Roger Penrose

[*Σκιές του Νου, Ο Νέος Αυτοκράτορας (;)*]

ΑΝΑΖΗΤΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

ΕΝΑΣ ΠΛΗΡΗΣ ΟΔΗΓΟΣ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
Φυσικός, MSc Αστροφυσικής, Υπ. Δρ. του Τμήματος Εξωγαλαξιακής Αστρονομίας
του Ινστιτούτου Αστροφυσικής της Ανδαλουσίας (Γρανάδα, Ισπανία)

ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΟΥΛΗΣ
Φυσικός, MSc Πυρηνικής Φυσικής, Υπ. Δρ. του Τμήματος Μαθηματικών και Στατιστικής
του Πανεπιστημίου Otago (Dunedin, Νέα Ζηλανδία)

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΚΟΒΟΣΤΗ

Το βιβλίο είναι αφιερωμένο στη μνήμη τού
DENNIS SCIAMA,
ο οποίος με μύησε στο μαγικό κόσμο της Φυσικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

26. Κβαντική θεωρία πεδίου

27. Η Μεγάλη Έκρηξη και η θερμοδυναμική κληρονομιά της

28. Θεωρίες για το πρώιμο σύμπαν

31. Υπερσυμμετρία, υπερδιαστατικότητα και χορδές

32. Ο αυστηρότερος δρόμος του Einstein. Μεταβλητές βρόχων

33. Πιο ριζοσπαστικές προοπτικές· θεωρία συστροφέων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός αυτού του βιβλίου είναι να μεταφέρει στον αναγνώστη μία γεύση γι' αυτό που σίγουρα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και συναρπαστικότερα ταξίδια εξερεύνησης για τα οποία ξεκίνησε ποτέ η ανθρωπότητα. Πρόκειται για την έρευνα των βασικών αρχών που διέπουν τη συμπεριφορά του σύμπαντος. Είναι ένα ταξίδι που διαρκεί εδώ και περισσότερο από δυόμιση χιλιετίες, και δε θα πρέπει λοιπόν να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι εντέλει έχει συμβεί ουσιαστική πρόοδος. Αυτό το ταξίδι αποδείχθηκε ιδιαίτερα δύσκολο και η αληθινή κατανόηση κατακτήθηκε, σε μεγάλο βαθμό, αλλά με αργούς ρυθμούς. Αυτή η έμφυτη δυσκολία μας οδήγησε πολλές φορές σε λάθος κατευθύνσεις, με αποτέλεσμα αυτό να μας εφιστήσει την προσοχή. Ο 20^{ός} αιώνας μας έφερε μπροστά σε εξαιρετικές νέες ιδέες – μερικές [illegible] η γνώμη ότι βρισκόμαστε κοντά στη βαθιά κατανόηση όλων των θεμελιωδών αρχών της φύσης.

Περιγράφοντας τις σύγχρονες θεμελιώδεις θεωρίες, καθώς ο 20^{ός} αιώνας έχει πλέον κλείσει τον κύκλο του, θα προσπαθήσω να κρατήσω μία πιο νηφάλια στάση. Δε θα είναι όλες μου οι απόψεις καλοδεχούμενες από αυτούς που θα λέγαμε «οπτιμιστές», αλλά η δική μου προσδοκία είναι ότι θα συντελεστούν ακόμα σημαντικότερες αλλαγές στην κατεύθυνση από αυτές που έλαβαν χώρα τον περασμένο αιώνα. Ο αναγνώστης θα διαπιστώσει ότι σε αυτό το βιβλίο δε διστάζω να παραθέσω και μαθηματικούς τύπους, παρά τις σοβαρές προειδοποιήσεις ότι αυτό θα επιφέρει σημαντική μείωση του αναγνωστικού κοινού. Σκέφτηκα πολύ πάνω σε αυτό το δίλημμα και κατέληξα στο συμπέρασμα ότι αυτά που θέλω να πω δε θα ήταν δυνατό να διατυπωθούν χωρίς τη βοήθεια κάποιου μαθηματικού συμβολισμού και τη διερεύνηση ορισμένων καθαρά μαθηματικών εννοιών. Για να αντιληφθούμε τις

με
ως ένα βαθμό το μαθηματικό τους πλαίσιο. Πιθανόν αυτό να γεννήσει απελπισία σε ορισμένους που έχουν σχηματίσει την άποψη ότι δεν έχουν κλίση στα μαθηματικά, ανεξάρτητα αν πρόκειται για μαθηματικά στοιχειώδους επιπέδου. Πώς είναι δυνατό, θα πουν, να κατανοήσουν τις τελευταίες εξελίξεις στην έρευνα της Φυσικής, αν δεν γνωρίζουν ούτε να χειριστούν τα κλάσματα; Φυσικά, κατανοώ την δυσκολία.

