα κίνησης των πλανητών, προέκυπτε από τις αποστάσεις που είχε κάθε πλανήτης με τη Γη και συσχετιζόταν με τον τόνο, στην ορολογία της μουσικής. Οι αποστάσεις αυτές, θεωρούσε πως δημιουργούσαν τις ίδιες αναλογίες με τα μεσοδιαστήματα μίας οκτάβας.

Τα μαθηματικά στην αρχαιότητα, θεωρούνται ως μία πνευματική εμπειρία. Ο κόσμος των μαθηματικών συμβολίζει την πραγματικότητα. Στην υπόθεση της αρμονίας

10. Ο Πλάτωνας είχε επηρεάσει την κοσμολογική σκέψη για πολλούς αιώνες. Στην Ευρώπη είχε επιρροή μέχρι και τον 17ο αιώνα. (Crickmore, 2013).

11. Τα ουράνια σώματα κατά τους αρχαίους Έλληνες θεωρούνται το φεγγάρι, ο ήλιος, ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο Άρης, ο Δίας, ο Κρόνος και τα αστέρια. Θεωρούσαν πως όλα αυτά κινούνται γύρω από τη Γη.

των σφαιρών, η πραγματικότητα του κόσμου που ζούμε, είναι βασισμένη στους αριθμούς. (Mousoulides, 2005). Ο Πυθαγόρας ως μαθηματικός και μουσικός-θεωρητικός, είχε συνδέσει τη μουσική και τα μαθηματικά. Μελέτησε με αυτόν τον τρόπο και ολόκληρο το σύμπαν – μέσα από την οπτική των μαθηματικών. Για τον Πυθαγόρα, ολόκληρος ο κόσμος έχει δημιουργηθεί από αριθμούς και τα πάντα είναι τοποθετημένα αρμονικά, με μία μαθηματική σειρά. (Mousoulides, 2005).

Ο Αριστοτέλης, επηρεασμένος από τον Πυθαγόρα, ανέπτυξε τρεις διαφορετικές οπτικές πάνω στο θέμα. Η πρώτη είναι πως τα πάντα είναι αριθμός, ακριβώς αυτό που υποστηρίζει και ο Πυθαγόρας. Η δεύτερη οπτική είναι πως τα πάντα είναι μία απομίμηση αριθμών. Τέλος, η τρίτη οπτική είναι πως οι παράγοντες των αριθμών μπορούν να γίνουν παράγοντες των πάντων. Ο Αριστοτέλης, είχε τη θεωρία πως το σύμπαν είναι στρογγυλό και πως έξω από το σύμπαν στο οποίο ζούμε εμείς, δεν υπάρχει τίποτα άλλο. Αναφέρεται στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, στη συλλογή βιβλίων “*Μεταφυσικά*”. (Berghaus, 1992).

Ο Φιλόλαος, Πυθαγόρειος φιλόσοφος, ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε τη θεωρία του ηλιοκεντρικού συστήματος και απομακρύνθηκε από την ιδέα του γεωκεντρικού συστήματος που κυριαρχούσε την εποχή της αρχαίας Ελλάδας. Ο Πλάτωνας, του οποίου η οπτική στην αστρονομία παρουσιάζεται στον Τίμαιο, δεν συμφωνούσε με την ιδέα του ηλιοκεντρικού συστήματος του Φιλόλαου. Ο Φιλόλαος μιλάει για τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο κόσμος. “*Τίποτα δεν θα έμπαινε σε μία σειρά, αν δεν υπήρχε η αρμονία*”. (Berghaus, 1992). Θεωρεί λοιπόν πως χρειάζεται η αρμονία έτσι ώστε να μπορέσουν να συνδεθούν τα πάντα μεταξύ τους και να έρθει μία ισορροπία.

Σε αντίθεση με τον Φιλόλαο, ο Πτολεμαίος, ο οποίος έζησε 500 χρόνια μετά τον Πυθαγόρα, θεωρούσε ότι το σύστημα στο οποίο υπάρχουμε, είναι γεωκεντρικό. Για το λόγο αυτό, το γεωκεντρικό σύστημα έχει ονομαστεί Πτολεμαϊκό μοντέλο σύμπαντος.¹² Ο Πτολεμαίος είχε ασχοληθεί πολύ με τα μαθηματικά, τη μουσική και την αστρονομία. Είχε διάφορες μουσικές θεωρίες, έχοντας κάνει διατριβή πάνω σε αυτές, οι οποίες αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν με την αρμονία των σφαιρών του Πυθαγόρα. (Proust, 2009). Η αστρονομία για τον Πτολεμαίο είναι η αρμονία την οποία μπορείς να δεις, ενώ η μουσική, είναι η αρμονία την οποία μπορείς να ακούσεις. Παρατηρεί, πως διάφορα

12. Το Πτολεμαϊκό σύμπαν ήταν βασισμένο στα μαθηματικά. Οι τροχιές του κάθε πλανήτη θεωρούσε πως ήταν κυκλικές (όχι ελλειπτικές), αδιάκοπες και πως έχουν μία κοινή βάση στην οποία γυρνούν, αλλά διαφορετικό κέντρο για την κάθε τροχιά (όλοι οι πλανήτες γυρνούν γύρω από τη Γη, αλλά βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία).

μουσικά χαρακτηριστικά, μπορούν εύκολα να συνδεθούν με τα χαρακτηριστικά των πλανητών και τις κινήσεις τους. Για παράδειγμα, όταν το τονικό ύψος ανεβαίνει σε ένα μουσικό κομμάτι, αυτό μπορεί να συμβολίζει τον ήλιο που ανατέλλει, ενώ το αντίθετο, όταν δηλαδή το τονικό ύψος κατεβαίνει, συμβολίζεται ο ήλιος που δύει. Πρόσθεσε επίσης την αναλογία 4:5 στη μουσική αρμονία, η οποία συμβολίζει την τρίτη μικρή στη μουσική. (Cirillo, 2009).

Ένας ακόμη αρχαίος Έλληνας μαθηματικός και μουσικό-θεωρητικός, ο οποίος ασχολήθηκε με τα μαθηματικά και την ακουστική και εξήγησε με λεπτομέρεια τη μουσική των σφαιρών, ήταν ο Νικόμαχος της Γέρασα.

Διάφοροι θεωρητικοί ανά εποχές έχουν ασχοληθεί με τη συγκεκριμένη θεωρία και έχουν αναπτύξει ο κάθε ένας από μία διαφορετική οπτική. Ένας από αυτούς, ήταν ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος, που έζησε το 23-79 μ.Χ.. Ο Πλίνιος, αντιστοίχισε κάποιες συγκεκριμένες μουσικές αποστάσεις, με αποστάσεις μεταξύ κάποιων πλανητών. Παρακάτω, φαίνονται οι αποστάσεις που έχει χρησιμοποιήσει μεταξύ συγκεκριμένων πλανητών, με μουσικούς όρους. (Gaizauskas, 1974):

Απόσταση μεταξύ πλανητών	Αποστάσεις με μουσικούς όρους
Γη – Φεγγάρι	Τόνος
Φεγγάρι – Ερμής	Ημιτόνιο
Ερμής – Αφροδίτη	Ημιτόνιο
Αφροδίτη – Ήλιος	Τρία ημιτόνια
Ήλιος – Άρης	Τόνος
Άρης – Δίας	Ημιτόνιο
Δίας – Κρόνος	Ημιτόνιο
Κρόνος – Αστέρια	Τρία ημιτόνια

Πίνακας 1.2. Συσχέτιση απόστασης μεταξύ πλανητών με μουσικούς όρους, κατά τον Πλίνιο

Όπως φαίνεται παραπάνω, έχει γίνει μία παρουσίαση αποστάσεων μεταξύ συγκεκριμένων πλανητών. Οι μουσικές αποστάσεις που αντιστοιχούνται με τις πλανητικές αποστάσεις είναι ο τόνος, το ημιτόνιο και το τριημιτόνιο. Παρατηρούμε επίσης, πως μέσα στους πλανήτες τοποθετούνται ακόμα το φεγγάρι και τα αστέρια.

Η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, εκτός από τον Πλίνιο, απασχόλησε και τον Ρωμαίο αστρολόγο Censorinus, ο οποίος παρουσιάζει όπως και ο Πλίνιος τις

αποστάσεις μεταξύ των πλανητών με μουσικούς όρους. Παρακάτω ο πίνακας με την οπτική του Censorinus. (Proust, 2009):

Απόσταση μεταξύ πλανητών	Αποστάσεις με μουσικούς όρους
Γη – Φεγγάρι	Τόνος
Φεγγάρι – Ερμής	Ημιτόνιο
Ερμής – Αφροδίτη	Ημιτόνιο
Αφροδίτη – Ήλιος	Ενάμιση τόνος (3 ημιτόνια)
Ήλιος – Άρης	Τόνος
Άρης – Δίας	Ημιτόνιο
Δίας – Κρόνος	Ημιτόνιο
Κρόνος – Αστέρια	Ημιτόνιο
Γη – Ήλιος	Τριάμισι τόνοι ή μία πέμπτη
Ήλιος – Αστέρια	Δυόμισι τόνοι
Γη – Αστέρια	Έξι τόνοι ή μία οκτάβα

Πίνακας 1.3. *Συσχέτιση απόστασης μεταξύ πλανητών με μουσικούς όρους, κατά τον Censorinus*

Αν συγκρίνουμε τους δύο παραπάνω πίνακες (ο πρώτος του Πλινίου – πίνακας 1.2., ο δεύτερος του Censorinus – πίνακας 1.3.) παρατηρούμε πως και οι δύο θεωρητικοί, ξεκινούν χρησιμοποιώντας τις ίδιες αποστάσεις, μεταξύ των ίδιων πλανητών και μεταφράζουν και οι δύο αυτές τις αποστάσεις με τις ίδιες μουσικές αποστάσεις. Φαίνεται και στους δύο ότι επικρατεί ακόμα το γεωκεντρικό μοντέλο (ότι δηλαδή οι πλανήτες γυρνούν γύρω από τη Γη και όχι γύρω από τον Ήλιο). Παρατηρείται αλλαγή μεταξύ των αποστάσεων του Κρόνου με τα αστέρια. Στην πρώτη περίπτωση, έχουν απόσταση τριών ημιτονίων, ενώ στη δεύτερη, έχουν απόσταση ενός ημιτονίου. Η δεύτερη διαφορά, βρίσκεται στη σύγκριση τριών ακόμη αποστάσεων, με τις αποστάσεις της μουσικής. Ο Πλίνιος, σταματάει την αντιστοίχιση όταν φτάνει στην απόσταση μεταξύ του πλανήτη Κρόνου με τα αστέρια, ο Censorinus αντίθετα, συνεχίζει την αντιστοίχιση μεταξύ αποστάσεων Γης και Ήλιου, Ήλιου και αστεριών και Γης με αστέρια.¹³

13. Στην αρχαιότητα και όπως φαίνεται και στην εποχή του Πλινίου και του Censorinus, οι πλανήτες τοποθετούνταν σε ένα γεωκεντρικό σύστημα με τη σειρά: Κρόνος, Δίας, Άρης, Ήλιος, Αφροδίτη, Ερμής, Φεγγάρι. (Crickmore, 2013). Τώρα τοποθετούμε τους πλανήτες από τον πιο κοντινό στον Ήλιο μέχρι τον πιο μακρινό, με την εξής σειρά: Ερμής, Αφροδίτη, Γη, Άρης, Δίας, Κρόνος, Ουρανός, Ποσειδώνας.

1.1.2 Μεσαίωνας

Η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, εξελίσσεται και υφίσταται και στην εποχή του Μεσαίωνα. Διάφοροι θεωρητικοί της εποχής, ασχολήθηκαν με τη συγκεκριμένη θεωρία. Ειδικότερα, ενδιαφέρθηκαν για τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, θεωρητικοί οι οποίοι ανέλυναν και προσπαθούσαν να διατηρήσουν τα αρχαία κείμενα που είχαν στη διάθεσή τους. Ένας από τους σημαντικότερους θεωρητικούς, ο οποίος καταπιάστηκε με τη διατήρηση της αρχαίας σοφίας, ήταν ο Βοήθιος.

Ο Βοήθιος, είχε μεταφράσει πολλά αρχαία ελληνικά κείμενα στα λατινικά, έτσι ώστε να περάσει όση περισσότερη αρχαία σοφία μπορούσε, στους συγχρόνους του. Ταυτόχρονα, ανέλυσε τις ιδέες του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη πάνω στην αρμονία. Σχολιάζει το βιβλίο του Αριστοτέλη “*Περί Ερμηνείας*” (De Interpretatione), και γράφει το “*Institutio Arithmetica*”, πέντε ανολοκλήρωτα βιβλία πάνω στη μουσική, τη γεωμετρία και την αστρονομία, στην ηλικία των 20 ετών. Το “*Institutio Arithmetica*” περιλαμβάνεται μέσα στο βιβλίο του, το οποίο ονομάζεται “*Quadrivium*”. Ο Βοήθιος ήταν αυτός, ο οποίος έφερε τον όρο Quadrivium στα λατινικά, που μεταφράζεται στα ελληνικά ως τετρακτύς (αναφέρεται σε υποσημείωση στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας). Στον τομέα της φιλοσοφίας, ο Βοήθιος έθεσε τη μουσική ως μία άμεση ανάγκη του ανθρώπου. (Schrade, 1947). Έγραψε επίσης το βιβλίο “*De Musica*”, μέσα στο οποίο αναφέρει τον όρο “*Musica Mundana*”.

Ο συγκεκριμένος όρος, αναφέρεται πολύ συχνά στην εποχή του Μεσαίωνα, αλλά και στην εποχή της Αναγέννησης αργότερα. Αναφέρεται επίσης, ως *musica universalis* και περιγράφει τη μουσική των σφαιρών.

Στην εποχή του Μεσαίωνα και της Αναγέννησης, υπήρχαν τρία είδη μουσικής: *musica mundana*, δηλαδή η μουσική που δημιουργείται μέσω της κίνησης των ουράνιων σφαιρών, *musica humana*, που είναι η μουσική που δημιουργείται από το σώμα και την ψυχή του ανθρώπου και τέλος *musica instrumentalis*, που εννοείται η μουσική που δημιουργείται μέσω της φωνής και μέσω των οργάνων που έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, δεν θεωρείται πως η μουσική των σφαιρών μπορεί να ακουστεί, αλλά πως είναι απλά μία αρμονική, μαθηματική και θρησκευτική ιδέα. (Snook et al., 2020).

Το βιβλίο “*De Musica*” του Βοήθιου, είναι ένα σημαντικό έργο, το οποίο επηρέασε πολλούς επιστημονικούς τομείς όπως τη μουσική, την αστρονομία και την κοσμολογία, την αρχιτεκτονική και τα μαθηματικά, αλλά ακόμα και την αστρολογία και τη μαγεία. (Walker, 2000).

Ο Βοήθιος, αντιστοίχισε και αυτός, όπως και προηγούμενοι θεωρητικοί, σε κάθε έναν από τους πλανήτες, από μία νότα. Αυτή η αντιστοίχιση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. (Proust, 2009):

Πλανήτης	Φεγγάρι	Ερμής	Αφροδίτη	Γη	Άρης	Δίας	Κρόνος
Νότα	D (ρε)	C (ντο)	B (σι)	A (λα)	G (σολ)	F (φα)	E (μι)

Πίνακας 1.4. *Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής, κατά τον Βοήθιο*

Ο Βοήθιος δεν ακολούθησε το μοντέλο της Αρχαιότητας που παρουσιάζεται στην αρχή του κεφαλαίου (σελ.14). Στο μοντέλο της αρχαιότητας, οι πλανήτες είναι τοποθετημένοι με διαφορετική σειρά και μέσα σε αυτούς τοποθετείται και ο Ήλιος, λείπει όμως η Γη.

Στο μοντέλο του Βοήθιου, όπως μπορείτε να παρατηρήσετε από τον πίνακα παραπάνω, η τοποθέτηση των πλανητών ξεκινά από το φεγγάρι (τον μικρότερο “πλανήτη”) και φτάνει στον Κρόνο, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος πλανήτης. Δεν τοποθετεί μέσα στο σύστημα του τον Ήλιο. Στη θέση που στο σύστημα της Αρχαιότητας βρίσκεται ο Ήλιος, στο συγκεκριμένο σύστημα βρίσκεται η Γη.

Αντιστοιχεί επίσης διαφορετικές νότες πάνω σε κάθε πλανήτη. Το σύστημα του Πυθαγόρα στην Αρχαιότητα, παρατηρούμε πως ξεκινά με τον πλανήτη Κρόνο, στον οποίο αντιστοιχείται η νότα Β (σι) και καταλήγει στο Φεγγάρι, στο οποίο αντιστοιχείται η νότα Α (λα). Γίνεται δηλαδή μία ανάβαση από τη νότα Σι, η οποία σταματάει στη νότα Λα (B-C-D-E-F-G-A).

Από την άλλη, στο σύστημα του Βοήθιου, παρατηρούμε πως η αντιστοίχιση ξεκινά από το Φεγγάρι, με τη νότα D (ρε) και καταλήγει στον Κρόνο, με τη νότα E (μι). Σε αυτήν την περίπτωση, έχουμε μία κατάβαση νότων, όπως γίνεται και στον Τίμαιο του Πλάτωνα. Η κατάβαση ξεκινά από τη νότα D και καταλήγει στη νότα E (D-C-B-A-G-F-E), ενώ στον Πλάτωνα, η κλίμακα του Τιμαία βρίσκεται σε Δώριο τρόπο, ξεκινά

δηλαδή από τη νότα E (μι) και καταλήγει μία οκτάβα κάτω (E-D-C-B-A-G-F-E) (σελ. 16-17).

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, η μάθηση της μουσικής αρμονίας ήταν μέρος των μαθηματικών και της αστρονομίας. Οι θεωρητικοί μουσικοί του Μεσαίωνα λοιπόν, γνώριζαν καλά και τις τρεις αυτές επιστήμες. Η ισορροπία του κόσμου, θεωρούσαν πως βρίσκεται μέσα στην εναρμόνιση του σύμπαντος.

Θεωρητικοί μουσικοί της εποχής, ήταν ο Hucbald (840-930), ο οποίος είχε επηρεαστεί πολύ από τον Βοήθιο και τις θεωρίες του, ο Guido d'Arezzo (990-1050), ο οποίος επηρέασε πολύ τον τρόπο μουσικής γραφής και οι Jean de Murs και Philippe de Vitry, οι οποίοι ζούσαν την περίοδο της Ars Nova. Όλοι αυτοί οι μουσικοί είχαν γνώσεις μαθηματικών και αστρονομίας και έχουν αλλάξει την εικόνα της μουσικής αρμονίας.

Σχετικά με την αρμονία των σφαιρών, θεωρείται κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, πως εκτός από τους πλανήτες, στον ουρανό υπάρχουν επίσης διάφορες δυνάμεις, όπως τα Σεραφείμ και ο Θεός. Αυτές οι δυνάμεις, συμβάλλουν στη μουσική που δημιουργείται στους ουρανούς. Κυριαρχεί επίσης η άποψη, πως η Γη δεν κινείται καθόλου, για αυτό και δεν παίρνει μέρος στην αρμονία των σφαιρών, μένει σιωπηλή και ακίνητη. (Proust, 2009).

Στην αρχαία Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκε η λύρα για να αναδημιουργήσουν την αρμονία των σφαιρών και για να μπορέσουν να την ακούσουν. Η λύρα αυτή, αποτελούταν από επτά χορδές και κάθε πλανήτης αντιστοιχούσε σε μία χορδή. (Lowenthal, 2006). Στο Μεσαίωνα αυτό αλλάζει και οι χορδές της “ουράνιας λύρας” (όπως αποκαλείται) γίνονται περισσότερες, γιατί εκτός των πλανητών, προστίθενται και τα Σεραφείμ, ο Θεός και άλλα θεϊκά πλάσματα των ουρανών. (Proust, 2009).

Εκτός από τους θεωρητικούς του Μεσαίωνα που αναφέρθηκαν παραπάνω, μία γυναίκα μουσικός-θεωρητικός της εποχής, ασχολήθηκε με την ιδέα της αρμονίας των σφαιρών. Η γυναίκα αυτή ονομάζεται Hildegard von Bingen και έζησε και εκείνη την εποχή του Μεσαίωνα. Ήταν θεραπεύτρια, μυστικιστής, μουσικός και ίσως η πιο γνωστή γυναίκα της εποχής της. Μέσω της μουσικής που έγραφε, η Hildegard έδωσε σώμα και μορφή στη μουσική των σφαιρών. (Franklin & Carey, 2005).

Θεωρούσε πως η μουσική και γενικότερα οι τέχνες, αντικατοπτρίζουν τη θεϊκή έμπνευση και ότι η μουσική, είναι η υψηλότερη μορφή της ανθρώπινης δραστηριότητας. Είχε διαμορφώσει τη συγκεκριμένη άποψη, επειδή θεωρούσε πως η αρμονία και η μουσική, μπορούν να προκαλέσουν μία γαλήνη στην ανθρώπινη ψυχή

και επειδή η χρήση της μουσικής και των ήχων γενικότερα ως θεραπεία, είναι πολύ αποτελεσματικά εργαλεία για τη διασφάλιση της ηρεμίας της ανθρώπινης ψυχής. Ο Πυθαγόρας θεωρούσε και αυτός ότι η μουσική έχει τη δύναμη να θεραπεύει την ψυχή και το σώμα του ανθρώπου, για αυτό και θεωρούσε τη μουσική ως την υψηλότερη μορφή φιλοσοφίας που υπάρχει. Η Hildegar, έγραψε το “*Divine Harmonie*”, μέσα στο οποίο περιγράφει τη μουσική ως τον πιο σίγουρο τρόπο για την κατανόηση ολόκληρου του κόσμου, όπως επίσης την κατανόηση των σχεδίων του Θεού και την πρόσβαση στον παράδεισο.

Οι διανοούμενοι του Μεσαίωνα αλλά και της Αναγέννησης, συνδέουν αυστηρά τον κόσμο με τη μουσική. Με αυτόν τον τρόπο, αποδεικνύουν την τέλεια συμβίωση, την τέλεια αρμονία και την τάξη, που έχει δημιουργήσει ο Δημιουργός (The Creator). (Proust, 2009).

Ο πρώτος φιλόσοφος ο οποίος συνέδεσε την πολυφωνία με το σύμπαν, μέσω της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών, ονομάζεται John Scotus Erigenus και έζησε και αυτός κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα.

Μέχρι τώρα, έχουν αναφερθεί διάφορες θεωρίες πάνω στην αρμονία των σφαιρών και αρκετές αντιστοιχίσεις των πλανητών με νότες. Παρόλα αυτά, δεν έχουν βρεθεί πολλά μουσικά έργα τα οποία να είναι εμπνευσμένα από τη συγκεκριμένη θεματική, μέχρι τότε. Το παλαιότερο μουσικό έργο, το οποίο σχετίζεται με την αρμονία των σφαιρών, είναι ένας ύμνος του 12ου αιώνα. Ο τίτλος του είναι “*Naturali concordia vocum cum planetis*”. Δεν γνωρίζουμε το όνομα του συνθέτη. Το χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου ύμνου είναι πως χρησιμοποιούνται δύο οκτάβες. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται, είναι διαφορετική από αυτή του Βοήθιου και των προηγούμενων μουσικών θεωρητικών. Παρακάτω, η κλίμακα που χρησιμοποιείται στον Ύμνο “*Naturali concordia vocum cum planetis*”. (Proust, 2009):

Ουράνιο Σώμα	Παράδεισος	Κρόνος	Δίας	Άρης	Ήλιος	Αφροδίτη	Ερμής	Φεγγάρι	Γη
Νότα	A (λα)	G (σολ)	F (φα)	E (μι)	D (ρε)	C (ντο)	B (σι)	A (λα)	σιωπή

Πίνακας 1.5. Αντιστοίχιση ουράνιων σωμάτων με νότες της μουσικής, στον ύμνο “*Naturali concordia vocum cum planetis*”

Στον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε πως έχει προστεθεί στο σύστημα ο Παράδεισος. Φαίνεται από αυτό, πως στο Μεσαίωνα, ο άνθρωπος αναζητούσε την ένωσή του με το θείο και επηρεαζόταν πολύ από τη θρησκεία, σε κάθε τομέα της ζωής του. Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό, είναι πως η Γη είναι σταθερή, δεν κινείται και για αυτό είναι και σιωπηλή. Ακόμα και αυτό, δείχνει πως ο άνθρωπος της εποχής θεωρεί πως είναι το επίκεντρο όλων, τοποθετώντας τη Γη στη μέση όλων -γεωκεντρικό σύστημα- και σταθερή.

Σε σχέση με το σύστημα του Βοήθιου, που παρουσιάστηκε παραπάνω, οι νότες που χρησιμοποιούνται στις δύο αντιστοιχίσεις, είναι διαφορετικές, το ίδιο και η σειρά των πλανητών. Ο Βοήθιος, ξεκινά από τον μικρότερο πλανήτη, το Φεγγάρι με τη νότα D (ρε), δεν βάζει στο σύστημά του τον Ήλιο, αλλά τη Γη (η οποία έχει τη δική της νότα, A (λα), οπότε δεν τη θεωρεί σιωπηλή και ακίνητη) και καταλήγει στον μεγαλύτερο πλανήτη, τον Κρόνο με τη νότα E (μι). Στον παραπάνω Ύμνο, προστίθεται στην αρμονία των σφαιρών και ο Παράδεισος, έπειτα ακολουθεί ο μεγαλύτερος πλανήτης (Κρόνος, νότα A: λα), ο Ήλιος ακούγεται στο κομμάτι (νότα D: ρε) και τοποθετείται στη μέση του συστήματος, και τέλος καταλήγει στη Γη, με παύση-σιωπή.

Επηρεασμένοι από τους αρχαίους συγγραφείς και τους μύθους της αρχαιότητας, το Μεσαίωνα, βλέπουμε ξανά μία παραλλαγή του μύθου του Πλάτωνα, στο βιβλίο του Dante Alighieri, "*Paradiso*". Στην παραλλαγή αυτή, ο Dante Alighieri κάνει ένα ταξίδι γύρω από τις εννέα σφαίρες των ουρανών, τις οποίες οδηγούν Άγγελοι, έτσι ώστε να φτάσει στον ουράνιο θόλο και να μπορέσει να τον ανακαλύψει. (Proust, 2009).

Μπορούμε να παρατηρήσουμε εδώ πως τα δεδομένα από την Αρχαιότητα μέχρι το Μεσαίωνα έχουν αλλάξει. Οι πλανήτες είναι εννέα και όχι επτά και όπως αναφέρεται και παραπάνω, προστίθενται στην αρμονία των σφαιρών και άλλες δυνάμεις, όπως οι Άγγελοι.

Τέλος, πρέπει να προστεθεί, πως κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα, το Πτολεμαϊκό μοντέλο σύμπαντος (δηλαδή το μοντέλο που θεωρεί πως έχουμε γεωκεντρικό σύστημα), έχει αρχίσει να εξασθενεί. Ο Roger Bacon, Άγγλος φιλόσοφος, ο οποίος έζησε από το 1214 μέχρι το 1294, ήταν ένας από τους ανθρώπους που προσπάθησε να παρουσιάσει κάθε αδυναμία που υπήρχε στο συγκεκριμένο σύστημα. (Proust, 2009).

1.2 Η αρμονία των σφαιρών στην Αναγέννηση και το Μπαρόκ

1.2.1 Αναγέννηση

Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου, αναφέρθηκε πως στην αρχαιότητα, ο Φιλόλαος εξέφρασε τη θεωρία πως η Γη κινείται. Κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης, τη θεωρία του Φιλολάου, έρχεται να την επιβεβαιώσει ο Κοπέρνικος.

Στο “*De revolutionibus orbium coelestium*”, ο Κοπέρνικος, αναφέρεται στην αρμονία των σφαιρών και εκτός του ότι επιβεβαιώνει τη θεωρία του Φιλολάου πως η Γη κινείται, προσθέτει το γεγονός, πως όλοι οι πλανήτες του συστήματος στο οποίο βρισκόμαστε, κινούνται και γυρνούν γύρω από τον ήλιο, και όχι γύρω από τη Γη. (Proust, 2009). Ο Κοπέρνικος λοιπόν, αλλάζει τον τρόπο σκέψης που είχαν μέχρι τότε οι αστρονόμοι για το σύμπαν. Το Πτολεμαϊκό μοντέλο σύμπαντος φεύγει από την εικόνα και κυριαρχεί πλέον το ηλιοκεντρικό σύστημα.

Στο συγκεκριμένο βιβλίο, ο Κοπέρνικος θεωρεί ότι ο τρόπος με τον οποίο έχει δημιουργηθεί το σύμπαν, είναι απόλυτα συμμετρικός και πως η τοποθέτηση των πλανητών στα σημεία στα οποία βρίσκονται, η κίνηση τους, αλλά και χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος τους, δημιουργούν την αρμονία των σφαιρών. (Berghaus, 1992). Ο Κοπέρνικος ήταν επηρεασμένος πολύ από τον Αρίσταρχο και τον Πυθαγόρα, περισσότερο όμως από τον δεύτερο¹⁴. Βασιζόταν για τις επιστημονικές του ανακαλύψεις στις Πυθαγόρειες θεωρίες. Θεωρούσε τον εαυτό του περισσότερο ως τον συντηρητή της αρχαίας γνώσης και σοφίας και όχι ως έναν ερευνητή των νέων δεδομένων της αστρονομίας. (Africa, 1961). Αυτό ήταν γεγονός όχι μόνο για τον Κοπέρνικο, αλλά και για άλλους επιστήμονες της εποχής του, αφού στην Αναγέννηση, οι άνθρωποι έχουν αρχίσει να αναζητούν τη γνώση και τη σοφία μέσα στην Αρχαιότητα.

Τα γραπτά και οι ιδέες του Πλάτωνα, κατάφεραν να γίνουν γνωστά στην Αναγεννησιακή φιλοσοφία με τη βοήθεια του Βησσαρίωνα, ενός διάσημου κληρικού της εποχής και αυτό λόγω της θέσης του στην εκκλησία. Η πράξη αυτή, βοήθησε στην εξέλιξη και την ανάπτυξη της ομάδας των Νεοπλατωνικών φιλοσόφων, δηλαδή των ανθρώπων που ακολουθούσαν τις φιλοσοφίες και τα λεγόμενα του Πλάτωνα.

14. Ο Κέπλερ αναφέρεται αργότερα στον Πυθαγόρα ως “ο παππούς των Κοπερνικών”. (Africa, 1961).

Την εποχή της Αναγέννησης, πολλοί ήταν οι επιστήμονες και οι φιλόσοφοι οι οποίοι αναζητούσαν την αλήθεια για το πώς λειτουργεί το σύμπαν. Τα κυριότερα ερωτήματα της εποχής αυτής πάνω στον τομέα της αστρονομίας, αφορούσαν την κίνηση των πλανητών, το μέγεθος του σύμπαντος και αν το σύστημα στο οποίο ζούμε είναι γεωκεντρικό, ή ηλιοκεντρικό.

Κάθε επιστήμονας, είχε αναπτύξει τη δική του οπτική για το πώς λειτουργεί το σύμπαν. Για παράδειγμα ο Bruno Giordano, φιλόσοφος, μαθηματικός και θεωρητικός του κόσμου, είχε τη θεωρία πως το σύμπαν είναι άπειρο και μέσα σε αυτό, άπειρα είναι τα αστέρια και οι πλανήτες. Όλα αυτά, για να μπορέσουν να συνδεθούν και να συνυπάρξουν μεταξύ τους, χρειάζονται την αρμονία. (Berghaus, 1992)

Ένας μοναχός της Αναγέννησης, ο Francesco Giorgio, έγραψε το “*De harmonica mundi*”, μέσα στο οποίο συνδύασε τις θεωρίες του Πυθαγόρα και του Πλάτωνα. Μέσα σε αυτό, αναφέρει πως ένας κόσμος, ο οποίος αποτελείται από πολλά και διαφορετικά μεταξύ τους πλάσματα, θα έπρεπε να διαφωνεί στα πάντα, αν δεν υπήρχε η αρμονία. Μόνο όταν όλοι -ακόμα και αν είναι διαφορετικοί- συμφωνήσουν, τότε θα έρθει η αρμονία. (Berghaus, 1992)

Ένας ακόμα Αναγεννησιακός φιλόσοφος, ο Marsilio Ficino, μίλησε για την Πυθαγόρεια θεωρία πως το σύμπαν είναι μουσικό και πως βασίζεται στα μαθηματικά. (Franklin & Carey, 2005). Η θεωρία αυτή αποτέλεσε έμπνευση όχι μόνο για τους φιλοσόφους, τους μαθηματικούς και τους μουσικούς της εποχής αλλά και για τους ποιητές της εποχής, όπως για παράδειγμα τον Shakespeare, τον John Milton (στο “*Arcadia*”) και τον John Dryden, (Gaizauskas, 1974), αλλά και ζωγράφους, όπως τον Leonardo da Vinci, ο οποίος αναρωτιέται και αυτός αν η τριβή των ουρανών θα μπορούσε να δημιουργήσει ήχο. (Proust, 2009).

Αντίθετα με τη μουσική στην εποχή του Μεσαίωνα, στην Αναγεννησιακή μουσική, υπάρχουν πολλά μουσικά έργα τα οποία είναι εμπνευσμένα από τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών. Σε συνθέσεις πολλών μουσικών έργων της Αναγέννησης, γίνεται η χρήση των μαθηματικών.

Ένα μουσικό έργο της Αναγέννησης, για το οποίο ο καλλιτέχνης έχει εμπνευστεί από τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, είναι το μουσικό κομμάτι με τίτλο “*In Nomine*”, ένα κομμάτι για βιόλα ντα γκάμπα, ενός Άγγλου συνθέτη του 16ου αιώνα, του Mr Picforth (μουσικός για τον οποίο δεν έχουμε πολλά στοιχεία για τη ζωή του). Στο συγκεκριμένο μουσικό κομμάτι, παρουσιάζονται οι πέντε από τους πλανήτες, ως πέντε διαφορετικές φωνές. Οι πλανήτες που παρουσιάζονται είναι, ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο

Άρης, ο Δίας και ο Κρόνος. Σε κάθε μία από τις φωνές, χρησιμοποιούνται νότες, οι οποίες διατηρούν την ίδια διάρκεια από την αρχή του κομματιού, μέχρι το τέλος του. Κάθε φωνή έχει τη δική της διάρκεια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η αίσθηση ενός συγκεκριμένου παλμού. (Grimm et al. 2011).

