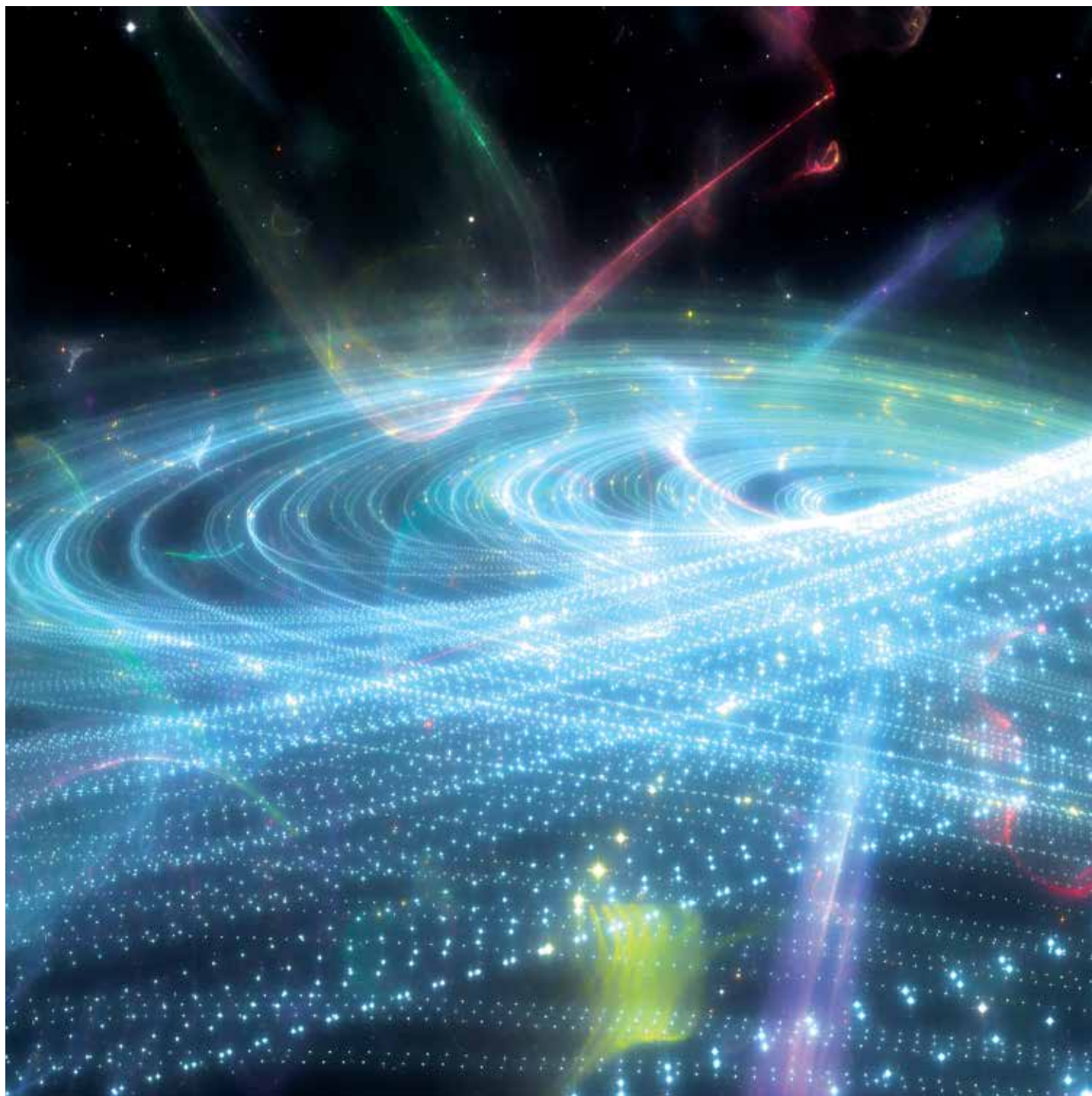


Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ

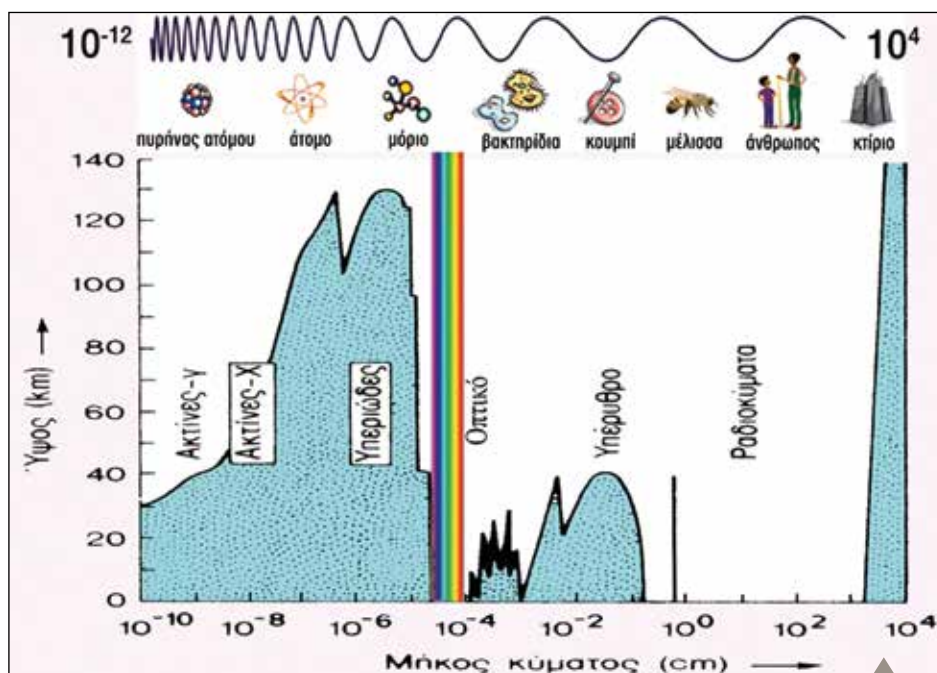
# Ακτινοβολίες και Ήχοι του Σύμπαντος

του **Αυγολούπη Σταύρου**, Καθηγητή Αστρονομίας Α.Π.Θ.





Οι Αστρονόμοι είναι αυτοί που συλλέγουν τις ακτινοβολίες του Σύμπαντος σαρώνοντας το διαστημικό περιβάλλον μας σε όλες τις περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως είναι οι ακτίνες-χ, οι ακτίνες-γ, οι οπτικές, οι υπέρυθρες και οι ραδιοφωνικές (Εικ. 1), προκειμένου να μας χαρίσουν εικόνες εκπληκτικής ομορφιάς και μεγάλης επιστημονικής αξίας.



Εικ. 1. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και η διεισδυτικότητά της στη γήινη ατμόσφαιρα

Πανίσχυρα «μάτια» είναι σήμερα σε τροχιά γύρω από τη Γη, τα γνωστά δορυφορικά τηλεσκόπια, αλλά και τα «άπτερα» εξαδέλφια τους, τα τεράστια κάτοπτρα που είναι σκαρφαλωμένα στις πιο απομονωμένες κατάξερές υψηλές κορυφές της Γης, αντιπαραθέτοντας το πλεονέκτημα του μεγέθους τους απέναντι στον μεγαλύτερο εχθρό της παρατήρησης, που είναι η ατμόσφαιρα της Γης.

Σήμερα ακτινογραφούμε το Σύμπαν, καταγράφοντας ακόμη και τα αόρατα μήκη κύματος. Αναζητούμε την αλήθεια, αποκρυπτογραφώντας τα μυστικά που κρύβει το φως των μακρινών γαλαξιών και των παράξενων κοσμικών δομών των