

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE (12 CFU) – A.A. 2013-14

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Docenti: Prof. Raffaele **Di Gregorio** (mod. A) – Prof. Giorgio **Dalpiaz** (mod. B)

Esami propedeutici

- Fisica generale I
- Analisi matematica
- Geometria e Algebra
- Compl. di Analisi matematica + Informatica Ind.
- Meccanica razionale

Finalità del corso

Il corso ha lo scopo di fornire gli strumenti di base per l'analisi e la sintesi dei meccanismi piani e di presentare in modo organico le principali problematiche coinvolte nello studio funzionale delle macchine.

Durante il corso gli argomenti saranno affrontati sia da un punto di vista teorico che da un punto di vista applicativo. In particolare, per ogni argomento verranno proposti vari esercizi la cui soluzione sarà in parte affrontata a lezione ed in parte lasciata allo studente come strumento di autoverifica.

Programma consuntivo

LA COMPOSIZIONE DEI MECCANISMI:

Macchina e meccanismo; Coppie cinematiche; Tipi di contatto fra elementi cinematici; Gradi di libertà delle coppie cinematiche; Catena cinematica e meccanismo; Gradi di libertà di un meccanismo piano; Gradi di libertà di un meccanismo nello spazio. (Vol. I, Cap. 1, tutto(*))

RICHIAMI DI CINEMATICA:

Cinematica del corpo rigido; Centro di istantanea rotazione; Polari del moto; Accelerazioni; Moti relativi. (Vol. I, Cap. 5, tutto tranne par. 5.3 (*); Materiale didattico integrativo disponibile presso il centro fotocopie)

CINEMATICA DEI MECCANISMI:

Concetto di anello e classificazione dei meccanismi (paralleli, seriali ed ibridi); Analisi cinematica (posizione, velocità ed accelerazione) per via grafica e per via analitica; Quadrilatero articolato; Manovellismo di spinta. (Vol. I, Cap. 6, parr. 6.1-6.2-6.3-6.4-6.5-6.6-6.7 (*); Materiale didattico integrativo disponibile presso il centro fotocopie + (**))

FORZE AGENTI SULLE MACCHINE E CINETOSTATICA DELLE MACCHINE:

Classificazione delle forze (esterne o interne; attive o passive); Lavoro di attrito; Definizione di rendimento; Rendimento di macchine disposte in serie e in parallelo; Moto retrogrado. (Vol. I, Cap. 2, tutto (*))

Caratterizzazione statica delle coppie cinematiche (reazioni vincolari nelle coppie cinematiche passive e senza attrito, interpretazione statica della formula di Grubler); Richiami di statica; (Appunti presi a lezione, testi di meccanica razionale e materiale didattico integrativo disponibile presso il centro fotocopie);

Analisi cinetostatica. (Vol. I, Cap. 6, par. 6.8 (*))

Condizioni di vincolo imposte dai cuscinetti; teorie sull'attrito e sull'usura; coefficiente d'attrito in condizioni di attrito secco, lubrificazione limite, contatto di rotolamento. Attrito nelle coppie cinematiche; Distribuzione delle pressioni di contatto (Frizioni; Freni a disco; Freni a ceppo); Cuscinetti a rotolamento; Equilibrio di un veicolo in moto rettilineo. (Vol. I, Cap. 3, tutto (*); Materiale didattico integrativo disponibile presso il centro fotocopie)

LE COPPIE CINEMATICHE LUBRIFICATE (Vol. I, Cap. 4 (*); appunti fotocopiati):

