Università di Pisa

Corso di Laurea Magistrale in "Ingegneria delle Infrastrutture Civili e dell'Ambiente "

A.A. 2023-24

Insegnamento di : ***Tecnica dei Trasporti Terrestri, Marittimi e Aerei***

SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO

Codice: ***376GG***
CFU: 9
Docenti: Marino Lupi e Alessandro Farina
Periodo**:** Annuale

Obiettivi e contenuti dell'insegnamento: l'insegnamento di Tecnica dei Trasporti Terrestri, Marittimi e Aerei ha come scopo, principale, quello di fornire: le conoscenze di base sulla Meccanica della Locomozione dei veicoli stradali e ferroviari; le conoscenze sulle caratteristiche funzionali fondamentali, e sui principali problemi di progetto, dei sistemi di trasporto: collettivo urbano, ferroviario, aereo, marittimo e intermodale delle merci.

PROGRAMMA DELL'INSEGNAMENTO

L'insegnamento è costituito da 6 parti: Meccanica della Locomozione dei mezzi stradali e ferroviari; il Sistema di Trasporto Collettivo Urbano e Metropolitano; il Sistema di Trasporto Aereo; il Sistema di Trasporto Ferroviario; il Sistema di Trasporto Marittimo; il Sistema di Trasporto Intermodale delle Merci

LEZIONI

Introduzione all'insegnamento di Tecnica dei Trasporti Terrestri, Marittimi e Aerei: scopo e oggetto dell'insegnamento.

Parte prima: **MECCANICA DELLA LOCOMOZIONE DEI VEICOLI FERROVIARI E STRADALI**
Ruota, rotaia e sovrastruttura ferroviaria. Ruota stradale: pneumatico. Il fenomeno dell'aderenza. L'aderenza nel caso di: ruota motrice, ruota portante, ruota frenata. Valori pratici del coefficiente di aderenza nel caso ferroviario e in quello stradale. Introduzione alle resistenze al moto nei veicoli terrestri. Resistenza al rotolamento: caso stradale, caso ferroviario; formule pratiche per il calcolo.

Resistenza dell'aria: formula per il calcolo, coefficienti di forma. Formule globali pratiche per il calcolo delle resistenze ordinarie nel caso ferroviario. Resistenza dovuta alla pendenza. Resistenza dovuta alle curve. Gradi di prestazione di una linea ferroviaria. Equazione generale del moto: massa equivalente. Moto in curva dei veicoli stradali e ferroviari: relazione fra velocità, raggio della curva circolare e pendenza trasversale. Formula di Pochet per la condizione di svio. Spazio di frenatura e di arresto nel caso stradale e in quello ferroviario. Peso frenato di un veicolo ferroviario.
Caratteristica meccanica di trazione ideale. Curve di coppia e di potenza di un motore a combustione interna. Trasmissione meccanica in un veicolo con motore a combustione interna: rapporti al cambio. Caratteristica meccanica di trazione di veicoli equipaggiati con motore a combustione interna. Scelta dei rapporti al cambio: metodo della progressione geometrica; metodo per limitare i "buchi". Esempi di caratteristica meccanica di materiale motore ferroviario. Integrazione dell'equazione generale del moto: diagramma di trazione. Esempi di diagrammi di avviamento per: treno intercity; treno ad alta velocità; treno ad alta frequentazione. Forme del diagramma di trazione: caso triangolare, caso trapezio, caso con fase di lancio, caso con fase di regime e di lancio. Velocità commerciale e velocità di esercizio di una linea di trasporto collettivo. Numero di mezzi per eseguire un servizio di trasporto collettivo, tempo al giro. Diagramma di trazione con presenza di un semaforo fra due fermate successive. Diagramma di trazione con presenza di "stop and go" fra due fermate successive. Diagramma di trazione con presenza di un semaforo e "stop and go" fra due fermate successive.

