



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>SCUOLA</b>	SCUOLA POLITECNICA
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2018/2019
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2019/2020
<b>CORSO DILAUREA</b>	INGEGNERIA CHIMICA E BIOCHIMICA
<b>INSEGNAMENTO</b>	SCIENZA DELLE COSTRUZIONI
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50301-Ingegneria dei materiali
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	06313
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ICAR/08
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	BORINO GUIDO                      Professore Ordinario                      Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	144
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	81
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	2° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>BORINO GUIDO</b> Giovedì    11:00    12:00    Ufficio Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali. Viale delle Scienze Ed. 8.1° Piano

<p><b>PREREQUISITI</b></p>	<p>Il corso prevede un uso sistematico di concetti e metodi della matematica e della geometria. E' pertanto richiesta la conoscenza dell'analisi matematica, della geometria, dell'algebra lineare e delle conoscenze base di meccanica del corso di Fisica. Per le funzioni di una variabile deve conoscere limiti, derivate, integrali, sviluppo in serie di Taylor e soluzione delle equazioni differenziali a coefficienti costanti. Per le funzioni di più variabili deve conoscere le regole di derivazione e integrazione.</p>
<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p>	<p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza delle problematiche inerenti la meccanica dei materiali e delle strutture. Avrà confidenza con i concetti legati allo stato deformativo, allo stato tensionale e alle relazioni costitutive elastico-lineari che caratterizzano un corpo solido. Conoscerà le principali relazioni che governano la risposta di sistemi strutturali in termini di spostamenti, deformazioni e sollecitazioni. In particolare lo studente sarà in grado di comprendere le modalità di risposta di travi soggette a sollecitazioni semplici e composte.</li> </ul> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente dovrà essere in grado di: determinare la condizione e il grado di ipo-, iso-, iper-staticità di una struttura formata da aste; determinare e governare l'equilibrio, esterno ed interno, globale e locale, di una struttura, e descriverlo, numericamente, analiticamente e graficamente; imporre le condizioni di congruenza e di compatibilità di una struttura; conoscere le proprietà fisico-meccaniche, di resistenza ed elastiche, dei principali materiali, tradizionali e moderni; saper determinare le tensioni e le direzioni principali nel punto e descriverli appropriatamente, sia analiticamente che graficamente; saper determinare i diagrammi delle tensioni dovute alle sollecitazioni semplici e, composte del solido di Saint Venant e descriverle graficamente; calcolare gli spostamenti e le deformazioni elastiche e termiche di strutture elementari; determinare le incognite iperstatiche e gli stati di sollecitazione e spostamento di strutture iper-statiche; determinare i carichi critici e la condizione di sicurezza di aste rettilinee caricate di punta.</li> </ul> <p>Autonomia di giudizio (Making judgments)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente sarà stimolato alla riflessione critica e alla autonoma valutazione circa:             <ul style="list-style-type: none"> <li>la validità ed i limiti di approssimazione dei modelli fenomenologici che caratterizzano il comportamento elastico-lineare dei materiali e delle strutture.</li> <li>le condizioni di applicabilità dei modelli strutturali comunemente adottati per descrivere strutture reali;</li> <li>gli ambiti di utilizzo della teoria tecnica della trave ed dei relativi criteri di sicurezza strutturale;</li> <li>Adeguatezza statica di sistemi strutturali, opportune condizioni di vincolo e forma e dimensione ottimale delle sezioni trasversali di strutture inflesse.