Οι φωνές κινούνται όπως οι πλανήτες, ακολουθώντας μία συγκεκριμένη τροχιά. Τη μία στιγμή ακούγονται μόνες τους, ενώ την άλλη, συνδυάζονται με όλες τις υπόλοιπες φωνές. Σε μία μοντέρνα παρουσίαση, η θέση στην οποία θα καθίσει ο μουσικός για να ερμηνεύσει το μέρος του μέσα στην αίθουσα συναυλιών, είναι βασισμένη στην τροχιά του πλανήτη που αντιπροσωπεύει. Κάθε πλανήτης, έχει συγκεκριμένη κίνηση και η μουσική, ακούγεται συνεχώς με διάφορες αλλαγές μέσα στο χώρο. Οι τροχιές που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μουσική εκτέλεση του κομματιού, είναι βασισμένες σε τρία διαφορετικά συστήματα του σύμπαντος. (Grimm et al. 2011)

Το πρώτο μοντέλο σύμπαντος που χρησιμοποιήθηκε στην παρουσίαση του έργου, βασίστηκε στην αστρονομία των αρχαίων Ελλήνων. Οι πλανήτες σε αυτό το σύστημα, βρίσκονται πάνω σε αόρατες σφαίρες και κινούνται κυκλικά γύρω από τη Γη. Το δεύτερο μοντέλο σύμπαντος, είναι το λεγόμενο Πτολεμαϊκό μοντέλο σύμπαντος, στο οποίο οι πλανήτες ακόμα γυρνούν γύρω από τη Γη, αλλά οι κινήσεις που κάνουν είναι λίγο πιο περίπλοκες. Τέλος, το τρίτο μοντέλο σύμπαντος που χρησιμοποιείται, είναι το μοντέλο του αστρονόμου Johannes Kepler, στον οποίο και θα αναφερθώ αναλυτικότερα, λίγο παρακάτω. Στο συγκεκριμένο μοντέλο σύμπαντος, οι πλανήτες κάνουν ελλειπτικές κινήσεις, γύρω από τον ήλιο αυτήν τη φορά. Οι διαφορές των τριών μοντέλων σύμπαντος, επηρεάζουν τεχνικές αλλαγές του κομματιού.¹⁵

Ένας από τους σημαντικότερους μουσικούς θεωρητικούς της Αναγέννησης, ο οποίος ασχολήθηκε με την αρμονία των σφαιρών, ήταν ο Zarlino. Έγραψε το βιβλίο “*Institutioni Harmoniche*”, το 1558, μέσα στο οποίο αναφέρεται στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών. Έπειτα, το 1571, στο βιβλίο “*Dimostrazioni Harmoniche*”, αναφέρεται στην πλανητική κλίμακα. Ο Zarlino, είχε μία αριθμητική θεωρία ως προς τη μουσική αρμονία. Θεωρούσε και εκείνος πως με τη χρήση των μαθηματικών αναλογιών μπορεί να δημιουργηθεί αρμονία. (Walker, 2000). Τη δουλειά του Zarlino συμπλήρωσε αργότερα, το 1617, ο Robert Fludd. (Proust, 2009).

15. Μέρος του μουσικού κομματιού “*In Nomine*” του Mr Picforth, ερμηνευμένο από τους Frauke Hess, Julia Veto, Marthe Perl, Claas Harders και Giso Grimm. Τίτλος του βίντεο → Mr. Picforth: In Nomine (c. 1570) . <https://www.youtube.com/watch?v=90Yfa5O2jx0> (Τελευταία πρόσβαση → 07/02/2022)

1.2.2 Μπαρόκ

Ο γνωστός σε όλους Γαλιλαίος, κάποια χρόνια αργότερα, ενδιαφέρθηκε στο να συνδέσει και εκείνος τις αστρονομικές του ανακαλύψεις με τη μουσική. Εξάλλου, ο πατέρας του, Vincenzo Galilei, ήταν και αυτός μουσικός, οπότε ο Γαλιλαίος διέθετε τις απαραίτητες μουσικές γνώσεις για να κάνει αυτή τη σύνδεση. (Proust, 2009).

Παρόλα αυτά, τη μεγαλύτερη αλλαγή πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών την έφερε ένας κοντινός φίλος του Γαλιλαίου, ο αστρονόμος Johannes Kepler (1571-1630). Ο Johannes Kepler, ασχολείται και εκείνος με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών και τη σύνδεση της αστρονομίας με τη μουσική και φέρνει το θέμα ξανά στην επιφάνεια. Ο Kepler, ήταν ένας αναγνωρισμένος αστρονόμος, μαθηματικός και μυστικιστής, ο οποίος έφερε την επανάσταση στην αστρονομική σκέψη. Η ιδέα πως υπάρχει η μουσική αρμονία στο διάστημα, παραμένει ζωντανή και για τον Kepler. Ήταν επηρεασμένος από τον Πυθαγόρα, τον Πλάτωνα και τον Πτολεμαίο.

Ο Kepler ήταν ένας άνθρωπος ο οποίος πίστευε πολύ στο Θεό. Κάποια στιγμή της ζωής του ήθελε να γίνει ιερέας. Για το λόγο αυτό, οι παρατηρήσεις του συνδέονται πολύ με τη θρησκεία του. Για παράδειγμα, βάση της χριστιανικής θρησκείας, ο άνθρωπος είναι φτιαγμένος κατ' εικόνα και κατ' ομοίωση του Θεού. Έτσι ο Kepler, βγαίνει στο συμπέρασμα πως από τη στιγμή που ο άνθρωπος -ο οποίος έχει δημιουργηθεί με βάση τα χαρακτηριστικά του Θεού- παράγει μουσική με όργανα, έτσι και ο Θεός, τοποθετώντας τους πλανήτες σε συγκεκριμένες θέσεις, έχει δημιουργήσει τη δική του μουσική. Ο Kepler είχε σκοπό να ακούσει αυτή τη μουσική δημιουργία του Θεού, για αυτό και ασχολήθηκε πολύ πιστά με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών. Θεωρεί επίσης, πως οι δύο μουσικοί τρόποι (ο μείζων και ο ελάσσων), συμβολίζουν τη μουσική του Θεού. Το γεγονός πως από μικρός έμαθε μαζί με την αστρονομία και την αστρολογία, μουσική θεωρία, είναι ένα βασικό στοιχείο, το οποίο τον ώθησε στο να συνδέσει τις δύο αυτές επιστήμες μεταξύ τους. (Cirillo, 2009).

Ο Kepler, αναφέρεται συχνά στους τρεις όρους που χρησιμοποιούνται και στο Μεσαίωνα και τους οποίους έχω αναφέρει παραπάνω, σχετικά με τα είδη μουσικής που υπάρχουν στον κόσμο. Ο όρος "*musica humana*", συμβολίζει το ανθρώπινο σώμα και την ψυχή του ανθρώπου, δηλαδή περιγράφει τη μουσική που δημιουργεί ο άνθρωπος με το σώμα του και για λόγους ψυχικής ηρεμίας και γαλήνης. Ο όρος "*musica instrumentalis*", συμβολίζει τη μουσική που δημιουργεί ο άνθρωπος μέσω των μουσικών του οργάνων. Τέλος, ο τρίτος όρος τον οποίο αναφέρει συχνά στα γραπτά

του, είναι ο όρος “*musica mundana*”, ο οποίος συμβολίζει την αρμονία που δημιουργεί το σύμπαν, την αρμονία δηλαδή των σφαιρών. (Cirillo, 2009).

Ο Kepler, είχε γράψει ένα σημαντικό βιβλίο πάνω στη θεματική της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών. Το βιβλίο αυτό, ονομάζεται “*Harmony of the universe*”, ή “*Harmony of the World*”, αυθεντικός τίτλος του οποίου είναι “*Harmonices Mundi*”. Είναι ένα βιβλίο που συνδέει πέντε επιστήμες μαζί: τη γεωμετρία, τη μουσική, την αστρολογία, την αστρονομία και τη θεολογία. (Franklin & Carey, 2005). Το συγκεκριμένο βιβλίο το έγραψε το 1618, εκδόθηκε όμως το 1619. (Gaizauskas, 1974). Μέσα σε αυτό, αναφέρεται στο γεγονός πως η αρμονία είναι αποτέλεσμα των νόμων της φύσης (η ικανότητα δηλαδή του ανθρώπου να ακούσει τον ήχο) και πως υπηρετεί τη δουλειά του Δημιουργού.¹⁶ (Proust, 2009). Αναφέρεται επίσης μέσα σε αυτό, στους τρεις νόμους της πλανητικής κίνησης και στο πώς τους ανακάλυψε. (βλ. λίγο παρακάτω).

Το συγκεκριμένο βιβλίο, είχε μεγάλη επιρροή στους συγχρόνους του, αλλά λίγοι αναγνώστες ήταν αυτοί που το κατανοούσαν πλήρως. Στα 25 του χρόνια, ο Kepler, γράφει ακόμα ένα βιβλίο πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, το “*Mysterium Cosmographicum*”. (Gingras, 2003).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο Πυθαγόρας, αναγνώρισε ότι οι ήχοι δημιουργούνται βάση μαθηματικών νόμων, αναλογίες και ποσοστά, τα οποία αποτελούν επίσης και τα θεμέλια ολόκληρου του σύμπαντος. Ο Kepler, δεν συμφωνούσε με τη θεωρία των Πυθαγόρειων, οι οποίοι συνέδεαν τα μουσικά διαστήματα με τις μαθηματικές αναλογίες. Ο Πλάτωνας επίσης, διαφωνούσε με τους Πυθαγόρειους στη συγκεκριμένη θεωρία, διότι θεωρούσε πως τα μαθηματικά πρέπει να τοποθετούνται υψηλότερα από τη μουσική. (σελ. 16).

Ο Kepler, διαφωνούσε με τη σύνδεση των μουσικών διαστημάτων με μαθηματικές αναλογίες, διότι συνέδεε τα πάντα με τη γεωμετρία, η οποία θεωρούσε πως είναι αιώνια, όπως ακριβώς και ο Θεός. (Walker, 2000). Σύνδεσε τη γεωμετρία με όσους τομείς μπορούσε να τη συνδέσει. Για παράδειγμα, θεωρούσε πως ο κύκλος συμβολίζει το πνεύμα και το σώμα του ανθρώπου, πως ο άπειρος αριθμός πολυγώνων μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε θεματική, από την αρχιτεκτονική, μέχρι και την

16. Ο Kepler, θεωρούσε πως ο Δημιουργός μας μπορεί να βρεθεί παντού μέσα στο φυσικό κόσμο στον οποίο ζούμε, και πως η ψυχή μας, κουβαλά το αποτύπωμα του κόσμου αυτού. Το ίδιο πίστευε και ο Πυθαγόρας. (Franklin & Carey, 2005).

πολιτική. Θεωρούσε, πως το μυαλό του ανθρώπου μπορεί να αντιληφθεί κάθε μοτίβο, για αυτό και μπορεί να διακρίνει παντού τη γεωμετρία και πως ένα συγκεκριμένο μοτίβο καθορίζει τη ζωή κάθε ανθρώπου στη Γη. Άρα, θεωρούσε ότι κάθε άνθρωπος, μπορεί να καταλάβει το μοτίβο της ζωής του και να ακολουθήσει το δρόμο που του αρμόζει. (Gaizauskas, 1974)

Παρόλα αυτά, χρησιμοποίησε και εκείνος τις μαθηματικές αναλογίες για να περιγράψει την αρμονία των σφαιρών και για να βρει τις σχέσεις που έχουν οι πλανήτες μεταξύ τους, τον αριθμό των πλανητών, την ταχύτητά τους και τις αποστάσεις τους. Μαζί με τις μαθηματικές αναλογίες, σύνδεσε και τη γεωμετρία, έτσι ώστε να ανακαλύψει διάφορες σχέσεις μεταξύ των πλανητών. (Gaizauskas, 1974). Προσπάθησε να εξηγήσει, πως οι μαθηματικές αναλογίες δεν μπορούν να βρεθούν σε διάφορες σχέσεις από τις οποίες θεωρούσε πως θα βρισκόντουσαν.¹⁷ (Gingras, 2003). Ο Kepler ανακαλύπτει για παράδειγμα, πως οι αρμονικές αναλογίες δεν γίνεται να βρεθούν στον περιοδικό χρόνο των πλανητών (δηλαδή το χρόνο που χρειάζεται ο κάθε πλανήτης για να συμπληρώσει έναν κύκλο γύρω από τον Ήλιο).

Αρμονικές αναλογίες μπορεί κάποιος να βρει στην περιστροφή των πλανητών, στα μεγέθη των πλανητών, τις αποστάσεις τους, τις ταχύτητες και τις ώρες που χρειάζονται για να πραγματοποιήσουν μία ελλειπτική περιστροφή. (Gaizauskas, 1974). Ο Kepler, επιβεβαίωσε τελικά τη σχέση μεταξύ μουσικών αναλογιών και πλανητικής κίνησης, μετά από την ανακάλυψη του πως οι πλανήτες κάνουν ελλειπτικές κινήσεις και όχι κυκλικές. Θεωρίες βασισμένες στη γεωμετρία, είχε μαζί με τον Kepler και ο Giuseppe Tartini, (1692–1770), Νεοπλατωνικός φιλόσοφος και μουσικός της εποχής του Μπαρόκ. (Walker, 2000).¹⁸

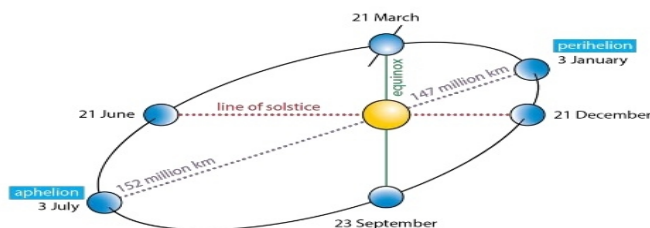
Ο Kepler, είχε αναπτύξει τρεις νόμους σχετικά με τις πλανητικές κινήσεις (Three laws of the planetary motion). (Cirillo, 2009). Ο πρώτος νόμος του Kepler πάνω στις κινήσεις των πλανητών είναι η ελλειπτική κίνηση των πλανητών, με τον ήλιο

17. Οι αναλογίες που ο Πυθαγόρας ανακάλυψε εμπειρικά μέσα από το μονόχορδο, έχουν όλες το ίδιο μοτίβο. Όλες οι ποσότητες του κόσμου λοιπόν, μπορούν να εξηγηθούν και να αποδειχτούν με τον ίδιο τρόπο. Για παράδειγμα, η ζέστη και το κρύο, αποδεικνύονται με μαθηματικές αναλογίες. Για τον Πυθαγόρα, η βάση της δομής του φυσικού σύμπαντος, αποδεικνύεται μέσω των μαθηματικών. (Walker, 2000). Αυτό φαίνεται να μην ισχύει και για τον Kepler.

18. Ο Giuseppe Tartini, είχε ασχοληθεί με τον τομέα της μουσικής και των μαθηματικών και με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, στην οποία αναφέρεται στο βιβλίο του “*Scienza Platonica*”. Σκοπός του συγκεκριμένου βιβλίου, ήταν η κατανόηση ολόκληρου του σύμπαντος μέσα από την αρχαία σοφία.

πάντα να βρίσκεται στο επίκεντρο (ο Kepler, ακολουθώντας τις ανακαλύψεις της εποχής του, γνώριζε πως το σύστημα είναι ηλιοκεντρικό και όχι γεωκεντρικό).

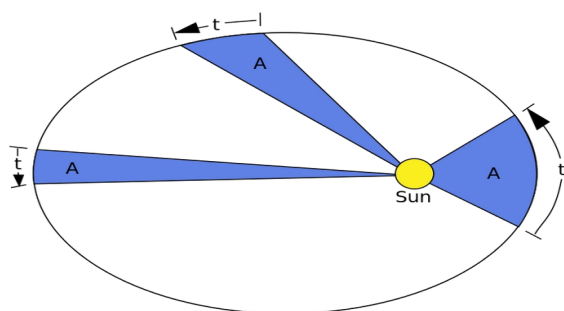
Elliptical Orbit of Earth



Εικόνα 1.2. *Ελλειπτική κίνηση Γης. Αφήλιο – Περιήλιο*, (Inouye, 2016).

Στην παραπάνω εικόνα, φαίνεται η ελλειπτική κίνηση της Γης γύρω από τον ήλιο. Μέσα από την εικόνα, φαίνεται η απόσταση της Γης από τον ήλιο όταν βρίσκεται στο αφήλιο, δηλαδή στο πιο απομακρυσμένο σημείο με τον ήλιο (152 εκατομμύρια χλμ.) και η απόστασή της όταν βρίσκεται στο περιήλιο, δηλαδή το κοντινότερο σημείο με τον ήλιο (147 εκατομμύρια χλμ).

Στο δεύτερο νόμο πλανητικών κινήσεων, ο Kepler παρατηρεί πως αν υπήρχε μία νοητή γραμμή που να συνέδεε τον κάθε έναν πλανήτη με τον Ήλιο, αυτή η γραμμή θα σάρωνε ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους, κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πλανήτη σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Με τη συγκεκριμένη παρατήρηση εξηγεί δηλαδή, γιατί όταν ο πλανήτης βρίσκεται στο περιήλιο κατά τη διάρκεια της τροχιάς του, κινείται γρηγορότερα, ενώ όταν βρίσκεται στο αφήλιο κινείται πιο αργά.



Εικόνα 1.3. *Δεύτερος νόμος του Κέπλερ* (RJHall, 2011)

Στην εικόνα 1.3. μπορείτε να παρατηρήσετε το δεύτερο νόμο του Kepler. Φαίνεται εδώ, πως οι πλανήτες χρειάζονται τον ίδιο ακριβώς χρόνο για να ολοκληρώσουν αποστάσεις οι οποίες δημιουργούν ίσα εμβαδά. Έτσι κινούνται γρηγορότερα κοντά στον ήλιο (περιήλιο) και πιο αργά όταν είναι μακριά από αυτόν (αφήλιο).

Τέλος, ο Kepler στον τρίτο νόμο των πλανητικών κινήσεων, αναφέρει τις ακριβείς σχέσεις μεταξύ των αποστάσεων των πλανητών από τον Ήλιο και τον ακριβή χρόνο που χρειάζεται ο κάθε πλανήτης για να κάνει μία περιστροφή. Οι νόμοι της

πλανητικής κίνησης του Kepler, δημοσιεύτηκαν στο βιβλίο του “*Harmonices Mundi*”, το 1619. (Ferguson, 2011).

Οι θεωρίες του Kepler, βασίζονταν όπως βλέπουμε στην παρατήρηση και τους νόμους της φύσης. Θεωρούσε, ότι η θεωρία του για την αρμονία των ουρανών (The Celestial Harmony), ήταν έγκυρη και πως θα την εκτιμούσαν πολύ οι επιστήμονες σε λίγους αιώνες. (Gingras, 2003).

Οι περισσότερες από τις παρατηρήσεις που είχε κάνει ο Kepler πάνω στην αστρονομία, θεωρούνται ακόμα και σήμερα έγκυρες. Η εγκυρότητα της κοσμολογικής του θεωρίας, διαλύθηκε όταν ανακαλύφθηκε ο πλανήτης Ουρανός, το 1781 και αργότερα ξανά, με την ανακάλυψη των πλανητών Neptune (Ποσειδώνα) και Pluto (Πλούτωνα). Αυτό, γιατί οι αποστάσεις αυτών των πλανητών, δεν είχαν υπολογιστεί στη θεωρία του Kepler. (Gingras, 2003).

Για να κατανοήσει ο Kepler το πώς μπορεί να ακούγεται η αρμονία των σφαιρών, αντιστοιχεί τις αναλογίες των μεγαλύτερων αποστάσεων των πλανητών από τον ήλιο (απόσταση των πλανητών στο αφήλιο) και τις αναλογίες των μικρότερων αποστάσεων των πλανητών από τον ήλιο (απόσταση των πλανητών στο περιήλιο), με αρμονικά διαστήματα. Οι αντιστοιχίσεις αυτές, δεν γίνονται μόνο μεταξύ του κάθε πλανήτη με τις αποστάσεις του από τον ήλιο, αλλά και μεταξύ των γειτονικών πλανητών και των αποστάσεων που αυτοί οι δύο έχουν μεταξύ τους ανάλογα με τη θέση στην οποία βρίσκονται κάθε στιγμή. Με αυτόν τον τρόπο, προκύπτουν διάφορες καινούριες και ξεχωριστές αρμονικές σχέσεις. Αυτές οι αρμονικές σχέσεις, δεν προκαλούν πάντα ένα ευχάριστο αποτέλεσμα στο αυτί μας. Για παράδειγμα, στην αντιστοίχιση των κοντινότερων σχέσεων απόστασης μεταξύ του πλανήτη Άρη με τη Γη, βγαίνει η αναλογία 27/20, η οποία αναλογία, ανταποκρίνεται σε ένα διάστημα μεταξύ μίας 4ης Καθαρής και ενός τρίτονου. (Gingras, 2003).

Μέσα από την παρατήρηση, ο Kepler συνειδητοποίησε πως οι αρμονίες που δημιουργούνται μεταξύ των πλανητών, οφείλονται στην κίνηση τους και όχι στην απόσταση που έχουν μεταξύ τους. Για αυτό, προσπαθεί να βρει τις αρμονικές αναλογίες στις κινήσεις των πλανητών και να εξηγήσει πως μπορεί να δημιουργηθεί μουσική αρμονία, μόνο μέσω της κίνησης των πλανητών.¹⁹ Υποστηρίζει επίσης πως, “στην

19. Ο Jesuit Giovanni Riccioli (1598-1671), στο βιβλίο του “*Almagestum Novum*”, όπου περιγράφει διάφορες αστρονομικές θεωρίες, συμφωνεί με τον Kepler, ότι η ουράνια αρμονία, δεν βρίσκεται στις αποστάσεις μεταξύ των πλανητών, αλλά στις κινήσεις του κάθε πλανήτη. (Gingras, 2003).

πραγματικότητα δεν υπάρχουν αληθινοί ήχοι στον ουρανό και η κίνηση των πλανητών δεν είναι βίαια, όπως μία τριβή που γίνεται από ένα σφύριγμα στον αέρα”.

Ο Kepler, εξήγησε πως ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την αρμονία των σφαιρών, γίνεται με τη χρήση μίας άλλης αίσθησης του σώματος μας, την όραση. Η πληροφορία της κίνησης των πλανητών, μεταφέρεται σε εμάς μέσα από το φως που συλλαμβάνουμε με τα μάτια μας. Το ίδιο λοιπόν και οι αρμονικές σχέσεις των κινήσεων. Η καθημερινή παρατήρηση, μας ωθεί στη βαθύτερη κατανόηση του σύμπαντος στο οποίο ζούμε. Ο Kepler, παρατηρούσε καθημερινά τους πλανήτες και εξέταζε τις καθημερινές εξελίξεις των κινήσεων των πλανητών, από την οπτική του ήλιου. Παρακάτω παρουσιάζονται σε πίνακα οι αποκλίνουσες και οι συγκλίνουσες κινήσεις μεταξύ των πλανητών, σε αντιστοιχία με αρμονικές αναλογίες. (Gingras, 2003):

Αποκλίνουσα κίνηση	Αρμονική αναλογία	Συγκλίνουσα κίνηση	Αρμονική αναλογία
Κρόνος και Δίας	1:3 = 12η	Κρόνος και Δίας	1:2 = οκτάβα
Δίας και Άρης	1:8 = τρεις οκτάβες	Δίας και Άρης	5:24 = δύο οκτάβες και μια 3η μικρή
Άρης και Γη	5:12 = 10η μινόρε	Άρης και Γη	2:3 = 5η Καθαρή
Γη και Αφροδίτη	3:5 = 6η Μεγάλη	Γη και Αφροδίτη	5:8 = 6η μικρή
Αφροδίτη και Ερμής	1:4 = Διπλή οκτάβα	Αφροδίτη και Ερμής	3:5 = 6η Μεγάλη

Πίνακας 1.6. Αποκλίνουσες και Συγκλίνουσες κινήσεις μεταξύ των πλανητών, σε αντιστοιχία με αρμονικές αναλογίες, κατά τον Κέπλερ

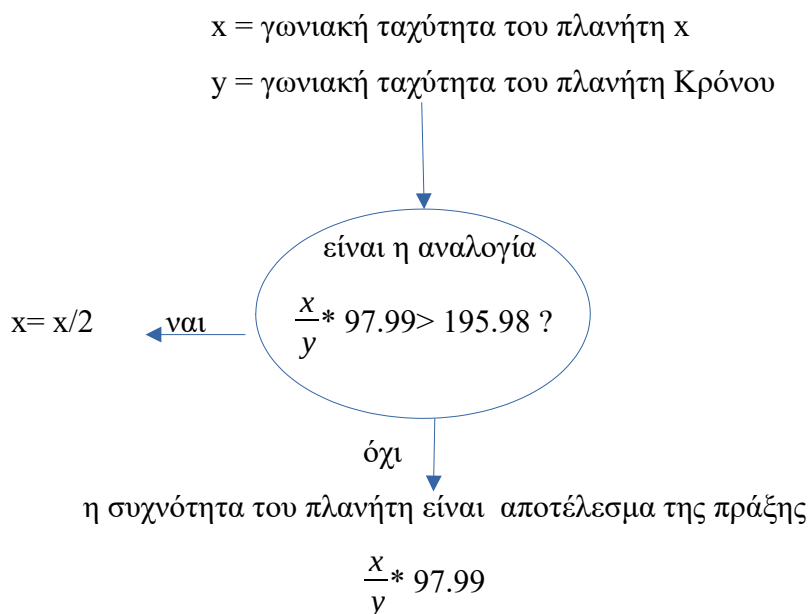
Στον παραπάνω πίνακα, μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα του Kepler, ο οποίος καταλήγει στο συμπέρασμα πως τα μουσικά διαστήματα, προκύπτουν από την καθημερινή κίνηση των πλανητών, στο αφήλιο και στο περιήλιο. Το όριο λάθους που μπορεί να προκύψει στις αναλογίες, είναι είτε ένα σύντομο κόμμα με αναλογία 81:80, ή κάτι λιγότερο από δίεση (25:24). Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, το διάστημα της 4ης Καθαρής δεν βρίσκεται σε καμία από τις σχέσεις των πλανητών. Ο Kepler μας ενημερώνει πως η 4η Καθαρή, μπορεί να βρεθεί μεταξύ της κίνησης του φεγγαριού γύρω από τη Γη (απογή και περιγή/ apogee and perigee). Το φεγγάρι όμως, μπορεί να θεωρούνταν πλανήτης στην αρχαιότητα, αλλά στην εποχή που ζούσε ο Kepler δεν

θεωρείται πως είναι πλανήτης, για αυτό το λόγο και δεν το προσθέτει στον πίνακα παραπάνω. (Gingras, 2003).

Εκτός των παραπάνω αναλογιών, ο Kepler μέσα από συγκεκριμένες πράξεις, προσπάθησε να προσδιορίσει ακριβώς την κάθε νότα που αντιστοιχεί σε κάθε πλανήτη, έτσι ώστε να καταφέρει να δημιουργήσει μία οκτάβα. Ως βάση των πράξεων του, όρισε τον πλανήτη Κρόνο, επειδή είναι ο πιο απομακρυσμένος πλανήτης από τον ήλιο, στα δεδομένα της εποχής του. Ο Κρόνος, αποτελούσε λοιπόν τον παρανομαστή των πράξεων του. Πάνω από τον Κρόνο, τοποθετούσε κάθε έναν από τους πλανήτες στη θέση τους στο περιήλιο και στη θέση τους στο αφήλιο. Οι πράξεις αυτές έχουν την παρακάτω μορφή →

<u>Αφήλιο πλανήτη x</u>	<u>Αφήλιο πλανήτη x</u>	<u>Περιήλιο πλανήτη x</u>	<u>Περιήλιο πλανήτη x</u>
Αφήλιο Κρόνου	Περιήλιο Κρόνου	Περιήλιο Κρόνου	Αφήλιο Κρόνου

Τα αποτελέσματα των αναλογιών των παραπάνω πράξεων, τα χρησιμοποίησε για τη δημιουργία μίας οκτάβας. Για τη δημιουργία της οκτάβας, όρισε ως βάση του τα 97.99 Hz, που είναι η νότα G2 και την οποία αντιστόιχισε στον πλανήτη Κρόνο. Ο τόνος των υπόλοιπων πλανητών, δημιουργείται από τις αντίστοιχες αναλογίες. Το αποτέλεσμα που θα έβγαине για κάθε πλανήτη, θα έπρεπε να είναι είτε μικρότερο, είτε ίδιο των 195.98 Hz που είναι η νότα G3, δηλαδή $97.99 * 2$, μία οκτάβα πάνω από την νότα που αντιστοιχεί στον πλανήτη Κρόνο. Αν το αποτέλεσμα ήταν περισσότερο από 195.98 Hz, τότε έπρεπε να διαιρεθεί η ταχύτητα του πλανήτη, δια 2. (Cirillo, 2009)



Έπειτα, στρογγυλοποιούσε τα αποτελέσματα (τις συχνότητες των πλανητών), που έβγαζε σε κάθε αναλογία και δημιουργούσε τέσσερα διαφορετικά ηχητικά αποτελέσματα, για κάθε έναν από τους πλανήτες. Με αυτόν τον τρόπο, δημιούργησε δύο σκάλες από τις νότες που έβγαλε: η πρώτη σκάλα, η λεγόμενη Genus Durus, αντιστοιχούσε στο αφήλιο των πλανητών και ήταν μία μείζονα κλίμακα και η δεύτερη σκάλα, η Genus Mollis, αντιστοιχούσε στο περιήλιο των πλανητών και ήταν μία ελάσσων κλίμακα. (Cirillo, 2009). Παρακάτω, μία εικόνα που δείχνει τις δύο σκάλες, η πρώτη (Αφήλιο) είναι η σκάλα Genus Durus, ενώ η δεύτερη (Περιήλιο) είναι η Genus Mollis.



Εικόνα 1.4. *Genus Durus and Genus Mollis.*²⁰

Η θεωρία του Kepler, για την αρμονία των σφαιρών, περιλαμβάνει μέσα της πολύ πρόσφατα δεδομένα της αστρονομίας, όπως για παράδειγμα το ηλιοκεντρικό σύστημα και τις ελλειπτικές κινήσεις των πλανητών. Συνδυάζει αυτά τα στοιχεία, με στοιχεία της μουσικής της εποχής του, όπως η πολυφωνία και η αντίστιξη. (Gingras, 2003).

Ο Kepler, μετρούσε τη γωνιακή ταχύτητα κάθε πλανήτη, μέσα από τις κινήσεις τους, γύρω από τον ήλιο, καθημερινά σε δευτερόλεπτα, με σκοπό να συλλέξει αποτελέσματα από έναν αριθμό δονήσεων και να ταιριάζει αυτά τα αποτελέσματα με τόνους. Έτσι, δημιούργησε κάποιες θεμελιώδεις μελωδίες για κάθε γνωστό μέχρι τότε πλανήτη. (Proust, 2009).

Γνωρίζει καλά, πως η κίνηση του πλανήτη Κρόνου στο αφήλιο, είναι η πιο αργή κίνηση μεταξύ όλων των πλανητών και αυτός είναι ένας από τους λόγους που δίνει στον πλανήτη Κρόνο τη χαμηλότερη νότα, το G2. Στο αφήλιο επίσης, για την κίνηση του πλανήτη Άρη, χρησιμοποιεί πολύ συχνά τη νότα F#, ενώ για την κίνηση του πλανήτη Ερμή, χρησιμοποιεί τη νότα C#. Αυτό μπορείτε να το παρατηρήσετε και στην

20. Δημιούργησα την εικόνα με τη χρήση της εφαρμογής musescore, βασισμένη στα δεδομένα του άρθρου του Cirillo. (Cirillo, 2009, pg 16)

κλίμακα Genus Durus που παρουσιάζεται στην εικόνα 1.4. Το περιήλιο και το αφήλιο λοιπόν, δηλώνουν μία συγκεκριμένη τεσιτούρα (θέση) για τον κάθε πλανήτη, στη μουσική.

Ο Kepler, περιμένει πως πολλοί μουσικοί της εποχής του, θα δημιουργήσουν μοτέτα για τη μουσική των πλανητών. Το αναφέρει αυτό σε ένα βιβλίο του.²¹ Προσπαθεί για αυτό το λόγο, να δημιουργήσει ένα σύστημα για την αρμονία του σύμπαντος, που θα δημιουργείται με το συνδυασμό των έξι τότε γνωστών πλανητών, σε συγκεκριμένες στιγμές. Ο Κρόνος, λόγω της θέσης του στο ηλιακό σύστημα, έχει μία πολύ αργή κίνηση. Για την ολοκλήρωση ενός κύκλου γύρω από τον ήλιο, χρειάζεται 30 χρόνια. Το γεγονός αυτό, κάνει τον Kepler να αμφισβητεί για το αν θα ακουστούν έστω και για μία φορά όλοι οι πλανήτες μαζί. Θεωρεί ότι αυτό έχει ήδη συμβεί, τη στιγμή της δημιουργίας των πλανητών. Παρακάτω μία εικόνα που δείχνει τις μελωδίες των πλανητών, όπως τις είχε φανταστεί ο Kepler.



Εικόνα 1.5. Μελωδίες πλανητών κατά τον Κέπλερ

(Gingras, 2003)

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε τις συγκεκριμένες νότες που ορίζει ο Kepler για τους πλανήτες. Ο Κρόνος (Saturn), βλέπουμε πως ξεκινά από τη νότα σολ, φτάνει μέχρι τη νότα σι με βηματική κίνηση και γυρνά πίσω στο σολ. Ο Δίας (Jupiter), ξεκινά και αυτός με τη νότα σολ αλλά σε άλλη θέση, φτάνει στη σι ύφεση και γυρνάει ξανά στο σολ. Έπειτα, ο Άρης (Mars), ξεκινά με τη νότα φα, στο κλειδί του ντο της τέταρτης γραμμής, φτάνει στη νότα ντο και γυρνάει πίσω στη νότα φα, με βηματική κίνηση. Η Γη (Terra), έχει μία πολύ μικρή κίνηση μελωδίας, η οποία αποτελείται από τις νότες σολ, λα ύφεση και σολ. Η Αφροδίτη (Venus), παρατηρούμε πως μένει σταθερή στη

21. Ο Claudio Monteverdi (1567-1643), συνθέτει ένα μαδριγάλι, με θεματική σχετική με την αρμονία των σφαιρών, με τίτλο “Al lume delle stelle”. Επίσης ο Marin Mersenne (1588-1648), συνθέτει το “Traite d’harmonie universelle” το 1627 και, το 1636, συνθέτει το “L’harmonie universelle”. (Proust, 2009).

