

# Μουσική Πληροφορική



Δ. Πολίτης, Τμήμα Πληροφορικής ΑΠΘ, 2015

# [ Άδεια Χρήσης ]



ανοιτά μαθήματα  
opencourses

# Άδεια Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



# Άδεια Χρήσης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Ήχος – Κλίμακες Β´ & Γ´

Δ. Πολίτης – 2<sup>ο</sup> Μάθημα

# Περιεχόμενα

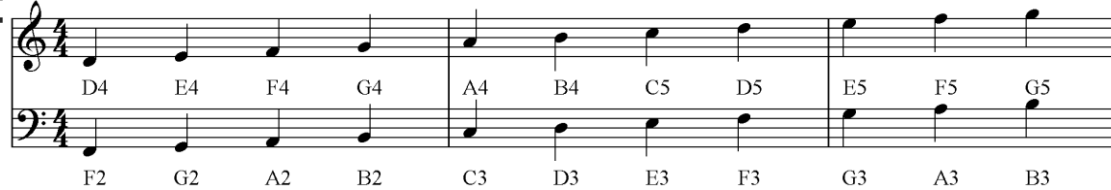
- **Μέρος Α** : Ανατομία και φυσιολογία του αυτιού – Ακοή
- **Μέρος Β** : Εισαγωγή στη θεωρία της μουσικής
- **Μέρος Γ** : Μουσικές Κλίμακες

# Μέρος Β : Εισαγωγή στη θεωρία της μουσικής

- **Pitch** ονομάζουμε τη συχνότητα που αντιλαμβανόμαστε πως έχει ένας ήχος.
- Το αυτί του ανθρώπου μπορεί να ξεχωρίσει κατά μέσο όρο **1400** διακριτές συχνότητες.
- Στην κλίμακα ισομερούς συγκερασμού που καλύπτει το ακουστικό όριο των **16** με **16000** Hz υπάρχουν μόνο **120** διακριτοί τόνοι.
- Εκτός από συγκεκριμένα μουσικά όργανα όπως το **τρομπόνι** και η οικογένεια των **βιολιών**, στα υπόλοιπα οι συχνότητες είναι σταθερές και δεν είναι δυνατό να μεταβληθούν.

# Κλειδιά

- Το κλειδί είναι ένα σύμβολο που τοποθετείται στο αριστερό άκρο του πενταγράμμου.
- Υπάρχουν τα εξής κλειδιά :
  - α. κλειδί του **Σολ**
  - β. κλειδί του **Φα**
  - γ. κλειδί του **Ντο** (δεν είναι τόσο εύχρηστο, χρησιμοποιείται κυρίως στην κλασική **φωνητική** μουσική)





# Αλλοιώσεις

- Το σύμβολο :
- της δίεσης # υψώνει μια νότα κατά ένα ημιτόνιο.
- της ύφεσης b χαμηλώνει τη νότα κατά ένα ημιτόνιο.
- της αναίρεσης ♮ επαναφέρει τη νότα στη φυσική της κατάσταση.
- μια νότα μπορεί να υψωθεί ή να ελαττωθεί κατά ένα τόνο με τη χρήση διπλής δίεσης ή ♯φεσης bb αντίστοιχα.

# Η διάρκεια των ήχων

- Οι διάρκειες των ήχων προσδιορίζονται από σύμβολα που ονομάζονται νότες.
- Το είδος της νότας υποδεικνύει ότι ένας συγκεκριμένος ήχος θα ακουστεί για ορισμένο μήκος χρόνου.
- Ολόκληρο
- Μισό
- Τέταρτο
- Όγδοο
- Δέκατο έκτο
- Τριακοστό δεύτερο
- Εξηκοστό τέταρτο



# Παύσεις

- Σε ένα κομμάτι, πολλές φορές παύουν με ορισμένη διάρκεια οι ήχοι. Αυτές οι παύσεις συμβολίζονται με ιδιαίτερα σύμβολα τα οποία είναι τόσα όσα και τα σύμβολα για τις αξίες των φθόγγων.

- Παύση ολοκλήρου
- Παύση μισού
- Παύση τετάρτου
- Παύση ογδού
- Παύση δέκατου έκτου
- Παύση τριακοστού δευτέρου
- Παύση εξηκοστού τετάρτου

# Διαστήματα

Το διάστημα μεταξύ δύο τόνων είναι η απόσταση μεταξύ τους σε συχνότητα.

Η διατονική απόσταση καθορίζει τα ονόματα των διαστημάτων.

Από τον 1ο στον 1ο φθόγγο: διάστημα **πρώτης** ή **ταυτοφωνία**.

Από τον 1ο στον 2ο φθόγγο: διάστημα **δευτέρας**.

Από τον 1ο στον 3ο φθόγγο: διάστημα **τρίτης**.

Από τον 1ο στον 4ο φθόγγο: διάστημα **τετάρτης**.

Από τον 1ο στον 7ο φθόγγο: διάστημα **εβδόμης**.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

ντο ρε μι φα σολ λα σι ντο ρε μι φα σολ

ντο 1 ρε 2 μι 3 φα 4 σολ 5 λα 6 σι 7



Διαδοχικές χρωματικές βαθμίδες



Διπλά αλλοιωμένες βαθμίδες (χρωματικές)



Αλλοιωμένες βαθμίδες (χρωματικές)



Βασικοί φθόγγοι (διατονικοί)

# Είδη διαστημάτων

- Μέσα στην οκτάβα υπάρχουν :
- **Καθαρὰ διαστήματα** : πρώτη (ταυτοφωνία), οκτάβα, πέμπτη, τετάρτη.
- **Μικρά και μεγάλα διαστήματα** : δευτέρα, τρίτη, έκτη, εβδόμη με διαφορά ημιτονίου μεταξύ μικρής και μεγάλης. Π.χ. η μικρή δευτέρα (μι-φα) περιλαμβάνει ένα ημιτόνιο ενώ η μεγάλη δευτέρα (ρε-μι) δύο ημιτόνια.
- **Αυξημένα και ελαττωμένα διαστήματα** : διαστήματα με χρωματική αλλοίωση των παραπάνω διαστημάτων, πχ τρίτη ελαττωμένη ντο-μι  $\flat$  με 2 ημιτόνια, τρίτη αυξημένη ντο-μι  $\sharp$  με 5 ημιτόνια, πέμπτη ελαττωμένη ντο-σολ  $\flat$  με 6 ημιτόνια δηλ. 3 τόνους .

