



UNIVERSITÀ DI PISA
FACOLTA DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE
Specifica dell'insegnamento di
MECCANICA APPLICATA

1. Docenza

Docente: prof. Enrico Ciulli

Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione

Tel.: 050 2218 061

Fax: 050 2218 065

e-mail: ciulli@ing.unipi.it

2. Finalità ed obiettivi dell'insegnamento

Le finalità del corso sono :

rendere in grado gli allievi di effettuare i collegamenti fra le conoscenze di base (matematica, fisica) e quelle applicate;

preparare gli allievi a comprendere ed affrontare problemi ingegneristici fornendo loro le basi ed al tempo stesso un'ampia conoscenza degli elementi meccanici;

fornire agli allievi una professionalità immediatamente spendibile in ogni azienda.

Obiettivi dell'insegnamento sono portare lo studente a:

conoscere e comprendere il funzionamento dei più comuni meccanismi e macchine;

familiarizzare con le problematiche legate agli accoppiamenti fra elementi di macchine, sia lubrificati sia a secco, comprendendo l'importanza degli aspetti legati ad attrito, usura e lubrificazione ai fini del risparmio energetico e della riduzione dei costi per manutenzione e guasti di impianti industriali;

conoscere i principali tipi di trasmissione meccaniche;

conoscere gli aspetti fondamentali della dinamica delle macchine e della meccanica delle vibrazioni.

3. Pre-requisiti in ingresso e competenze minime in uscita

Pre requisiti (in ingresso)	Insegnamenti fornitori
<i>Conoscere la trigonometria ed i numeri complessi. Saper risolvere equazioni e sistemi di equazioni. Saper effettuare studi di funzione. Saper derivare e integrare funzioni di una o più variabili ed effettuare lo sviluppo in serie di Taylor. Saper risolvere equazioni differenziali lineari omogenee a coefficienti costanti.</i>	<i>Algebra lineare e Analisi Matematica I</i>
<i>Conoscere le grandezze fisiche e le unità di misura. Conoscere la</i>	<i>Fisica generale I</i>

<i>cinematica e la dinamica del punto materiale. Conoscere le rappresentazioni e le operazioni con grandezze vettoriali. Conoscere concetti ed equazioni fondamentali di quantità di moto, impulso, lavoro, energia e potenza. Cinematica e dinamica del corpo rigido in moto piano; momenti d'inerzia. Equazioni cardinali.</i>	
--	--

Competenze minime (in uscita)	Insegnamenti fruitori
<i>Saper schematizzare i più comuni meccanismi in maniera semplice e saperne comprendere schemi già realizzati riconoscendo i tipi di coppie cinematiche e valutando i gradi di libertà dei meccanismi stessi.</i>	
<i>Conoscere e saper applicare le relazioni fra velocità ed accelerazioni di punti di corpi rigidi nel piano.</i>	
<i>Saper valutare le forze scambiate fra elementi a contatto in presenza di attrito di strisciamento, sia statico sia dinamico, e in presenza di attrito di rotolamento. Saper calcolare il rendimento meccanico di semplici meccanismi.</i>	
<i>Saper verificare le condizioni di corretto funzionamento di accoppiamenti lubrificati avendo acquisito i principi fisici su cui si basa il sostentamento fluidodinamico e fluidostatico e la conoscenza delle più comuni coppie lubrificate.</i>	
<i>Conoscere gli elementi essenziali delle ruote dentate e saper determinare il rapporto di trasmissione di rotismi ordinari ed epicicloidali.</i>	
<i>Conoscere gli elementi essenziali delle trasmissioni con camme, giunti ed organi flessibili.</i>	
<i>Conoscere le equazioni fondamentali della dinamica delle macchine. Conoscere le problematiche della dinamica degli impianti funzionanti in regime periodico.</i>	
<i>Saper impostare e risolvere le equazioni del moto di sistemi vibranti liberi e forzati ad un grado di libertà (moti periodici e aperiodici, condizioni di risonanza).</i>	

4. Metodologia didattica

La metodologia didattica impiegata consiste in lezioni ed esercitazioni in aula.

Gli argomenti in programma sono trattati con lezioni riguardanti gli aspetti generali, sia teorici sia pratici, intervallate da esercitazioni in cui sono svolti esempi applicativi e sono mostrati, quando possibile, reali componenti di macchine.

5. Programma, articolazione e carico didattico

<i>Esempi di Argomento</i>	Lezioni A	Esercit B	Lab. C
<i>Elementi di base. Richiami alle grandezze vettoriali. Operazioni fra vettori; soluzioni grafiche e analitiche.</i>	2	1	