νότα μι. Στους πλανήτες Αφροδίτη και Γη, χρησιμοποιεί υψηλότερη τεσιτούρα από ότι στους υπόλοιπους πλανήτες, χρησιμοποιώντας το κλειδί του σολ. Ο Ερμής (Mercurius), έχει τη μεγαλύτερη κίνηση μελωδίας, η οποία ξεκινά με τη νότα λα, στο κλειδί του ντο της δεύτερης γραμμής, φτάνει βηματικά στο ντο, μία 10η πάνω και κατεβαίνει με διάστημα τρίτης, έπειτα τέταρτης και μετά ξανά τρίτης, μέχρι να καταλήξει στο αρχικό λα. Τέλος, για το φεγγάρι, το οποίο πλέον δεν θεωρείται πλανήτης, χρησιμοποιεί για τη μελωδία του τις νότες σολ (ξανά σε άλλη τεσιτούρα), μέχρι το σι βηματικά προς τα πάνω και πάλι πίσω στο σολ.

Παρατηρούμε τη χρήση διαφορετικών κλειδιών για την περιγραφή των μελωδιών του κάθε πλανήτη. Ο Kepler αλλάζει συνεχώς τη θέση των κλειδιών, δηλώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις διαφορές, ως προς τα μεγέθη των πλανητών, μέσα από τις μελωδίες που δημιουργεί.²²

Οι πλανήτες οι οποίοι “τραγουδούν” σε υψηλότερες τεσιτούρες, είναι οι πλανήτες των οποίων η καθημερινή κίνηση βρίσκεται κοντύτερα στον ήλιο και των οποίων τα μεγέθη διακυμαίνονται σε μεσαία και μικρά. Στο παράδειγμα παραπάνω, ο πλανήτης Ερμής έχει τις υψηλότερες συχνότητες, ενώ ο πλανήτης Κρόνος τις χαμηλότερες και αυτό λόγω των αποστάσεων τους από τον ήλιο, της ταχύτητας κίνησης τους γύρω από αυτόν, (ο Ερμής είναι ο πιο κοντινός πλανήτης στον ήλιο και κινείται γρηγορότερα, ενώ ο Κρόνος είναι ο πιο μακρινός και κινείται πιο αργά) και του μεγέθους τους (ο Κρόνος είναι ο μεγαλύτερος σε μέγεθος πλανήτης, ενώ ο Ερμής ο μικρότερος).

Στο βιβλίο του ο Kepler, περιγράφει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για κάθε έναν από τους πλανήτες. Πάντα υπενθυμίζει στους αναγνώστες του πως οι πλανητικές κινήσεις, δεν παράγουν στην πραγματικότητα ήχο. Συγκρίνει όμως και αντιστοιχεί τις αναλογίες των πλανητών με συγκεκριμένους ρόλους. Αυτοί οι ρόλοι, είναι οι τραγουδιστές μίας χορωδίας. (Gingras, 2003).

Οι δύο μεγαλύτεροι πλανήτες, δηλαδή ο Κρόνος και ο Δίας, θεωρεί πως ταιριάζουν στη φωνή του μπάσου της χορωδίας. Θεωρεί δηλαδή πως ο Κρόνος, θα είχε έναν αργό και βαθύ ήχο και ο Δίας, έναν σοβαρό αλλά χαρμόσυνο ήχο. Τα αρμονικά διαστήματα, (τα οποία μπορείτε να δείτε στον πίνακα 1.6., στη σελίδα 34), που δημιουργούνται μεταξύ του πλανήτη Κρόνου και του πλανήτη Δία, ποικίλουν από μία

22. Η οπτική του Kepler, πάνω στις μελωδίες των πλανητών. Σύνοψη της Anna Lombardi. Τίτλος του βίντεο → Giovanni Keplero – Harmonices Mundi. <https://www.youtube.com/watch?v=WihmsRinpQU> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

οκτάβα μέχρι και διάστημα 12ης, ανάλογα το σημείο στο οποίο βρίσκονται μεταξύ τους οι δύο πλανήτες.

Ο Άρης, που είναι ο επόμενος σε μέγεθος πλανήτης, έχει ένα πιο ελεύθερο μουσικό μέρος, το οποίο μπορεί να ταιριάζει με τη φωνή του τενόρου σε ένα σύνολο χορωδίας. Θα μπορούσαμε δηλαδή να χαρακτηρίσουμε τον ήχο του ως γρήγορο, απειλητικό και σκληρό.

Από την άλλη παρατηρούμε πως η Γη και η Αφροδίτη, έχουν ένα πολύ μικρό μέρος στις μελωδίες τους και όχι πολύ μεγάλες αποστάσεις και κινήσεις μεταξύ τους, για αυτό και αντιστοιχεί τη Γη και την Αφροδίτη με το μέρος της άλτο. Θεωρεί πως η Αφροδίτη, έχει έναν απαλό και πλούσιο ήχο.

Τέλος, ο Ερμής, είναι ο πλανήτης ο οποίος κινείται πιο γρήγορα από όλους τους υπόλοιπους και έχει και το μεγαλύτερο φάσμα μελωδίας, αν κοιτάξουμε την εικόνα 1.5 στη σελίδα 37. Έτσι, αντιστοιχεί τον πλανήτη Ερμή με τη φωνή της σοπράνο, γεμάτος ενέργεια και με ποικιλία στις μελωδίες του. Τίποτα στο ηλιακό μας σύστημα δεν θεωρείται τυχαίο για τον Kepler. Όλα μπορούν να εξηγηθούν.

Ο Kepler, τελειώνει το βιβλίο του με ένα φιλοσοφικό επίλογο. Θεωρεί πως ο ήλιος, ο οποίος είναι και το κέντρο του ηλιακού συστήματος μας, όπως επίσης το μέρος του κόσμου όπου ακούγεται καλύτερα η αρμονία των σφαιρών, είναι στην πραγματικότητα η θέση του Δημιουργού του κόσμου και της φύσης και ο πληθυσμός που κατοικεί εκεί πάνω, είναι πρίγκιπες και πνεύματα. (Gingras, 2003).

Ενθουσιώδης υποστηρικτής των θεωριών του Kepler, ήταν ο Άγγλος αστρονόμος Jeremiah Horrocks (1618 - 1641), ο οποίος έγραψε το βιβλίο “*Astronomia Kepleriana defensa promotata*”, το 1673. Δυστυχώς πέθανε νέος και δεν κατάφερε να πάει τις θεωρίες του Kepler ένα βήμα παραπέρα.

Δεκαετίες αργότερα, οι αστρονομικές θεωρίες του Newton και η ανάπτυξη της ακουστικής, αντικατέστησαν τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών. Οι θεωρίες του Newton, βασιζόνταν στα μαθηματικά και τη φυσική. (Gingras, 2003). Ο Isaac Newton, στο βιβλίο του “*Principia*”, το 1687, αναφέρεται στους νόμους της κίνησης και της βαρύτητας. Υπολογίζει τις σχέσεις των ήχων σε 18 κλίμακες ελληνικών τρόπων και ανατολίτικης παράδοσης, χρησιμοποιώντας λογάριθμους (Proust, 2009). Ο Newton, θεωρεί πως η αρμονία των σφαιρών, δημιουργείται μέσω της κίνησης των πλανητών, (όπως και ο Kepler) και πως σχετίζεται επίσης και με τη βαρύτητα. Συσχετίζει επίσης τη μουσική με το φως. Συνδέει τους επτά πλανήτες με επτά νότες και επτά χρώματα.

Αυτά τα τρία στοιχεία, θεωρεί πως διαμορφώνουν τη μουσική των σφαιρών. (Proust, 2009)

Κατά τη διάρκεια της εποχής του Μπαρόκ, υπάρχουν μουσικές συνθέσεις από διάφορους καλλιτέχνες της εποχής αυτής, που ήταν εμπνευσμένες από τον τομέα της αστρονομίας. Ο Bach (1685-1750), ήταν ένας από τους μουσικούς που σύνθεσε ένα έργο, εμπνευσμένος από τον τομέα της αστρονομίας. Η μελωδία που χρησιμοποίησε για τη σύνθεσή του, προέρχεται από ένα παλιό μουσικό θέμα με τίτλο “*Wie schon leuchtet der Morgenster*”, που σημαίνει πόσο φωτεινά λάμπει το πρωινό αστέρι. Άλλο έργο από τον Bach, πάνω σε θεματική που να σχετίζεται με κάποιο τρόπο με την αρμονία των σφαιρών, δεν υπάρχει. (Proust, 2009).

Συνθέσεις για όργανο με θεματική από τον τομέα της αστρονομίας, έγραψε επίσης ο Dientrich Buxtehude (1637-1707). Συγκεκριμένα, σύνθεσε μία Passacaglia, η οποία ήταν χωρισμένη σε τέσσερα μουσικά μέρη. Τα τέσσερα αυτά μέρη, παρομοίαζαν τις τέσσερις φάσεις του φεγγαριού, στις 28 μέρες κύκλου του. (Proust, 2009).

1.3 Από τον Κλασικισμό ως τον 20ο αιώνα

1.3.1 Κλασικισμός

Παρατηρούμε, πως από την αρχαιότητα, μέχρι και τον 16ο αιώνα περίπου, οι αστρονόμοι και οι φιλόσοφοι των εποχών αυτών, είχαν αναπτύξει διάφορες θεωρίες για το σύμπαν και τους πλανήτες, (βασισμένοι περισσότερο στους αρχαίους συγγραφείς), όπως για παράδειγμα, το ότι οι πλανήτες κινούνται σφαιρικά γύρω από τη Γη και ότι δημιουργούν την αρμονία των σφαιρών.

Κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα και μετά, οι απόψεις και οι θεωρίες που υπήρχαν μέχρι τότε, αλλάζουν. Πολλοί επιστήμονες και φιλόσοφοι της εποχής αυτής, αμφέβαλλαν για τη δομή του κόσμου όπως την είχαν φανταστεί οι Πυθαγόρειοι, όπως και για τις Πυθαγόρειες αναλογίες και τις αρμονικές σχέσεις που έχουν οι πλανήτες μεταξύ τους. (Gingras, 2003).

Το 1788, ο Johann Elert Bode (1747 – 1826), Γερμανός αστρονόμος, έκανε μία μεγάλη ανακάλυψη σχετικά με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, που έφερε το θέμα ξανά στην επιφάνεια για διάφορους μουσικούς, αστρονόμους και φιλοσόφους της εποχής. Δημοσίευσε έναν εμπειρικό νόμο που είχε μεγάλη επιτυχία, ο οποίος έδειχνε πως τα μαθηματικά κυριαρχούν ολόκληρο τον κόσμο, ακριβώς αυτό που πίστευε και ο

Πυθαγόρας στην αρχαιότητα. Θεωρούσε επίσης, πως οι αποστάσεις των πλανητών με τον ήλιο μπορούν να εκφραστούν ως γεωμετρικές ακολουθίες (όπως ακριβώς θεωρούσε και ο Kepler πως λειτουργεί το σύμπαν). (Proust, 2009).

Ο φιλόσοφος Immanuel Kant, (1724 – 1804), δημοσίευσε το 1755, το “*Theory of the Heavens*”, (η θεωρία των ουρανών) και αναφέρεται και αυτός στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών.

Υπήρξαν διάφοροι μουσικοί, τους οποίους απασχόλησε η θεματική του σύμπαντος στην εποχή του Κλασικισμού. Ένας από αυτούς, ήταν ο Mozart, (1756 – 1791), που παρουσιάζει την οπτική του για τον κόσμο στο “*Il Sogno di Scipione*”, μία παρουσίαση της ιστορίας του Κικέρωνα → Scipio’s Dream.

Ο Joseph Haydn, (1792 – 1809), ήταν ακόμη ένας μουσικός της εποχής του Κλασικισμού, ο οποίος σύνθεσε ένα ορατόριο βασισμένος στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, με την ονομασία “*The Creation*”, μετά από μία συνάντηση που είχε με τον William Herschel, (1738 – 1822). Ο William Herschel, ήταν αστρονόμος ο οποίος ασχολήθηκε με τη μουσική και την αστρονομία, όπως επίσης ο Friedrich Bessel και ο James Jeans. (Gaizauskas, 1974).

Τις Πυθαγόρειες θεωρίες ασπαζόταν και ο Γάλλος μουσικός συνθέτης και θεωρητικός, Jean Philippe Rameau, (1683-1764). “*Παραδέχομαι ότι μόνο με τη βοήθεια των μαθηματικών, οι ιδέες μου έγιναν πιο καθαρές*”. (Godwin, 1992). Ο Rameau, συνειδητοποιεί ότι οι μαθηματικές αρχές βρίσκονται σε κάθε τομέα της ζωής μας, μπορούν να εξηγήσουν όλες τις ομορφιές του σύμπαντος και μπορούν να βρεθούν ακόμα και στις τέχνες, όπως για παράδειγμα, στη μουσική αρμονία.

Πολλοί συνθέτες χρησιμοποίησαν την ιδέα της αρμονίας των σφαιρών με διαφορετικούς τρόπους και μεγάλη επιτυχία. Προσπάθησαν να προσεγγίσουν τον κόσμο, μέσα από τη σύνδεση της αστρονομίας και της μουσικής.

Εκτός από συνθέτες την εποχή αυτή, διάφοροι φιλόσοφοι ασχολήθηκαν με τη θεματική. Για παράδειγμα ο Arthur Schopenhauer (1788 – 1860) στο έργο του “*The World as Will and Representation*” αφιερώνεται στη μουσική. Αυτό το έργο, ήταν μία πηγή έμπνευσης για τον Richard Wagner. Χρησιμοποιεί μία ελληνική κλίμακα, για να παρουσιάσει την ιεραρχία του σύμπαντος, μέσα στο πρελούδιο του: “*Das Rheingold*”. (Godwin, 1992).

Εκείνη την εποχή περίπου, ένας συγγραφέας προσπάθησε να παρουσιάσει τη δική του οπτική στη μουσική θεωρία. Ο συγγραφέας αυτός ονομαζόταν Fabre d’Olivet, έζησε το 1767 μέχρι το 1825 και έγραψε ένα μεγάλο μουσικό - θεωρητικό έργο, με

τίτλο: “ *La Musique expliquée comme science et comme art*”, που σημαίνει η μουσική, ερμηνευμένη μέσα από την επιστήμη και τις τέχνες. Δεν κατάφερε να το εκδώσει, αλλά βρέθηκε ολόκληρο το έργο του, κατά τη διάρκεια του Β’ Παγκόσμιου πολέμου. Οι θεματικές που τον απασχολούσαν στο συγκεκριμένο μουσικό– θεωρητικό βιβλίο ήταν οι εξής:

- 1) η κατωτερότητα της μοντέρνας μουσικής,
- 2) η ανωτερότητα των Αρχαίων και της δικής τους μουσικής (ειδικά των αρχαίων Αιγυπτίων),
- 3) η ανακάλυψη της αρχαίας Κινέζικης σοφίας και του μουσικού συστήματός τους,
- 4) η αντιστοίχιση των επτά πλανητών, με νότες,
- 5) το Πυθαγόρειο κούρδισμα ως το σωστότερο κούρδισμα των κλιμάκων,
- 6) η άγνοια μας στις θεραπευτικές δυνάμεις της μουσικής,
- 7) η κυριαρχία της μελωδίας, πάνω από την αρμονία και η κυριαρχία της φωνής, πάνω από τα άλλα όργανα. (Godwin, 1992).

Ο συγκεκριμένος συγγραφέας, αντιστοιχεί τις νότες με τους πλανήτες, όπως παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα (Godwin, 1992):

Πλανήτης	Κρόνος	Ήλιος	Φεγγάρι	Άρης	Ερμής	Δίας	Αφροδίτη
Νότα	B (σι)	E (μι)	A (λα)	D (ρε)	G (σολ)	C (ντο)	F (φα)

Πίνακας 1.7. *Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής, κατά τον Fabre d’Olivet.*

Παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα, πως ο Fabre d’Olivet, έχει επιλέξει να τοποθετήσει τους πλανήτες με διαφορετικό τρόπο από ότι σε όλα τα προηγούμενα συστήματα που έχουμε δει παραπάνω. Δεν τοποθετεί στο σύστημά του τη Γη, αλλά τον Ήλιο, ακολουθώντας όπως φαίνεται τα αρχαία μοντέλα του συστήματος του σύμπαντος, ως λάτρης της αρχαίας σοφίας. Βλέπουμε επίσης ότι οι νότες είναι τοποθετημένες με απόσταση μίας 4ης μεταξύ τους (σι–μι–λα–ρε–σολ–ντο–φα), ξεκινώντας με τον πλανήτη που είναι θεωρητικά ο πιο μακρινός (Κρόνος) και σταματώντας στον πλανήτη Αφροδίτη.²³

23. Η σειρά των πλανητών, από τον πιο κοντινό στον ήλιο μέχρι τον πιο μακρινό, είναι: Ερμής, Αφροδίτη, Γη (φεγγάρι, το οποίο δεν θεωρείται πλανήτη αλλά τοποθετείται στον παραπάνω πίνακα), Άρης, Δίας, Κρόνος, Ουρανός, Ποσειδώνας (οι δύο τελευταίοι λείπουν από τον πίνακα).

Οι παραπάνω θεωρίες, ανήκουν στην εποχή του Κλασικισμού και στην εποχή του 18ου αιώνα. Όταν ήρθε ο Ρομαντισμός, δηλαδή τον 19ο αιώνα, οι συνθέτες στον κόσμο της μουσικής, ξεκίνησαν να δείχνουν ένα ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το σύμπαν και τη λειτουργία του κόσμου. Κυριαρχούσε η επιστροφή στις θεωρίες, τις φιλοσοφίες και τα ιδανικά των αρχαίων Ελλήνων. Διάφοροι μύθοι της εποχής της αρχαιότητας, ήρθαν πάλι στο φως. Μύθοι οι οποίοι είχαν σχέση με φυσικά γεγονότα, ή τους πλανήτες. Μύθοι για τον ήλιο και το φεγγάρι.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε στα έργα των συνθετών που θα αναφέρω παρακάτω, πως γίνεται μία πολλαπλή χρήση της θεματικής του φεγγαριού και του ήλιου, στις συνθέσεις της εποχής. Επίσης, παρατηρούμε το γεγονός ότι οι μουσικοί της εποχής, συνέθεταν μουσικά έργα, μέσα από την παρατήρηση των ουρανών και συνέδεαν ολόκληρο τον κόσμο, με τον άνθρωπο, όπως ακριβώς γινόταν και στην αρχαιότητα.

Συνθέτες της εποχής που συνέθεσαν μουσικά έργα με θεματική σχετική με το σύμπαν ήταν: ο Carl Orff, (1895–1982) με το έργο “*Der Mond*”, που σημαίνει το φεγγάρι, ο Louis Vierne, (1870–1937) με το “*Hymne de Soleil*”, ύμνος του ήλιου και το “*Clair de Lune*”, το σεληνόφως, ο Jules Massenet, ο οποίος μέσω της παρατήρησης των ουρανών έγραψε δύο συνθέσεις βασισμένες σε θεματική σχετική με την αστρονομία, ο Camillie Saint Saens, (1835–1921), ο Alexander Scriabin, (1872–1915), με το έργο του “*Poem of Ecstasy*”, μέσα στο οποίο προσπαθεί να παρουσιάσει την ενότητα ολόκληρου του σύμπαντος με τον άνθρωπο και ο Max Reger, (1873-1916), ο οποίος χρησιμοποίησε τον ύμνο “*Wie schon leuchtet der Morgenster*”, που σημαίνει πόσο φωτεινά λάμπει το πρωινό αστέρι, για μία σύνθεση του σε όργανο (τον ύμνο αυτό, χρησιμοποίησε και ο Μπαχ σε δική του σύνθεση, κατά την εποχή του Μπαρόκ, βλ. σελ. 40). (Proust, 2009).

1.3.2. 20ος αιώνας

Στην εποχή του 20ου αιώνα, γίνονται σημαντικές ανακαλύψεις πάνω στην επιστήμη της φυσικής. Διάφοροι νόμοι, όπως η θερμοδυναμική των ταλαντευόμενων φαινομένων, εμφανίστηκαν εκείνη την εποχή. Ο τομέας των επιστημών συνδέθηκε πολύ εύκολα με τον τομέα των τεχνών. Για παράδειγμα, τον 20ο αιώνα, ο Σουηδός μαθηματικός Hans Cousto, μετέτρεψε τις πλανητικές ταχύτητες σε μουσικούς τόνους (δηλαδή σε Hz). (Franklin & Carey, 2005).

Ο αστρονόμος Johan Ludvig Emil Dreyer, το 1906, εξηγεί τους τρόπους με τους οποίους κινούνται οι πλανήτες στον ουρανό και το πώς μπορούν να δημιουργήσουν μουσικά διαστήματα μεταξύ τους. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο μέρος της εργασίας, οι νότες που αντιστοιχούνται σε κάθε πλανήτη, για τη δημιουργία της αρμονίας των σφαιρών, βασίζονται στις αναλογίες που δημιουργούνται από την ταχύτητα κίνησης του κάθε πλανήτη. Με την αλλαγή της ταχύτητας, στην περιστροφή ενός πλανήτη, αλλάζουν και τα μουσικά διαστήματα. Όλα αυτά, είναι βασισμένα στο ηλιοκεντρικό σύστημα και όχι στο γεωκεντρικό.

Ο Dreyer, θεωρεί πως η ένταση ανεβαίνει μουσικά, όταν οι περισσότεροι πλανήτες (όχι όλοι), βρίσκονται στο ίδιο σημείο, την ίδια στιγμή. Είναι απίθανο βέβαια όλοι οι πλανήτες να βρεθούν την ίδια χρονική στιγμή, στο ίδιο χωρικό σημείο. Αυτό συνέβη κατά τη δημιουργία του κόσμου, κοινώς το Big Bang. Τότε, θεωρείται πως όλοι οι πλανήτες βρέθηκαν στο ίδιο σημείο, την ίδια στιγμή και δημιουργήθηκε η τέλεια αρμονία (αυτήν την άποψη έχει και ο Kepler).

Ο Dreyer, όπως ακριβώς και ο Kepler, συνδέει τους πλανήτες με τις φωνές μία χορωδίας (βλ. σελ. 38). Θεωρεί ότι ο Κρόνος και ο Δίας, που είναι οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος πλανήτες, είναι οι μπάσοι της αρμονίας του σύμπαντος. Αντιστοιχεί τον πλανήτη Άρη, στη φωνή του τενόρου. Η Γη και η Αφροδίτη, αντιστοιχούνται στη φωνή της άλτο και, τέλος ο Ερμής, που είναι και ο μικρότερος πλανήτης και ο πλανήτης που βρίσκεται στο κοντινότερο σημείο του ήλιου, αντιστοιχεί στη φωνή της σοπράνο. (Gaizauskas, 1974)

Καλλιτέχνες της εποχής του 20ου αιώνα, που συνέθεσαν μουσικά κομμάτια βασισμένοι στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών ήταν ο Paul Hindemith, (1895–1963), με το έργο του “*The harmony of the World*”, ο John Cage, (1912–1999) το “*Atlas Eclipticalis*” και ο Stockhausen, (1928–2007), το “*Tierkreis*”. (Proust, 2009).

Ο συνθέτης Gustav Holst, ο οποίος έγραψε τη μουσική σύνθεση “*The Planets*”, (1914–1916), θεωρεί πως η επιστήμη κάποια στιγμή θα καταφέρει να μας δώσει την ακριβή αρμονία των σφαιρών και ήχους του κάθε πλανήτη, κατά την κίνησή τους, όπως ακριβώς έκανε και με το οπτικό μέρος (το γεγονός δηλαδή πως μέσα από τηλεσκόπια, μπορούμε να δούμε όλους τους πλανήτες). Το έργο του, χωρίζεται σε επτά μέρη. Ένα από αυτά, έχει τον τίτλο “*Neptune*”, στο οποίο θεωρείται πως τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν στη μισή ταχύτητα του φωτός. Οι ήχοι των σφαιρών, είναι ένας ενισχυμένος και διασκορπισμένος θόρυβος από τους ανθρώπους. Ένα ακόμα μέρος του κομματιού,

το οποίο έχει διαφημιστεί πολύ για την έντασή του, έχει τον τίτλο “*Planet Suite*”. (Lowenthal, 2006).

Το 1978, ο Arvo Part, συνθέτει το κομμάτι “*Mirrors in the Mirror*”, μία σύνθεση για βιολί και πιάνο, η οποία ακολουθά αυστηρούς μαθηματικούς κανόνες. Οι κανόνες αυτοί, είναι αποφασισμένοι εξαρχής στο κομμάτι. Έχει παρουσιαστεί στο πρόγραμμα “*Harmony of the Spheres*”, το 2011, όπου οι μουσικοί που συμμετείχαν, ακολουθούσαν μία μοντέρνα χωρική παρουσίαση, για κάθε κομμάτι που ερμήνευαν. Για κάθε ένα μουσικό έργο, ακολουθούσαν διαφορετικές τεχνικές παρουσίασης σχετικά με το πώς θα κάθονται στο χώρο. Στη συγκεκριμένη σύνθεση, δεν ακολούθησαν κάποια περίεργη χωρική τοποθέτηση, αλλά αυτό που ο συνθέτης ζητούσε για το κομμάτι. Τα βασικά χαρακτηριστικά της παρουσίασης, ήταν πως οι μουσικοί, έπαιζαν στις άκρες ενός μεγάλου πενταγώνου, υπήρχαν δέκα ηχεία, και το κοινό καθόταν σε διάφορα τυχαία σημεία, μέσα στο χώρο. (Grimm et al. 2011).

Ένα ακόμη μουσικό έργο που παρουσίασαν, από την ίδια εποχή και πάνω στη συγκεκριμένη θεματική, ήταν του συνθέτη Steve Reich, το “*Violin Phase*” (1967), για βιολί και μαγνητοταινία τεσσάρων βιολιών. Παρουσιάζεται από την ομάδα ως “*Viol Phase*” για πέντε βιόλες ντα γκαμπα. Εκεί παρουσιάστηκε και το κομμάτι “*In Nomine*” το οποίο αναφέρεται λίγο πιο πίσω και του οποίου ο σύνδεσμος για να το ακούσετε μπορεί να βρεθεί στην εργασία αυτή. (Grimm et al. 2011).

Ο Iannis Xenakis, ήταν ακόμη ένας συνθέτης του 20ου αιώνα, ο οποίος έχει ασχοληθεί πολύ με τη θεματική της αρμονίας των σφαιρών, αλλά όχι απλά μέσω των συνθέσεων του. Ο Xenakis, είχε κάνει μία καθολική έρευνα, έτσι ώστε να μαζέψει όλη τη γνώση και την εμπειρία τριών χιλιάδων χρόνων μουσικής ιστορίας. Είχε τα μαθηματικά ως οδηγό για την έμπνευσή του. Ο Xenakis, είχε αναρωτηθεί πολύ για τον Πυθαγόρα και τους Πυθαγόρειους. Θεωρούσε πως σε έναν βαθμό, όλοι είμαστε Πυθαγόρειοι.²⁴ Οι Πυθαγόρειοι είχαν συνδέσει τις μαθηματικές σχέσεις με τη μουσική. Μέσω αυτής της σύνδεσης, τοποθέτησαν τα μαθηματικά σε μία σειρά, έτσι ώστε να μπορέσουν να ανακαλύψουν έναν συνδετικό κρίκο μεταξύ όλων των στοιχείων του σύμπαντος. Σε ένα άρθρο το 1965, με τίτλο “*Toward a philosophy of music*”, ο Xenakis

24. Ο Bertrand Russell, το 1924, θεωρούσε περίεργο το γεγονός να γυρνάμε στις θεωρίες των Πυθαγόρειων. Η απάντηση του Xenaki, ήταν πως όλοι είμαστε Πυθαγόρειοι. Εξάλλου, ο Πυθαγόρας είχε επηρεάσει πολλούς ανθρώπους ανά τους αιώνες, όπως τον Πλάτωνα, τον Αριστοτέλη, τον Ευκλείδη, τον Πτολεμαίο, τον Zarlino, τον Kepler και τον Rameau. (Mousoulides, 2005)

αναρωτιέται “τι επιδράσεις μπορεί να έχει το πεδίο των Πυθαγόρειων για τη μουσική σύνθεση και με τι τρόπους;”.

Το μοντέλο της αρμονίας των σφαιρών, βασίζεται στο γεγονός πως τα πάντα είναι αριθμός και αφού μπορούμε να μετρήσουμε τον ήχο με αριθμητικές αναλογίες, και τις κινήσεις των πλανητών μέσω των μαθηματικών, τότε αυτά μπορούν να συνδυαστούν και να εξάγουν ένα αποτέλεσμα, το οποίο να αποδεικνύεται, άρα να είναι και αληθές. Το ότι ο κόσμος είναι βασισμένος στα μαθηματικά, είναι η πραγματικότητα στην οποία βασίζεται η αρμονία των σφαιρών. Αυτό το γεγονός, εμφανίζεται και στην Πολιτεία του Πλάτωνα, στο μύθο του Ηρός, ο οποίος μύθος έχει χρησιμοποιηθεί και από τον Xenaki και αποτελεί τον τίτλο ενός έργου του: “*La Legende de Eer*” γραμμένο το 1977. (Mousoulides, 2005).

Όπως αναφέρεται και στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου, κατά τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, οι ελλειπτικές κινήσεις των πλανητών αντιστοιχούνται με μουσικές αναλογίες μέσω των μαθηματικών. Το συμπέρασμα αυτής της αντιστοίχισης και παρατήρησης, είναι πως κάθε ένας από τους πλανήτες, δημιουργεί διαφορετικούς μουσικούς ήχους κατά τη διάρκεια της κίνησής του. Επειδή όλα αυτά είναι βασισμένα σε μία μαθηματική σειρά, όπως ακριβώς και ολόκληρος ο κόσμος, η μουσική που παράγεται από τη κίνηση των πλανητών, είναι συνεχής και υπέροχη. Ο λόγος που δεν την ακούμε εμείς, είναι επειδή την έχουμε συνηθίσει και την έχουμε συνδέσει με την απόλυτη σιωπή.

Οι Πυθαγόρειοι, χρησιμοποιούσαν την υπόθεση της αρμονίας των σφαιρών ως έναν συμβολισμό, πως το σύμπαν είναι πράγματι ενωμένο με τους αριθμούς και πως η μουσική η οποία δημιουργείται με βάση αυτές τις συγκεκριμένες αριθμητικές σχέσεις, είναι η ιδανική μουσική. Η ιδέα του Xenaki να φέρει πίσω τα μαθηματικά στη μουσική, προήλθε από το Πυθαγόρειο μοντέλο και τις Πυθαγόρειες θεωρίες. Και αυτός, όπως και οι Πυθαγόρειοι, θεωρούσε πως τα μαθηματικά που εφαρμόζονται στη φύση (βιολογία, αστρονομία) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε μουσική σύνθεση. (Mousoulides, 2005).

Μέσα από αυτήν την ιστορική αναδρομή, μπορούμε να παρατηρήσουμε στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, πως οι Πυθαγόρειες θεωρίες συνέχισαν να αναπαράγονται από την εποχή της αρχαιότητας μέχρι και τον 20ο αιώνα. Λόγω αυτών των θεωριών και τους ανθρώπους οι οποίοι γοητεύτηκαν από την ιδέα της αρμονίας των σφαιρών, η θεωρία αυτή παρέμεινε ζωντανή για χιλιάδες χρόνια.

Κεφάλαιο 2

Η θεώρηση της αρμονίας των σφαιρών στη σύγχρονη μουσική

Η θεώρηση της αρμονίας των σφαιρών στη σύγχρονη μουσική

Περνώντας από την εποχή της απλής παρατήρησης στην εποχή της τεχνολογίας, βρισκόμαστε ξαφνικά αντιμέτωποι με πολλή πληροφορία γύρω μας. Διάφορες απορίες που έχει η ανθρωπότητα από την αρχή της ύπαρξής της, τώρα αποδεικνύονται λόγω της μεγάλης εξέλιξης της τεχνολογίας. Έτσι και με τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, τα δεδομένα μας έχουν πλέον αλλάξει.

Μπορούν όντως να συνδυαστούν οι λέξεις ήχος και διάστημα, όπως πίστευαν οι αρχαίοι; Όπως γνωρίζουμε, ο ήχος χρειάζεται κάποιο μέσο για να μεταφέρεται και για να υπάρξει μέσα σε ένα χώρο. Για να υπάρξει ένα ηχητικό κύμα, θα πρέπει να έχει συχνότητα είτε ίση είτε λιγότερη με τη συχνότητα της σύγκρουσης των ατόμων.

Ακουστική υπάρχει στη Γη (μπορούμε να την ηχογραφήσουμε με τη χρήση μικροφώνων), στους ωκεανούς (την ηχογραφούμε χρησιμοποιώντας τα λεγόμενα υδρόφωνα) και στην ατμόσφαιρα γύρω από τη Γη. Με αυτά τα δεδομένα δημιουργούνται διαφορετικές απορίες. Θα μπορούσαμε να βρούμε ήχο έξω από την ατμόσφαιρα της Γης; Και αν ναι, πώς θα μετρήσουμε την ακουστική στο διάστημα;

Ο ήχος μπορεί να φανεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη του σύμπαντος. (Lynch, 2017). Το σύμπαν μπορεί να έχει τα θεμέλια του πάνω στον ήχο, όπως πίστευαν και οι αρχαίοι.²⁵ Μπορούν λοιπόν να συνυπάρξουν η ακουστική επιστήμη με την αστρονομία;

Αφού εξετάσαμε διάφορες θεωρήσεις από την αρχαιότητα, μέχρι και τον 20ο αιώνα, σε ένα μη πραγματικό επίπεδο, από καλλιτέχνες και θεωρητικούς, προχωράμε στα πραγματικά δεδομένα που έχουμε στα χέρια μας από τη NASA. Σε αυτό το κεφάλαιο, ξεφεύγοντας από τις αρχαίες θεωρίες, παρουσιάζονται μουσικοί της εποχής μας, οι οποίοι με τη χρήση των νέων τεχνολογιών, δημιουργούν μουσικά έργα, συνδέοντας τα δεδομένα που έχουμε πάνω στα χαρακτηριστικά των πλανητών, με ήχο. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούν, θα αναλυθούν αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

25. Για τους αρχαίους Έλληνες η μουσική και τα μαθηματικά είναι τα θεμέλια του σύμπαντος. (Τα πάντα είναι αριθμός).