</li> </ul> </li> </ul> <p>Abilità comunicative (Communication skills)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Nelle lezioni e nelle esercitazioni viene particolarmente curata la modalità di comunicazione tali da consentire allo studente di sostenere conversazioni su tematiche relative agli aspetti fondamentali della disciplina (stato di tensione e deformazione nei solidi e nelle strutture, classificazione strutturale, reazioni dei vincoli e condizioni di massima sollecitazione) facendo ricorso ad una terminologia scientifica adeguata, e agli strumenti della rappresentazione matematica dei principali fenomeni meccanici descritti. Saranno attivate tecniche di discussione in pubblico da parte degli studenti e sollecitate discussioni fra gli studenti su argomenti trattati nel corso</li> </ul> <p>Capacità d'apprendimento (Learning skills)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente avrà appreso i principi fondamentali della analisi meccanica dei materiali e delle strutture. Avrà appreso le basi del comportamento meccanico dei materiali e ne comprenderà le proprietà di rigidità e di resistenza. Queste conoscenze contribuiranno alla formazione del suo bagaglio di conoscenze di meccanica applicata ai materiali ed alle strutture e rappresenta una formazione di base ingegneristica fondamentale che gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici, approfondendo nei corsi successivi aspetti di natura progettuale di materiali e strutture forte di un bagaglio di conoscenze di Scienza delle Costruzioni che gli consentiranno autonomia e discernimento</li> </ul>
<p><b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b></p>	<p>La verifica dell'apprendimento avviene attraverso esame finale, che accerta l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità attese tramite lo svolgimento di due prove scritte (da svolgere senza l'aiuto di appunti o libri), e di una successiva prova orale.</p> <p>Lo studente dovrà dimostrare padronanza dei concetti chiave, capacità</p>

	<p>applicative e comunicative inerenti gli argomenti dell'insegnamento</p> <p>La prima prova scritta, della durata di tre (3) ore si considera automaticamente superata se lo studente ha sostenuto e superato la prova scritta in itinere che si svolge nella pausa intra-semestre.</p> <p>La prima prova scritta (o la prova in itinere) consiste di tre esercizi:  1) Classificazione di una struttura da un punto di vista cinematico;  2) Risoluzione di una struttura isostatica;  3) Rappresentazione di uno stato tensionale con il Cerchio del Mohr.</p> <p>La seconda prova scritta, della durata di tre (3) ore consiste nella risoluzione di una struttura iperstatica e nella verifica della sezione piu' sollecitata della struttura.</p> <p>Il superamento della prima prova scritta si ottiene con una valutazione complessivamente sufficiente e consente l'accesso alla seconda prova scritta. La possibilita' di accedere alla seconda prova scritta si conserva per tutto l'anno accademico, ovvero fino alla successiva prova in itinere. Lo studente puo' optare di sostenere nella stessa giornata le due prove scritte, in questo caso dispone di 4 ore di tempo. Il superamento della seconda prova scritta si ottiene con una valutazione complessivamente sufficiente e consente di accedere alla prova orale, all'interno della stessa sessione di esame (Estiva, Invernale o Straordinaria).</p> <p>La prova orale consiste in due o tre domande che tendono ad approfondire aspetti legati alle prove scritte e ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti teorici ed applicativi trattati nelle lezioni e nelle esercitazioni.</p> <p>Il punteggio della prova d'esame e' attribuito mediante un voto espresso in trentesimi che tiene anche conto delle valutazioni delle prove scritte. Per superare l'esame, ottenere quindi un voto non inferiore a 18/30, lo studente deve dimostrare un raggiungimento elementare degli obiettivi. Gli obiettivi raggiunti si considerano elementari quando l'esaminando/a dimostra di avere acquisito una conoscenza di base degli argomenti descritti nel programma, e' in grado di operare minimi collegamenti fra di loro, dimostra di avere acquisito una limitata autonomia di giudizio; il suo linguaggio e' sufficiente a comunicare con gli esaminatori. Per conseguire un punteggio pari a 30/30 e lode, lo studente deve invece dimostrare di aver raggiunto in maniera eccellente gli obiettivi previsti. Gli obiettivi raggiunti si considerano eccellenti quando l'esaminando/a ha acquisito la piena conoscenza degli argomenti del programma, dimostra di saper applicare la conoscenza acquisita anche in contesti differenti /nuovi/avanzati rispetto a quelli propri dell'insegnamento, si esprime con competenza lessicale anche nell'ambito del linguaggio specifico di riferimento ed e' in grado di elaborare ed esprimere giudizi autonomi fondati sulle conoscenze acquisite.</p>
