

DATA	Programma Fisica Generale 3 Anno Accademico 2024-2025
23-set-24	Introduzione al corso.
	Cenni preliminari al concetto di scalare, vettore e tensore in CC sotto $SO(3)$; esempi di non-scalari e non-vettori.
	Coordinate Cartesiane: simboli Delta di Kronecker ed Epsilon di Levi-Civita; convenzione di somma su indici ripetuti.
	Altri sistemi di coordinate: polari ortonormali; cilindriche ortonormali; sferiche ortonormali.
	Arbitrarietà della scelta del sistema di coordinate e indipendenza della formulazione delle leggi fisiche.
24-set-24	
	Richiami di Algebra Vettoriale: spazi vettoriali/affini, operazioni tra vettori.
	Somma di vettori.
	Prodotti tra due vettori, scalare e vettoriale; proprietà; in CC, espressioni in componenti in termini di delta ed epsilon.
	Prodotti tra tre vettori, proprietà.
	Esempi/Applicazioni: teoremi dei seni e dei coseni.
	Esempi/Applicazioni: descrizione di un parallelogramma attraverso un vettore; vettore elemento di superficie.
	Esempi/Applicazioni: componente parallela e ortogonale ad un versore di un vettore.
	Equazioni algebriche vettoriali di primo grado.
25-set-24	
	NTZ
	NTZ
30-set-24	
	Richiami di calcolo vettoriale: derivazione, differenziazione; funzioni scalari e vettoriali; formula di Taylor; gradiente; esempi fisica.
	Richiami di calcolo vettoriale: integrazione su volumi, curve e superfici; scalari e vettori; esempi fisica.
	Circuitazione e flusso di un campo vettoriale, additività di flusso e circuitazione; gradiente di un campo scalare.
	Rappresentazione in coordinate cartesiane di gradiente, divergenza e rotore.
	Definizione indipendente dalle coordinate di gradiente, divergenza e rotore; flusso e circuitazione, additività sui domini.
01-ott-24	
	Teoremi fondamentali del calcolo vettoriale integro-differenziale: gradiente, divergenza e rotore.
	Interpretazione e significato in idrodinamica degli operatori integrali/differenziali: campo di velocità. Sorgenti/Pozzi e Vortici.
	Significato fisico degli operatori e rappresentazione in un dato SdC.
	Equazioni di Maxwell per domini fissi.
	Derivazione delle espressioni di divergenza e rotore in coordinate CO; esemplificazione con flusso/corrente di particelle, massa, carica e corrente di carica; massa e corrente di massa.
	Esempi/Applicazioni: teorema della divergenza; idrodinamica; rappresentazione div in coordinate Cartesiane.
	Esempi/Applicazioni: teorema del rotore; idrodinamica; rappresentazione rot in coordinate Cartesiane.
	Operatori differenziali lineari di secondo ordine; laplaciano scalare e vettore; laplaciano vettore in coordinate cartesiane.
	Potenziale scalare di campo irrotazionale e potenziale vettore di campo solenoidale; condizioni sul dominio.
	Potenziali nel caso statico. Equazione di Poisson e Laplace per potenziale scalare e vettore; soluzione generale per distribuzione di
02-ott-24	
	NTZ
	NTZ
07-ott-24	
	Esempi/Applicazioni: integrale di dL su curva chiusa; scalare (lunghezza), vettore (zero).
	Esempi/Applicazioni: integrale di dS su superficie chiusa; scalare (area), vettore (zero).
	Esempi/Applicazioni: nabla ed errori.
	Esempi/Applicazioni: conseguenze del teorema della divergenza; volume di un cono; integrali di superficie.
	Esempi/Applicazioni: conseguenze del teorema del rotore; area come integrale di linea di $x \times dx$; integrali di linea.
08-ott-24	
	allerta meteo

	allerta meteo
14-ott-24	
	Esempi/Applicazioni: principio di Archimede; coppia su oggetto sommerso. Corollari a teorema di divergenza, rotore, gradiente.
	Coordinate ortonormali generali; cenno.
	Espressioni degli operatori vettoriali in coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche; laplaciano scalare e vettore; cenno.
	Esempi/Applicazioni: gradiente in coordinate sferiche/cilindriche.
	Esempi/Applicazioni: momento di dipolo magnetico di una spira piana di forma arbitraria; calcolo come integrale su curva e area;
	Esempi/Applicazioni: momento di dipolo magnetico di una spira di forma arbitraria; area vettoriale di una superficie arbitraria aperta.
	Definizione di gradiente, divergenza e rotore in 2D.
15-ott-24	
	Da dipolo reale a limite di dipolo ideale (elettrico no magnetico)
	Richiamo: potenziale dipolo elettrico reale e ideale.
