

**28523 - FONDAMENTI DI MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE T-2 modulo 1**Corso di laurea: 9217 - **Ingegneria dell'Automazione**Scuola di Ingegneria e Architettura, Università di Bologna, a.a. **2018-19**

Docente: DdR. Ing. Alessandro Zanarini

#	Data	Argomenti
1	20/02/2019	Introduzione al corso: dettagli, fini, motivazione, struttura, riferimenti parziali ed esame. Elementi di Disegno Tecnico Industriale: introduzione. Formato e piegatura dei fogli da disegno. Tipi di linee ed esempio applicativo. Metodi di proiezione. Proiezioni ortogonali: metodo del primo e terzo diedro.
2	21/02/2019	Scale di rappresentazione. Metodo delle frecce di riferimento. Sezioni. Sezioni secondo un e più piani. Sezioni secondo superfici cilindriche di direttrice assegnata. Particolarità delle parti da non sezionare. Semi vista - semi sezione. Sezioni ribaltate in loco e sezioni ribaltate in vicinanza.
3	26/02/2019	Tratteggio delle sezioni. Convenzioni particolari di rappresentazione. Introduzione alla quotatura dei disegni. Linee di riferimento e di misura, frecce. Metodi di scrittura delle quote.
4	27/02/2019	Sistemi di quotatura: in serie, in parallelo, a quote sovrapposte, combinata, in coordinate (cartesiane o polari). Propagazione degli errori dimensionali. Introduzione alle tolleranze di realizzazione. Accoppiamenti con gioco, incerti, con interferenza. Cenni alla progettazione dell'interferenza e suoi effetti. Sistemi di tolleranze ISO. Gruppi di dimensioni nominali. Grado di tolleranza normato. Posizione della tolleranza. Indicazione della tolleranza nella quotatura per alberi e fori. Indicazione degli accoppiamenti possibili e scelte consigliate. Rilievi dimensionali: calibri. Serie di numeri normali.
5	28/02/2019	Richiami sulle sezioni in vicinanza e sulla posizione delle tolleranze. Rappresentazioni particolari: filettature ed organi filettati.
6	05/03/2019	Dispositivi anti-svitamento. Linguette e chiavette. Anelli Seeger. Accoppiamenti scanalati e dentati. Ruote dentate in presa. Definizione di rugosità superficiale e limiti delle tecnologie.
7	06/03/2019	Esercitazione sulle proiezioni ortogonali con il metodo del primo diedro per una piramide a base ottagonale, con foro piramidale a base pentagonale, sezionati da un piano inclinato.
8	07/03/2019	Ancora sugli accoppiamenti albero-mozzo e l'esatta posizione degli intervalli di tolleranza. Esercitazione: proiezioni ortogonali di un supporto, con l'aggiunta della semi-sezione per la geometria interna. Indicazioni di raccordi, filettature, gole, assi, retinature.
9	12/03/2019	Esercitazione di quotatura del disegno di un componente in semi-vista semi-sezione. Particolarità delle saldature. Lettura analitica di un complessivo di riduttore a ruote coniche ortogonali.
10	13/03/2019	Lettura analitica di complessivi. Sono stati portati in aula spaccati di riduttori reali, ruote coniche, motore 2T, albero con biella, pistone, pompe volumetriche.
11	19/03/2019	Lettura analitica di complessivi. Introduzione alla meccanica dei materiali, con esempi sulle curve di carico al variare della natura del materiale e ai movimenti relativi nei reticoli cristallini. Caratteristiche meccaniche.
12	20/03/2019	Equilibrio di un corpo soggetto ad azioni esterne. Azioni interne e sollecitazioni. Modellazione delle sollecitazioni col tensore di Cauchy. Problema dell'equilibrio elastico. Deformazioni e scorrimenti. Legame costitutivo.
13	21/03/2019	Ipotesi di de Saint Venant per la modellazione delle sollecitazioni nelle travi per trazione-compressione, flessione retta e deviata, torsione. La prova di trazione ed i risultati reali. Particolarità della torsione al variare della forma della sezione: esempio in aula con profilo tubolare prima e dopo il taglio lungo una generatrice. Gli studenti si sono alzati prima della fine del discorso.
