

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ - ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Τάτσιου Γιώργου,

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού, Μ.Δ.Ε.

Προσκαλούμε τους μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές μας, τα μέλη Δ.Ε.Π., τους διδάσκοντες του Τμήματος και κάθε ενδιαφερόμενο, στη δημόσια υποστήριξη της Διδακτορικής Διατριβής του κ. Τάτσιου Γιώργου με τίτλο:

**ADVANCED DETERMINISTIC AND STOCHASTIC KINETIC MODELING
OF GASEOUS MICROSCALE TRANSPORT PHENOMENA**

Η θεωρητική και υπολογιστική μελέτη φαινομένων μεταφοράς μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία σε καταστάσεις αραιοποίησης είναι ένας από τους πιο ενδιαφέροντες και απαιτητικούς κλάδους της μηχανικής και της φυσικής. Αυτό το πεδίο έρευνας αποκτά όλο και περισσότερη προσοχή τα τελευταία χρόνια, καθώς τέτοιες καταστάσεις απαντώνται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών, από μικρό- αισθητήρες, επιταχυνσιόμετρα και χρωματογράφους έως μεγάλα και πολύπλοκα δίκτυα άντλησης και μεταφοράς αερίων σε αντιδραστήρες ελεγχόμενης θερμοπυρηνικής σύντηξης και επιταχυντές σωματιδίων. Η συμπεριφορά των αερίων σε καταστάσεις αραιοποίησης δεν μπορεί να περιγραφεί από τις συμβατικές προσεγγίσεις της ρευστοδυναμικής που βασίζονται στις εξισώσεις Navier-Stokes-Fourier λόγω του περιορισμένου αριθμού των συγκρούσεων μεταξύ των μορίων του αερίου που οδηγεί σε μεγάλες αποκλίσεις από την θερμοδυναμική ισορροπία. Η μοντελοποίηση φαινομένων σε τέτοιες συνθήκες βασίζεται στην κινητική θεωρία των αερίων μέσω της εξίσωσης Boltzmann, αυξάνοντας σημαντικά την πολυπλοκότητα και το υπολογιστικό κόστος των προσομοιώσεων.

Στην παρούσα διατριβή, οι κινητικές προσομοιώσεις βασίζονται στις πλέον καθιερωμένες ντετερμινιστικές και στοχαστικές μεθόδους, αυτές των διακριτών ταχυτήτων (DVM) και της απευθείας προσομοίωσης Monte Carlo (DSMC) αντίστοιχα. Καινοτόμες επεκτάσεις εισάγονται και για τις δύο μεθοδολογίες. Οι καινοτομίες σε συνδυασμό με την μέθοδο διακριτών ταχυτήτων περιλαμβάνουν την ανάπτυξη και εφαρμογή α) ημι-αναλυτικού αριθμητικού σχήματος που βασίζεται στην μέθοδο των χαρακτηριστικών για την επίλυση των κινητικών εξισώσεων υπό την επίδραση εξωτερικών πεδίων δυνάμεων, β) αλγόριθμο προέλασης για την επίλυση των κινητικών εξισώσεων σε αδόμητα πλέγματα και περίπλοκες γεωμετρίες και γ) αριθμητικού σχήματος επιτάχυνσης της σύγκλισης της μεθόδου διακριτών ταχυτήτων που επιδρά και στους οριακούς κόμβους και βασίζεται σε ημίπειρες ροπές των κινητικών εξισώσεων χρησιμοποιώντας τα πολώνυμα Hermite ημίπειρου χωρίου. Η καινοτομία σε συνδυασμό με

την μέθοδο απευθείας προσομοίωσης Monte Carlo περιλαμβάνει τη διάσπαση της λύσης σε δύο επιμέρους τμήματα που αντιστοιχούν στα σωματίδια που φτάνουν σε κάποιο σημείο του πεδίου με και χωρίς ενδομοριακές αλληλεπιδράσεις. Η ακρίβεια και αποδοτικότητα των καινοτόμων επεκτάσεων και των αντιστοιχών αλγορίθμων επιβεβαιώνονται και πιστοποιούνται λύνοντας πρότυπα προβλήματα του κλάδου.

