

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

(1) ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	Μηχανικών		
ΤΜΗΜΑ	Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	Προπτυχιακό (Πρώτος κύκλος σπουδών)		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	8001	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	8
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Προσθετικές Κατεργασίες Παραγωγής – 3D Printing		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ		ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
Διαλέξεις και Ασκήσεις		3	3
Ασκήσεις επί Πίνακα / Φροντιστήριο		0.5	1
Εργαστήριο		0.5	1
		4	5
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Ειδίκευσης εμβάθυνσης		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	Όχι		
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	Ναι		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)			

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα
Με την ολοκλήρωση του μαθήματος, οι φοιτητές θα διαθέτουν: 1. Πλήρη γνώση και κατανόηση της ψηφιακής τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στις προσθετικές κατεργασίες / 3D printing. 2. Γνώσεις για την ιστορική εξέλιξη των μεθόδων προσθετικής κατεργασίας / 3D printing (πως ξεκίνησε, πως εξελίχθηκε, σε τι σημείο βρισκόμαστε σήμερα). 3. Γνώση και ευρύτερη θεώρηση των ψηφιακά καθοδηγούμενων μηχανών κατασκευής (digital manufacturing), μαθαίνοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μεθόδων συγκριτικά. Αναλυτικά, οι φοιτητές θα είναι σε θέση: 1. Να κατασκευάζουν πρωτότυπα και αντικείμενα τελικής χρήσης γνωρίζοντας αναλυτικά όλα τα στάδια τρισδιάστατης εκτύπωσης (πως ξεκινάμε από ένα αρχείο CAD και καταλήγουμε στο τελικό κατασκευασμένο αντικείμενο). 2. Να αξιοποιούν τις διαφορετικές τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης (FDM, SLA, SLS κλπ.) ανάλογα με τα διαστασιολογικά χαρακτηριστικά του κάθε αντικειμένου. 3. Να επιλέγουν το κατάλληλο υλικό για κάθε εφαρμογή τρισδιάστατης εκτύπωσης ανάλογα με τα κριτήρια που θέτει η κάθε πιθανή εφαρμογή (βέλτιστη μηχανική συμπεριφορά, αντοχή σε ηλιακή ακτινοβολία, αντοχή σε αλατότητα ή/και όξινα περιβάλλοντα) 4. Να ρυθμίζουν με επιτυχία τις παραμέτρους κατασκευής (process parameters) στο λογισμικό του εκτυπωτή (slicer software) με σκοπό την βέλτιστη ποιότητα εκτύπωσης 5. Να εμπλουτίσουν τις γνώσεις που έχουν λάβει γύρω από τον μηχανολογικό σχεδιασμό τρισδιάστατων αντικειμένων με υπολογιστή σε προηγούμενα εξάμηνα και να εξάγουν σωστά τα

αρχεία που είναι συμβατά με τους τρισδιάστατους εκτυπωτές.

Με την ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα έχουν αποκτήσει ευρύτερη γνώση και κριτική ικανότητα σε ένα αναπτυσσόμενο τεχνολογικό τομέα όπως αυτός της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης (3D Printing). Θα είναι σε θέση να φέρουν εις πέρας projects τα οποία αφορούν την σύγχρονη ανάπτυξη προϊόντος, από το στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης (σχεδιασμός και κατασκευή πρωτοτύπων) έως την τελική κατασκευή του προϊόντος κάνοντας χρήση ψηφιακών διαδικασιών σύμφωνα με τις σύγχρονες τάσεις της εποχής στο κατασκευαστικό τομέα.

Τα μαθησιακά αποτελέσματα επιτυγχάνονται ως εξής:

Ως αποτέλεσμα της συνδυασμένης θεωρητικής διδασκαλίας, της πρακτικής ενασχόλησης με τον εξοπλισμό και της ατομικής εργασίας, ο φοιτητής αναπτύσσει εξειδικευμένες επιστημονικές δεξιότητες με σκοπό να αναγνωρίζει και να αξιολογεί τα μέσα, τα υλικά και τις διαφορετικές τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής (additive manufacturing / 3D Printing) με σκοπό να επιλέγει την βέλτιστη ανά περίπτωση. Εξασκώντας συστηματικά τις παραπάνω αποκτηθείσες γνώσεις, ο φοιτητής αναπτύσσει ικανότητες για αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση νέων δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση του διαδικτύου και της βιβλιογραφικής έρευνας και δικτύωσης. Αποκτά ικανότητα για λήψη αποφάσεων, μέσω της επεξεργασίας πιθανών λύσεων και εύρεσης της καλύτερης, αξιοποιώντας τους δοθέντες πόρους και χρονικούς περιορισμούς. Η ικανότητα αυτή οξύνεται μέσω της εκπόνησης των ανατιθέμενων εργασιών και ασκήσεων.