Από την άλλη όμως, είμαι πολύ αισιόδοξος όσον αφορά τη μεταβίβαση της κατανόησης. Πιθανόν να είμαι αθεράπευτα οπτιμιστής. Αναρωτιέμαι, μήπως οι αναγνώστες που δεν μπορούν να χειριστούν τα κλάσματα –ή που αυτό τουλάχιστον ισχυρίζονται– αυτοεξαπατώνται έστω και σε μικρό βαθμό, ενώ αντίθετα ένα σημαντικό ποσοστό από αυτούς κρύβει ένα αληθινό δυναμικό προς αυτή την κατεύθυνση, το οποίο δε γνωρίζει καν; Αναμφίβολα ορισμένοι, όταν έρχονται αντιμέτωποι με μία γραμμή από μαθηματικά σύμβολα, βλέπουν μόνο το αμείλικτο πρόσωπο ενός γονιού ή δασκάλου που κάποτε προσπάθησε να τους αναγκάσει να παπαγαλίσουν κάτι ακατανόητο –μία υποχρέωση και μόνο αυτό– χωρίς καμία νύξη για τη μαγεία ή την ομορφιά που θα μπορούσε να τους επικοινωνήσει αυτό το αντικείμενο. Πιθανόν να είναι πολύ αργά για ορισμένους· αλλά όπως είπα, είμαι οπτιμιστής και πιστεύω ότι υπάρχουν πολλοί, ακόμα και μεταξύ αυτών που ποτέ δεν μπόρεσαν να καταλάβουν τα κλάσματα, οι οποίοι έχουν τη διάθεση να πάρουν μία μικρή γεύση από αυτό τον υπέροχο κόσμο, ο οποίος θεωρώ ότι θα πρέπει να είναι, σε ένα μεγάλο βαθμό, προσιτός σε αυτούς.

Μία από τις καλύτερες φίλες της μητέρας μου, όταν ήταν μικρό κοριτσάκι, ήταν από αυτούς που δεν «έπιαναν» τα κλάσματα, όπως μου εκμυστηρεύτηκε η ίδια αφού είχε πια αποτραβηχτεί από μία επιτυχημένη καριέρα ως χορεύτρια μπαλέτου. Ήμουν νέος τότε, δεν είχα ακόμα ξεκινήσει πλήρως να δραστηριοποιούμε ως μαθηματικός, αλλά ήταν γνωστό ότι απολάμβανα το θέμα με το οποίο ασχολιόμουν. «Είναι όλες αυτές οι αναιρέσεις», μου είπε, «που δεν τους πήρα το κολάι». Ήταν μία κομψή και ευφυέστατη γυναίκα και χωρίς καμιά αμφιβολία οι πνευματικές ικανότητες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση μιας πολύπλοκης χορογραφίας, κάτι βασικό για το μπαλέτο, δεν είναι κατώτερες από αυτές που επικαλείται κανείς μπροστά σε ένα μαθηματικό πρόβλημα. Έτσι λοιπόν, υπερεκτιμώντας τις ικανότητές μου να εξηγώ αναλυτικά τα πράγματα, προσπάθησα, όπως είχαν κάνει και άλλοι στο παρελθόν, να της εξηγήσω την απλότητα και τη λογική της διαδικασίας της «αναίρεσης».

