

# Πρόλογος

Για πολλούς ανθρώπους η μοναδική εμπειρία που έχουν στην Αστρονομία είναι τα όσα βλέπουν με γυμνό μάτι ή με τη βοήθεια ερασιτεχνικών τηλεσκοπίων. Υπάρχει όμως και μια μεγάλη ομορφιά στο χώρο της επιστήμης της Αστρονομίας που αναδύεται μέσα από την επιστήμη της Φυσικής με τη βοήθεια των Μαθηματικών.

Η Αστρονομία είναι γενικά μια επιστήμη πάρα πολύ ιδιαίτερη και σε πολύ μεγάλο βαθμό δημοφιλής.

Η συγγραφή μάλιστα ενός βιβλίου για τις μελανές οπές είναι ένα ταξίδι απέραντο μέσα στο χώρο και στο χρόνο και για το λόγο αυτό είναι πολύ δύσκολο να γραφεί ένα τέτοιο βιβλίο.

Ο συγγραφέας του βιβλίου αυτού δίνει μεγάλη βαρύτητα στο να συνειδητοποιήσει ο αναγνώστης ότι, η εξαιρετική ομορφιά των ιδιοτήτων των μελανών οπών απορρέει από την εφαρμογή σχετικά λίγων θεμελιωδών αρχών της Φυσικής, συνδυασμένων όμως με τη χρήση αρκετών μαθηματικών σχέσεων, την ικανότητα της χρήσης των οποίων πρέπει να διαθέτει.

Η αναλυτική μαθηματική επεξεργασία των αποδείξεων κάνει το βιβλίο αυτό ξεχωριστό από άλλα παρόμοιά του. Επιπλέον, ξεχωριστή είναι και η προσπάθεια του συγγραφέα να δανείσει στον αναγνώστη τη δική του ματιά και τη δική του αγάπη προς την Αστρονομία και αυτό είναι που κάνει το βιβλίο ιδιαίτερα φιλικό.

Υπάρχουν πολλά επίπεδα γνώσης από την απλή απομνημόνευση έως τη δυνατότητα χρήσης των εννοιών και από τη δυνατότητα συμμετοχής σε επιστημονική συζήτηση έως τη συνεισφορά σε ερευνητική προσπάθεια.

Τελικά, η ανάγνωση ενός καλογραμμένου βιβλίου που διαπραγματεύεται ένα δύσκολο θέμα, όπως είναι οι μελανές οπές, προσφέρει στον αναγνώστη, εκτός από την ευχαρίστηση και τις σχετικές γνώσεις, και την ικανοποίηση ότι συμμετέχει στην ασταμάτητη προσπάθεια του ανθρώπου να μάθει και τα άρατα μυστικά του Σύμπαντος.

**Σταύρος Αυγολούπης**  
Καθηγητής Αστρονομίας  
του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

# Πρόλογος του συγγραφέα

Το περιεχόμενο αυτού του βιβλίου αποτελεί μια εκτεταμένη μαθηματική ανάλυση της έννοιας των Μελανών Οπών και της καμπυλότητας του χωροχρόνου στο πλαίσιο της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας (ΓΘΣ).

Οι μελανές σπές αποτελούν μία τόσο νέα ερευνητική κατεύθυνση, ώστε προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι είχαν προβλεφθεί πριν από 230 χρόνια. Στα 1784 ένας Άγγλος ιερέας, ο John Mitchell, προβληματιζόταν κατά πόσο η βαρύτητα μπορούσε να επιδράσει στο φως και διατύπωσε την άποψή του, ότι κάποια αστέρια είναι τόσο μεγάλα, ώστε ούτε το φως μπορεί να ξεφύγει από τη βαρύτητά τους.

Σήμερα, όταν ακούμε την λέξη Μελανή Οπή, αμέσως ο νους μας πάει στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, αφού με τη διατύπωσή της από τον Albert Einstein το Νοέμβριο του 1915 στοιχειοθετήθηκαν ταυτόχρονα τόσο η έννοια της καμπυλότητας του χωροχρόνου όσο και αυτή των Μελανών Οπών.

