

Programma di **SCIENZA DELLE COSTRUZIONI L** per l'Anno Accademico 2007/2008  
**Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**  
**Ing. Elena Ferretti**

**ALGEBRA VETTORIALE** 1) Vettore. 2) Vettori equipollenti. 3) Vettore applicato. 4) Cursore. 5) Prodotto scalare. 6) Prodotto vettoriale. 7) Verso di rotazione levogiro. 8) Verso di rotazione destrogiro. 9) Terna levogira. 10) Terna destrogira. 11) Momento polare di un vettore. 12) Vettore somma. 13) Vettore differenza. 14) Vettore risultante. 15) Coppia. 16) Sistemi equivalenti di vettori. 17) Sistemi in equilibrio di vettori. 18) Equazioni cardinali della Statica. 19) Operazioni invariantive. 20) Forza. 21) Risultante di un sistema piano di forze. 22) Sistemi equivalenti di forze. 23) Sistemi in equilibrio di forze. 24) Condizioni di equivalenza a zero. 25) Composizione delle forze nel piano.

**GEOMETRIA DELLE MASSE** 1) Determinazione grafica del baricentro di un sistema discreto di masse. 2) Momento statico di un sistema discreto e di un sistema continuo di masse. 3) Momento d'inerzia assiale di un sistema discreto e di un sistema continuo di masse; calcolo dei momenti statici e d'inerzia di un rettangolo rispetto ai suoi assi di simmetria; calcolo dei momenti statici e d'inerzia di un triangolo rettangolo rispetto alle rette baricentriche parallele ai cateti. 4) Calcolo del momento d'inerzia di una semicorona circolare di spessore  $t$  e raggio  $R$ , rispetto al diametro e rispetto alla retta baricentrica parallela al diametro. 5) Calcolo del momento d'inerzia di un semicerchio di raggio  $R$ , rispetto al diametro e rispetto alla retta baricentrica parallela al diametro. 6) Calcolo dei momenti d'inerzia assiali baricentrici di un elemento rettangolare ruotato dell'angolo  $\alpha$  rispetto al sistema di riferimento baricentrico. 7) Proprietà distributiva dei momenti statici e d'inerzia; applicazione della proprietà distributiva per il calcolo del momento d'inerzia di un triangolo rettangolo rispetto alle rette parallele ai cateti e passanti per il punto medio dell'ipotenusa; applicazione della proprietà distributiva per il calcolo del momento d'inerzia di un semicerchio di raggio  $R$  rispetto al diametro. 8) Momento d'inerzia polare di un sistema discreto e di un sistema continuo di masse; uso del momento d'inerzia polare per il calcolo del momento d'inerzia di un cerchio rispetto ad un suo diametro. 9) Primo e terzo teorema del trasporto; applicazione del primo teorema del trasporto per il calcolo del momento d'inerzia di un rettangolo rispetto alle basi; applicazione del primo teorema del trasporto per il calcolo del momento d'inerzia di un triangolo rettangolo rispetto alle rette baricentriche parallele ai cateti e rispetto alle rette distese sui cateti. 10) Applicazione del primo teorema del trasporto per il calcolo del momento d'inerzia di una semicorona circolare di spessore  $t$  e raggio  $R$  rispetto alla retta baricentrica parallela al diametro. 11) Applicazione del primo teorema del trasporto per il calcolo del momento d'inerzia di un semicerchio di raggio  $R$  rispetto alla retta baricentrica parallela al diametro. 12) Leggi di trasformazione per rotazione del sistema di riferimento; momenti d'inerzia nel sistema di riferimento ruotato (eq. 27); equazioni parametriche in  $2\alpha$  dei momenti d'inerzia assiali (eq. 30). 13) Centro e raggio della circonferenza descritta dalle equazioni parametriche 30.1 e 30.3 e sua rappresentazione grafica nel piano  $I_x/I_{xy}$ ; centro e raggio della circonferenza descritta dalle equazioni parametriche 30.2 e 30.3 e sua rappresentazione grafica nel piano  $I_x/I_{xy}$ . 14) Procedimento analitico per il calcolo degli assi principali d'inerzia: angoli  $\alpha_0$  per i quali si ha un estremante di  $I_x$  e valori assunti in loro corrispondenza da  $I_{xy}$  e  $I_y$ , relazione intercorrente tra le derivate seconde di  $I_x$  e  $I_y$ . 15) Espressioni dei momenti principali d'inerzia per  $I_{x_0} > I_{y_0}$  e  $I_{x_0} < I_{y_0}$  e loro rappresentazione grafica. 16) Centro e raggio della circonferenza descritta dalle equazioni parametriche 38.1 e 38.3 e sua rappresentazione grafica nel piano  $I_x/I_{xy}$ ; centro e raggio della circonferenza descritta dalle equazioni parametriche 38.2 e 38.3 e sua rappresentazione grafica nel piano  $I_x/I_{xy}$ ; equazione della circonferenza descritta dalle eq. 38. 17) Confronto tra le circonferenze descritte dalle eq. 30 e dalle eq. 38. 18) Costruzione grafica del circolo di Mohr, calcolo dei momenti d'inerzia attraverso il circolo di Mohr. 19) Proprietà del polo di Mohr, calcolo delle direzioni principali d'inerzia attraverso il circolo di Mohr (4 casi). 20) Raggi di inerzia; ellisse centrale d'inerzia; polare di un punto rispetto all'ellisse centrale d'inerzia; polarità. 21) Poli coniugati in una polarità; rette coniugate in una polarità; teorema di reciprocità per centri propri e impropri. 22) Diametro coniugato alla direzione di una retta e sua costruzione grafica. 23) Antipolo, antipolare, antipolarità, antipoli coniugati nell'antipolarità e loro relazione analitica. 24) Costruzione grafica dell'antipolo e dell'antipolare di un polo assegnato; casi particolari per polo coincidente col baricentro e polo improprio. 25) Nocciolo centrale d'inerzia e sue proprietà.

