

29327 - MECCANICA DELLE MACCHINE E DEI MATERIALI T C.I. - MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE TCorso di laurea: **8610 - INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA**Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, **a.a. 2013-14**

Docente: DdR. Ing. Alessandro Zanarini

#	Data	Argomenti
1	24/09/2013	Introduzione al corso, recapiti, riferimenti bibliografici, appelli d'esame, suddivisione dei moduli. Definizione di macchina e meccanismo; composizione delle catene cinematiche; elementi cinematici e coppie cinematiche. Gradi di libertà e vincoli nelle coppie cinematiche; classificazione; coppie piane e spaziali; coppie elementari e superiori nel piano e nello spazio; coppia rotoidale (cilindrica con e senza spallamento), prismatica (con anche profili scanalati), elicoidale, sferica, piano su piano, camme. Calcolo dei gradi di libertà in un meccanismo piano e spaziale, formula di Gruebler e Kutzbach. Portato in aula lo spaccato del motore 2T, l'albero a gomito e una biella composita.
2	26/09/2013	Semplici applicazioni del calcolo dei gdl nel caso piano: manovellismo di spinta, glifo, quadrilatero articolato, camme. Modelli fisici delle coppie cinematiche nelle realizzazioni industriali: cuscinetti a sfere, uniball, albero a camme e dentato; profili scanalati. Calcolo dei gdl nello spazio, limitazioni e caso del giunto di Cardano e del quadrilatero articolato spaziale. Rilassamento dei vincoli. Calcolo dei gdl nel piano per meccanismi composti: quadrilatero + manovellismo, quadrilatero + camma; quadrilatero + corsoio interno; bicicletta.
3	27/09/2013	Richiami sul calcolo delle velocità di punti materiali. Introduzione alla composizione vettoriale delle velocità nei meccanismi piani. Esempi con manovellismi.
4	01/10/2013	Composizione vettoriale delle velocità di qualsiasi punto in diversi meccanismi: quadrilatero articolato, glifo oscillante, camme. Approccio per meccanismi complessi. Introduzione al metodo dei centri di istantanea rotazione; corollari del Teorema di Chasles, proprietà da utilizzare nella soluzione della distribuzione di velocità nei meccanismi piani. Centri d'istantanea rotazione nelle coppie cinematiche piane. Applicazione al manovellismo di spinta, al quadrilatero articolato e alle camme.
5	08/10/2013	Metodo dei cir applicato al glifo oscillante e a meccanismi più complessi, composti da quadrilatero articolato, camme e glifo. Cenni alle polari del moto, loro proprietà e disegno per il quadrilatero articolato. Introduzione al calcolo delle accelerazioni nei meccanismi piani con la composizione vettoriale. Accelerazioni di punti dello stesso piano mobile, applicazione al manovellismo di spinta.
6	10/10/2013	Calcolo delle accelerazioni di punti dello stesso piano mobile, con applicazione al manovellismo di spinta. Determinazione del centro delle accelerazioni. Accelerazioni in presenza di moti relativi tra piani mobili. Applicazione al glifo oscillante e alle camme.
7	11/10/2013	Analisi cinematica analitica del manovellismo di spinta; equazioni di chiusura, sistema di equazioni approssimate per la posizione, velocità ed accelerazione del corsoio e della biella. Analisi cinematica analitica del Giunto di Cardano o quadrilatero articolato sferico trirettangolo; versori nello spazio, rapporto di trasmissione; doppio giunto di Cardano e condizioni per la trasmissione omocinetica. Portati in aula i modelli fisici dei giunti di Cardano (singolo e doppio) e dei sistemi di riferimento mobili inerenti.
8	15/10/2013	Introduzione all'analisi statica in assenza d'attrito. Pressioni di contatto e reazioni vincolari, particolarità per le tipologie di coppie cinematiche piane già affrontate (rotoidale, prismatica e superiore). Condizioni di equilibrio nel piano, particolarità per sistemi di 2, 3 e 4 forze, 2 forze e momento, 3 forze e momento; metodo della retta ausiliaria.
9	17/10/2013	Applicazioni dei principi dell'analisi statica grafica in assenza di attrito a meccanismi semplici, quali manovellismo di spinta, quadrilatero articolato e camme, con diverse condizioni di sollecitazione; equilibri locali e globali. Analisi statica grafica di un meccanismo complesso. Introduzione alla fenomenologia dell'attrito tra gli elementi cinematici di una coppia: origine dell'attrito radente, o di strisciamento, e di quello di rotolamento. L'attrito nelle coppie cinematiche piane, attraverso la scelta dei parametri d'attrito: coppia rotoidale, coppia superiore e coppia prismatica (primi cenni).
10	18/10/2013	Scomposizione dei contributi di reazione vincolare nella coppia prismatica con attrito. Applicazioni complete di analisi cinetostatica grafica a meccanismi semplici e complessi.
11	22/10/2013	Analisi cinetostatica grafica dell'autotreno in salita, con particolare attenzione alle reazioni vincolari e alle condizioni di aderenza nel contatto ruota/terreno: problemi del ribaltamento e dello slittamento, confronto tra trazione anteriore e posteriore. Introduzione al regime di moto assoluto e periodico, al rendimento meccanico e alla perdita di rendimento nel moto diretto e retrogrado: considerazioni ed esempi sulla pericolosità delle macchine. Calcolo del rendimento di moto diretto e retrogrado per il piano inclinato, con considerazioni sulla sicurezza.
12	24/10/2013	Rendimento di moto diretto e retrogrado nella coppia elicoidale: geometria dell'elicoide e determinazione della normale, considerazioni sulla progettazione dell'accoppiamento per i differenti usi. Sono stati portati in aula modelli fisici dell'elicoide. Rendimento di macchine in serie e parallelo. Contatti con usura e ipotesi di Reye. Cenni al contatto per il pattino piano. Applicazione alla coppia rotoidale di spinta o ralla piana, nel caso anche di freni e frizioni. E' stata portata in aula una frizione automobilistica.
13	25/10/2013	Portati in aula una frizione ed un sistema frenante (disco autoventilante, pinza, mozzo, attacco sospensione). Cuscinetti a rotolamento con corpi volventi a rulli cilindrici: modellazione del contatto per la stima del momento assorbito nella rotazione. Portati in aula numerosi cuscinetti a sfere, rulli (cilindrici, conici e a botte), manicotti e guide a ricircolo di sfere, vite e chiocciola a ricircolo di sfere. Introduzione alla Teoria elementare della lubrificazione fluidodinamica. Ipotesi semplificative, il meato, azioni infinitesime sulla particella fluida, equilibrio della particella fluida, distribuzione delle velocità nel meato.