Generalità sulla lubrificazione fluida. Viscosità dei lubrificanti: legge di Newton; viscosità dinamica, cinematica, relativa; viscosimetri; indice di viscosità; classificazione SAE. Teoria elementare della lubrificazione fluidodinamica. Lubrificazione per accostamento. Meato limitato da pareti piane. Meato limitato da pareti piane di lunghezza finita; applicazioni tecniche. Coppia rotoidale lubrificata di lunghezza infinita e finita. Effetti termici; temperatura del lubrificante. Dimensionamento di un cuscinetto portante a lubrificazione fluidodinamica (diagrammi di Raimondi-Boyd, esempio numerico). Cenni alla lubrificazione fluidodinamica con lubrificanti gassosi. Lubrificazione elastoidrodinamica. Lubrificazione fluidostatica. Cuscinetti reggispinta e portanti fluidostatici (trattazione qualitativa). Prestazioni e campi di impiego dei diversi tipi di cuscinetto (scelta del cuscinetto).

Esercitazione: Dimensionamento di un cuscinetto a lubrificazione idrodinamica (appunti fotocopiati).

Esercitazione: Cuscinetti a pattini fissi (appunti fotocopiati).

Esercitazione: Cuscinetti a pattini orientabili (appunti fotocopiati).

MECCANISMI CON CAMME:

Legge di moto del cedente; Tracciamento di una camma; Sistema articolato equivalente; Analisi cinetostatica; Angolo di pressione; Sottotaglio; Leggi di moto elementari. (dispense da scaricare dal sito del corso)

SINTESI DEI SISTEMI ARTICOLATI:

Problemi notevoli della sintesi dei meccanismi (sintesi di numero, sintesi di tipo, generazione di traiettoria, generazione di movimento, generazione di funzione). Sintesi dei sistemi articolati piani con metodi analitici (uso dei numeri complessi per la scrittura delle equazioni d'anello, sintesi del quadrilatero articolato).

Il quadrilatero articolato (q.a.) piano e le sue applicazioni: trasformazione di moto rotatorio continuo in moto rotatorio alterno (regola di Grashof, determinazione delle posizioni di regresso del membro di uscita e sua applicazione alla sintesi del q.a.); analisi statica del q. a. (angolo di pressione ed angolo di trasmissione); il parallelogrammo articolato; sintesi del q.a. con metodi grafici (casi delle due e delle tre posizioni assegnate di un segmento di biella); teorema del Roberts (solo enunciato).

Uso delle polari fissa e mobile (**): tracciamento delle traiettorie, equazione di Eulero-Savary, circonferenza dei flessi e sue applicazioni (gru da porto). Uso degli atlanti di traiettorie dei punti di biella del q.a. nella sintesi dei sistemi articolati: esempi (esalateri (q.a. + diade) con una o due soste, oppure con bilanciere che esegue due oscillazioni per ogni rotazione di manovella (traiettoria a doppio lobo)). (Vol. I, Cap. 6 (*) + dispense da scaricare dal sito del corso + (***))

Esercitazione: Sistemi articolati – Generazione di movimenti (sito del corso).

Esercitazione: Sistemi articolati – Generazione di funzioni (sito del corso).

Esercitazione: Sistemi articolati – Generazione di traiettorie per 3 punti di precisione (sito del corso).

RUOTE DENTATE (Vol. I, Cap. 7 e Vol. II, Cap. 4 (*); appunti fotocopiati):

Generalità. Trasmissione del moto tra assi paralleli con ruote di frizione. Ruote dentate cilindriche ad evolvente: proprietà del profilo ad evolvente; centro di istantanea rotazione; rapporto di trasmissione; proporzionamento; linea di contatto; analisi statica (angolo di pressione, rapporto tra i momenti). Arco di azione. Condizione di non interferenza. Taglio delle ruote dentate cilindriche. L'interferenza di taglio e la correzione; esempi numerici. Misura Wildhaber. Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali: geometria, arco d'azione, forze trasmesse; dentiera elicoidale. Rigidezza di ingranamento per ruote a denti diritti ed elicoidali. Trasmissione del moto tra assi concorrenti con ruote di frizione. Ruote coniche. Trasmissione del moto tra assi sghembi: generalità. Coppia vite senza fine-ruota elicoidale.