**ANALISI DELLA DEFORMAZIONE** 1) Campo di spostamento e sue proprietà. 2) Problema locale della deformazione, gradiente di spostamento, gradiente della deformazione, affinità. 3) Componenti di moto rigido e componenti di deformazione, componenti algebriche del tensore di deformazione. 4) Significato fisico delle componenti del tensore di deformazione. 5) Campi di spostamento cinematicamente ammissibili; operatore di congruenza.

**ANALISI DELLA TENSIONE** 1) Vettore tensione, componenti cartesiane e componenti speciali di tensione. 2) Proprietà locali dello stato tensionale: equilibrio alla traslazione e equazioni di Cauchy, tensore degli sforzi. 3) Proprietà locali dello stato tensionale: equilibrio alla rotazione; componenti algebriche del tensore degli sforzi. 4) Teorema di reciprocità delle componenti mutue e delle tensioni tangenziali. 5) Direzioni principali di tensione; tensore degli sforzi e invarianti di tensione nel riferimento principale. 6) Circoli di Mohr per lo stato triassiale di tensione; arbelo di Mohr. 7) Tensore sferico e tensore deviatorico: definizione e circoli di Mohr. 8) Stati tensionali piani e monoassiali: definizione e circoli di Mohr. 9) Condizione necessaria e sufficiente affinché uno stato di tensione non sia triassiale (dimostrazione). 10) Equazioni indefinite di equilibrio e equazioni al contorno per il solido tridimensionale (notazione scalare, notazione matriciale estesa e sintetica); stati tensionali staticamente ammissibili; operatore di equilibrio.

**MECCANICA DEI MATERIALI** 1) Legami costitutivi monoassiali elasto-lineari, elasto-non lineari, elasto-plastici, elasto-plasto-softening, elasto-plasto-incrudente, elasto-plasto-ideale, rigido-plasto-ideale; deformazioni allo scarico (recuperate e permanenti). 2) Prove monoassiali di compressione e trazione su materiali fragili (calcestruzzo, muratura e rocce): zona d'estinzione, legami  $\sigma/\epsilon$  e dipendenza dalla velocità di deformazione, tensore degli sforzi, circoli di Mohr, stress path, piani di scorrimento. 3) Viscosità e rilassamento. 4) Prove triassiali di compressione su materiali fragili: legami  $\sigma/\epsilon$  e dipendenza dalla pressione di confinamento, transizione fragile/duttile, tensore degli sforzi, circoli di Mohr, curva

