

Φιλοσοφική Σχολή του Εθνικού και  
Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Booklet του φοιτητή  
Χλιούρα Χρήστου στο  
σεμινάριο «Συμμετρία  
και μουσική»

Διδάσκων καθηγητής Χαράλαμπος Χ.  
Σπυρίδης

2014

Τμήμα Μουσικών Σπουδών

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συμμετρία και φύση με έμφαση στη  
συμμετρία των νιφάδων χιονιού

σελίδα 03

Άσκηση modes

σελίδα 23

Άσκηση Συμμετρίας Κυψελίδος

σελίδα 35

Αναφορά στοιχείων σχετικά με την σύνθεση  
με στοιχεία συμμετρίας

σελίδα 37

## Συμμετρία και φύση με έμφαση στη συμμετρία των νιφάδων χιονιού

Χλιούρας Χρήστος Α.Μ. 1569201100090

Φοιτητής του Τμήματος Μουσικών Σπουδών της Φιλοσοφικής Σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών  
cirillo1993@yahoo.gr

*Το κείμενο αυτό αποτελεί εργασία στα πλαίσια του σεμιναρίου «Συμμετρία και Μουσική». Πραγματεύεται την έννοια της συμμετρίας, την κυρίαρχη θέση που έχει στη φύση και κυρίως στις νιφάδες του χιονιού. Επεξηγείται η δομή του, τα είδη του και άλλες ενδιαφέρουσες πληροφορίες.*

### Εισαγωγή

Η Συμμετρία αποτελεί μια σημαντική έννοια των μαθηματικών, της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας. Έχει εφαρμογή στη μουσική, στην αρχιτεκτονική, στη γλυπτική καθώς και σε όλες τις άλλες καλές τέχνες και τη συναντάμε ακόμη σε αμέτρητες άλλες μορφές που εμφανίζονται τόσο στην έμβια όσο και στην άβια φύση. Στη σύγχρονη φυσική, ιδιαίτερα, η συμμετρία είναι μία πολύ κρίσιμη έννοια. Οι θεμελιώδεις αρχές της συμμετρίας υπαγορεύουν τους βασικούς νόμους της φύσης, ελέγχουν τη δομή της ύλης και ορίζουν τις θεμελιώδεις δυνάμεις της.

### 1. Γενικά περί συμμετρίας

#### 1.1 Τί είναι συμμετρία

Η συμμετρία είναι μια έκφραση ακριβούς αντιστοιχίας μεταξύ πραγμάτων. Μέσα στη ζωή μας αποκτούμε εμπειρία διαφόρων τύπων συμμετρίας. Τα μωρά αναγνωρίζουν την συμμετρία στην ισοροπημένη κατανομή των ρόλων στο πρόσωπο των γονέων τους. Τα παιδιά αντιμετωπίζουν την μαθηματική συμμετρία στην πράξη της πρόσθεσης:  $1+2=2+1$ . Αποκαλύπτει τον εαυτό της στον κύκλο των εποχών και στην μουσική, στους τόνους και στις συγχορδίες των τραγουδιών.

Η λέξη συμμετρία είναι αρχαιοελληνική και χρησιμοποιείται σχεδόν αυτούσια σε όλες τις γλώσσες. Σύμφωνα με το λεξικό συμμετρία σημαίνει «σωστό μέτρο, αναλογία». Χρησιμοποιήθηκε στην αρχιτεκτονική για να ορίσει τη «συμφωνία, την αναλογία των μερών ενός οικοδομήματος μεταξύ τους και προς το σύνολο, με στόχο την ομορφιά». Στη συνέχεια η λέξη πήρε, κατ' επέκταση, και τη γενικότερη έννοια «της κανονικότητας και της αρμονίας που χαρακτηρίζει τα μέρη ενός αντικειμένου» και χρησιμοποιήθηκε και σε άλλους τομείς εκτός της αρχιτεκτονικής. Ιδιαίτερα γύρω στο 1660, κατά την κλασική εποχή χρησιμοποιήθηκε στη Δύση για να χαρακτηρίσει ένα έργο τέχνης. Αργότερα, περί το 1770, χρησιμοποιήθηκε για να χαρακτηρίσει τη λογοτεχνία, ενώ το 1847 χρησιμοποιήθηκε και στη μουσική. Στην εγκυκλοπαίδειά του

ο Diderot<sup>1</sup>, δίνει στη συμμετρία μια έννοια πιο συγκεκριμένη θεωρώντας, σε μια πρώτη προσέγγιση, ότι, αν έχουμε κανονική (ισομερή) κατανομή των μερών ενός αντικειμένου ως προς έναν άξονα, τότε λέμε ότι το αντικείμενο αυτό έχει συμμετρία ως προς τον άξονα αυτόν. Η Γη μας, για παράδειγμα, είναι συμμετρική ή σχεδόν συμμετρική ως προς τον άξονα περιστροφής της.

## 1.2 Είδη συμμετρίας

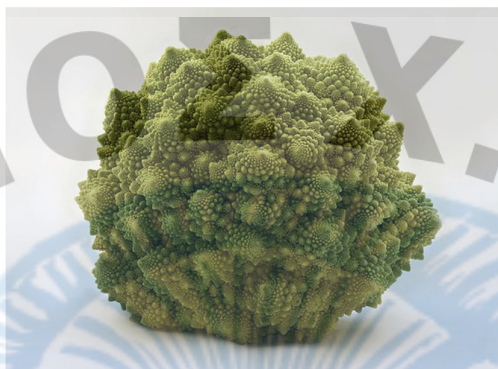
Υπάρχουν πολλά είδη συμμετρίας όπως: περιστροφική συμμετρία ως προς άξονα ή ως προς κέντρο, ακτινική ή κεντρική συμμετρία, κατοπτρική ή αμφίπλευρη συμμετρία, μεταφορική συμμετρία ή ολισθήση, ελικοειδής συμμετρία, συμμετρία κλίμακας(scale symmetry) και συμμετρίες αυτοομοιότητας(fractals).

## 2. Συμμετρία στη φύση

Η συμμετρία απαντάται στη φύση σχεδόν στο σύνολο των ζωντανών οργανισμών. Ο σπουδαίος γερμανός βιολόγος Ernst Haeckel<sup>2</sup> αμφισβητήθηκε από πολλούς για τις εικόνες που ζωγράφιζε για να υποστηρίξει τις θεωρίες του. Ο Haeckel, στην πενταετία από το 1899 ως το 1904, δημοσίευσε μια σειρά εικόνων εκπληκτικής ομορφιάς προκειμένου να καταδείξει τη συμμετρία των μορφών που απαντώνται στη φύση. Αντικείμενα της καλλιτεχνικής του δραστηριότητας με τίτλο *Kunstformen der Natur* (Μορφές τέχνης στη φύση) έγιναν φυτά, ζώα και θαλάσσιοι μικροοργανισμοί.

<sup>1</sup> Ο Denis Diderot (5 Οκτωβρίου 1713 – 31 Ιουλίου 1784) ήταν Γάλλος φιλόσοφος και συγγραφέας. Γιος ενός σιδηρά από την πόλη Λανγκρ (*Langres*), διδάχθηκε από Ιησουίτες κληρικούς και σπούδασε στη Σορβόνη, από όπου αποφοίτησε το 1732 ως νομικός. Ο Diderot έχασε όμως το ενδιαφέρον του για το νομικό επάγγελμα και προτίμησε να ασχοληθεί με γλώσσες, λογοτεχνία, φιλοσοφία και μαθηματικά. Αναδείχθηκε σε επιφανή φιλόλογο, φιλόσοφο και συγγραφέα ενώ ήταν εμπνευστής και ηγέτης της προσπάθειας για συγγραφή της «*Εγκυκλοπαίδειας*» από το 1746 μέχρι το 1780. Σε όλα τα έργα του διέδιδε το πνεύμα του διαφωτισμού, άθεος και υλιστής ο ίδιος, ενάντια στη δεισιδαιμονία και τη θρησκοληψία. Μαζί με τον Βολταίρο και τον Ρουσσώ θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους Γάλλους συγγραφείς του 18ου αιώνα. Τα μυθιστορήματά του διαβάζονται ακόμα και τον 21ο αιώνα. Έγραψε ακόμα θεατρικά έργα και κριτικές εργασίες.

<sup>2</sup> Ο Ernst Heinrich Philipp August Haeckel (16 Φεβρουαρίου 1834 - 9 Αυγούστου 1919), γράφεται και von Haeckel, ήταν διαπρεπής Γερμανός βιολόγος, φυσιοδίφης, φιλόσοφος, φυσικός, και καλλιτέχνης, ο οποίος ανακάλυψε, περιέγραψε και ονόμασε χιλιάδες νέα είδη, χαρτογράφησε ένα γενεαλογικό δέντρο σχετίζοντας όλες τις μορφές ζωής και εισήγαγε πολλούς νέους όρους στην βιολογία, όπως *φύλο*, *φυλογένεση*, *οικολογία* και το βασίλειο *Πρώτιστα*. Ο Χέκελ προήγαγε και εκλαΐκευσε το έργο του Κάρολου Δαρβίνου στην Γερμανία και ανέπτυξε την αμφιλεγόμενη θεωρία της ανακεφαλαίωσης (*recapitulation theory*) ισχυριζόμενος ότι η βιολογική ανάπτυξη ενός οργανισμού είναι παράλληλη και συνοψίζει ολόκληρη την εξελικτική ανάπτυξη του είδους, την φυλογένεση.



Σχήμα 2.1 Μπρόκολο Romanesco

Έχει ασυνήθιστη εμφάνιση και συχνά εκλαμβάνεται ως κάποιο είδος των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων. Αλλά στην πραγματικότητα είναι μία μόνο από τις πολλές περιπτώσεις της fractal συμμετρίας στη φύση. Στη γεωμετρία, fractal ονομάζεται ένα γεωμετρικό σχήμα που επαναλαμβάνεται αυτούσιο σε άπειρο βαθμό μεγέθυνσης, ή πιο απλά το κάθε μέρος ενός πράγματος έχει το ίδιο γεωμετρικό μοτίβο ως σύνολο.



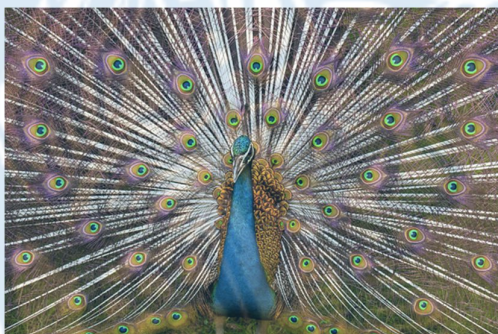
Σχήμα 2.2 Κερήθρα

Οι μέλισσες φαίνεται ότι έχουν σημαντική ικανότητα στη γεωμετρία. Για χιλιάδες χρόνια, οι άνθρωποι θαυμάζουν τα τέλεια εξαγωνικά «κουτάκια» στις κυψέλες τους και αναρωτιούνται με ποιον τρόπο οι μέλισσες μπορούν να δημιουργήσουν κάτι που ο άνθρωπος για να το κάνει χρειάζεται σίγουρα χάρακα και διαβήτη. Η κερήθρα είναι μια κλασική περίπτωση συμμετρίας στη φύση, όπου ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο καλύπτει ένα επίπεδο.