14	29/10/2013	Teoria elementare della lubrificazione fluidodinamica: equazione di continuità e di Reynolds, gradiente e distribuzione delle pressioni, portanza, azioni tangenziali e coefficiente d'attrito equivalente. Lubrificazione per accostamento. Coppia rotoidale lubrificata: andamento del meato, del gradiente e del campo delle pressioni, risultante delle pressioni, moto di Whirl, velocità di Whirl e commenti; caso reale e pattini oscillanti.
15	31/10/2013	Introduzione alle ruote dentate. Profili di assortimento e costruzione dell'evolvente di cerchio, proprietà. Cenni alla realizzazione delle ruote cilindriche a denti dritti, cremagliera, coltelli Fellows e Creatore, differenza tra moto di taglio e di generazione. Nomenclatura per il proporzionamento delle ruote dentate cilindriche. Effetto dell'interasse sul rapporto di trasmissione. Segmento dei contatti e arco d'azione. Portate in aula numerose ruote a denti dritti, esterne ed interne, creatore, coltelli Fellows, mola, pompa ad ingranaggi, pulegge dentate con cinghia dentata.
16	05/11/2013	Messaggio del MR di sensibilizzazione sul problema del sotto-finanziamento alle Università italiane. Condizione di continuità del moto per ruote dentate cilindriche. Condizione di non interferenza nel dimensionamento delle ruote a denti dritti. Evoluzione del contatto e risultante delle reazioni vincolari nelle ruote a denti dritti. Introduzione alle ruote ad evolvente con dentatura elicoidale: differenze nell'evoluzione del contatto, spinte assiali, realizzazione, parametri normali. Portate in aula ruote a primitiva ellittica e ruote cilindriche a dentatura elicoidale con spinte assiali autobilanciate.
17	07/11/2013	Ancora sulla spinta assiale nelle ruote cilindriche a dentatura elicoidale. Rapporto di trasmissione nell'accoppiamento di vite senza fine e ruota dentata elicoidale. Cenni alla trasmissione del moto tra assi sghembi, con polari iperboloidiche e con cilindriche a dentatura elicoidale. Trasmissione del moto con ruote dentate ad assi incidenti: ruote a polare conica; generazione, ruota piano-conica, rapporto di trasmissione, approssimazione di Tredgold; cenni alle ruote coniche per assi sghembi. Introduzione ai rotismi ordinari e al loro rapporto di trasmissione. Semplici esempi a due stadi, ruote oziose. Portate in aula numerose ruote cilindriche a dentatura elicoidale per la trasmissione del moto tra assi paralleli, sghembi ortogonali, vite senza fine - ruota elicoidale; alberi con ruote, sbarbatore; croce di Malta; rotismi in legno per accoppiamenti sghembi (solo polari iperboloidiche e dentatura iperboloidica, dentatura elicoidale); ruote coniche e cono complementare; spaccati di riduttori industriali come rotismi ordinari.
18	08/11/2013	Introduzione ai rotismi epicicloidali. Relazioni cinematiche e di ripartizione dei momenti. Applicazioni e commenti. Rotismi a più gradi di libertà: rotismi combinatori e differenziali. Particolarità del differenziale a ruote coniche, di applicazione automobilistica; moto relativo tra le polari coniche, moto di spin del satellite. Cenni di applicazione nelle macchine di calcolo meccaniche e negli aerogeneratori. Portate in aula diversi rotismi ordinari ed epicicloidali per applicazioni industriali, due differenziali automobilistici.