14	26/03/2019	Sollecitazione da taglio. La Teoria di Hertz per le sollecitazioni nei contatti tra sfere e cilindri. Criteri di rottura e grandezze equivalenti tra stato generico triassiale e prove monoassiali. Esercitazioni numeriche sul calcolo semplificato delle azioni su alberi a ruote dentate cilindriche e coniche: diagramma di sforzo normale, taglio, momenti flettenti e torcenti; sollecitazioni su di una sezione specifica.
15	27/03/2019	Richiami su creep, tenacità, resilienza, pendolo di Sharphy, curve di Woehler e fatica.
16	28/03/2019	Le prove di durezza superficiale: Brinell, Rockwell, Vickers. Distribuzione di micro-durezza, esempi applicativi. Classificazione dei materiali. Produzione dei materiali ferrosi. Diagramma ferro-carbonio, implicazioni.
17	02/04/2019	Ghisa: produzione; ghisa grigia lamellare; ghisa grigia sferoidale; ghisa bianca e malleabile (a cuore bianco e nero). Affinamento dell'acciaio: sistemi di produzione; leganti principali e loro effetti. Designazione degli acciai. Principali trattamenti termici: normalizzazione, tempra, rinvenimento, bonifica, ricottura, tempra superficiale, cementazione, nitrurazione. Lettura della scheda del 18NiCrMo5. L'Alluminio e le sue leghe, anodizzazione e invecchiamento.
18	03/04/2019	Il rame e le sue leghe. Portata biella ramata e cementata. Il magnesio e le sue leghe. Il titanio e le sue leghe. Le materie plastiche. I materiali ceramici. I materiali compositi.
19	04/04/2019	Metodologia di scelta dei materiali nella progettazione: mappe di Ashby ed esempi. Introduzione agli elementi di tecnologia meccanica. La fonderia: fase liquida nelle leghe metalliche, il ritiro, soffiature; criteri per la realizzazione ed il posizionamento del modello; terra da fonderia; riempimento delle forme ed accorgimenti; pressofusione ed esempi.
20	09/04/2019	La microfusione. Introduzione alle lavorazioni plastiche a caldo e a freddo; forgiatura (maglio vs pressa); laminazione; estrusione; trafilatura; lamiere: taglio, tranciatura, piegatura, calandratura, imbutitura.
21	10/04/2019	Introduzione alle lavorazioni per asportazione di truciolo: i moti di taglio, registrazione ed alimentazione; la forma del tagliente. Il tornio: parallelo e verticale, componenti principali e loro funzioni, gli utensili, i moti specifici, lavorazioni tipiche. La fresatrice: i moti specifici e l'utensile, lavorazioni tipiche ed architetture di macchina.
22	11/04/2019	Altre asportazioni di truciolo con moto di taglio rotatorio: trapano, allargatore, alesatore; forma degli utensili ed architettura delle macchine (trapano da banco, trapano radiale, alesatrici). Macchine utensili con moto di taglio rettilineo: limatrice, stozzatrice, piallatrice e brocciatrice; dettagli su utensili, sezioni ed impieghi specifici. La rettificata: mole abrasive, rettificatrice ed operazioni tipiche. La saldatura: generalità, scorie ed ossidazione, cordone. Saldature autogene per fusione ad arco elettrico: con elettrodo rivestito, MIG, TIG, ad arco sommerso; a gas: ossiacetilenica ed ossidrica; al plasma; alluminotermica. Saldature autogene per pressione: per punti, a rulli. Brasature: forti, dolci, saldabrasature. Rappresentazione delle saldature sui disegni tecnici.
23	16/04/2019	Cicli di lavorazione: definizioni, particolarità, esempi dettagliati. Cuscinetti volventi: generalità e montaggio.