Σχήμα 2.3 Ηλιοτρόπια

Τα ηλιοτρόπια διαθέτουν ακτινική συμμετρία και μία ενδιαφέρουσα μορφή αριθμητικής συμμετρίας που είναι γνωστή ως η ακολουθία Fibonacci. Η ακολουθία Fibonacci είναι 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144 κ.ο.κ. (κάθε νέος αριθμός προσδιορίζεται με την προσθεση των δύο προηγούμενων αριθμών μαζί). Κάπως έτσι σχηματίζονται και οι σπείρες στους ηλιάνθους.



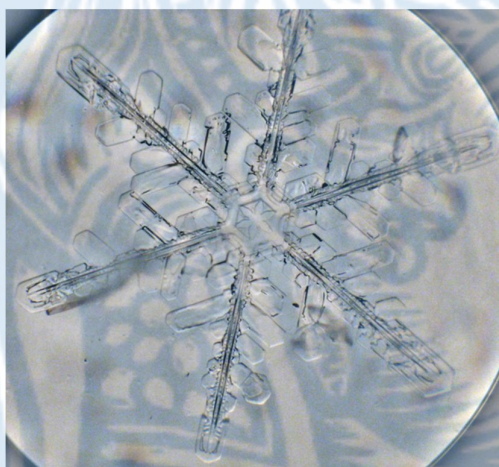
Σχήμα 2.4 Παγώνι

Έχει αμφίπλευρη συμμετρία στο φτέρωμα, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να αυτό χωριστεί σε δύο μισά που ταιριάζουν απόλυτα μεταξύ τους, ενώ βασικό χαρακτηριστικό τους είναι τα επαναλαμβανόμενα μοτίβα στα φτερά τους.



Σχήμα 2.5 Γαλαξίας

Εκτός από την κατοπτρική συμμετρία, ο Γαλαξίας μας έχει ένα απίστευτο design - παρόμοιο με αυτό του ναυτίλου αλλά και των ηλιοτροπίων- όπου κάθε «χέρι» του αποτελεί μια λογαριθμική σπείρα, ξεκινώντας από το κέντρο του γαλαξία επεκτεινόμενο προς τα έξω.



Σχήμα 2.6 Νιφάδες χιονιού

Ακόμα και κάτι τόσο μικρό όπως είναι μια νιφάδα χιονιού διέπεται από τους νόμους της τάξης, καθώς οι περισσότερες εμφανίζουν έξι ακτίνες στο «σώμα» τους με περίτεχνα παρόμοια σχέδια. Σχετικά με αυτή την αξιοθαύμαστη συμμετρία της φύσης θα ασχοληθεί κατά βάση αυτή η εργασία.

### 3 Συμμετρία στις νιφάδες χιονιού

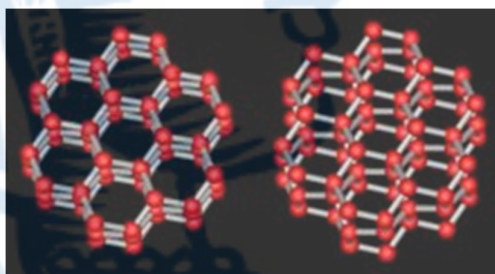
#### 3.1 Τί είναι οι νιφάδες χιονιού και πώς δημιουργούνται

Οι νιφάδες χιονιού δεν είναι τίποτα άλλο παρά κρύσταλλοι χιονιού. Ένας κρύσταλλος χιονιού, όπως υποδηλώνει το όνομα, είναι ένα ενιαίο κρύσταλλο πάγου. Μια νιφάδα χιονιού είναι ένας γενικότερος όρος. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι είναι ένας κρύσταλλος χιονιού, μόνος του, ή μερικοί κρύσταλλοι χιονιού κολλημένοι μαζί, ή μεγάλες ομάδες κρυστάλλων χιονιού που δημιουργούν «μπάλες» οι οποίες επιπλέουν κάτω από τα σύννεφα.

Ο σχηματισμός των χιονονιφάδων απασχόλησε τους επιστήμονες εδώ και αρκετούς αιώνες αναζητώντας τους λόγους για τους οποίους παίρνουν συνήθως τόσο όμορφα συμμετρικά σχήματα. Δύο είναι οι βασικοί τρόποι σχηματισμού τους μέσα στα σύννεφα. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μικρότερες από  $-40$  βαθμούς Κελσίου, οι υδρατμοί μέσα στον αέρα συμπυκνώνονται κατευθείαν σε παγοκρυστάλλους, μία διαδικασία που είναι αρκετά δύσκολη. Η πιο συνηθισμένη διαδικασία σχηματισμού παγοκρυστάλλων και στη συνέχεια νιφάδων χιονιού παρατηρείται όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ  $-5$  και  $-40$  βαθμών Κελσίου. Τότε οι υδρατμοί συμπυκνώνονται αρχικά σε μικρές σταγόνες που υπάρχουν σε αφθονία μέσα στην ατμόσφαιρα και ονομάζονται πυρήνες συμπύκνωσης, όπως κόκκοι σκόνης, ενώ στη συνέχεια λόγω των αρνητικών θερμοκρασιών οι σταγόνες αυτές παγώνουν αμέσως σχηματίζοντας παγοκρυστάλλους. Όσο περισσότεροι υδρατμοί συγκεντρώνονται πάνω σε κάθε παγοκρύσταλλο τόσο αυτός μεγαλώνει, βαραίνει και αρχίζει να πέφτει, συγκρούεται και επικολλάται σε άλλους παγοκρυστάλλους, σχηματίζοντας τελικά τις νιφάδες χιονιού.

#### 3.2 Η δομή του κρυσταλλικού πάγου

Τα μόρια του νερού σε έναν κρύσταλλο πάγου σχηματίζουν ένα εξαγωνικό πλέγμα (εξαπλή περιστροφική συμμετρία), όπως φαίνεται στα δεξιά (οι δύο δομές παρουσιάζουν διαφορετικές όψεις του ίδιου κρυστάλλου). Κάθε κόκκινη μπάλα αντιπροσωπεύει ένα άτομο οξυγόνου, ενώ οι γκρι ράβδοι αντιπροσωπεύουν άτομα υδρογόνου. Υπάρχουν δύο υδρογόνα για κάθε οξυγόνο, έτσι ώστε ο χημικός τύπος να είναι  $H_2O$ . Οι έξι φορές συμμετρία των κρυστάλλων χιονιού τελικά προέρχεται από την εξαπλή συμμετρία του πλέγματος των κρυστάλλων πάγου.





### 3.3 Πρώτες παρατηρήσεις και έρευνες σχετικά με τους κρυστάλλους χιονιού

Πολλοί επιστήμονες καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας έχουν μελετήσει τα μυστήρια των κρυστάλλων χιονιού - τι είναι, από πού προέρχονται, και γιατί διαμορφώνονται με τον τρόπο που είναι. Εδώ είναι τα κυριότερα γεγονότα στη μελέτη των νιφάδων χιονιού και κρυστάλλων χιονιού.

#### 3.3.1 1611 Johannes Kepler

Το 1611 ο Johannes Kepler δημοσίευσε ένα σύντομο κείμενο σχετικά με την «νιφάδα με 6 γωνίες», το οποίο ήταν η πρώτη επιστημονική αναφορά σε κρυστάλλους χιονιού. Ο Kepler μελέτησε το ερώτημα γιατί οι κρύσταλλοι χιονιού επιδεικνύουν πάντα μια εξαπλή συμμετρία.

#### 3.3.2 1635 Rene Descartes

Ο φιλόσοφος και μαθηματικός Rene Descartes ήταν ο πρώτος που έγραψε μια αρκετά ακριβή περιγραφή της μορφολογίας του κρυστάλλου χιονιού, περίπου, τόσο καλά όσο μπορεί να γίνει με γυμνό μάτι. Αυτές οι προσεκτικές σημειώσεις περιλάμβαναν παρατηρήσεις των νιφάδων προσαρμοσμένων στήλων και νιφάδων με 12 γωνίες, δύο μάλλον σπάνιες μορφές.

#### 3.3.3 1665 Robert Hooke

Το 1665 ο Robert Hooke δημοσίευσε έναν μεγάλο τόμο με τον τίτλο Micrographia, ο οποίος περιείχε σκίτσα από οτιδήποτε μπορούσε ο Hooke να δει με την πιο πρόσφατη εφεύρεση της εποχής, το μικροσκόπιο. Στον τόμο περιλαμβάνονται πολλά σχέδια κρυστάλλων χιονιού, τα οποία για πρώτη φορά αποκαλύπτουν την πολυπλοκότητα και την περίπλοκη συμμετρία της κρυσταλλικής δομής του χιονιού.

#### 3.3.4 1931 Wilson A. Bentley

Ο Wilson Bentley (1865-1931) ήταν ένας Αμερικανός αγρότης και φωτογράφος κρυστάλλων χιονιού, ο οποίος στη διάρκεια της ζωής του, τράβηξε περίπου 5000 φωτογραφίες κρυστάλλων χιονιού. Περισσότερες από 2000 δημοσιεύθηκαν το 1931 στο διάσημο βιβλίο του, «Snow Crystals», το οποίο παραμένει σε έντυπη μορφή μέχρι και σήμερα.

#### 3.3.5 1954 Ukichiro Nakaya

Ο Ukichiro Nakaya ήταν ο πρώτος άνθρωπος που εκτέλεσε μία αληθινή συστηματική μελέτη των κρυστάλλων χιονιού, η οποία οδήγησε σε ένα γιγαντιαίο άλμα στην κατανόηση μας για το πώς σχηματίζονται οι κρύσταλλοι χιονιού. Εκπαιδεύτηκε ως πυρηνικός φυσικός, διορίστηκε ως Καθηγητής στο Χοκάιντο, στο βόρειο νησί της Ιαπωνίας, το 1932, όπου δεν υπήρχαν εγκαταστάσεις για πυρηνική έρευνα. Απτόητος, ο Nakaya έστρεψε την προσοχή του στους κρυστάλλους χιονιού, οι

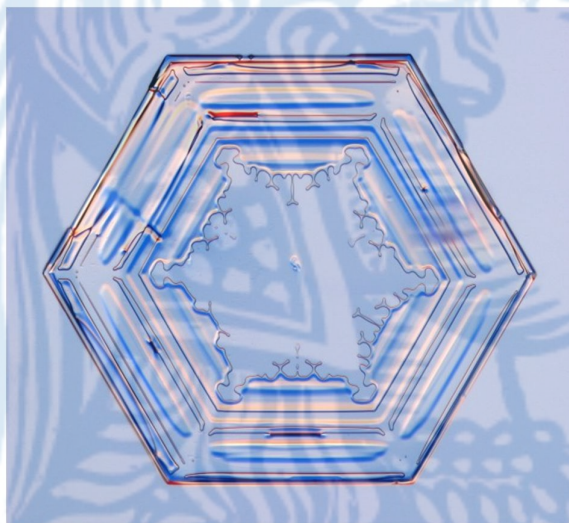
οποίοι ήταν σε αφθονία σε εκείνο το μέρος. Στη συνέχεια έκανε μια θαυμάσια σειρά από πολύ λεπτομερείς παρατηρήσεις με σαφή προσδιορισμό και καταγραφή όλων των βασικών ειδών κρυστάλλου χιονιού. Σε αντίθεση με τους Bentley και Nakaya φωτογράφησε τη μεγάλη ποικιλία των τύπων κρυστάλλων χιονιού και όχι μόνο αυτούς που ήταν οι πιο όμορφοι και συμμετρικοί.