γιγάντιων γαλαξιακών σμηγνών, προκειμένου να κατανοήσουμε ακόμη και τα πρώτα στάδια δημιουργίας του Σύμπαντος, για το πώς αυτό εξελίχθηκε στη σημερινή του μορφή και ποιο θα είναι το μέλλον του.



Με τα τηλεσκόπια υπέρυθρου κατορθώσαμε να διαπεράσουμε τα πυκνά νέφη αερίων και σκόνης και να παρατηρήσουμε πρωτογαλαξίες και πρωτοαστέρες μέσα σε «κουκούλια» σκόνης.

Φιλοδοξούμε να δούμε ακόμη και τις πρώτες στιγμές της «Δημιουργίας του Σύμπαντος» με τα καινούρια «τηλεσκόπια βαρυτικών κυμάτων», που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία και ξεκίνησαν τις πρώτες επιτυχίες τους (Εικ. 2).

Στις 14 Σεπτεμβρίου του 2015 για πρώτη φορά καταγράφηκαν τα βαρυτικά κύματα της σύγκρουσης δυο μεγάλων μελανών οπών τα οποία μάλιστα βαρυτικά κύματα μελέτησαν και ερμήνευσαν τρεις παλιοί πολύ αγαπητοί φοιτητές μου, η κυρία Καλογερά, ο κ. Ψάλτης και ο κ. Κατσαβου-

νίδης, οι οποίοι καθηγητές τώρα σε πανεπιστήμια της Αμερικής τιμούν παγκοσμίως τη χώρα μας.

Εδώ λοιπόν και πολλά χρόνια έχουμε αντιληφθεί ότι το φως των άστρων κρατά κρυμμένα τα μυστικά του Σύμπαντος. Έτσι σήμερα πολύ πεισματικά προσπαθούμε με τη βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας να αιχμαλωτίσουμε τις ακτινοβολίες των άστρων και να τις αναγκάσουμε να εξιστορήσουν τα μυστικά τους.