2.1 Η επιστημονική θεώρηση της NASA

20 Αυγούστου και 5 Σεπτεμβρίου του 1977. Η NASA στέλνει δύο διαστημόπλοια με την ονομασία Voyager στο διάστημα. Τα δύο αυτά διαστημόπλοια μετέφεραν πάνω τους ένα δίσκο με ένα ειδικά φτιαγμένο βίντεο από τη Γη, που αποτελούνταν από 118 φωτογραφίες από τη Γη, σε συνδυασμό με διάφορες ηχογραφήσεις από χαιρετισμούς σε 60 διαφορετικές γλώσσες, 90 λεπτά από θόρυβο της Γης, ήχο από το τραγούδι των φαλαινών και ήχους από αέρα, βροχές, ηφαιστειακές εκρήξεις, βήματα, μηχανές, φιλιά και κλάμα μικρών ζώων. Επίσης στο συγκεκριμένο βίντεο υπήρχε και μουσική από διάφορους καλλιτέχνες όπως τους Bach, Mozart, Beethoven, Chuck Berry αλλά και παραδοσιακή μουσική από ολόκληρο τον κόσμο. (Proust, 2009).

Στην προσπάθεια να ανακαλύψουμε ζωή στο διάστημα, στέλνουμε ηχητικά δείγματα από τη δική μας ζωή, έτσι ώστε να ανακαλύψουμε ηχητικά δείγματα από κάποια άλλη, διαφορετική ζωή.²⁶ Ακόμα και σήμερα, όπως και στις προηγούμενες εποχές που εξετάσαμε, ο άνθρωπος αναρωτιέται για το τι υπάρχει στο σύμπαν, έξω από τη Γη και πώς μπορεί αυτό να λειτουργεί. Η διαφορά με τις προηγούμενες εποχές, είναι πως έχουμε πλέον αρκετά εξελιγμένη τεχνολογία, η οποία μας επιτρέπει να στείλουμε εξοπλισμό στο διάστημα. Μέσω του εξοπλισμού αυτού, μπορούμε να συλλέξουμε διάφορα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν και να τα αναλύσουμε αναλόγως.

Μία σημαντική πρόσφατη ανακάλυψη στον τομέα της ακουστικής, είναι πως πλέον μπορούμε μέσω ηλεκτρομαγνητικών τεχνικών, να παρατηρήσουμε και να εξετάσουμε την ακουστική που υπάρχει σε κάθε έναν από τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος.²⁷ Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που συλλέγουμε, μετατρέπονται σε ηχητικά αρχεία, τα οποία μπορεί να τα ακούσει το ανθρώπινο αυτί.²⁸ (Meredith, 2019). Η ανακάλυψη αυτή, ξεκίνησε με κάποιες στοιχειώδεις μετρήσεις σε διάφορα απαιτητικά

26. Η NASA, στις 06/03/2009 ξεκίνησε την αναζήτηση πλανητών με άλλη ζωή. (Cirillo, 2009). Ακόμη ένας οργανισμός ο οποίος αναζητά ζωή στο διάστημα αλλά και ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες, είναι ο SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence). (Lunn & Hunt, 2011).

27. Οι ηλεκτρομαγνητικές τεχνικές, δημιουργούνται μέσω της επιτάχυνσης παλλόμενων ηλεκτρικών φορτίων. Τα δεδομένα που συλλέγουμε μέσα από την τεχνική αυτή, είναι διάφορες ταλαντώσεις.

28. Η διαδικασία αυτή μας δίνει μία σειρά από περιέργους ήχους οι οποίοι αποκαλούνται ήχοι του διαστήματος και θυμίζουν ήχους από ταινίες επιστημονικής φαντασίας του '60.

περιβάλλοντα. Αρχικά, τοποθετήθηκαν κάποια ειδικά μικρόφωνα στον πλανήτη Αφροδίτη (Venus), για την ανακάλυψη κεραυνών. Αντί αυτού, κατάφεραν να μετρήσουν ήχους, οι οποίοι παράχθηκαν αεροδυναμικά, δηλαδή με αέρα, κατά την προσγείωση του διαστημόπλοιου Venera Lander (διαστημόπλοιο της Σοβιετικής Ένωσης). Εκτός από αυτήν την έρευνα, έχουν γίνει και άλλες παρόμοιες έρευνες, στις οποίες έχουν σταλεί μικρόφωνα σε πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος, με σκοπό να ανακαλύψουμε ήχο πάνω στο περιβάλλον τους. Παρόλα αυτά, τα δεδομένα και τα δείγματα που έχουμε από τους άλλους πλανήτες είναι σπάνια. (Leighton & Petculescu, 2016).

Η NASA, σχεδίασε ειδικά μικρόφωνα για να στείλει στο διάστημα, έτσι ώστε να συλλέξει ambient ήχους. Το διαστημόπλοιο με το οποίο έστειλαν τα ειδικά σχεδιασμένα μικρόφωνα στο διάστημα, ονομάζεται Mars 2020 Rover. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2021 και το Mars 2020 Rover προσγειώθηκε στον πλανήτη Άρη από την NASA.²⁹



Εικόνα 2.1. Η θέση των μικροφώνων του Mars 2020 Rover³⁰

Στην παραπάνω εικόνα, παρουσιάζεται η τοποθέτηση των μικροφώνων του Mars 2020 Rover. Το ένα μικρόφωνο, είναι τοποθετημένο επάνω στην κάμερα, ενώ το

29. Μπορείτε να ακούσετε κάποια ηχητικά δείγματα από τα μικρόφωνα του Mars 2020 Rover, από τον πλανήτη Άρη, στον παρακάτω σύνδεσμο → <https://mars.nasa.gov/mars2020/participate/sounds/?playlist=mars&item=first-sounds-raw&type=mars> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

30. Μπορείτε να βρείτε την εικόνα, στο site της NASA → <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/microphones/> (Τελευταία πρόσβαση → 21/02/2022)

δεύτερο είναι τοποθετημένο στο πλάι του μηχανήματος. Ο εξοπλισμός αυτός είναι πολύ βαρύς και χρειάζεται πολλές τεχνικές για να μπορέσει να βγει έξω από την ατμόσφαιρα της Γης, ώστε να αντέξει τις συνθήκες που υπάρχουν στο διάστημα.

Το ερώτημα που έχει απασχολήσει εδώ και αιώνες τους ανθρώπους, για το τι ήχοι μπορεί να παράγονται από τον κάθε πλανήτη, έχει αρχίσει πλέον και παίρνει μία αληθινή υπόσταση. Με την τεχνολογία που στέλνουμε πλέον στο διάστημα, μαθαίνουμε περισσότερα χαρακτηριστικά για κάθε πλανήτη ξεχωριστά. Μέσω των ηχητικών δειγμάτων που έχουμε από τους πλανήτες Άρη και Αφροδίτη, μπορούμε να έχουμε μία πιο καθαρή εικόνα για το περιβάλλον που υπάρχει πάνω σε αυτούς και να απαντήσουμε σε ερωτήματα όπως το πώς θα ακουγόταν η μουσική πάνω σε άλλους πλανήτες. Εκτός από τους δύο πλανήτες που ανέφερα, με τη χρήση συγκεκριμένων μικροφώνων, τα οποία έχουν την ονομασία “Γεώφωνα” μπορούμε να ακούσουμε ήχους από το φεγγάρι μας. (Lynch, 2017).

Αυτό που για χιλιάδες χρόνια οι άνθρωποι αναρωτιούνται και παρατηρούν, έχουμε πλέον την τεχνολογία να το εξετάσουμε από κοντά. Ήδη οι αρχαίοι Έλληνες, γνώριζαν μέσα από την παρατήρηση, πολλά χαρακτηριστικά των πλανητών όπως μεγέθη, αποστάσεις και κυκλικές κινήσεις. Ο Γαλιλαίος, για παράδειγμα, σχεδίασε μέσα από την παρατήρηση με το τηλεσκόπιό του, τους κρατήρες και τα βουνά του φεγγαριού. (Lynch, 2017).

Οι πρώτες επιστημονικές ανακαλύψεις εκτός της Γης, έγιναν στο φεγγάρι. Διάφορα Σοβιετικά διαστημικά προγράμματα, έχουν σταλεί στο φεγγάρι με σκοπό να φέρουν υλικά από εκεί πίσω στη Γη, για μελέτες. Το 1959, το Σοβιετικό πρόγραμμα, έστειλε το Luna2 και το Luna3, ενώ το 1970, έστειλε το Luna16, το οποίο και έφερε πίσω υλικό από το φεγγάρι. Το US Apollo πρόγραμμα, έστειλε τα διαστημόπλοια Apollo 11 μέχρι και το διαστημόπλοιο Apollo 17 (εκτός του 13) στο φεγγάρι, άφησαν όργανα και γύρισαν πίσω με δείγματα ήχων (samples). (Lynch, 2017). Τα περισσότερα από αυτά τα ηχητικά δείγματα που έχουμε στη διάθεσή μας, προέρχονται από δονήσεις τις οποίες έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος μέσω της δημιουργίας τεχνητών σεισμών πάνω στο φεγγάρι.

Ο λόγος που χρησιμοποιούν τις εκρήξεις πάνω στο φεγγάρι για τη συλλογή ηχητικών δεδομένων, προέρχεται από το γεγονός ότι το σύμπαν μας δημιουργήθηκε από μία μεγάλη έκρηξη: το Big Bang. Δεν χρησιμοποιούνται οι τεχνητοί σεισμοί μόνο στο φεγγάρι. Υπάρχουν δύο ακόμη παρόμοιες τεχνικές, η τεχνική λεγόμενη ηλιοσεισμολογία, και η αστεροσεισμολογία. Η ηλιοσεισμολογία χρησιμοποιείται στην

ατμόσφαιρά κοντά στον ήλιο, ενώ η αστεροσεισμολογία χρησιμοποιείται κοντά στα αστέρια.³¹ (Lynch, 2017).

Το διάστημα είναι κενό και εντελώς σιωπηλό. Ο χώρος που υπάρχει μεταξύ της Γης και του ήλιου είναι κενός. Παρόλα αυτά, έχει αποδειχθεί πως η φύση του ηχητικού πεδίου γύρω από τον ήλιο, είναι αληθινή. Αυτό μπορεί να μας φανεί πολύ χρήσιμο σε μελλοντικές έρευνες πάνω στην ακουστική και την ανακάλυψη του σύμπαντος, αλλά και στη μουσική δημιουργία. Το συγκεκριμένο γεγονός, παρατηρήθηκε πρώτη φορά στην Αλάσκα, από τη NASA. Εκεί, παρατήρησαν κάποιους ηλιακούς “κόκκους” και τους μελέτησαν. Οι μελέτες αφορούσαν την ταχύτητα, το βάθος και τη διάρκεια ζωής αυτών των θερμών κόκκων. Οι αστρονόμοι κοιτούσαν τις εντάσεις και παρατήρησαν τις φασματικές γραμμές που δημιουργούνταν στις φωτεινές και σκοτεινές περιοχές (ανάλυση η οποία ονομάζεται dopplergram).³² Παρατηρούμε μέσω αυτής της ανακάλυψης πως μπορούμε να ακουστοποιήσουμε διάφορες ηλιακές καταστάσεις.

Το 1960 ο Robert Leighton, παρατήρησε μέσα από μία ανάλυση dopplergram πάνω στον ήλιο, ένα πολύ συγκεκριμένο μοτίβο. Το μοτίβο αυτό, φαινόταν σαν μία κυματομορφή, με περίοδο 300 δευτερολέπτων, (δηλαδή μία περίοδο 5 λεπτών). Η κυματομορφή, φαίνεται να δημιουργείται από ταραγμένες κινήσεις στις θερμές ζώνες. Τα κύματα κίνησης είναι εσωτερικά, όπως ακριβώς και στους ωκεανούς της Γης. (Lynch, 2017).

Οι ήχοι που ακούμε στη Γη είναι πιεσμένα κύματα στην ατμόσφαιρα. Στο διάστημα γύρω από την ατμόσφαιρα της Γης υπάρχουν ποίκιλα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, πολλά από τα οποία δημιουργούν συχνότητες που κυμαίνονται από 20Hz μέχρι και 20kHz, (τα όρια δηλαδή που φτάνει το ανθρώπινο αυτί).

Κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκόσμιου Πολέμου, ο Γερμανός φυσικός Heinrich Barkhausen, άθελά του, ηχογράφησε έναν παράξενο σφυριχτό ήχο, όσο ηχογραφούσε τα Βρετανικά τηλέφωνα. Ανέφερε αυτούς τους περίεργους τόνους στους ανώτερους του, όμως δεν μπορούσε να τους εξηγήσει. (Mössinger, 2003). Γεγονότα σαν αυτό, έχουν δώσει έμπνευση σε διάφορους συνθέτες οι οποίοι ασχολήθηκαν με τους ήχους

31. Στην αστεροσεισμολογία έχουν βρεθεί κλάσεις αστεριών, που ονομάζονται αστέρια χτυποκάρδια (heartbeat stars) διότι δημιουργούν φωτεινές στιγμές παρόμοιες με κυματομορφή καρδιοχτυπιού σε ηλεκτροκαρδιογραφήματα. (Lynch, 2017).

32. Η ανάλυση dopplergram, είναι η ανάλυση διαφόρων ηλιακών καταστάσεων και η μετατροπή αυτών των αναλύσεων σε ήχο και κυματομορφές.

που μπορούν να παραχθούν στο διάστημα, δημιουργώντας συνθέσεις βασισμένοι πάνω σε τέτοιους ήχους. Για παράδειγμα, το σφύριγμα που αναφέρθηκε παραπάνω από τον Barkhausen, είναι μόνο ένας από τους πολλούς διαστημικούς ήχους που έδωσαν έμπνευση στον Terry Riley, για τη σύνθεσή του “*Sun Rings*”, η οποία παρουσιάστηκε από το κουαρτέτο Kronos, στο Λονδίνο, στις 22 Μαρτίου του 2003. (Mössinger, 2003).

Το παραπάνω μουσικό έργο, παρουσιάστηκε από το πρόγραμμα τέχνης της NASA. Οι ηχογραφήσεις από τις οποίες ο καλλιτέχνης πήρε δείγματα για το έργο του, αποτελούσαν μέρος του υλικού του Don Gumett, αστροφυσικού, ο οποίος ειδικεύεται στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (Plasma Waves).³³

Για την εκτέλεση των έργων, στο πρόγραμμα τέχνης της NASA, όπου παρουσιάστηκε και η σύνθεση “*Sun Rings*”, το θέατρο ήταν σκοτεινό, το κουαρτέτο Kronos ήταν περικυκλωμένο από λεπτά ασημένια λαμπάκια και πίσω από τους μουσικούς παρουσιάζονταν εικόνες από τη NASA. Εκτός από το μουσικό έργο του Terry Riley, παρουσιάστηκε και το λεγόμενο “*Dawn Chorus*” (χορωδία αυγής), που ήταν σύντομοι συχνοτικοί τόνοι οι οποίοι ακούγονται σαν τιτίβισμα πουλιών και δημιουργούνται από ηλεκτρόνια που έχουν ηχογραφηθεί γύρω από τα μαγνητικά πεδία των πλανητών. (Mössinger, 2003).

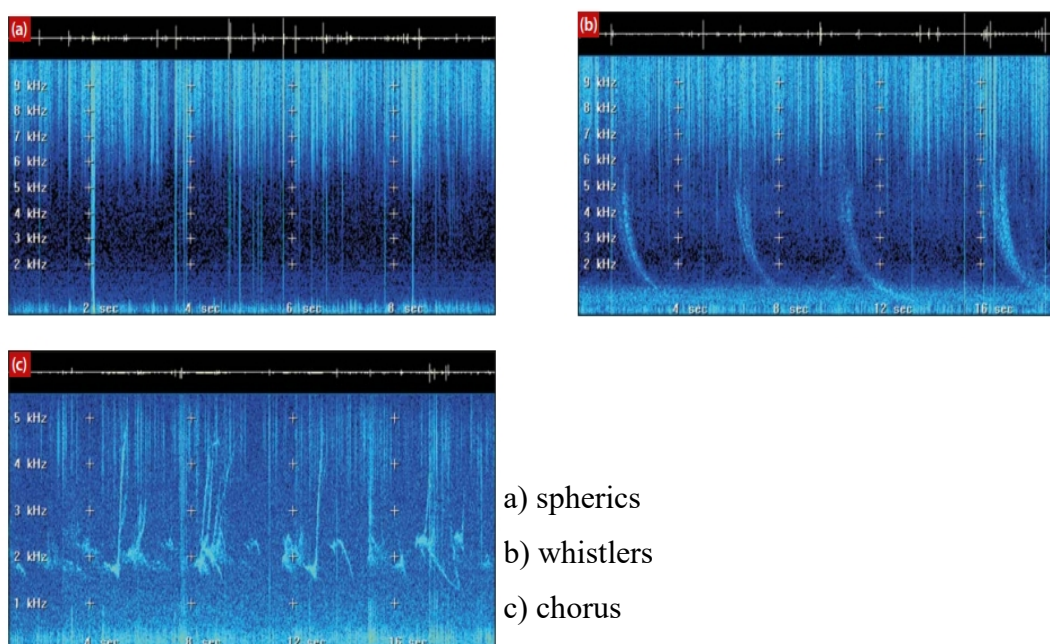
Εκτός από τα project της NASA, υπάρχουν πολλά ακόμα project στα οποία προσεγγίζονται οι ηχογραφήσεις που έχουμε στη διάθεσή μας από το διάστημα, με πιο καλλιτεχνικούς τρόπους. Διάφοροι καλλιτέχνες, μετατρέπουν τους ήχους του διαστήματος σε μουσική και έπειτα συνδέουν τη μουσική αυτή με άλλες τέχνες, όπως ο χορός, οι ταινίες αλλά ακόμα και με τα παιχνίδια. Οι ήχοι που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μουσικής, συλλέγονται από τα δεδομένα που έχουμε πάνω στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. (Meredith, 2019).

Παρατηρούμε πως, η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών στην εποχή της τεχνολογίας, προσεγγίζεται πολύ διαφορετικά. Πλέον, χρησιμοποιούνται αληθινά ηχητικά δείγματα από το διάστημα για τη δημιουργία μουσικής και με αυτόν τον τρόπο συνδέεται η αστρονομία με τη μουσική. Οι καλλιτέχνες, συνθέτουν χρησιμοποιώντας πραγματικά ηχητικά δεδομένα και δεν βασίζονται τις συνθέσεις τους πάνω σε θεωρίες και αντιστοιχίσεις πλανητών με τυχαίες νότες. Αυτό γίνεται πλέον διαφορετικά, με τη

33. Τα Plasma Waves είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα γύρω από τη Γη, τα οποία με τη χρήση των σωστών εργαλείων μπορούμε να τα ακούσουμε. Περισσότερες πληροφορίες για τα Plasma Waves μπορείτε να δείτε εδώ → <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-listens-in-as-electrons-whistle-while-they-work> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

χρήση sonification (ηχοποιήσεων) (βλ. το επόμενο μέρος αυτού του κεφαλαίου). Οι συνθέτες ξεφεύγουν από τον τρόπο σκέψης των προηγούμενων εποχών, αφήνουν τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών στην άκρη και ειδικεύονται στη δημιουργία μουσικής του σύμπαντος με τα δεδομένα και τις ηχογραφήσεις του διαστήματος, που έχουμε στη διάθεσή μας.

Οι ήχοι των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ηχογραφούνται στην Ανταρκτική, στο σταθμό Halley Research Station, με τη χρήση δύο ορθογώνιων κεραιών, σχεδιασμένων να βρίσκουν μαγνητικές διακυμάνσεις χαμηλών συχνοτήτων από ραδιοκύματα. Αυτές οι κεραιές, έχουν την ονομασία Halley Very Low Frequency (VLF) Receiver. Το σήμα που συλλέγουν οι κεραιές αυτές, ενισχύεται και έπειτα γίνεται η ψηφιοποίηση του στα 96kHz. Συνήθως τα ραδιοκύματα αυτά ηχογραφούνται έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν σε έρευνες του διαστήματος και στην κατανόηση καιρικών συνθηκών που υπάρχουν στο διάστημα. Παρόλα αυτά, καλλιτέχνες και σχεδιαστές ήχου, δημιουργούν με αυτά τα ηχητικά δείγματα μυστήριους και περίεργους ήχους, τους οποίους ονομάζουν ως σφαιρικός (spherics), σφυριχτός (whistlers) και χορωδιακός (chorus). (Meredith, 2019).



Εικόνα 2.2 Φασματογράφημα των τριών ήχων που μπαίνουν στην ατμόσφαιρα της Γης. (Meredith, 2019)

Τα βασικά σήματα που εισέρχονται στην ατμόσφαιρα της Γης και ηχογραφούνται από το Halley Very Low Frequency (VLF) Receiver, προέρχονται από

αστραπές. Κάθε αστραπή, δηλώνει έναν μικρό παλμό, ο οποίος έπειτα δηλώνεται είτε ως σφαιρικός, είτε ως σφυριχτός είτε ως χορωδιακός, τα φασματογραφήματα των οποίων μπορείτε να δείτε στην παραπάνω εικόνα. Οι ήχοι φαίνονται στα φασματογραφήματα με τις πιο αχνές γραμμές.³⁴

Οι ηχογραφήσεις στο σταθμό, γίνονται με 15 λεπτά διάλειμμα μεταξύ τους και διαρκούν για 1 λεπτό η κάθε ηχογράφιση. Έτσι, συλλέγονται 90 λεπτά από ηχητικά δεδομένα, την ημέρα. Διάφοροι καλλιτέχνες δημιουργούν ηχοτοπία, συνδυάζοντας τους παραπάνω ήχους με κάποιο οπτικό περιεχόμενο. Η Diana Scarborough, το 2016 έφτιαξε ένα τέτοιο ηχοτοπίο. Το ίδιο και ο συνθέτης Kim Cunio. (Meredith, 2019).

Η NASA, εκτός από τα διαστημόπλοια που έστειλε στον Άρη, έστειλε ένα ακόμη διαστημόπλοιο, το Voyager 1 στον πλανήτη Δία, έτσι ώστε να μπορέσει να ηχογραφήσει ήχους στο μαγνητικό πεδίο του πλανήτη Δία, παρόμοιους με αυτούς γύρω από το μαγνητικό πεδίο της Γης. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον πλανήτη Δία, ώθησαν στην ανακάλυψη των ήχων whistlers, hiss και chorus. (Quinton et al, 2016). Η NASA, έστειλε επίσης δύο διαστημόπλοια για την ανακάλυψη αιθέριων ήχων από τον κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko, (το διαστημόπλοιο με το όνομα Rosetta) και από τον πλανήτη Κρόνο, (το διαστημόπλοιο με την ονομασία Cassini).

Στην Αυστραλία, έχουν καταφέρει να ηχογραφήσουν με τη χρήση ενός ειδικού τηλεσκοπίου, διάφορους παλμούς μέσα στο γαλαξία, πολύ πιο βαθιά στο διάστημα. Οι παλμοί αυτοί έχουν περιόδους οι οποίοι κυμαίνονται από milisecond σε second, είναι έντονοι και αδιάκοποι, σε αντίθεση με τους ήχους του κομήτη που αναφέρεται παραπάνω.³⁵ (Meredith, 2019).

Μέσα από αυτήν τη διαδικασία, έχει δημιουργηθεί η λεγόμενη “διαστημική ακουστική οικολογία”. Οι ηχογραφήσεις που έχουμε στη διάθεσή μας, δημιουργούν την αίσθηση ενός ζωντανού οικοσυστήματος, στο διάστημα. Πολλές φορές το διάστημα φαίνεται σαν να αναπνέει με ήχους. Οι ηχογραφήσεις που συλλέγονται από τα διαστημόπλοια, είναι ελεύθερες για το κοινό και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία νέας μουσικής. (Meredith, 2019).

34. Τα φασματογραφήματα μας δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις συχνότητες των ήχων.

35. Μπορείτε να ακούσετε τους ήχους που σύλλεξε το διαστημόπλοιο Rosetta από τον κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko σε αυτό το link → <https://www.youtube.com/watch?v=Tyuhh7759V0> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

Υπάρχει ένα μουσικό έργο, το οποίο χωρίζεται σε 13 μεμονωμένα κομμάτια και μέσα στο οποίο, συνδυάζονται ηχογραφήσεις από διάφορες στιγμές της ημέρας, από το VLF του σταθμού Halley Research Station. Το έργο αυτό, ονομάζεται “*Aurora Musicalis*”, συνθέτης του οποίου είναι ο Kim Cunio, που αναφέρθηκε παραπάνω, και είναι ένα έργο με ατμοσφαιρικούς (ambience) ήχους και πιάνο.³⁶

Πλέον, έχουμε πολλά δείγματα ήχων από διαφορετικούς πλανήτες, έξω από το δικό μας μαγνητικό πεδίο. Έχουμε την πρόσβαση να ακούσουμε φαινόμενα όπως ο διαστημικός αέρας, ήχους από τον πλανήτη Δία, από τον πλανήτη Κρόνο και από το φεγγάρι, από το δαχτυλίδι του Κρόνου και διάφορους κομήτες και ηχογραφήσεις από το Voyager 1, έξω από την ηλιόσφαιρα³⁷ του δικού μας ηλιακού συστήματος. Διάφορα ραδιοκύματα τα οποία έχουμε συλλέξει έξω από τη Γη, έχουν μεταφερθεί σε εφαρμογές όπως το xSonify³⁸, και έχουν μεταφραστεί στο ακουστικό πεδίο της ανθρώπινης ακοής.

Η NASA, προσφέρει όλο το υλικό που συλλέγει, ελεύθερα στο κοινό. Μας παρέχει επίσης πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των πλανητών, τη μάζα κάθε πλανήτη, τη διάρκεια του χρόνου, τη διάρκεια της ημέρας και την απόσταση του κάθε πλανήτη από τον ήλιο. Οι πληροφορίες αυτές βρίσκονται στο αρχείο της NASA.³⁹

Το συγκεκριμένο αρχείο είναι πολύ βοηθητικό και το χρησιμοποιούν συχνά πολλοί καλλιτέχνες, οι οποίοι ασχολούνται με τις ηχοποιήσεις (sonification) αστρονομικών δεδομένων και προσπαθούν να δημιουργήσουν μουσική, βασισμένοι στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, με τα πραγματικά δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούν κάποιες πολύ ενδιαφέρον δουλειές καλλιτεχνών και επιστημόνων, πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, που βρίσκονται στο διαδίκτυο. Μπορείτε να βρείτε τα link παρακάτω. Οι σύνδεσμοι αυτοί, προσφέρουν ένα εκπαιδευτικό περιεχόμενο.

36. Μπορείτε να ακούσετε το μουσικό κομμάτι “*Aurora Musicalis*”, του Kim Cunio, στον παρακάτω σύνδεσμο → <https://www.youtube.com/watch?v=ppuhfUky9iI> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

37. Η ηλιόσφαιρα είναι το μαγνητικό πεδίο του ήλιου.

38. Λογισμικό που μετατρέπει δεδομένα σε ακουστό γράφημα.

39. Μπορείτε να βρείτε το αρχείο της NASA, στον παρακάτω σύνδεσμο. NASA’s Planetary fact sheet. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

Στον πρώτο σύνδεσμο μπορείτε να ανακαλύψετε διάφορους ήχους από το διάστημα, όπως ήχους από τα φεγγάρια του πλανήτη Δία, ή ήχους από τον πλανήτη Κρόνο.⁴⁰

Στο δεύτερο σύνδεσμο, μπορείτε να δείτε τη θέση των πλανητών γύρω από τον ήλιο (να δείτε το ηλιακό μας σύστημα) και να μεταφερθείτε πάνω σε κάθε έναν πλανήτη ξεχωριστά, για να μάθετε στοιχεία και χαρακτηριστικά του κάθε πλανήτη. Από πίσω ακούγεται μουσική.⁴¹

Τέλος, παραθέτω έναν τρίτο σύνδεσμο, όπου μπορείτε να ακούσετε όλα τα ηχητικά δεδομένα που μας προσφέρει η NASA, από τους πλανήτες.⁴²

Η εικόνα που έχουμε για το σύμπαν και για τους ήχους που υπάρχουν μέσα σε αυτό, έχει αρχίσει να γίνεται πολύ πιο ξεκάθαρη από ότι τους προηγούμενους αιώνες. Η χρήση της εξελιγμένης τεχνολογίας, μας δίνει πρόσβαση σε ένα τεράστιο όγκο υλικών, δεδομένων και πληροφοριών, που με τη σωστή χρήση τους, μπορούν να δημιουργηθούν κάποιες πολύ ενδιαφέρον συνθέσεις στον τομέα της μουσικής. Η ανακάλυψη των ηχητικών δεδομένων από τους πλανήτες, οδηγεί τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών σε ένα πιο πραγματικό επίπεδο έρευνας. Η θεωρία του συνθέτη Gustav Holst (σελ.44), ότι οι επιστήμονες στο μέλλον θα καταφέρουν να μας παρέχουν την ακριβή ηχητική περιγραφή της αρμονίας των σφαιρών, όπως έγινε με το οπτικό περιεχόμενο, έχει αρχίσει να γίνεται σιγά-σιγά, πραγματικότητα.

2.2 Τεχνικές ηχοποίησης με εφαρμογές στην αλγοριθμική σύνθεση

Στην ατμόσφαιρα του διαστήματος, δεν υπάρχει αρκετή πυκνότητα. Για το λόγο αυτό, δεν είναι εύκολο να βρεθεί μέσα στο διάστημα, ήχος. Στο διάστημα υπάρχει 1 άτομο ανά κυβικό εκατοστό, ενώ στη Γη υπάρχουν εκατομμύρια άτομα ανά κυβικό εκατοστό, με αποτέλεσμα η μεταφορά των ηχητικών δεδομένων να είναι πολύ πιο εύκολη στη Γη. (Ejdbo & Elmquist, 2020).

40. (SYSTEM sounds, 2022). <https://www.system-sounds.com/jupiters-moons/> (Τελευταία πρόσβαση → 24/02/2022)

41. (Solar System Scope, 2022). <https://www.solarsystemscope.com/> (Τελευταία πρόσβαση → 24/02/2022)

42. Τίτλος του βίντεο → All Planet Sounds From Space (In our Solar System). <https://www.youtube.com/watch?v=IQL53eQ0cNA> (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

Ο ήχος για να υπάρξει, χρειάζεται την πίεση των κυμάτων, από ένα μέσο. Στη Γη αυτό το μέσο είναι ο αέρας. Στο διάστημα, δεν υπάρχει κάποιο μέσο το οποίο να μπορεί να μεταφέρει τον ήχο. Ανάμεσα στα αστέρια, βέβαια, υπάρχουν κάποιες πολύ χαμηλές πυκνότητες και πίεση, η οποία πίεση δηλώνει, πως τα ηχητικά κύματα μπορούν να ταξιδέψουν, μέσω του διαστήματος. (Quinton et al, 2016).

Παρότι πλέον έχουμε αρκετά ηχητικά δείγματα από το διάστημα,⁴³ στις περισσότερες παρουσιάσεις των δεδομένων του διαστήματος, χρησιμοποιούνται μόνο εικόνες. Παρόλα αυτά, έχει αποδειχτεί, πως ο ήχος, είναι ένα εργαλείο που μπορεί να φανεί πολύ πολύτιμο σε τέτοιου είδους παρουσιάσεις. Έτσι οι επιστήμονες, μέσω της ηχοποίησης επιστημονικών δεδομένων, μεταφέρουν διάφορες ηχητικές πληροφορίες, πάνω σε θέματα που είναι δύσκολο να κατανοηθούν μόνο με τη χρήση εικόνων. Οι ηχοποιήσεις δεδομένων ονομάζονται με τον αγγλικό όρο ως “*data sonification*.”

Έχουν δημιουργηθεί διάφορες ενδιαφέρον ηχοποιήσεις για την παρουσίαση αστρονομικού περιεχομένου, όπως για παράδειγμα το λεγόμενο “*Spooky Sounds*”, ηχοποιήσεις βασισμένες σε αστρονομικά δεδομένα. (Lunn & Hunt, 2011). Μέσω των ηχοποιήσεων, μπορούμε να αντιληφθούμε καλύτερα κάποιους ήχους που μπορεί να υπάρχουν στο διάστημα. (Ejdbo & Elmquist, 2020).

Το 1989, ο William Buxton, αναφέρθηκε για πρώτη φορά στον όρο “*Sonification*” (ηχοποίηση). Χρησιμοποίησε αυτόν τον όρο, για να εξηγήσει με μία λέξη τη χρήση του ήχου, για παρουσίαση δεδομένων. Αρκετοί επιστήμονες έχουν δώσει συγκεκριμένους ορισμούς για να εξηγήσουν τον συγκεκριμένο όρο. Ο Barrass το 1998, αναφέρει, πως η ηχοποίηση, είναι ο σχεδιασμός μη λεκτικών ήχων για τη μεταφορά χρήσιμων πληροφοριών, “*non-speech sound to convey information*”. (Barrass, 2012). Είναι στην ουσία μία μέθοδος μετάφρασης δεδομένων, σε ήχο και εννοούμε με τη χρήση αυτού του όρου, το ακουστικό ισοδύναμο των οπτικών δεδομένων.

Για τη δημιουργία μίας ηχοποίησης, χρησιμοποιούνται απλοί ήχοι. Ένα παράδειγμα ηχοποίησης δεδομένων που ακούμε στην καθημερινή μας ζωή, χωρίς να το συνειδητοποιούμε, είναι ο χτύπος του ρολογιού, κάθε ένα δευτερόλεπτο. Με τον ήχο αυτό, γνωρίζουμε πόσα δευτερόλεπτα έχουν περάσει.