24	17/04/2019	Tipologie di cuscinetti volventi: radiali a sfere, radiali-orientabili a sfere, obliqui a sfere, assiali a sfere; radiali a rulli cilindrici, obliqui a rulli conici, radiali-orientabili a rulli a botte; radiali a rullini; assiali-orientabili a rulli a botte; assiali a rulli e a rullini. Particolarità in relazione alla geometria delle piste e alle risultanti. Montaggio: concetti della necessità d'opposizione, ad "O" e a "X", montaggio dei cuscinetti assiali a doppio effetto. Capacità di carico e durata dei cuscinetti: durata di base, coefficiente di carico dinamico, di carico statico, carico dinamico equivalente; esempio di calcolo della durata di cuscinetti radiali a singola corona di sfere.
25	30/04/2019	Scelta dei cuscinetti volventi e rappresentazione convenzionale nei disegni tecnici. Guide lineari a sfere e a rulli, con esempi fisici portati in aula. Viti a ricircolazione di sfere: generalità, tipi di ricircolo, rendimento, forma delle piste, rigidità, applicazioni. Viti a rulli: rulli satellite e guida cinematica dei rulli. Confronto con altre tipologie di azionamento per il moto rettilineo. Modellazione elastodinamica di un azionamento di slitta con vite a ricircolazione di sfere.
26	02/05/2019	Giunti: disallineamenti, scelta. Giunti rigidi: calcolo del momento flettente di un albero su due supporti, giunto a manicotto semplice e ad iniezione d'olio. Giunti rigidi: giunto Sellers, giunto a gusci, giunto a dischi/flange. Giunti deformabili torsionalmente rigidi: giunti a lamelle, giunti a elica, giunti a catena, giunti a denti. Giunti deformabili torsionalmente cedevoli: definizione e giustificazione dell'utilità. Calcolo della legge di moto di un utilizzatore collegato ad un albero motore mediante giunto torsionalmente cedevole in presenza di un carico resistente variabile. Parallelismo con vibrazioni forzate ed isolamento delle vibrazioni. Calcolo del momento motore e scelta delle caratteristiche del giunto per ridurre il disturbo dovuto al carico esterno variabile. Giunti deformabili torsionalmente cedevoli, esempi realizzativi: giunto a molle periferiche, giunto a lamine di flessione, giunto a pioli, giunto a tasselli elastici, giunti ad anelli elastici. Esempi fisici portati in aula.
27	07/05/2019	Giunti mobili: giunto scanalato, giunto di Cardano. Oscillazioni torsionali indotte dal giunto di Cardano: modello, approssimazione del rapporto di trasmissione, equazioni del moto e risoluzione, velocità critica, esempio numerico. Effetti secondari nei giunti: oscillazioni torsionali, coppie/forze elastiche, coppie secondarie. Giunti mobili: doppio giunto di Cardano, soluzione sferica per mantenere il doppio cardano omocinetico al variare dell'incidenza degli alberi; giunto omocinetico a sfere e soluzione Rzeppa, giunto di Oldham, giunto di Schmidt. Innessi: generalità. Innessi ad accoppiamento di forma: a denti frontali (geometria della dentatura e forze trasmesse); a denti radiali, esempi. Innessi ad attrito: generalità, strisciamento, lavoro perduto ed attrito. Frizioni piane: richiami sulla distribuzione delle pressioni e momento trasmesso. Frizioni piane monodisco, a più superfici di frizione e multidisco. Criteri di scelta di una frizione. Esempi da frizioni industriale ed automobilistiche, con attenzione ai comandi.
28	08/05/2019	Frizioni coniche: generalità ed esempi realizzativi. Innesso sincronizzatore. Frizioni automatiche a forza centrifuga, con diverse soluzioni costruttive. Innessi di sopravanzo: per contatto di forma e per attrito. Moti intermittenti: modalità per ottenerli. Innessi di sopravanzo ad arpionismo: schema funzionale ed utilizzi, moti relativi, passo morto e sua riduzione, pregi e difetti. Innessi di sopravanzo ad attrito: schema funzionale, differenze con quelli ad accoppiamento di forma, equilibrio di un rullo caricato con molla per stimare la coppia massima; soluzioni commerciali a rulli, puntalini, ruota di bicicletta, trasformazione moto alterno in intermittente.