Οι προσπάθειές μου στέφθηκαν με την ίδια αποτυχία όπως και των προηγούμε-
ης
ή
για την κατανόηση επιστημονικών προβλημάτων. Πιθανόν το «αμείλικτο πρόσωπο» να είχε παίξει εδώ κάποιο ρόλο, αυτό όμως δεν το γνωρίζω). Μετά από βαθιά

σκέψη, σήμερα αναρωτιέμαι μήπως αυτή –και πολλοί άλλοι όπως αυτή– είχε μία
ή
μου φλυαρία εγώ δεν είχα προσέξει. Υπάρχει πράγματι ένα βαθύ ζήτημα που κα-
ή
φυσική, το οποίο πρωτοεμφανίζεται στη φαινομενικά αθώα πράξη της αλληλοαναίρεσης των όμοιων όρων από τον ονομαστή και παρονομαστή ενός συνηθισμένου αριθμητικού κλάσματος.

Όσοι θεωρούν απόλυτα φυσική την αναίρεση, λόγω της εξοικείωσης που προκαλεί η επανάληψη τέτοιου είδους πράξεων, πιθανόν να μη διαισθάνονται τη δυσκολία που ελλοχεύει πίσω από αυτή τη φαινομενικά απλή διαδικασία. Ίσως πολλοί από εκείνους που βρίσκουν την αναίρεση μυστηριώδη να διακρίνουν ένα βαθύτερο πρόβλημα που όσοι από εμάς προχωράμε με υπεροπτικό τρόπο, φαίνεται ότι το αγνοούμε. Για ποιο πρόβλημα πρόκειται; Αφορά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθηματικοί αποδίδουν μια ύπαρξη στις μαθηματικές τους οντότητες και τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι οντότητες σχετίζονται με τη φυσική πραγματικότητα.

Θυμάμαι μια φορά στο σχολείο, στην ηλικία περίπου των έντεκα χρόνων, ότι είχα αιφνιδιαστεί όταν ο δάσκαλος ρώτησε την τάξη τι είναι στην πραγματικότητα ένα κλάσμα (π.χ. το $\frac{3}{8}$)! Ακούστηκαν διάφορες προτάσεις, σχετικά με το μοίρασμα μιας πίττας και τα παρόμοια, όμως όλες απορρίφθηκαν από το δάσκαλο στην (ορθή) βάση ότι αναφέρονταν σε ανακριβείς φυσικές καταστάσεις, οι οποίες επικαλούνταν την ακριβή μαθηματική έννοια του κλάσματος, χωρίς όμως να λένε τι ακριβώς *είναι* αυτή η έννοια. Ακούστηκαν και ορισμένες άλλες απόψεις όπως ότι το $\frac{3}{8}$ είναι «κάτι με το 3 πάνω, το 8 κάτω και μια οριζόντια γραμμή στη μέση», και θυμάμαι με είχε εντυπωσιάσει εξαιρετικά το γογονός ότι ο δάσκαλος φαινόταν να παίρνει στα σοβαρά αυτές τις προτάσεις! Δεν θυμάμαι πώς κατέληξε η συζήτηση, όμως με την κατοπινή μου εμπειρία ως φοιτητής των μαθηματικών, μπορώ τώρα να διακρίνω ότι ο δάσκαλός μας είχε κάνει μία γενναία απόπειρα να μας παρουσιάσει τον ορισμό ενός κλάσματος με τη βοήθεια της πανταχού παρούσας μαθηματικής έννοιας της *κλάσης ισοδυναμίας*.

Για ποια έννοια πρόκειται; Πώς εφαρμόζεται σε αυτή την περίπτωση για να μας πει τι είναι ένα κλάσμα; Ας αρχίσουμε από το «κάτι με το 3 πάνω και το 8 κάτω» του συμμαθητή μου. Βασικά αυτή η πρόταση σημαίνει ότι ένα κλάσμα καθορίζεται από ένα διατεταγμένο ζεύγος ακέραιων αριθμών, στη συγκεκριμένη περίπτωση του 3 και του 8. Ωστόσο δε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι το κλάσμα *είναι* αυτό το διατεταγμένο ζεύγος, επειδή, για παράδειγμα, το κλάσμα $\frac{6}{16}$ είναι ο ίδιος αριθμός με το κλάσμα $\frac{3}{8}$, ενώ το ζεύγος (6,16) σίγουρα δε συμπίπτει με το ζεύγος (3,8). Αυτό προκύπτει απλά με μία αναίρεση, γιατί το $\frac{6}{16}$ μπορεί να γραφτεί ως $\frac{3\times 2}{8\times 2}$ και στη συνέχεια να αναιρεθεί το 2 από πάνω και από κάτω, δίνοντας με το ζεύγος (3,8); Η απάντηση των μαθηματικών –η οποία θα ακουστεί σαν μία περιστροφή– ενσωματώνει τον κανόνα της αναίρεσης στον ορισμό του κλάσματος: ένα ζεύγος ακέραιων αριθμών $(a \times n, b \times n)$ αναπαριστά το ίδιο κλάσμα όπως το ζεύγος (a, b) όταν ο n είναι ένας μη-μηδενικός ακέραιος αριθμός (και όπου ούτε ο b επιτρέπεται να είναι 0).

