

8.2 Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων

(1) ΓΕΝΙΚΑ

| | | | |
|---|---|---------------------------|---|
| ΣΧΟΛΗ | ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ | | |
| ΤΜΗΜΑ | ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ | | |
| ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ | ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ | | |
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ | CE0811 | ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ | 8 |
| ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ | Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων | | |
| 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 | |
| | 4 | 5 | |
| <i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i> | | | |
| ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδικευσης γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i> | Μάθημα Ειδικού Υποβάθρου (ΜΕΥ) | | |
| ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ: | Διαφορικές Εξισώσεις (CE0310), Αριθμητική Ανάλυση (CE0410), Μέθοδοι Επίλυσης με Η/Υ (CE0570), Στατική Ανάλυση με Μητρώα - Πεπερασμένα Στοιχεία για Ραβδωτούς Φορείς (CE0610) | | |
| ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ: | Ελληνική | | |
| ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS | Ναι στην Αγγλική | | |
| ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL) | https://eclass.uniwa.gr/courses/CIV248/ | | |

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| |
|--|
| <p>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></p> <p><i>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης • Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β • Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων |
| <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να εφαρμόζουν τη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων για την επίλυση προβλημάτων της μηχανικής, τα οποία διέπονται από διαφορικές εξισώσεις.</p> <p>Στο μάθημα παρουσιάζεται μεθοδολογία, η οποία βασίζεται σε ενεργειακές μεθόδους και στην αρχή δυνατών έργων, για την αριθμητική επίλυση προβλημάτων της εφαρμοσμένης μηχανικής. Η διαδικασία οδηγεί στην παραγωγή των βασικών μητρώων στιβαρότητας, που διέπουν το τυπικό πεπερασμένο στοιχείο του προβλήματος. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται αναλυτικά για διάφορους γραμμικούς φορείς, όπως δικτύωματα,</p> |

πλαίσια, εσχάρες, χωροδικτυώματα ή χωρικά πλαίσια, αλλά και επίπεδους φορείς, όπως δίσκους, σύνθετες τοιχοποιίες και πλάκες. Στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζονται όλα τα βήματα της μεθόδου, γίνεται αναφορά και σύνδεση με τις βασικές γνώσεις της Κλασικής Στατικής Ανάλυσης και της Αντοχής των Υλικών και εξάγονται οι σχέσεις υπολογισμού των άγνωστων μεγεθών, δηλαδή, μετακινήσεων, αντιδράσεων στηρίξεων και εσωτερικής εντατικής κατάστασης των πεπερασμένων στοιχείων. Παράλληλα, στο μέρος των Ασκήσεων Πράξης και στα πλαίσια πρακτικής εφαρμογής του μαθήματος αναπτύσσεται το αντίστοιχο λογισμικό με συμμετοχή όλης της ομάδας των φοιτητών. Επιπλέον κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού εξαμήνου ανατίθενται δύο θέματα που εκπονούνται από τον κάθε φοιτητή.

Μετά το τέλος του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να κάνουν χρήση των εννοιών που διδάχθηκαν και κατανόησαν, καθώς και των γνώσεων που απέκτησαν επεκτείνοντας και εφαρμόζοντας αυτές σε προβλήματα της ειδικότητάς τους. Θα μπορούν συγκεκριμένα:

- να αντιλαμβάνονται πλήρως και να χρησιμοποιούν τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων μέσω διακριτοποίησης της κατασκευής σε επιμέρους στοιχεία εντός των οποίων προσεγγιστικά ικανοποιούνται οι βασικές διαφορικές εξισώσεις και οι συνοριακές εξισώσεις του εκάστοτε προβλήματος,
- να διατυπώνουν τις ολοκληρωτικές εξισώσεις του προβλήματος και να εξάγουν τα βασικά μητρώα στιβαρότητας για κάθε πρόβλημα και φορέα,
- να αναπτύσσουν λογισμικό για την επίλυση οποιουδήποτε τύπου φορέα,
- να έχουν αποκτήσει εμπειρία στη χρήση γενικότερα λογισμικών για τη στατική και δυναμική ανάλυση φορέων γραμμικών, επίπεδων ή τρισδιάστατων με εφαρμογή της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων,
- να αντιλαμβάνονται τη λογική του προγραμματισμού και τη συμβολή του στη μελέτη και έρευνα ρεαλιστικών προβλημάτων της μηχανικής,
- να είναι σε θέση να αξιοποιήσουν σε άλλες θεματικές περιοχές της ειδικότητάς τους τις γνώσεις που απόκτησαν στο παρόν μάθημα.

