



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIPARTIMENTO                                     | Ingegneria                                                                                                                                                                                                             |
| ANNO ACCADEMICO OFFERTA                          | 2020/2021                                                                                                                                                                                                              |
| ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE                       | 2022/2023                                                                                                                                                                                                              |
| CORSO DILAUREA                                   | INGEGNERIA BIOMEDICA                                                                                                                                                                                                   |
| INSEGNAMENTO                                     | SCIENZA DELLE COSTRUZIONI                                                                                                                                                                                              |
| TIPO DI ATTIVITA'                                | B                                                                                                                                                                                                                      |
| AMBITO                                           | 50301-Ingegneria dei materiali                                                                                                                                                                                         |
| CODICE INSEGNAMENTO                              | 06313                                                                                                                                                                                                                  |
| SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI                 | ICAR/08                                                                                                                                                                                                                |
| DOCENTE RESPONSABILE                             | ZINGALES<br>MASSIMILIANO      Professore Ordinario      Univ. di PALERMO                                                                                                                                               |
| ALTRI DOCENTI                                    |                                                                                                                                                                                                                        |
| CFU                                              | 9                                                                                                                                                                                                                      |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE    | 144                                                                                                                                                                                                                    |
| NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA | 81                                                                                                                                                                                                                     |
| PROPEDEUTICITA'                                  |                                                                                                                                                                                                                        |
| MUTUAZIONI                                       |                                                                                                                                                                                                                        |
| ANNO DI CORSO                                    | 3                                                                                                                                                                                                                      |
| PERIODO DELLE LEZIONI                            | 1° semestre                                                                                                                                                                                                            |
| MODALITA' DI FREQUENZA                           | Facoltativa                                                                                                                                                                                                            |
| TIPO DI VALUTAZIONE                              | Voto in trentesimi                                                                                                                                                                                                     |
| ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI             | <b>ZINGALES<br/>MASSIMILIANO</b><br>Martedì    14:00    15:00    Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale,<br>Aerospaziale, dei Materiali-Sezione strutture- Viale delle<br>Scienze, Edificio n.8, secondo piano. |