Ούτε αυτό όμως μας λέει τι είναι ένα κλάσμα· μας δίνει μόνο κάποιες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο αναπαριστούμε τα κλάσματα. Τι *είναι* λοιπόν ένα κλάσμα; Σύμφωνα με τη έννοια της «κλάσης ισοδυναμίας» των μαθηματικών, το κλάσμα $\frac{3}{8}$ για παράδειγμα, είναι απλώς η άπειρη συλλογή όλων των ζευγών

$$(3,8),\ (-3,-8),\ (6,16),\ (-6,-16),\ (9,24),\ (-9,-24),\ (12,32),\ \ldots$$

όπου κάθε ζεύγος μπορεί να προκύψει από κάθε άλλο με την επανάληψη του παραπάνω κανόνα της αναίρεσης.* Για την ολοκλήρωση του ορισμού, χρειάζεται να οριστεί η πρόσθεση, η αφαίρεση και ο πολλαπλασιασμός των άπειρων συλλογών ζευγών ακέραιων, για τους οποίους ισχύουν οι συνήθεις κανόνες της άλγεβρας, καθώς και η αντιστοίχιση κάθε ενός από τους ακέραιους με κάποιο ειδικό είδος κλάσματος.

Αυτός ο ορισμός καλύπτει ότι χρειαζόμαστε από μαθηματικής πλευράς για τα κλάσματα (όπως ότι το $\frac{1}{2}$ είναι ένας αριθμός, ο οποίος όταν προστεθεί στον εαυτό του δίνει τον αριθμό 1 κ.λπ.) και η πράξη της αναίρεσης, όπως είδαμε, ενσωματώνεται σε αυτόν. Ωστόσο αυτός ο ορισμός είναι τόσο τυπικός που γεννάται το ερώτημα αν πράγματι μπορεί να μεταφέρει τη διαισθητική έννοια τού τι είναι ένα κλάσμα. Παρόλο που αυτή η πανταχού παρούσα διαδικασία της κλάσης ισοδυναμίας είναι πολύ ισχυρή ως καθαρά μαθηματικό εργαλείο για την απόδειξη της συνέπειας και της μαθηματικής ύπαρξης, μπορεί να οδηγήσει σε υδροκέφαλες οντότητες. Για παράδειγμα σχεδόν δεν προσεγγίζει καθόλου τη διαισθητική έννοια του $\frac{3}{8}$! Δεν με εκπλήσσει που η φίλη της μητέρας μου μπερδευόταν.

Στη δική μου περιγραφή των μαθηματικών εννοιών θα προσπαθήσω να αποφύγω, στο μέτρο του δυνατού, εκείνη την μαθηματική τυπολατρία που οδηγεί στο να ορίσουμε ένα κλάσμα ως μία «κλάση ισοδυναμίας ζευγών», παρόλο που αυτό σίγουρα έχει την αξία του όσον αφορά τη μαθηματική αυστηρότητα και ακρίβεια. Εδώ, οι περιγραφές μου θα επικεντρωθούν περισσότερο στη μετάδοση της ιδέας που εμπεριέχεται σε πολλές σημαντικές μαθηματικές έννοιες. Ένα κλάσμα, όπως το $\frac{3}{8}$, είναι απλά κάτι που έχει την ιδιότητα ότι αν προστεθεί στον εαυτό του 8 φορές δίνει 3. Η μαγεία κρύβεται στο γεγονός ότι αυτή η ιδέα πράγματι ισχύει,

*Αυτή καλείται «κλάση ισοδυναμίας» γιατί στην ουσία είναι μία κλάση από οντότητες (οι οντότητες σε αυτή τη συγκεκριμένη κλάση είναι ζεύγη ακέραιων αριθμών) κάθε μία από τις οποίες είναι ισοδύναμη, υπό μία συγκεκριμένη έννοια, με κάθε άλλο μέλος της κλάσης.