43. Έχουμε διάφορες ηχογραφήσεις από τα διαστημόπλοια Voyager1 και Voyager2 από τους πλανήτες Δία και Κρόνο (ανακάλυψη ήχου σαν πυροβολισμός) και από σεισμούς που έχουμε δημιουργήσει εμείς στο φεγγάρι (Selene → selenological and engineering explore). (Lunn & Hunt, 2011).

Σε πολλούς επιστημονικούς τομείς, γίνεται ηχοποίηση δεδομένων. Για παράδειγμα, ηχοποιήσεις, γίνονται σε δεδομένα πάνω στον τομέα της ψυχοακουστικής, της μηχανικής, της τεχνολογίας, της ιατρικής και της μοριακής φυσικής. (Vogt et al. 2012). Η αλγοριθμική σύνθεση, έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές, για προσομοιώσεις νευρικών συστημάτων ή χημικών αντιδράσεων. (Barrass, 2012). Παρακάτω, θα αναλύσω τις τεχνικές ηχοποίησης που έχουν χρησιμοποιήσει διάφοροι καλλιτέχνες, πάνω στον τομέα της αστρονομίας.

Ο ήχος μπορεί να φανεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για πολλούς τομείς της επιστήμης. Με τη χρήση του ήχου, μπορούμε να παρουσιάσουμε κάποια επιστημονικά δεδομένα που είναι δύσκολο να κατανοηθούν και να προσφέρουμε στο κοινό περισσότερα στοιχεία, από ό,τι αν παρουσιάζαμε τα δεδομένα αυτά μόνο με τη χρήση εικόνων. Έτσι, τα δεδομένα παρουσιάζονται πιο αποτελεσματικά. Εκτός αυτού, ο ήχος βελτιώνει την εικόνα γιατί προσφέρει ένα είδος αλληλεπίδρασης. Επίσης μας παρουσιάζει διαφορετικές οπτικές γωνίες των δεδομένων. Τέλος, τα δεδομένα γίνονται πιο επιθυμητά και πιο ενδιαφέρον. (Minghim & Forrest, 1995).

Ένας ακόμη λόγος για τον οποίο οι ηχοποιήσεις δεδομένων, μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση δύσκολων επιστημονικών παρουσιάσεων, είναι επειδή μέσω της ακοής, μπορούμε εύκολα να εντοπίσουμε από τι περιτριγυριζόμαστε, χωρίς να έχουμε οπτική επαφή με το περιβάλλον στο οποίο βρισκόμαστε. Αν κλείσουμε τα μάτια μας για ένα λεπτό και ακούσουμε προσεκτικά, αντιλαμβανόμαστε πολλά στοιχεία του περιβάλλοντος γύρω μας, χωρίς να χρειάζεται να κοιτάμε γύρω μας. Ίσως αντιλαμβανόμαστε και περισσότερες πληροφορίες. Ο λόγος είναι ότι, πάντα και παντού γύρω μας, υπάρχει κάποια ηχητική πληροφορία, ακόμα και όταν γύρω μας υπάρχει σκοτάδι. Η ακοή μας είναι σφαιρική, ο ήχος έρχεται σε εμάς από διάφορα σημεία του χώρου και μπορούμε να εμβαθύνουμε σε κάθε ήχο που ακούμε ξεχωριστά, η όρασή μας από την άλλη είναι κατευθυντική και προσφέρει μόνο μία οπτική, αφού βλέπουμε συγκεκριμένα σημεία του χώρου. (Sterne, 2012). Ο ήχος λοιπόν, είναι πολύ χρήσιμος σε μία επιστήμη όπως η αστρονομία. Μας βοηθάει πολύ, στο να παρουσιάσουμε διάφορα στοιχεία του σύμπαντος, καλύτερα και πιο κατανοητά.

Το ακουστικό φάσμα της ανθρώπινης ακοής, κυμαίνεται περίπου από 20Hz μέχρι και 20kHz. Αυτό σημαίνει ότι ακούμε δονήσεις που ταλαντεύονται μέχρι και 20.000 φορές το δευτερόλεπτο. Το αυτί μας λοιπόν, καταλαβαίνει πολύ περισσότερες αλλαγές από ό,τι το μάτι. Πολλούς ήχους μαζί, μπορεί το αυτί μας να τους αντιληφθεί έναν-έναν ξεχωριστά, αν επικεντρωθούμε πάνω σε αυτούς και τους απομονώσουμε.

Οι έρευνες πάνω στις ηχοποιήσεις δεδομένων, γίνονται εδώ και 30 περίπου χρόνια. Υπάρχουν διαφορετικά είδη ηχοποιήσεων που χρησιμοποιούνται για τις επιστημονικές έρευνες. Η εφεύρεση του MIDI πρωτοκόλλου για παράδειγμα, έδωσε τη δυνατότητα σε επιστήμονες και μηχανικούς, να ακούνε κάποια από τα δεδομένα τους. (Barrass, 2012). Ωστόσο, οι ηχοποιήσεις με τη χρήση του MIDI πρωτοκόλλου, δεν είναι πολύ ευχάριστες, διότι ακούγονται πάντα οι ίδιοι ήχοι. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, πολλοί καλλιτέχνες και συνθέτες, κριτίκαραν τις MIDI ηχοποιήσεις με αρνητικό τρόπο. Το συγκεκριμένο είδος ηχοποιήσεων, περιγράφεται στα αγγλικά με τον όρο “*midification*” (MIDI Sonification). Σε αυτήν την τεχνική ηχοποίησης δεδομένων, τα δεδομένα μετατρέπονται σε MIDI νότες και μπορούν να ακουστούν με τη χρήση ενός MIDI synthesizer. Η τεχνική αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολυδιάστατα δεδομένα. (Lunn & Hunt, 2011).

Μία διαφορετική τεχνική ηχοποίησης, ονομάζεται *audification*. Τα δεδομένα στη συγκεκριμένη τεχνική, μετατρέπονται απευθείας σε ήχο και συνήθως χρησιμοποιείται πολύ στον τομέα της σεισμολογίας (μετατρέπουν συχνά υπέρηχους και υπόηχους κυμάτων, σε ακουστός ήχους για το ανθρώπινο αυτί)⁴⁴.

Η πιο διαδεδομένη τεχνική στο χώρο των ηχοποιήσεων, ονομάζεται *parameter mapping* (αντιστοίχιση παραμέτρων). Το *parameter mapping*, είναι μία τεχνική ηχοποίησης, στην οποία γίνεται μία αντιστοίχιση παραμέτρων. Συνδέονται δηλαδή αξίες δεδομένων σε κάποια παράμετρο, η οποία θα δημιουργήσει ήχο. Τα αρχικά δεδομένα, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση χαρακτηριστικών ενός ήχου, όπως η συχνότητα, η δυναμική, το ηχόχρωμα, ο ρυθμός και η μελωδία⁴⁵.

Τέλος, υπάρχει και η τεχνική που λέγεται *model-based sonification*, οι ηχοποιήσεις δηλαδή οι οποίες είναι βασισμένες σε συγκεκριμένα μοντέλα. Υπάρχουν επίσης οι διαδραστικές ηχοποιήσεις, στις οποίες ο ακροατής έχει διάδραση με ό,τι ακούει. Αυτό σημαίνει, πως ο χρήστης μπορεί να χειριστεί τα δεδομένα και να αλλάξει τις παραμέτρους αυτών των δεδομένων.

44. Από τα πιο γνωστά *audification*, είναι ένα πείραμα με laser του 2010, το LIGO, που περιγράφει κύματα βαρύτητας. Το αποτέλεσμα του πειράματος ήταν μία απλή κυματομορφή, η οποία ξεκινούσε στα 35Hz και ανέβαινε σταδιακά ως τα 250Hz (υπάρχει και audio clip του πειράματος). (Elmqvist & Ejdbo, 2019).

45. Η τεχνική αντιστοίχισης παραμέτρων, χρησιμοποιείται πολύ στον τομέα της αστρονομίας (βλ. παρακάτω).

Στις ηχοποιήσεις δεδομένων, τα οπτικά δεδομένα θεωρούνται το input, ενώ το output θεωρείται ο ήχος που εξάγεται από τα δεδομένα αυτά. Για να δημιουργήσει κάποιος μία ηχοποίηση, χρειάζεται να έχει συγκεκριμένες ικανότητες. Το να γνωρίζει μουσική τεχνολογία, είναι αναγκαίο χαρακτηριστικό. Επίσης, πρέπει να γνωρίζει την επιστήμη των υπολογιστών, σχεδιασμό ήχου, σύνθεση και εκτέλεση, να μπορεί να συνδέσει συγκεκριμένα δεδομένα με τον ήχο, να γνωρίζει ακουστική αλλά και φυσική.

Μέσω της σύνδεσης των φυσικών επιστημών με την τέχνη, δημιουργούνται οι ηχοποιήσεις των φυσικών δεδομένων. Αυτό σημαίνει πως γίνονται πολλές αλγοριθμικές συνθέσεις, οι οποίες είναι βασισμένες σε φυσικά γεγονότα.

Στον τομέα της αστρονομίας, οι ηχοποιήσεις, έχουν μεγάλη ιστορία από πίσω τους. Από τα αρχαία χρόνια, οι Πυθαγόρειοι ήταν αυτοί που έκαναν την αρχή των ηχοποιήσεων. Εκείνοι καθόρισαν τη μουσική σκάλα και σύνδεσαν διαφορετικούς τόνους με διαφορετικά ουράνια σώματα (διαφορετικούς πλανήτες). Συνέδεσαν αυτά τα δεδομένα, ανάλογα με την ταχύτητα που έβλεπαν πως είχε ο κάθε πλανήτης. Στην ουσία, χρησιμοποιούσαν για την ερμηνεία της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών, την τεχνική parameter mapping (αντιστοίχιση παραμέτρων).

Πολλοί επιστήμονες, ανά τα χρόνια, ακολούθησαν την Πυθαγόρεια θεωρία πως οι πλανήτες δημιουργούν μουσική και συνέδεσε ο καθένας από αυτούς, ανάλογα με συγκεκριμένα χαρακτηριστά, έναν ήχο για κάθε πλανήτη. Ο Kepler, τον οποίο αναφέρω στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, ήταν ένας από αυτούς, ο οποίος στο βιβλίο του, “*Harmonices Mundi*”, μετέφερε αυτήν την Πυθαγόρεια προσέγγιση των κινήσεων των πλανητών από το γεωκεντρικό σύστημα, στο ηλιοκεντρικό σύστημα. Και αυτός, έδωσε σε κάθε πλανήτη από έναν θεμέλιο τόνο, ο οποίος είχε σχέση με τη θέση του πλανήτη (δηλαδή αν βρίσκεται στο αφήλιο ή στο περιήλιο). Συνέδεσε την αρμονική σχέση, με τις αποστάσεις μεταξύ των πλανητών. Όλα αυτά τα αναφέρει στους τρεις νόμους του για την πλανητική κίνηση (βλ. σελ. 31 αυτής της εργασίας). (Dubus & Bresin, 2013).

Έχουν υπάρξει πολλές τωρινές έρευνες πάνω στη σωστότερη χρήση των ηχοποιήσεων για την περιγραφή της κίνησης των πλανητών, από διάφορους επιστήμονες. Συνήθως στον τομέα της αστρονομίας, η τεχνική που χρησιμοποιείται για την περιγραφή αστρονομικών δεδομένων με ήχο, είναι η τεχνική parameter mapping (αντιστοίχιση παραμέτρων). Η συγκεκριμένη τεχνική είναι και η πιο διαδεδομένη τεχνική γενικά, εκτός του τομέα της αστρονομίας. Ο σχεδιασμός της αντιστοίχισης των παραμέτρων, πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός, για να ταιριάζει με το οπτικό μέρος που θέλουμε να εξηγήσουμε και να κάνουμε πιο κατανοητό. Οι αντιστοιχίσεις πρέπει

να είναι επιτυχημένες και ταιριαστές με το οπτικό περιεχόμενο. Για να δημιουργήσει κάποιος ηχοποιήσεις, που θα εξηγούν φυσικά φαινόμενα όπως αυτά της αστρονομίας, πρέπει να ακολουθήσει μία συγκεκριμένη λογική. (Dubus & Bresin, 2013)

Η δημιουργία των ηχοποιήσεων δεν είναι δημιουργία μουσικής, αν και οι σχεδιαστές μπορούν να έχουν στο μυαλό τους τις μουσικές φόρμες και την αισθητική. Συνήθως, ο τόνος είναι το πιο βασικό στοιχείο για να δημιουργήσει κάποιος μία ηχοποίηση (είναι σαν το “Hello World” των προγραμματιστών). (Dubus & Bresin, 2013). Υπάρχει η περίπτωση για τη δημιουργία ηχοποίησης, ο μουσικός να χρησιμοποιήσει μία εφαρμογή, στην οποία γράφει κώδικα όπως το Super Collider, το PureData, το περιβάλλον Max/MSP, ή ακόμα και οι γλώσσες προγραμματισμού C++ και Java. Οποιοδήποτε περιβάλλον μπορεί εύκολα να μετατρέψει δεδομένα σε ήχο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ηχοποιήσεων. Για την ανάπτυξη αστρονομικών δεδομένων, έχει χρησιμοποιηθεί πολύ και η εφαρμογή xSonify, η οποία είναι βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού Java και θεωρείται μία εργαλειοθήκη ηχοποιήσεων (sonification toolkit). Στο επόμενο μέρος της εργασίας, θα υπάρξει σε πράξη η δημιουργία ηχοποιήσεων των θεωρήσεων διάφορων επιστημόνων, ανά εποχές, πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, με τη χρήση κώδικα, μέσα στην εφαρμογή Super Collider.

Για να σχεδιάσει κάποιος μία ηχοποίηση, που να ενσωματώνει και την τέχνη και την επιστήμη μαζί, πρέπει να είναι καλά εξοικειωμένος και με τα δύο αντικείμενα. Διαφορετικά η διεπιστημονική φύση και η επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών επιστημόνων και των σχεδιαστών του ήχου, μπορεί να φανεί πολύ δύσκολη. (Vogt et al. 2012).

Έχουν υπάρξει πολλά project, συνήθως σε διάφορα πλανητάρια, στα οποία έχει ζητηθεί σε μουσικούς να δημιουργήσουν ήχους, που να ταιριάζουν με τις εικόνες της παρουσίας των πλανητών. Ο λόγος που επιλέγουν να έχουν ήχο στα πλανητάρια, είναι επειδή δημιουργείται στο κοινό, μία νέα αντίληψη των δεδομένων που παρουσιάζονται. Η χρήση των ηχοποιήσεων, είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα για τη συγκεκριμένη επιστήμη. Ο ήχος, σε συνδυασμό με την εικόνα, είναι πολύ βοηθητικά εργαλεία στην κατανόηση ενός αντικείμενου. Μέσα από τον ήχο, μπορούμε να καταλάβουμε πολλές αλλαγές που γίνονται στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα αν μία αλλαγή είναι προσωρινή, αν ένα αντικείμενο στο χώρο μας είναι μικρό ή μεγάλο ή από ποια κατεύθυνση έρχεται ο ήχος που ακούμε. Το διάστημα λοιπόν, μέσω της χρήσης ήχου μπορεί να κατανοηθεί από όλους, λίγο καλύτερα.

Οι ηχοποιήσεις που αφορούν το ηλιακό μας σύστημα, χρησιμοποιούνται στα πλανητάρια έτσι ώστε να γίνει η εμπειρία των επισκεπτών καλύτερη και για να δημιουργηθεί ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το διάστημα και την αστρονομία. (Tomlinson et al. 2017). Εκτός αυτού, οι ηχοποιήσεις που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις, εκθέσεις, ή παρουσιάσεις του ηλιακού μας συστήματος προσφέρουν μία εκπαιδευτική αξία, αλλά επίσης διασκεδάζουν το κοινό. Το πεδίο της αστρονομίας γίνεται επίσης πιο ξεκάθαρο με αυτόν τον τρόπο (για παράδειγμα, γίνεται πιο ξεκάθαρο το πως κινούνται οι πλανήτες).

Στα πλανητάρια, η χρήση των ηχοποιήσεων είναι πολύ αποτελεσματική, επειδή παρουσιάζονται πληροφορίες όπως οι ελλειπτικές κινήσεις των πλανητών, με έναν πολύ πιο διαδραστικό τρόπο. Για την παρουσίαση της ελλειπτικής κίνησης, ο ακροατής τοποθετείται στο κέντρο της αίθουσας και γύρω από αυτόν κινούνται όλοι οι πλανήτες, ο κάθε ένας με τη δική του ελλειπτική κίνηση.

Σε ένα πλανητάριο χρησιμοποιήθηκαν δύο εφαρμογές για την παρουσίαση του ηλιακού μας συστήματος. Η πρώτη, ήταν μία εφαρμογή για την εικονική παρουσίαση, η οποία εφαρμογή ονομάζεται OpenSpace.⁴⁶ Μέσα σε αυτήν, χρησιμοποιούνται επιστημονικές απεικονίσεις του σύμπαντος που ξέρουμε, με διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα μπορεί η εφαρμογή να δείξει το ηλιακό μας σύστημα από την οπτική του μαγνητικού πεδίου της Γης ή από την οπτική άλλων πλανητών. Η δεύτερη εφαρμογή ήταν το περιβάλλον του Super Collider, για την ηχητική παρουσίαση των δεδομένων.

Το μειονέκτημα της εφαρμογής OpenSpace, είναι πως δεν έχει ήχο. Για αυτό, έγινε μία ηχοποίηση πάνω στην εφαρμογή, έτσι ώστε να προσεγγίσουν κάποιες πλευρές της αστρονομίας με έναν πιο κατανοητό τρόπο. Η ακοή μας είναι πολύ καλύτερη αίσθηση για να αντιλαμβανόμαστε τις αλλαγές που γίνονται στο χώρο μας, σε σχέση με την όραση. Έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλες φορές ηχοποιήσεις σε πλανητάρια, έτσι ώστε να απεικονιστεί το πόσο μεγάλη είναι η κλίμακα του διαστήματος.⁴⁷

Μέσα από τις ηχοποιήσεις, μπορούν με μεγαλύτερη ευκολία να τοποθετηθούν αντικείμενα μέσα στο χώρο, χρησιμοποιώντας τον ήχο πάνω στην εικόνα. Με αυτόν τον

46. Η εφαρμογή OpenSpace απεικονίζει το ηλιακό μας σύστημα. Δείχνει επίσης το μαγνητικό πεδίο κάθε πλανήτη. (Ejdbo & Elmquist, 2020).

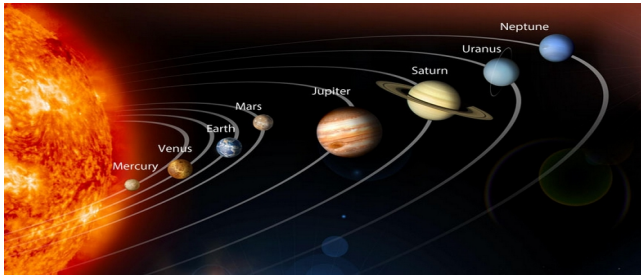
47. Μέσα από ερωτήσεις σε επιστήμονες οι οποίοι διδάσκουν την αστρονομία, κατανοήθηκε πως το πιο δύσκολο στην κατανόηση του διαστήματος από τους μαθητές – φοιτητές, είναι η κλίμακα του διαστήματος (το πόσο μεγάλο δηλαδή είναι το διάστημα). (Ejdbo & Elmquist, 2020).

τρόπο, μπορεί να γίνει πολύ εύκολη η κατανόηση της κλίμακας του διαστήματος. Η εικόνα και οι ήχοι, μπορούν να προσφέρουν πολύ εύκολα και την απομνημόνευση πληροφοριών. (Ejdbo & Elmquist, 2020). Η χρήση επίσης ενός σφαιρικού ήχου, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει πολυδιάστατους και πολυκατευθυντικούς ακουστικούς ήχους, μπορεί πολύ πιο εύκολα να δημιουργήσει περισσότερα συναισθήματα από αυτά που θα δημιουργούσε απλά η παρουσίαση μίας εικόνας.

Τα ερωτήματα που προκύπτουν κατά την προσαρμογή των ηχοποιήσεων πάνω στο οπτικό περιεχόμενο, είναι το ποια και τι επιστημονικά δεδομένα θα παρουσιαστούν και ποιοι ήχοι θα χρησιμοποιηθούν, για να αντιστοιχίσουν τα δεδομένα αυτά. Η δημιουργία ηχοποίησης λοιπόν, ξεκινάει με το ποια δεδομένα έχουμε. Τα δεδομένα που έχουμε μας οδηγούν σε διαφορετικές ηχητικές παραμέτρους και σε καινούριες ηχητικές συνθέσεις. Για παράδειγμα, μας δίνεται η ταχύτητα ενός αντικειμένου. Πώς θα παρουσιαστεί η ταχύτητα του αντικειμένου με μουσικούς όρους; Θα αντιστοιχούσαμε για παράδειγμα τη δυναμική, την τονικότητα ή το ρυθμό πάνω στην ταχύτητα;

Στις ηχοποιήσεις δεδομένων, δεν υπάρχει κάποιο σιωπηλό μέρος. Εξάλλου ο βασικός λόγος ύπαρξης των ηχοποιήσεων, είναι η ανάλυση οπτικών δεδομένων (ή και απλών δεδομένων, χωρίς κάποια εικόνα) μέσω της ακοής. Η σιωπή δεν έχει κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον, επειδή δεν υπάρχει κάποια αλλαγή μέσα σε αυτήν, για αυτό δεν υπάρχουν σιωπηλά μέρη σε ηχοποιήσεις. Ο τόνος και ο ρυθμός είναι τα χαρακτηριστικά, τα οποία προσφέρουν την ενέργεια στις ηχοποιήσεις. (Vogt et al. 2012). Τα βασικά χαρακτηριστικά και τα πρώτα που αντιστοιχούνται σε παραμέτρους, είναι λοιπόν ο ρυθμός και ο τόνος.

Το ηλιακό μας σύστημα αποτελείται από ένα αστέρι (τον Ήλιο) και οκτώ πλανήτες (Ερμής/Mercury, Αφροδίτη/Venus, Γη/Earth, Άρης/Mars, Δίας/Jupiter, Κρόνος/Saturn, Ουρανός/Uranus και Ποσειδώνας/Neptune). Οι πλανήτες αυτοί κινούνται με ελλειπτικές κινήσεις, βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από τον Ήλιο και κινούνται επίσης με διαφορετικές ταχύτητες. Οι διαφορές μεταξύ των πλανητών μπορεί να είναι πολύ μεγάλες. Για παράδειγμα το μέγεθος του πλανήτη Δία είναι 30 φορές μεγαλύτερο από το μέγεθος του πλανήτη Ερμή. (Ejdbo & Elmquist, 2020). Αυτά τα χαρακτηριστικά αναλύουν οι σχεδιαστές ήχου, έτσι ώστε να παρουσιάσουν το διάστημα μέσω ηχοποιήσεων.



Εικόνα 2.3. Το ηλιακό μας σύστημα.
(2CDI, 2022)

Για να δημιουργήσουν τις ηχοποιήσεις που θα αντιστοιχούσαν στην εφαρμογή OpenSpace που ανέφερα παραπάνω, χρησιμοποίησαν το περιβάλλον του Super Collider. Μέσω αυτού του περιβάλλοντος, μπόρεσαν να δημιουργήσουν μία αλγοριθμική σύνθεση. Οι σχεδιαστές του ήχου, ξεκίνησαν πειραματικά με το πρόγραμμα, τοποθετώντας κάποιες συγκεκριμένες παραμέτρους, όπως η ηχώ και διαχειρίστηκαν αυτές τις παραμέτρους μέχρι να βρουν τον καταλληλότερο ήχο για κάθε πλανήτη.

Ποιες είναι οι παράμετροι των πλανητών και με ποιες παραμέτρους ήχου μπορούν να αντιστοιχηθούν; Στο συγκεκριμένο project, οι άνθρωποι που σχεδίασαν τις ηχοποιήσεις των δεδομένων, είχαν ορίσει επτά διαφορετικές παραμέτρους για τους πλανήτες και τέσσερις για τον ήχο. Οι παράμετροι των πλανητών και του ήχου παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (Ejdbo & Elmquist, 2020).

Παράμετροι Πλανητών						
Πυκνότητα	Βαρύτητα	Διάρκεια Χρόνου	Διάμετρος	Διάρκεια ημέρας	Θερμοκρασία	Κυκλική ταχύτητα

Παράμετροι ήχου			
Τόνος	Ρυθμός	Ηχώχρωμα	Δυναμική

Πίνακας 2.1. Παράμετροι πλανητών και ήχου στο project του OpenSpace.

Βασικό επίσης χαρακτηριστικό που βοήθησε στην αντιστοίχιση ήχων με τους πλανήτες, ήταν τα μεγέθη των πλανητών. Τα μεγαλύτερα αντικείμενα είχαν έναν πιο βαθύ ήχο, τα μικρότερα έναν πιο ψηλό ήχο, ακριβώς όπως γινόταν και στην αντιστοίχιση ήχων, κατά την εποχή του Kepler (οι πλανήτες αντιστοιχούν στις τέσσερις φωνές τις χορωδίας, ανάλογα τα μεγέθη τους και τις κινήσεις τους). Το μέγεθος λοιπόν των αντικειμένων, καθορίζει τη συχνότητα (τον τόνο).

Σχετικά με τις παραμέτρους ήχου που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1, τα βασικότερα στοιχεία αντιστοίχισης είναι τα εξής: Η δυναμική, αντιστοιχεί στο πόσο κοντά ή πόσο μακριά, βρίσκεται ένα αντικείμενο από τον ακροατή. Όταν ο ήχος βρίσκεται κοντά στον ακροατή, τότε είναι δυνατός και αυξανόμενος όσο τον πλησιάζει, αλλά όσο απομακρύνεται, τόσο πιο σιγανός είναι. Όταν είναι πλέον πολύ μακριά, είναι πολύ πιθανό να χρησιμοποιήσουν και το εφέ reverb (ηχώ), για να παρουσιάσουν την απόσταση με έναν καλύτερο τρόπο.

Ο ρυθμός αντιστοιχεί στην κίνηση των πλανητών. Ο γρήγορος ρυθμός για παράδειγμα, μας δίνει περισσότερη ενέργεια, ο αργός ρυθμός μας προκαλεί μία ηρεμία. Όταν χρησιμοποιείται πολύ αργός ρυθμός, τότε είναι αρκετά δύσκολο να τον χαρακτηρίσουμε ως ρυθμό, (επειδή αργεί να αλλάξει, ο εγκέφαλος μας έχει ήδη ξεχάσει το αργό του μοτίβο), ενώ όταν ο ρυθμός είναι πολύ γρήγορος, τότε δημιουργούνται πολλοί νέοι αρμονικοί μέσα σε ολόκληρη τη σύνθεση.

Τέλος, το ηχόχρωμα εξαρτάται από το πόσοι αρμονικοί και υπέρτοννοι δημιουργούνται σε σχέση με το θεμέλιο ήχο. Εξαρτάται επίσης από το αν ο ήχος είναι μαλακός ή σκληρός, και από ποιο μέρος του χώρου προέρχεται αυτός ο ήχος. Για να διαχειριστούν καλύτερα το ηχόχρωμα των κυματομορφών μέσω της εφαρμογής Super Collider, στο συγκεκριμένο project, χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη κυματομορφών, δηλαδή εναλλάσσουν τις κυματομορφές σε πριονωτή κυματομορφή, τετράγωνη, τριγωνική και απλή. (Ejdbo & Elmquist, 2020).

Εκτός από το project με την εφαρμογή OpenSpace, υπάρχει άλλο ένα project στο οποίο δημιουργήθηκαν ηχοποιήσεις, για ένα πλανητάριο. Το project ονομάζεται “Esplora Planetarium”. Στο συγκεκριμένο project, διάφοροι επιστήμονες μαζί με συνθέτες και sound designers, συνεργάστηκαν έτσι ώστε να δημιουργήσουν συγκεκριμένες ηχοποιήσεις, για κάθε έναν από τους οκτώ πλανήτες. Τα δεδομένα που δημιουργούν, τα παρουσιάζουν είτε με οπτικό είτε χωρίς οπτικό περιεχόμενο. Παρόλα αυτά, και στις δύο περιπτώσεις, το κοινό μπορεί να κατανοήσει πολύ καλύτερα τα χαρακτηριστικά του κάθε πλανήτη, από ότι όταν το υλικό παρουσιαζόταν χωρίς ήχο. Αυτό γιατί ο ήχος ακόμα και χωρίς εικόνα, μπορεί να δημιουργήσει την αίσθηση ενός χώρου και να δημιουργήσει σε αυτόν το χώρο, διάφορες κινήσεις. Στο συγκεκριμένο project, έγινε η χρήση της τεχνικής αντιστοίχισης παραμέτρων από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες για την παρουσίαση των οκτώ πλανητών. Παρακάτω, οι αντιστοιχίσεις που έκαναν για τον κάθε πλανήτη σε πίνακα (Quinton et al, 2016).

Πλανήτης	Ερμής	Αφροδίτη	Γη	Άρης	Δίας	Κρόνος	Ουρανός	Ποσειδώνας
Νότα	C4	B3	G3	A3	C2	D2	E2	F2

Πίνακας 2.3. Αντιστοίχιση πλανητών με νότες, στο project “Esplora Planetarium”.

Όπως βλέπουμε στον παραπάνω πίνακα, η αντιστοίχιση των νότων μπορούμε να παρατηρήσουμε πως έγινε με βάση τα μεγέθη του κάθε πλανήτη. Ο Ερμής ο οποίος είναι και ο μικρότερος πλανήτης, αντιστοιχεί στη νότα C4, δηλαδή το μεσαίο ντο στο πιάνο. Προχωρώντας μακρύτερα από τον Ήλιο, οι νότες κατεβαίνουν συχνότητες. Η Αφροδίτη κατεβαίνει στο σι (B). Έπειτα ακολουθά ο Άρης και μετά η Γη, στην κατάβαση. Ο Δίας, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος σε μέγεθος πλανήτης, έχει και τη χαμηλότερη νότα, δύο οκτάβες κάτω από τη νότα του Ερμή, ο οποίος είναι ο μικρότερος πλανήτης. Ο Ποσειδώνας, που είναι ο πιο μακρινός από τον ήλιο πλανήτης, βρίσκεται μία οκτάβα περίπου κάτω από τη Γη, ο Ουρανός βρίσκεται στη νότα E2 και ο Κρόνος στη νότα D2.

Εκτός από την αντιστοίχιση νότων, στο συγκεκριμένο project, οι σχεδιαστές ήχου πρόσθεσαν και διάφορα ηχητικά χαρακτηριστικά, για τη δημιουργία μίας συγκεκριμένης ατμόσφαιρας. Με αυτόν τον τρόπο, προσπάθησαν να παρουσιάσουν τις βιώσιμες καταστάσεις του κάθε πλανήτη, παρουσιάζοντας θερμοκρασία, πίεση του αέρα και κλιματικές αλλαγές.

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζεται ο χρόνος που χρειάζεται κάθε ένας από τους πλανήτες για να κάνει έναν ολοκληρωμένο κύκλο γύρω από τον Ήλιο. (Quinton et al, 2016). Ένας σχεδιαστής ήχου, μπορεί να λάβει υπόψη του και αυτά τα δεδομένα, για την ηχητική παρουσίαση του διαστήματος.

Πλανήτες	Ελλειπτική κίνηση σε μέρες/μήνες/χρόνια της Γης
Ερμής	88 μέρες
Αφροδίτη	224,7 μέρες
Γη	365 μέρες
Άρης	1 χρόνος και 11 μήνες
Δίας	11,9 χρόνια
Κρόνος	29,7 χρόνια
Ουρανός	84,3 χρόνια
Ποσειδώνας	164,8 χρόνια

Πίνακας 2.4 Χρόνος ενός ολοκληρωμένου ελλειπτικού κύκλου κάθε πλανήτη, γύρω από τον ήλιο.

Και σε αυτό το project, όπως και στο project της εφαρμογής OpenSpace, δημιουργήθηκαν ηχοποιήσεις με τη χρήση της τεχνικής αντιστοίχισης παραμέτρων (parameter mapping). Αυτές οι αντιστοιχίσεις, παρουσιάζονται παρακάτω. (Quinton et al, 2016).

Ηχόχρωμα	Οι κοντινοί πλανήτες, είναι καθαρότεροι σε ήχο από τους μακρινούς
Ρυθμός και Διάρκεια	Εξαρτώνται από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα των πλανητών
Τέμπο	Αντιστοιχεί στην ταχύτητα των πλανητών
Τόνος	Εξαρτάται από το μέγεθος των πλανητών
Δυναμική	Οι κοντινοί πλανήτες είναι πιο δυνατοί, οι μακρινοί είναι πιο σιγανοί
Ηχώ	Μας δείχνει τις αποστάσεις που έχουν οι πλανήτες

Πίνακας 2.5 Αντιστοίχιση παραμέτρων στο project “*Esplora Planetarium*”.

Υπάρχει ένας κατακλυσμός από πληροφορίες στον τομέα της αστρονομίας. Ο ήχος είναι ένα πολύ βοηθητικό εργαλείο για την εξήγηση εικονικών δεδομένων, τα οποία είναι δύσκολο να κατανοηθούν. Οι ηχοποιήσεις δεδομένων λοιπόν, είναι πολύ χρήσιμες για μία παρουσίαση οπτικών δεδομένων, στον τομέα της αστρονομίας. Οι νέοι αστρονόμοι μπορούν πιο εύκολα να καταλάβουν κάτι αφού το ακούσουν, για αυτό και πολλά αστρονομικά δεδομένα, έχουν μεταφραστεί σε ήχο. (Lynch, 2017).

Η καθηγήτρια Carolin Crawford, σε μία παρουσίαση της με τίτλο “*The sound of the universe*”, δηλώνει ότι ο ήχος ως εργαλείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες επιστήμες. Για παράδειγμα στη διάγνωση κοσμικών φαινομένων. Στην παρουσίαση της, το κοινό ακούει διάφορους ήχους από το διάστημα. Οι ήχοι αυτοί είναι επεξεργασμένοι έτσι ώστε να μπορούμε να τους ακούσουμε εμείς, αλλά δεν είναι οι πραγματικοί ήχοι του διαστήματος.⁴⁸ (Quinton et al, 2016).