# Είδη διαστημάτων

Διάστημα	Ελαττωμένο	Μικρό	Καθαρό	Μεγάλο	Αυξημένο
1-1 Πρώτη	-	-	0	-	1
1-2 Δευτέρα	-	1	-	2	3
1-3 Τρίτη	2	3	-	4	5
1-4 Τετάρτη	4	-	5	-	6
1-5 Πέμπτη	6	-	7	-	8
1-6 Έκτη	7	8	-	9	10
1-7 Εβδομη	9	10	-	11	12
1-8 Οκτάβα	11	-	12	-	13
Διατονική απόσταση	Χρωματική απόσταση (αριθμός ημιτονίων)				



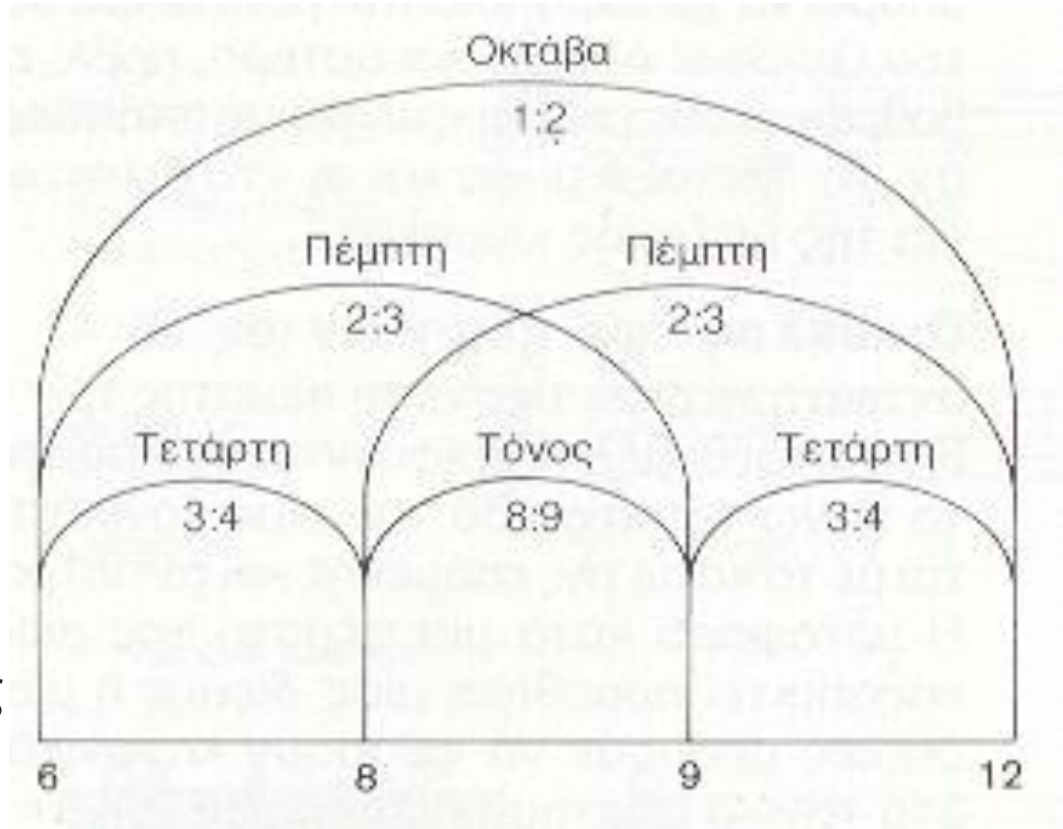
Διάφωνο



Σύμφωνο

# Μέρος Γ : Μουσικές κλίμακες

- **Πυθαγόρας** (572 - 500 π.Χ.): ο πρώτος που συνέδεσε τους αριθμούς με τη μουσική.
- Ανακάλυψε τη σχέση ανάμεσα στο μήκος των χορδών και το τονικό ύψος που δίνουν.
- Βρήκε τις αριθμητικές αναλογίες των μουσικών διαστημάτων της όγδοης (οκτάβας) ( $2/1$ ), της τέταρτης ( $4/3$ ), της πέμπτης ( $3/2$ ) καθώς και του μείζονος τόνου, τη διαφορά δηλαδή ανάμεσα στην τέταρτη και την πέμπτη ( $9/8$ ).



# Η μουσική κλίμακα του Πυθαγόρα

- Οι Πυθαγόρειοι θεωρούσαν τον αριθμό 10 τέλειο. Επειδή αυτός προκύπτει από το άθροισμα των τεσσάρων πρώτων αριθμών  $1+2+3+4=10$ , του έδωσαν το όνομα «τετρακτύς».
- Κατά τον Θέωνα το Σμυρναίο υπάρχουν έντεκα τετρακτύες.
- Η μουσική κλίμακα του Πυθαγόρα κατασκευάζεται με βάση τις αναλογίες του κύβου, ο οποίος εκφράζεται με τον αριθμό 4 της 5<sup>ης</sup> τετρακτύος (1 = τετράεδρο, 2 = οκτάεδρο, 3 = εικοσάεδρο, 4 = κύβος).



# Η μουσική κλίμακα του Πυθαγόρα

- Ο κύβος έχει **6** έδρες, **8** κορυφές και **12** ακμές.
- Οι αριθμοί 12 και 6 δίνουν την αναλογία **2/1**.
- Οι 8 και 6 την αναλογία **4/3**.
- Οι 12 και 8 την αναλογία **3/2**.
- Ο αριθμός **8** είναι το αρμονικό μέσο των 6 και 12, ενώ το αριθμητικό μέσο των αριθμών αυτών είναι ο **9**. Ο αρμονικός και αριθμητικός μέσος δίνουν την αναλογία **9/8**.
- Οι αναλογίες αυτές αποδείχθηκαν και στην πράξη από τα πειράματα που έκανε ο Πυθαγόρας πάνω στο **μονόχορδο** μία κατασκευή με μία μόνο χορδή και ένα κινητό καβαλάρη που διαιρούσε τη χορδή επιτρέποντας μόνο ένα τμήμα της να ταλαντώνεται. Το μονόχορδο ο Πυθαγόρας το διαίρεσε σε 12 ίσα τμήματα (όσες και οι ακμές του κύβου).