Γενικές Ικανότητες

- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και
- των απαραίτητων τεχνολογιών
- Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις
- Λήψη αποφάσεων
- Αυτόνομη εργασία
- Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών
- Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
- Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης
- Προαγωγή της συνδυαστικής σκέψης
- Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Οι ιδιαίτερα απαιτητικές συνθήκες των αγορών του 21ου αιώνα επιτάσσουν τη συνεχή εξέλιξη των υφιστάμενων προϊόντων. Η ανακάλυψη νέων υλικών, η εισαγωγή νέων μεθόδων παραγωγής και η προσπάθεια για έρευνα και ανάπτυξη νέων προϊόντων δημιουργούν ένα ιδιαίτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον που εξελίσσεται με ταχύ ρυθμό. Έτσι, η ανάγκη για ελαχιστοποίηση του χρόνου ανάπτυξης του προϊόντος είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Ωστόσο, οι υφιστάμενες μέθοδοι κατασκευής βιομηχανικών πρωτοτύπων δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στα απαιτητικά χρονοδιαγράμματα που έχουν θέσει οι ίδιες οι εταιρείες, επιθυμώντας να κατακτήσουν το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά. Τα πρωτότυπα κατασκευάζονταν και σε ορισμένες περιπτώσεις εξακολουθούν να κατασκευάζονται από ξύλο ή πηλό. Εναλλακτικά, σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αφαιρετικές μέθοδοι όπως η μέθοδος CNC. Επιπλέον, αυτά τα πρωτότυπα εξυπηρετούσαν μόνο οπτικούς σκοπούς και σπάνια μπορούσαν να λειτουργήσουν ως λειτουργικά πρωτότυπα.

Στην κατεύθυνση της υπέρβασης των περιγραφόμενων περιορισμών στην κατασκευή πρωτοτύπων εισήχθη μια νέα μέθοδος κατασκευής, αυτή της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3d printing). Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει την άμεση διαδικασία κατασκευής τρισδιάστατων στερεών αντικειμένων από ένα ψηφιακό αρχείο CAD. Αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση διαδικασιών προσθετικής κατασκευής όπου η εναπόθεση διαδοχικών στρωμάτων υλικού οδηγεί στην τελική δημιουργία ενός πραγματικού φυσικού αντικειμένου. Κάθε στρώση μπορεί να απεικονιστεί ως μια λεπτή διατομή οριζόντιας τομής του τελικού αντικειμένου. Αυτή η τεχνολογία είναι γνωστή ως "3d printing" και επιτρέπει την ταχεία και εύκολη μετάβαση από ένα ψηφιακό αρχείο CAD στην κατασκευή φυσικών αντικειμένων. Η συμβολή της είναι τεράστια για τη γεφύρωση του χρονικού διαστήματος ανάμεσα στο σχεδιασμό του προϊόντος και την κατασκευή του πρωτότυπου. Αυτή η τεχνολογία συχνά περιγράφεται ως "η τρίτη

βιομηχανική επανάσταση" και μέσω της συνεχούς ωρίμανσης της μπορεί σήμερα να θεωρηθεί και ως μέθοδος κατασκευής τελικού προϊόντος.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των επιτραπέζιων υπολογιστών και η διαθεσιμότητα βιομηχανικών λέιζερ οδήγησαν στην ανάπτυξη πολλών νέων διαδικασιών τρισδιάστατης εκτύπωσης στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και του 1990. Κατά τα επόμενα έτη, η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιήθηκε σε πολλούς τομείς, όπως η αεροδιαστημική, η ιατρική επιστήμη, η ενέργεια, η αυτοκινητοβιομηχανία και η παραγωγή καταναλωτικών αγαθών. Ο αντίκτυπος της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης συνεχίζει να αυξάνεται λόγω της ακόμη πιο βαθιάς διείσδυσής της στους προαναφερθέντες τομείς, αλλά και μέσα από έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό ανθρώπων που την χρησιμοποιούν παγκοσμίως προς την κατεύθυνση της κατοχής ενός 3D εκτυπωτή σε σχεδόν κάθε νοικοκυριό του ανεπτυγμένου κόσμου την επόμενη δεκαετία.

