

#	Data	Argomenti
1	25/9/12	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. Calcolo dei gradi di libertà in un meccanismo piano, formula di Gruebler. Semplici applicazioni nel caso piano: manovellismo di spinta, glifo, quadrilatero articolato, camme.
2	26/9/12	Modelli fisici delle coppie cinematiche nelle realizzazioni industriali: cuscinetti a sfere, uniball, albero a camme e dentato; profili scanalati. Spaccato del motore 2T. Calcolo dei gdl nello spazio, limitazioni e caso del quadrilatero articolato spaziale. Calcolo dei gdl nel piano per meccanismi composti: quadrilatero + manovellismo, quadrilatero + camma; quadrilatero + corsoio interno; carrello su rotaia; bicicletta; escavatore. Richiami sul calcolo delle velocità.
3	28/9/12	Introduzione alla composizione delle velocità nei meccanismi piani. Numerosi esempi con manovellismi, quadrilateri articolati, camme, glifi e meccanismi composti.
4	2/10/12	Calcolo della velocità di ogni punto di un piano mobile con la composizione vettoriale: esempio del quadrilatero articolato composto con un manovellismo. Centri di istantanea rotazione, peculiarità ed applicazioni alle coppie cinematiche piane. Numerosi esempi sui meccanismi semplici: quadrilatero articolato, manovellismo, glifo e camme. Esempio del quadrilatero articolato composto con un manovellismo risolto con i c.i.r..
5	3/10/12	Applicazione dei cir per l'analisi cinematica completa in un meccanismo complesso formato da un quadrilatero, un glifo e camme. Convenzione per la parametrizzazione delle velocità nell'analisi cinematica dei meccanismi piani. Applicazione ai semplici meccanismi già analizzati con le altre tecniche.
6	9/10/12	Introduzione al calcolo delle accelerazioni nei meccanismi piani. Risultati del Teorema di Rivals, centro delle accelerazioni, accelerazioni nei moti relativi. Applicazioni al manovellismo di spinta, al quadrilatero articolato al meccanismo con camme e al glifo oscillante.
7	10/10/12	Accelerazione di un punto di biella o di un piano mobile, note due altre accelerazioni; cenni alla convenzione per le accelerazioni fittizie. Analisi cinematica analitica del manovellismo di spinta; equazioni di chiusura, sistema di equazioni cartesiane per la posizione del corsoio, velocità ed accelerazione approssimate. Quadrilatero articolato trirettangolo o giunto di Cardano; analisi cinematica e rapporto di trasmissione. Doppio giunto di Cardano e condizioni per una trasmissione omocinetica. Portati in aula i modellini del giunto di Cardano, dei riferimenti mobili e del doppio giunto di Cardano.
8	12/10/12	Introduzione all'analisi statica in assenza d'attrito. Pressioni di contatto e reazioni vincolari, particolarità per le tipologie di coppie cinematiche già affrontate. Condizioni di equilibrio, particolarità per sistemi di 2, 3 e 4 forze, 2 forze e momento, 3 forze e momento. Applicazioni al quadrilatero articolato con diverse condizioni di sollecitazione e al manovellismo di spinta.
9	16/10/12	Analisi statica di meccanismi con camme e applicazioni a casi più complessi quali il quadrilatero connesso ad un manovellismo e la distribuzione con camma, bilanciere e corsoio a doppio collare (con reazione esterna e relativa modellazione). Introduzione alla fenomenologia dell'attrito. Attrito di strisciamento: modello della meccanica di adesione nel contatto, variabilità dell'attrito con la velocità relativa nel contatto, stick-slip. Attrito di puro rotolamento o volvente: asimmetria del campo di pressioni, momento delle pressioni per dissipare energia. L'attrito nelle coppie cinematiche piane: esempi elementari.
10	17/10/12	L'attrito nella coppia prismatica: modellazione della sovrapposizione degli effetti di reazione e momento di reazione vincolare. Applicazione al semplice corsoio caricato. Esempio del manovellismo di spinta con attrito in tutte le coppie cinematiche.