involuppo, piani di scorrimento. 5) Crisi fondazione rigida/terreno. 6) Effetto della pressione di confinamento sui legami  $\sigma/\varepsilon$  per materiali fragili. 7) Effetto dell'acqua sui circoli di Mohr dei materiali granulari, tensione efficace. 8) Stato tensionale tangenziale puro; circoli di Mohr e piani di scorrimento in un edificio soggetto ad azione sismica. 9) Legame  $\sigma/\varepsilon$  dell'acciaio in trazione monoassiale; legame di Prandtl; tensione ammissibile; coefficiente di sicurezza. 10) Dominio di crisi nel piano di Mohr per materiali fragili e duttili, criteri di crisi di Mohr/Coulomb e Tresca (nel piano di Mohr).

**RELAZIONI GENERALI** 1) Teorema dei lavori virtuali per il solido tridimensionale: dimostrazione per via indiciale. 2) Teorema dei lavori virtuali per il solido tridimensionale: dimostrazione per via operatoriale.

**TEORIA DELL'ELASTICITÀ** 1) Azioni interne; caratteristiche della sollecitazione interna e convenzioni sul tracciamento dei diagrammi di N, M e T. 2) Equazioni indefinite di equilibrio per il solido trave. 3) Corpo allo stato elastico; densità di potenziale elastico e sviluppo in serie per stato naturale indeformato, lavoro di deformazione. 4) Legami costitutivi per stato naturale indeformato: elastico, non omogeneo e anisotropo; elastico lineare, non omogeneo, anisotropo e senza autotensioni; elastico lineare, omogeneo, anisotropo e senza autotensioni (con elemento deformato); elastico lineare, omogeneo, ortotropo e senza autotensioni (con elemento deformato); elastico lineare, omogeneo, trasversalmente isotropo e senza autotensioni; elastico lineare, omogeneo, isotropo e senza autotensioni. 5) Significato fisico di E,  $\nu$  e G. 6) Problema dell'equilibrio elastico lineare; problema dell'equilibrio elastico lineare omogeneo; problema dell'equilibrio elastico lineare omogeneo isotropo. 7) Principi di sovrapposizione degli effetti e di Kirchhoff.

**PROBLEMA DI DE SAINT-VENANT** 1) Solido di De Saint-Venant: modello geometrico, modello reologico e modello delle azioni esterne. 2) Impostazione del problema di De Saint-Venant; ipotesi di De Saint-Venant; postulato di De Saint-Venant. 3) Equazioni del problema. 4) Equivalenza statica tra tensioni e sollecitazioni; i quattro casi fondamentali. 5) Sforzo normale centrato: ipotesi di primo tentativo, soluzione del problema, tensore degli sforzi, diagramma delle tensioni normali, circoli di Mohr, verifica. 6) Sforzo normale centrato: tensore di deformazione, componenti di spostamento, sezioni rette deformate. 7) Flessione semplice: piano di sollecitazione, asse di sollecitazione, linea elastica, piano di flessione, asse di flessione, piano neutro, asse neutro, asse vettore momento, flessione retta, flessione deviata. 8) Flessione semplice: relazione tra asse di sollecitazione e asse neutro; rotazione dell'asse neutro rispetto all'asse vettore momento per via geometrica: caso generale e casi particolari di asse vettore momento parallelo a una direzione principale d'inerzia e ellisse centrale d'inerzia di forma circolare. 9) Flessione retta: linea elastica, sezioni rette deformate, campo di deformazioni assiali, formula di Navier, diagramma delle tensioni, determinazione analitica dell'asse neutro, rotazione dell'asse neutro rispetto all'asse vettore momento per via analitica, verifica. 10) Flessione deviata: diagramma delle tensioni normali, determinazione analitica dell'asse neutro, relazione di coniugio. 11) Sforzo normale eccentrico: pressoflessione e tensoflessione, formula trinomia in termini di raggi d'inerzia, diagrammi delle tensioni normali, rotazione dell'asse neutro rispetto all'asse vettore momento per via analitica. 12) Sforzo normale eccentrico: equazione dell'asse neutro in forma segmentaria, costruzioni grafiche dell'asse neutro. 13) Sforzo normale eccentrico: diagrammi delle tensioni normali per centro di sollecitazione interno e centro di sollecitazione esterno al nocciolo centrale d'inerzia, verifica. 14) Taglio retto e flessione: equilibrio alla traslazione sul concio elementare, trattazione approssimata di Jourawski per  $\tau_{zy}$  e  $\tau_{zx}$ , circoli di Mohr, verifica. 15) Centro di taglio per via analitica e per via grafica; centro di torsione. 16) Torsione: analogia idrodinamica; concentrazione degli sforzi. 17) Torsione: formula di Bredt, fattore di rigidità torsionale nelle sezioni sottili aperte e nelle sezioni sottili chiuse, tensioni tangenziali nelle sezioni sottili chiuse, angolo unitario di torsione, circoli di Mohr, isostatiche di trazione e compressione, verifica.