Η πρόσβαση στην τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης υπό αυτό το πρίσμα, αποκτά όλο και μεγαλύτερη άνθηση στις ημέρες μας διαμορφώνοντας μία νέα τάση η οποία τείνει να επιφέρει μεγάλες αλλαγές στο κομμάτι του σχεδιασμού και κατασκευής πρωτοτύπων που οδηγούν στην τελική παραγωγή προϊόντων. Μεμονωμένοι χρήστες, νεοφυείς αλλά και υφιστάμενες επιχειρήσεις αποκτούν πρόσβαση σε προηγμένα υλικά και μεθόδους κατασκευής με μεγάλα οφέλη τόσο στο οικονομικό κομμάτι όσο και στο κομμάτι του δαπανώμενου χρόνου για ανάπτυξη νέων προϊόντων (product development).

Ως εκ τούτου, στο παρόν μάθημα θα καλυφθούν όλες οι θεωρητικές πτυχές της τεχνολογίας προσθετικών κατεργασιών – 3D Printing (αρχές λειτουργίας, εφαρμογές, ιδιότητες υλικών κλπ) στο θεωρητικό μέρος του μαθήματος καθώς επίσης και οι πρακτικές πτυχές της τεχνολογίας προσθετικών κατεργασιών – 3D Printing (της τεχνολογίας προσθετικών κατεργασιών – 3D Printing (ρύθμιση παραμέτρων, επιλογή υλικών, προγραμματισμός 3d εκτύπωσης κλπ) στο εργαστηριακό μέρος του μαθήματος.

Τα ανωτέρω, περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

1. Θεωρητικό Μέρος Μαθήματος

- Εισαγωγή στην τρισδιάστατη εκτύπωση (Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση, βασικές αρχές λειτουργίας).
- Ιστορική αναδρομή (πως ξεκίνησε, πως εξελίχθηκε, σε τι σημείο βρισκόμαστε σήμερα).
- Σύγκριση της τρισδιάστατης εκτύπωσης με κλασσικές μεθόδους παραγωγής (CNC, Injection molding etc.), γιατί θεωρείται καινοτόμος μέθοδος παραγωγής.
- Βασικές αρχές / στάδια τρισδιάστατης εκτύπωσης (πως ξεκινάμε από ένα αρχείο CAD και καταλήγουμε στο τελικό κατασκευασμένο αντικείμενο).
- Από το CAD στο CAM – 3D Printing – 3D Scanning (περιγραφή δυνατοτήτων λογισμικού, προσομοιώσεις, τελική κατασκευή βελτιστοποιημένου αντικειμένου, τρισδιάστατη σάρωση με απλά λόγια).
- Δημοφιλείς 3D Scanners (χαρακτηριστικά, δυνατότητες και εφαρμογές).
- Παράθεση επιλογών σε προγράμματα CAD, βασικές αρχές λειτουργίας. (παρουσίαση δημοφιλών πακέτων της αγοράς).
- Εξαγωγή αρχείου (.stl) προς εκτύπωση.
- Διαδικτυακές πλατφόρμες εύρεσης έτοιμων σχεδίων CAD (thingiverse, GrabCad κλπ.).
- Περιγραφή των απλών / προσιτών τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης (FDM/FFF) και SLA.
- Περιγραφή των υπόλοιπων μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης (επιγραμματικά με έμφαση στους τομείς όπου εφαρμόζονται).
- Τα βασικά υλικά (PLA, ABS, Ρητίνες) που χρησιμοποιούνται στις απλές / προσιτές μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης.
- Τα υπόλοιπα, πιο εξειδικευμένα, υλικά που χρησιμοποιούνται στις απλές / προσιτές μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης.
- Επιλογή με κριτήρια του ιδανικού υλικού για κάθε περίπτωση εφαρμογής (κόστος, μηχανική συμπεριφορά, συμβατότητα με τον διαθέσιμο εκτυπωτή).
- Εφαρμογές Τρισδιάστατης Εκτύπωσης (Σχεδίαση Προϊόντων /Πρωτότυπα, παράθεση επιτυχημένων περιπτώσεων).

- Εφαρμογές Τρισδιάστατης Εκτύπωσης (σύγχρονη βιοματική εκπαίδευση STEM).
- Εφαρμογές Τρισδιάστατης Εκτύπωσης (Αρχιτεκτονική – Μακέτες, Αεροδιαστημική Μηχανική, Ιατρική – Οδοντιατρική, Αντίστροφη Μηχανική, Εφαρμογές στην Γαλάζια Οικονομία).