Η σύγχρονη Κοσμολογία μελετά πλέον και τον κόσμο που δεν αντιλαμβάνονται οι αισθήσεις μας. Ήρθε η ώρα να αποδεσμευτούμε από τους περιορισμούς που μας επιβάλλουν οι αισθήσεις μας, οι οποίες μας κρατούν αιχμάλωτους στον ευκλείδειο χώρο των τριών διαστάσεων.

Πολύ ωραία όλα αυτά για

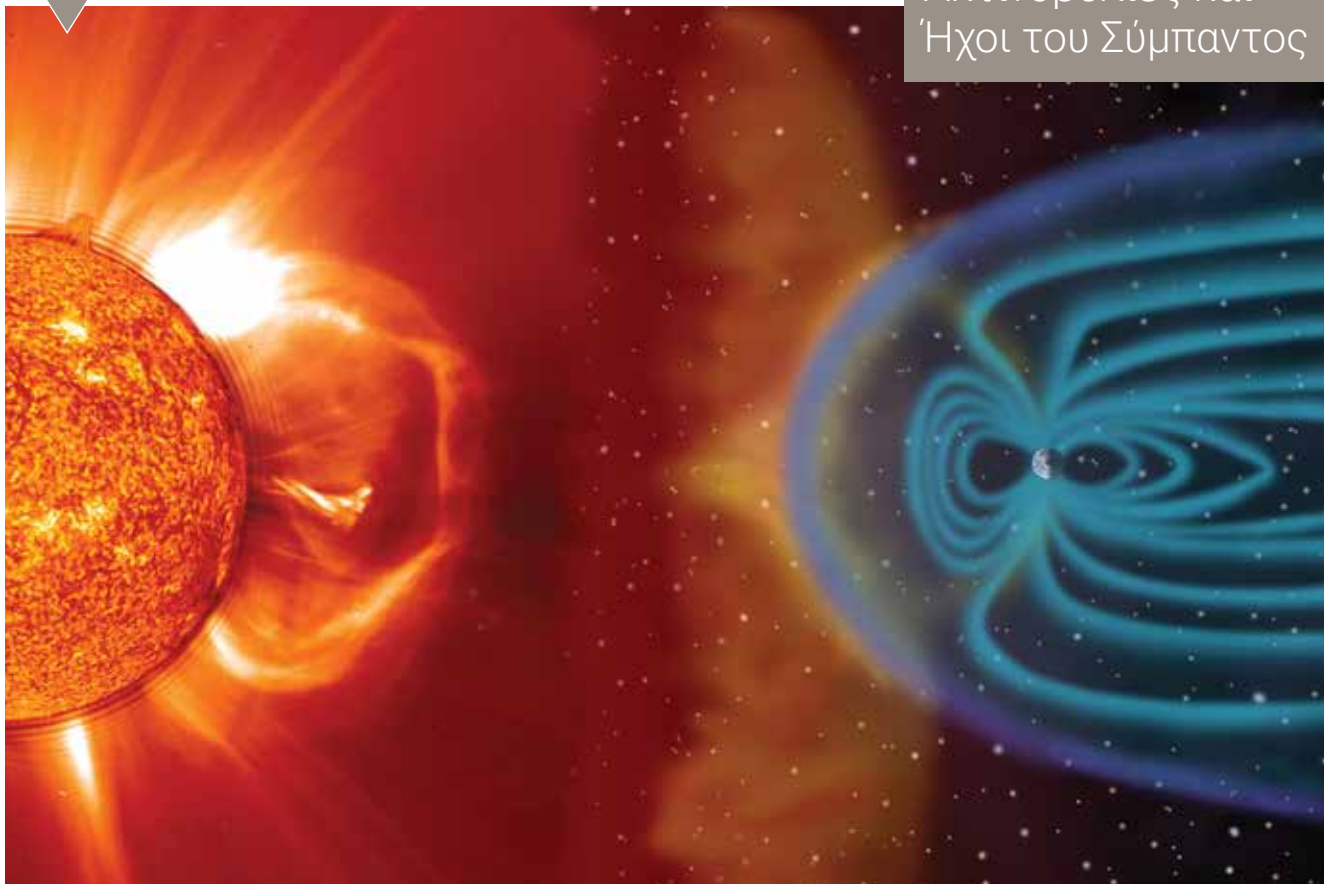
τις ακτινοβολίες των ουρανίων σωμάτων και των φαινομένων τους, αλλά τι σχέση έχουν με το δεύτερο μέρος της εργασίας αυτής η οποία αναφέρεται στους μουσικούς ήχους του Σύμπαντος; Υπάρχουν «ήχοι» στο Διάστημα και πώς μπορούμε να τους ακούσουμε;

Αυτό είναι ένα θέμα πάρα πολύ σημαντικό, αφού δεν ενδιαφέρει μόνον τους Αστρονόμους, αλλά ενδιφέρει σε μεγάλο βαθμό όλους τους ανθρώπους και ιδιαίτερα όσους ασχολούνται με τη μουσική και τη φιλοσοφία.

Στο Διάστημα ξέρουμε όλοι μας ότι μπορούν και διαδίδονται οι ακτινοβολίες, που αναφέραμε προηγουμένως και έτσι μελετάμε τα ουράνια σώματα, τις ατμόσφαιρές τους, τα νεφελώματα που είναι τα γνωστά μαιευτήρια των άστρων και τους γαλαξίες.

Οι ήχοι, όμως, δηλαδή τα ηχητικά σήματα, δεν διαδίδονται στο Διάστημα. Άρα δεν μπορούμε να ακούμε ήχους που προέρχονται από το Διάστημα, αφού δεν υπάρχει ένα μέσο διάδοσής τους. Για παράδειγμα, τα ηχητικά κύματα της φωνής μας διαδίδονται με τη μεταβολή της πίεσης της ατμόσφαιρας που βρίσκεται ανάμεσά μας.

Τώρα μάλιστα που άρχισαν οι διαφημίσεις για τους επίδοξους ταξιδευτές και για ένα πιθανό μελλοντικό τουριστικό ταξίδι στη Σελήνη, θα πρέπει ανάμεσα στα πολλά ωραία αξιοθέατα να τονίζεται και ένα μεγάλο μειονέκτημα, ότι δηλαδή ο επισκέπτης της Σελήνης έχει να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα του ήχου, δηλαδή να αντιμετωπίσει το αποπνικτικό αίσθημα μιας τρομακτικής σιγής που θα βασιλεύει



παντού λόγω της έλλειψης ατμόσφαιρας στη Σελήνη.

Θα βλέπει πιθανόν βράχους να κατακρημνίζονται ή μετεωρίτες να πέφτουν, διότι πράγματι πέφτει ένας περίπου μετεωρίτης κάθε μήνα σε μια έκταση όση περίπου έχει ένας Νομός της χώρας μας, χωρίς να ακούει κανένα θόρυβο.

Επομένως, τι εννοούμε όταν μιλάμε για «Ήχους του Σύμπαντος» και μάλιστα ήχους αρμονίας και μουσικότητας;

Πράγματι οι ακτινοβολίες του Σύμπαντος μας δίνουν και αυτή τη δυνατότητα καθώς μπορούμε πλέον να τις ηχοποιούμε, δηλαδή να μετατρέπουμε τις ηλεκτρομαγνητικές συχνότητες σε ηχητικές συχνότητες, προκειμένου να λαμβάνουμε τις πληροφορίες ακουστικά και όχι μόνον οπτικά. Αυτή τη διαδικα-

σία της μετατροπής της ακτινοβολίας σε ήχο την ονομάζουμε ηχοποίηση.

Η ηχοποίηση παρατηρησιακών δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία δύσκολων αστρονομικών θεμάτων τόσο σε μαθητές όσο και στο ευρύ κοινό με ευχάριστο τρόπο μέσα από τη μετασχηματιζόμενη μουσικοακουστική διαδικασία.

Με το θέμα «Αστρονομία και Μουσική» έχουν ήδη ασχοληθεί πολλοί ποιητές και συνθέτες μουσικής από πολύ παλιά και μπορεί να βρει κανείς τις επιτυχίες τους τόσο στο χώρο της κλασικής μουσικής, όπως για παράδειγμα κομμάτια από τα έργα του Bach, του Beethoven και του Mozart, που βρίσκονται και στο δίσκο του Βόγιατζερ και που ήδη ταξιδεύουν εκτός του Ηλιακού μας Συστήματος, όσο και στο χώρο

της μοντέρνας μουσικής, που η εποχή της αρχίζει βασικά από το 1957 με την αποστολή του Σοβιετικού Σπούτνικ-1 στο Διάστημα και το περπάτημα του ανθρώπου στη Σελήνη το καλοκαίρι του 1969. Επίσης μπορεί κανείς να ακούσει από τους Pink Floyd το «Dark side of the Moon» του 1973, όπως και ειδικά κομμάτια από τους δικούς μας διεθνείς συνθέτες μουσικής Βαγγέλη Παπαθανασίου και Ιάννη Ξενάκη.

Τώρα, όμως, θα γίνει αναφορά στην ηχοποίηση κάποιων ιδιαίτερης σημασίας επιστημονικών αστρονομικών δεδομένων.