Πραγματικός θρίαμβος για τον Nakaya, ωστόσο, ήρθε από την ανάπτυξη τεχνητών κρυστάλλων χιονιού στο εργαστήριο κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Από τη μελέτη αυτών των τεχνητών κρυστάλλων χιονιού ο Nakaya ήταν σε θέση να περιγράψει τη μορφολογία του κρυστάλλου κάτω από διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, το οποίο παρέχει ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο για την κατανόηση της φυσικής του σχηματισμού κρυστάλλου χιονιού.

### 3.4 Τύποι κρυστάλλων χιονιού

#### 3.4.1 Απλά πρίσματα

Ένα εξαγωνικό πρίσμα είναι η πιο βασική γεωμετρία κρυστάλλου χιονιού. Ανάλογα με το πόσο γρήγορα αναπτύσσονται οι διαφορετικές εκφάνσεις, τα πρίσματα μπορούν να εμφανίζονται ως λεπτές εξαγωνικές πλάκες, λεπτές εξαγωνικές κολόνες (το σχήμα μοιάζει πολύ με ξύλινα μολύβια), ή κάτι ενδιάμεσο. Τα απλά πρίσματα είναι συνήθως τόσο μικρά που μπορούν μόλις και μετά βίας να ειδωθούν με γυμνό μάτι.



Σχήμα 3.4.1 Πρίσμα

### 3.4.2 Αστρικές πλάκες

Αυτές οι νιφάδες χιονιού είναι λεπτές, με σχήμα σαν πλάκα και έχουν έξι ευρείς βραχίονες που σχηματίζουν ένα σχήμα αστεριού. Τα «πρόσωπά» τους είναι συχνά διακοσμημένα με εκπληκτικά περίτεχνα και συμμετρικά σημάδια.



Σχήμα 3.4.2 Αστρική πλάκα

### 3.4.3 Τετμημένες πλάκες

Οι αστρικές πλάκες παρουσιάζουν συχνά διακριτικές κορυφογραμμές που οδηγούν σε γωνίες μεταξύ γειτονικών εδρών του πρίσματος. Όταν αυτές οι κορυφογραμμές είναι ιδιαίτερα εμφανείς, οι κρύσταλλοι ονομάζονται τετμημένες πλάκες.



Σχήμα 3.4.3 Τετμημένη πλάκα

### 3.4.4 Αστρικοί δενδρίτες

Δενδριτικό σημαίνει «σαν δέντρο», έτσι, οι αστρικοί δενδρίτες είναι κρύσταλλοι χιονιού σε σχήμα πλάκας που έχουν κλαδιά και διακλαδώσεις. Είναι αρκετά μεγάλα κρύσταλλα, συνήθως 2-4 χιλιοστά σε διάμετρο, τα οποία είναι εύκολο να φανούν με γυμνό μάτι.



Σχήμα 3.4.4 Αστρικός δενδρίτης

#### 3.4.5 Φτερόσχημοι αστρικοί δενδρίτες

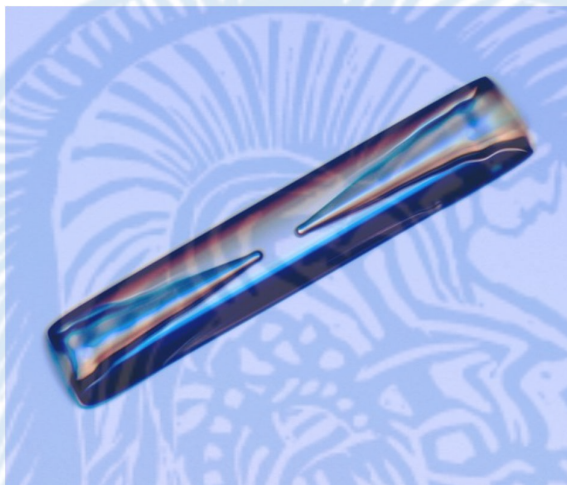
Μερικές φορές τα στελέχη των αστρικών κρυστάλλων έχουν τόσες πολλές διακλαδώσεις που φαίνονται σαν φτέρες, οπότε τους αποκαλούμε φτερόσχημους αστρικούς δενδρίτες. Αυτοί είναι οι μεγαλύτεροι κρύσταλλοι χιονιού, που πέφτουν στη γη, με διάμετρο 5χιλιοστά ή και περισσότερο. Παρά το μεγάλο μεγέθός τους, είναι μονοί κρύσταλλοι πάγου – όπου τα μόρια του νερού παρατάσσονται από το ένα άκρο στο άλλο.



Σχήμα 3.4.5 Φτερόσχημος αστρικός δενδρίτης

### 3.4.6 Κενές στήλες

Εξαγωνικές στήλες συχνά σχηματίζονται με κοίλες, κωνικές περιοχές στα άκρα τους, και αυτές οι μορφές ονομάζονται κενές στήλες. Αυτοί οι κρύσταλλοι είναι μικροί, έτσι θα πρέπει κάποιος να έχει ένα καλό μεγεθυντικό φακό για να δει τις κοίλες περιοχές.



Σχήμα 3.4.6 Κενή στήλη

### 3.4.7 Βελόνες

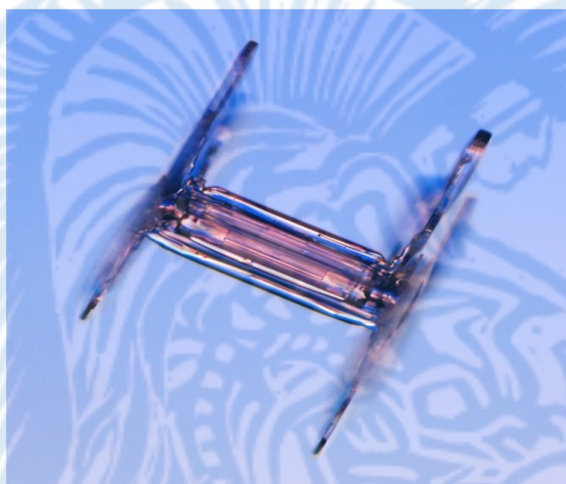
Οι βελόνες είναι λεπτές, στήλες κρυστάλλων πάγου που μεγαλώνουν όταν η θερμοκρασία είναι γύρω στους  $-5\text{ C}$ . Σε ένα μανίκι μοιάζουν με μικρά κομμάτια άσπρης τρίχας. Ένα από τα καταπληκτικά πράγματα σχετικά με αυτούς τους κρυστάλλους χιονιού είναι ότι η ανάπτυξή τους αλλάζει από λεπτές, επίπεδες πλάκες σε μακριές, αδύνατες βελόνες όταν υπάρχουν αλλαγές της θερμοκρασίας κατά μερικούς μόλις βαθμούς. Γιατί συμβαίνει αυτό παραμένει ένα επιστημονικό μυστήριο.



Σχήμα 3.4.7 Βελόνα

### 3.4.8 Προσαρμοσμένες στήλες

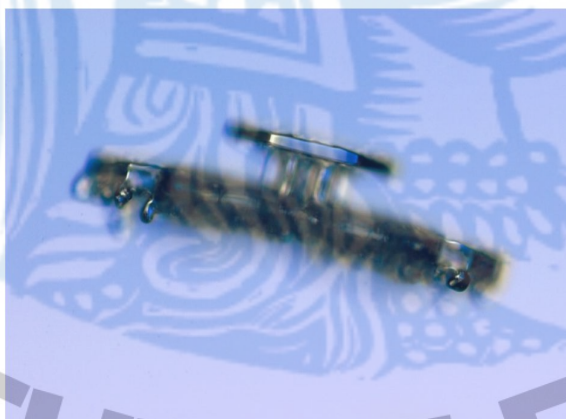
Αυτοί οι κρύσταλλοι πρώτα αναπτύσσονται σε κοντόχοντρες στήλες, και στη συνέχεια σκάνε σε μια περιοχή και πέρνουν τη μορφή πλάκας. Το αποτέλεσμα είναι δύο λεπτοί κρύσταλλοι με πλακοειδές σχήμα οι οποίοι εμφανίζονται στα άκρα μιας στήλης πάγου. Οι προσαρμοσμένες στήλες δεν εμφανίζονται σε κάθε χιονόπτωση, αλλά μπορεί να τις βρεί κάποιος αν κοιτάξει για αυτούς.



Σχήμα 3.4.8 Προσαρμοσμένες στήλες

### 3.4.9 Διπλές πλάκες

Μια διπλή πλάκα είναι βασικά μία πλάκα με καπάκι με μία ιδιαίτερα μικρή κεντρική στήλη. Οι πλάκες είναι τόσο κοντά μεταξύ τους που αναπόφευκτα η μία μεγαλώνει πιο γρήγορα και θωρακίζει την άλλη από την πηγή του υδρατμού. Το αποτέλεσμα είναι μία μεγάλη πλάκα να συνδέεται με μία πολύ μικρότερη. Αυτοί οι κρύσταλλοι είναι συχνοί - πολλές νιφάδες χιονιού που μοιάζουν με κοινές αστρικές πλάκες είναι στην πραγματικότητα διπλές πλάκες αν κοιτάξετε προσεκτικά.



Σχήμα 3.4.9 Διπλές πλάκες

### 3.4.10 Χωρισμένες πλάκες και αστέρια

Είναι μορφές των διπλών πλακών, εκτός του ότι μέρος της μίας πλάκας μεγαλώνει μαζί με το μεγάλο μέρος της άλλης πλάκας. Οι χωρισμένες πλάκες και τα αστέρια, όπως οι διπλές πλάκες, είναι συχνό φαινόμενο, αλλά τις περισσότερες φορές παρατηρήτο.



Σχήμα 3.4.10 Χωρισμένο αστέρι

### 3.4.11 Τριγωνικοί κρύσταλλοι

Οι πλάκες αναπτύσσονται μερικές φορές ως κουτσουρεμένα τρίγωνα όταν η θερμοκρασία είναι κοντά στους  $-2$  βαθμούς Κελσίου. Εάν οι γωνίες των πλακών αναπτύσσονται, το αποτέλεσμα είναι μια περίεργη εκδοχή μιας αστρικής πλάκας. Αυτοί οι κρύσταλλοι είναι σχετικά σπάνιοι.