2. Εργαστηριακό Μέρος Μαθήματος

- Εισαγωγή στο Λογισμικό του Τρισδιάστατου Εκτυπωτή (Slicer), Βασικές Αρχές.
- Παράθεση διαθέσιμων λογισμικών Slicing (σύγκριση δυνατοτήτων, κόστος).
- Ρυθμίσεις παραμέτρων της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης (Infill, Ταχύτητα, Θερμοκρασία, Supports κ.α.).
- Τοποθέτηση τρισδιάστατου μοντέλου στο Λογισμικό του Τρισδιάστατου Εκτυπωτή, Βέλτιστος Προσανατολισμός Μοντέλου.
- Προβλήματα και αστοχίες που μπορεί να προκύψουν σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή (θεωρητική παρουσίαση) και μέθοδοι αντιμετώπισης.
- Επίδειξη λειτουργικών μερών ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή FFF/FDM, σύγκριση ενός εκτυπωτή ανοιχτής αρχιτεκτονικής με έναν εκτυπωτή κλειστής αρχιτεκτονικής, συμβουλές ατομικής προστασίας.
- Επίδειξη λειτουργικών μερών ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή SLA, συμβουλές ατομικής προστασίας.
- Επίδειξη αντιμετώπισης πιθανών προβλημάτων σε τρισδιάστατο εκτυπωτή FFF/FDM και SLA. (calibration κεφαλής, πρόσφυση στην πλατφόρμα, βούλωμα κεφαλής).

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ	Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση (εάν απαιτηθεί).	
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας, θα χρησιμοποιηθούν πρωτότυπα παραγμένες παρουσιάσεις Powerpoint, πρωτότυπα παραγμένα βίντεο αλλά και επιλεγμένα από το διαδίκτυο, καθώς επίσης και αναλώσιμα τρισδιάστατης εκτύπωσης όπως και φορητοί τρισδιάστατοι εκτυπωτές (εργαστηριακό κομμάτι μαθήματος) για εξοικείωση των φοιτητών με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτήν. Το υλικό του μαθήματος διαμοιράζεται και η επικοινωνία με τους φοιτητές γίνεται μέσω της πλατφόρμας e-class του μαθήματος και μέσω της πλατφόρμας MS Teams (σε περίπτωση εξ αποστάσεως εκπαίδευσης)	
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	Δραστηριότητα	Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου
	Διαλέξεις	39
	Εργαστηριακή άσκηση	26
	Εκπόνηση μελέτης (project)	23
	Αυτοτελής μελέτη	62
	Σύνολο Μαθήματος (30h/ECTS)	150
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ	Γλώσσα Αξιολόγησης Ελληνική (Αγγλικά για φοιτητές ERASMUS εφόσον ζητηθεί).	

	Περιγραφή Γραπτές τελικές εξετάσεις, βαθμολόγηση στο εργαστήριο, βαθμολόγηση εργασιών. Μέθοδοι αξιολόγησης - Γραπτή τελική εξέταση, με δοκιμασία πολλαπλής επιλογής, ερωτήσεις σύντομης απάντησης, επίλυση προβλημάτων (70%). - Γραπτή εργασία (project) (30%) Τα κριτήρια αξιολόγησης ανακοινώνονται στους φοιτητές κατά την έναρξη του εξαμήνου και βρίσκονται αναρτημένα στην ιστοσελίδα του μαθήματος στο eClass.
--	---

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Προτεινόμενη Βιβλιογραφία:

- «CAD / CAM», Τσελές Δ., εκδ. Σύγχρονη Εκδοτική, 2003, (Εύδοξος 14237)
- «Συστήματα CAD, βασικά στοιχεία και εφαρμογές» Δεδούσης, Β., Γιαννατσής, Ι., Κανελλίδης, Β., Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015, (Εύδοξος 320304)
- «Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση», Μπιλάλης Ν., Μαραβελάκης Ε., εκδ. Κριτική, 2014, (Εύδοξος 41955474)
- «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ, ΤΑΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ», GIBSON I., ROSEN D., STUCKER B., Μετάφραση/ Επιμέλεια ΔΕΔΟΥΣΗΣ Β., ΓΙΑΝΝΑΤΣΗΣ Γ., εκδ. Κριτική, 2017

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά

- *Rapid Prototyping Journal*
- *Materials and Design*
- *Journal of Advanced Manufacturing Technologies*