DOCENTE: Prof. MASSIMILIANO ZINGALES

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Analisi Matematica, Fisica I, Fisica II, Geometria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p>Conoscenza e capacita' di comprensione:<br/>Lo studente al termine del corso avra' conoscenza delle problematiche inerenti il comportamento meccanico dei solidi elastici e della soluzione dei casi di interesse ingegneristico.</p> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione:<br/>Lo studente sara' in grado di studiare il comportamento dei solidi elastici, in particolare dei sistemi di travi, sottoposti a sollecitazioni esterne e di individuare le azioni interne piu' pericolose per la vita utile delle strutture studiate</p> <p>Autonomia di giudizio:<br/>Lo studente sara' in grado di interpretare il comportamento meccanico della struttura studiata sotto i carichi di progetto e fare previsioni sulla sua capacita' di sopportare i carichi agenti.</p> <p>Abilita' comunicative:<br/>Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni riguardanti l'aspetto strutturale e la sicurezza dei casi considerati.</p> <p>Capacita' d'apprendimento<br/>Lo studente avra' appreso le conoscenze di base della meccanica dei solidi e sara' in grado di proseguire gli studi ingegneristici includendo gli aspetti relativi alle problematiche strutturali nella sua preparazione.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    | <p>La valutazione dell'apprendimento avviene mediante tre diverse modalita':<br/>Prova Scritta (45 %, durata 3 ore circa ),<br/>Verifica delle abilita' di calcolo strutturale (5%, durata 5 minuti ),<br/>Prova orale (50% durata 15 minuti).</p> <p>La prova scritta tende ad accertare il possesso delle abilita, capacita' e competenze della meccanica delle strutture, trattate durante il corso. Gli stimoli, ben definiti, chiari e unicamente interpretabili permettono di formulare autonomamente la risposta. Le regole di controllo del risultato, trattate durante il corso, consentono univocamente la confrontabilita' dei risultati. La valutazione avviene in trentesimi.</p> <p>La verifica delle abilita' di calcolo strutturale e' costituita da una discussione sui risultati ottenuti dal candidato relativi ad un problema strutturale assegnato durante il corso che prevede l'utilizzo di strumenti informatici, quali software di calcolo agli elementi finiti, La prova si esaurisce in cinque minuti. La valutazione e' in trentesimi</p> <p>La prova orale consiste in una/due domande poste oralmente su tutte le parti oggetto del programma. La verifica finale mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti, abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio in casi concreti. Quanto piu' l'esaminando, con le sue capacita' argomentative ed espositive riesce a interagire con l'esaminatore e quanto piu' le sue conoscenze e capacita' applicative vanno nel dettaglio della disciplina oggetto di verifica, tanto piu' la valutazione sara' positiva. La valutazione avviene in trentesimi</p> <p>Il punteggio finale sara' dato dalla media pesata dei punteggi acquisiti dallo studente nel corso delle tre prove.</p> |
| <b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>               | Il corso mira a fornire i fondamenti della meccanica del continuo elastico e gli strumenti per lo studio della statica dei sistemi di trave. Vengono definiti i concetti di tensione e deformazione nel continuo tridimensionale ed i legami costitutivi dei materiali. Viene inoltre affrontato lo studio delle sollecitazioni interne nei sistemi articolati di trave. Viene introdotto lo studio del problema elastico lineare del solido di Saint-Venant sotto varie tipologie di carico e studiati i sistemi articolati di travi elastiche mediante la teoria tecnica della trave predicandone la sicurezza sotto i carichi applicati.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>    | Lezioni frontali, Esercitazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>                 | M. Di Paola, A. Pirrotta: Dispense del corso; Ed. C.O.G.R.A.S.<br>Polizzotto C.: Scienza delle Costruzioni; Ed. C.O.G.R.A.S.<br>Viola E.: Scienza delle costruzioni Vol. I, III; Ed. Pitagora<br>Gambarotta L., Nunziante A., Tralli A.; Scienza delle costruzioni, Ed. McGraw-Hill<br>Falsone G., Meccanica delle Strutture, Ed. Aracne.<br>Casini P., Vasta M., Scienza delle Costruzioni, Ed. Citta' Studi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2   | Proprieta' meccaniche dei materiali: Prova di trazione semplice, Tensione normale, Determinazione del modulo di elasticita' longitudinale, Determinazione del coefficiente di Poisson, Prova di torsione in tubi a parete sottile, Tensioni tangenziali, Determinazione del modulo di elasticita' trasversale. |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5   | Statica e cinematica della trave: Caratteristiche e disposizione dei vincoli, La cinematica delle strutture vincolate, La statica delle strutture vincolate, Condizione necessaria di isostaticita, Condizione sufficiente di isostaticita. Equazioni cardinali della statica, Equazioni ausiliarie, Statica grafica, Caratteristiche della sollecitazione, Equazioni indefinite di equilibrio per solidi monodimensionali, Determinazione delle caratteristiche della sollecitazioni per strutture staticamente determinate.                                                                                                                                      |
| 16  | Analisi dello stato di tensione e deformazione nel continuo di tridimensionale: Vettore tensione, Il continuo di Cauchy, Equazioni indefinite di equilibrio, Reciprocita' delle tensioni tangenziali, Componenti speciali di tensione, Tensioni e direzioni principali, Stati di tensione piani e monoassiali, Stato di tensione al variare della terna di riferimento, Cerchi di Mohr. Cinematica della deformazione, Gradiente di spostamento, Deformazione pura e rotazione rigida, Reciprocita' degli scorrimenti, Equazioni di compatibilita' interna, Deformazioni e direzioni principali, Invarianti dello stato di deformazione, Deformazione volumetrica. |
| 6   | Il Problema elastico lineare: Legami tensione deformazione, Legge di Hooke generalizzata, Matrice di rigidezza interna, Matrice di cedibilita' interna, Formulazione del Problema elastico, Esistenza ed unicita. Il comportamento elastico non lineare dei materiali biologici, L'energia libera, l'iperelasticita, L'ereditarieta' dei materiali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15  | Il solido di De Saint-Venant, Soluzione delle equazioni di Beltrami, Funzione di Prandtl, Analogia della membrana, Torsione nei profili in parete sottile, Torsione in profili scatolari, Teoria di approssimata del taglio alla Jourawsky, Centro di taglio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5   | Teoremi energetici: Identita' fondamentale della meccanica, Principio dei lavori virtuali in forma primale, Principio dei lavori virtuali in forma duale, Teorema della forza unitaria, Teoria tecnica della trave, Teorema della forza unitaria per sistemi a vincoli sovrabbondanti, Teorema di Betti, Teorema di Maxwell, Teorema di Clapeyron, Principio della minima energia potenziale totale, Principio della minima energia potenziale complementare.                                                                                                                                                                                                      |
| 4   | Le travi inflesse: Geometria dei sistemi piani di masse, Momenti Statici, Baricentro, Momenti d'inerzia, , Direzioni ed assi principali d'inerzia, Trave di Eulero-Bernulli, L'equazione differenziale della linea elastica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2   | Sistemi Reticolari: I sistemi reticolari, Il metodo dell'equilibrio ai nodi, I metodi di analisi strutturale.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2   | Criteri di resistenza: Metodo delle tensioni ammissibili, Criterio della massima tensione (Galileo), Criterio della massima dilatazione, Criterio di Beltrami, Criterio di Von-Mises, Criterio di Tresca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1   | Stabilita' dell'equilibrio elastico: Instabilita' Euleriana, Carico di punta, Lunghezza critica, Fattore di snellezza.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ORE | Esercitazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6   | Statica dei sistemi di travi , statica grafica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 12  | Studio delle caratteristiche della sollecitazione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6   | Geometria delle Aree                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6   | Studio delle tensioni nella trave di Saint-Venant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3   | Calcolo di spostamenti nelle strutture elastiche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |