

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

(1) ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	Πολυτεχνική		
ΤΜΗΜΑ	Μηχανολόγων Μηχανικών		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	Προπτυχιακό		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	EN2500	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	8 ^ο
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Ρεολογία και Μορφοποίηση Πολυμερών Υλικών		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ <i>σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων</i>		ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
Διαλέξεις		5	6
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).			
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ <i>Υποβάθρου, Γενικών Γνώσεων, Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων</i>	Υποβάθρου, Επιστημονικής Περιοχής		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	-		
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	Ναι		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)	http://www.mie.uth.gr/?page_id=10711		

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα <i>Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.</i> <i>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</i> - Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης - Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης <i>και Παράρτημα Β</i> - Περίληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων
Το παρόν μάθημα έχει σαν στόχο να εφοδιάσει τους προπτυχιακούς φοιτητές με τις αναγκαίες γνώσεις για να κατανοήσουν τις βασικές αρχές: ρεολογίας και τεχνολογίας των πολυμερών. Αρχικά παρουσιάζεται στους φοιτητές η έννοια του πολυμερούς, ποιες οι βασικές του ιδιότητες (π.χ. μέσο μοριακό βάρος, θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης, μοριακή αρχιτεκτονική μακρομορίων), έτσι ώστε να κατανοηθεί πως τα πολυμερή και γιατί διαφέρουν από άλλα κοινά υλικά. Ακολούθως, παρουσιάζεται στους φοιτητές η έννοια του ιξώδους μη-Νευτωνικού ρευστού μέσω διαφόρων καταστατικών εξισώσεων. Κατόπιν οι καταστατικές εξισώσεις χρησιμοποιούνται για να αναλυθούν μονοδιάστατα προβλήματα ροής σε γεωμετρίες τύπου αγωγού και παραλλήλων πλακών. Εν συνεχεία, οι φοιτητές εισάγονται στα βασικά είδη ρεολογικών μετρήσεων πολυμερικών τηγμάτων και διαλυμάτων: τριχοειδής ιξωδομετρία και δείκτες ροής τήγματος οι οποίες συνοδεύονται με υπολογισμούς και παλινδρόμηση πειραματικών δεδομένων. Κατόπιν γίνεται εισαγωγή στην έννοια της ιξωδοελαστικότητας. Παρουσιάζονται οι έννοιες του εκτατικού ιξώδους (και της αντοχής τήγματος) και των ορθών τάσεων και ο τρόπος με τον οποίο μετρώνται. Στη συνέχεια γίνεται εισαγωγή στα προβλήματα ασταθειών πολυμερικών τηγμάτων οι οποίες παρουσιάζονται κατά την έξοδό τους από κανάλια ροών. Γίνεται σύνδεση της ελαστικής συμπεριφοράς

των πολυμερικών τηγμάτων με το είδος και το εύρος της αστάθειας. Ακολουθώντας, οι φοιτητές εισάγονται στις δυναμικές ρεολογικές μετρήσεις και πως μπορεί κανείς να αντλήσει από αυτές πληροφορίες για την μοριακή αρχιτεκτονική καθώς και πως συνδέεται με τις τελικές ιδιότητες του προϊόντος. Το επόμενο κομμάτι της ύλης είναι αφιερωμένο στη βασική μέθοδο κατάσκευής πολυμερικών προϊόντων, την εκβολή μονοκόχλιων εκβολέων. Εισάγονται τα είδη των εκβολέων, η δομή και η γεωμετρία του κοχλίου καθώς επίσης και πως μοντελοποιείται η ροή του πολυμερούς εντός του κοχλίου. Παρουσιάζονται επίσης στοιχεία αναμεικτών που τοποθετούνται στο τέλος του κοχλίου και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ομογενοποίηση του τήγματος με άλλα στοιχεία όπως πληρωτές, χρώμα κτλ. Διεξάγονται αναλυτικοί υπολογισμοί για ροπή και κατανάλωση ισχύος εκβολέα. Στη συνέχεια αναλύονται τα είδη κεφαλών και τρόποι εκβολής για παραγωγή φίλμ, υμενίων, σωλήνων και τύπου προφίλ. Μέρος της ανάλυσης αφιερώνεται σε περιγραφή της ροής εντός των κεφαλών μέσω υπολογισμών και πως επηρεάζεται από την ρεολογία του πολυμερούς. Στη συνέχεια παρουσιάζεται και υπολογίζεται η μετάδοση θερμότητας στον εκβολέα και στην κεφαλή. Παρουσιάζονται και αναλύονται τρόποι σχεδιασμού κεφαλών εκβολής μέσω υπολογισμών μονοδιάστατης ροής και λογισμικών προσομοίωσης ροών, σε συνδυασμό με πραγματικά δεδομένα ρεολογικών μετρήσεων.