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	<p>Obiettivo primario del corso e' fornire le cognizioni di base della meccanica del continuo e dei materiali unitamente ad elementi della teoria delle strutture, sviluppati nella specifica attinenza al settore applicativo della ingegneria chimica e dei materiali. Nella formulazione dei presupposti teorici (meccanica del continuo, teoria della trave) si cerca pertanto di mettere a fuoco le relazioni fondamentali: equilibrio, congruenza, principio dei lavori virtuali, equazioni di legame. In vista delle applicazioni, la teoria della trave viene ampiamente sviluppata in una specifica parte del corso di lezione; mentre, in parallelo, il corso di esercitazione sviluppa gli aspetti numerico-applicativi di semplici sistemi strutturali.</p> <p>Il corso si pone da un punto di vista metodologico come uno snodo essenziale fra gli insegnamenti di base (matematica, geometria, fisica) di cui impiega lo stesso rigore formale, e gli insegnamenti strettamente ingegneristici relativi alla progettazione e verifica di resistenza dei materiali e delle strutture.</p> <p>La verifica finale che si sviluppa secondo una prova scritta ed un colloquio orale nelle quali lo studente deve dimostrare di aver appreso i concetti fondamentali introdotti e di aver conseguito un adeguato livello di conoscenza degli argomenti specifici. Lo studente deve inoltre dimostrare di saper utilizzare autonomamente gli strumenti forniti cimentandosi nella risoluzione di problemi semplici ma paradigmatici di casi strutturali. Il meccanismo di apprendimento si fonda sul coinvolgimento diretto dello studente in esercitazioni pratiche tenute in aula, ove vengono risolti insieme al docente degli esercizi applicativi sugli argomenti trattati nelle lezioni teoriche.</p>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<p>Il programma del corso viene interamente svolto durante le ore di lezione. Le lezioni sono affiancate da esercitazioni in aula, con lo scopo di guidare gli studenti alla risoluzione di problemi specifici di Meccanica delle strutture sulla</p>

	base delle conoscenze acquisite a lezione. E' prevista almeno una visita al Laboratorio di Ingegneria Strutturale e Geotecnica per mostrare agli studenti alcune prove su materiali e strutture.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. Gambarotta, L. Nunziante, A. Tralli, Scienza delle Costruzioni, McGraw-Hill, 2003</li> <li>• C. Polizzotto, Scienza delle Costruzioni, Ed. Cogras, 1985.</li> <li>• F.P. Beer, R.R. Johnston. J.T. DeWolf, Meccanica dei Solidi, McGraw-Hill, 2006</li> <li>• M. Capurso, Lezioni di Scienza delle Costruzioni, Pitagora, 1995</li> <li>• E. Viola, Esercitazioni di Scienza delle Costruzioni, Pitagora, 1988</li> </ul>

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
1	A. TEORIA DELLE STRUTTURE 1A. Introduzione Tematiche e finalita' della meccanica dei materiali e delle strutture
3	2A. Sistemi rigidi Cinematica, configurazioni ammissibili, Teorema di Eulero; Vincoli, molteplicita' statica, cinematica e classificazione; Reazione dei vincoli; Equazioni cardinali della statica; Principio dei lavori virtuali per le condizioni di equilibrio
2	3A. Sistemi di travi Classificazione cinematica delle strutture; Classificazione statica (isostaticita, iperstaticita' e labilita), Sollecitazioni per strutture formate da travi, Lavoro ed energia, Principio dei Lavori virtuali
1	4A. Geometria delle Aree Momenti del primo ordine, teorema del trasporto, baricentro, momenti del secondo ordine, ellisse centrale di inerzia, Studio di sezioni semplici e complesse
3	5A. Risoluzione di strutture isostatiche Reazioni dei vincoli interni ed esterni, diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione, Sforzo Normale, Taglio e Momento Flettente. Applicazione del principio dei lavori virtuali per la ricerca di reazioni e sollecitazioni
2	6A. Teoria Tecnica della Trave Caratteristiche di sollecitazione e di deformazione per travi inflesse. Equazioni indefinite di equilibrio per travi inflesse e condizioni al contorno. Ipotesi di conservazione piana delle sezioni e equazioni di congruenza. Relazione costitutiva per travi inflesse.