Τέτοια ηχοποιημένα αστρονομικά θέματα είναι οι ηλιακές εκλάμψεις και τα αντίστοιχα φαινόμενα των μαγνητικών καταιγίδων (Εικ. 3) και του πολικού Σέλαος στην ατμόσφαιρα της Γης, αλλά και οι τεράστιες εκλάμψεις

που παρατηρούμε στους νεαρούς μεταβλητούς αστέρες εφηβικής ηλικίας. Αυτές οι απρόσμενες και απότομες θεαματικές εκλάμψεις, οι ξαφνικές δηλαδή και ποικιλόμορφες αναλάμψεις των μεταβλητών αστέρων εκλάμψεων, δημιουργούν διάφορους κύκλους δραστηριότητας.

Επίσης, πολύ πετυχημένη μουσική ηχοποίηση έχει γίνει για την παράξενη ραδιοεκπομπή των Πάλσαρς, αυτών των ταχύτατα ως φάρων περιστρεφόμενων αστρικών πτωμάτων διαφόρων περιοδικοτήτων, ακόμη δε και για τον ήχο που παράχθηκε στις 14 Σεπτεμβρίου 2015 από τη σύγκρουση δύο τεράστιων μελανών οπών και έφθασε σε εμάς μετά από ταξίδι 1,2 δισεκατομμυρίων ετών με τη μορφή βαρυτικών κυμάτων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. ▶

## Αρχαιότατοι οι δεσμοί Μουσικής και Αστρονομίας

Αυτή η ιδέα, όμως, της ηχοποίησης δεδομένων από αστρονομικές παρατηρήσεις ως συνδυασμού της Αστρονομίας με τη Μουσική έχει τις ρίζες της βαθιά μέσα στο χρόνο.

Οι πρόγονοί μας, γοητευμένοι από την πανέμορφη όψη του ουρανού, μελέτησαν τους σχηματισμούς των πιο λαμπρών αστέρων, δημιούργησαν τους αστερισμούς και τους συνέδεσαν με την απaráμιλλη σε φαντασία Ελληνική Μυθολογία.

Από τη 2η π.Χ. χιλιετία έχουμε τους ποιητικότετους αστρονομικούς Ορφικούς Ύμνους. Ακολουθούν τα έργα του Ομήρου, όπου η λέξη «Κόσμος» σημαίνει ταυτόχρονα τάξη και κόσμημα. Ο δε Ησίοδος στο έργο του «Έργα και ημέραι» δίνει, πολύ ποιητικά, συμβουλές στους γεωργούς και στους ναυτικούς να εναρμονίζουν τις ασχολίες τους ανάλογα με την όψη της ουράνιας σφαίρας.

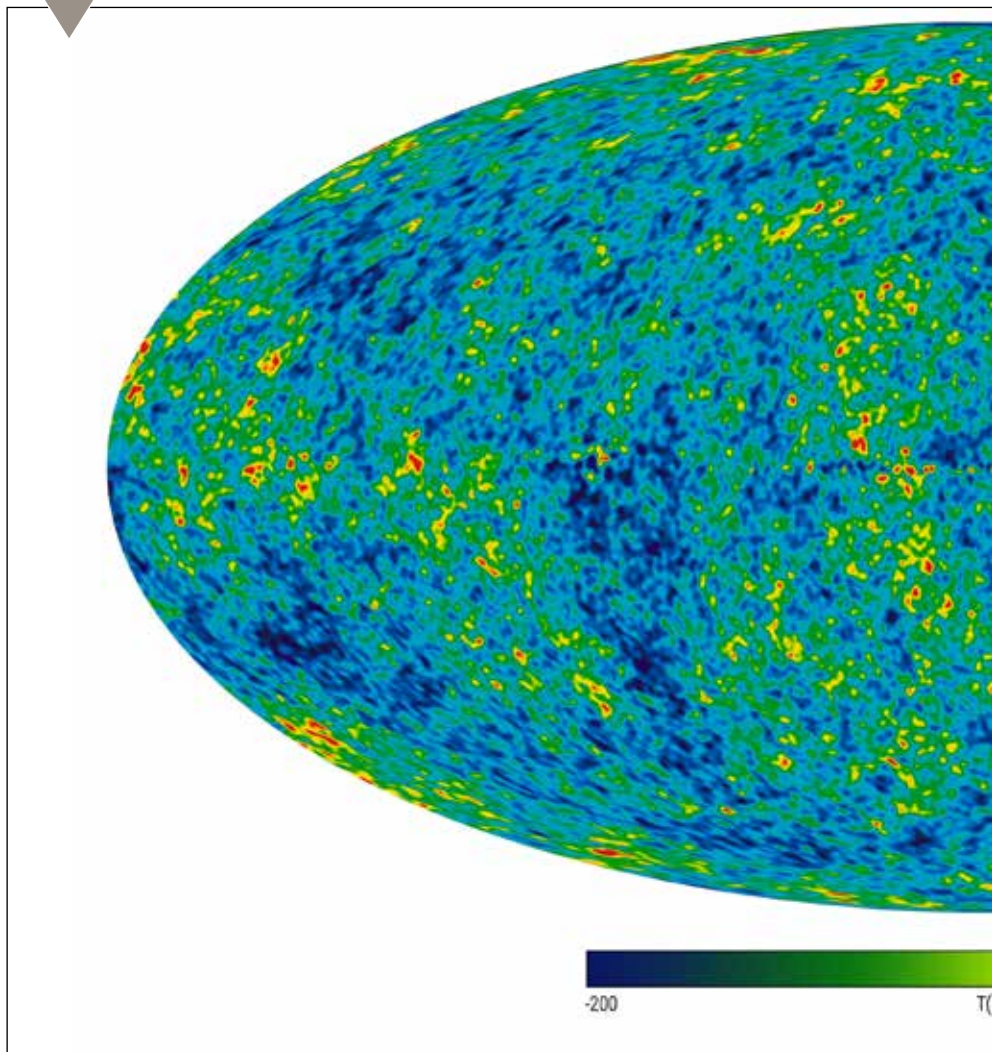
Τον 3ο π.Χ. αιώνα, ο Άρατος ο Σολεύς, ο αποκαλούμενος και «Όμηρος της Αστρονομίας», μετατρέπει όλη τη γνώση στην Αστρονομία των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων μέχρι και τον Αριστοτέλη, μέσα από το έργο του Εύδοξου του Κνίδιου, έμμετρα σε δακτυλικό εξάμετρο σε τόσο μεγάλο βαθμό αρμονίας και μουσικότητας, που ακόμη και ο συμπατριώτης του ο Απόστολος των Εθνών Παύλος, μετά από τρεις αιώνες, την ομιλία του στον Άρειο Πάγο στην Αθήνα την ξεκίνησε με την απαγγελία ενός τμήματος της ποίησης αυτής για να φέρει κοντά του τους Αθηναίους, που λάτρευαν την ποίηση του Άρατου.