Σχήμα 3.4.11 Τριγωνικός κρύσταλλος

### 3.4.12 Νιφάδες χιονιού 12 πλευρών

Μερικές φορές οι προσαρμοσμένες στήλες σχηματίζονται με μια συστροφή  $30^\circ$  μοιρών. Οι δύο ακραίες πλάκες είναι αμφοτέροι κρύσταλλοι με 6 πλευρές, αλλά ο ένας περιστρέφεται  $30$  μοίρες σε σχέση με τον άλλο. Αυτή είναι μια μορφή αδελφοποίησης κρυστάλλων, στην οποία δύο κρύσταλλοι αναπτύσσονται και ενώνονται σε έναν συγκεκριμένο προσανατολισμό.



Σχήμα 3.4.12 12-πλευρη νιφάδα χιονιού

#### 3.4.14 Σφαίρα - ροζέτα

Η δημιουργία κόκκων πάγου παράγει πολλές φορές διάφορα κρύσταλλα που μεγαλώνουν μαζί σε τυχαίους προσανατολισμούς. Όταν τα διάφορα κομμάτια μεγαλώνουν σε στήλες, το αποτέλεσμα ονομάζεται σφαίρα - ροζέτα. Αυτοί οι πολυκρύσταλλοι συχνά σπάνε και έτσι μένουν μεμονωμένοι κρύσταλλοι σε σχήμα σφαίρας.

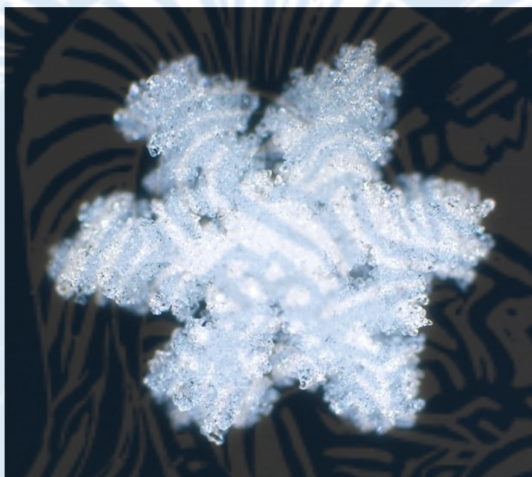


Σχήμα 3.4.14 Σφαίρα - ροζέτα



### 3.4.15 Κρύσταλλοι με πάχνη

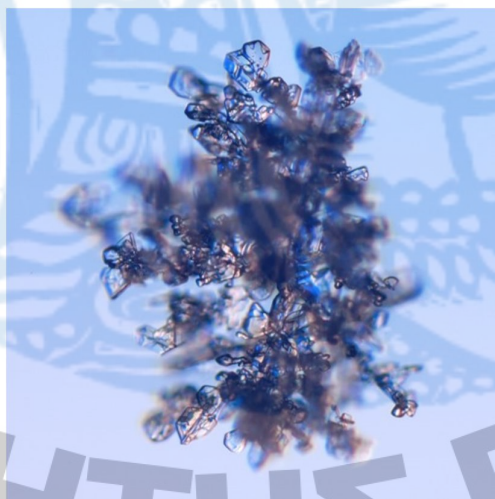
Τα σύννεφα αποτελούνται από αμέτρητα σταγονίδια νερού, και μερικές φορές αυτά τα σταγονίδια συγκρούονται και προσκολλούνται σε κρυστάλλους χιονιού. Τα κατεψυγμένα σταγονίδια ονομάζονται πάχνη. Όλοι οι διαφορετικοί τύποι των κρυστάλλων χιονιού μπορεί να βρεθούν διακοσμημένα με πάχνη. Όταν η κάλυψη είναι ιδιαίτερα βαριά, έτσι ώστε το συγκρότημα να μοιάζει με μία μικροσκοπική χιονόμπαλα, το αποτέλεσμα ονομάζεται «graupel».



Σχήμα 3.4.15 Κρύσταλλος με πάχνη, «graupel»

### 3.4.16 Ακανόνιστοι κρύσταλλοι

Οι πιο κοινοί κρύσταλλοι χιονιού είναι μακράν οι ακανόνιστοι κρύσταλλοι. Είναι μικροί, συνήθως συγκεντρώνονται μαζί, και έχουν μικρό ποσοστό από τη συμμετρία που βλέπουμε στις αστρικές πλάκες και στις στήλες χιονιού.



Σχήμα 3.4.16 Ακανόνιστος κρύσταλλος

#### 4 Masaru Emoto<sup>3</sup>

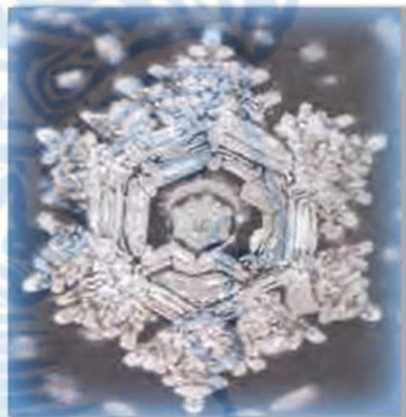
##### 4.1 Η έρευνα

Ο Ιάπωνας επιστήμονας Dr. Masaru Emoto επιχείρησε κάτι που μέχρι σήμερα ήταν αδιανόητο: να αποδείξει ότι το νερό είναι μια ζωντανή οντότητα που ανταποκρίνεται συνειδητά όχι μόνο στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος αλλά και στις ανθρώπινες ψυχικές ενέργειες.

Με τη μέθοδο της σύγχρονης επιστήμης και επιστρατεύοντας ένα προηγμένο τεχνολογικά όργανο, τον αναλυτή μαγνητικού συντονισμού, ερευνά την κρυσταλλική δομή του νερού και αποτυπώνει φωτογραφικά τις αλλαγές που επιφέρουν σε αυτό οι ποικίλες περιβαλλοντικές επιδράσεις. Και όμως, το νερό είναι ζωντανό, καταλαβαίνει, νοιώθει, ακούει, διαβάζει ανάλογα πάντα με τα ερεθίσματα που δέχεται. Παρακάτω ακολουθούν φωτογραφίες των κρυστάλλων του νερού από το βιβλίο του Dr. Emoto που το αποδεικνύουν:

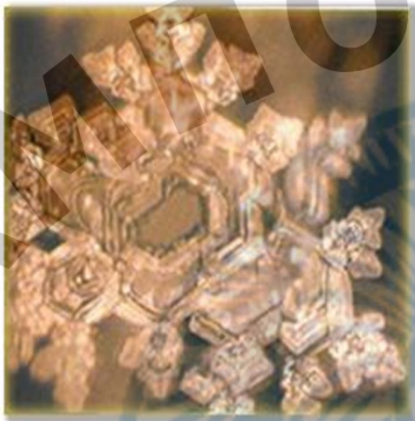


Σχήμα 4.1 Κρύσταλλο νερού βρύσης πριν την προσευχή

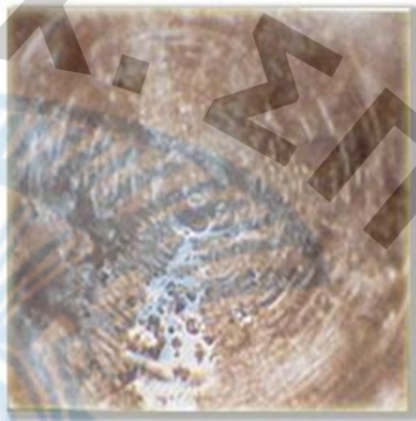


Σχήμα 4.2 Κρύσταλλο νερού βρύσης μετά την προσευχή

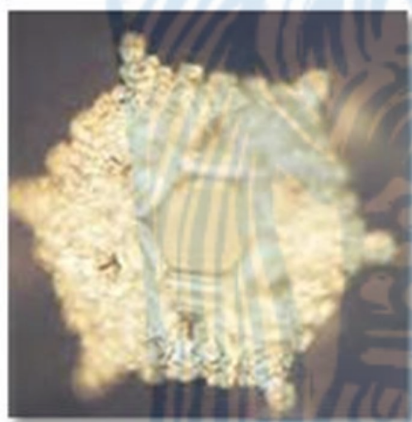
<sup>3</sup> Ο Masaru Emoto είναι ένας Ιάπωνας συγγραφέας και επιχειρηματίας. Γεννημένος στη Γιοκοχάμα της Ιαπωνίας, ο Emoto αποφοίτησε από το Δημοτικό Πανεπιστήμιο της Γιοκοχάμα με μαθήματα Διεθνών Σχέσεων. Το 1986, ίδρυσε την I.H.M. Corporation στο Τόκιο και είναι σήμερα ο επικεφαλής της IHM General Research Institute, Inc, ο Πρόεδρος της IHM, Inc, και ο επικεφαλής εκπρόσωπος της IHM του HADO Fellowship. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, ξεκίνησε να ερευνά το νερό με περισσότερες λεπτομέρειες.



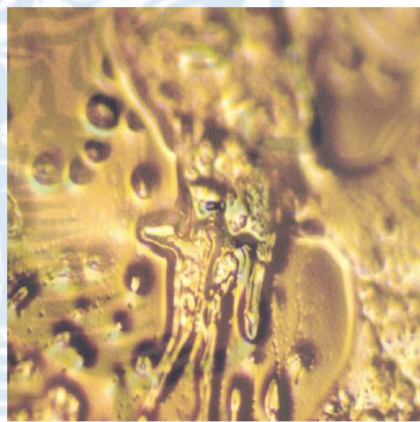
Σχήμα 4.3 Bach «Άρια για την χορδή του Χολ»



Σχήμα 4.4 Bach Heavy Metal μουσική



Σχήμα 4.5 «αγάπη/εκτίμηση»



Σχήμα 4.6 «Με αηδιάξεις, θα σε σκοτώσω!»

#### 4.2 Η κριτική

Οι σχολιαστές έχουν επικρίνει τον Emoto για την ανεπάρκεια πειραματικών ελέγχων και για το ότι δεν μοιράζεται αρκετά στοιχεία της προσέγγισής του με την επιστημονική κοινότητα. Ο William A. Tiller, ένας άλλος ερευνητής, στην ταινία «What The Bleep Do We Know?», αναφέρει ότι τα πειράματα του Emoto υπολείπονται της απόδειξης, δεδομένου ότι δεν ελέγχουν άλλους παράγοντες στην υπερψύξη νερού. Επιπλέον, ο Emoto έχει επικριθεί για το σχεδιασμό των πειραμάτων του με τρόπους που τα αφήνει επιρρεπή σε χειραγώγηση ή ανθρώπινο λάθος που επηρεάζουν τα ευρήματά του. Γράφοντας για τη θεωρία Emoto στην «Skeptical Inquirer», ο γιατρός Harriet A. Hall κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ήταν «δύσκολο να δει κανείς πώς κάποιος θα μπορούσε να είναι λάθος για την επιστήμη».