# Η μουσική κλίμακα του Πυθαγόρα

- Οι αναλογίες αυτές αποδείχθηκαν και στην πράξη από τα πειράματα που έκανε ο Πυθαγόρας πάνω στο **μονόχορδο** μία κατασκευή με μία μόνο χορδή και ένα κινητό καβαλάρη που διαιρούσε τη χορδή επιτρέποντας μόνο ένα τμήμα της να ταλαντώνεται. Το μονόχορδο ο Πυθαγόρας το διαίρεσε σε 12 ίσα τμήματα (όσες και οι ακμές του κύβου).



# Το μονόχορδο του Πυθαγόρα

- Με τη χορδή «**ανοιχτή**» δηλαδή σε θέση να μπορεί να ταλαντώνεται όλο το μήκος της (λόγος 1, συχνότητα 1), έκρουσε και άκουσε ένα μουσικό τόνο.
- Στη συνέχεια περιόρισε το μέρος της χορδής που ταλαντώνεται στο μισό της μήκος, και βρήκε ότι ο ήχος που ακούστηκε είναι η **διαπασών**, αυτό που σήμερα ονομάζουμε **οκτάβα**.
- Το ύψος του ήχου επηρεάζεται από το μήκος της χορδής και μάλιστα όταν η αναλογία του μήκους είναι  $1/2$  (συχνότητα  $2/1$ ) έχουμε το διάστημα της οκτάβας. Έτσι ορίστηκαν τα άκρα της μουσικής κλίμακας, η **υπάτη** και η **νήτη**.
- Στη συνέχεια μετακινώντας τον καβαλάρη σε διάφορα σημεία, βρήκε ότι αν ταλαντώνονταν τα  $3/4$  της χορδής (συχνότητα  $4/3$ ) προέκυπτε ο τέταρτος φθόγγος από τους οκτώ μιας μουσικής κλίμακας, η **μέση**.
- Αν ταλαντώνονταν τα  $2/3$  της χορδής (συχνότητα  $3/2$ ) προέκυπτε ο πέμπτος φθόγγος, η **παραμέση**.

# Το μονόχορδο του Πυθαγόρα

- Οι υπόλοιποι φθόγγοι της κλίμακας κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας το λόγο  $9/8$  ως εξής:
- **Ο δεύτερος φθόγγος**, προκύπτει από τον λόγο του πρώτου (υπάτη) αν τον πολλαπλασιάσουμε με  $9/8$ :  $1 \times 9/8 = 9/8$  δηλ. αν ταλαντώνονται τα  $8/9$  της χορδής.
- **Ο τρίτος φθόγγος**, προκύπτει από τον λόγο του δεύτερου ( $9/8$ ) αν πολλαπλασιαστεί με  $9/8$ :  $9/8 \times 9/8 = 81/64$  δηλ. αν ταλαντώνονται τα  $64/81$  της χορδής.
- **Ο έκτος φθόγγος**, προκύπτει από τον λόγο του πέμπτου (παραμέση) αν πολλαπλασιάζεται με  $9/8$ :  $1:2/3 \times 9/8 = 27/16$  δηλ. αν ταλαντώνονται τα  $16/27$  της χορδής.
- **ο έβδομος φθόγγος**, προκύπτει από τον λόγο του έκτου πολλαπλασιαζόμενου με  $9/8$ :  $1:16/27 \times 9/8 = 243/128$  δηλ. αν ταλαντώνονται τα  $128/243$  της χορδής.

# Η συμβολή του Πυθαγόρα στη μουσική

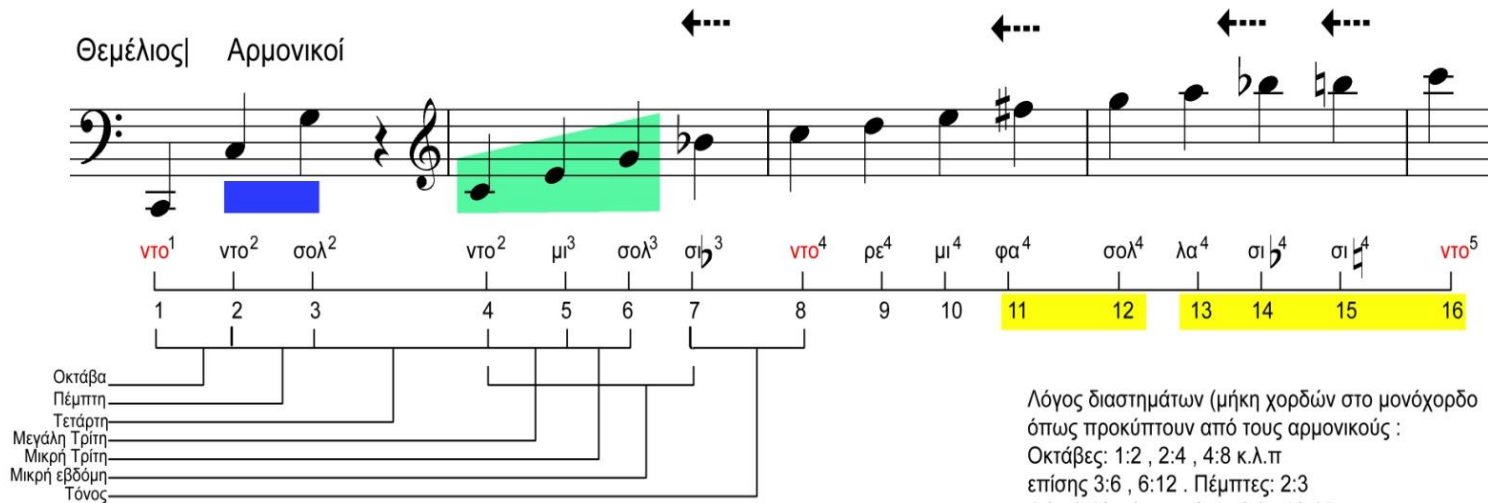
- Ο χωρισμός και καθορισμός των μουσικών διαστημάτων που πέτυχε ο Πυθαγόρας, ήταν ένα τεράστιας σημασίας επίτευγμα τόσο για τη μουσική και τη θεωρία της όσο και για τα μαθηματικά και τη δύναμή τους να ερμηνεύουν τον κόσμο με αριθμούς όπως εξάλλου δίδασκε και ο Πυθαγόρας.
- Ο υπολογισμός αυτός έδωσε την ευκαιρία να κατασκευαστούν μουσικά όργανα με μεγαλύτερη ακρίβεια από πριν.
- Με το πέρασμα του χρόνου, η Πυθαγόρεια μουσική κλίμακα τροποποιήθηκε, ο Πυθαγόρας είχε δείξει όμως τον δρόμο που και οι σύγχρονες μουσικές κλίμακες ακολουθούν.
- Ακόμα και σήμερα υπολογίζουμε μαθηματικά τα μουσικά διαστήματα τα οποία βέβαια έχουν διαφοροποιηθεί σημαντικά από τότε.