11	19/10/12	Analisi cinetostatica grafica di un quadrilatero articolato, di un meccanismo con sole camme e di uno composto. Analisi cinetostatica grafica dell'autotreno, con particolare attenzione alle reazioni vincolari e alle condizioni di aderenza nel contatto ruota/terreno: problemi del ribaltamento e dello slittamento. Introduzione del regime assoluto e periodico, del rendimento meccanico e della perdita di rendimento. Moto diretto e moto retrogrado; rendimento di moto retrogrado e considerazioni.
12	23/10/12	Rendimento di macchine in serie ed in parallelo. Rendimento nel piano inclinato e considerazioni. Rendimento nella coppia elicoidale: geometria dell'elicoide e determinazione della normale, calcolo e considerazioni per il moto retrogrado.
13	24/10/12	L'ipotesi di Reye per determinare le pressioni nei contatti con usura. Modellazione della coppia rotoidale di spinta o ralla piana; estensione ai freni ed alle frizioni. Portati in aula dei componenti meccanici reali: dischi frizione e freno a disco con pinza. Cuscinetti a rotolamento con corpi volventi: modellazione del cuscinetto a rulli cilindrici. Sono stati portati in aula numerosi esempi di cuscinetti industriali: assiali, radiali, obliqui, a rulli (cilindrici, conici e a botte) e a sfere; vite e manicotto a ricircolo di sfere con chiocciola separata.
14	26/10/12	Introduzione alla <i>Teoria elementare della lubrificazione fluidodinamica</i> . Ipotesi semplificative, il meato, azioni infinitesime sulla particella fluida, equilibrio, distribuzione delle velocità nel meato, equazione di continuità ed equazione di Reynolds, gradiente e distribuzione delle pressioni, portanza e coefficiente di attrito. Pattini piani ed oscillanti. Lubrificazione per accostamento. Coppia rotoidale lubrificata. Andamento del meato, del gradiente delle pressioni e del campo delle pressioni. Risultante delle pressioni. Commenti e moto di <i>Whirl</i> .

15	30/10/12	Precisazioni sulla lubrificazione per accostamento ed il gradiente di pressione nella coppia rotoidale lubrificata. Determinazione della velocità di <i>Whirl</i> . Introduzione alle ruote dentate. Profili di assortimento e costruzione dell'evolvente di cerchio, proprietà. Nomenclatura e proporzionamento delle ruote. Il rapporto di trasmissione al variare dell'interasse. Arco di azione e condizione di continuità del moto. Portate in aula numerose ruote a denti diritti, creatore, coltelli Fellows e mola.
16	31/10/12	Condizione di non interferenza dei profili nelle ruote dentate normali. Evoluzione del contatto nelle ruote a denti diritti. Introduzione delle ruote a dentatura elicoidale: differenze nell'evoluzione del contatto, spinte assiali, realizzazione, parametri normali. Sono stati portati in aula modelli in legno di ruote elicoidali ad assi paralleli e sghembi, ruote metalliche a doppia elica, vite senza fine e ruota elicoidale.
17	6/11/12	Aumento dell'arco d'azione delle ruote dentate elicoidali. Richiami sulle forze scambiate tra le ruote. Calcolo del rapporto di trasmissione tra vite senza fine e ruota elicoidale. Primitive coniche e rapporto di trasmissione nel moto sferico, vettori delle velocità angolari assolute e relative nello spazio. Generazione della dentatura delle ruote coniche. Approssimazione di Tredgold. Spinte assiali nelle ruote coniche. Rotismi ordinari e rapporto di trasmissione. Ruote oziose. Sono state portate in aula numerose ruote: elicoidali per accoppiamento ad assi sghembi, vite senza fine e ruota elicoidale, ruote coniche a denti dritti, quasi piano-conica e rocchetto conico a denti curvi, ipoidale a denti curvi per accoppiamento sghembo, cono dentato per l'approssimazione di Tredgold. Sono stati portati in aula 4 riduttori, di cui 3 in spaccato funzionante ed uno apribile.
18	7/11/12	Portate in aula ruota elicoidale e dentiera con spinte assiali equilibrate, ruote dentate elicoidali per assi sghembi, riduttore con rotismo ordinario. Introduzione ai rotismi epicicloidali; rapporto di trasmissione nel rotismo ordinario equivalente; rapporti di trasmissione in rotismi epicicloidali ad uno e due gradi di libertà; relazione tra i momenti esercitati. Applicazioni a semplici rotismi con due e tre ruote. Il rotismo differenziale nell'applicazione automobilistica a ruote coniche, con 2 assemblati di derivazione industriale portati in aula.