48. Κάποιες από τις ραδιο-αλλαγές από τον ήλιο, για παράδειγμα, έχουν επιταχυνθεί επί 42.000 φορές από 0,1 Hz στα 4,2kHz, για να μπορέσουν να γίνουν ακουστές από το ανθρώπινο αυτί.

Ένα ακόμη project, το οποίο έχει ως βασική του θεματική την αστρονομία και την παρουσίαση του σύμπαντος σε συνδυασμό με διάφορες ηχοποιήσεις, ονομάζεται Concordia. Είναι ένα XR⁴⁹(extended reality/εκτεταμένη πραγματικότητα) όργανο, που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, να ανακαλύψει μέσω του παιχνιδιού, το ηλιακό μας σύστημα. Το συγκεκριμένο επιστημονικό μουσικό όργανο, έχει σχεδιαστεί από μία ομάδα μουσικών καλλιτεχνών, εκπαιδευτών, προγραμματιστών, επιστημόνων και μηχανικών. Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2019, για την 400στη επέτειο του Johannes Kepler. Το Concordia, επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει τις δικές του ηχοποιήσεις, ή να ανακαλύψει διάφορες ηχοποιήσεις, που αντιστοιχούν στις κινήσεις των πλανητών και είναι βασισμένες στις ιδέες του Kepler και του Hartmut Warm. (Snook et al. 2020). Αυτό που παρουσιάζεται μέσα στο παιχνίδι, είναι το ηλιακό μας σύστημα και οι πλανήτες (χαρακτηριστικά και κινήσεις). Το επιπλέον, είναι η χρήση του ήχου μέσα σε αυτήν την οπτική παρουσίαση, και η παρουσίαση κάποιων αρμονικών σχέσεων που μπορεί να προκληθούν μεταξύ των πλανητών. Ο παίχτης, μπορεί να κινείται ανάμεσα στους πλανήτες και να ακούει τον ήχο από διαφορετικά μέρη του χώρου.

Η δημιουργία του Concordia, προέκυψε από το ενδιαφέρον της εξερεύνησης δεδομένων μέσα από το παιχνίδι, τον αυτοσχεδιασμό και την εμπειρία πολλαπλών αισθήσεων. (Snook et al. 2020). Μέσα από αυτό, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν διάφορα μοτίβο, σε δεδομένα που ο άνθρωπος δεν έχει δει ποτέ στην πραγματικότητα. Με αυτόν τον τρόπο θα κατανοήσουν καλύτερα αυτό που τους παρουσιάζεται. Οι ήχοι για τη δημιουργία των υπαρχόντων ηχοποιήσεων του Concordia, έγιναν μέσω της χρήσης των εφαρμογών Max/MSP και Super Collider.

Υπάρχουν πολλές ηχοποιήσεις, οι οποίες αναφέρονται στην πλανητική κίνηση και σε άλλα αστρονομικά δεδομένα, αλλά και ηχοποιήσεις που αναφέρονται ειδικότερα στη δουλειά του Kepler, όπως οι ηχοποιήσεις της Laurie Spiegel, “Kepler’s Harmony of the Worlds”⁵⁰ και των Rodger και Ruff, “Realisation for the Ear of Johannes Kepler’s astronomical data from Harmonices Mundi”.

49. Ο όρος XR (extended reality) είναι ο συνδυασμός δύο άλλων όρων, του όρου VR (virtual reality/εικονική πραγματικότητα) και του όρου AR (augmented reality/επαυξημένη πραγματικότητα).

50. Μπορείτε να ακούσετε τις ηχοποιήσεις της Laurie Spiegel, στον παρακάτω σύνδεσμο: https://www.youtube.com/watch?v=ErT83n_YdGs Τίτλος βίντεο → “Kepler’s Harmony of the Worlds”. (Τελευταία πρόσβαση → 08/02/2022)

Κεφάλαιο 3

**Μοντελοποίηση των Πυθαγόρειων θεωρήσεων της αρμονίας
των σφαιρών σε περιβάλλον Super Collider**

Μοντελοποίηση των Πυθαγόρειων θεωρήσεων της αρμονίας των σφαιρών σε περιβάλλον Super Collider

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, θα γίνουν επτά μοντελοποιήσεις από κάποιες από τις θεωρίες που αναλύθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας. Για τη μοντελοποίηση των θεωρήσεων, χρησιμοποιείται η εφαρμογή Super Collider.

Ήταν μεγάλη πρόκληση να δημιουργηθεί η ηχητική παρουσίαση των θεωρήσεων μέσα από κώδικα. Ο κώδικας άλλαξε πολλές φορές μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα, για την ηχητική παρουσίαση των θεωρήσεων.

Θα παρουσιαστούν μοντελοποιήσεις από τη θεώρηση του Πυθαγόρα, του Πλάτωνα, του Πλινίου του Πρεσβυτέρου, του Censorinus, του Βοήθιου, του Κέπλερ και τέλος του Fabre d' Olivet. Παρουσιάζονται δηλαδή μοντελοποιήσεις από την εποχή της αρχαιότητας, ως και την εποχή του Κλασικισμού.

Στο πρώτο μέρος του τρίτου κεφαλαίου, παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του κώδικα και ενός ηχητικού αποτελέσματος για κάθε θεώρηση, όπως επίσης οι πίνακες με κάθε μία θεώρηση.

Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου, γίνεται μία συζήτηση για τα αποτελέσματα της διαδικασίας που ακολουθήθηκε και αναφέρονται κάποιες παρατηρήσεις πάνω στις θεωρήσεις. Μπορείτε επίσης να ακούσετε το ηχητικό αποτέλεσμα των μοντελοποιήσεων, μέσα από το λογισμικό Super Collider, στο YouTube.

3.1 Διαδικασία

Σε αυτό το μέρος της εργασίας, παρουσιάζεται η διαδικασία της δημιουργίας των ηχητικών παρουσιάσεων των θεωρήσεων της αρμονίας των σφαιρών ανά εποχές, πάνω στην εφαρμογή Super Collider. Ο κώδικας για κάθε μοντελοποίηση, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα της εργασίας, το οποίο μπορείτε να βρείτε στη σελίδα 89.

Η πρώτη μοντελοποίηση είναι η αντιστοίχιση των πλανητών με νότες από τα δεδομένα που έχουμε από την Αρχαιότητα. Το πρώτο μοντέλο που θα βρείτε παρακάτω, είναι αυτό του Πυθαγόρα που βρίσκεται στο πρώτο κεφάλαιο, στη σελίδα 14. Μπορείτε να βρείτε τον πίνακα με την αντιστοίχιση και εδώ (Proust, 2009):

Πλανήτης	Κρόνος	Δίας	Άρης	Ήλιος	Ερμής	Αφροδίτη	Φεγγάρι
Νότα	B	C	D	E	F	G	A

Πίνακας 1.1. Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής στην Αρχαιότητα

Πρώτη μοντελοποίηση: Η Πυθαγόρεια Θεώρηση

Ο Πυθαγόρας, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, δεν αντιστοιχεί τις νότες σε κάποιο συγκεκριμένο τονικό ύψος. Χρησιμοποιεί όμως, μία συγκεκριμένη σειρά για την τοποθέτηση των πλανητών. Αυτή η σειρά χρησιμοποιείται και στον κώδικα. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιείται διαφορετικό τονικό ύψος για κάθε πλανήτη, έτσι ώστε να υπάρχει περισσότερο ενδιαφέρον στο ηχητικό αποτέλεσμα που θα εξαχθεί. Αντιστοιχούνται μπάσοι τόνοι για τους μεγαλόσωμους πλανήτες όπως τον Κρόνο, τον Δία και τον Ήλιο ενώ πιο υψηλοί τόνοι για τους πλανήτες Ερμή, Αφροδίτη και το Φεγγάρι. Στην αρχή, διατηρήθηκαν οι διάρκειες των αλλαγών, στα ίδια χρονικά επίπεδα. Παρόλα αυτά, για να γίνει πιο ενδιαφέρον το ηχητικό αποτέλεσμα, οι διάρκειες άλλαξαν στη συνέχεια, έτσι ώστε να αλληλεπιδράσουν κάποιοι αρμονικοί μεταξύ τους.

Για τη δημιουργία του συγκεκριμένου αποτελέσματος, ορίσαμε αρχικά κάποιες συγκεκριμένες συχνότητες. Τοποθετήθηκαν οι εξής συχνότητες:

Πλανήτης	Κρόνος	Δίας	Άρης	Ήλιος	Ερμής	Αφροδίτη	Φεγγάρι
Συχνότητα	130.8Hz	61.74Hz	293.7Hz	41.2Hz	698.5Hz	392Hz	880Hz

Πίνακας 3.1. Αντιστοίχιση συχνοτήτων, στη θεώρηση του Πυθαγόρα

Όπως μπορείτε να παρατηρήσετε, επιλέχθηκαν για τους πιο μεγαλόσωμους πλανήτες, αρκετά μπάσες συχνότητες. Οι μπάσοι ήχοι αντιστοιχούν λοιπόν στον ήλιο (E1), τον Κρόνο (B2) και τον Δία (C3). Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε η μεσαία περιοχή για τους μεσαίου μεγέθους πλανήτες, δηλαδή τον Άρη (D4) και την Αφροδίτη (G4) και για τους μικρότερου μεγέθους πλανήτες, τον Ερμή (F5) και το Φεγγάρι (A5), επιλέχθηκαν οι υψηλές συχνότητες. Η επιλογή αυτή, στηρίζεται στις πληροφορίες των προηγούμενων κεφαλαίων. Οι διάρκειες αλλάζουν ανά πλανήτη. Δόθηκε η μεγαλύτερη διάρκεια στον ήλιο (5 δευτερόλεπτα), έπειτα στον Κρόνο (3'') και τον Δία (2.5''), διότι

έχουν τη μεγαλύτερη κίνηση από τους υπόλοιπους πλανήτες και τέλος στον Άρη, 1 δευτερόλεπτο, την Αφροδίτη, 0.9'', τον Ερμή, 0.7'' και το Φεγγάρι, 0.5''. Με αυτόν τον τρόπο, οι ήχοι μπλέκονται μεταξύ τους και συνδυάζονται οι αρμονικοί που δημιουργούνται. Για τις μοντελοποιήσεις επιλέχθηκε η χρήση μίας απλής ημιτονοειδούς κυματομορφής, διότι ο ήχος της ήταν πιο απαλός.

Δεύτερη μοντελοποίηση: Η Πλατωνική Θεώρηση

Η δεύτερη μοντελοποίηση είναι πιο απλή. Είναι η θεωρία του Πλάτωνα πάνω στην αρμονία των σφαιρών, η οποία παρουσιάζεται μέσα από το μύθο του Ηρός στην Πολιτεία, αλλά και μέσα στον Τίμαιο. Εδώ μοντελοποιείται η “κλίμακα του Τιμαία”, μία κατάβαση νότων, που ξεκινά από τη νότα μι και καταλήγει μία οκτάβα κάτω (E-D-C-B-A-G-F-E). Είναι μία κλίμακα που βρίσκεται σε Δώριο τρόπο. (σελίδα 22).

Για τη δημιουργία της δεύτερης μοντελοποίησης χρησιμοποιήθηκε η μεσαία περιοχή συχνοτήτων. Για να διαφοροποιηθεί λίγο το ηχόχρωμα των ήχων της κατάβασης, δηλώθηκε στον κώδικά η εντολή να διαφοροποιεί πολύ λίγο κάθε συχνότητα που ακολουθεί. Αυτό για να μην έχουν όλοι οι πλανήτες το ίδιο ακριβώς ηχόχρωμα. Η διαφοροποίηση είναι ελάχιστη, αλλά μπορεί να γίνει αντιληπτή. Οι συχνότητες της συγκεκριμένης κατάβασης είναι οι εξής:

329,6 Hz (E4)	293,7 Hz (D4)	261,6 Hz (C4)	246,9 Hz (B3)	220 Hz (A3)	196 Hz (G3)	174,6 Hz (F3)	164,8 Hz (E3)
------------------	------------------	------------------	------------------	----------------	----------------	------------------	------------------

Πίνακας 3.2. Επιλογή συχνοτήτων για την “κλίμακα του Τιμαία”

Τρίτη και Τέταρτη μοντελοποίηση: Οι θεωρήσεις του Πλινίου και του Censorinus

Η τρίτη και η τέταρτη μοντελοποίηση βρίσκονται μαζί, διότι οι θεωρήσεις που μοντελοποιούνται, είναι παρόμοιες. Η τρίτη μοντελοποίηση, αφορά τη θεωρία που είχε ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος, πάνω στην αρμονία των σφαιρών. Ο συγκεκριμένος θεωρητικός, δεν αντιστοιχεί τον κάθε πλανήτη με μία συγκεκριμένη νότα, αλλά αποστάσεις πλανητών με μουσικές αποστάσεις. Παρακάτω αναλυτικά ο πίνακας με την οπτική του Πλινίου (ο ίδιος πίνακας βρίσκεται και στη σελίδα 19) (Gaizauskas, 1974):

Απόσταση μεταξύ πλανητών	Αποστάσεις με μουσικούς όρους
Γη – Φεγγάρι	Τόνος
Φεγγάρι – Ερμής	Ημιτόνιο
Ερμής – Αφροδίτη	Ημιτόνιο
Αφροδίτη – Ήλιος	Τρία ημιτόνια
Ήλιος – Άρης	Τόνος
Άρης – Δίας	Ημιτόνιο
Δίας – Κρόνος	Ημιτόνιο
Κρόνος – Αστέρια	Τρία ημιτόνια

Πίνακας 1.2. Συσχέτιση απόστασης μεταξύ των πλανητών με μουσικούς όρους κατά τον Πλίνιο

Στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση, παρουσιάζονται τα διαστήματα μεταξύ των πλανητών, μέσα από τον κώδικα στο Super Collider. Η πρώτη συχνότητα που ακούγεται είναι η συχνότητα της Γης, η νότα C4, η οποία αντιστοιχεί στα 261.6 Hz. Οι υπόλοιπες συχνότητες αντιστοιχήθηκαν με βάση τις μουσικές αποστάσεις που δημιουργούνται από τον παραπάνω πίνακα. Τα δεδομένα έχουν ως εξής:

Πλανήτης	Γη	Φεγγάρι	Ερμής	Αφροδίτη	Ήλιος	Άρης	Δίας	Κρόνος	Αστέρια
Νότες	C4	D4	D#4	E4	G4	A4	A#4	B4	D5

Πίνακας 3.3 Αντιστοίχιση πλανητών με νότες για τη μοντελοποίηση σε Super Collider

Για τη δημιουργία του κώδικα, δημιουργήθηκε μία συγκεκριμένη περιβάλλουσα πλάτους, έτσι ώστε να ακούγεται ο ήχος πιο ομοιόμορφος και στη συνέχεια αντιστοιχήθηκαν οι συχνότητες με τις ανάλογες αποστάσεις. Η κάθε συχνότητα έχει διαφορετική διάρκεια. Η αντιστοίχιση των διαρκειών, έγινε με βάση τις αποστάσεις των πλανητών μεταξύ τους. Οι πλανήτες δηλαδή που έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους, έχουν και μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, από αυτούς που βρίσκονται πιο κοντά ο ένας με τον άλλον. Η χρονική διάρκεια των αποστάσεων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Γη-Φεγγάρι	Τρία δευτερόλεπτα
Φεγγάρι- Ερμής	Έξι δευτερόλεπτα
Ερμής- Αφροδίτη	Τέσσερα δευτερόλεπτα
Αφροδίτη- Ήλιος	Πέντε δευτερόλεπτα
Ήλιος- Άρης	Έξι δευτερόλεπτα
Άρης- Δίας	Τέσσερα δευτερόλεπτα
Δίας-Κρόνος	Οκτώ δευτερόλεπτα
Κρόνος- Αστέρια	Εννέα δευτερόλεπτα

Πίνακας 3.4. Χρονική διάρκεια των αποστάσεων του Πλινίου, μέσα στον κώδικα του *Super Collider*

Η χρήση διαφορετικής διάρκειας για την παρουσίαση των αποστάσεων, δημιουργεί ένα πιο μουσικό αποτέλεσμα, αφού οι αρμονικοί μπλέκονται κάποια στιγμή μεταξύ τους και δημιουργείται ταυτόχρονα και ένας συγκεκριμένος ρυθμός.

Η τέταρτη μοντελοποίηση, αφορά την οπτική του Censorinus, η οποία παρουσιάζεται στη σελίδα 20. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, δεν είναι διαφορετική από την προηγούμενη, επειδή οι δύο θεωρίες ταιριάζουν πολύ μεταξύ τους. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην οπτική του Censorinus, προστίθενται τρεις ακόμη αποστάσεις και μία διαφοροποίηση. Οι προσθέσεις που γίνονται αφορούν τις αποστάσεις της Γης με τον Ήλιο, του Ήλιου με τα Αστέρια και τέλος της Γης με τα Αστέρια. Η απόσταση του Κρόνου με τα Αστέρια, είναι η διαφοροποίηση, στις δύο οπτικές. Ο Πλίνιος, θεωρεί πως έχουν απόσταση τριών ημιτόνιων, ενώ ο Censorinus, ενός ημιτόνιου. Έτσι, το μόνο που αλλάζει σε αυτήν τη μοντελοποίηση, είναι τα τέσσερα τελευταία στοιχεία που δίνονται στον παρακάτω πίνακα. (Proust, 2009). Στο δεύτερο πίνακα, παρουσιάζονται οι διάρκειες που αντιστοιγήθηκαν μέσα στον κώδικα, στις προσθέσεις του Censorinus.

Απόσταση μεταξύ πλανητών	Αποστάσεις με μουσικούς όρους
Γη – Φεγγάρι	Τόνος
Φεγγάρι – Ερμής	Ημιτόνιο
Ερμής – Αφροδίτη	Ημιτόνιο
Αφροδίτη – Ήλιος	Ενάμιση τόνος (3 ημιτόνια)
Ήλιος – Άρης	Τόνος
Άρης – Δίας	Ημιτόνιο

Δίας – Κρόνος	Ημιτόνιο
Κρόνος – Αστέρια	Ημιτόνιο
Γη – Ήλιος	Τριάμισι τόνοι ή μία πέμπτη
Ήλιος – Αστέρια	Δυόμισι τόνοι
Γη – Αστέρια	Έξι τόνοι ή μία οκτάβα

Πίνακας 1.3. Συσχέτιση απόστασης μεταξύ των πλανητών με μουσικούς όρους κατά τον *Censorinus*

Κρόνος- Αστέρια	Οκτώ δευτερόλεπτα
Γη- Ήλιος	Τέσσερα δευτερόλεπτα
Ήλιος- Αστέρια	Έξι δευτερόλεπτα
Γη- Αστέρια	Επτά δευτερόλεπτα

Πίνακας 3.5. Χρονική διάρκεια των αποστάσεων του *Censorinus*, μέσα στον κώδικα του *Super Collider*

Πέμπτη μοντελοποίηση: Η θεώρηση του Βοήθιου

Η πέμπτη μοντελοποίηση, είναι η οπτική του Βοήθιου πάνω στην αρμονία των σφαιρών, η οποία βρίσκεται στη σελίδα 22. Μπορείτε να βρείτε τον πίνακα και παρακάτω (Proust, 2009):

Πλανήτης	Φεγγάρι	Ερμής	Αφροδίτη	Γη	Άρης	Δίας	Κρόνος
Νότα	D	C	B	A	G	F	E

Πίνακας 1.4. Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής, κατά τον Βοήθιο

Η οπτική του Βοήθιου, δεν διαφέρει και πολύ από την οπτική που είχε ο Πλάτωνας για την αρμονία των σφαιρών, με τη χρήση του Δώριου τρόπου, της κλίμακας του Τιμαία. Ο Βοήθιος, κάνει μία κατάβαση από τη νότα ρε, στη νότα μι. Στο Δώριο τρόπο, του οποίου η μοντελοποίηση αναφέρθηκε λίγο παραπάνω, γίνεται πάλι μία κατάβαση οκτάβας, ξεκινώντας όμως από τη νότα μι. Χρησιμοποιείται ο ίδιος κώδικα με τη μοντελοποίηση της Πλατωνικής οπτικής, απλά με διαφορετικές συχνότητες. Και εδώ, έχει δημιουργηθεί μία περιβάλλουσα πλάτους, στην οποία

διαφοροποιείται ελάχιστα η κάθε συχνότητα, κατά τη διάρκεια της κατάβασης, έτσι ώστε να αλλάζει το ηχόχρωμα των συχνοτήτων. Οι συχνότητες που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

293,7 Hz (D4)	261,6 Hz (C4)	246,9 Hz (B3)	220 Hz (A3)	196 Hz (G3)	174,6 Hz (F3)	164,8 Hz (E3)
------------------	------------------	------------------	----------------	----------------	------------------	------------------

Πίνακας 3.6 *Επιλογή συχνοτήτων, για την κλίμακα του Βοήθιου*

Έκτη μοντελοποίηση: Η θεώρηση του Κέπλερ

Η έκτη μοντελοποίηση, αφορά την οπτική του Κέπλερ (μπορείτε να τη δείτε στη σελίδα 34). Ο πίνακας, παρουσιάζεται και παρακάτω (Gingras, 2003):

Αποκλίνουσα κίνηση	Αρμονική αναλογία	Συγκλίνουσα κίνηση	Αρμονική αναλογία
Κρόνος και Δίας	1:3 = 12η	Κρόνος και Δίας	1:2 = οκτάβα
Δίας και Άρης	1:8 = τρεις οκτάβες	Δίας και Άρης	5:24 = δύο οκτάβες και μια 3η μικρή
Άρης και Γη	5:12 = 10η μινόρε	Άρης και Γη	2:3 = 5η Καθαρή
Γη και Αφροδίτη	3:5 = 6η Μεγάλη	Γη και Αφροδίτη	5:8 = 6η μικρή
Αφροδίτη και Ερμής	1:4 = Διπλή οκτάβα	Αφροδίτη και Ερμής	3:5= 6η Μεγάλη

Πίνακας 1.6. *Αποκλίνουσες και Συγκλίνουσες κινήσεις μεταξύ των πλανητών, σε αντιστοίχιση με αρμονικές αναλογίες κατά τον Κέπλερ*

Πρέπει να σημειωθεί, πως φαίνεται ότι η 4η καθαρή δεν υπάρχει σε καμία από τις σχέσεις των πλανητών. Παρόλα αυτά, ο Κέπλερ θεωρεί ότι η 4η καθαρή υπάρχει μεταξύ της απόστασης της Γης και του Φεγγαριού (ακόμα και αν το φεγγάρι δεν θεωρείται πλανήτη στην εποχή του).

Ο Κέπλερ, είχε αντιστοιχίσει και αυτός κάποιες νότες για κάθε πλανήτη. Η βάση που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση, ήταν η νότα G2, για τον πλανήτη Κρόνο. Αυτή είναι και η βάση που χρησιμοποιεί ο Kepler για κάθε πράξη του για τις πλανητικές κινήσεις και τις σχέσεις τους με τη μουσική.

Όσον αφορά τις αποκλίνουσες και τις συγκλίνουσες σχέσεις των πλανητών, δεν διατηρούνται πάντα όλες οι συχνότητες στις ίδιες τονικότητες. Χρειάστηκε κάποιες φορές, να κατέβει ή να ανέβει η οκτάβα στη μοντελοποίηση. Οι συχνότητες που αντιστοιχούνται στον κάθε πλανήτη, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες στις αποκλίνουσες και τις συγκλίνουσες κινήσεις. Αυτό επειδή ο Κέπλερ, χρησιμοποιεί διαφορετικές μουσικές αποστάσεις για να περιγράψει τις κινήσεις των πλανητών, όταν βρίσκονται ο ένας κοντά στον άλλον και όταν βρίσκονται ο ένας μακριά από τον άλλον. Επίσης, μπορείτε να παρατηρήσετε πως αντιστοιχούνται, σε κάποιους από τους πλανήτες, δύο συχνότητες και όχι μόνο μία. Υπάρχουν αλλαγές στις συχνότητες, διότι διαφορετικά ανεβαίνουν πολύ ψηλά, με αποτέλεσμα ο ήχος να ακούγεται αρκετά ενοχλητικός. Στο δεύτερο πίνακα που θα βρείτε παρακάτω, αναφέρονται οι διάρκειες που τοποθετήθηκαν στις αποστάσεις μεταξύ των πλανητών, με το σκεπτικό των προηγούμενων μοντελοποιήσεων.

Αποκλίνουσες κινήσεις πλανητών		Συγκλίνουσες κινήσεις πλανητών	
Πλανήτες	Συχνότητες	Πλανήτες	Συχνότητες
Κρόνος	98 Hz (G2)	Κρόνος	98 Hz (G2)
Δίας	293.7 Hz (D4), 73.42 Hz (D2)	Δίας	196 Hz (G3)
Άρης	587.3 Hz (D5), 146.8 Hz (D3)	Άρης	932.3 Hz (A#5), 233.1 Hz (A#3)
Γη	349.2 Hz (F4)	Γη	349.2 Hz (F4), 523.2 Hz (C5)
Αφροδίτη	659.3 Hz (E5)	Αφροδίτη	622.3 Hz (D#5)
Ερμής	2637 Hz (E7)	Ερμής	1108.73 Hz (C#6)
		Φεγγάρι	392 Hz (G4)

Πίνακας 3.7. Αντιστοίχιση συχνοτήτων με πλανήτες, στις αποκλίνουσες και στις συγκλίνουσες κινήσεις.

Αποκλίνουσες κινήσεις πλανητών		Συγκλίνουσες κινήσεις πλανητών	
Κρόνος-Δίας	8''	Κρόνος-Δίας	8''
Δίας-Άρης	7''	Δίας- Άρης	7''
Άρης-Γη	4''	Άρης- Γη	4''

Γη-Αφροδίτη	3''	Γη- Αφροδίτη	3''
Αφροδίτη-Ερμής	2''	Αφροδίτη-Ερμής	2''
		Φεγγάρι-Γη	1''

Πίνακας 3.8. Χρονική διάρκεια αποκλίνον και συγκλίνων αποστάσεων των πλανητών, μέσα στον κώδικα του *Super Collider*

Μπορείτε να παρατηρήσετε στον παραπάνω πίνακα, ότι οι διάρκειες παραμένουν σταθερές και στις αποκλίνουσες, αλλά και στις συγκλίνουσες αποστάσεις μεταξύ των πλανητών. Η μόνη αλλαγή είναι η πρόσθεση της συγκλίνουσας απόστασης Φεγγαριού και Γης, όπου τοποθετείται η διάρκειά τους στο ένα δευτερόλεπτο.

Έβδομη μοντελοποίηση: Η θεώρηση του Fabre d'Olivet

Η έβδομη και τελευταία μοντελοποίηση, αφορά την οπτική του Fabre d'Olivet και μπορείτε να τη βρείτε στη σελίδα 42. Παρακάτω, ο πίνακας με τα δεδομένα που αντιστοιχεί. (Godwin, 1992)

Πλανήτης	Κρόνος	Ήλιος	Φεγγάρι	Άρης	Ερμής	Δίας	Αφροδίτη
Νότα	B	E	A	D	G	C	F

Πίνακας 1.7. Αντιστοίχιση των πλανητών με νότες της μουσικής, κατά τον *Fabre d'Olivet*.

Για την έβδομη μοντελοποίηση, αντιστοιχούνται ξανά κάποιες συγκεκριμένες συχνότητες. Η μοντελοποίηση, ξεκινά με τη συχνότητα 246.9Hz, που είναι η νότα B3 και συνεχίζεται η αντιστοίχιση συχνοτήτων, ανάλογα με τα διαστήματα που επιλέγει ο συγκεκριμένος θεωρητικός. Στον παρακάτω πίνακα μπορείτε να δείτε τις συχνότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση διατηρείται η ίδια χρονική διάρκεια για όλους τους πλανήτες.

246.9 Hz (B3)	329.6 Hz (E4)	440 Hz (A4)	587.3 Hz (D5)	784 Hz (G5)	1046 Hz (C6)	1397 Hz (F6)
------------------	------------------	----------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------

Πίνακας 3.9 Αντιστοίχιση συχνοτήτων στη θεώρηση του *Fabre d'Olivet*.

3.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων

Στην προσπάθειά να παρουσιαστούν οι ιδέες των θεωρητικών ανά εποχές, πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, μέσα από τον κώδικα του Super Collider, κατανοήθηκαν καλύτερα κάποια στοιχεία της παρούσας εργασίας. Μέσα από αυτήν την εμπειρία, έγιναν πιο ξεκάθαρα διάφορα στοιχεία για τους θεωρητικούς που ασχολήθηκαν με τη θεωρία αυτή, τα οποία και θα αναφερθούν παρακάτω.

Η αντιστοίχιση των πλανητών με μουσικές έννοιες, που γίνεται από τους θεωρητικούς της αρχαιότητας μέχρι και τους θεωρητικούς της εποχής του Κλασικισμού είναι πιο απλή από τις αντιστοιχίσεις που κάνουν διάφοροι μουσικοί της εποχής μας, που είναι αρκετά πιο περίπλοκες. Αυτό είναι λογικό, αν σκεφτούμε την πληθώρα δεδομένων που έχουμε πλέον για το διάστημα και πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα δεδομένα για να δημιουργήσουμε τέχνη (ηχογραφήσεις από διάφορους πλανήτες, ακριβή δεδομένα πάνω στα χαρακτηριστικά των πλανητών).

Οι μουσικοί της εποχής μας, εκτός από απλή αντιστοίχιση των πλανητών με συγκεκριμένες συχνότητες, προσπαθούν να δημιουργήσουν ολόκληρο το περιβάλλον των πλανητών, αλλά και το περιβάλλον του σύμπαντος σε ένα γενικότερο πλαίσιο. Για το λόγο αυτό, αντιστοιχούν στους πλανήτες περισσότερα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα ηχώ και βάθος, έτσι ώστε να καταφέρουν να δημιουργήσουν την αίσθηση του χώρου και της κίνησης των πλανητών, μέσω του ήχου.

Μέσα από τις μοντελοποιήσεις, φαίνεται πως ο κάθε ένας από τους παραπάνω θεωρητικούς, είχε επηρεαστεί πολύ από τους προηγούμενους του. Μέσα από τη μοντελοποίηση φαίνεται για παράδειγμα πως ο Βοήθιος, είχε επηρεαστεί πολύ από τον Πλάτωνα (χρησιμοποιούν και οι δύο για την αντιστοίχιση τους καταβάσεις νότων, μπορείτε να το ακούσετε αυτό στον παρακάτω σύνδεσμο). Φαίνεται επίσης, πως οι αποστάσεις που αντιστοιχίσαν ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος και ο Censorinus είναι ίδιες, με κάποιες πάρα πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους, οι οποίες αναφέρονται παραπάνω, κάτω από τους πίνακες αντιστοίχισης.

Τη μεγαλύτερη καινοτομία όμως πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, μπορούμε να δούμε πως την έχει κάνει ο Kepler, ο οποίος βέβαια είχε την τύχη να μπορεί να βρίσκει εύκολα τα νέα αστρονομικά δεδομένα της εποχής του, λόγω των γνωριμιών που είχε (ήταν πολύ καλός φίλος του Τίχο Μπράχε, -αστρονόμος της εποχής του- και φίλος επίσης του Γαλιλαίου). Αυτός ίσως είναι και ο λόγος, που οι θεωρίες του Κέπλερ ξεπερνούν τις θεωρίες των άλλων θεωρητικών (μην ξεχνάμε πως είχε

δημιουργήσει ολόκληρες μελωδίες για κάθε έναν πλανήτη, εκτός από τη σύνδεση των μουσικών αποστάσεων με τις αποστάσεις των πλανητών, κάτι που οι άλλοι θεωρητικοί δεν είχαν κάνει).

Η προσέγγιση των θεωρήσεων μέσα από τον κώδικα του Super Collider, έγινε καθαρά μέσα από μία μουσικολογική ματιά. Στις θεωρήσεις που είχαμε στη διάθεσή μας, οι θεωρητικοί-μουσικοί-αστρονόμοι, αντιστοιχούσαν απλά κάποιες νότες σε κάθε πλανήτη, χωρίς να προσθέτουν περαιτέρω χαρακτηριστικά έτσι ώστε να παρουσιαστεί μία πιο καλλιτεχνική προσέγγιση μέσα από τον κώδικα. Τα αποτελέσματα των μοντελοποιήσεων μέσα από το Super Collider, μπορούν να μεταφέρουν την ηχητική περιγραφή των θεωρήσεων που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Μπορούμε παρόλα αυτά να παρατηρήσουμε στις μοντελοποιήσεις των θεωρήσεων του Πλίνιου, Censorinus και Κέπλερ πως με τους αρμονικούς που μπλέκονται μεταξύ τους, αλλά και τις διαφορετικές διάρκειες που έχουν τοποθετηθεί σε κάθε απόσταση πλανητών, δημιουργείται ένας συγκεκριμένος παλμός και το αποτέλεσμα ακούγεται πιο μουσικό και πιο ενδιαφέρον.

Αναλυτικότερα οι παραπάνω μοντελοποιήσεις:

Για την πρώτη αντιστοίχιση, ακολουθήθηκε ο τρόπος που ακολουθούν και οι τωρινοί συνθέτες, οι οποίοι δημιουργούν ηχοποιήσεις, για την περιγραφή του διαστήματος και των πλανητών. Η αντιστοίχιση συχνοτήτων για τους πλανήτες έγινε με βάση τα μεγέθη των πλανητών, αφού η πληροφορία που μας δίνεται από τη θεωρία, ήταν απλά η νότα, όχι η συχνότητα της νότας και το τονικό ύψος (μπάσα, μεσαία ή υψηλή περιοχή συχνοτήτων).

Στη δεύτερη μοντελοποίηση, χρειάστηκε να αντιστοιχηθούν κάποιες συγκεκριμένες συχνότητες. Η βάση της αντιστοίχισης ήταν τα χαρακτηριστικά των πλανητών, όπως και πριν.

Στην τρίτη και την τέταρτη μοντελοποίηση, παρουσιάζονται τα διαστήματα μεταξύ των αποστάσεων των πλανητών. Και εδώ, χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες συχνότητες στον κώδικα, με βάση αυτό που θεωρήθηκε πως θα ταιριάζει σε κάθε πλανήτη. Δόθηκε στη Γη η συχνότητα της νότας C4, δηλαδή χρησιμοποιήθηκε η μεσαία περιοχή συχνοτήτων και αντιστοιχήθηκαν οι υπόλοιπες συχνότητες ανάλογα με τις αποστάσεις που όριζαν ο Πλίνιος και ο Censorinus.