Parte seconda: **IL SISTEMA DI TRASPORTO COLLETTIVO URBANO** E **METROPOLITANO**
Classificazione dei sistemi di trasporto collettivo urbano in base a: "supporto", "guida", "propulsione", "controllo", "sede". Caratteristiche peculiari, pregi e difetti di: autobus, filobus, tram, tram "su gomma", metropolitana pesante, metropolitana leggera, metrotranvia. Calcolo della capacità e del livello di servizio offerto da un mezzo di trasporto collettivo. Capacità dei mezzi e capacità delle linee per i diversi sistemi di trasporto collettivo. Nuovi sistemi di trasporto collettivo urbano su gomma: Bus High Level of Service (BHLS); Bus Rapid Transit (BRT).

Parte terza: **IL SISTEMA DI TRASPORTO AEREO**
Evoluzione del traffico aereo commerciale dal dopoguerra ad oggi. Evoluzione delle tipologie di aerei commerciali e delle tipologie di motori. La produttività del servizio di trasporto aereo. La regolamentazione internazionale del trasporto aereo: le libertà dell'aria, gli accordi bilaterali, la deregolamentazione. Gli accordi bilaterali "predeterminati". La liberalizzazione dei servizi di trasporto aereo nel mondo e in Europa. Classificazione dei costi nel trasporto aereo: costi operativi diretti e costi operativi indiretti. Variazione nel tempo dei costi del trasporto aereo. Economie di scala nel trasporto aereo rispetto alla: dimensioni dell'aereo, dimensioni della flotta, lunghezza di tratta. Le compagnie "low-cost". Il "modello Southwest". Confronti con i costi delle compagnie "tradizionali". Il modello "hub and spoke". Ragioni per le quali si è sviluppato, in passato, l'"hubbing". Attributi di un aeroporto "hub". Onda ideale di arrivi e partenze ad un aeroporto "hub". Trasporto aereo delle merci: peso rispetto a quello passeggeri e rispetto agli altri sistemi di trasporto. Tipi di merci trasportati per via aerea. Tipi di operatori del cargo aereo.

Parte quarta: **IL SISTEMA DI TRASPORTO FERROVIARIO**
Rete e traffico ferroviario nei principali paesi del mondo e in Italia. Il trasporto ferroviario in Italia e in Europa: domanda assorbita nel settore passeggeri e merci. Confronto fra i diversi modi di trasporto: consumo energetico, sicurezza. Regimi di circolazione per una linea ferroviaria. Blocco elettrico automatico a circuito di binario: sezioni di blocco "non concatenate" e "concatenate". Blocco elettrico automatico a circuito di binario a correnti codificate: a 4 codici; a 9 codici. Blocco elettrico automatico conta assi. Blocco elettrico banalizzato. Potenzialità di una linea ferroviaria omotachica. Formula UIC per il calcolo della potenzialità di una linea ferroviaria. Potenzialità di una linea

ferroviaria eterotachica. Altri regimi di circolazione sulla rete ferroviaria italiana: il blocco telefonico, il blocco elettrico manuale. Il nuovo sistema di segnalamento europeo ERMTS/ETCS. ERTMS di livello 1. ERTMS di livello 2: il blocco radio. ERTMS di livello 3: il blocco mobile. Il sistema di controllo marcia treno (SCMT): caratteristiche, sottosistema di terra, sottosistema di bordo, esempi di funzionamento. Sistema di supporto alla condotta (SSC). Movimento dei treni nelle stazioni: itinerari di arrivo, binari di ricevimento, zone di uscita, itinerari di partenza. Movimento dei treni nelle stazioni: logica di base degli apparati centrali; collegamenti di sicurezza; fermascambi a chiave dei deviatoi; coniugazione delle chiavi; serratura centrale; movimenti contemporanei dei treni in stazione. Modello di piano schematico di una stazione con deviatoi muniti di fermascambi a chiave. Tipologie di apparati centrali per il movimento dei treni in stazione: apparati per deviatoi manuali; apparati centrali elettrici ad itinerario (ACEI); apparati centrali computerizzati (ACC). Ciclo di operazioni di un apparato centrale per la formazione di un itinerario. Sistemi di esercizio: dirigenza locale (DL), dirigenza centrale (DC), dirigenza centrale operativa (DCO). Controllo del traffico centralizzato (CTC). Sistema comando e controllo (SCC): sottosistemi fondamentali di un SCC, esempi di SCC in Italia.