# Οι κλίμακες στη Δυτική Μουσική

- Οι περισσότεροι ήχοι που ακούμε είναι σύνθετοι.
- Όταν ακούμε ένα Ντο, για παράδειγμα, παιγμένο από ένα βιολί, ακούμε ένα σύνολο ήχων, γιατί η χορδή που τίθεται σε παλμική κίνηση δεν πάλλεται σε όλο της το μήκος αλλά ταυτόχρονα στα δύο μισά της, στα τρία μισά της, στα τέσσερα τέταρτα της κ.ο.κ.
- Κάθε ένα από τα μέρη που πάλλεται, παράγει και ένα ήχο. Ο ήχος που αναγνωρίζουμε ως Ντο είναι ο ισχυρότερος και είναι αυτός που προέρχεται από τις ταλαντώσεις ολόκληρου του μήκους της χορδής (**θεμέλιος ή βασικός φθόγγος**).
- Οι δευτερεύοντες ήχοι που προέρχονται από τα άλλα μέρη της χορδής είναι ασθενέστεροι και ονομάζονται **αρμονικοί**.

# Σειρά αρμονικών

- Η σειρά της αρμονικής στήλης, δηλαδή ενός βασικού φθόγγου (π.χ. του Ντο) και των 15 πρώτων αρμονικών του είναι η ακόλουθη.



# Σειρά αρμονικών

- Ο πρώτος φθόγγος είναι ο **βασικός** και από τον δεύτερο και πάνω οι **αρμονικοί**.
- Οι λόγοι των αριθμών δείχνουν τις σχέσεις του μήκους των τμημάτων της χορδής.
- Ο λόγος **1:2** των δύο πρώτων φθόγγων της στήλης αντιπροσωπεύει τον ήχο που παράγεται από το μισό μιας παλλόμενης χορδής, που είναι το διάστημα **ογδός**.
- Ο λόγος του δεύτερου με τον τρίτο φθόγγο **2:3** αντιπροσωπεύει τον ήχο που παράγεται από τα 2:3 της χορδής, που είναι το διάστημα **πέμπτης** κ.ο.κ .
- Η σειρά αποτελείται από τα ακόλουθα κλάσματα συχνοτήτων: 2:1, 3:2, 4:3, 5:3, 5:4, 6:5, 8:5, κτλ.
- Το διάστημα δύο τόνων που έχουν κλάσμα συχνοτήτων **2:1** ονομάζεται **οκτάβα**.
- Έχει διαπιστωθεί πως ο πιο ευχάριστος συνδυασμός δύο τόνων είναι αυτός ο οποίος έχει κλάσμα συχνοτήτων που εκφράζεται από δυο ακέραιους οι οποίοι είναι και οι δύο μικροί.



# Κλίμακες

- **Κλίμακα:** μια σειρά από ήχους αρχίζοντας από τον χαμηλότερο ως τον υψηλότερο.
- Υπάρχουν οι κλίμακες **απόλυτης ακρίβειας**. Αυτές οι κλίμακες παρουσιάζουν κάποια προβλήματα και έχουν αντικατασταθεί από τις κλίμακες **ισομερούς συγκερασμού**.

# Κλίμακες Απόλυτης Ακρίβειας

- **Κλίμακα απόλυτης ακρίβειας:** μια μουσική κλίμακα στην οποία τα διαστήματα των συχνοτήτων αναπαρίστανται από αναλογίες με τους μικρότερους ακεραίους της αρμονικής σειράς.
- Υπάρχουν δύο κύριες κλίμακες : οι **μείζονες** και οι **ελάσσονες**.

# Η κλίμακα απόλυτης ακρίβειας

Διάστημα	Λόγος συχνοτήτων από το αρχικό σημείο	Cents από το αρχικό σημείο
Ταυτοφωνία	1:1	
Ημιτόνιο	16:15	111.731
Μικρός Τόνος	10:9	182.404
Μεγάλος Τόνος	9:8	203.910
Τρίτης μικρό	6:5	315.641
Τρίτης μεγάλο	5:4	386.314
Τετάρτης καθαρό	4:3	498.045
Τετάρτης αυξημένο	45:32	590.224
Πέμπτης ελαττωμένο	64:45	609.777
Πέμπτης καθαρό	3:2	701.955
Έκτης μικρό	8:5	813.687
Έκτης μεγάλο	5:3	884.359
Εβδόμης αρμονικό μικρό	7:4	968.826
Εβδόμης αρμονικό μεγάλο	16:9	996.091
Εβδόμης μικρό	9:5	1.017.597
Εβδόμης μεγάλο	15:8	1.088.269
Οκτάβα	2:1	1.200.000