Στη συνέχεια, οι προσεγγίσεις αυτές εφαρμόζονται για την μελέτη και κατανόηση θεωρητικών φαινομένων μεταφοράς μικροκλίμακας. Με βάση τη μεθοδολογία διάσπασης της λύσης DSMC ερμηνεύονται απρόσμενα και δυσνόητα φαινόμενα ροής και μεταφοράς θερμότητας σε κοιλότητες με μη-ισοθερμοκρασικά τοιχώματα, καθώς και σε πλήρως ανεπτυγμένες ροές λόγω κλίσης πίεσης σε αγωγούς μεγάλου μήκους. Εξηγούνται ποσοτικά στη πρώτη περίπτωση η εμφάνιση ροής αντίθετη από την αναμενόμενη λόγω θερμικού ερπυσμού και η μη μονότονη αύξηση του ρυθμού μεταφοράς θερμότητας ως προς το λόγο θερμοκρασίας των τοιχωμάτων, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το γνωστό παράδοξο του Knudsen που αναφέρεται στην εμφάνιση ελάχιστης παροχής στην μεταβατική περιοχή. Σε όλες τις περιπτώσεις τα φαινόμενα μεταφοράς ερευνώνται διασπώντας τη λύση στα δύο επιμέρους τμήματα και υπολογίζοντας την επίδραση του καθενός στην συνολική παροχή και θερμοροή. Επίσης, εφαρμόζοντας το ημι-αναλυτικό σχήμα DVM σε ροή υπό την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων προέκυψαν ενδιαφέρουσες πολυτροπικές συναρτήσεις κατανομής σωματιδίων που εκτιμάται ότι οφείλονται στη δράση και άλλων δυνάμεων, επιπλέον των ενδομοριακών συγκρούσεων, στα μόρια του αερίου.

Επιπλέον, κάνοντας χρήση των αποδοτικών και πρωτοπόρων υπολογιστικών προσεγγίσεων γίνεται υπολογιστική μελέτη ροής και μεταφοράς θερμότητας σε διατάξεις που απαντώνται σε μικροηλεκτρομηχανολογικά εξαρτήματα και σε συσκευές που λειτουργούν σε περιβάλλον χαμηλής πίεσης. Βρίσκεται το εύρος εφαρμογής, σε σχέση με τις παραμέτρους της ροής, των λεγόμενων πεπλεγμένων οριακών συνθηκών σε ροές λόγω κλίσης πίεσης. Γίνεται, επίσης, μία λεπτομερής παραμετρική ανάλυση διαφόρων διατάξεων που απαντώνται στον σχεδιασμό μικροαντλιών χωρίς κινούμενα μέρη εξετάζοντας διαφορετικές γεωμετρίες και αποτιμώντας τις δυνατότητές τους. Τέλος, παρουσιάζεται ανάλυση αβεβαιότητας με βάση τη μέθοδο Monte Carlo σε τυπικές διατάξεις ροής και μεταφοράς θερμότητας αποσκοπώντας στην αναβάθμιση του σχεδιασμού διατάξεων και συσκευών που λειτουργούν σε συνθήκες υψηλής αραιοποίησης.

Συνοψίζοντας, η παρούσα διατριβή περιλαμβάνει καινοτομίες στην υπολογιστική κινητική θεωρία και επίλυση κινητικών εξισώσεων, στην πληρέστερη κατανόηση φαινομένων μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία καθώς και σε διάφορα θέματα που αφορούν τον σχεδιασμό συσκευών και διατάξεων. Ελπίζεται ότι οι θεωρητικές, υπολογιστικές και τεχνολογικές καινοτομίες της παρούσας διατριβής θα φανούν χρήσιμες στις επιστημονικές περιοχές της αραιοποιημένης αεριοδυναμικής, της τεχνολογίας κενού και των μικροηλεκτρομηχανολογικών εξαρτημάτων.

Τρίτη, 15 Ιανουαρίου 2019, ώρα 13:00

Αίθουσα Τηλεδιάσκεψης Τμήματος Χωροταξίας (2ος όροφος), Πεδίον Άρεως, Βόλος