Parte quinta: **IL SISTEMA DI TRASPORTO MARITTIMO**

"Deep-sea shipping" e "Short-sea shipping". La navigazione a corto raggio in Europa. Le Autostrade del Mare: definizione; caratteristiche del servizio offerto. Relazione fra trasporto marittimo ed "Economia Globale". Tipologie di merci trasportate via mare. Introduzione ai vari tipi di trasporto marittimo: di tipo "bulk", di linea e specializzato. Tipologia delle navi mercantili: "bulk cargo fleet"; "general cargo fleet", "specialized cargo fleet". Il trasporto di merci varie: sviluppo della containerizzazione delle merci e ragioni del suo successo. Tipologia delle rotte delle navi portacontenitori: "End to end routes"; "Pendulum routes"; "Round the world routes". Analisi delle principali rotte delle navi portacontenitori: le rotte Est-Ovest, la rotta transpacifica, la rotta transatlantica, la rotta Europa Occidentale- Estremo Oriente; le rotte Nord-Sud; le rotte intraregionali; la rotta "Round-the-world". Il fenomeno del gigantismo navale nel trasporto marittimo di contenitori. Porti gateway e porti hub. Il trasporto marittimo di tipo "bulk": il trasporto marittimo di petrolio grezzo e dei principali prodotti del petrolio; il trasporto marittimo delle principali rinfuse secche. Il trasporto marittimo specializzato di: prodotti chimici, di gas liquidi, di carichi refrigerati, di autoveicoli, di prodotti forestali.

Parte sesta. **LOGISTICA E TRASPORTO INTERMODALE DELLE MERCI**

Definizione di: Logistica, Supply Chain e Supply Chain Management. Indice di performance nella Logistica secondo la Banca Mondiale. Logistica Interna e Logistica Esterna. Le unità di carico nel trasporto intermodale: il contenitore, la cassa mobile, il semirimorchio. Tipologie di carri ferroviari utilizzati nel trasporto combinato strada-rotaia. Le autostrade viaggianti. Cause e problemi della ripartizione modale del trasporto merci in Italia. Il trasporto intermodale delle merci. Intermodalità tecnica: intermodalità economica: "regione di intermodalità economica".

Water Side e Landside di un porto. Attività che si svolgono in un porto. Soggetti pubblici che si occupano in maniera specifica di attività portuale: le Autorità Portuali. Modello di governance di un porto: "Porto Landlord". Interporti: definizione; servizi offerti; parti che li compongono. Aree delle superfici operative che compongono un interporto. Tipologie di interporti: grandi interporti, interporti di secondo livello, inland port. Analisi di alcuni esempi di interporti . Interporti: classificazione di efficienza. Centri intermodali di grandi dimensioni. Il trasporto merci ferroviario a scala intercontinentale: concorrenza con il trasporto marittimo in contenitori di tipo "deep-sea shipping".

Evoluzione storica dei porti: l' "Anyport Model "di Bird. Le fasi di sviluppo di un porto : setting, expansion, specialization. Il caso del porto di Rotterdam. Definizione di hinterland di un porto. Le

“island”. La fase di evoluzione più recente di un porto: la regionalizzazione di un porto. Regionalizzazione dei porti di Anversa e Rotteram. Multiport gateway regions” e “Contestable markets” in Europa.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono: in esempi ed applicazioni degli argomenti in programma e nella redazione, da parte di ciascun allievo, di un progetto di esercitazione riguardante il dimensionamento di un servizio di trasporto collettivo in area urbana. A ciascun allievo viene fornito un testo della esercitazione: l’allievo deve preparare gli elaborati che sono sottoposti alla revisione del professore. La guida metodologica per la redazione del progetto di esercitazione è costituita dalle lezioni e dalle discussioni e verifiche, delle soluzioni progettuali proposte, effettuate dal professore alla presenza degli allievi.