<p><i>Macchine e meccanismi. Definizioni generali. Componenti delle macchine. Collegamenti fra elementi di macchine. Coppie cinematiche, gradi di libertà di meccanismi piani e meccanismi nello spazio. Condizioni di regime assoluto e periodico, rendimento, moto retrogrado, macchine in serie ed in parallelo.</i></p>	5	1	
<p><i>Cinematica. Moto piano di un corpo rigido: relazione fra velocità di punti diversi, centro di istantanea rotazione nel moto assoluto e nel moto relativo, primitive del moto, polari fissa e mobile; relazione fra accelerazioni di punti di uno stesso corpo rigido, teorema di Rivals e centro delle accelerazioni; traiettorie, circonferenza dei flessi. Studio del manovellismo di spinta per via analitica: velocità ed accelerazione del piede di biella; andamenti delle varie grandezze in funzione dell'angolo di manovella. Metodo analitico per lo studio di meccanismi più complessi: esempio del quadrilatero articolato; parallelogrammi articolati.</i></p>	6	6	
<p><i>Meccanica dei contatti. Generalità sull'attrito, aspetti microscopici. Attrito statico: coefficiente d'aderenza. Attrito di strisciamento: coefficiente d'attrito cinetico, leggi di Coulomb, lavoro perso per attrito. Attrito di rotolamento: cenni alla teoria di Hertz, coefficiente d'attrito volvente. Applicazioni di ipotesi e leggi a coppie elementari (prismatica, rotoidale, elicoidale) e a semplici meccanismi (manovellismo di spinta centrato, cuscinetti volventi, ruote di un veicolo in movimento, problemi di ribaltamento e di impuntamento). Usura: concetti e leggi fondamentali, determinazione della pressione di contatto fra solidi in moto relativo (freni e frizioni).</i></p>	8	4	
<p><i>Contatti lubrificati. Generalità su lubrificazione e lubrificanti. Teoria elementare della lubrificazione: ipotesi ed equazioni fondamentali. Esempi di soluzione dell'equazione di Reynolds nel caso piano: lubrificazione idrodinamica, per accostamento e idrostatica. Verifica di una corretta lubrificazione: curva di Stribeck e altezza specifica del meato; effetti termici. Cuscinetti lubrificati: idrodinamici e idrostatici, di spinta e portanti. Elementi essenziali di ulteriori aspetti della lubrificazione (lubrificazione elastoidrodinamica, con lubrificanti gassosi, a grasso). Indicazioni sui criteri di scelta di un cuscinetto.</i></p>	7	1	

<p><i>Trasmissioni meccaniche. Ruote dentate. Trasmissione del moto fra assi paralleli: ruote dentate cilindriche a denti diritti con profilo ad evolvente, rapporto di trasmissione, coppia rocchetto-dentiera, definizioni e proporzionamento di ruote normali; cenni su linea di contatto e arco di azione, condizione di non interferenza e correzione; rendimento. Ruote a denti elicoidali; coppia vite-ruota elicoidale (trasmissione del moto fra assi sghembi), rapporto di trasmissione. Trasmissione del moto fra assi incidenti: ruote dentate coniche, rapporto di trasmissione. Rotismi ordinari e rotismi epicicloidali: esempi di rotismi e valutazione del rapporto di trasmissione (riduttori, differenziale). Camme. Giunti rigidi, elastici, di Oldham, di Cardano semplice e doppio: indicazioni sui rapporti di trasmissione. Organi flessibili (funi, catene cinghie, nastri): trasmissione del moto fra due alberi con cinghie; freni a nastro; macchine di sollevamento.</i></p>	6	3	
<p><i>Dinamica delle macchine. Azioni inerziali ed energia cinetica di un corpo rigido. Equazioni fondamentali della dinamica delle macchine: Equazioni di D'Alembert, problema dinamico diretto ed inverso; equazione dell'energia; equivalenza dinamica. Applicazione al manovellismo di spinta: equilibrio dinamico, forze agenti sul telaio, compensazione delle forze d'inerzia. Energia cinetica del manovellismo di spinta. Problema della fluttuazione di velocità negli impianti funzionanti in regime periodico: grado di irregolarità.</i></p>	4	1	
<p><i>Dinamica dei sistemi vibranti. Vibrazioni libere di sistemi ad un grado di libertà: equazione differenziale e leggi del moto nei casi di smorzamento superiore, inferiore ed uguale a quello critico. Vibrazioni forzate di sistemi ad un grado di libertà: ampiezza e fase dell'oscillazione a regime in funzione del rapporto fra pulsazione dell'azione eccitatrice e pulsazione propria del sistema; risonanza. Isolamento dalle vibrazioni: dimensionamento delle sospensioni. Introduzione ai sistemi a due e più gradi di libertà ed alla diagnostica industriale.</i></p>	4	1	
<p style="text-align: center;">Totale</p>	42	18	-

6. Materiale didattico

I testi base consigliati per il corso sono:

- Ciulli E., "Elementi di Meccanica", Edizioni PLUS, Università di Pisa, Pisa, 2008.

Testi complementari (solo per eventuali approfondimenti di argomenti specifici - alcuni disponibili presso le biblioteche della Facoltà) sono:

- E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, "Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine", Vol. I e II, Pàtron Editore, Bologna.
- N. Bachschmid, S. Bruni, A. Collina, B. Pizzigoni, F. Resta, "Fondamenti di meccanica teorica e applicata", McGraw Hill, 2003.
- A. Di Benedetto, N. P. Belfiore, "Fondamenti di teoria delle vibrazioni delle macchine - sistemi ad un grado di libertà", Casa Editrice Ambrosiana, 2007, Milano.
- N. P. Belfiore, A. Di Benedetto, E. Pennestri, "Fondamenti di meccanica applicata alle macchine", Casa Editrice Ambrosiana, 2005, Milano.
- R. Bassani, "Elementi di Tribologia", SEU, Pisa;
- E. Ciulli, B. Piccigallo, "Complementi di Lubrificazione", SEU, Pisa;
- M. Guiggiani, "Generazione per Inviluppo di Ruote Dentate ad Evolvente", SEU, Pisa.

7. Modalità di verifica del profitto e conduzione dell'esame

Solo prova orale con domande sul programma del corso e sugli esercizi svolti durante il corso stesso.

Il voto finale tiene conto della preparazione mostrata dal candidato, sia in base allo studio effettuato sia in base alla comprensione della materia. E' considerata anche la capacità di esprimersi in un linguaggio tecnico appropriato.