# Η μείζων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας

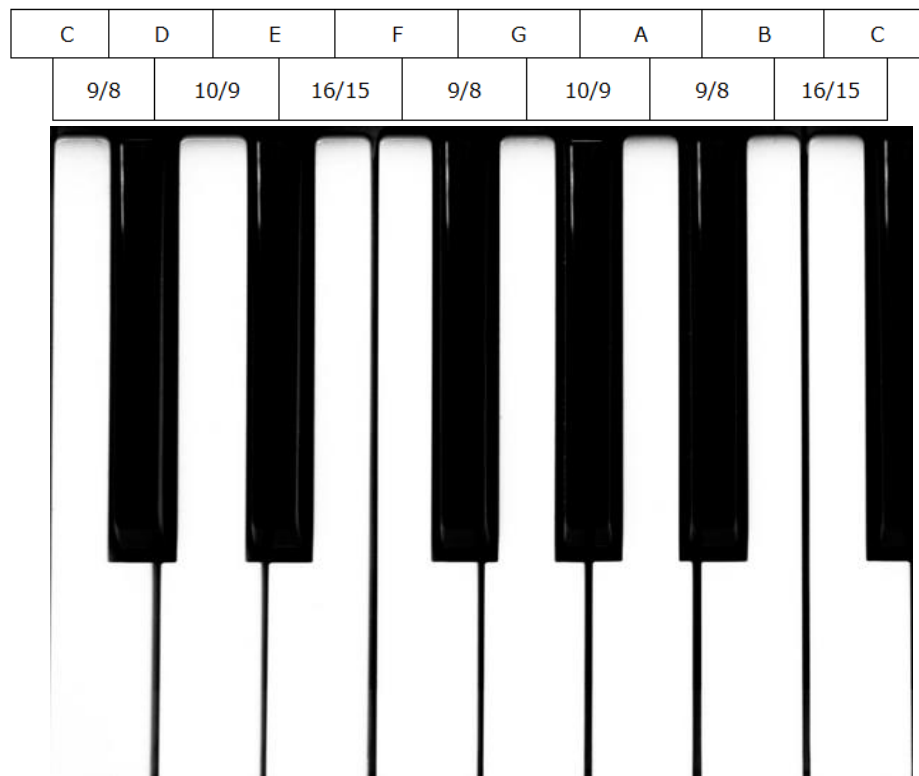
Ντο	Ρε	Μι	Φα	Σολ	Λα	Σι	Ντο
$f$	$9/8 f$	$5/4 f$	$4/3 f$	$3/2 f$	$5/3 f$	$15/8 f$	$2 f$

- Η μείζων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας χρησιμοποιώντας τη νότα Ντο ως τονική (δηλαδή η πρώτη νότα της κλίμακας).
- Οι αναλογίες των **Ντο, Μι, Σολ**, **Φα, Λα, Ντο** και **Σολ, Σι, Ρε** είναι της μορφής 4:5:6. Αυτός ο συνδυασμός τόνων ονομάζεται **μείζων συγχορδία**. Η μείζων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας Ντο, Ρε, Μι, Φα, Σολ, Λα, Σι με τις αναλογίες του πίνακα, κατασκευάζεται από αυτές τις συγχορδίες.

# Η μείζων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας

- Η μείζων κλίμακα αποτελείται από τρία διαφορετικά διαστήματα :
- Τους **μεγάλους τόνους**, τους **μικρούς τόνους** και τα **ημιτόνια**. Το διάστημα  $9/8$  ονομάζεται μεγάλος τόνος, το διάστημα  $10/9$  ονομάζεται μικρός τόνος και το διάστημα  $16/15$  ονομάζεται ημιτόνιο.
- Στις κλίμακες κάθε νότα που ανεβαίνει ή κατεβαίνει την ονομάζουμε βαθμίδα. Την πρώτη νότα τη λέμε **πρώτη βαθμίδα** ή **τονική** της κλίμακας, τη δεύτερη νότα **δεύτερη βαθμίδα** κ.ο.κ.
- Το κλειδί μιας κλίμακας παίρνει το όνομα του από την τονική.
- Τα διαστήματα στις μείζονες κλίμακες απόλυτης ακρίβειας για οποιοδήποτε κλειδί φαίνονται δίπλα. Το κλειδί της κλίμακας είναι το 1. Η διπλή παχιά γραμμή υποδηλώνει διάστημα μεγάλου τόνου, η διπλή με την πρώτη γραμμή παχιά υποδηλώνει μικρό τόνο, ενώ η μονή γραμμή διάστημα ημιτονίου.

1 || 2 || 3 | 4 || 5 || 6 || 7 | 8



# Η ελάσσων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας

Λα	Σι	Ντο	Ρε	Μι	Φα	Σολ	Λα
$f$	$9/8 f$	$6/5 f$	$4/3 f$	$3/2 f$	$8/5 f$	$9/5 f$	$2 f$

- Η ελάσσων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας χρησιμοποιώντας τη νότα Λα ως τονική (δηλαδή η πρώτη νότα της κλίμακας).
- Οι αναλογίες των  
**Λα, Ντο, Μι,**  
**Μι, Σολ, Σι** και  
**Ρε, Φα, Λα** είναι της μορφής 10:12:15. Αυτός ο συνδυασμός τόνων ονομάζεται **ελάσσων συγχορδία**. Η ελάσσων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας **Λα, Σι, Ντο, Ρε, Μι, Φα, Σολ, Λα** με τις αναλογίες του πίνακα, κατασκευάζεται από αυτές τις συγχορδίες.

# Η ελάσσων κλίμακα απόλυτης ακρίβειας

- Η ελάσσων κλίμακα αποτελείται κι αυτή από τρία διαφορετικά διαστήματα :
- Τους **μεγάλους τόνους**, τους **μικρούς τόνους** και τα **ημιτόνια**, όπως και στη μείζονα κλίμακα.
- Τα διαστήματα στις ελάσσονες κλίμακες απόλυτης ακρίβειας για οποιοδήποτε κλειδί φαίνονται δίπλα. Το κλειδί της κλίμακας είναι το 1. Η διπλή παχιά γραμμή υποδηλώνει διάστημα μεγάλου τόνου, η διπλή με την πρώτη γραμμή παχιά υποδηλώνει μικρό τόνο, ενώ η μονή γραμμή διάστημα ημιτονίου

1 || 2 | 3 || 4 || 5 | 6 || 7 || 8

A	B	C	D	E	F	G	A
9/8	16/15	10/9	9/8	16/15	9/8	10/9	

# Από την κλίμακα απόλυτης ακρίβειας στην κλίμακα ισομερούς συγκερασμού.

- Η πρακτική δυσκολία των κλιμάκων απόλυτης ακρίβειας, είναι ότι απαιτούν τουλάχιστον **20 διακριτές συχνότητες** για κάθε οκτάβα.
- Ο αριθμός των συχνοτήτων σε μια κλίμακα απόλυτης ακρίβειας είναι τόσο μεγάλος που είναι ασύμφορο να κατασκευαστούν μουσικά όργανα που να παίζουν σε κλίμακες απόλυτης ακρίβειας. Για τον λόγο αυτό, μια εναλλακτική κλίμακα χρησιμοποιήθηκε και ονομάζεται **κλίμακα ισομερούς συγκερασμού**.