19	9/11/12	Moto relativo tra le polari del moto nel differenziale: moto di trascinamento e di <i>spin</i> per i satelliti. Cenni sullo schema della trazione integrale permanente. Applicazione del differenziale nel controllo degli aerogeneratori. Introduzione agli organi flessibili. Applicazioni alle rudimentali macchine di sollevamento; puleggia fissa, puleggia mobile e paranco: rendimenti. Applicazione degli organi flessibili alla trasmissione di coppie (cenni alle catene e cascate di ingranaggi per macchine veloci): il freno a nastro (ordinario e differenziale) e la trasmissione con cinghie.
20	13/11/12	Ancora sulla trasmissione a cinghie: angolo di abbracciamento, angolo di lavoro e sicurezza nella trasmissione di coppia. Vantaggi della cinghia trapezoidale; cenni alle cinghie metalliche per variatori e dentate o cascate di ingranaggi per motori ad alte prestazioni. Introduzione alla dinamica di corpo rigido nello spazio; calcolo delle azioni inerziali generalizzate; esempi applicativi. Sono state portate in aula pulegge, cinghie trapezoidali e piatte, dentate ed un modellino in legno di variatore discreto con corpi flessibili tessili.
21	14/11/12	Ancora sulle azioni d'inerzia per corpi rotanti nello spazio. Equilibratura dei rotori rigidi; squilibrio statico, di coppia, dinamico; correzione su due piani; esempi industriali; cenni alle problematiche per la correzione di rotori flessibili. Masse di sostituzione o sistemi dinamicamente equivalenti, nello spazio, nel piano e con particolari simmetrie dei corpi; esempio applicativo della biella nel moto piano.
22	16/11/12	Riduzione energeticamente equivalente di sistemi complessi. Applicazione a casi ad 1 gdl: carrucole/pulegge con funi/nastri trasportatori, inerzia e massa distribuita in diversi corpi, accoppiamento motore-riduttore-utilizzatore. Equazioni del moto nella formulazione di Lagrange, con l'utilizzo delle quantità ridotte. Curve caratteristiche di motore ed utilizzatore per la determinazione del punto di funzionamento in regime assoluto; condizione di stabilità. Macchine a regime periodico. Energia cinetica del manovellismo di spinta. Grado di irregolarità e calcolo del volano.
23	20/11/12	Azioni d'inerzia sul manovellismo di spinta. Compensazioni. Architetture pluri cilindriche. Introduzione ai sistemi elastodinamici ad un solo gdl. Oscillazioni libere di un sistema elastico smorzato; equazione del moto, omogenea associata, integrale generale del moto, moto aperiodico smorzato, smorzamento critico, moto periodico smorzato, pulsazione naturale e fattore di smorzamento, condizioni iniziali.
24	21/11/12	Cenni alla diagnostica dei cuscinetti con l'analisi delle vibrazioni. Vibrazioni forzate di un sistema elastodinamico; integrale particolare del moto, forzante con ampiezza costante o proporzionale alla pulsazione; trasmissibilità delle forze da una sospensione; progettazione della sospensione. Esempi industriali.
25	23/11/12	Progetto di una sospensione per una massa con base oscillante; esempio dell'isolamento dei macchinari e degli edifici. Vibrazioni flessionali in macchine flessibili rotanti: schematizzazione del <i>rotore di Jeffcott</i> . Discussione del caso di rotore flessibile supportato da cuscinetti fluidodinamici: effetti del <i>Whirl</i> e innesco del <i>Whip</i> . Esempio di rilievo dell'usura e delle condizioni d'esercizio di un ascensore. Proiezione di animazioni sulla dinamica di un veicolo su terreno accidentato, sul <i>flutter</i> delle ali di aereo; dinamica sperimentale di un rotore con <i>whirl</i> e <i>whip</i> ; deformate operative con misure sperimentali di spostamento normale al piano di una lastra eccitata a frequenza variabile.

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