Στην πέμπτη μοντελοποίηση, όπου παρουσιάζεται η οπτική του Βοήθιου, χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος κώδικας με τη μοντελοποίηση της οπτικής του Πλάτωνα, με βασικότερη αλλαγή στις συχνότητες. Έγινε χρήση του ίδιου κώδικα, διότι παρατηρείται πως ο Βοήθιος είχε παρόμοια οπτική με τον Πλάτωνα, ίσως επειδή ήταν επηρεασμένος από την αρχαία σοφία. Και οι δύο θεωρητικοί, χρησιμοποιούν μία κατάβαση για τις αντιστοιχίσεις τους με διαφορετικές νότες.

Η έκτη μοντελοποίηση, όπου παρουσιάζεται η οπτική του Kepler, είναι και η πιο ενδιαφέρον. Οι αρμονικοί των συχνοτήτων, μπλέκονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται επίσης μία αίσθηση ρυθμού. Για την επιλογή συχνοτήτων στη συγκεκριμένη μοντελοποίηση, χρησιμοποιήθηκαν οι πληροφορίες που έχουμε από το πρώτο μέρος της εργασίας. Ο Kepler, χρησιμοποιεί ως βάση του τη νότα G2, δηλαδή τη συχνότητα των 98Hz. Αυτή χρησιμοποιείται ως βάση για τη συγκεκριμένη μοντελοποίηση.

Τέλος, η τελευταία μοντελοποίηση έγινε όπως και η αρχική (Αρχαιότητα), τοποθετώντας τις συχνότητες με ένα συγκεκριμένο χρόνο σε μία συγκεκριμένη σειρά, όπως ακριβώς τις ορίζει ο Fabre d'Olivet.

Η επιλογή όλες οι μοντελοποιήσεις να αποτελούνται από μία απλή ημιτονοειδής κυματομορφή, έγινε επειδή μέσα από πειραματισμούς πάνω στον κώδικα, ο ήχος της απλής κυματομορφής ακουγόταν πιο απαλός. Με τη χρήση άλλων ειδών κυματομορφής, ο ήχος γινόταν πολύ σκληρός, κάτι που δεν ήταν ωραίο αισθητικά.

Ένας πιο έμπειρος προγραμματιστής, θα είχε δημιουργήσει κάτι πολύ πιο μουσικό. Οι γνώσεις που είχα πάνω στην γλώσσα του Super Collider, μου επέτρεψαν να φτάσω σε αυτό το σημείο μοντελοποίησης. Παρόλα αυτά, θεωρώ πως κατάφερα με επιτυχία, έστω και με πολύ απλή διαχείριση του κώδικα, να δημιουργήσω μία ηχητική παρουσίαση των θεωρήσεων που είχα στη διάθεσή μου. Σε μία μελλοντική προσέγγιση, ευελπιστώ πως θα καταφέρω να βγάλω ένα πιο ενδιαφέρον και μουσικό αποτέλεσμα, πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών.

Μπορείτε να ακούσετε τις μοντελοποιήσεις, στο σύνδεσμο που βρίσκεται στην υποσημείωση.⁵¹ Προτείνεται να φοράτε ακουστικά, για να ακούσετε και τις χαμηλές συχνότητες που χρησιμοποιούνται.

51. Η μοντελοποίηση των θεωρήσεων της αρμονίας των σφαιρών, στο περιβάλλον του Super Collider → <https://youtu.be/sMqPVVDcOAK>

Επίλογος

Η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, έχει απασχολήσει τους ανθρώπους εδώ και χιλιάδες χρόνια. Πολλοί θεωρητικοί ασχολήθηκαν με τη σύνδεση της αστρονομίας και της μουσικής, βασίζοντας τις θεωρίες τους μόνο στην καθημερινή παρατήρηση. Ακόμα και σήμερα, η θεωρία της αρμονίας των σφαιρών αποτελεί έναν ενδιαφέρον τομέα και για τους νέους επιστήμονες, αλλά περισσότερο για τους ανθρώπους που ασχολούνται με τις τέχνες.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αναλύθηκαν διάφορες θεωρήσεις πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών, από την εποχή της αρχαιότητας μέχρι και σήμερα μέσα από μία ιστορική και συστηματική ματιά. Βλέπουμε τις αναζητήσεις που έχουν γίνει πάνω στο θέμα, ξεκινώντας από την αρχαία Ελλάδα και καταλήγοντας στον 20ο αιώνα, από θεωρητικούς, αστρονόμους, μουσικούς και καλλιτέχνες. Ο Πυθαγόρας θεωρούσε ότι μπορούμε να ακούσουμε την αρμονία των σφαιρών μέσα από τα μαθηματικά, ενώ ο Κέπλερ θεωρούσε, πως την αντιλαμβανόμαστε μέσω της όρασής μας και όχι μέσω της ακοής μας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάστηκε η προσέγγιση της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών, από τους επιστήμονες και τους καλλιτέχνες της εποχής μας. Στην εποχή του διαδικτύου και της πληροφόρησης στην οποία ζούμε, έχουμε ελεύθερη πρόσβαση σε αστρονομικά δεδομένα, τα οποία μας προσφέρει, η NASA. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, μας παρέχεται πλέον ηχητικό υλικό από πολλούς πλανήτες, όπως την Αφροδίτη, τον Άρη, τον Δία και τον Κρόνο, από κομήτες του ηλιακού μας συστήματος και από το φεγγάρι. Η επιστημονική κοινότητα, μαζί με την καλλιτεχνική κοινότητα έχουν καταφέρει να πάνε τη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών ένα βήμα παραπέρα, δημιουργώντας με τη χρήση των αληθινών ηχητικών δεδομένων που έχουμε πλέον στα χέρια μας, διάφορα project και διάφορες πολύ ενδιαφέρον συνθέσεις.

Ταυτόχρονα, εξελίσσεται και ο τομέας της ηχοποίησης δεδομένων. Πολλοί σχεδιαστές ήχου, συνεργάζονται με πλανητάρια, έτσι ώστε να καταφέρουν να προσεγγίσουν διάφορα χαρακτηριστικά των πλανητών, με απλούς ήχους. Έτσι, τα δεδομένα που παρουσιάζονται, είναι πιο κατανοητά προς το κοινό, αφού μέσω του ήχου, μπορούν να ξεχωρίσουν καλύτερα, κάποια χαρακτηριστικά των πλανητών.

Τέλος, στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παρουσιάζονται επτά μοντελοποιήσεις από θεωρήσεις πάνω στην αρμονία των σφαιρών, μέσα από την εφαρμογή Super

Collider. Οι μοντελοποιήσεις, είναι απλές ηχητικές παρουσιάσεις των θεωρήσεων του Πυθαγόρα, του Πλάτωνα, του Πλινίου του Πρεσβύτερου και του Censorinus, του Βοήθιου, του Κέπλερ και τέλος, του Fabre d'Olivet. Παρουσιάζονται δηλαδή μοντελοποιήσεις από την εποχή της Αρχαιότητας, του Μεσαίωνα, του Μπαρόκ και του Κλασικισμού. Μέσα από αυτήν την προσπάθεια μοντελοποίησης των επτά θεωρήσεων, κατανοούνται λίγο καλύτερα οι ομοιότητες και οι διαφορές των θεωρήσεων, ανά εποχή, και η εξέλιξη της θεωρίας της αρμονίας των σφαιρών. Το αποτέλεσμα των μοντελοποιήσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο.

Η αρμονία των σφαιρών, ξεκίνησε πολύ απλά, μέσα από την παρατήρηση των ουρανών και την αντιστοίχιση των πλανητών με νότες. Συνέχισε ανά αιώνες, να εμπνέει πολλούς καλλιτέχνες και θεωρητικούς, οι οποίοι άφησαν ο καθένας τη δική του οπτική πάνω στο θέμα. Εξελίχθηκε και παρέμεινε ζωντανή μέχρι και σήμερα, όπου με τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας, μπορούμε να έχουμε μία πιο αληθινή προσέγγιση των ήχων του διαστήματος. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας που έρχεται και την εμφάνιση των AI (Artificial Intelligence), μπορούμε άραγε να φανταστούμε τα αποτελέσματα που θα έχουμε στο μέλλον πάνω στη θεωρία της αρμονίας των σφαιρών;

Βιβλιογραφία

- Africa, T. W. (1961). Copernicus' relation to Aristarchus and Pythagoras. *Isis*, 52(3), 403-409
- Barrass, S. (2012). The aesthetic turn in sonification towards a social and cultural medium. *AI & society*, 27(2), 177-181.
- Berghaus, G. (1992). Neoplatonic and Pythagorean notions of world harmony and unity and their influence on Renaissance dance theory. *Dance Research*, 10(2), 43-70.
- Cirillo, M. (2009). Kepler, Harmony, and the Pythagorean Tradition.
- Crickmore, L. (2013). Planets, Heptachords and the Days of the Week: The Harmony of the Spheres. *Le Python de l'Agora*.
- Crocker, R. L. (1964). Pythagorean mathematics and music. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 22(3), 325-335.
- Dubus, G., & Bresin, R. (2013). A systematic review of mapping strategies for the sonification of physical quantities. *PloS one*, 8(12), e82491.
- Ejdbo, M., & Elmquist, E. (2020). Interactive Sonification in OpenSpace. *Department of Science and Technology, Linköping University*.
- Elmquist, E., & Ejdbo, M. (2019). Interactive Sonification in OpenSpace. *Department of Science and Technology, Linköping University*.
- Ferguson, K. (2011). *The Music of Pythagoras: How an Ancient Brotherhood Cracked the Code of the Universe and Lit the Path from Antiquity to Oute*. Bloomsbury Publishing USA.
- Franklin, E., & Carey, D. (2005). From Galaxies to Cells: Bridging Science, Sound Vibration and Consiousness Through the Music of the Spheres. *Subtle Energies & Energy Medicine Journal Archives*, 16(3).
- Gaizauskas, B. R. (1974). The harmony of the spheres. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 68, 146.
- Gingras, B. (2003). Johannes Kepler's Harmonices mundi: A "Scientific" Version of the Harmony of the Spheres, Part III. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 97, 259.
- Godwin, J. (1992). *The harmony of the spheres: The pythagorean tradition in music*. Simon and Schuster.

- Grimm, G., Bracher, C., Frey, L., Veto, J., & Harders, C. (2011). Harmony of the Spheres: Cosmology and Number Aesthetics in 16th and 20th Century Music for Viola da Gamba. *International Community for Auditory Display*.
- Leighton, T. G., & Petculescu, A. (2016). Guest editorial: Acoustic and related waves in extraterrestrial environments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *140*(2), 1397–1399.
- Lowenthal, D. (2006). From harmony of the spheres to national anthem: reflections on musical heritage. *GeoJournal*, *65*(1-2), 3-15.
- Lunn, P., & Hunt, A. (2011). Listening to the invisible: Sonification as a tool for astronomical discovery. *University of Huddersfield*.
- Lynch, J. F. (2017). Acoustics and astronomy. *Acoustics Today*, *13*(4), 27-34.
- Meredith, N. P. (2019). Turning the sounds of space into art. *Astronomy & Geophysics*, *60*(2), 2-18.
- Mingham, R., & Forrest, A. R. (1995, October). An illustrated analysis of sonification for scientific visualisation. In *Proceedings Visualization'95* (pp. 110-117). IEEE.
- Mössinger, J. C. (2003). Sounds from space. *Nature*, *422*(6932), 565-565.
- Mousoulides, F. (2005). Iannis Xenakis—The demand for a Universal music and the Pythagorean model. In *International Symposium Iannis Xenakis, Athens, May 18* (Vol. 20, p. 2005).
- Proust, D. (2009). The harmony of the spheres from Pythagoras to Voyager. *Proceedings of the International Astronomical Union*, *5*(S260), 358-367.
- Quinton, M., McGregor, I., & Benyon, D. (2016). Sonifying the solar system. *International Community on Auditory Display*.
- Rodgers, J., & Ruff, W. (1979). Kepler's Harmony of the World: A Realization for the Ear: Three and a half centuries after their conception, Kepler's data plotting the harmonic movement of the planets have been realized in sound with the help of modern astronomical knowledge and a computer-sound synthesizer. *American Scientist*, *67*(3), 286-292.
- Rönnerberg, N. (2019). Musical sonification supports visual discrimination of color intensity. *Behaviour & Information Technology*, *38*(10), 1028-1037.
- Schrade, L. (1947). Music in the Philosophy of Boethius. *The Musical Quarterly*, *33*(2), 188-200.

- Snook, K., Barri, T., Bolles, M., Ericson, P., Fravel, C., Goßmann, J., ... & Thomas, R. (2020). Concordia: A musical XR instrument for playing the solar system. *Journal of New Music Research*, 49(1), 88-103.
- Sterne, J. (Ed.). (2012). *The sound studies reader*. Routledge.
- Tomlinson, B. J., Winters, R. M., Latina, C., Bhat, S., Rane, M., & Walker, B. N. (2017). Solar system sonification: Exploring earth and its neighbors through sound. Georgia Institute of Technology.
- Vogt, K., Pirro, D., Rumori, M., & Höldrich, R. (2012). Sounds of simulations: data listening space. In *ICMC*.
- Walker, D. P. (2000). The Harmony of the Spheres. In *Number to Sound* (pp. 67-77). Springer, Dordrecht.

Διαδικτυακές Πηγές

1. Jossifresco (2006). Tetractys. Wikimedia,svg
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRxwixiXHLY53I647GL4mORmvOo_CjHBkCk-g&usqp=CAU
2. “In Nomine”, Mr Picforth. <https://www.youtube.com/watch?v=90Yfa5O2jx0>
3. Inouye, B. (2016). The elliptical orbit of the earth around the sun. University of Hawaii at Manoa.
https://manoa.hawaii.edu/sealarning/media_colorbox/2291/media_original/en
4. RjHall (2011). Illustration of Kepler's second law of planetary orbits. Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kepler%27s_law_2_.svg
5. Εικόνα 1.5. Μελωδίες πλανητών κατά τον Κέπλερ.
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTfIbJraA04ORgDshgWYhQ1JrgMqb86Y_Iofg&usqp=CAU
6. Giovanni Keplero – Harmonices Mundi.
<https://www.youtube.com/watch?v=WihmsRinpQU>
7. Ηχητικά δείγματα από το Mars 2020 Rover.
<https://mars.nasa.gov/mars2020/participate/sounds/?playlist=mars&item=first-sounds-raw&type=mars>
8. Εικόνα 2.1. Η θέση των μικροφώνων του Mars 2020 Rover.
<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/microphones/>

9. Plasma Waves. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-listens-in-as-electrons-whistle-while-they-work>
10. Εικόνα 2.2 Φασματογράφημα των τριών ήχων που μπαίνουν στην ατμόσφαιρα της Γης
<https://www.bas.ac.uk/project/sounds-of-space/>
11. Ήχοι από το διαστημόπλοιο Rosetta από τον κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko
<https://www.youtube.com/watch?v=Tyuhh7759V0>
12. “Aurora Musicalis”. <https://www.youtube.com/watch?v=ppuhfUky9iI>
13. NASA’s Planetary fact sheet. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>
14. SYSTEM Sounds. 2022. *JUPITER’S MOONS – SYSTEM Sounds*.
<https://www.system-sounds.com/jupiters-moons/>
15. Solar System Scope. 2022. <https://www.solarsystemscope.com/>
16. “All Planet Sounds From Space (In our Solar System)”.
<https://www.youtube.com/watch?v=IQL53eQ0cNA>
17. 2CDI, 2022. *This is What Our Solar System Looks Like*. [online].
<https://www.2cdi.com/blog/solar-system/>
18. Laurie Spiegel, “Kepler’s Harmony of the Worlds”.
https://www.youtube.com/watch?v=ErT83n_YdGs
19. Τα βίντεο του Eli Fieldsteel με βοήθησαν στη συγγραφή κώδικα στο Super Collider
<https://www.youtube.com/watch?v=ntL8QDOhhL8>
20. Σημειώσεις του καθηγητή Ορέστη Καραμανλή πάνω στο Super Collider
<http://teaching.orestiskaramanlis.net/ct2/>

Παράρτημα

Σε αυτό το μέρος της εργασίας, παρουσιάζονται αναλυτικότερα, για όποιον ενδιαφέρεται, ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των μοντελοποιήσεων και εικόνες από την εφαρμογή Super Collider, για κάθε μία μοντελοποίηση. Ο κώδικας για την πρώτη μοντελοποίηση παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:

```
15 Μάρια Κατσίπη Α.Μ. 1569201700020
16 //Αρχαιότητα//
17 //Κρόνος B//Δίας C//Αρης D//Ηλιος E//Ερμής F//Αφροδίτη G//Φεγγάρι A
18
19 (
20 SynthDef.new(\sine,{
21   arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 8, amp = 1, pan = 0;
22   var sig, env;
23   sig = SinOsc.ar (freq);
24   env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel],[1,-1]),doneAction:2);
25   sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
26   sig = sig * env;
27   Out.ar(0,sig);
28 }).add;
29 )
30 (
31 b = Pbind (\instrument,\sine,
32   \freq, Pseq ([130.8, 61.74, 293.7,41.20, 698.5,392, 880],inf).trace,
33   \dur,Pseq ([1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], inf).trace,
34 ).play
35 )
36
37 b.stop;
```

Εικόνα 1. Η θεώρησης της αρμονίας των σφαιρών στο Super Collider: Αρχαιότητα

Τα αρχικά στάδια της μοντελοποίησης, με τη χρήση του εργαλείου *Pbind*:

```
36 a = Pbind (\instrument, \default, \freq, 61.74, \dur, 60).play;
37 b = Pbind (\instrument, \default, \freq, 130.8, \dur, 56).play;
38 c = Pbind (\instrument, \default, \freq, 293.7, \dur, 46).play;
39 d = Pbind (\instrument, \default, \freq, 41.20, \dur, 300).play;
40 e = Pbind (\instrument, \default, \freq, 698.5, \dur, 2).play;
41 f = Pbind (\instrument, \default, \freq, 392.0, \dur, 7).play;
42 g = Pbind (\instrument, \default, \freq, 880.0, \dur, 1).play;
```

Εικόνα 2. Αρχικά στάδια μοντελοποίησης

Στην εικόνα 2, χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο *Pbind*, το οποίο ανήκει στην κατηγορία *Patterns*. Όπως μπορείτε να δείτε, δηλώνονται οι συχνότητες και διαφορετικές διάρκειες για κάθε έναν από τους πλανήτες. Οι συχνότητες, βρίσκονται μετά τη λέξη *\freq*, δηλαδή *frequency*, ενώ οι διάρκειες βρίσκονται μετά τη λέξη *\dur*,

δηλαδή duration. Το αποτέλεσμα που δημιουργούν οι αρμονικοί που μπλέκονται μεταξύ τους, ακούγεται πολύ ενδιαφέρον. Χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας της εικόνας 1, διότι ο ήχος στον κώδικα της εικόνας 2, έκλεινε πολύ απότομα όταν σταματούσε, το οποίο δεν ήταν ωραίο αισθητικά.

Στον κώδικα της εικόνας 1, χρησιμοποιήθηκε το αντικείμενο *SynthDef*. Το *SynthDef* σημαίνει synth definition και χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να περιγράψουμε διάφορους τρόπους σύνδεσης πολλών ηχητικών γεννητριών. Με τη χρήση του *SynthDef*, μπορούμε να ελέγξουμε κάποιες παραμέτρους πιο εύκολα.

Το πρώτο μέρος λοιπόν του κώδικα, χρησιμοποιείται έτσι ώστε να δημιουργηθεί μία περιβάλλουσα πλάτους (ένα ADSR (attack, decay, sustain, release)) για να κλείνει ο ήχος πιο ομοιόμορφα.

Αναλυτικός σχολιασμός του κώδικα – Πρώτο μέρος:

```
(  
// SynthDef, ελέγχει τις παραμέτρους του ήχου.  
// \sine, σύμβολο το οποίο καθορίζει το σχήμα της καμπύλης της περιβάλλουσας.  
SynthDef.new (\sine, {  
// arg , μετά από αυτό το αντικείμενο τοποθετούμε ορίσματα όπως την αρχική συχνότητα  
(freq = ...), το ADSR (atk = ..., dec = ..., sus = ..., rel = ...), την ένταση (amp = ...) και  
τη στερεοφωνική χωροθέτηση του ήχου (pan = ...). Εδώ τοποθετούμε όσα ορίσματα  
χρειαζόμαστε για τη δημιουργία ήχου.  
    arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 8, amp = 1, pan = 0;  
// με το αντικείμενο var ορίζουμε τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε για τη  
δημιουργία ήχου. Αν δεν ορίσουμε τις μεταβλητές, ο κώδικας δεν θα λειτουργήσει. Στον  
κώδικα παρακάτω, το sig, αναφέρεται στο σήμα και το env, στην περιβάλλουσα.  
    var sig, env;  
// το σήμα (sig), είναι μία ημιτονοειδής κυματομορφή (SinOsc.ar → SinOsc = sine wave  
oscillator και .ar = audio rate → παραγωγή ήχου) με συχνότητα (freq) την οποία  
ορίσαμε στη δεύτερη γραμμή κώδικα.  
    sig = SinOsc.ar (freq);  
// η περιβάλλουσα ορίζεται μετά από τη μεταβλητή env. Το αντικείμενο EnvGen, διαβάζει  
τις αποθηκευμένες τιμές. Χρησιμοποιείται η εντολή .kr η οποία σημαίνει control rate,  
αντίστοιχο του .ar (audio rate) μόνο που δεν παράγει ήχο, οπότε δεν τρώει πολύ χώρο  
στον υπολογιστή.
```

// Μέσα στην παρένθεση, η εντολή *Env.new*, δημιουργεί την περιβάλλουσα. Στην παρένθεση της περιβάλλουσας, ορίζουμε κάποιους πίνακες με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να έχει.

// Οι πίνακες δηλώνονται με τη χρήση αυτής της παρένθεσης → []. Ο πρώτος πίνακας είναι η στάθμη έντασης της περιβάλλουσας, ο δεύτερος είναι το *ADSR* που έχουμε ορίσει από πριν και ο τρίτος πίνακας, ορίζει το σχήμα της καμπύλης.

// Τέλος, με την εντολή *doneAction:2* ελευθερώνεται η μνήμη του υπολογιστή μετά την ολοκλήρωση της περιβάλλουσας.

```
env = EnvGen.kr (Env.new ([0, 1, 0], [atk, rel], [1, -1]), doneAction:2);
```

// Παρακάτω, δηλώνουμε τη στερεοφωνική χωροθέτηση του ήχου, μέσω του *Pan2.ar*. Το συγκεκριμένο αντικείμενο δέχεται τρία ορίσματα, το *input* που είναι το σήμα (*sig*), τη θέση σήματος μεταξύ των ηχείων (*pan*) και τέλος τη στάθμη έντασης του σήματος (*amp*). Τα ορίσματα αυτά τα έχουμε δηλώσει στις παραπάνω γραμμές του κώδικά.

```
sig = Pan2.ar (sig, pan, amp);
```

// Έπειτα, ενώνουμε με πολλαπλασιασμό τις δύο μεταβλητές, δηλαδή το *sig* (σήμα) και το *env* (περιβάλλουσα).

```
sig = sig * env;
```

// Με το αντικείμενο *Out.ar* δηλώνεται η στερεοφωνία. Αν δεν χρησιμοποιήσουμε το συγκεκριμένο αντικείμενο, ο ήχος θα ακούγεται μόνο από το αριστερό ηχείο του υπολογιστή. Δέχεται δύο ορίσματα μέσα στην παρένθεση, την έξοδο και το σήμα. Ο αριθμός 0 στην έξοδο, δηλώνει πως ο ήχος βγαίνει και από τα δύο ηχεία. Αν βάζαμε τους αριθμούς -1 θα ακούγαμε τον ήχο από το αριστερό ηχείο, ενώ με τον αριθμό 1, θα ακούγαμε τον ήχο από το δεξί ηχείο. Το *sig* συμβολίζει το σήμα.

```
Out.ar (0, sig);
```

// Με τη χρήση του *add* προσθέτουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά με το δεύτερο μέρος του κώδικα.

```
}).add;
```

```
)
```

Το δεύτερο μέρος του κώδικα, αποτελείται από το αντικείμενο *Pbind*, στο οποίο έχουμε δηλώσει τις συχνότητες που θέλουμε και το πόση διάρκεια θέλουμε να κρατάει η κάθε συχνότητα (έχουμε βάλει σε όλες την ίδια διάρκεια). Αυτό ακούγεται συνεχώς, εκτός αν το σταματήσουμε με το *b.stop*;

Αναλυτικός σχολιασμός του κώδικα. Δεύτερο μέρος:

```
(
```

// Αντιστοιχούμε ολόκληρο τον κώδικα που βλέπετε παρακάτω, στο γράμμα *b*, έτσι ώστε αν θέλουμε, να μπορέσουμε να τον χρησιμοποιήσουμε ξανά, χωρίς να τον ξαναγράψουμε.

// Το αντικείμενο *Pbind* ανήκει στην κατηγορία *Patterns*. Χρησιμοποιείται έτσι ώστε να συνδέσει διάφορες σειρές αξιών σε ένα συμβάν.

// το `\instrument` και το `\sine` είναι σύμβολα. Το πρώτο ορίζει ότι θα ακουστεί ήχος και το δεύτερο το σχήμα της καμπύλης της περιβάλλουσας.

b = Pbind (\instrument, \sine,

// το `\freq` συμβολίζει τις συχνότητες.

// Ακολουθείται από το αντικείμενο *Pseq*. Το *Pseq*, όπως και όλα τα αντικείμενα που ξεκινούν με το γράμμα *P*, ανήκει και αυτό στην κατηγορία *Patterns*. Μετά από αυτό, ορίζουμε μία λίστα από αξίες που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε, η οποία θα επαναλαμβάνεται για όσες φορές ζητήσουμε.

// Παρακάτω η λίστα (η οποία βρίσκεται μέσα σε αυτήν την παρένθεση → `[]`) συμβολίζει τις συχνότητες που θέλουμε να ακουστούν. Ακούγονται με τη σειρά που έχουμε ορίσει.

// Το `inf`, που βρίσκεται μετά από τη λίστα συμβολίζει τη λέξη *infinity*. Η λίστα λοιπόν θα επαναλαμβάνεται για πάντα μέχρι να τη σταματήσουμε εμείς.

// το `trace`, παρουσιάζει δίπλα από τον κώδικα, στο *Post Window*, τις συχνότητες που ακούγονται κάθε φορά.

`\freq, Pseq ([130.8, 61.74, 293.7, 41.20, 698.5, 392, 880], inf).trace,`

// το `\dur` συμβολίζει τις διάρκειες.

// Ακολουθείται και αυτό από το αντικείμενο *Pseq* και μία λίστα.

// η λίστα εδώ δείχνει τα δευτερόλεπτα που θα ακούγεται κάθε συχνότητα που έχουμε δηλώσει παραπάνω. Κάθε μία αξία που βρίσκεται σε αυτή τη λίστα, αντιστοιχείται με κάθε αξία που βρίσκεται στη λίστα συχνοτήτων και ακούγονται ταυτόχρονα.

// Το `inf`, το χρησιμοποιούμε για να επαναλαμβάνονται οι διάρκειες συνεχώς, μέχρι να σταματήσουμε εμείς τον κώδικα.

// το `trace` δείχνει στο *Post Window* τις αξίες που χρησιμοποιούνται κάθε φορά.

`\dur, Pseq ([1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], inf).trace,`

// Με τη χρήση του `play`, μπορούμε να ακούσουμε τον κώδικα.

`).play`

`)`

// Το `b.stop`, σταματάει τον κώδικα που αντιστοιχεί στο γράμμα *b*.

`b.stop;`

Για μία αλλαγή στις διάρκειες, προτείνεται η εξής παραλλαγή:

```
30 (  
31 b = Pbind (\instrument, \sine,  
32   \freq, Pseq ([130.8, 61.74, 293.7, 41.20, 698.5, 392, 880], inf).trace,  
33   \dur, Pseq ([3.0, 2.5, 1.0, 5.0, 0.9, 0.7, 0.5], inf).trace,  
34 ).play  
35 )  
36  
37 b.stop;
```

Εικόνα 3. Παραλλαγή διάρκειας

Στη δεύτερη μοντελοποίηση, χρησιμοποιείται λίγο πιο απλός κώδικας, για τη δημιουργία μίας απλής κατάβασης νότων, από τη νότα E4 στη νότα E3. Μπορείτε να δείτε τον κώδικά στην παρακάτω εικόνα.

```
41 //Πλάτωνας//  
42 "Κλίμακα του Τιμαία, Δώριος Τρόπος"  
43 //E-D-C-B-A-G-F-E//  
44  
45 (  
46 SynthDef.new (\lin, {  
47   arg freq = 329.6;  
48   var sig, env;  
49   env = EnvGen.kr(  
50     Env.perc(0.01, 3, 1, -2), doneAction: 2);  
51   10.do{  
52     sig = SinOsc.ar(  
53       freq * {Rand(1.00, 1.02)}!2,  
54       {Rand(0.0, 1.0)}!2,  
55       {ExpRand(0.05, 0.5)}!2  
56     );  
57   };  
58   sig = sig * 0.05 * env;  
59   Out.ar(0, sig);  
60 }).add;  
61 )  
62 Synth.new (\lin, [\freq, 329.6]);  
63 Synth.new (\lin, [\freq, 293.7]);  
64 Synth.new (\lin, [\freq, 261.6]);  
65 Synth.new (\lin, [\freq, 246.9]);  
66 Synth.new (\lin, [\freq, 220]);  
67 Synth.new (\lin, [\freq, 196]);  
68 Synth.new (\lin, [\freq, 174.6]);  
69 Synth.new (\lin, [\freq, 164.8]);  
70
```

Εικόνα 4. Μοντελοποίηση της κλίμακας του Τιμαία

Και εδώ όπως και πριν, χρησιμοποιείται το αντικείμενο *SynthDef* στον κώδικα, για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε την κατάβαση της κλίμακας του Τιμαία. Το πρώτο μέρος του κώδικα υπάρχει για τη δημιουργία περιβάλλουσας πλάτους και για το είδος κυματομορφής που θέλουμε να ακούγεται (απλή ημιτονοειδής κυματομορφή → *SinOsc.ar*).

Αναλυτικός σχολιασμός του κώδικα – Πρώτο μέρος:

(
// Το *SynthDef.new*, συμβολίζει ένα νέο *synth definition* και το χρησιμοποιούμε για τη δημιουργία περιβάλλουσας και για να δηλώσουμε κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ήχου.

// Το *\lin* είναι ένα σύμβολο - μήνυμα. Μετά από την κάθετο, μπορούμε να γράψουμε ακόμα και δικό μας μήνυμα όπως για παράδειγμα *\maria*. Το σύμβολο αυτό μας είναι χρήσιμο για το δεύτερο μέρος του κώδικα. Απαριθμεί και εκτελεί ό,τι βρίσκεται μετά την αγκύλη. Είναι η ονομασία του *SynthDef*.

SynthDef.new (*\lin*, {

// το *arg* είναι τα ορίσματα του ήχου μας. Εδώ ορίζεται η συχνότητα (*freq*) στα 329.6 Hz (*E4*).

arg freq =329.6;

// το *var* είναι οι μεταβλητές. Ορίσαμε δύο μεταβλητές. Το *sig* είναι το σήμα. Το *env* είναι η περιβάλλουσα

var sig, env;

// Ξεκινήσαμε με τη δημιουργία περιβάλλουσας. Το αντικείμενο *EnvGen.kr* (*envelope generator. control rate*) διαβάζει και αποθηκεύει τις τιμές.

env = EnvGen.kr(

// το *Env.perc*, δημιουργεί μία περιβάλλουσα με έναν πιο κρουστό ήχο. Η πρώτη τιμή στην παρένθεση δηλώνει τη διάρκεια της ατάκας, η δεύτερη τιμή δηλώνει το *sustain*, η τρίτη τιμή δηλώνει το *release* και η τέταρτη δηλώνει την καμπύλη της περιβάλλουσας.

// Χρησιμοποιούμε το *doneAction:2* για να ελευθερώσουμε τη μνήμη του υπολογιστή, μόλις δημιουργήσει την περιβάλλουσα.

Env.perc (0.01, 3, 1, -2),doneAction:2);

// με το *10.do* ορίζουμε έναν αριθμό επαναλήψεων για τη συνάρτηση που ακολουθεί (10 επαναλήψεις).

10.do{

// εδώ δηλώνουμε το σήμα, το οποίο είναι μία απλή ημιτονοειδής κυματομορφή (*SinOsc.ar*).

sig = SinOsc.ar(

// μέσα στην παρένθεση της κυματομορφής, δηλώνουμε την αρχική συχνότητα που θέλουμε να έχει (η οποία έχει δηλωθεί παραπάνω) και πολλαπλασιάζουμε αυτήν τη συχνότητα (*freq*) με το αντικείμενο *Rand*.

// το αντικείμενο *Rand*, μας δίνει κάποιες τυχαίες αξίες, τις οποίες ορίζουμε εμείς σε παρένθεση. Εδώ διαφοροποιεί λιγάκι τη συχνότητα με την οποία πολλαπλασιάζεται. Ο λόγος που το χρησιμοποιούμε είναι για να διαφοροποιήσουμε έστω και ελάχιστα το αποτέλεσμα των συχνότητων που έχουμε ορίσει για κάθε πλανήτη.

// το ! με τον αριθμό 2 δίπλα του, δημιουργεί μία λίστα από δύο τυχαίους αριθμούς, οι οποίοι κυμαίνονται από τις αξίες 1.00 μέχρι 1.02

*freq * {Rand(1.00, 1.02)}!2,*

// Ενώ πριν το αντικείμενο *Rand* διαφοροποιούσε τη συχνότητα, εδώ διαφοροποιεί τη φάση της κυματομορφής. Οι τυχαίες αξίες ξεκινούν από 0.0 και φτάνουν μέχρι 1.0.

// Χρησιμοποιούμε ξανά το !2 για τη δημιουργία λίστας αποτελούμενη από 2 τυχαίους αριθμούς.