Σκοπός του μαθήματος είναι να αποκτήσουν οι φοιτητές καλύτερη και πληρέστερη κατανόηση για τα φυσικά προβλήματα που μελετούν, όπως τη λειτουργία ενός φορέα, τη ροή ρευστών, τη διάδοση της θερμότητας μέσα από την ανάπτυξη κατάλληλου κώδικα ηλεκτρονικού υπολογιστή, που οι ίδιοι αναπτύσσουν. Να εξοικειωθούν σε άριστο βαθμό με την ανάπτυξη και χρήση λογισμικού και να μπορούν με άνεση να αξιοποιήσουν τη δυνατότητα αυτή και σε άλλες θεματικές περιοχές της ειδικότητάς τους και των μαθημάτων ειδικής υποδομής.

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 και ευαισθησίας σε θέματα φύλου |
| Ομαδική εργασία | Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής |
| Εργασία σε διεθνές περιβάλλον | Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης |
| Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον | |
| Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών | Άλλες... |

Το μάθημα αποσκοπεί στην απόκτηση των παρακάτω γενικών ικανοτήτων:

- Μοντελοποίηση κατασκευών και ψηφιοποίηση όλων των δεδομένων
- Αριθμητική επίλυση του φορέα
- Κατανόηση των επιμέρους βημάτων κατά την επίλυση φορέων μέσω λογισμικού και υπολογιστή
- Γνώση της επιρροής των διαφορετικών φορτίσεων στην εντατική κατάσταση κατασκευών
- Εξοικείωση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και των μοντέλων ανάλυσης.

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Ενεργειακά θεωρήματα. Αρχή Δυνατών Έργων. Αρχή Στάσιμης Ολικής Δυναμικής Ενέργειας. Μέθοδοι Rayleigh - Ritz, Galerkin. Γενική διατύπωση του μητρώου στιβαρότητας πεπερασμένου στοιχείου.

Συναρτήσεις σχήματος ραβδωτού στοιχείου στο επίπεδο και στον χώρο. Μόρφωση μητρώου στιβαρότητας στοιχείου επίπεδης έντασης και επίπεδης παραμόρφωσης. Τριγωνικά και ορθογωνικά πεπερασμένα στοιχεία.

Ισοπαραμετρικά στοιχεία.

Συναρτήσεις σχήματος, μετασχηματισμοί συστημάτων συντεταγμένων, αριθμητική ολοκλήρωση. Τετραπλευρικά στοιχεία επίπεδης έντασης και επίπεδης παραμόρφωσης, αξονοσυμμετρικά στοιχεία. Χωρικά εξαεδρικά και τετραεδρικά ισοπαραμετρικά στοιχεία. Κριτήρια επιλογής των συναρτήσεων σχήματος, έλεγχος συρραφής.

Κανόνες ορθής διακριτοποίησης. Έλεγχος ακρίβειας αποτελεσμάτων, προϋποθέσεις σύγκλισης, έλεγχος σφαλμάτων. Αρχές προγραμματισμού της μεθόδου σε Η/Υ. Προσομοίωση φορέων με διαφορετικούς τύπους στοιχείων και σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων.

Εφαρμογές στην ανάλυση κτηρίων σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό.

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ & ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

| ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i> | Διδασκαλία από πίνακα στην αίθουσα (πρόσωπο με πρόσωπο) και παρουσίαση μέσω υπολογιστή εφαρμογής της μεθόδου άμεσης στιβαρότητας στην επίλυση συγκεκριμένων φορέων με τη γλώσσα προγραμματισμού MatLab και με το Excel. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|---------------------------------|-------------------|----|---------------------------|----|----------------|----|------------------------|----|----------------------------|----|---|----|------------------|----|-------------------------|------------|
| ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i> | Επικοινωνία μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας και αποκλειστικής ομάδας στην πλατφόρμα του MS-Teams σε συγκεκριμένη ομάδα του μαθήματος. Παροχή πρόσθετου υλικού στην ιστοσελίδα του μαθήματος και υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας με διάθεση σημειώσεων με επιλεγμένες πρόσθετες ασκήσεις και ενδεικτικά επιλυμένα παραδείγματα στην ηλεκτρονική σελίδα ή στην ομάδα του Ms-Teams του μαθήματος. Ανάρτηση παραδειγμάτων σε μορφή Excel και κώδικας MatLab που έχουν παρουσιασθεί αναλυτικά στο μάθημα. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ <i>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 σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</i> | <table border="1"><thead><tr><th>Δραστηριότητα</th><th>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</th></tr></thead><tbody><tr><td>Διαλέξεις θεωρίας</td><td>30</td></tr><tr><td>Διαλέξεις ασκήσεων πράξης</td><td>15</td></tr><tr><td>Μελέτη θεωρίας</td><td>30</td></tr><tr><td>Μελέτη ασκήσεων πράξης</td><td>15</td></tr><tr><td>Επίλυση πρόσθετων ασκήσεων</td><td>10</td></tr><tr><td>Παρακολούθηση Ασκήσεων Εφαρμογής σε Η/Υ</td><td>20</td></tr><tr><td>Εκπόνηση θεμάτων</td><td>30</td></tr><tr><td>Σύνολο Μαθήματος</td><td>150</td></tr></tbody></table> | Δραστηριότητα | Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου | Διαλέξεις θεωρίας | 30 | Διαλέξεις ασκήσεων πράξης | 15 | Μελέτη θεωρίας | 30 | Μελέτη ασκήσεων πράξης | 15 | Επίλυση πρόσθετων ασκήσεων | 10 | Παρακολούθηση Ασκήσεων Εφαρμογής σε Η/Υ | 20 | Εκπόνηση θεμάτων | 30 | Σύνολο Μαθήματος | 150 |
| Δραστηριότητα | Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Διαλέξεις θεωρίας | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Διαλέξεις ασκήσεων πράξης | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Μελέτη θεωρίας | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Μελέτη ασκήσεων πράξης | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Επίλυση πρόσθετων ασκήσεων | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Παρακολούθηση Ασκήσεων Εφαρμογής σε Η/Υ | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Εκπόνηση θεμάτων | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Σύνολο Μαθήματος | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ <i>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, 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> | Κατ' ιδίαν εξέταση κάθε φοιτητή τόσο επί των δύο θεμάτων που εκπονήθηκαν στη διάρκεια του εξαμήνου (λογισμικό), όσο και επί του θεωρητικού μέρους του μαθήματος και των ασκήσεων. Η εξέταση περιλαμβάνει επίδειξη στον υπολογιστή των εργασιών τους, καθώς και υπολογισμούς βάσει της μεθόδου. Η βαθμολογία που προκύπτει αφορά το σύνολο του μαθήματος (100%). Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι γνωστά εκ των προτέρων στους φοιτητές και η τελική βαθμολογία είναι προσβάσιμη μέσω διαδικτυακής πλατφόρμας του Ιδρύματος. Οι φοιτητές μπορούν να δουν την επιμέρους βαθμολογία τους στα θέματα, να τους δοθούν διευκρινήσεις σχετικά με αυτές και να επισημανθούν τυχόν αδυναμίες τους. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|---|
| | Η γλώσσα αξιολόγησης είναι η ελληνική εκτός και αν οι φοιτητές προέρχονται από το πρόγραμμα Erasmus, οπότε η εξέταση γίνεται στα αγγλικά. |
|--|---|

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία:

1. Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α. και Μορφίδης Κ., Η Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων, Εκδόσεις «Σοφία», Ανώνυμη Εκδοτική & Εμπορική Εταιρεία, 2016.
2. Παπαδρακάκης Μανόλης, Ανάλυση Φορέων με τη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου Α. & ΣΙΑ, 2001.
3. Τσαμασφύρος Γεώργιος Ι. και Θεοτόκογλου Ευστάθιος Ελ., *Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων Ι*, Εκδόσεις Αθανασόπουλος Σ. & ΣΙΑ, 2005.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία:

1. J.N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, McGraw-Hill (Mechanical Engineering), 3rd Edition, 2005.
2. Zienkiewicz Olek C., Taylor Robert L. and Zhu J.Z., *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 7th Edition, Elsevier, Science Direct, 2013.