Κατόπιν της επιτυχούς παρακολούθησης του μαθήματος, οι φοιτητές θα είναι σε θέση να

- αναγνωρίζουν και να κατανοούν τις τυπικές ιδιότητες των πολυμερών,
- επιλύουν και να αναλύουν προβλήματα μονοδιάστατων ροών μη-Νευτωνικού ιξώδους ρευστού σε τυπικές γεωμετρίες (αγωγός, παράλληλες πλάκες),
- γνωρίζουν την αρχή λειτουργίας ενός τριχοειδούς ιξωδομέτρου και να αναλύουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων για ρεολογική κατηγοριοποίηση και διαχωρισμό των πολυμερών,
- γνωρίζουν τον τρόπο μέτρησης και να αναλύουν τον δείκτη ροής τηγμάτων πολυμερών, ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται εκτενώς στην βιομηχανία για έλεγχο ποιότητας πάσης φύσεως πλαστικών προϊόντων,
- γνωρίζουν τον τρόπο μέτρησης του εκτατικού ιξώδους πολυμερικών τηγμάτων και της αντοχής τήγματος, που χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία παρασκευής φίλμ, φύλλων και υμενίων,
- γνωρίζουν, να αναγνωρίζουν και να αναλύουν τα είδη ασταθειών κατά την έξοδο του υλικού από κανάλια εκβολής και πως ο τύπος του πολυμερούς επηρεάζει το είδος και το εύρος της αστάθειας και κατ' επέκταση τη γεωμετρία και την επιφάνεια του προϊόντος,
- γνωρίζουν την αρχή λειτουργίας δυναμικών μετρήσεων και να αναλύουν τα αποτελέσματα τους για την κατανόηση της δομής του πολυμερούς,
- γνωρίζουν την αρχή λειτουργίας μονοκόχλιου εκβολέα και τους τύπους των κοχλίων που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τη ρεολογική συμπεριφορά του πολυμερούς,
- γνωρίζουν των τύπο και την αρχή λειτουργίας των αναμεικτών που εδράζονται στο τέλος του κοχλίου,
- υπολογίζουν την ικανότητα άντλησης, την πτώση πίεσης, την ροπή και την παροχή ισχύος ενός εκβολέα σε συνδυασμό με ρεολογικά δεδομένα,
- σχεδιάζουν (design) τον κοχλίο του εκβολέα ανάλογα με την ρεολογία του πολυμερούς,,
- υπολογίζουν την πτώση πίεσης, διατμητική τάση στο τοίχωμα και άλλες σχετικές ποσότητες σε κεφαλές εκβολής και πως αυτά τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό των κεφαλών,
- εκτελούν υπολογισμούς για μετάδοση θερμότητας στον μονοκόχλιο εκβολέα και στην κεφαλή εκβολής,,

Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα,:

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών	Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις	Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα
Λήψη αποφάσεων	Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Αυτόνομη εργασία	Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας
Ομαδική εργασία	και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον	Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον	Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών	

- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
- Αυτόνομη Εργασία
- Λήψη αποφάσεων
- Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
- Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
- Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- 1. Βασικές ιδιότητες πολυμερών:** Θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης, μέσο μοριακό βάρος, αντοχή σε θραύση, πυκνότητα, αρχιτεκτονική μακρο-μορίων κτλ.
- 2. Διατμητικό ιξώδες:** Μη-Νευτωνικά ρεολογικά μοντέλα ιξώδους ρευστού: Ostwald-De Waele, Carreau-Yasuda, Cross. Μονοδιάστατη μη νευτωνική ροή σε αγωγό, μεταξύ παραλλήλων και υπο κλίση πλακών και συγκλίνοντος αγωγού. Μη-Νευτωνική ροή Couette. Ανάλυση ροής σε τριχοειδής ιξωδόμετρο και δείκτες ροής τήγματος. Διόρθωση Rabinowitsch. Μη-ισοθερμοκρασιακή μελέτη ροών. Μέθοδος μέτρησης ολίσθησης στο τοίχωμα. Μοντέλα διατμητικού ιξώδους για τρισδιάστατη ανάλυση ροής.
- 3. Ιξωδοελαστικότητα:** Μερικά ασυνήθιστα ρεολογικά φαινόμενα. Αριθμός Deborah και αριθμός Weissenberg. Μοντέλο ρευστού Maxwell. Πρώτη και δεύτερη διαφορά ορθών τάσεων. Εκτατικό ιξώδες. Ροή σε αγωγό απότομης μεταβολής διαμέτρου. Διόρθωση Bagley. Υπολογισμός εκτατικού ιξώδους με τη μέθοδο του Cogswell. Καταστατικές εξισώσεις: Γενικευμένο Νευτωνικό Ρευστό, μεταφερόμενο μοντέλο Maxwell, μοντέλο De Gennes, μοντέλο K-BKZ. Διόγκωση εκβαλλόμενου. Ελαστικότητα τήγματος και χαλάρωση τάσης.
- 4. Αστάθειες πολυμερών κατά την έξοδο από κανάλια:** δέρμα καρχαρία, ρήξη τήγματος, συσώρευση τήγματος στην έξοδο κεφαλών εκβολής και ρήξη επιφάνειας πολυμερούς που περιέχει φυσικούς πληρωτές (όπως ρινίσματα ξύλου, φλοιούς ρυζιού κτλ).
- 5. Δυναμικές ρεολογικές μετρήσεις περιστρεφόμενων ιξωδομέτρων:** Ρέομετρο κώνου-πλάκας και παραλλήλων πλακών. Γραμμική ιξωδοελαστικότητα ή Μικρού Πλάτους Ταλαντωτική Διάτμηση. Μέτρο αποθήκευσης, μέτρο απωλειών, σύνθετο ιξώδες, κανόνας Cox-Merz. Αντοχή τήγματος.
- 6. Μονοκόχλιοι εκβολείς:** Σχεδιασμός αντλίας τήγματος, υπολογισμός παροχής εκβολέα τροφοδοτούμενος με τήγμα, ροή Couette με ανθιστάμενη πίεση, σημείο λειτουργίας μονοκόχλιου εκβολέα, μεταφορά στερεού, κοχλίας με ανάγλυφο βαρέλι, τήξη πολυμερούς στον εκβολέα, άντληση τήγματος σε εκβολέα, δίνες Moffatt, κοχλίες ρυθμιζόμενου φραγμού, κοχλίες με στοιχεία ανάμειξης τύπου Maddock και Egan, διασπαρτική και κατανεμημένη ανάμειξη, υπολογισμός ισχύος, κοχλίες πολλαπλών ελικώσεων, υπολογισμοί και ανάλυση ενός τυπικού εκβολέα.
- 7. Κεφαλές εκβολής:** (i) κεφαλές εκβολής επίπεδων φίλμ και φύλλων, σχεδιασμός κεφαλών επίπεδων φίλμ, πολυμερικά υλικά που χρησιμοποιούνται, (ii) κεφαλές εκβολής φίλμ με εμφύσηση, σχετικά πολυμερικά υλικά, βασικές αρχές σχεδιασμού κεφαλών φίλμ με εμφύσηση, σχήμα εμφυσημένου φίλμ από δακτύλιους συμπιεσμένου αέρα, (iii) συνεκβολή πολλαπλών στρώσεων σε κεφαλές εκβολής επίπεδου φίλμ και φίλμ με εμφύσηση, αστάθειες συνεκβολής λόγω ασυμβατότητας ιξώδους των στρώσεων, διεπιφανειακές αστάθειες, ανάλυση μονοδιάστατης ροής συνεκβολής, (iv) εκβολή σωλήνων και αγωγών, τύποι κεφαλών, σχηματισμός γραμμών συνένωσης, συσκευή ρύθμισης ακτίνας σωλήνα μετά την έξοδο από την κεφαλή, στεροποίηση σωλήνα, αγωγοί και σωληνώσεις τύπου σπιράλ, εξίσωση Barlow για περιφερική αντοχή σε ρήξη σωλήνα, (v) εκβολή τύπου προφίλ, μη εξισορροπημένη ροή, τύποι κεφαλών προφίλ
- 8. Διπλοκόχλιοι εκβολείς:** αρχή λειτουργίας, τύποι κοχλίων, κοχλίες αποτελούμενη από αποσπώμενα μέρη στο ίδιο κοχλία, ανάμειξη σε διπλοκόχλιους εκβολείς