Αυτοί, όμως, που θεωρούνται πρωτοπόροι στη σύνδεση της Αστρονομίας με τη Μουσική και διαβεβαιώνουν ότι το Σύμπαν τραγουδά είναι οι Πυθαγόρειοι με την αρχαία ελληνική φιλοσοφική σκέψη, με την «αρμονία των σφαιρών». Μια ιδέα, σύμφωνα με την οποία τα ουράνια σώματα μπορούν να παράγουν ήχους εξαιτίας της περιοδικής τους κίνησης.

Στην Πυθαγόρεια κοσμογονία οι αριθμοί ήταν η βασική ύλη από την οποία αναπτύχθηκε ολόκληρο το Σύμπαν. Η μονάδα, το «εν», αντιστοιχούσε με το σημείο από το οποίο δημιουργούνται οι γραμμές. Οι γραμμές δημιουργούν τις επιφάνειες και οι επιφάνειες τα σώματα, δηλαδή το γνωστό χώρο των τριών διαστάσεων.

Οι Πυθαγόρειοι, πειραματιζόμε-

Εικ. 2. Ανιχνευτής κυμάτων βαρύτητας του πειράματος LIGO



νοι με τους παραγόμενους ήχους μουσικών οργάνων, συμπέραναν ότι η μουσική είναι μαθηματική επιστήμη, αφού η ομορφιά της εκφράζεται με την αρμονική σχέση μεταξύ των αριθμών, ακολουθώντας σειρές δυναμένων λόγων.

Ο Πυθαγόρας είναι ο πρώτος που έβαλε τις περιοδικές κινήσεις των επτά ουρανίων σωμάτων: Σελήνης, Ήλιου, Ερμή, Αφροδίτης, Άρη, Δία και Κρόνου, με τις ίδιες αριθμητικές σχέσεις που υπάρχουν στη μουσική κλίμακα.