Esercitazione: Correzione ruote dentate (appunti fotocopiati).

ROTISMI (Vol. I, Cap. 8 (**)):

Rotismi ordinari; Rotismi epicicloidali; Differenziale; Rapporti fra i momenti esterni agenti su di un rotismo.

Esercitazione: Dimensionamento cinematico di un rotismo epicicloidale (appunti fotocopiati).

VIBRAZIONI DI SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTÀ (Vol. I, Cap. 14.1-14.4 (*); appunti fotocopiati).

Generalità. Molle in serie e in parallelo. Vibrazioni libere; decremento logaritmico. Vibrazioni forzate. Funzione di risposta in frequenza. Eccitazione proporzionale al quadrato della frequenza. Isolamento delle vibrazioni (eccitazione della massa, eccitazione della base, esempi ed esercizi).

Esercitazioni: Sospensioni di un macchinario, Compressore centrifugo, Sospensioni di un veicolo, Strumenti di bordo (appunti fotocopiati).

(*) *I capitoli indicati si riferiscono al testo di Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti (Vol. I e II) e sono trattati in maniera parziale.*

(**) Per questi argomenti, si consiglia di consultare anche il seguente testo presente in biblioteca:

N. P. Belfiore, A. Di Benedetto, E. Pennestrì, "Fondamenti di Meccanica Applicata alle macchine", Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2005.

(***) Sulla sintesi dei meccanismi si consiglia di consultare il seguente testo che, per uso personale, è scaricabile gratuitamente, in formato PDF, dal sito (<http://ebooks.library.cornell.edu/k/kmoddl/>):

Hartenberg R.S., Denavit J, "Kinematic Synthesis of Linkages," Mc.Graw-Hill, Inc., 1964.

Testi di Riferimento e Materiale Didattico

Quasi tutti gli argomenti trattati a lezione sono contenuti nel testo:

[1]

- Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, *Lezioni di Meccanica applicata alle macchine. Prima parte: Fondamenti di meccanica delle macchine*, Patron, Bologna, ISBN 88-555-2829-7, 2005 [Vol. I].
- Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, *Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine. Seconda parte: Elementi di Meccanica degli Azionamenti*, Patron, Bologna, ISBN 978-88-555-2948-8, 2007 [Vol. II].

oppure nel testo (in lingua inglese):

[2] Uicker, J.J., Pennock, G.R., Shigley, J.E., "Theory of Machines and Mechanisms", third edition 2003, Oxford University Press (www.oup.com), ISBN:0-19-515598-X

Per gli argomenti non contenuti nel testo [1] (o [2]), sono disponibili una raccolta di fotocopie presso il centro fotocopie e delle dispense in formato elettronico da scaricare dal sito del corso, che riguardano complementi di teoria, gli esercizi che vengono svolti a lezione ed una serie di esercizi da svolgere come autoverifica.

In biblioteca, sono altresì disponibili i seguenti testi:

[3] Doughty, S., "Mechanics of Machines", John-Wiley & Sons, 1988;

[4] Paul, B., "Kinematics and dynamics of planar machinery", Prentice-Hall, 1979

[5] N. P. Belfiore, A. Di Benedetto, E. Pennestrì, "Fondamenti di Meccanica Applicata alle macchine", Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2005

[6] Waldrom K.J., Kinzel G.L., "Kinematics, Dynamics, and Design of Machinery", John-Wiley & Sons, 1999

[7] Mabie H., Reinholtz C., "Mechanisms and dynamics of machinery," John-Wiley & Sons, 1987

di cui si consiglia la consultazione.

Infine, dal sito (<http://ebooks.library.cornell.edu/k/kmoddl/>) della Cornell University, sono scaricabili gratuitamente, per uso personale, molti testi in formato PDF tra cui i seguenti:

[8] Hartenberg R.S., Denavit J., "Kinematic Synthesis of Linkages," Mc.Graw-Hill, Inc., 1964

[9] Bickford J.H., "Mechanisms for Intermittent Motion," Industrial Press, Inc, 1972

che si consiglia di scaricare.