παρά το γεγονός ότι δεν συναντάμε άμεσα πράγματα στο φυσικό κόσμο που να μπορούν να μετρηθούν με κλάσματα – τα κομμάτια της πίττας αποτελούν απλές προσεγγίσεις. (Αυτό δεν ισχύει για τους φυσικούς αριθμούς, όπως το 1,2,3, όπου πολυάριθμες οντότητες για τις οποίες έχουμε άμεση εμπειρία μπορούν να μετρηθούν με αυτούς). Ένας τρόπος για να διαπιστώσει κανείς ότι τα κλάσματα έχουν πράγματι μία συνεπή έννοια, είναι μέσω του ορισμού τους ως άπειρες συλλογές ζευγών ακέραιων, όπως είπαμε πριν. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι το $\frac{\;}{8}$ *είναι* μία τέτοια συλλογή. Είναι προτιμότερο να σκεφτόμαστε ότι το $\frac{\;}{8}$ είναι μία οντότητα με ένα είδος ανεξάρτητης (πλατωνικής) ύπαρξης και η άπειρη συλλογή ζευγών αποτελεί απλά ένα τρόπο να προσεγγίσουμε τη σύσταση αυτής της οντότητας. Με την εξοικείωση φαντάζει εύκολο να δεχτεί κανείς ότι μία έννοια όπως το $\frac{\;}{8}$ είναι κάτι το οποίο έχει τη δική του ύπαρξη, και η ιδέα της «άπειρης συλλογής ζευγών» αποτελεί απλώς ένα σχολαστικό τέχνασμα – ένα τέχνασμα που γρήγορα υποχωρεί από τη φαντασία μας όταν πλέον το έχουμε καταλάβει. Πολλά πράγματα στα μαθηματικά λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο.

Για τους μαθηματικούς (τουλάχιστον στην πλειοψηφία τους, απ' όσο μπορώ να [illegible] έχουμε δημιουργήσει εμείς, αλλά έχουν δική τους ζωή και σε ένα μεγάλο μέρος τους εναρμονίζονται με καταπληκτικό τρόπο με το φυσικό κόσμο. Δεν μπορούμε να κατανοήσουμε σε βάθος τους νόμους που διέπουν το φυσικό κόσμο αν δεν εισέλθουμε στον κόσμο των μαθηματικών. Συγκεκριμένα, η προαναφερθείσα έννοια [illegible] φυσική. Στη μοντέρνα φυσική είναι αδύνατο να αποφύγει κανείς να έρθει αντιμέτωπος με τις λεπτές έννοιες ακόμα πολυπλοκότερων μαθηματικών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αφιέρωσα τα 16 πρώτα κεφάλαια αυτού του έργου στην περιγραφή μαθηματικών εννοιών.

Τι θα μπορούσα να συμβουλεύσω τον αναγνώστη για να τα βγάλει πέρα με αυτά; Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά επίπεδα στα οποία μπορεί να γίνει η ανάγνωση αυτού του βιβλίου. Ίσως είσαστε από εκείνους τους αναγνώστες, στο ένα άκρο, οι οποίοι απλώς αλλάζουν δρόμο κάθε φορά που εμφανίζεται ένας μαθηματικός τύπος μπροστά τους (μερικοί από αυτούς τους αναγνώστες δυσκολεύονται σίγουρα και με τα κλάσματα). Νομίζω ότι ακόμα και αν ισχύει αυτό, έχετε κάτι να κερδίσετε διαβάζοντας αυτό το βιβλίο, απλώς παραλείποντας όλους τους τύπους και διαβάζοντας μόνο το κείμενο. Υποθέτω ότι αυτό μοιάζει με τότε που εγώ ξεφύλλιζα τα περιοδικά για το σκάκι, τα οποία βρίσκονταν διασκορπισμένα στο σπίτι ή