1	7A. Risoluzione di strutture iperstatiche Metodo delle forze e incognite iperstatiche, Lavoro interno, Metodo di Muller-Breslau.,
6	B. MECCANICA DEI SOLIDI DEFORMABILI 1B. Statica  Solido continuo. Equilibrio globale, definizione vettore tensione; Decomposizione del vettore tensione, componente normale e tangenziale; Componenti cartesiane della tensione e matrice delle tensioni; Simmetria delle matrice delle tensioni; Relazione di Cauchy; Direzioni, piani e tensioni principali; Invarianti della matrice tensione; Classificazione degli stati di tensione (cubico cilindrico e idrostatico) Stato piano di tensione, tensioni normali e tangenziali massime, Rappresentazione del Mohr, Equazioni indefinite di equilibrio e equazioni di equilibrio sul contorno libero
3	2B. Cinematica Deformazioni e vincolo di continuita; Analisi della deformazione nell'intorno di un punto (linearizzazione); Decomposizione del vettore gradiente di spostamento; Matrice della deformazione; Deformazione longitudinale, angolare (scorrimento) e moto rigido; Deformazione volumetrica e deviatorica; Direzioni principali e deformazioni principali; Stato di deformazione triassiale, piano e monoassiale. Equazioni di congruenza
3	3B. Relazioni costitutive elastico-lineare Solido omogeneo ed isotropo; Prova monoassiale ed elasticita' lineare; Modulo elastico longitudinale, a taglio e coefficiente di Poisson; Equazioni costitutive in forma diretta ed inversa; Effetto delle variazioni termiche; solidi ortotropi; Problema lineare elastico ed equazioni di Navier;
1	4B. Cenni su criteri di resistenza Materiali fragili e duttili; Criterio della massima tensione principale; Criterio della massima deformazione; Criterio di Tresca e di von Mises.
3	C. PRBLEMA DI DE SAINT VENANT PER TRAVI 1C. Generalita Problema di de Saint Venant; Travi spaziali e travi piane ad asse rettilineo; Sezione trasversale e caratteristiche di sollecitazione; Equazioni di congruenza e di equilibrio;
2	2C. Sforzo normale Stato di deformazione uniforme e distribuzione delle tensioni, Variazioni uniformi della temperatura, Deformabilita' e rigidezza assiale, Equazione differenziale dell'equilibrio e condizioni al contorno, Esempi di travi isostatiche, iperstatiche.

## PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	3C. Flessione semplice Teoria di Bernoulli-Navier; Stato di deformazione e curvatura flessionale, Distribuzione delle tensioni e asse neutro; Rigidezza e deformabilita' flessionale; Equazioni differenziali di equilibrio e condizioni al contorno; Equazione differenziale della linea elastica; Travi composte.
2	4C. Presso-flessione Presso-flessione retta e deviata; Distribuzione delle tensioni e asse neutro; Verifiche di sezioni con due assi o con un asse di simmetria
2	5C. Flessione deviata e presso-flessione deviata Sforzo normale eccentrico e piano di sollecitazione; Distribuzione degli sforzi e asse neutro; Nocciolo centrale di inerzia di una sezione, Verifiche di sezioni.
2	6C. Taglio Tensioni tangenziali e sforzo di taglio; Equilibrio e stato di deformazione delle sezioni; Equazione di Jourawsky; Rigidezza e deformabilita' a taglio; Verifica di sezioni a semplice e a doppio asse di simmetria.