# Κλίμακα ισομερούς συγκερασμού

- **Συγκερασμός** : ρύθμιση στο χόρδισμα μουσικών διαστημάτων, με αποτέλεσμα κάποιες (ελάχιστες) αλλαγές στο φυσικό τους μέγεθος.
- Έτσι οι φθόγγοι όπως η Σι # και η Ντο να αποτελούν τον ίδιο φθόγγο και όχι διαφορετικές ηχητικές ατομικότητες.
- Δημιουργείται κάποια απόκλιση από τη φυσική κλίμακα, αλλά όχι τόση ώστε να μην τη δέχεται το αυτί.
- Μ' αυτό τον τρόπο στα πληκτροφόρα όργανα αποφεύγεται ο μεγάλος αριθμός πλήκτρων.
- Το πιάνο, το εκκλησιαστικό όργανο και άλλα σύγχρονα όργανα με σταθερό ηχητικό ύψος χορδίζονται με τη μέθοδο του ισομερούς συγκερασμού σύμφωνα με την οποία **η οκτάβα διαιρείται σε δώδεκα μέρη απολύτως ίσα μεταξύ τους** σε αντίθεση με όργανα της οικογένειας του βιολιού, όπου ο εκτελεστής καθορίζει, ελέγχοντας με το αυτί του, το ύψος του ήχου.

# Κλίμακα ισομερούς συγκερασμού

- Οι λόγοι συχνοτήτων στην κλίμακα ισομερούς συγκερασμού είναι οι ακόλουθοι:  
 $1, f, f^2, f^3, f^4, f^5, f^6, f^7, f^8, f^9, f^{10}, f^{11}, f^{12}$   
όπου  $f^{12}=2$ .
- Η κλίμακα ισομερούς συγκερασμού είναι μια διαίρεση της οκτάβας σε 12 ίσα διαστήματα που ονομάζονται **ημιτόνια**.
- Ένα ημιτόνιο είναι ο λόγος συχνοτήτων μεταξύ δυο φθόγγων και είναι η δωδέκατη ρίζα του 2.
- **1 ημιτόνιο=100 cents.**
- Μια οκτάβα=1200 cents αφού 12 ημιτόνια ισοδυναμούν με μια οκτάβα.

# Η κλίμακα ισομερούς συγκερασμού

Διάστημα	Λόγος Συχνοτήτων από το αρχικό σημείο	Cents από το αρχικό σημείο
Ταυτοφωνία	1 : 1	0
Ημιτόνιο / Δευτέρας μικρό	1.059463 : 1	100
Τόνος / Δευτέρας μεγάλο	1.122462 : 1	200
Τρίτης μικρό	1.189207 : 1	300
Τρίτης μεγάλο	1.259921 : 1	400
Τετάρτης καθαρό	1.334840 : 1	500
Τετάρτης επαυξημένο	1.414214 : 1	600
Πέμπτης ελαττωμένο		
Πέμπτης καθαρό	1.498307 : 1	700
Έκτης μικρό	1.587401 : 1	800
Έκτης μεγάλο	1.681793 : 1	900
Εβδόμης μικρό	1.781797 : 1	1.000
Εβδόμης μεγάλο	1.887749 : 1	1.100
Οκτάβα	2 : 1	1.200

# Μείζων κλίμακα ισομερούς συγκερασμού.

- Τα διαστήματα στη μείζονα κλίμακα ισομερούς συγκερασμού για οποιοδήποτε κλειδί φαίνεται παρακάτω. Το κλειδί είναι ο αριθμός 1.
- Η μείζων κλίμακα είναι αυτή στην οποία τα διαστήματα μεταξύ των τόνων 3-4 και 7-8 είναι ημιτόνια. Τα υπόλοιπα διαστήματα είναι τόνοι.
- Οι διπλές γραμμές αντιστοιχούν σε διάστημα τόνου ενώ οι μονές σε διάστημα ημιτονίου.

1 || 2 || 3 | 4 || 5 || 6 || 7 | 8

# Ελάσσων κλίμακα ισομερούς συγκερασμού.

- Τα διαστήματα για την ελάσσονα κλίμακα ισομερούς συγκερασμού για οποιοδήποτε κλειδί φαίνεται παρακάτω. Οι διπλές γραμμές αντιστοιχούν σε διάστημα τόνου ενώ οι μονές σε διάστημα ημιτονίου.

1 || 2 | 3 || 4 || 5 | 6 || 7 || 8

# Άλλες μορφές κλιμάκων ισομερούς συγκερασμού

- **αρμονική** ελάσσων: τα διαστήματα 2-3, 5-6 και 7-8 είναι ημιτόνια, τα διαστήματα 1-2, 3-4 και 4-5 είναι τόνοι και 6-7 είναι ένας τόνος και ένα ημιτόνιο.
- **μελωδική** ελάσσων: τα διαστήματα των ανιόντων φθόγγων είναι διαφορετικά από τα διαστήματα των κατιόντων φθόγγων.
- **ολοτονική**: τα διαστήματα είναι όλα τόνοι. Υπάρχουν μόνο δύο ολοτονικές κλίμακες, αυτή με κλειδί το Ντο και αυτή με κλειδί το Ρε<sup>b</sup>.
- **χρωματική**: όλα τα διαστήματα μεταξύ όλων των τόνων είναι ημιτόνια.