των αδελφών και των γονιών μου, αλλά εμένα δεν με ενδιέφερε και τόσο πολύ. Το μόνο που απολάμβανα ήταν να διαβάζω για τα κατορθώματα των εξαιρετικών και συχνά παράξενων τύπων που αφιέρωναν τη ζωή τους σε αυτό το παιχνίδι. Κάτι όμως κέρδισα διαβάζοντας για τις πανέξυπνες κινήσεις που συχνά έκαναν, ακόμα και αν δεν τις καταλάβαινα· δεν έκανα όμως καμία προσπάθεια να παρακολουθήσω

ή

και επιμορφωτική αυτή τη δραστηριότητα, η οποία κατάφερνε να μου τραβήξει την προσοχή. Ομοίως, ελπίζω ότι οι μαθηματικές περιγραφές που δίνω σε αυτό το βιβλίο θα μπορούσαν να παρουσιάσουν κάποιο ενδιαφέρον ακόμα και για ορισμένους βαθιά αντι-μαθηματικούς αναγνώστες αν, από γενναιότητα ή περιέργεια, επιλέξουν να με ακολουθήσουν σε αυτό το ταξίδι εξερεύνησης των μαθηματικών και φυσικών εννοιών που φαίνεται πως κυβερνούν το σύμπαν. Μη διστάσετε να παραλείψετε εξισώσεις (συχνά το κάνω και εγώ ο ίδιος) και, αν θέλετε, ακόμα και ολόκληρα

ά

βαριά! Υπάρχει μεγάλη ποικιλία όσον αφορά τη δυσκολία και την εξειδίκευση των θεμάτων, και ίσως κάποιο άλλο κεφάλαιο να σας αρέσει. Μπορείτε απλά να επιλέξετε να ξεφυλλίσετε και να ψάξετε. Ελπίζω ότι οι εκτεταμένες παραπομπές θα αποδειχθούν αρκετές για να φωτίσουν τις άγνωστες έννοιες, δίνοντας τη δυνατότητα να εντοπιστούν οι απαραίτητες ιδέες και ο συμβολισμός, γυρνώντας πίσω σε αδιάβαστες ενότητες για επεξηγήσεις.

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, μπορεί να είσαστε ένας αναγνώστης προετοιμασμένος να μελετά μαθηματικούς τύπους κάθε φορά που αυτοί παρουσιάζονται, αλλά να μην έχετε τη διάθεση (ή το χρόνο) να επιβεβαιώνετε μόνοι σας τις προτάσεις που παραθέτω. Η επιβεβαίωση αυτή αποτελεί σε πολλές περιπτώσεις τη λύση μιας άσκησης από αυτές που βρίσκονται διασκορπισμένες στα μαθηματικά μέρη αυτού του βιβλίου. Μπορείτε κάλλιστα να εμπιστευθείτε, αν θέλετε, αυτές τις προτάσεις και δεν θα χάσετε τίποτα από τη συνέχεια αν επιλέξετε να το κάνετε.

Αν από την άλλη είσαστε ένας από τους αναγνώστες που επιθυμούν να αποκτήσουν μία ευκολία με τις διάφορες (σημαντικές) μαθηματικές έννοιες που πα-

ω

ότι οι ασκήσεις που δίνω θα σας βοηθήσουν σημαντικά να καλλιεργήσετε αυτές τις ικανότητες. Στα μαθηματικά πάντα συμβαίνει η άμεση σκέψη πάνω σε ένα πρόβλημα να επιφέρει πολύ βαθύτερη κατανόηση την απλή ανάγνωση. (Αν θέλετε τις λύσεις, μπορείτε να κοιτάξετε στην ιστοσελίδα `www.roadsolutions.ox.ac.uk`).