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i>	Στην τάξη
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	Υποστήριξη μαθησιακής διαδικασίας μέσω ιστοσελίδας Χρήση διαφανειών

Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές	Ανάρτηση εκπαιδευτικού υλικού στην ιστοσελίδα του μαθήματος Εργαστηριακές ασκήσεις	
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας. Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ. Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης ώστε ο συνολικός φόρτος εργασίας σε επίπεδο εξαμήνου να αντιστοιχεί στα standards του ECTS	Δραστηριότητα	Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου
	Διαλέξεις	70
	Ασκήσεις	35
	Αυτοτελής Μελέτη	45
	Σύνολο Μαθήματος (25 ώρες φόρτου εργασίας ανά πιστωτική μονάδα)	150
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμιών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.	I. Γραπτή τελική εξέταση (60%). II. Ασκήσεις υπολογισμών (20%) σε εβδομαδιαία βάση. III. Εργαστηριακές ασκήσεις (20%). Εργαστηριακές ασκήσεις σε υπολογισμούς προσδιορισμού κατανομής μοριακών βαρών, παλινδρόμηση ρεολογικών μετρήσεων τριχοειδούς ιξωδομέτρου, σχεδιασμός μονοκόχλιου εκβολέα, σχεδιασμός κεφαλών επίπεδου φιλμ και με εμφύσηση, εξισορρόπηση ροής σε κεφαλή τύπου προφίλ.	

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία : J. Vlachopoulos and N.D. Polychronopoulos, Understanding Rheology and Technology of Polymer Extrusion, First Edition, Polydynamics Inc, Dundas, Ontario, Canada (2019) S. Middleman, Fundamentals of Polymer Processing, McGraw Hill (1977) - R.B. Bird, R.C. Armstrong, O. Hassager, Dynamics of Polymeric Liquids vol. 1, Wiley (1987) - D.H. Morton-Jones, Polymer Processing, Chapman and Hall, London (1989) - C.W. Macosko, Rheology: Principles, Measurements and Applications, VCH Publishers (1994) - J.M. Dealy, K.F. Wissbrun, Melt Rheology and its Role in Plastics Processing, Chapman and Hall, London (1996) - T.D. Papathanasiou and D.C. Guell, Flow Induced Alignment in Composite Materials, Woodhead Publishers (1997) Z. Tadmor, C.G. Gogos, Principles of Polymer Processing, John Wiley and Sons (2006) -Συναφή επιστημονικά περιοδικά: - Journal of Rheology - Rheologica Acta - International Polymer Processing - Polymer Engineering and Science - Advances in Polymer Technology - Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics - Applied Rheology - Macromolecules