#### 5 Επίλογος

Όπως είδαμε η συμμετρία βρίσκεται παντού. Βρίσκεται στους γαλαξίες, στη φύση, στα ζώα, στις τέχνες, στις επιστήμες, στο σπίτι μας, στο σώμα μας. Αποτελεί πολύ μεγάλο μέρος όχι απλώς της καθημερινότητάς μας αλλά και της ίδιας μας της ζωής. Ο κόσμος της συμμετρίας είναι ένας αχανής κόσμος γεμάτος γνώση αλλά και πολύ μυστήριο. Για αυτό το λόγο αξίζει να ερευνήσουμε αυτά τα μονοπάτια, να διαβάσουμε, να ψάξουμε, να ρωτήσουμε. Έτσι ίσως καταφέρουμε να κατανοήσουμε καλύτερα πτυχές του κόσμου μας και της ζωής μας.

#### 6 Βιβλιογραφία

- 1 Αντώνογλου Λεμονιά, Σιγάλας Μιχάλης, Χαρίτος Νικόλας «Η συμμετρία στη φύση, Μοριακή Συμμετρία και Θεωρία Ομάδων». Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας, 2012
- 2 Joey Huston «Η συμμετρία», Michigan State University τεύχος 10/2011 Μετάφραση: Μανώλης Χανιωτάκης.
- 3 Kristopher Setchfield «Review and analysis of Dr. Masaru Emoto's published work on the effects of external stimuli on the structural formation of ice crystals» Vermont, Health Science Natural Science Department Castleton State College, 2005
- 4 Skountzos Pan., Skountzos Ant. «Η συμμετρία και η αξιοποίηση της ως εργαλείο στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών»
- 5 Σπυρίδης Χαράλαμπος «Συμμετρία και Μουσική»
- 6 «Χιόνι» Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών – Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος

#### Ιστοσελίδες<sup>4</sup>

Η ομορφιά της συμμετρίας και το εγκώμιο της ατέλειας

<http://www.elzoni.gr/html/ent/399/ent.16399.asp>

10 εντυπωσιακά παραδείγματα συμμετρίας στη φύση

<http://perierga.gr/2013/05/10-%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%85%CF%80%CF%89%CF%83%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B4%CE%B5%CE%AF%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B1/>

SnowCrystals.com

<http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/>

Το μυστικό μήνυμα του νερού

<http://blogs.sch.gr/stz1167/category/%CF%84%CE%BF-%CE%BC%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CF%85%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%85/#prettyPhoto>

Crystal Clear – Messages from Water

<http://www.i-sis.org.uk/water4.php>

Water The Documentary & Why It's Important To Give Your Water Gratitude

<http://www.highonhealth.org/water-the-documentary-why-its-important-to-give-your-water-gratitude/>

---

<sup>4</sup> Ο τελευταίος έλεγχος εγκυρότητας των ιστοσελίδων έγινε στις 10 Απριλίου 2014

Masuro Emoto

[http://en.wikipedia.org/wiki/Masaru\\_Emoto#Biography](http://en.wikipedia.org/wiki/Masaru_Emoto#Biography)

Denis Diderot

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CF%84%CE%B5%CE%BD%CE%AF\\_%CE%9D%CF%84%CE%B9%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%81%CF%8C](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CF%84%CE%B5%CE%BD%CE%AF_%CE%9D%CF%84%CE%B9%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%81%CF%8C)

Ernst Haeckel

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CE%BD%CF%83%CF%84\\_%CE%A7%CE%AD%CE%BA%CE%B5%CE%BB](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CE%BD%CF%83%CF%84_%CE%A7%CE%AD%CE%BA%CE%B5%CE%BB)

## Άσκηση modes

Χλιούρας Χρήστος Α.Μ. 1569201100090

Φοιτητής του Τμήματος Μουσικών Σπουδών της Φιλοσοφικής Σχολής του Εθνικού και  
Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών  
cirillo1993@yahoo.gr

### 1. MODES ME 7 ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ

A. 1111116      B. 1111125      Γ. 1111224      Δ. 1111134

E. 1111233      ΣΤ. 1112223      Ζ. 1122222

$$A. M_7^{1,6} = \frac{7!}{1!6!} = 7$$

$$B. M_7^{1,1,5} = \frac{7!}{1!1!5!} = 42$$

$$Γ. M_7^{1,2,4} = \frac{7!}{1!2!4!} = 105$$

$$Δ. M_7^{1,1,5} = \frac{7!}{1!1!5!} = 42$$

$$E. M_7^{2,1,4} = \frac{7!}{2!1!4!} = 105$$

$$ΣΤ. M_7^{1,3,3} = \frac{7!}{1!3!3!} = 140$$

$$Ζ. M_7^{5,2} = \frac{7!}{5!2!} = 21$$

Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 6 ημιτονιαία διαστήματα και 1 τριτονιαίο είναι 7. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 5 ημιτονιαία διαστήματα, 1 τονιαίο και 1 πεντημιτονιαίο είναι 42. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 4 ημιτονιαία διαστήματα, 2 τονιαία και 1 διτονιαίο είναι 105. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 5 ημιτονιαία διαστήματα, 1 τριημιτονιαίο και 1 διτονιαίο είναι 42. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 2 τριημιτονιαία διαστήματα, 1 τονιαίο και 4 ημιτονιαία είναι 105. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 1 τριημιτονιαίο, 2 τονιαία και 3 ημιτονιαία είναι 140. Οι μουσικοί τρόποι (modes) που περιέχουν 5 τονιαία και 2 ημιτονιαία τέλος, είναι 21.

Διαπιστώνεται έτσι, σύμφωνα με την Συνδυαστική Ανάλυση, ότι το πλήθος όλων των δυνατών να δομηθούν μουσικών τρόπων (modes) με 7 μουσικά διαστήματα, το άθροισμα των οποίων είναι 12 Ευρωπαϊκά συγκερασμένα ημιτόνια είναι  $7+42+105+42+105+140+21=462$ .

## 2. ΚΛΑΣΕΙΣ ΤΩΝ MODES ΜΕ 7 ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ

Το πλήθος των 462 μουσικών τρόπων (modes) χωρίζεται σε  $462:7=66$  επταμελείς ομάδες μουσικών τρόπων με κυκλική μετάθεση των διαστημάτων της κάθε μίας.

Κάθε μία από της 66 επταμελείς ομάδες ονομάζεται «κλάση μουσικών τρόπων».

Από κάθε κλάση επιλέγεται τυχαία ένα μέλος αυτής ως ο γεννήτωρ των μουσικών τρόπων της κλάσεως, υπό την έννοια ότι με κυκλική μετάθεση των διαστημάτων του γεννήτορος προκύπτουν και τα 7 μέλη της συγκεκριμένης κλάσεως.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι 66 γεννήτορες ( $7:7=1$ ,  $42:7=6$ ,  $105:7=15$ ,  $42:7=6$ ,  $105:7=15$ ,  $140:7=20$  και  $21:7=3$ ) ως οι αντιπρόσωποι των ισάριθμων κλάσεων μουσικών τρόπων.



**Οι  $1+6+15+6+15+20+3=66$  τρόποι αντιπρόσωποι των ισάριθμων κλάσεων.**

|      |               |      |               |        |               |
|------|---------------|------|---------------|--------|---------------|
| 6-01 | 1 1 1 1 1 1 6 | 5-01 | 1 1 1 1 1 2 5 | 422-01 | 1 1 1 1 2 2 4 |
|      |               | 5-02 | 1 1 1 1 2 1 5 | 422-02 | 1 1 1 2 1 2 4 |
|      |               | 5-03 | 1 1 1 2 1 1 5 | 422-03 | 1 1 2 1 1 2 4 |
|      |               | 5-04 | 1 1 2 1 1 1 5 | 422-04 | 1 2 1 1 1 2 4 |
|      |               | 5-05 | 1 2 1 1 1 1 5 | 422-05 | 2 1 1 1 1 2 4 |
|      |               | 5-06 | 2 1 1 1 1 1 5 | 422-06 | 1 1 1 2 2 1 4 |
|      |               |      |               | 422-07 | 1 1 2 1 2 1 4 |
|      |               |      |               | 422-08 | 1 2 1 1 2 1 4 |
|      |               |      |               | 422-09 | 2 1 1 1 2 1 4 |
|      |               |      |               | 422-10 | 1 1 2 2 1 1 4 |
|      |               |      |               | 422-11 | 1 2 1 2 1 1 4 |
|      |               |      |               | 422-12 | 2 1 1 2 1 1 4 |
|      |               |      |               | 422-13 | 1 2 2 1 1 1 4 |
|      |               |      |               | 422-14 | 2 1 2 1 1 1 4 |
|      |               |      |               | 422-15 | 2 2 1 1 1 1 4 |

|       |               |       |               |      |               |
|-------|---------------|-------|---------------|------|---------------|
| 43-01 | 1 1 1 1 1 3 4 | 33-01 | 1 1 1 1 2 3 3 | 3-01 | 1 1 1 2 2 2 3 |
| 43-02 | 1 1 1 1 3 1 4 | 33-02 | 1 1 1 2 1 3 3 | 3-02 | 1 1 2 1 2 2 3 |
| 43-03 | 1 1 1 3 1 1 4 | 33-03 | 1 1 2 1 1 3 3 | 3-03 | 1 2 1 1 2 2 3 |
| 43-04 | 1 1 3 1 1 1 4 | 33-04 | 1 2 1 1 1 3 3 | 3-04 | 2 1 1 1 2 2 3 |
| 43-05 | 1 3 1 1 1 1 4 | 33-05 | 2 1 1 1 1 3 3 | 3-05 | 1 1 2 2 1 2 3 |
| 43-06 | 3 1 1 1 1 1 4 | 33-06 | 1 1 1 1 3 2 3 | 3-06 | 1 2 1 2 1 2 3 |
|       |               | 33-07 | 1 1 1 3 1 2 3 | 3-07 | 2 1 1 2 1 2 3 |
|       |               | 33-08 | 1 1 3 1 1 2 3 | 3-08 | 1 2 2 1 1 2 3 |
|       |               | 33-09 | 1 3 1 1 1 2 3 | 3-09 | 2 1 2 1 1 2 3 |
|       |               | 33-10 | 1 1 2 1 3 1 3 | 3-10 | 2 2 1 1 1 2 3 |
|       |               | 33-11 | 1 2 1 1 3 1 3 | 3-11 | 1 1 2 2 2 1 3 |
|       |               | 33-12 | 2 1 1 1 3 1 3 | 3-12 | 1 2 1 2 2 1 3 |
|       |               | 33-13 | 1 1 1 3 2 1 3 | 3-13 | 2 1 1 2 2 1 3 |
|       |               | 33-14 | 1 1 3 1 2 1 3 | 3-14 | 1 2 2 1 2 1 3 |
|       |               | 33-15 | 2 1 1 3 1 1 3 | 3-15 | 2 1 2 1 2 1 3 |
|       |               |       |               | 3-16 | 2 2 1 1 2 1 3 |
|       |               |       |               | 3-17 | 1 2 2 2 1 1 3 |
| 2-01  | 1 1 2 2 2 2 2 |       |               | 3-18 | 2 1 2 2 1 1 3 |
| 2-02  | 1 2 1 2 2 2 2 |       |               | 3-19 | 2 2 1 2 1 1 3 |
| 2-03  | 1 2 2 1 2 2 2 |       |               | 3-20 | 2 2 2 1 1 1 3 |