Τέλος, πιθανόν να είσαστε κάποιος ειδικός επί του θέματος και σε αυτήν την περίπτωση δεν θα έχετε κανένα πρόβλημα με τα μαθηματικά (τα περισσότερα από τα οποία θα σας φανούν ιδιαιτέρως οικεία) και δε θα θέλετε να χάσετε χρόνο με τις ασκήσεις. Ίσως όμως να βρείτε ότι έχετε κάτι να κερδίσετε από τη δική μου [illegible] ή (και μερικές φορές πολύ διαφορετική) από τη συνηθισμένη. Ίσως να είσαστε περίεργοι να μάθετε τη δική μου γνώμη για ένα πλήθος από μοντέρνες θεωρίες (π.χ. την υπερσυμμετρία, την πληθωριστική κοσμολογία, τη φύση της μεγάλης έκρηξης, τις μαύρες τρύπες, τη θεωρία χορδών ή θεωρία Μ, τις μεταβλητές βρόχων στην κβαντική βαρύτητα, τη θεωρία συστροφέων, ακόμα και για τα ίδια τα θεμέλια της κβαντικής θεωρίας). Αναμφίβολα θα ανακαλύψετε ότι διαφωνείτε μαζί μου σε πολλά από αυτά τα θέματα. Αλλά η αντιπαράθεση παίζει ένα σημαντικότατο ρόλο στην ανάπτυξη της επιστήμης και γι' αυτό το λόγο δεν μετανοώ καθόλου που εκφράζω απόψεις οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν, εν μέρει, αντίθετες με ορισμένες από τις συνήθεις δραστηριότητες της μοντέρνας θεωρητικής φυσικής.

Θα μπορούσε να πει κανείς ότι αυτό το βιβλίο, στην πραγματικότητα, πραγματεύεται τη σχέση μεταξύ μαθηματικών και φυσικής, καθώς και τον τρόπο με τον [illegible] ν έρευνα για μία καλύτερη θεωρία του σύμπαντος. Ένα ουσιαστικό στοιχείο, που καθοδηγεί πολλές εξελίξεις σήμερα, είναι η κριτική της ομορφιάς, του βάθους και της πολυπλοκότητας των μαθηματικών μιας θεωρίας. Είναι σαφές ότι αυτές οι μαθηματικές επιρροές είναι ζωτικής σημασίας, όπως συμβαίνει σε μερικές από τις πιο εντυπωσιακά επιτυχημένες θεωρίες τού 20^{ού} αιώνα: η εξίσωση του ηλεκτρονίου του Dirac, το γενικό πλαίσιο της κβαντικής μηχανικής και η γενική σχετικότητα [illegible] η παρατηρησιακή επιβεβαίωση— υπήρξε το ύψιστο κριτήριο για την αποδοχή τους. Όμως, για πολλές από τις μοντέρνες προτάσεις σχετικά με το δρόμο που πρέπει να ακολουθήσουμε για την προαγωγή της κατανόησης των νόμων του σύμπαντος, δεν είναι διαθέσιμα κατάλληλα φυσικά κριτήρια – δηλαδή πειραματικά δεδομένα, ούτε καν η δυνατότητα πειραματικής επαλήθευσης. Θα μπορούσαμε λοιπόν να αναρωτηθούμε αν οι μαθηματικές επιθυμίες, οι οποίες είναι οι μόνες στις οποίες έχουμε πρόσβαση, επαρκούν ως κριτήριο για να εκτιμήσουμε τις πιθανότητες επιτυχίας αυτών των ιδεών. Το ερώτημα είναι λεπτό και σε αυτό εδώ το βιβλίο θα προσπαθήσω να θέσω ζητήματα που νομίζω ότι δεν έχουν συζητηθεί αρκετά ως τώρα.

Παρόλο που σε ορισμένα σημεία παρουσιάζω απόψεις που θα μπορούσαν να θεωρηθούν εριστικές, έχω επίπονα προσπαθήσει να καταστήσω σαφές στον αναγνώστη ότι παίρνω αυτή την ελευθερία. Κατά συνέπεια, αυτό το βιβλίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν ένας πραγματικός οδηγός για τις θεμελιώδεις ιδέες (και τα ερωτήματα) της μοντέρνας φυσικής. Είναι κατάλληλο για εκπαιδευτική χρήση, ως μία αξιόπιστη εισαγωγή στην μοντέρνα φυσική – με την έννοια που παίρνει αυτό το αντικείμενο καθώς διαβαίνουμε τα πρώτα χρόνια της 3^{ης} χιλιετίας.