2	7C. Torsione Cinematica della deformazione di travi con sezione a simmetria polare; Distribuzione degli scorrimenti e delle tensioni tangenziali; Rigidezza e deformabilita' torsionale; Travi con sezione a pareti sottili e relazione di Bredt;
ORE	Esercitazioni
2	A. ANALISI STRUTTURALE 1A. Esercizi ed Applicazioni sui Sistemi rigidi Cinematica, configurazioni ammissibili, Teorema di Eulero; Vincoli, molteplicita' statica, cinematica e classificazione; Reazione dei vincoli; Equazioni cardinali della statica; Principio dei lavori virtuali per le condizioni di equilibrio
6	2A. Esercizi ed Applicazioni sui Sistemi di travi Classificazione cinematica delle strutture; Classificazione statica (isostaticita, iperstaticita' e labilita), Sollecitazioni per strutture formate da travi, Lavoro ed energia, Principio dei Lavori virtuali
2	3A. Esercizi ed Applicazioni sulla Geometria delle Aree Momenti del primo ordine, teorema del trasporto, baricentro, momenti del secondo ordine, ellisse centrale di inerzia, Studio di sezioni semplici e complesse
6	4A. Risoluzione di strutture isostatiche Reazioni dei vincoli interni ed esterni, diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione, Sforzo Normale, Taglio e Momento Flettente. Applicazione del principio dei lavori virtuali per la ricerca di reazioni e sollecitazioni
1	5A. Esercizi ed Applicazioni sulla Teoria Tecnica della Trave Equazioni indefinite di equilibrio per travi inflesse e condizioni al contorno. Ipotesi di conservazione piana delle sezioni e equazioni di congruenza
6	6A. Risoluzione di strutture iperstatiche metodo delle forze e incognite iperstatiche, Lavoro interno, Principio dei lavori virtuali, Teoremi energetici: Clapeyron, Betti e Maxwell. Applicazioni e risoluzione di strutture iperstatiche
2	B. MECCANICA DEI SOLIDI DEFORMABILI 1B. Esercizi ed Applicazioni di Statica del continuo Vettore tensione; Decomposizione del vettore tensione, componente normale e tangenziale; Componenti cartesiane della tensione e matrice delle tensioni; Direzioni, piani e tensioni principali; Invarianti della matrice tensione; Stato piano di tensione, tensioni normali e tangenziali massime, Rappresentazione del Mohr.
2	C. PRBLEMA DI DE SAINT VENANT PER TRAVI 1C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Sforzo normale Stato di deformazione uniforme e distribuzione delle tensioni, Variazioni uniformi della temperatura, Deformabilita' e rigidezza assiale, Equazione differenziale dell'equilibrio e condizioni al contorno, Esempi di travi isostatiche, iperstatiche. Travature reticolari piane.
2	2C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Flessione semplice Teoria di Bernoulli-Navier; Stato di deformazione e curvatura flessionale, Distribuzione delle tensioni e asse neutro; Rigidezza e deformabilita' flessionale; Equazioni differenziali di equilibrio e condizioni al contorno; Equazione differenziale della linea elastica; Travi composte; Cenni alla teoria di Timoshenko; Applicazioni a semplici travi vincolate isostaticamente e iperstaticamente;
1	3C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Presso-flessione Presso-flessione retta e deviata; Distribuzione delle tensioni e asse neutro; Verifiche di sezioni con due assi o con un asse di simmetria.
2	4C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Flessione deviata e presso-flessione deviata Sforzo normale eccentrico e piano di sollecitazione; Distribuzione degli sforzi e asse neutro; Nocciolo centrale di inerzia di una sezione, Verifiche di sezioni.

<b>ORE</b>	<b>Esercitazioni</b>
2	5C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Taglio Tensioni tangenziali e sforzo di taglio; Equilibrio e stato di deformazione delle sezioni; Equazione di Jourawsky; Rigidezza e deformabilita' a taglio; Verifica di sezioni a semplice e a doppio asse di simmetria
2	6C. Esercizi ed Applicazioni per travi soggette a Torsione Travi con sezione a simmetria polare; Distribuzione degli scorrimenti e delle tensioni tangenziali; Applicazioni a travi iso e iper-statiche; Travi con sezione a pareti sottili e relazione di Bredt;