### 3. ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕ ΔΙΕΣΕΙΣ

Επιλέγω τον εκπρόσωπο « 2 2 1 1 1 1 4 »

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|------|-------|
| C | 0=12         | 0                 | 0       | 11   | 1     | 9    | 3     |
|   | 2=14         | 2                 | 0       | 0    | 2     | 11   | 3     |
|   | 4            | 4                 | 0       | 2    | 2     | 0    | 4     |
|   | 5            | 5                 | 0       | 4    | 1     | 2    | 3     |
|   | 6            | 7                 | -1      | 5    | 1     | 4    | 2     |
|   | 7            | 9                 | X       | 7    | 0     | 5    | 2     |
|   | 8            | 11                |         | 9    | -1    | 7    | 1     |

A×# B×# C×× D×# E×# F×# G## A×#

|    | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|----|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| C# | 1=13         | 0                 | 1       | 11   | 2     |
|    | 3            | 2                 | 1       | 0    | 3     |
|    | 5            | 4                 | 1       | 2    | 3     |
|    | 6            | 5                 | 1       | 4    | 2     |
|    | 7            | 7                 | 0       | 5    | 2     |
|    | 8            | 9                 | -1      | 7    | 1     |
|    | 9            | 11                | X       | 9    | 0     |

B× C×# D×# E× F×# G## A## B×

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|------|-------|
| D | 2=14         | 2                 | 0       | 12   | 2     | 11   | 3     |
|   | 4=16         | 4                 | 0       | 2    | 2     | 12   | 4     |
|   | 6            | 5                 | 1       | 4    | 2     | 2    | 4     |
|   | 7            | 7                 | 0       | 5    | 2     | 4    | 3     |
|   | 8            | 9                 | -1      | 7    | 1     | 5    | 3     |
|   | 9            | 11                | X       | 9    | 0     | 7    | 2     |
|   | 10           | 12                |         | 11   | -1    | 9    | 1     |

B×# C×× D×× E×# F×# G## A## B×#

|    | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|----|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| D# | 3            | 2                 | 1       | 0    | 3     |
|    | 5            | 4                 | 1       | 2    | 3     |
|    | 7            | 5                 | 2       | 4    | 3     |
|    | 8            | 7                 | 1       | 5    | 3     |
|    | 9            | 9                 | 0       | 7    | 2     |
|    | 10           | 11                | -1      | 9    | 1     |
|    | 11           | 12=0              | X       | 11   | 0     |

C×# D×# E×# F×# G×# A## B## C##

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| E | 4            | 4                 | 0       | 2    | 2     |
|   | 6            | 5                 | 1       | 4    | 2     |
|   | 8            | 7                 | 1       | 5    | 3     |
|   | 9            | 9                 | 0       | 7    | 2     |
|   | 10           | 11                | -1      | 9    | 1     |
|   | 11           | 12=0              | X       | 11   | 0     |
|   | 12=0         | 14=2              |         | 0    | 0     |

D× E× F×# G× A## B## C## D×

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|------|-------|
| F | 5            | 5                 | 0       | 4    | 1     | 2    | 3     |
|   | 7            | 7                 | 0       | 5    | 2     | 4    | 3     |
|   | 9            | 9                 | 0       | 7    | 2     | 5    | 4     |
|   | 10           | 11                | -1      | 9    | 1     | 7    | 3     |
|   | 11           | 12=0              | X       | 11   | 0     | 9    | 2     |
|   | 12=0         | 14=2              |         | 0    | 0     | 11   | 1     |
|   | 13=1         | 16=4              |         | 2    | -1    | 0    | 1     |

D×# E×# F×× G×# A×# B### C### D×#

|    | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|----|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| F# | 6            | 5                 | 1       | 4    | 2     |
|    | 8            | 7                 | 1       | 5    | 3     |
|    | 10           | 9                 | 1       | 7    | 3     |
|    | 11           | 11                | 0       | 9    | 2     |
|    | 12=0         | 12=0              | 0       | 11   | 1     |
|    | 13=1         | 14=2              | -1      | 0    | 1     |
|    | 14=2         | 16=4              | X       | 2    | 0     |

E× F×# G×# A× B## C### D## E×

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|------|-------|
| G | 7            | 7                 | 0       | 5    | 2     | 4    | 3     |
|   | 9            | 9                 | 0       | 7    | 2     | 5    | 4     |
|   | 11           | 11                | 0       | 9    | 2     | 7    | 4     |
|   | 12=0         | 12=0              | 0       | 11   | 1     | 9    | 3     |
|   | 13=1         | 14=2              | -1      | 0    | 1     | 11   | 2     |
|   | 14=2         | 16=4              | X       | 2    | 0     | 0    | 2     |
|   | 15=3         | 17=5              |         | 4    | -1    | 2    | 1     |

E×# F×× G×× A×# B×# C×## D### E×#

|    | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|----|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| G# | 8            | 7                 | 1       | 5    | 3     |
|    | 10           | 9                 | 1       | 7    | 3     |
|    | 12=0         | 11                | 1       | 9    | 3     |
|    | 13=1         | 12=0              | 1       | 11   | 2     |
|    | 14=2         | 14=2              | 0       | 0    | 2     |
|    | 15=3         | 16=4              | -1      | 2    | 1     |
|    | 16=4         | 17=5              | X       | 4    | 0     |

F×# G×# A×# B× C×# D### E## F×#

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| A | 9            | 9                 | 0       | 7    | 2     |
|   | 11           | 11                | 0       | 9    | 2     |
|   | 13=1         | 12                | 1       | 11   | 2     |
|   | 14=2         | 2                 | 0       | 12   | 2     |
|   | 15=3         | 4                 | -1      | 2    | 1     |
|   | 16=4         | 5                 | X       | 4    | 0     |
|   | 17=5         | 7                 |         | 5    | 0     |

G× A× B× C× D## E## F## G×

|    | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|----|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| A# | 10           | 9                 | 1       | 7    | 3     |
|    | 12           | 11                | 1       | 9    | 3     |
|    | 14=2         | 12=0              | 2       | 11   | 3     |
|    | 15=3         | 14=2              | 1       | 12=0 | 3     |
|    | 16=4         | 16=4              | 0       | 14=2 | 2     |
|    | 17=5         | 17=5              | 0       | 16=4 | 1     |
|    | 18=6         | 19=7              | -1      | 17=5 | 1     |

G×# A×# B×# C×# D×# E### F### G×#

|   | Class number | Requested numbers | Διαφορά | R.N. | Διαφ. |
|---|--------------|-------------------|---------|------|-------|
| B | 11           | 11                | 0       | 9    | 2     |
|   | 13=1         | 12=0              | 1       | 11   | 2     |
|   | 3            | 14=2              | 1       | 0    | 3     |
|   | 4            | 4                 | 0       | 2    | 2     |
|   | 5            | 5                 | 0       | 4    | 1     |
|   | 6            | 7                 | -1      | 5    | 1     |
|   | 7            | 9                 | X       | 7    | 0     |

A× B× C×# D× E## F### G## A×

#### 4. ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕ ΥΦΕΣΕΙΣ

Επιλέγω τον εκπρόσωπο « 1 1 1 2 1 2 4 »

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>C</b> | 0            | 0                 | 0       |
|          | 1            | 2                 | -1      |
|          | 2            | 4                 | -2      |
|          | 3            | 5                 | -2      |
|          | 5            | 7                 | -2      |
|          | 6            | 9                 | -3      |
|          | 8            | 11                | -3      |

C<sup>♯</sup> D<sup>♯</sup> E<sup>♯</sup> F<sup>♯</sup> G<sup>♯</sup> A<sup>♯</sup> B<sup>♯</sup> C<sup>♯</sup>

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>B</b> | 11           | 11                | 0       |
|          | 12           | 12                | 0       |
|          | 13=1         | 2                 | -1      |
|          | 2            | 4                 | -2      |
|          | 4            | 5                 | -1      |
|          | 5            | 7                 | -2      |
|          | 7            | 9                 | -2      |

B<sup>♯</sup> C<sup>♯</sup> D<sup>♯</sup> E<sup>♯</sup> F<sup>♯</sup> G<sup>♯</sup> A<sup>♯</sup> B<sup>♯</sup>

|                      | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------------------|--------------|-------------------|---------|
| <b>B<sup>b</sup></b> | 10           | 11                | -1      |
|                      | 11           | 12                | -1      |
|                      | 0            | 2                 | -2      |
|                      | 1            | 4                 | -3      |
|                      | 3            | 5                 | -2      |
|                      | 4            | 7                 | -3      |
|                      | 6            | 9                 | -3      |

B<sup>b</sup> C<sup>b</sup> D<sup>b</sup> E<sup>b</sup> F<sup>b</sup> G<sup>b</sup> A<sup>b</sup> B<sup>b</sup>

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>A</b> | 9            | 9                 | 0       |
|          | 10           | 11                | -1      |
|          | 11           | 12                | -1      |
|          | 12=0         | 2                 | -2      |
|          | 2            | 4                 | -2      |
|          | 3            | 5                 | -2      |
|          | 5            | 7                 | -2      |

A<sup>♯♯</sup> B<sup>♯♯</sup> C<sup>♯♯</sup> D<sup>♯♯</sup> E<sup>♯♯</sup> F<sup>♯♯</sup> G<sup>♯♯</sup> A<sup>♯♯</sup>

|                      | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------------------|--------------|-------------------|---------|
| <b>A<sup>b</sup></b> | 8            | 9                 | -1      |
|                      | 9            | 11                | -2      |
|                      | 10           | 12                | -2      |
|                      | 11           | 14                | -3      |
|                      | 1            | 4                 | -3      |
|                      | 2            | 5                 | -3      |
|                      | 4            | 7                 | -3      |

A<sup>b♯♯</sup> B<sup>b♯♯</sup> C<sup>b♯♯</sup> D<sup>b♯♯</sup> E<sup>b♯♯</sup> F<sup>b♯♯</sup> G<sup>b♯♯</sup> A<sup>b♯♯</sup>

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>G</b> | 7            | 7                 | 0       |
|          | 8            | 9                 | -1      |
|          | 9            | 11                | -2      |
|          | 10           | 12                | -2      |
|          | 12=0         | 2                 | -2      |
|          | 13=1         | 4                 | -3      |
|          | 15=3         | 5                 | -2      |

G<sup>♯♯</sup> A<sup>♯♯</sup> B<sup>b♯♯</sup> C<sup>♯♯</sup> D<sup>♯♯</sup> E<sup>b♯♯</sup> F<sup>♯♯</sup> G<sup>♯♯</sup>



|           | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|-----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>G♭</b> | 6            | 7                 | -1      |
|           | 7            | 9                 | -2      |
|           | 8            | 11                | -3      |
|           | 9            | 12                | -3      |
|           | 11           | 2                 | -3      |
|           | 12=0         | 4                 | -4      |
|           | 14=2         | 5                 | -3      |

G♭♭♭ A♭♭ B♭♭ C♭ D♭ E♭ F♭ G♭♭

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>F</b> | 5            | 5                 | 0       |
|          | 6            | 7                 | -1      |
|          | 7            | 9                 | -2      |
|          | 8            | 11                | -3      |
|          | 10           | 12                | -2      |
|          | 11           | 14                | -3      |
|          | 13           | 16                | -3      |

F♭ G♭ A♭ B♭ C♭ D♭ E♭ F♭

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>E</b> | 4            | 4                 | 0       |
|          | 5            | 5                 | 0       |
|          | 6            | 7                 | -1      |
|          | 7            | 9                 | -2      |
|          | 9            | 11                | -2      |
|          | 10           | 12                | -2      |
|          | 12           | 14                | -2      |

E♭ F G♭ A♭ B♭ C♭ D♭ E♭

|           | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|-----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>E♭</b> | 3            | 4                 | -1      |
|           | 4            | 5                 | -1      |
|           | 5            | 7                 | -2      |
|           | 6            | 9                 | -3      |
|           | 8            | 11                | -3      |
|           | 9            | 12                | -3      |
|           | 11           | 14                | -3      |

E♭♭ F♭ G♭♭ A♭♭ B♭♭ C♭♭ D♭♭ E♭♭

|          | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>D</b> | 2            | 2                 | 0       |
|          | 3            | 4                 | -1      |
|          | 4            | 5                 | -1      |
|          | 5            | 7                 | -2      |
|          | 7            | 9                 | -2      |
|          | 8            | 11                | -3      |
|          | 10           | 12                | -2      |

D♭ E♭ F♭ G♭ A♭ B♭♭ C♭ D♭

|           | Class number | Requested numbers | Διαφορά |
|-----------|--------------|-------------------|---------|
| <b>D♭</b> | 1            | 2                 | -1      |
|           | 2            | 4                 | -2      |
|           | 3            | 5                 | -2      |
|           | 4            | 7                 | -3      |
|           | 6            | 9                 | -3      |
|           | 7            | 11                | -4      |
|           | 9            | 12                | -3      |

D♭♭ E♭♭ F♭♭ G♭♭ A♭♭ B♭♭♭ C♭♭ D♭♭

## Άσκηση Συμμετρίας Κυψελίδος

Χλιούρας Χρήστος Α.Μ. 1569201100090

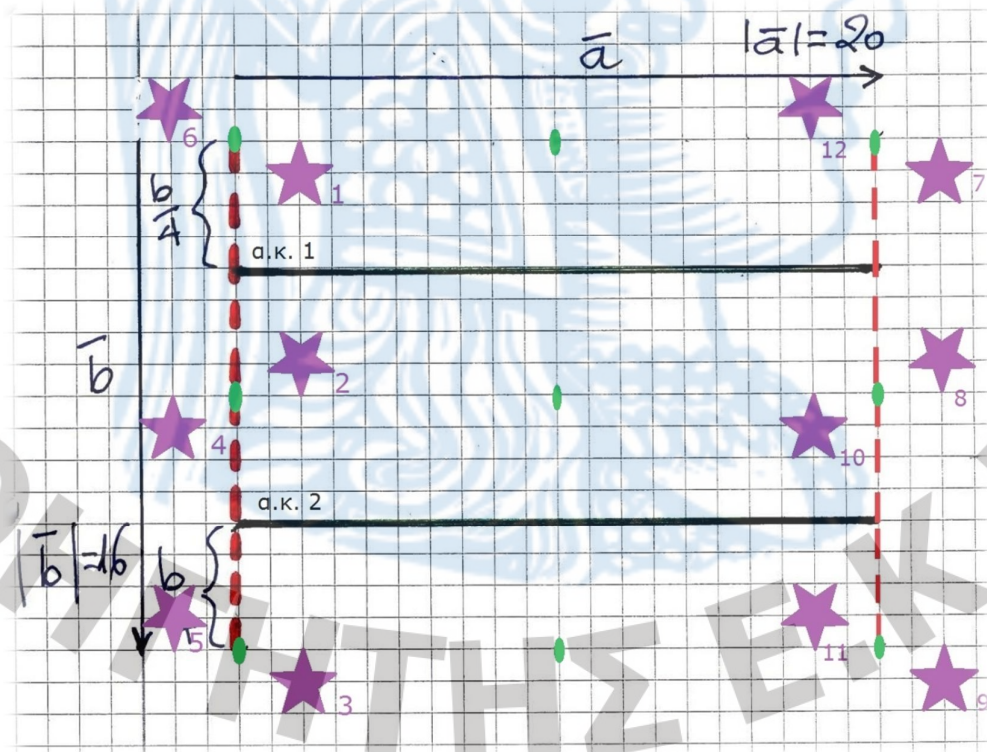
Φοιτητής του Τμήματος Μουσικών Σπουδών της Φιλοσοφικής Σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών  
cirillo1993@yahoo.gr

Επί του δαπέδου της κόλλας δίδονται δύο διανύσματα μετατοπίσεως  $a$  και  $b$  κάθετα μεταξύ των με μέτρα (=μήκη)  $|a| = 20$  και  $|b| = 16$  μονάδες μήκους.

Παράλληλα προς το διάνυσμα  $b$  δίδεται άξον κατοπτρισμού και ολισθήσεως, συμβολιζόμενος δια της ερυθράς διακεκομμένης γραμμής.

Εις απόστασιν  $|b|/4$  από αμφοτέρω τα άκρα του διανύσματος  $b$  και καθέτως προς αυτό δίδονται δύο άξονες κατοπτρισμού.

Εξ αυτών των φανερών στοιχείων συμμετρίας (=αρμονίας) να εύρητε όλα τα στοιχεία συμμετρίας της αφανούς αρμονίας.



Το αρχικό σύμβολο είναι αυτό με τον αριθμό 1. Κατοπτρίζεται στον άξονα κατοπτρισμού 1 (α.κ. 1), οπότε προκύπτει το σύμβολο 2. Αυτό με τη σειρά του κατοπτρίζεται στον α.κ. 2 και προκύπτει το σύμβολο 3. Τώρα λαμβάνοντας υπ' όψιν τον άξονα κατοπτρισμού και ολισθήσεως, από το σύμβολο 1 προκύπτει το σύμβολο 4. Αντίστοιχα, το σύμβολο 4 κατοπτριζόμενο στον α.κ. 1 δημιουργεί το σύμβολο 6 και κατοπτριζόμενο στον α.κ. 2 δημιουργεί το σύμβολο 5. Σε αυτό το σημείο παρατηρούμε ότι υπάρχουν 3 άξονες περιστροφής 2ας τάξης μεταξύ των συμβόλων: 1-6, 2-4, 3-5. Επίσης μπορούμε να πούμε ότι τα σύμβολα 3-5 είναι η μεταφορά των συμβόλων 1-6 αντίστοιχα, με την βοήθεια του διανύσματος  $b$ . Μία ακόμη παρατήρηση που θα μπορούσαμε να κάνουμε είναι ότι με την βοήθεια του άξονα κατοπτρισμού και ολισθήσεως το σύμβολο 5 προκύπτει από το σύμβολο 2, το 6 επίσης από το 2, το 3 από το 4 κ.ο.κ.

Με την βοήθεια του διανύσματος  $a$  τα 6 σύμβολα μεταφέρονται στην δεξιά πλευρά, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Έτσι, στα σύμβολα 7-12, προκύπτουν όλες οι συμμετρίες που παρατηρήσαμε και στα σύμβολα 1-6.

Τέλος, παρατηρώντας τις 2 ομάδες συμβόλων, προκύπτουν άλλοι 3 άξονες περιστροφής 2ας τάξης, σε έναν νοητό κάθετο άξονα στη μέση του σχήματος.

## Αναφορά στοιχείων σχετικά με την σύνθεση με στοιχεία συμμετρίας

Χλιούρας Χρήστος Α.Μ. 1569201100090

Φοιτητής του Τμήματος Μουσικών Σπουδών της Φιλοσοφικής Σχολής του Εθνικού και  
Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών  
cirillo1993@yahoo.gr

### 1. Ανάλυση του έργου

Αρχικά μπαίνει η πρωτότυπη μελωδία η οποία ακούγεται από το κόντρα μπάσο. Με βάση αυτή τη μελωδία γίνονται όλες οι επεξεργασίες που ακολουθούν. Δεν χρησιμοποιήσα 2<sup>ο</sup> θέμα-μελωδία. Επίσης η κυρίαρχη περιοδικότητα επεξεργασίας είναι, σαφώς, το 8μετρο.

Στο μέτρο 9 έχουμε επανάληψη της μελωδίας, αυτή τη φορά και από το βιολί, με κατακόρυφη μετατόπιση μίας 8βας.

Στο μέτρο 18 μπαίνει και το φλάουτο, το οποίο πραγματοποιεί οριζόντια μετατόπιση του θέματος κατά ένα μέτρο.

Στο μέτρο 26 έχουμε την ίδια επεξεργασία με τη μόνη διαφορά ότι το φλάουτο πραγματοποιεί και κατακόρυφη μετατόπιση μίας 8βας προς τα πάνω.

Στο μέτρο 33 κόντρα μπάσο και φλάουτο επαναλαμβάνουν το ίδιο με πριν. Το βιολί ακολουθεί το φλάουτο στην οριζόντια μετατόπιση και έχουμε την είσοδο του πιάνου το οποίο στο αριστερό χέρι μπαίνει η αρχική μελωδία και στο δεξί μπαίνει η μελωδία με κατακόρυφη μετατόπιση μίας 10<sup>η</sup>. Επίσης στο μέτρο 33 έχουμε την είσοδο των ντραμς, τα οποία κατά το μεγαλύτερο μέρος του κομματιού πραγματοποιούν ολίσθηση, αφού επαναλαμβάνεται το ίδιο groove.

Στο μέτρο 41 το πιάνο γίνεται πιο πυκνό. Πραγματοποιεί κατακόρυφη μετατόπιση μίας 8βας και προς τα κάτω και προς τα πάνω. Φλάουτο και βιολί κάνουν μία μικρή επεξεργασία στο μέτρο 41 ούτως ώστε να μπορέσουν να μπουν ομαλά στο 2<sup>ο</sup> μέτρο του θέματος, δηλαδή στο μέτρο 42 και να έχουμε ρυθμικό συνταίριασμα από όλα τα όργανα.

Στο μέτρο 48 ύστερα από την κορύφωση έχουμε πτώση.

Στο μέτρο 49 μπαίνει ξανά το θέμα. Το ακούμε από το αριστερό χέρι του πιάνου.

Στο μέτρο 58 έχουμε 2πλή επεξεργασία. Έχουμε κατοπτρισμό με άξονα συμμετρίας την πρώτη νότα του θέματος, ΡΕ και οριζόντια μετατόπιση κατά ένα μέτρο. Στη συγκεκριμένη επεξεργασία και όσες φορές ακολουθεί στη συνέχεια έχω βάλει ύφεση στο ΜΙ, με σκοπό να διώξω το μείζων άκουσμα του επεξεργασμένου θέματος.