19	12/11/2013	Introduzione agli organi flessibili: comportamento elastico e dissipazione interna. Applicazione alle macchine di sollevamento: rendimento della puleggia fissa e della puleggia mobile; rendimento del paranco, sia di moto diretto che retrogrado. Applicazione alla trasmissione di coppia: freno a nastro e trasmissione tra alberi con cinghie piatte e trapezoidali; considerazioni. Portate in aula cinghie piatte, trapezoidali con puleggia a 3 gole, cinghia dentata e puleggia dentata, meccanismo in legno con cinghia piatta, e con pulegge a gola e fune.
20	14/11/2013	Introduzione alla dinamica di corpo rigido nello spazio; richiami di dinamica per il calcolo delle azioni inerziali generalizzate ed esempi applicativi. Definizione degli squilibri presenti nei rotori rigidi, azioni correttive. Masse di sostituzione o sistemi dinamicamente equivalenti, nello spazio, nel piano e con particolari simmetrie dei corpi; esempio applicativo della biella nel moto piano. Riduzione energeticamente equivalente di sistemi complessi ed equazioni del moto secondo Lagrange con le quantità ridotte: applicazione al caso a 1 gdl con carrucole/pulegge, funi/nastri trasportatori, forze esterne generalizzate.
21	15/11/2013	Inerzia ridotta di una macchina composta da motore - riduttore - utilizzatore. Caratteristica meccanica e condizione di stabilità per il funzionamento di macchine in regime assoluto. Energia cinetica di un manovellismo e momento di inerzia ridotto variabile. Macchine a regime periodico: variabilità dei lavori e dell'energia cinetica, grado di irregolarità e calcolo del volano. Azioni d'inerzia sul manovellismo di spinta, compensazioni, esempi di bilanciamento con architetture pluri-cilindriche.
22	19/11/2013	Introduzione ai sistemi elastodinamici ad 1 gdl, differenza tra modello e realtà, calibrazione del modello. Oscillazioni libere di un sistema elastodinamico smorzato: equazione del moto, integrale generale, smorzamento critico e moti aperiodici e periodici smorzati, decremento logaritmico per la stima dello smorzamento, esempi industriali. Vibrazioni forzate di un sistema elastodinamico: integrale particolare, forzante con ampiezza costante o proporzionale alla pulsazione; trasmissibilità delle forze da una sospensione, cenni alla progettazione della sospensione. Esempi industriali.
23	21/11/2013	Oscillazione di una massa sospesa soggetta ad eccitazione della base; esempi di realtà così modellabili e commenti. Dinamica del rotore di Jeffcott e commenti; interazione del Whirl (coppia rotoidale lubrificata) con la dinamica strutturale dei rotori; il colpo di fusta o Whip. Proiezione di simulazioni del moto e delle forze dinamiche che nascono in una turbina eolica ad asse verticale, in una motocicletta che attraversa terreni accidentati; rilievo sperimentale dell'orbita di un rotore veloce che affronta i fenomeni di risonanza, whirl e whip; rilievo sperimentale con strumenti ottici "full field" del campo di spostamenti in una lastra eccitata a frequenza crescente; modelli elastodinamici complessi tarati su dati sperimentali avanzati.

Testi consigliati:

- A. Zanarini Analisi cinetostatica grafica di meccanismi piani: Applicazioni per la Meccanica delle Macchine, Società Editrice Esculapio, Bologna, 2012, ISBN - 978-88-7488-545-9
- E. Funaioli, Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine, Prima parte: Fondamenti di Meccanica delle Macchine; Pàtron Editore, Bologna, 2008, ISBN 88-555-2829-7
- A. Maggiore,
- U. Meneghetti