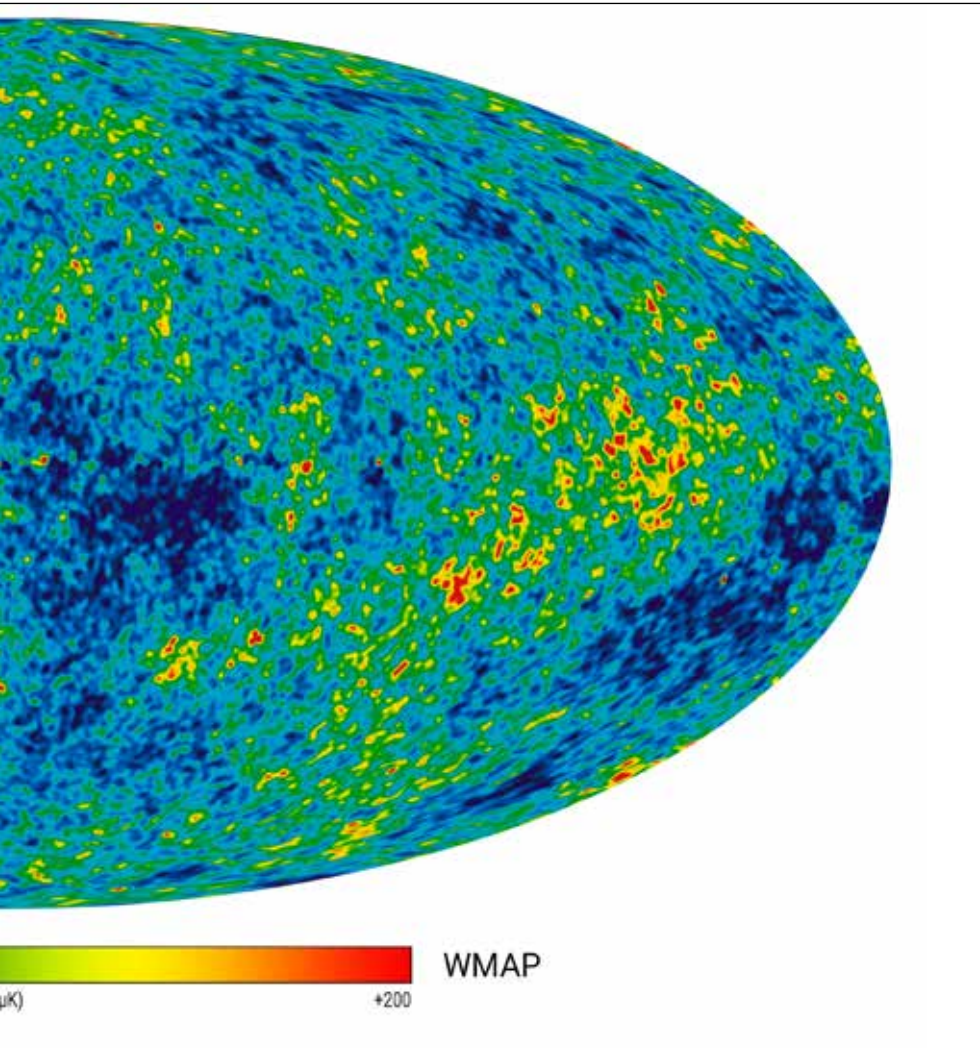
Μεγάλη μορφή στο χώρο της Αστρονομίας θεωρείται ο Kepler, με τους περίφημους τρεις νόμους που διατύπωσε για την κίνηση των πλανητών, βρίσκοντας έτσι και τις ακριβείς αποστάσεις τους από τον Ήλιο. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα να συνδέσει τις αποστάσεις των πλανητών με τις νότες της μουσικής κλίμακας και να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι «ουράνιες κινήσεις» είναι ένα συνεχές τραγούδι για πολλές φωνές

και έτσι ο άνθρωπος δημιουργώντας μουσική μιμείται το Θεό.

Έρχεται στη συνέχεια ο Γαλιλαίος (1564-1642) που πραγματοποιεί πειράματα με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου και έτσι δίνει στους νόμους του Kepler τη μεγάλη αξία τους ώστε τελικά αυτοί οι νόμοι να εναρμονισθούν με τους νόμους της «βαρύτητας» του μεγάλου Φυσικού επιστήμονα Νεύτωνα και, έτσι, όλη η Βόρεια Ευρώπη δεν ξεφεύγει γενικά από τη σφαίρα της μουσικοαστρονομικής επιρροής. Ο ίδιος μάλιστα ο Νεύτνας κυκλοφόρησε τότε στο Cambridge μια μουσική πραγματεία, όπου χρησιμοποιεί τους λογαρίθμους, για να υπολογίσει τις ηχητικές αναλογίες μιας σειράς δεκαοκτώ κλιμάκων.

Κατά τον 18ο αιώνα ή αιώνα του Διαφωτισμού, η αντίληψη για το Σύμπαν είναι στενά συνδεδεμένη με τις ιδέες της τάξης και της αρμονίας και, επομένως, ο αιώνας αυτός χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια να κατανοηθεί: «Γιατί το Σύμπαν είναι

## Ακτινοβολίες και Ήχοι του Σύμπαντος



τον Μεγάλο Ήχο, τελικά, τον έχουμε παρατηρήσει τώρα πλέον, καθώς πριν από μία περίπου εικοσαετία και προτού λήξει ο 20ος αιώνας, με τους δορυφόρους COBE, WMAP και PLANCK, φωτογραφήθηκε το Σύμπαν όπως ήταν κατά την ιστορική στιγμή των 380.000 ετών μετά από τη Μεγάλη Έκρηξη, δηλαδή στην βρεφική του ηλικία και μάλιστα τη στιγμή του διαχωρισμού της ακτινοβολίας από την ύλη.