1 || 2 | 3 || 4 || 5 | 6 ||| 7 | 8



1 || 2 | 3 || 4 || 5 || 6 || 7 | 8



1 || 2 | 3 || 4 || 5 | 6 || 7 || 8



# Κλίμακες απόλυτης ακρίβειας ή ισομερούς συγκερασμού;

- Η κλίμακα ισομερούς συγκερασμού, χρησιμοποιείται εκεί που η κλίμακα απόλυτης ακρίβειας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Στα μουσικά όργανα με **σταθερό ηχητικό ύψος** η κλίμακα απόλυτης ακρίβειας δεν χρησιμοποιείται, γιατί θα απαιτούνταν **μεγάλος αριθμός πλήκτρων**.
- Στην περίπτωση όμως της **ανθρώπινης φωνής** και οργάνων που δεν έχουν σταθερό ηχητικό ύψος (**βιολί**), χρησιμοποιείται τόσο η κλίμακα ισομερούς συγκερασμού όσο και η κλίμακα απόλυτης ακρίβειας.
- Κάποιοι μουσικοί υποστηρίζουν πως η συγκερασμένη κλίμακα **δεν** είναι τόσο ευχάριστη στον ήχο όσο η απόλυτης ακρίβειας.
- Συγκρίνοντας τις συχνότητες μιας οκτάβας της ισομερούς συγκερασμένης κλίμακας με τις συχνότητες στην μείζονα και ελάσσονα κλίμακα απόλυτης ακρίβειας, θα δούμε πως η μέγιστη απόκλιση της ισομερούς συγκερασμένης κλίμακας από την κλίμακα απόλυτης ακρίβειας είναι  $\pm 2\%$ .
- **Το πιάνο είναι ένα συγκερασμένο όργανο.** Το διάστημα μεταξύ γειτονικών φθόγγων ( που περιλαμβάνει μαύρα και άσπρα πλήκτρα ) είναι ένα ημιτόνιο ή 100 cents. Στο πιάνο μπορούν να παιχτούν σε όλα τα κλειδιά όλες οι μείζονες, ελάσσονες, χρωματικές και ολοτονικές κλίμακες ισομερούς συγκερασμού.

# Κλίμακες της ανατολικής μουσικής- Μακάμια

- **Μακάμι:** ένα σύνολο φθόγγων που συσχετίζονται μελωδικά μεταξύ τους και είναι αναπτυγμένο μέσα στα πλαίσια συνηθισμένων προτύπων.
- Το κοντινότερο ισότιμο του μακαμιού, στη δυτική κλασσική μουσική θα ήταν μία κλίμακα (π.χ. μείζων, ελάσσων, κ.λπ...).
- **Οι αραβικές κλίμακες** από τις οποίες χτίζονται τα μακάμια **δεν είναι συγκερασμένες ισομερώς** όπως συμβαίνει με τη χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιείται στη δυτική κλασσική μουσική.
- Η **5η βαθμίδα** (5η νότα) είναι συντονισμένη βασισμένη στην **3η αρμονική**. Ο συντονισμός των υπόλοιπων φθόγγων εξαρτάται εξ ολοκλήρου από το μακάμι.
- Οι λόγοι για αυτόν τον συντονισμό είναι βασισμένοι στα αραβικά έγχορδα όργανα όπως το ούτι.
- Μια επίδραση του μη συγκερασμού είναι ότι η ίδια νότα μπορεί να έχει ένα ελαφρώς διαφορετικό τόνο ανάλογα σε ποιο μακάμι παίζεται.



# Τι είναι τόνοι τετάρτων;

- Τα διαστήματα συνήθως είναι το  $\frac{1}{4}$  του τόνου της δυτικής μουσικής αν και είναι σπάνιο να είναι ακριβή τέταρτα του τόνου.
- Χρησιμοποιούνται τα σύμβολα της **μισής-ύφεσης**  $\flat$  και της **μισής-δίεσης**  $\sharp$ . Ακόμα και τα διαστήματα ημιτονίου δεν είναι καθαρά αλλά περιέχουν **μικροτονικές οξύνοιες**.
- Για αυτόν τον λόγο, όταν γράφουμε αραβική μουσική χρησιμοποιώντας τη δυτική σημειογραφία καταλαβαίνουμε πως το ηχητικό ύψος κάθε νότας μπορεί να ποικίλει σε κάθε μακάμι γι' αυτό είναι σωστότερο να μαθευτεί με το **αυτί**.
- Η ίδια νότα μπορεί να παίζεται όχι πάντα με το ίδιο ακριβώς pitch (συχνότητα), αλλά μπορεί ελαφρώς να ποικίλει ανάλογα με τη μελωδική ροή και ποιες άλλες νότες παίζονται **πριν** και **μετά** από εκείνη τη νότα.

# Είναι τα μακάμια μετατρέψιμα;

- Κάθε μακάμι συνδέεται συνήθως με την ίδια αρχική νότα (τονική) .Πχ το Bayati σε τονική Ρε.
- Γενικά τα **μακάμια είναι μετατρέψιμα**, αλλά **μόνο** σε μια χούφτα άλλων τονικών . Πχ το Bayati μπορεί να έχει τονική το Σολ ή το Λα.
- Μόνο μερικοί τόνοι τετάρτων χρησιμοποιούνται . Οι πολύ συχνά χρησιμοποιούμενοι τόνοι τετάρτων είναι: **Μι ♭**, **Λα ♭** και **Σι ♭**
- Στις κλίμακες της δυτικής κλασσικής μουσικής έχουμε **11** διαφορετικές πιθανές τονικές. Για ελευθερία μετατροπής σε άλλη τονική απαιτείται να παίζει κανείς τη δυτική μουσική σε ισομερώς συγκερασμένα όργανα (π.χ. το πιάνο) όπου όλα τα διαστήματα ημιτονίου είναι **ακριβώς** ίσα.
- Οι λόγοι πίσω από αυτόν τον περιορισμό έχουν να κάνουν με τη δυσκολία ελεύθερης μετατροπής σε άλλη τονική στα κλασσικά αραβικά όργανα (ούτι, νεί, κανονάκι). Π.χ. το ούτι, δεν είναι ισομερώς συγκερασμένο όργανο και έτσι τα μακάμια δεν ακούγονται το ίδιο σε όλες τις τονικές.
- Κάποια μακάμια όταν μετατίθενται σε άλλη τονική αλλάζουν όνομα επειδή διαφέρουν στην αίσθηση ή τη διάθεσή τους. Π.χ. το μακάμι **Rahat EL Arwah** είναι μια μετατεθειμένη έκδοση του μακαμιού **Huzam**, και έχουν διαφορετικές διαθέσεις. Το πρώτο είναι χαμηλότερο, πιο ώριμο και πνευματικό, το δεύτερο είναι υψηλότερο και ελαφρύτερο.