	Esempi/Applicazioni: campo elettrico di dipolo elettrico ideale da potenziale.
	Esempi/Applicazioni: caso statico: forza e momento su dipolo elettrico ideale come limite da dipolo reale, calcolo diretto; energia potenziale.
	Esempi/Applicazioni: forza e momento: calcolo da energia potenziale.
	Forze e momenti su dipoli; forza e momento risultanti interni di un sistema di dipoli.
21-ott-24	
	NTZ
	NTZ
22-ott-24	
	NTZ
28-ott-24	
	Principio di azione e reazione; applicazione a sistema di dipoli; violazione terza legge di Newton; principio di azione-reazione generale.
	Modello di sistema: punto materiale, carica puntiforme, dipolo; corpo rigido, fluido, solido elastico,....
	Richiami di meccanica classica (Galilei-Newton): essential to pass later to relativity
	Sistema e universo; modellizzazione delle interazioni e modello di sistema.
	Modello di sistema: punto materiale, carica puntiforme, dipolo; corpo rigido, fluido, solido elastico,....
	Interazioni: forze, coppie, momento totale.
	Vettori liberi e vettori applicati (cenno: spazi vettoriali e spazi affini).
	Sistemi di vettori applicati; variazione del polo.
	Sistemi di vettori applicati; momento polare e momento intrinseco (componente indipendente dal polo).
	Sistemi di vettori applicati; vettore risultante, momento risultante (polare + intrinseco).
	Meccanica Generale, richiami. Modellizzazione sistemi fisici: punto materiale, carica puntiforme, dipolo ideale,....; definizione quantistica.
	Principi: Inerzia, Equazioni Cardinali; Azione e Reazione.
	Teoremi fondamentali: Centro di massa, Koenig.
	GINV: Invarianza Galileiana.
29-ott-24	
	recap: Da cariche e correnti ai campi: equazioni di Maxwell in forma integrale per domini fissi.
	recap: Equazioni di Maxwell dalla forma integrale a quella differenziale: equivalenza per domini di integrazione fissi.
	Equazioni di Maxwell, continuità della carica e forza di Lorentz; equazione di continuità e bilancio
	Struttura delle equazioni di Maxwell; relazioni, similitudini e differenze.
	Equazione di continuità della carica elettrica in forma integrale, differenziale; conservazione della carica come conseguenza delle equazioni di Maxwell.
	Definizione operativa dei campi: forza di Lorentz.
	Cariche puntiformi; dipoli elettrici e magnetici reali e ideali; l'elettrone, carica puntiforme e dipolo magnetico ideale.
	Il principio di sovrapposizione. Forze a due corpi; cenno a forze a tre corpi.
	Potenziale scalare e vettore.
	Potenziale scalare e circuitazione di E.
	Potenziale vettore: flusso di B e circuitazione di A.
	Invarianza di gauge. Gauge di Lorenz e Coulomb.

	Equazioni di D'Alembert per i potenziali (gauge di Lorenz).
	Potenziali nel caso statico. Equazione di Poisson e Laplace per potenziale scalare e vettore; soluzione generale per distribuzione di
04-nov-24	
	Richiamo: densità di carica di volume e di superficie. Densità di corrente di volume e di superficie. Densità di carica/corrente linea
	dq e ydq , per distribuzioni di carica 3D, 2D e 1D.
	Esempi/Applicazioni: potenziale e campo elettrico sull'asse di un anello circolare piano uniformemente carico; potenziale da campo
	Esempi/Applicazioni: potenziale vettore sull'asse di spira circolare piana; impossibilità del calcolo del campo sull'asse dal potenziale
	Sommario: elettrostatica e magnetostatica.
	Sviluppo in multipoli cartesiani del potenziale scalare; monopolo e dipolo; momento di dipolo elettrico per distribuzione arbitraria c
	Sviluppo in multipoli cartesiani del potenziale vettore; monopolo e dipolo; momento di dipolo magnetico per distribuzione arbitrari
	Monopolo, dipolo, quadrupolo, etc. cenno.
05-nov-24	
	Confronto tra lo sviluppo in multipoli dei campi elettrico/magnetico e di quello gravitazionale.
	Potenziale di dipolo elettrico ideale; deduzione da dipolo reale (due cariche puntiformi uguali e opposte).
	Potenziale di dipolo magnetico ideale; deduzione da dipolo reale (spira piana), cenno.
	Esempi/Applicazioni: indipendenza da origine di momenti di dipolo.
	EM; carica elettrica, conservazione, invarianza e quantizzazione.
	Maxwell Equations Unify Electric Magnetic Phenomena; and optics.