Στο μέτρο 66 το φλάουτο ακολουθεί σχεδόν το βιολί. Κάνει τον ίδιο κατοπτρισμό και μετατοπίζεται και οριζόντια κατά ένα μέτρο αλλά και κατακόρυφα κατά 3 ημιτόνια (3<sup>η</sup> μικρή).

Στο μέτρο 73 αρχικά μπαίνει ξανά το κόντρα μπάσο με την αρχική μελωδία. Μπαίνει και το δεξί του πιάνου εκτελώντας κατακόρυφη μετατόπιση μίας 10<sup>η</sup>.

Στο μέτρο 74 μπαίνει το φλάουτο το οποίο πραγματοποιεί για πρώτη φορά μέχρι τώρα αναστροφή της μελωδίας και κατακόρυφη μετατόπιση μίας 3<sup>ης</sup> μικρής.

Στο μέτρο 81 μπαίνει το βιολί με το αρχικό θέμα. Το φλάουτο κάνει μια κατακόρυφη μετατόπιση μίας 8βας προς τα πάνω. Το δεξί του πιάνου σταματάει και το αριστερό πραγματοποιεί αναστροφή.

Στο μέτρο 82 μπαίνει το κόντρα μπάσο με οριζόντια μετατόπιση ενός μέτρου.

Στο μέτρο 89 μπαίνει το δεξί χέρι του πιάνου εκτελώντας αναστροφή και κατακόρυφη μετατόπιση μίας 5<sup>ης</sup>. Το βιολί επίσης πραγματοποιεί αναστροφή, ενώ το φλάουτο πέρνει την αρχική μελωδία.

Στο μέτρο 90 μπαίνει το κόντρα μπάσο κάνοντας κι αυτό ανατροφή και οριζόντια μετατόπιση ενός μέτρου.

Στο μέτρο 97 πιάνο και βιολί παίζουν το ίδιο με πριν αλλά με μεγαλύτερη ένταση.

Στο μέτρο 98 ξεκινάει το κόντρα ξανά με την μετατόπιση και μπαίνει και το φλάουτο με οριζόντια μετατόπιση ενός μέτρου και κατακόρυφη μίας 3<sup>ης</sup> μικρής.

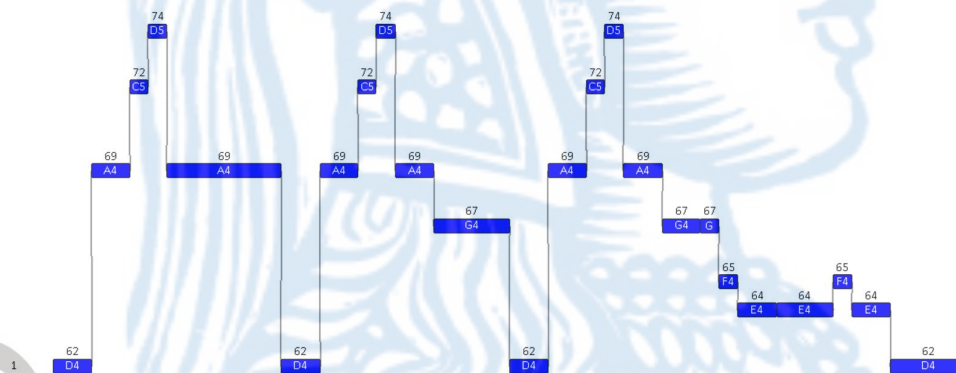
Στο μέτρο 104 έχουμε την 2<sup>η</sup> πτώση.

Στο μέτρο 105 μπαίνει το φλάουτο παίζοντας το αρχικό μοτίβο με κάποιες αραιές λεπτομέριες, έπειτα, από κόντρα μπάσο και ντραμς.

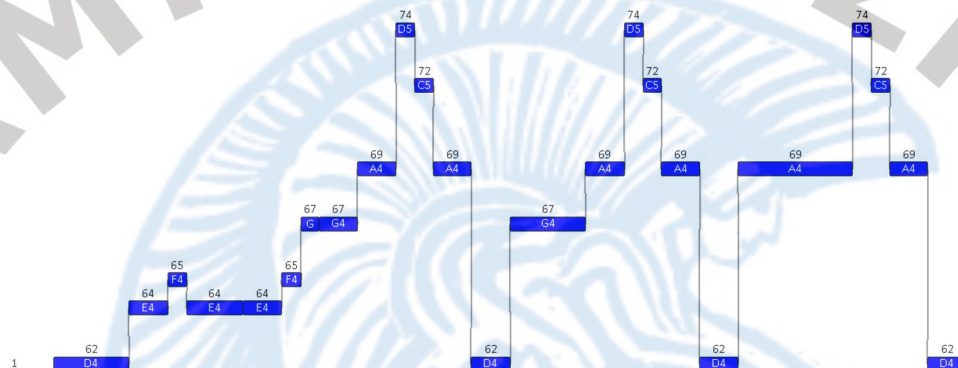
Στο μέτρο 113 ξεκινά το μεγάλο φινάλε. Φλάουτο, βιολί και κόντρα μπάσο παίζουν την αρχική μελωδία. (το φλάουτο μετατοπισμένο μία 8βα πανω). Και το πιάνο έχοντας έναν ρόλο αρμονίας-μπάσου ακολουθεί με πυκνό ηχόχρωμα το ρυθμικό της μελωδίας.

Στο μέτρο 122 έχουμε την 3<sup>η</sup> πτώση και το τέλος του έργου.

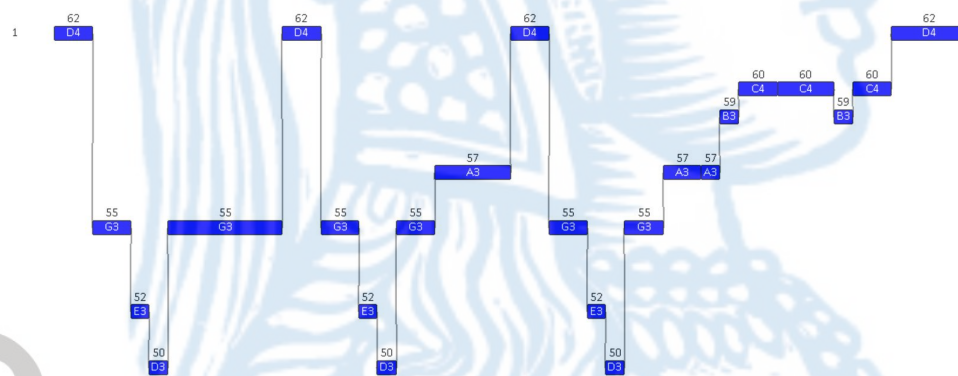
## 2. Εικόνες από το λογισμικό x-melody



Σχήμα 2.1 το βασικό 8μετρο της σύνθεσης



Σχήμα 2.2 αναστροφή του βασικού θέματος



Σχήμα 2.3 κάτοπτρο του βασικού θέματος

### 3. Η πάρτα του έργου

## My sweet symmetry

Χρήστος Χλιούρας

The musical score is arranged in two systems. The first system includes parts for Flute, Violin, Piano (treble and bass clefs), Acoustic Bass, and Drum Set. The second system includes parts for Flute (Fl.), Violin (Vln.), Piano (Pno., treble and bass clefs), Acoustic Bass (A.B.), and Drum Set (D.S.). The score is in 6/8 time with a key signature of one flat (B-flat). The first system starts with a dynamic marking of *mp* and a first ending bracket. The second system starts with a dynamic marking of *mp* and a first ending bracket. A copyright symbol (©) is located below the second system.



2 My sweet symmetry

Fl. *pp*

Vln.

Pno.

A.B.

D. S.

Fl.

Vln.

Pno.

A.B. *mf*

D. S.

My sweet symmetry

3

The musical score is arranged in two systems. The first system covers measures 33 to 40, and the second system covers measures 41 to 48. The instruments are Flute (Fl.), Violin (Vln.), Piano (Pno.), Alto Saxophone (A.B.), and Double Bass (D.S.).

**System 1 (Measures 33-40):**

- Fl.:** Treble clef, starting at measure 33. Dynamics: *mf*.
- Vln.:** Treble clef, starting at measure 33. Dynamics: *mf*.
- Pno.:** Grand staff (treble and bass clefs), starting at measure 33. Dynamics: *mp*.
- A.B.:** Bass clef, starting at measure 33. Dynamics: *mp*.
- D.S.:** Drum set, starting at measure 33. Dynamics: *mp*.

**System 2 (Measures 41-48):**

- Fl.:** Treble clef, starting at measure 41. Dynamics: *f*, *ff*, *fff*.
- Vln.:** Treble clef, starting at measure 41. Dynamics: *f*, *ff*, *fff*.
- Pno.:** Grand staff, starting at measure 41. Dynamics: *mf*, *f*, *fff*.
- A.B.:** Bass clef, starting at measure 41. Dynamics: *mf*, *f*, *fff*.
- D.S.:** Drum set, starting at measure 41. Dynamics: *f*, *ff*, *fff*.

4 My sweet symmetry

49 Fl.

49 Vln.

49 Pno.

49 A.B.

49 D.S.

57 Fl.

57 Vln.

57 Pno.

57 A.B.

57 D.S.

My sweet symmetry

5

The musical score is arranged in two systems. The first system (measures 65-72) includes parts for Flute (Fl.), Violin (Vln.), Piano (Pno.), Alto Bass (A.B.), and Double Bass (D.S.). The Flute part begins with a *mp* dynamic. The Piano part has a *mf* dynamic. The second system (measures 73-80) includes parts for Flute (Fl.), Violin (Vln.), Piano (Pno.), Alto Bass (A.B.), and Double Bass (D.S.). The Flute part begins with a *f* dynamic. The Piano part has a *mf* dynamic. The Double Bass part has a *mf* dynamic. The score is written in a key signature of one flat (B-flat) and a common time signature (C).

6 My sweet symmetry

The musical score is divided into two systems. The first system (measures 81-88) features a Flute (Fl.) with a melodic line, a Violin (Vln.) with a rhythmic accompaniment marked *f*, a Piano (Pno.) with a bass line marked *f*, and a Double Bass (A.B.) with a rhythmic accompaniment. The Drum Set (D.S.) provides a steady beat. The second system (measures 89-96) features a Flute (Fl.) with a melodic line marked *ff*, a Violin (Vln.) with a rhythmic accompaniment marked *mf*, a Piano (Pno.) with a bass line marked *f*, and a Double Bass (A.B.) with a rhythmic accompaniment marked *f*. The Drum Set (D.S.) continues with the same beat. The score is written in a key signature of one flat and a common time signature.

My sweet symmetry

7

97

Fl. *ff* *fff* *fff*

Vln. *f* *ff* *fff*

Pno. *ff* *fff* *fff*

A.B. *ff* *fff* *fff*

D. S. *ff* *fff* *fff*

105

Fl. *mf*

Vln.

Pno.

A.B. *mp*

D. S.

8 My sweet symmetry

113 *ff* *fff* *rit.*

113 *ff* *fff*

113 *ff* *fff*

113 *ff* *fff*

113 *ff* *fff*

121 *fff*

121 *fff*

121 *fff*

121 *fff*

121 *fff*