29	09/05/2019	Ruote libere: esempio di ridondanza con 2 motori. Intermittori. Croce di Malta: generalità, rapporto tra numeri di scanalature, geometria della CM e leggi di moto (qualitative). Intermittori a camme: generalità, legge di moto con sosta intermedia, esempio cicloideale. Intermittori con perni frontali e periferici, numero di perni in presa, tavole girevoli con moto intermittente, esempi. Innesso oleodinamico: descrizione del principio di funzionamento, geometrie di pompa e turbina. Rapporto di trasmissione, scorrimento, rendimento, potenza dissipata. Curve di coppia e rendimento. Applicazione per l'avviamento di un utilizzatore con motore asincrono trifase: coppia, corrente, caratteristiche meccaniche, punti di funzionamento. Pregi e difetti di un giunto oleoidraulico. Sono stati portati in aula 1 sistema frenante completo, 1 frizione, 1 disco freno criccato ed uno spaccato di un giunto idraulico.
30	14/05/2019	Freni: generalità, utilizzi, classificazione, tipi di comando. Freni a ganasce: descrizione della macchina, modello della distribuzione di pressione e parametri di Romiti, calcolo esatto ed approssimato delle azioni e coppie frenanti. Ceppi tesi, compressi, avvolgenti, svolgenti e loro equilibri. Riduzione delle sollecitazioni con ceppi contrapposti e ganasce rigide; soluzione con ganasce flottanti ed accorgimenti di bilanciatura. Freni ad espansione: generalità, esempi di architetture. Freni a nastro: generalità e richiami da FdMAM_T1, esempi numerici sulla decelerazione ottenibile e condizioni di stazionamento. Freni a disco: generalità, diversità e similitudini con le frizioni piane, esempi di diverse architetture. Equazioni del moto nel caso della frenatura e calcolo approssimato del tempo di frenata e dello spazio d'arresto. Significato fisico delle approssimazioni introdotte. Potenza perduta ed energia dissipata nella frenata. Esempi di motore autofrenante e della frenatura di una macchina con motoriduttore, vite a ricircolo e slitta, con calcoli.
30	14/05/2019	<b>Extra:</b> esempi di modellazione a corpi rigidi di sistemi spaziali con elasticità concentrate, di modellazione della dinamica strutturale per corpi altamente flessibili, di dinamica sperimentale (rotore di Jeffcott su cuscinetti a film fluido, whirl, whip, piastra vibrante con tecniche ottiche), di identificazione modale sperimentale (piastra, modi a campo pieno).

#### Testi d'approfondimento consigliati:

E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti	Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine, Seconda parte: Elementi di Meccanica degli Azionamenti, Pàtron Editore, Bologna
G. Manfè, R. Pozza, G. Scarato	Disegno Meccanico – Corso completo in tre volumi - Principato Editore.
M. Speluzzi, M. Tassarotto	Disegno di Macchine, Hoepli Editore.
A. Zanarini, A. Cavallini	"Experiencing rotor and fluid film bearing dynamics", ( <a href="#">link</a> ), Atti del convegno "Quinta giornata di studio Ettore Funaioli", 15 luglio 2011, Bologna, Italy, pp. 23-38, 2012. ( <a href="#">memorie complete</a> )
A. Zanarini	"Competing optical instruments for the estimation of Full Field FRFs", Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, Vol. 140, luglio 2019, pp. 100-119. <a href="#">link</a>
A. Zanarini	"Full field optical measurements in experimental modal analysis and model updating", Journal of Sound and Vibration 442, ed. stampa 3 marzo 2019, pp. 817-842. <a href="#">link</a>
A. Zanarini	"Broad frequency band full field measurements for advanced applications: Point-wise comparisons between optical technologies", Mechanical Systems and Signal Processing 98, ed. stampa 1 gennaio 2018, pp. 968-999. <a href="#">link</a>