**VERIFICHE DI RESISTENZA** 1) Tensione ideale secondo il criterio di Von Mises per stati tensionali alla De Saint-Venant. 2) Verifica a sforzo normale centrato. 3) Verifica a flessione retta e a flessione deviata. 4) Verifica a sforzo normale eccentrico. 5) Verifica a taglio e flessione. 6) Verifica a taglio e torsione.

**TEORIA DELLE STRUTTURE** 1) Vincoli esterni e vincoli interni, molteplicità di vincolo, strutture labili, isostatiche e iperstatiche. 2) Vincoli ben posti e vincoli mal posti; calcolo delle reazioni vincolari del corpo rigido vincolato in modo isostatico, per via analitica e per via grafica; curva delle pressioni. 3) Soluzione analitica e soluzione grafica delle strutture isostatiche; equazioni ausiliarie. 4) Uso delle scale nei diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione interna; nodo triplo. 5) Calcolo del grado di vincolo esterno e interno e delle componenti di reazione esterna e interna nelle strutture isostatiche chiuse. 6) Strutture reticolari piane; metodo dei nodi; metodo delle sezioni di Ritter. 7) Metodo differenziale. 8) Equazione differenziale della linea elastica. 9) Calcolo delle componenti di spostamento per deformabilità flessionale mediante integrazione dell'equazione differenziale della linea elastica. 10) Composizione cinematica delle rotazioni e degli spostamenti. 11) Calcolo delle componenti di spostamento nelle strutture isostatiche attraverso il principio dei lavori virtuali. 12) Metodo delle forze. 13) Telai a nodi fissi e a nodi spostabili; metodo dei telai a nodi spostabili. 14) Simmetria ed emisimmetria strutturale e di carico. 15) Distorsioni termiche; deformata termica. 16) Cedimenti vincolari elastici e anelastici. 17) Espressione generale del principio dei lavori virtuali per i sistemi monodimensionali piani in stato elastico lineare; lavoro virtuale interno nelle strutture reticolari piane. 18) Calcolo delle incognite iperstatiche attraverso il principio dei lavori virtuali. 19) Metodo delle deformazioni. 20) Considerazioni di opportunità nell'utilizzo dei metodi per la soluzione delle strutture iperstatiche. 21) Studio della qualità dell'equilibrio per le strutture a elasticità diffusa: equilibrio stabile, instabile e indifferente, integrale generale, determinazione delle costanti d'integrazione, carico critico euleriano, lunghezza libera di inflessione, controventatura. 22) Snellezza, iperbole di Eulero e suoi limiti di validità, travi tozze e travi snelle e relativi meccanismi di crisi, metodo omega.

**N.B. Il programma deve essere esibito alla prova orale. Le domande d'orale verteranno sui seguenti argomenti: analisi della deformazione, analisi della tensione, meccanica dei materiali, relazioni generali, teoria dell'elasticità, problema di De Saint-Venant e, solo per le parti sottolineate, geometria delle masse e teoria delle strutture.**

Studente: \_\_\_\_\_ (nome e cognome)