Η κατανόηση αυτών των εννοιών, είναι γεγονός, ότι απαιτεί γνώση Μαθηματικών σε ανώτερο επίπεδο και ειδικότερα γνώσεις διαφορικής γεωμετρίας, διανυσματικής ανάλυσης, και διαφορικών εξισώσεων. Η πραγματικότητα αυτή δημιούργησε την εντύπωση ότι η μελέτη της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας και κατ' επέκτασιν και των μελανών οπών είναι κάτι δύσκολο ακόμη και για φοιτητές της Σχολής Θετικών Επιστημών. Η αλήθεια είναι ότι κάποιος με αγάπη για τα μαθηματικά και διαθέτοντας θέληση και υπομονή, μπορεί να φθάσει στην κατανόηση του όμορφου αυτού τμήματος της Αστροφυσικής και της Κοσμολογίας. Ξεπερνώντας τα εμπόδια αυτά, ο δρόμος που ανοίγεται μπροστά του ο-

δηγεί όχι μόνον στην κατανόηση του φαινομένου των μελανών οπών, αλλά και στον χώρο της φιλοσοφίας μέσα στο πλαίσιο της δημιουργίας, της γέννησης και του θανάτου του ίδιου του Σύμπαντος. Ο δρόμος της γνώσεως όμως, όπως και εκείνος της αρετής, είναι δυσκολοδιάβατος και απαιτεί θυσίες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για να αποκτήσει κανείς την γνώση των δύσκολων προαναφερθεισών εννοιών, πρέπει αναγκαστικά να ξεπεράσει τις δυσκολίες των μαθηματικών.

Το βιβλίο αυτό αποσκοπεί στο να κάνει, όσο το δυνατόν πιο εύκολη τη διαδρομή αυτή, χωρίς όμως να αφαιρεθούν «δομικά στοιχεία» απαραίτητα για τη διατήρηση της πληρότητας και του υψηλού επιπέδου της γνώσεως. Αυτό επιτυγχάνεται, αφ' ενός με τη δυνατότητα αναλυτικής επεξήγησης δύσκολων εννοιών σε υποσημειώσεις (που σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα είναι αρκετά εκτενείς) καθώς και με την παράθεση των αποδείξεων των πιο δύσκολων προτάσεων που εμφανίζονται στο κύριο μέρος του, σε οκτώ ξεχωριστά παραρτήματα στο τέλος.

Το περιεχόμενο του βιβλίου αποτελείται από οχτώ κεφάλαια, στα οποία έγινε προσπάθεια οι μαθηματικές αποδείξεις να είναι πλήρεις, ώστε ο αναγνώστης να μην συναντά κενά, τα οποία θα τον δυσκολεύουν στην κατανόηση, διακόπτοντάς του τη συνέχεια της σκέψης.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελανή οπή ως μη σχετικιστική έννοια, αλλά παρουσιάζονται και συνοπτικά στοιχεία αρχών αστρικής εξέλιξης, η οποία οδηγεί τους μεγάλης μάζας αστέρες στη δημιουργία μελανών οπών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της καμπύλωσης, που επιφέρει στον χωροχρόνο η ύπαρξη μάζας, στο πλαίσιο της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, καθώς και η έννοια της ακτίνας καμπυλότητας. Η εισαγωγή των νέων αυτών εννοιών έφερε στο προσκήνιο τη νέα αντίληψη για την έλξη των σωμάτων, όχι πια ως αποτέλεσμα της εφαρμογής δυνάμεων, αλλά ως αποτέλεσμα της καμπύλωσης του χωροχρόνου από τη μάζα.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίδεται η μαθηματική περιγραφή της γεωμετρίας Schwarzschild, από την οποία προκύπτουν οι «παράξενες» ιδιότητες της ομώνυμης επιφάνειας, που αλλοίως ονομάζεται και «ορίζοντας γεγονότων». Ενδεικτικά αναφέρονται η παγίδευση των φωτεινών ακτίνων,

αλλά και κάθε άλλης πληροφορίας, στον ορίζοντα γεγονότων και το πάγωμα του χρόνου. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία εμπειριστατωμένη μελέτη της μελανής οπής Schwarzschild με τη βοήθεια του «κώνου φωτός».