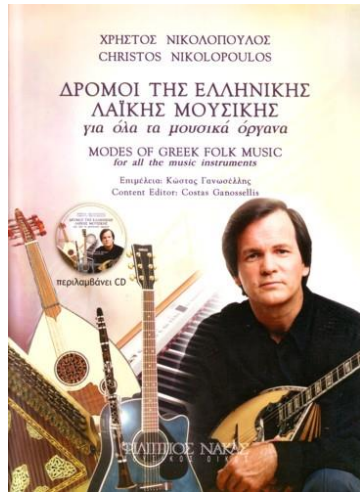
# Πώς μπορούν τα μακάμια να χωριστούν;

- Δομικές μονάδες: σύνολα 3, 4 ή 5 φθόγγων, που ονομάζονται **τρίχορδα**, **τετράχορδα** και **πεντάχορδα** αντιστοίχως (jins, πληθυντικός ajnas).
- Κάθε μακάμι δημιουργείται επάνω σε δύο βασικά ajnas που ονομάζονται **χαμηλό** και **υψηλό jins** τα οποία μπορούν να ενωθούν στην ίδια νότα, σε δύο παρακείμενες νότες, ή μπορούν να επικαλύψουν το ένα το άλλο.
- Μακάμι: συλλογή 8 ή περισσότερων μεμονωμένων φθόγγων ή μια ομάδα με δύο ή περισσότερων ajnas (σύνολα).

# Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ενός μακαμιού και μιας κλίμακας;

- Το αραβικό μακάμι χτίζεται πάνω στην αραβική κλίμακα. Αποτελείται γενικά από μια οκτάβα (8 νότες), μερικές φορές όμως επεκτείνεται μέχρι και 2 οκτάβες. Αλλά το μακάμι είναι κάτι πολύ περισσότερο από μια κλίμακα:
- 1. Υπάρχουν **μικροτονικές παραλλαγές** ώστε οι τόνοι, τα ημιτόνια και οι τόνοι τετάρτων να μην ακριβώς αυτοί που πρέπει να είναι. Π.χ το Mi<sup>♭</sup> στο μακάμι **Bayati** είναι συντονισμένο ελαφρώς χαμηλότερο από το Mi<sup>♭</sup> στο μακάμι **Rast**. (Προφορική παράδοση)
- 2. Κάθε μάκαμι χαρακτηρίζει το κομμάτι που το χρησιμοποιεί ως προς τη **διάθεση** που εκφράζει (όπως μια μείζων ή ελάσσων κλίμακα).
- 3. Κάθε μακάμι διέπεται από **κανόνες** που περιγράφουν σε ποιες νότες πρέπει να δοθεί **έμφαση**, πόσο συχνά, και με ποια σειρά. Δύο μακάμια που έχουν τα ίδια τονικά διαστήματα αλλά το ένα είναι μια μετατεθειμένη έκδοση του άλλου, μπορεί να παιχτούν διαφορετικά (π.χ. τα μακάμια **Kurd** και **Hijaz Kar Kurd** ή τα **Nahawand** και **Farahfaza**).
- 4. Κάθε μακάμι περιλαμβάνει τους **κανόνες** που καθορίζουν την **αρχική νότα**, την **τελευταία νότα** (μπορεί να είναι διαφορετική από την τονική) και την **δεσπόζουσα νότα** (1<sup>η</sup> νότα του 2<sup>ου</sup> jins)

# Πόσο μακάμια υπάρχουν;



ΔΗΜ. Ι. ΜΠΟΥΚΟΥΒΑΛΑ

ΜΠΟΥΖΟΥΚΙ

ΜΕ ΕΙΜΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΗΜΕΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΟΙ  
ΔΡΟΜΟΙ

(ΛΑΪΚΕΣ ΚΑΪΜΑΚΕΣ)  
ΜΕ  
ΤΑ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΑ ΤΟΥΣ

(Όλοι οι Δρόμοι Ματζόρε και Μινόρε με τα κλεισίματά τους σε όλους τους φασικούς τόνους, σε διάφορες θέσεις της τσιπτέρας του οκτάχορδου Μπουζουκιού)



- Υπάρχουν **δεκάδες** αραβικά μακάμια (συμπεριλαμβανομένων πολλών περσικών και τουρκικών υβριδικών).
- Δεν υπάρχει ένας οριστικός κατάλογος με αραβικά μακάμια, με τον οποίο όλα τα εγχειρίδια να συμφωνούν, ή μια οριστική αναφορά στο ποιο μακάμι είναι αυστηρά αραβικό, τούρκικο ή περσικό.
- Τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα μακάμια είναι γύρω στα **30** με **40**.

# Συνοψίζοντας...

- Μια κατηγοριοποίηση που μπορεί να γίνει η ακόλουθη :
- Μακάμια που είναι γνωστά στη Δυτική μουσική και μπορούν να παιχτούν από δυτικά μουσικά όργανα.  
Mahoor, Jhar-kah, Ajam, Nahawand, Busaliek (Ushshaq), Muheiar Sikah, Sultan Yakah.
- Μακάμια που περιέχουν μικρά διαστήματα (3/4).  
Rast, Suznak, Saz Kar, Neirooz, Turkish Rahawi, Denisheen, Rast El-Theel, Al Mayah.
- Μακάμια που είναι συμβατά με την πεντατονική κλίμακα.  
Rast Ubeidi και Rast Kinawi
- Μακάμια που συνδυάζουν πεντατονική κλίμακα και ανατολικά μακάμια.  
El Theel, Mujannab El Theel, Al Rawa, Raml El Theel, Al Mazmoom

# Τέλος 2<sup>ης</sup> Διάλεξης



## Πηγές και βοηθήματα:

- Ηλεκτρονικές σημειώσεις Δ. Πολίτη 2015 @ <http://elearning.auth.gr>
- Δ. Πολίτη, Γλώσσες και Διεπαφές στη Μουσική Πληροφορική Εκδόσεις Κλειδάριθμος , Αθήνα 2007
- Maqam World (Ιστότοπος)
- Wikipedia – The Arab Maqam, και Makam