ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή εργασία

ΝΕΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΤΡΟΠΙΚΗΣ ΤΥΡΒΗΣ

Μιχάλης Πιερής

Λεμεσός 2017

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μεταπτυχιακή εργασία

ΝΕΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΤΡΟΠΙΚΗΣ ΤΥΡΒΗΣ

Μιχάλης Πιερής

Σύμβουλος καθηγητής

Δρ.Ευάγγελος Ακύλας

Λεμεσός 2017

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Μιχάλης Πιερής, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής εργασίας μου, κ. Ευάγγελο Ακύλα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την υπομονή του και τη βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια της δουλειάς μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι να φέρει νέα κατανόηση στον τομέα της ισοτροπικής τύρβης. Οι επαναλαμβανόμενες προσεγγιστικές θεωρίες (RPTs) είναι μαθηματικά σχέδια που είναι το πλησιέστερο πράγμα που έχουμε σε μια θεμελιώδη θεωρία ισότροπης τύρβης. Οι σύγχρονες άμεσες αριθμητικές προσομοιώσεις (DNS) ισοτροπικής τύρβης έχουν φτάσει σε αρκετά υψηλούς αριθμούς Reynolds έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά των ενδιαφερόντων φαινομένων μπορούν πλέον να αναγνωριστούν με σαφήνεια. Επίσης, δεν υπάρχει λεπτομερής αξιολόγηση των RPT έναντι πραγματικών δεδομένων. Προτείνουμε μια νέα μέθοδο αξιολόγησης των RPT έναντι του σύγχρονου DNS. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον ρυθμό τυπικής διάλυσης (modal decay rate) η(k), ο οποίος είναι το ημι-εμπειρικό συστατικό μιας απλοποίησης των RPTs που ονομάζεται προσέγγιση markovian (EDQNM). Έχει επίσης ένα συγκεκριμένο νόημα μέσα στην αρχική θεωρία. Για ένα σύνολο δεδομένων DNS θα εκτελέσουμε το EDQNM αντίστροφα για να λάβουμε το η(k) που αντιστοιχεί στο DNS. Δηλαδή, θα μπορέσουμε να κωδικοποιήσουμε τη φαινομενολογία σε ένα θέμα το οποίο μεταφέρει εν μέρει τη δυναμική του EDQNM και μεταφέρει σημαντικές πληροφορίες για τη δυναμική της θεωρίας. Προκαταρκτική μη δημοσιευμένη εργασία έδειξε ότι το η(k) που λαμβάνεται με τον τρόπο αυτό έχει διαφορές σε σχέση με το EDQNM που παρουσιάζουν αναγνωρίσιμα πρότυπα που μπορούν να μελετηθούν και να περιγραφούν μέσω απλών αναλυτικών συναρτήσεων. Παρομοίως, οι προβλέψεις των RPT, μετά την κωδικοποίηση και την εφαρμογή για το σύνολο των περιπτώσεων DNS που μας ενδιαφέρουν, θα εξεταστούν ποσοτικά λεπτομερώς. Η θεωρία λειτουργεί σε βαθύτερο επίπεδο απ 'ότι η προσέγγιση markovian, δηλαδή, των δύο λειτουργιών συσχέτισης. Το σχήμα των λειτουργιών συσχετισμού σε σχέση με το χρόνο καθορίζει το η(k). Ως εκ τούτου, η συγκριτική ανάλυση θα επεκταθεί τώρα στις RPT που θα μας επιτρέψουν να εντοπίσουμε συγκεκριμένες δυναμικές αδυναμίες της θεωρίας. Τέλος, με τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν, θα αναπτυχθούν νέες εξαιρετικά αποτελεσματικές προσεγγίσεις markovian και θα προταθούν ειδικές τροποποιήσεις / αναδιατυπώσεις της θεωρίας.

ABSTRACT

The aim of the project is to bring new understanding in the field of isotropic turbulence. The renormalized perturbation theories (RPTs) are mathematical schemes which are the nearest thing we have to a fundamental theory of isotropic turbulence. The modern direct numerical simulations (DNS) of isotropic turbulence have reached high enough Reynolds numbers so that the characteristics of interesting phenomena can now be identified with clarity. Also, a detailed assessment of RPTs against real data is lacking. We propose a novel method to assess the RPTs against the modern DNS. The method employs the modal decay rate $\eta(k)$, which is the semi-empirical ingredient of a simplification of the RPTs called markovian approximation (EDQNM). It also possesses a specific meaning within the original theory. For a given set of DNS data we will run the EDQNM in reverse in order *to obtain* the $\eta(k)$ *corresponding to the DNS*. That is, we will be able to encode the phenomenology on an object which carries, in part, the dynamics of the EDQNM and carries important information about the dynamics of the theory. Preliminary unpublished work has shown that the $\eta(k)$'s obtained this way have differences with respect to the EDQNM which show identifiable patterns that can be studied and described through simple analytical functions. Similarly the predictions of the RPTs, after coding and implementation for the set of DNS cases of interest, will be examined quantitatively in detail. The theory operates at a deeper level than the markovian approximation, that is, that of their two-time correlations functions. The shape of the correlation functions with respect to time determines the $\eta(k)$. Hence, the comparative analysis will be now extended to the RPTs allowing us to identify specific dynamical weaknesses of the theory. Finally, with the information acquired, new highly effective markovian approximations will be developed and specific modifications/reformulations of the theory will be suggested.