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη της μελανής οπής μέσα από έναν μετασχηματισμό συντεταγμένων (συντεταγμένες Kruskal-Sekeres), η οποία οδηγεί στην κατανόηση του θεωρητικού φαινομένου των κοσμικών σηράγγων (γέφυρα Einstein-Rosen ή σκουληκότρυπα).

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται ορισμοί και θεωρήματα, χρήσιμα για τη συνέχεια της μελέτης άλλων ειδών μελανών οπών, όπως αυτά προκύπτουν ως λύσεις των εξισώσεων πεδίου της ΓΘΣ. Εδώ επίσης περιγράφονται συνοπτικά τα 4 αυτά είδη Μελανών Οπών.

Στο έκτο κεφάλαιο δίδεται η πλήρης μαθηματική περιγραφή της λύσεως Kerr-Newman, που οδηγεί στην ομώνυμη περιστρεφόμενη μελανή οπή και στην διαφοροποίησή της από τη μελανή οπή Schwarzschild.

Στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζονται οι μελανές οπές στο πλαίσιο των νέων επιστημονικών πεδίων της χβαντικής φυσικής και της θερμοδυναμικής και τα αποτελέσματα οδηγούν σε γενικεύσεις των κλασικών αξιωμάτων της θερμοδυναμικής, γεγονός που δίνει ελπίδες για μία μεγάλη ενοποίηση των επιστημονικών πεδίων της ΓΘΣ, της χβαντομηχανικής και της θερμοδυναμικής σε μία «Θεωρία των Πάντων».

Στο όγδοο κεφάλαιο δίδεται μία περιγραφική σύνοψη της έννοιας των μελανών οπών, ως αποτέλεσμα των όσων με μαθηματικό τρόπο παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Τέλος, ξεχωριστά παρατίθενται, σε 10 παραρτήματα, οι αποδείξεις των πιο δύσκολων προτάσεων που εμφανίζονται στα διάφορα κεφάλαια του βιβλίου.

#### Ευχαριστίες

Κλείνοντας θα ήθελα να αναφερθώ στην πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε στη φιλολογική επιμέλεια του βιβλίου η καθηγήτρια από τα σχολικά μου χρόνια κ. *Ελένη Νταγλή*, της οποίας οι συμβουλές ήταν ιδιαίτερα διαφωτιστικές.

Ιδιαίτερη μνεία στις ευχαριστίες μου θα ήθελα να κάνω στον αγαπητό καθηγητή κ. *Νικόλαο Σπύρου*, του οποίου το βιβλίο με τίτλο:

«Εισαγωγή στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας», αποτέλεσε τον οδηγό στην δημιουργία του βιβλίου μου. Η μεγαλύτερη όμως συνεισφορά του κ. Σπύρου στη συγγραφή αυτού του πονήματος συνίσταται στις ώρες συζητήσεων μας, τηλεφωνικώς και κατ' ιδίαν, πάνω σε θέματα που με προβλημάτιζαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής. Τέλος ο κ. Σπύρου ήταν αυτός που αφιερώνοντας αρκετό από τον πολύτιμο χρόνο του, διάβασε το πρώτο *draft* και προέβη στις πολύτιμες διορθώσεις του. Ένα απλό ευχαριστώ στο πρόσωπό του θα ήταν λίγο!

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αγαπητό μου καθηγητή και φίλο κ. Σταύρο Αυγολούπη για την πολύτιμη βοήθεια, τις χρήσιμες συμβουλές αλλά και για τα καλά του λόγια στην προλόγισή του βιβλίου.

Ιωάννης Χρ. Αγαπάκης