Inoltre, è disponibile presso il centro fotocopie una raccolta di fotocopie che riguardano gli esercizi che vengono svolti a lezione, complementi di teoria ed una serie di esercizi da svolgere come autoverifica.

Esercitazioni numeriche

TUTTE LE ESERCITAZIONI SVOLTE SONO PARTE INTEGRANTE DEL PROGRAMMA D'ESAME. Alcune di queste, di seguito elencate, dovranno essere svolte in forma scritta e presentate all'esame orale (sono un prerequisito per sostenere l'esame orale).

I testi e le tracce di soluzione si trovano nei fascicoli degli appunti fotocopiati disponibili presso la Copisteria della Facoltà oppure sul sito web.

Lo svolgimento può essere scritto a mano o con word processor, su quaderno o su fogli singoli riportanti il proprio nome.

I calcoli delle seguenti 7 esercitazioni possono essere svolti, a propria scelta, con Matlab o con calcolatrice da tavolo, usando i diagrammi forniti nelle fotocopie:

- Dimensionamento di un cuscinetto a lubrificazione idrodinamica (appunti fotocopiati).
- Cuscinetti a pattini fissi (appunti fotocopiati).
- Cuscinetti a pattini orientabili (appunti fotocopiati).
- Correzione ruote dentate (appunti fotocopiati).
- Dimensionamento cinematico di un rotismo epicicloidale (appunti fotocopiati).
- 2 esercizi sulle sospensioni (solo i 2 esercizi a pag. 2 del fascicolo 18 degli appunti fotocopiati che vanno sotto il titolo comune di 'Vibrazioni meccaniche': Compressore centrifugo, Strumenti di bordo)

I calcoli delle seguenti 3 esercitazioni devono essere svolti con Matlab, stampando il listato, i dati, i risultati e le figure dei quadrilateri nelle diverse posizioni.

- Sistemi articolati – Generazione di movimenti (sito web).
- Sistemi articolati – Generazione di funzioni (sito web).
- Sistemi articolati – Generazione di traiettorie per 3 punti di precisione (sito web).

In caso di difficoltà nello svolgimento delle esercitazioni, si può rivolgersi a:

ing Agazzi alessandro.agazzi@unife.it

ing Mucchi emiliano.mucchi@unife.it

ing D'Elia gianluca.delia@unife.it

Esame

- L'esame consiste in una prima parte scritta ed in una seconda parte orale:
 - Parte scritta: risoluzione per via grafica di un problema di analisi cinematica e statica di meccanismi piani;
 - Parte orale (solo per chi è risultato sufficiente nella parte scritta): tre quesiti sugli argomenti del corso e delle esercitazioni numeriche, svolti sia nel modulo A sia nel modulo B, tesi a valutare la conoscenza organica degli argomenti svolti a lezione; verranno inoltre verificate le esercitazioni assegnate durante il corso e da svolgere in forma scritta (v. sopra).
- Chi ha superato positivamente la prova intermedia non dovrà sostenere la parte scritta, ma si terrà conto dell'esito della prova intermedia stessa; si presenterà direttamente alla parte orale. Il voto della prova intermedia resta valido, senza scadenze; qualora la prova orale non venga superata, ci si dovrà presentare nuovamente soltanto all'orale.
- L'esame è unitario per i due moduli integrati "Meccanica Applicata alle Macchine A" e "Meccanica Applicata alle Macchine B". Non è possibile sostenere gli esami dei due moduli separatamente in appelli diversi, né è possibile sostenere la parte scritta e quella orale separatamente in appelli diversi (tranne per chi ha superato la prova intermedia). *Pertanto tutti gli studenti devono iscriversi via web sia al modulo A sia al modulo B nello stesso appello (anche chi ha superato la prova intermedia).*