



ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιστημονική Διάλεξη

Τετάρτη 22-2-2023 και ώρα 12:00' μ.

«Βέλτιστος σχεδιασμός συστημάτων απαγωγής θερμότητας και σωματιδίων στους αντιδραστήρες θερμοπυρηνικής σύντηξης»

Δρ. Στυλιανός Βαρούτης

Karlsruhe Institute of Technology (KIT),

Institute for Technical Physics, Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

Αμφιθέατρο 2 (Μικρό αμφιθέατρο)

Σχολή Θετικών Επιστημών, Κτήριο Α, Λαμία

Θα γίνει αναμετάδοση και μέσω [MSTEAMS](#)

Περίληψη

Η σημασία της απαγωγής θερμότητας και σωματιδίων στους αντιδραστήρες θερμοπυρηνικής σύντηξης (Tokamaks και Stellarators) γίνεται καλύτερα κατανοητή με την εξέταση της περίπτωσης του αντιδραστήρα ITER. Ο divertor του ITER, ο οποίος αποτελεί το βασικό τμήμα του αντιδραστήρα για την απαγωγή θερμότητας και σωματιδίων από το εσωτερικό του, παρέχει ποσοτικούς και λειτουργικούς περιορισμούς των κρίσιμων ιδιοτήτων που αφορούν το πλάσμα. Πιο συγκεκριμένα, ο divertor του ITER πρέπει να απαγάγει ένα σημαντικό μέρος της ισχύος θερμότητας λόγω σωματιδίων άλφα (περίπου 300 MW). Στην περίπτωση αυτή η προτεινόμενη λύση είναι το μέγιστο φορτίο ισχύος στην επιφάνεια του divertor να μην υπερβαίνει τα 5 MW/m². Επίσης, ο divertor πρέπει να απάγει το παραγόμενο από την σύντηξη αέριο Ήλιο με ρυθμό παραγωγής στο κύριο πλάσμα (5×10^{20} άτομα He/δευτερόλεπτο). Επιπρόσθετα, το σύστημα απαγωγής σωματιδίων πρέπει να διατηρεί την πυκνότητα του πλάσματος στον πυρήνα του αρκετά υψηλή αποτελώντας έτσι τον κύριο μηχανισμό ελέγχου της παραγωγής ισχύος σύντηξης. Αυτοί οι στόχοι απαγωγής της θερμότητας και των σωματιδίων πρέπει να επιτευχθούν, διατηρώντας παράλληλα χαμηλά και αποδεκτά επίπεδα

πυκνότητας διαφόρων παραγώγων αερίων της σύντηξης (impurities), όπως π.χ. τα αέρια Αργό, Νέον. Τέλος, για να διατηρηθεί η μέγιστη ενεργειακή απόδοση του αντιδραστήρα, αναμένεται ότι πρέπει να διατηρείται χαμηλή η πυκνότητα ουδέτερων σωματιδίων στον πυρήνα του πλάσματος, ενώ στην περιοχή του divertor να διατηρείται υψηλή πυκνότητα ουδέτερων σωματιδίων για την πιο αποδοτική άντληση των αερίων από το εσωτερικό του. Με βάση τις παραπάνω αυστηρές προδιαγραφές, αποφασίστηκε για τον ITER η επιλογή ενός divertor σε σχήμα „single null“.