Αυτό επιτεύχθηκε με τις παρατηρήσεις από τους δορυφόρους αυτούς σε τρία μήκη κύματος 3,3mm και 9,5mm, δικαιώνοντας τους θεωρητικούς αστροφυσικούς και θεμελιώνοντας τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης.

Την ύπαρξη της ακτινοβολίας αυτής που αποτελεί τον απόηχο της Μεγάλης Έκρηξης (την οποία την είχε προβλέψει ο George Gamov), την είχαν παρατηρήσει το 1965 οι Νομπελίστες Penzias και Wilson. Δόθηκε, όμως, και τώρα πάλι βραβείο Νόμπελ στους Smoot και Mather και οι απειροελάχιστες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της ακτινοβολίας μικροκυμάτων, που εμφανίστηκαν στη φωτογραφία αυτή, θεωρείται ότι αποτελούν τα δακτυλικά αποτυπώματα της δημιουργίας των γαλαξιών, των αστέρων και όλων των δομών του Σύμπαντος που βλέπουμε γύρω μας.

Αυτή η φωτογράφιση του Σύμπαντος (Εικ. 4) στην ηλικία των 380.000 ετών θεωρήθηκε ως μία από τις μεγαλύτερες επιτυχίες του τεχνολογικού πολιτισμού μας, με την οποία έληξε ο 20ος αιώνας και μπορείτε να την ακούσετε και ηχοποιημένη μουσικά στο διαδίκτυο.

Με τη βοήθεια του φωτός δεν μπορούμε να δούμε προγενέστερα στάδια του Σύμπαντος. Τώρα, όμως, που, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, συλλάβαμε και τα βαρυτικά κύματα, ακριβώς 100 χρόνια μετά την πρόβλεψή τους από τον Αϊνστάιν, έχουμε τη βέβαιη πλέον ελπίδα να δούμε το Σύμπαν και σε μικρότερες ηλικίες κοντά στη στιγμή της Δημιουργίας του και να απολαύσουμε μουσικοακουστικά και τέτοιες ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΣΥΜΠΑΝΤΙΚΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ.

οργανωμένο και γενικά γιατί υπάρχει μουσική και όχι θόρυβος».

Μεγάλη μορφή στο χώρο της Παρατηρησιακής Αστρονομίας μέχρι και σήμερα θεωρείται ο Γουίλιαμ Χέρσελ (William Herschel, 1738-1822), που το 1781 ανακάλυψε και τον πλανήτη Ουρανό και είναι μία από τις κύριες προσωπικότητες-κλειδιά στη δυαδική σχέση μουσικής και αστρονομίας.

Ο δεσμός ανάμεσα στη Μουσική και την Αστρονομία κατά τον 19ο αιώνα πραγματοποιείται μέσα από τη συνεργασία που καθιερώθηκε ανάμεσα στον μεγάλο κατασκευαστή εκκλησιαστικών οργάνων Αριστίντ Καβαγιέ-Κολ και στους μεγάλους επιστήμονες της εποχής του, τους ειδικούς στην Αστρονομία και στην Ακουστική, και ιδιαίτερα με τον Ουρμπάν Λεβεριέ (Urbain Le Verrier).

Ο Λεβεριέ είναι ένας μεγάλος, επίσης, Παρατηρησιακός Αστρονόμος που το 1846 ανακάλυψε τον πλανήτη Ποσειδώνα και έτσι ολοκληρώθηκε η πλανητική μας οικογένεια.

Όλοι αυτοί οι επιστήμονες σύχναζαν στο Αστεροσκοπείο του Παρισιού, έχοντας στενή φιλία με τον πασίγνωστο Αστρονόμο Καμίγ Φλαμμαριόν (Camille Flammarion, 1842-1925) και στους κύκλους τους κυριαρχούσε η άποψη ότι: «Το φως γέννησε τη μελωδία. Τα χρώματα είναι φως και μελωδία, και η κίνηση είναι ένας Αριθμός αφιερωμένος στο λόγο».

Ο Αϊνστάιν παίζει βιολί, εκτιμά τον Μπαχ και ιδιαίτερα τον Μότσαρτ που τον θεωρεί ως δάσκαλό του στον τρόπο σκέψης και εκτιμά ιδιαίτερα την εσωτερική λογική της μουσικής, θεωρώντας ότι η μουσική είναι χαρά για ένα πνεύμα ταγμένο στην αριθμητική.

Γενικά, κατά τον 20ο αιώνα, χάρις στην ανάπτυξη της Αστρονομίας, οι μουσικοί συνθέτες βουτούν πραγματικά στην ουράνια γοητεία και φθάνουν σε σημείο να ονομάζουν τη στιγμή της Δημιουργίας του Σύμπαντος ως «ο Μέγας Ήχος» και όχι ως «η Μεγάλη Έκρηξη» (Big Bang). Αυτόν