LEZIONI DI SPIEGAZIONE DEL PROGETTO TENUTE IN AULA
Scelta del mezzo. Capacità del mezzo. Capacità e livello di servizio di una linea di trasporto collettivo urbano. Descrizione della linea di trasporto collettivo: posizionamento delle fermate; posizionamento dei semafori; condizioni di circolazione nelle varia tartte fra due fermate. Caratteristica meccanica di trazione e caratteristica resistente dei veicoli per il trasporto urbano. Sforzo di trazione massima allo spunto. Verifica di aderenza. Diagramma della potenza resistente. Integrazione dell'equazione generale del moto. Diagramma di trazione. Velocità di "running" e velocità commerciale di tratta. Diagramma di trazione secondo norma CUNA su tratta di 300 m. Diagramma di trazione: tratte urbane centrali e periferiche; tratte con semaforo; tratte con circolazione di tipo “stop and go”; tratte con semaforo e circolazione “stop and go”. Inserimento di una corsia riservata. Inserimento della priorità semaforica. Dimensionamento di una linea di trasporto collettivo: tempo al giro; numero di mezzi per eseguire il servizio. Orario grafico di una corsa: velocità commerciale e velocità di esercizio di linea.

TESTI CONSIGLIATI

● Lucidi presentati a lezione; scaricabili dal sito http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/ e dalla pattaforma Teams dell'insegnamento.

● I lucidi non costituiscono però un libro testo: sono di ausilio per seguire le lezioni . Non possono in alcun modo sostituire la presenza a lezione che è fortemente consigliata.

Parti, riguardanti gli argomenti in programma, dei seguenti testi:

• Cantarella G.E. (a cura di) : “Sistemi di Trasporto: Tecnica e Economia”, UTET, Torino.
• Vicuna G., “Organizzazione e Tecnica Ferroviaria”, CIFI, Roma. 1986.
• Mayer L. – “Impianti Ferroviari – Tecnica ed Esercizio“ (Nuova edizione a cura di Guida P.L.-Milizia E.), CIFI, Roma.

Testi per la consultazione:
• Stagni E., "Meccanica della Locomozione", Patron, Bologna, 1980.
• Orlandi A., "Meccanica dei Trasporti", Pitagota Editrice, Bologna, 1990.
• Doganis R.,”Flying off Course”, Routledge, 2010.
• Stopford M., “Maritime Economics”, Routledge, 2009

ESAME

Esame orale con discussione della esercitazione elaborata dall'allievo. **Prima di presentarsi all'esame l'allievo deve sottoporre al docente l'esercitazione per le relative revisioni: l'esercitazione deve essere approvata con un'apposita e-mail inviata dal docente all'allievo almeno tre giorni prima della seduta di esame.**

Note

- Il prof. Lupi invita gli studenti a fare attenzione agli avvisi riportati sul sito docente, http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/ , e sulla piattaforma Teams dell'insegnamento.

- Il prof. Lupi ricorda che per essere ammessi a sostenere l'esame **è obbligatoria l'iscrizione sul portale** https://esami.unipi.it.

LUCIDI PRESENTATI A LEZIONE

Meccanica della Locomozione – Prima parte
- Gli organi di rotolamento – L'aderenza
- Resistenze al moto nei veicoli terrestri
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/meccanica_prima_23-24.pdf

Meccanica della Locomozione – Seconda parte
- **Equazione generale del moto. Moto in curva dei veicoli stradali e ferroviari. Spazio di frenatura.**
- Trazione
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/meccanica_seconda_23-24.pdf

Classificazione e tipologia dei sistemi di trasporto collettivo urbano Parte A
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporto_collettivo_parteA_23-24.pdf

Classificazione e tipologia dei sistemi di trasporto collettivo urbano Parte B
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporto_collettivo_parteB_23-24.pdf

Trasporti Aerei – Parte A
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_aerei_parteA_pisa_23-24.pdf

Trasporti Aerei – Parte B
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_aerei_parteB_pisa_23-24.pd

SECONDO SEMESTRE

Trasporti Ferroviari – Parte A
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_ferroviari_parteA_pisa_23-24.pdf

Trasporti Ferroviari – Parte B
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_ferroviari_parteB_pisa_23-24.pdf

Trasporti Ferroviari – Parte C
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_ferroviari_parteC_pisa_23-24.pdf

Trasporti Ferroviari – Parte D
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_ferroviari_parteD_pisa_23-24.pdf

Trasporti Marittimi – Parte A
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_marittimi_parteA_pisa_23-24.pdf

Trasporti Marittimi – Parte B
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_marittimi_parteB_pisa_23-24.pdf

Trasporti Marittimi – Parte C
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/trasporti_marittimi_parteC_pisa_23-24.pdf