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα, η ομιλία αυτή θα επικεντρωθεί κυρίως στις πρόσφατες δραστηριότητες της ευρωπαϊκής κοινότητας Θερμοπυρηνικής Σύντηξης (EUROfusion consortium) για τη μελέτη και το σχεδιασμό συστημάτων απαγωγής θερμότητας και σωματιδίων (π.χ. βέλτιστος σχεδιασμός divertor, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων κενού) των υφιστάμενων καθώς και των μελλοντικών αντιδραστήρων σύντηξης, με απώτερο στόχο την κατασκευή ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας (power plant), όπως για παράδειγμα ο σταθμός παραγωγής ενέργειας DEMO (DEMOstration), διάδοχος του ITER. Επιπλέον, θα επισημανθούν τα αντίστοιχα διαθέσιμα αριθμητικά εργαλεία για την πραγματοποίηση του σχεδιασμού και της βελτιστοποίησης συστημάτων απαγωγής θερμότητας και σωματιδίων. Με τη μετάβαση από τον ITER στον DEMO, η σύντηξη θα μετατραπεί από μια επιστημονικά καθοδηγούμενη, εργαστηριακή άσκηση σε ένα βιομηχανικά και τεχνολογικά καθοδηγούμενο πρόγραμμα. Ένα βασικό κριτήριο για το DEMO είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και πρέπει να καταδείξει τις απαραίτητες τεχνολογίες όχι μόνο για τον έλεγχο ενός ισχυρότερου πλάσματος αλλά και για την ασφαλή και σταθερή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για την αξιόπιστη συντήρηση του αντιδραστήρα. Ο σχεδιασμός μιας τέτοιας μονάδας πρέπει να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τις απαιτήσεις της φυσικής, αλλά και τους περιορισμούς της μηχανικής και της τεχνολογίας.

Η θεμελίωση του DEMO είναι ο σημερινός στόχος του ευρωπαϊκού προγράμματος σύντηξης (EUROfusion Fusion Physics & Technology), ενώ οι τρέχουσες δραστηριότητες σε όλους τους τομείς της σύντηξης υποστηρίζουν ενεργά αυτόν τον προκαθορισμένο χάρτη δραστηριοτήτων (EUROfusion roadmap).



Σύντομο βιογραφικό σημείωμα

Ο Δρ Στυλιανός Βαρούτης γεννήθηκε στην Αθήνα το 1980. Πήρε το δίπλωμά του από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το 2004 και το μεταπτυχιακό και διδακτορικό του δίπλωμα στη Δυναμική Αραιοποιημένων Αερίων (Rarefied Gas Dynamics) από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας το 2006 και το 2009, αντίστοιχα. Μετακόμισε στο Ινστιτούτο Τεχνικής Φυσικής του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Καρλσρούης (Karlsruhe Institute of Technology, KIT), το 2009, ως υπότροφος EFDA Fusion Researcher Fellow. Έκτοτε, εργάζεται στο KIT ως κύριος ερευνητής με μονιμότητα. Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Δρ. Βαρούτη επικεντρώνονται στην υπολογιστική και πειραματική μελέτη των φαινομένων μεταφοράς σε ροές αραιοποιημένων αερίων σε διάφορα επιστημονικά και τεχνολογικά πεδία, όπως η αεριο-θερμοδυναμική μεγάλων υψομέτρων, η μικρορευστομηχανική και ροές υπό συνθήκες κενού. Η διεύρυνση των εφαρμογών της δυναμικής των αραιοποιημένων αερίων είναι ένας από τους μακροπρόθεσμους ερευνητικούς του στόχους. Ο Δρ. Βαρούτης συντονίζει μια ομάδα ερευνητών στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καρλσρούης (KIT). Η ερευνητική ομάδα έχει αναπτύξει επιταχυνόμενους υπολογιστικούς αλγόριθμους και επιλυτές βασιζόμενοι σε ντετερμινιστικές καθώς και σε στοχαστικές μεθόδους, όπως πχ. η μέθοδος Direct Simulation Monte Carlo, οι οποίες επιλύουν τόσο την εξίσωση Boltzmann όσο και τα αντίστοιχα κινητικά μοντέλα. Τέτοιες υπολογιστικές τεχνικές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στη μελέτη ροών χαμηλής ταχύτητας ή/και χρονικά μεταβαλλόμενων ροών και έχουν επιτρέψει την αντιμετώπιση αρκετών δύσκολων προβλημάτων στην επιστήμη και την τεχνολογία του κενού, καθώς και σε διάφορους τομείς της ελεγχόμενης θερμοπυρηνικής πυρηνικής σύντηξης.