{Rand(0.0, 1.0)}!2,

// Το *ExpRand* διαμορφώνει τη περίοδο της κυματομορφής. Οι τυχαίοι αριθμοί που παράγονται από το αντικείμενο *ExpRand* είναι πάντα πραγματικοί (*float*) που σημαίνει ότι έχουν υποδιαστολή. Το *ExpRand* ξεκινάει, από τη στιγμή που θα αρχίσει το *SynthDef*.

// το !2 δημιουργεί μία λίστα από δύο τυχαίους αριθμούς οι οποίοι κυμαίνονται από 0.05 μέχρι και 0.5.

{ExpRand(0.05, 0.5)}!2

);

};

// σε αυτή τη γραμμή κώδικα πολλαπλασιάζουμε το σήμα (*sig*) με 0.05, που είναι η ένταση (*amplitude*) και με την περιβάλλουσα, δηλαδή το *env*.

*sig = sig * 0.05 * env;*

// τέλος με το *Out.ar* δημιουργείται η στερεοφωνία. Στην παρένθεση το 0, συμβολίζει πως ο ήχος θα ακουστεί και από τα δύο ηχεία ενώ το *sig*, συμβολίζει το σήμα μου

Out.ar (0, sig);

// με το *add* προσθέτουμε το *SynthDef* που δημιουργήσαμε με το δεύτερο μέρος του κώδικα, το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω.

}).add;

)

Το δεύτερο μέρος του κώδικα είναι οι συχνότητες της κατάβασης του Δώριου τρόπου, οι οποίες ακούγονται μία - μία ξεχωριστά για τρία δευτερόλεπτα η κάθε μία (το *sustain* της περιβάλλουσας που δηλώσαμε παραπάνω):

// Το *Synth.new* είναι ένα νέο *Synth* βασισμένο στα χαρακτηριστικά του *SynthDef* που έχουμε φτιάξει παραπάνω.

// το *\lin* είναι το όνομα του *SynthDef* που έχουμε δημιουργήσει και στο οποίο θέλουμε να βασιστεί το νέο *Synth*.

// με το *\freq*, δηλώνουμε τη συχνότητα που θέλουμε να ακουστεί κάθε φορά, η οποία ακολουθά τα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας που δηλώνεται στο προηγούμενο μέρος του κώδικα.

```
Synth.new (\lin, [\freq, 329.6]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 293.7]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 261.6]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 246.9]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 220]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 196]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 174.6]);
```

```
Synth.new (\lin, [\freq, 164.8]);
```

Στην τρίτη και την τέταρτη μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος κώδικας. Οι θεωρήσεις του Πλινίου και του Censorinus είναι πολύ όμοιες. Οι μόνες αλλαγές που γίνονται, είναι στις τέσσερις τελευταίες αποστάσεις που ορίζει ο Censorinus, στη δική του θεώρηση. Στις εικόνες παρακάτω, μπορείτε να δείτε τον κώδικα στο Super Collider.

```
76 //Πλίνιος ο Πρεσβύτερος//
77 (
78 SynthDef.new (\sine, {
79   arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;
80   var sig, env;
81   sig = SinOsc.ar (freq);
82   env = EnvGen.kr (Env.new ([0,1,0], [atk,rel], [1,-1]), doneAction:2);
83   sig = Pan2.ar (sig, pan, amp);
84   sig = sig * env;
85   Out.ar (0, sig);
86 }) .add;
87 )
88 //ΓΗ - ΦΕΓΓΑΡΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΝΟΥ
89 (
90   Pbind (\instrument, \sine,
91     \freq, Pseq ([261.6, 293.7], inf).trace,
92     \dur, Pseq ([3, 3], inf).trace,
93   ).play
94 )
95 // ΦΕΓΓΑΡΙ - ΕΡΜΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
96 (
97   Pbind (\instrument, \sine,
98     \freq, Pseq ([293.7, 311.1], inf).trace,
99     \dur, Pseq ([6, 6], inf).trace,
100  ).play
101 )
102 // ΕΡΜΗΣ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
103 (
104   Pbind (\instrument, \sine,
105     \freq, Pseq ([311.1, 329.6], inf).trace,
106     \dur, Pseq ([4, 4], inf).trace,
107  ).play
108 )
109 // ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΗΛΙΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΗΜΙΤΟΝΙΩΝ
110 (
111   Pbind (\instrument, \sine,
112     \freq, Pseq ([329.6, 392], inf).trace,
113     \dur, Pseq ([5, 5], inf).trace,
114  ).play
115 )
116 // ΗΛΙΟΣ - ΑΡΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΝΟΥ
117 (
118   Pbind (\instrument, \sine,
119     \freq, Pseq ([392, 440], inf).trace,
120     \dur, Pseq ([6, 6], inf).trace,
121  ).play
122 )
```



```

123 // ΑΡΗΣ - ΔΙΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
124 (
125   Pbind (\instrument,\sine,
126         \freq, Pseq ([440, 466.2],inf).trace,
127         \dur,Pseq ([4, 4], inf ).trace,
128   ).play
129 )
130 //ΔΙΑΣ - ΚΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
131 (
132   Pbind (\instrument,\sine,
133         \freq, Pseq ([466.2, 493.9],inf).trace,
134         \dur,Pseq ([8, 8], inf ).trace,
135   ).play
136 )
137 //ΚΡΟΝΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΗΜΙΤΟΝΙΩΝ
138 (
139   Pbind (\instrument,\sine,
140         \freq, Pseq ([493.9, 587.3],inf).trace,
141         \dur,Pseq ([9, 9], inf ).trace,
142   ).play
143 )

```

Εικόνα 5. Μοντελοποίηση των αποστάσεων μεταξύ των πλανητών κατά τον Πλίνιο

```

169 //Censorinus//
170 (
171   SynthDef.new(\sine,{
172     arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;
173     var sig, env;
174     sig = SinOsc.ar (freq);
175     env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel], [1,-1]),doneAction:2);
176     sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
177     sig = sig * env;
178     Out.ar(0,sig);
179   }).add;
180 )
181 //ΚΡΟΝΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
182 (
183   Pbind (\instrument,\sine,
184         \freq, Pseq ([493.9,523.2],inf).trace,
185         \dur,Pseq ([8, 8], inf ).trace,
186   ).play
187 )
188 //ΓΗ - ΗΛΙΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΠΕΜΠΤΗΣ
189 (
190   Pbind (\instrument,\sine,
191         \freq, Pseq ([261.6, 392],inf).trace,
192         \dur,Pseq ([4, 4], inf ).trace,
193   ).play
194 )
195 //ΗΛΙΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΥΟΜΙΣΗ ΤΟΝΟΙ
196 (
197   Pbind (\instrument,\sine,
198         \freq, Pseq ([392, 523.2],inf).trace,
199         \dur,Pseq ([6, 6], inf ).trace,
200   ).play
201 )
202 //ΓΗ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΟΚΤΑΒΑΣ
203 (
204   Pbind (\instrument,\sine,
205         \freq, Pseq ([261.6,523.2],inf).trace,
206         \dur,Pseq ([7, 7], inf ).trace,
207   ).play
208 )

```

Εικόνα 6. Η οπτική του Censorinus

Ο κώδικας για τις δύο αυτές θεωρήσεις βρίσκεται αναλυτικότερα παρακάτω:

//Πλίνιος ο Πρεσβύτερος//

(

// SynthDef, ελέγχει τις παραμέτρους του ήχου.

// \sine, σύμβολο το οποίο καθορίζει το σχήμα της καμπύλης της περιβάλλουσας.

Χρησιμοποιείται επίσης ως όνομα του SynthDef.

SynthDef.new (\sine,{

// το arg δίνει τα ορίσματα που θα χρησιμοποιήσουμε για τη δημιουργία ήχου. Για παράδειγμα ορίζουμε την αρχική συχνότητα (freq), το ADSR (εδώ το attack και το

release), την ένταση (amp) και τη στερεοφωνική χωροθέτηση του ήχου (pan) όπου δηλώνουμε τον αριθμό 0, που συμβολίζει την ισάξια κατανομή ήχου και στα δύο ηχεία.

```
arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;
```

// με το αντικείμενο var, ορίζουμε τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε για τη δημιουργία ήχου. Το sig αναφέρεται στο σήμα και το env στην περιβάλλουσα.

```
var sig, env;
```

// το σήμα (sig), είναι μία ημιτονοειδής κυματομορφή (SinOsc.ar) με συχνότητα (freq) την οποία θα ορίσουμε αργότερα με τη χρήση του αντικειμένου Pbind

```
sig = SinOsc.ar (freq);
```

// η περιβάλλουσα ορίζεται μετά από τη μεταβλητή env. Το EnvGen.kr, διαβάζει τις αποθηκευμένες τιμές. Δεν παράγει ήχο.

// Στην παρένθεση, η εντολή Env.new, δημιουργεί την περιβάλλουσα. Στην παρένθεση που ακολουθεί, ορίζουμε κάποιους πίνακες (δηλώνονται με αυτήν την παρένθεση → []), με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να έχει η περιβάλλουσα.

// Ο πρώτος πίνακας είναι η στάθμη έντασης της περιβάλλουσας, ο δεύτερος είναι το ADSR που έχουμε ορίσει από πριν (εδώ attack και release) και ο τρίτος πίνακας ορίζει το σχήμα της καμπύλης.

// Με την εντολή doneAction:2 ελευθερώνεται η μνήμη του υπολογιστή μετά την ολοκλήρωση της περιβάλλουσας.

```
env = EnvGen.kr (Env.new ([0, 1, 0], [atk, rel], [1, -1]), doneAction:2);
```

// Παρακάτω, δηλώνουμε τη στερεοφωνική χωροθέτηση του ήχου, μέσω του Pan2.ar. Το συγκεκριμένο αντικείμενο δέχεται τρία ορίσματα, το input που είναι το σήμα (sig), τη θέση σήματος μεταξύ των ηχείων (pan) και τέλος τη στάθμη έντασης του σήματος (amp).

```
sig = Pan2.ar (sig, pan, amp);
```

// Ενώνουμε με πολλαπλασιασμό τις δύο μεταβλητές (το sig (σήμα) και το env (περιβάλλουσα)).

```
sig = sig * env;
```

// Με το αντικείμενο Out.ar δηλώνω τη στερεοφωνία. Δέχεται δύο ορίσματα, την έξοδο και το σήμα. Ο αριθμός 0 στην έξοδο, δηλώνει πως ο ήχος βγαίνει και από τα δύο ηχεία. Αν είχαμε βάλει τους αριθμούς -1 θα ακούγαμε τον ήχο από το αριστερό ηχείο, ενώ με τον αριθμό 1 θα ακούγαμε τον ήχο από το δεξί ηχείο. Το sig συμβολίζει το σήμα.

```
Out.ar (0, sig);
```

// Με τη χρήση του add προσθέτουμε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά με το δεύτερο μέρος του κώδικα

}).add;

)

// ΓΗ - ΦΕΓΓΑΡΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΝΟΥ

(

// Το αντικείμενο *Pbind* ανήκει στην κατηγορία *Patterns*. Χρησιμοποιείται έτσι ώστε να συνδέσει διάφορες σειρές αξιών σε ένα συμβάν.

// το *\instrument* και το *\sine* είναι σύμβολα. Το πρώτο ορίζει ότι θα ακουστεί ήχος και το δεύτερο το σχήμα της καμπύλης της περιβάλλουσας αλλά επίσης πως το συγκεκριμένο *Pbind* αντλεί τις πληροφορίες για τη δημιουργία ήχου από το προηγούμενο *SynthDef*.

Pbind (*\instrument*, *\sine*,

// το *\freq* συμβολίζει τις συχνότητες.

// Ακολουθείται από το αντικείμενο *Pseq*. Το *Pseq*, αλλά και όλα τα αντικείμενα που ξεκινούν με το γράμμα *P*, ανήκει στη κατηγορία *Patterns*. Μετά από αυτό, ορίζουμε μία λίστα από αξίες που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε, η οποία θα επαναλαμβάνεται για όσες φορές ζητήσουμε.

// η λίστα (η οποία βρίσκεται μέσα σε αυτήν την παρένθεση → *[]*) συμβολίζει τις συχνότητες που θέλουμε να ακουστούν. Ακούγονται με τη σειρά που έχουμε ορίσει.

// Το *inf*, συμβολίζει τη λέξη *infinity*. Η λίστα θα επαναλαμβάνεται για πάντα μέχρι να τη σταματήσουμε.

// το *trace* δείχνει δίπλα από τον κώδικα, στο *Post Window*, τις συχνότητες που ακούγονται κάθε φορά.

\freq, Pseq ([261.6, 293.7], inf).trace,

// το *\dur* συμβολίζει τις διάρκειες.

// Ακολουθείται και αυτό από το αντικείμενο *Pseq* και μία λίστα. Η λίστα δείχνει τα δευτερόλεπτα που θα ακούγεται κάθε συχνότητα που έχουμε δηλώσει παραπάνω.

// Το *inf*, το χρησιμοποιούμε για να επαναλαμβάνονται οι διάρκειες συνεχώς, μέχρι να σταματήσουμε εμείς τον κώδικα.

// το *trace* δείχνει τις αξίες στο *Post window*, κάθε φορά που χρησιμοποιούνται.

\dur, Pseq ([3, 3], inf).trace,

// Με τη χρήση του *play*, μπορούμε να ακούσουμε τον κώδικα.

).play

)

Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζεται η μοντελοποίηση και για τις επόμενες αποστάσεις μεταξύ των πλανητών. Αλλάζουν οι συχνότητες και οι διάρκειες τους.

// ΦΕΓΓΑΡΙ - ΕΡΜΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ

```
(  
  Pbind (\instrument,\sine,  
    \freq, Pseq ([293.7, 311.1],1).trace,  
    \dur, Pseq ([6, 6], 1 ).trace,  
  ).play  
)
```

// ΕΡΜΗΣ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ

```
(  
  Pbind (\instrument,\sine,  
    \freq, Pseq ([311.1, 329.6],1).trace,  
    \dur, Pseq ([4, 4], 1 ).trace,  
  ).play  
)
```

// ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΗΛΙΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΗΜΙΤΟΝΙΩΝ

```
(  
  Pbind (\instrument,\sine,  
    \freq, Pseq ([329.6, 392],1).trace,  
    \dur, Pseq ([5, 5], 1 ).trace,  
  ).play  
)
```

// ΗΛΙΟΣ - ΑΡΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΝΟΥ

```
(  
  Pbind (\instrument,\sine,  
    \freq, Pseq ([392, 440],1).trace,  
    \dur, Pseq ([6, 6], 1 ).trace,  
  ).play  
)
```

// ΑΡΗΣ - ΔΙΑΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ

```
(  
  Pbind (\instrument,\sine,  
    \freq, Pseq ([440, 466.2],1).trace,  
    \dur, Pseq ([4, 4], 1 ).trace,  
  ).play  
)
```

```

)
//ΔΙΑΣ - ΚΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([466.2, 493.9], 1).trace,
      \dur, Pseq ([8, 8], 1).trace,
).play
)
//ΚΡΟΝΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΗΜΙΤΟΝΙΩΝ
(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([493.9, 587.3], 1).trace,
      \dur, Pseq ([9, 9], 1).trace,
).play
)
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////////////
Ο ίδιος κώδικας χρησιμοποιείται και για τη μοντελοποίηση της οπτικής του
Censorinus, για αυτό και δεν αναλύεται περισσότερο.
//Censorinus//
(
SynthDef.new(\sine, {
  arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;
  var sig, env;
  sig = SinOsc.ar (freq);
  env = EnvGen.kr(Env.new([0, 1, 0], [atk, rel], [1, -1]), doneAction: 2);
  sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
  sig = sig * env;
  Out.ar(0, sig);
}).add;
)
//ΚΡΟΝΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΙΟΥ
(

```

```

Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([493.9, 523.2], 1).trace,
      \dur, Pseq ([8, 8], 1).trace,
).play
)

//ΓΗ - ΗΛΙΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΠΕΜΠΤΗΣ

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([261.6, 392], 1).trace,
      \dur, Pseq ([4, 4], 1).trace,
).play
)

//ΗΛΙΟΣ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΥΟΜΙΣΗ ΤΟΝΟΙ

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([392, 523.2], 1).trace,
      \dur, Pseq ([6, 6], 1).trace,
).play
)

//ΓΗ - ΑΣΤΕΡΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΟΚΤΑΒΑΣ

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([261.6, 523.2], 1).trace,
      \dur, Pseq ([7, 7], 1).trace,
).play
)

```

Στην πέμπτη μοντελοποίηση, παρουσιάζεται η οπτική του Βοήθιου. Μπορείτε παρακάτω, να δείτε στην εικόνα, τον κώδικα, μέσα από την εφαρμογή Super Collider. Είναι παρόμοιος κώδικας με τον κώδικα της μοντελοποίησης της κλίμακας του Τιμαίου, του Πλάτωνα, με ελάχιστες διαφορές.

```

193 //Βοήθιος//
194 //Φεγγάρι D//Ερμής C//Αφροδίτη B//Γη A//Άρης G// Δίας F//Κρόνος E//
195 (
196 SynthDef.new (\cub, {
197   arg freq =293.7;
198   var sig, env;
199   env = EnvGen.kr(
200     Env.perc(0.01, 2, 1, -2),doneAction:2);
201   10.do{
202     sig = SinOsc.ar(
203       freq * {Rand(1.00, 1.03)}!2,
204       {Rand(0.0, 1.0)}!2,
205       {ExpRand(0.005, 0.05)}!2
206     );
207   };
208   sig = sig * 1.5 * env;
209   Out.ar(0, sig);
210 }).add;
211 )
212 Synth.new (\cub, [\freq, 293.7]);
213 Synth.new (\cub, [\freq, 261.6]);
214 Synth.new (\cub, [\freq, 246.9]);
215 Synth.new (\cub, [\freq, 220]);
216 Synth.new (\cub, [\freq, 196]);
217 Synth.new (\cub, [\freq, 174.6]);
218 Synth.new (\cub, [\freq, 164.8]);

```

Εικόνα 7. Η θεώρηση της αρμονίας των σφαιρών, κατά τον Βοήθιο

(

// Το SynthDef.new, συμβολίζει ένα νέο synth definition.

// Το \cub είναι ένα σύμβολο - μήνυμα. Απαριθμεί και εκτελεί ό,τι βρίσκεται μετά την αγκύλη. Είναι η ονομασία του SynthDef.

SynthDef.new (\cub, {

// το arg είναι τα ορίσματα του ήχου. Εδώ ορίζεται η συχνότητα (freq) στα 293.7 Hz (D4).

arg freq =293.7;

// το var είναι οι μεταβλητές. Το sig είναι το σήμα. Το env είναι η περιβάλλουσα

var sig, env;

// Το αντικείμενο EnvGen.kr διαβάζει και αποθηκεύει τις τιμές.

env = EnvGen.kr(

// το Env.perc, δημιουργεί μία περιβάλλουσα με έναν πιο κρουστό ήχο. Η πρώτη τιμή στην παρένθεση δηλώνει τη διάρκεια της ατάκας, η δεύτερη τιμή δηλώνει το sustain, η τρίτη τιμή δηλώνει το release και η τέταρτη δηλώνει την καμπύλη της περιβάλλουσας.

// Χρησιμοποιούμε το doneAction:2 για να ελευθερώσουμε τη μνήμη του υπολογιστή.

Env.perc (0.01, 2, 1, -2),doneAction:2);

// με το 10.do ορίζουμε έναν αριθμό επαναλήψεων για τη συνάρτηση που ακολουθεί (10 επαναλήψεις).

10.do{

//εδώ δηλώνουμε το σήμα, το οποίο είναι μία απλή ημιτονοειδής κυματομορφή (SinOsc.ar).

```
sig = SinOsc.ar(
```

```
// η συχνότητα (freq) έχει δηλωθεί παραπάνω. Πολλαπλασιάζουμε αυτή τη συχνότητα με το αντικείμενο Rand.
```

```
// το αντικείμενο Rand δίνει κάποιες τυχαίες αξίες, μεταξύ των αριθμών που έχουμε ορίσει στην παρένθεση. Διαφοροποιεί λιγάκι τη συχνότητα με την οποία πολλαπλασιάζεται. Ο λόγος που χρησιμοποιείται, όπως και στη μοντελοποίηση της οπτικής του Πλάτωνα, είναι για να διαφοροποιηθεί ελάχιστα το αποτέλεσμα των συχνοτήτων που έχουμε ορίσει για κάθε πλανήτη.
```

```
// το ! με τον αριθμό 2 δίπλα του, δημιουργεί μία λίστα από δύο τυχαίους αριθμούς, οι οποίοι κυμαίνονται από τις αξίες 1.00 μέχρι 1.03
```

```
freq * {Rand( 1.00, 1.03)}!2,
```

```
// Το δεύτερο Rand, διαφοροποιεί τη φάση της κυματομορφής. Οι τυχαίες αξίες ξεκινούν από 0.0 και φτάνουν μέχρι 1.0.
```

```
// Χρησιμοποιούμε ξανά το !2 για τη δημιουργία λίστας, αποτελούμενη από 2 τυχαίους αριθμούς.
```

```
{Rand(0.0, 1.0)}!2,
```

```
// Το Exprand διαμορφώνει τη περίοδο της κυματομορφής. Οι τυχαίοι αριθμοί που παράγονται από το αντικείμενο Exprand είναι πάντα πραγματικοί (float numbers) που σημαίνει ότι έχουν υποδιαστολή. Το Exprand αρχίζει από τη στιγμή που θα αρχίσει και το SynthDef.
```

```
// το !2 δημιουργεί μία λίστα από δύο τυχαίους αριθμούς οι οποίοι κυμαίνονται από 0.005 μέχρι και 0.05.
```

```
{Exprand(0.005, 0.05)}!2
```

```
);
```

```
};
```

```
// σε αυτή τη γραμμή κώδικα, πολλαπλασιάζουμε το σήμα (sig) με 1.5, που είναι η ένταση (amplitude) και με την περιβάλλουσα, δηλαδή το env.
```

```
sig = sig * 1.5 * env;
```

```
// τέλος με το Out.ar δημιουργούμε τη στερεοφωνία. Στην παρένθεση το 0 συμβολίζει πως ο ήχος θα ακουστεί και από τα δύο ηχεία ενώ το sig συμβολίζει το σήμα.
```

```
Out.ar (0, sig);
```

```
// με το add προσθέτουμε το SynthDef που δημιουργήσαμε με το δεύτερο μέρος του κώδικα.
```

```
}).add;
```


)

Το δεύτερο μέρος του κώδικα είναι οι συχνότητες της κατάβασης της οπτικής του Βοήθιου, οι οποίες ακούγονται μία - μία ξεχωριστά για δύο δευτερόλεπτα η κάθε μία (το sustain της περιβάλλουσας που δηλώσαμε παραπάνω):

// Το Synth.new είναι ένα νέο Synth βασισμένο στα χαρακτηριστικά του SynthDef που έχουμε δημιουργήσει παραπάνω.

// το \cub είναι το όνομα του SynthDef που έχουμε δημιουργήσει και στο οποίο θέλουμε να βασιστεί το νέο Synth.

// με το \freq δηλώνουμε τη συχνότητα που θέλουμε να ακουστεί κάθε φορά, η οποία βασίζεται στα χαρακτηριστικά της περιβάλλουσας που δημιουργήσαμε στο προηγούμενο μέρος του κώδικα.

Synth.new (\cub, [\freq, 293.7]);

Synth.new (\cub, [\freq, 261.6]);

Synth.new (\cub, [\freq, 246.9]);

Synth.new (\cub, [\freq, 220]);

Synth.new (\cub, [\freq, 196]);

Synth.new (\cub, [\freq, 174.6]);

Synth.new (\cub, [\freq, 164.8]);

Στην έκτη μοντελοποίηση, παρουσιάζεται η οπτική του Κέπλερ. Εδώ δεν θα αναλυθεί παραπάνω ο κώδικας, αλλά μπορείτε να τον βρείτε παρακάτω. Οι δύο εικόνες παρουσιάζουν τις αποκλίνουσες και τις συγκλίνουσες κινήσεις των πλανητών. Εδώ, τοποθετείται το αντικείμενο inf, έτσι ώστε οι συχνότητες να ακούγονται συνεχώς και να μπλέκονται μεταξύ τους οι αρμονικοί. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται και μία αίσθηση ρυθμού.

```

222 //Κέπλερ//
223 //ΑΠΟΚΛΙΝΟΥΣΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ
224 (
225 SynthDef.new(\sine,{
226   arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;
227   var sig, env;
228   sig = SinOsc.ar(freq);
229   env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel],[1,-1]),doneAction:2);
230   sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
231   sig = sig * env;
232   out.ar(0,sig);
233 })
234 )
235 //ΚΡΟΝΟΣ - ΔΙΑΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 12Ης // 1:3
236 (
237   Pbind(\instrument,\sine,
238     \freq, Pseq([98, 293.7],inf).trace,
239     \dur,Pseq([8, 8], inf).trace,
240   ).play
241 )
242 //ΔΙΑΣ - ΑΡΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΟΚΤΑΒΩΝ // 1:8
243 (
244   Pbind(\instrument,\sine,
245     \freq, Pseq([73.42, 587.3],inf).trace,
246     \dur,Pseq([7, 7], inf).trace,
247   ).play
248 )
249 //ΑΡΗΣ - ΓΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 10Η ΜΙΝΟΡΕ // 5:12
250 (
251   Pbind(\instrument,\sine,
252     \freq, Pseq([146.8, 349.2],inf).trace,
253     \dur,Pseq([4, 4], inf).trace,
254   ).play
255 )
256 //ΓΗ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΕΓΑΛΗ // 3:5
257 (
258   Pbind(\instrument,\sine,
259     \freq, Pseq([349.2, 659.3],inf).trace,
260     \dur,Pseq([3, 3], inf).trace,
261   ).play
262 )
263 //ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΕΡΜΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΠΛΗΣ ΟΚΤΑΒΑΣ // 1:4
264 (
265   Pbind(\instrument,\sine,
266     \freq, Pseq([659.3, 2637],inf).trace,
267     \dur,Pseq([2, 2], inf).trace,
268   ).play
269 )

```

Εικόνα 8. Αποκλίνουσες κινήσεις μεταξύ των πλανητών, κατά τον Κέπλερ

```

271 //ΣΥΓΚΛΙΝΟΥΣΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ
272
273 //ΚΡΟΝΟΣ - ΔΙΑΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΚΤΑΒΑΣ // 1:2
274 (
275   Pbind(\instrument,\sine,
276     \freq, Pseq([98, 196],inf).trace,
277     \dur,Pseq([8, 8], inf).trace,
278   ).play
279 )
280 //ΔΙΑΣ - ΑΡΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΥΟ ΟΚΤΑΒΕΣ ΚΑΙ ΜΙΑ ΤΡΙΤΗ ΜΙΚΡΗ // 5:24
281 (
282   Pbind(\instrument,\sine,
283     \freq, Pseq([196, 932.3],inf).trace,
284     \dur,Pseq([7, 7], inf).trace,
285   ).play
286 )
287 //ΑΡΗΣ - ΓΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 5Η ΚΑΘΑΡΗ // 2:3
288 (
289   Pbind(\instrument,\sine,
290     \freq, Pseq([233.1, 349.2],inf).trace,
291     \dur,Pseq([4, 4], inf).trace,
292   ).play
293 )
294 //ΓΗ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΙΚΡΗ // 5:8
295 (
296   Pbind(\instrument,\sine,
297     \freq, Pseq([349.2, 622.2],inf).trace,
298     \dur,Pseq([3, 3], inf).trace,
299   ).play
300 )
301 //ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΕΡΜΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΕΓΑΛΗ // 3:5
302 (
303   Pbind(\instrument,\sine,
304     \freq, Pseq([622.2, 1108.73],inf).trace,
305     \dur,Pseq([2, 2], inf).trace,
306   ).play
307 )
308 //ΦΕΡΓΑΡΙ - ΓΗ = 4Η ΚΑΘΑΡΗ
309 (
310   Pbind(\instrument,\sine,
311     \freq, Pseq([392, 523.2],inf).trace,
312     \dur,Pseq([1, 1], inf).trace,
313   ).play
314 )

```

Εικόνα 9. Συγκλίνουσες κινήσεις μεταξύ πλανητών, κατά τον Κέπλερ

Ο κώδικας που χρησιμοποιείται είναι ίδιος με τον κώδικα που χρησιμοποιήθηκε στη μοντελοποίηση των οπτικών του Πλινίου και του Censorinus. Οι αλλαγές βρίσκονται στις συχνότητες των πλανητών και στις διάρκειες που έχουν αντιστοιχηθεί

//ΑΠΟΚΛΙΝΟΥΣΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

```
(  
SynthDef.new(\sine,{  
  arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 4, amp = 1, pan = 0;  
  var sig, env;  
  sig = SinOsc.ar (freq);  
  env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel], [1,-1]),doneAction:2);  
  sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);  
  sig = sig * env;  
  Out.ar ( 0, sig);  
}).add;  
)
```

//ΚΡΟΝΟΣ - ΔΙΑΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 12Ης // 1:3

```
(  
Pbind (\instrument,\sine,  
  \freq, Pseq ([98, 293.7],2).trace,  
  \dur, Pseq ([8, 8], 2 ).trace,  
).play  
)
```

//ΔΙΑΣ - ΑΡΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΡΙΩΝ ΟΚΤΑΒΩΝ // 1:8

```
(  
Pbind (\instrument,\sine,  
  \freq, Pseq ([73.42, 587.3],2).trace,  
  \dur, Pseq ([7, 7], 2 ).trace,  
).play  
)
```

//ΑΡΗΣ - ΓΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 10Η ΜΙΝΟΡΕ // 5:12

```
(  
Pbind (\instrument,\sine,  
  \freq, Pseq ([146.8, 349.2],2).trace,  
  \dur, Pseq ([4, 4], 2 ).trace,  
).play  
)
```

//ΓΗ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΕΓΑΛΗ // 3:5

```

(
  Pbind (\instrument, \sine,
    \freq, Pseq ([349.2, 659.3], 2).trace,
    \dur, Pseq ([3, 3], 2).trace,
  ).play
)

//ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΕΡΜΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΠΛΗΣ ΟΚΤΑΒΑΣ // 1:4

(
  Pbind (\instrument, \sine,
    \freq, Pseq ([659.3, 2637], 2).trace,
    \dur, Pseq ([2, 2], 2).trace,
  ).play
)

//ΣΥΓΚΛΙΝΟΥΣΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

//ΚΡΟΝΟΣ - ΔΙΑΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΚΤΑΒΑΣ // 1:2

(
  Pbind (\instrument, \sine,
    \freq, Pseq ([98, 196], 2).trace,
    \dur, Pseq ([8, 8], 2).trace,
  ).play
)

//ΔΙΑΣ - ΑΡΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΥΟ ΟΚΤΑΒΕΣ ΚΑΙ ΜΙΑ ΤΡΙΤΗ ΜΙΚΡΗ // 5:24

(
  Pbind (\instrument, \sine,
    \freq, Pseq ([196, 932.3], 2).trace,
    \dur, Pseq ([7, 7], 2).trace,
  ).play
)

//ΑΡΗΣ - ΓΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 5Η ΚΑΘΑΡΗ // 2:3

(
  Pbind (\instrument, \sine,
    \freq, Pseq ([233.1, 349.2], 2).trace,
    \dur, Pseq ([4, 4], 2).trace,
  ).play
)

```

```

).play
)

//ΓΗ - ΑΦΡΟΔΙΤΗ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΙΚΡΗ // 5:8

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([349.2, 622.2], 2).trace,
      \dur, Pseq ([3, 3], 2).trace,
).play
)

//ΑΦΡΟΔΙΤΗ - ΕΡΜΗΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ 6Η ΜΕΓΑΛΗ // 3:5

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([622.2, 1108.73], 2).trace,
      \dur, Pseq ([2, 2], 2).trace,
).play
)

//ΦΕΓΓΑΡΙ - ΓΗ = 4Η ΚΑΘΑΡΗ

(
Pbind (\instrument, \sine,
      \freq, Pseq ([392, 523.2], 2).trace,
      \dur, Pseq ([1, 1], 2).trace,
).play
)

```

Τέλος, παρουσιάζεται παρακάτω η έβδομη και τελευταία μοντελοποίηση, της θεώρησης του συγγραφέα Fabre d'Olivet. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται, μπορεί να αντιστοιχηθεί και με τον κώδικα της μοντελοποίησης της αρχαιότητας. Είναι αρκετά πιο απλός από τους προηγούμενους. Παρακάτω, μία εικόνα από το περιβάλλον του Super Collider και ο κώδικας της συγκεκριμένης μοντελοποίησης.

```

319 //Fabre d'Olivet//
320 |//Κρόνος Β//Ἡλῖος Ε//Φεγγάρι Α//Ἄρης Δ//Ερμῆς Γ//Δίας C//Αφροδίτη F//
321
322 (
323 SynthDef.new(\sine,{
324   arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 3, amp = 1, pan = 0;
325   var sig, env;
326   sig = SinOsc.ar (freq);
327   env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel], [1,-1]),doneAction:2);
328   sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
329   sig = sig * env;
330   Out.ar(0,sig);
331 }).add;
332 )
333 (
334 x = Pbind (\instrument,\sine,
335   \freq, Pseq ([246.9, 329.6, 440, 587.3, 784, 1046, 1397],1).trace,
336   \dur,Pseq ([3], inf ).trace,
337 ).play
338 )
339
340 x.stop;
341
342 ///////////////////////////////////////////////////////////////////

```

Εικόνα 10. Μοντελοποίηση της οπτικής του Fabre d'Olivet

```

(
SynthDef.new(\sine,{
  arg freq = 0, atk = 0.1, rel = 3, amp = 1, pan = 0;
  var sig, env;
  sig = SinOsc.ar (freq);
  env = EnvGen.kr(Env.new([0,1,0],[atk,rel], [1,-1]),doneAction:2);
  sig = Pan2.ar(sig, pan, amp);
  sig = sig * env;
  Out.ar (0,sig);
}).add;
)
(
x = Pbind (\instrument,\sine,
  \freq, Pseq ([246.9, 329.6, 440, 587.3, 784, 1046, 1397],1).trace,
  \dur, Pseq ([3], inf ).trace,
).play
)
x.stop;

```