	Linearità delle equazioni di Maxwell.
	Legge di Coulomb e campo elettrico di distribuzione statica arbitraria di carica(da potenziali)
	Legge di Biot-Savart e campo magnetico di distribuzione stazionaria arbitraria di corrente.
	Discontinuità dei campi EM: richiamo.
	Discontinuità delle componenti normali dei campi EM.
11-nov-24	
	Discontinuità delle componenti tangenziali dei campi EM.
	Continuità delle componenti normali della densità di corrente in condizioni stazionarie e assenza di correnti alla superficie di interf.
	Definizione di resistenza; legge di Ohm.
	Conduttori ohmici, proprietà; linearità, omogeneità, isotropia.
	Esempi/Applicazioni: tempo di rilassamento di un conduttore ohmico omogeneo.
	Conduttori perfetti, proprietà; cenno ai superconduttori.
	Esempi/Applicazioni: campi EM entro conduttore perfetto.
	Isolanti perfetti.
	Cenno alla trasformazione tra forma integrale e differenziale delle Equazioni di Maxwell per domini in movimento; legge di FNL.
	Forza elettromotrice: definizione generale, origine EM e origine non-EM.
	Induzione EM, forza elettromotrice, contributo statico e contributo mozionale alla fem.
	Induzione EM, origine da campi magnetici variabili e da forza di Lorentz; domini di integrazione in movimento.
	Relazione tra densità di corrente e campi EM e/o altre forze impresse alle cariche libere. Disco di Faraday.
	FNL: Controesempi alla legge del flusso.
12-nov-24	
	Esempi/Applicazioni: Campo magnetico su asse di spira piana circolare.
	Esempi/Applicazioni: Campo magnetico su asse di solenoide finito; passaggio dalle N spire discrete alla corrente di superficie cont
	Deduzione del teorema di Poynting per l'energia.
	Teorema di Poynting, forma locale e forma integrale. Non unicità del vettore di Poynting. Casi particolari. Campi localizzati e di rac
	Bilancio energetico dei campi EM. Conservazione dell'energia campi EM e materia per campi localizzati.
	Trasporto energia EM a grandi distanze; dipendenza dei campi non statici dall'inverso della distanza.
	Conservazione dell'energia e primo principio della termodinamica.
	Bilancio di energia per i campi EM, teorema di Poynting e primo principio della termodinamica.
	studio del bilancio energetico di un conduttore Ohmico percorso da corrente: bilancio locale ed integrale.
	Cenno alle equazioni di bilancio/conservazione in generale. Esempi di grandezze non conservate.
	Equazioni di bilancio in generale; equazioni di conservazione.
	Cenno alla quantità di moto e momento angolare del campo EM.
	Campi EM e trasporto/immagazzinamento di energia, impulso e momento angolare; esempi.
	Esempi/Applicazioni: paradosso del cilindro di Feynman.

	Esempi/Applicazioni: pressione di radiazioni, esperimento di Lebedev (-->> onde).
18-nov-24	
	Esempi/Applicazioni: sbarra in moto in B uniforme e costante; fem indotta e cenno alla relatività dei campi EM.
	Fenomenologia: problematiche tra meccanica classica ed elettromagnetismo; esempi.
	Sistemi di riferimento inerziali e principio di inerzia.
	Trasformazioni di Galileo; incompatibilità con l'Elettromagnetismo; invarianza della massa.
	Le velocità della luce; metodi di misura (cenno).
	Esperimento di Michelson-Morley ed etere (cenno).
	Esempi/Applicazioni: analisi dell'esperimento di MM in termini di etere e meccanica galileo-newtoniana.
	I postulati della relatività.
	Concetto di SdR: etichetta di posizione e orologio in ogni punto dello spazio; sincronizzazione degli orologi con c dato.
	Conseguenze dei postulati: relatività della simultaneità.
	Conseguenze dei postulati: dilatazione tempi.
	Conseguenze dei postulati: contrazione lunghezze longitudinali.
	Conseguenze dei postulati: non contrazione lunghezze trasversali.
19-nov-24	
	clock postulate // ultimate speed
	Incompatibilità delle trasformazioni di Galileo con i postulati della relatività.
	Deduzione delle trasformazioni di Lorentz uni-dimensionali dai postulati.
	Trasformazioni di Lorentz speciali; trasformazione inversa; forma matriciale; rapidità.
	Trasformazioni di Lorentz speciali e pure; trasformazione inversa; rapidità.
	Tri-vettore (gruppo delle rotazioni) e quadri-vettore (gruppo di Lorentz); analogie e differenze, cenni.
	Prodotto scalare per tri-vettori e quadri-vettori; prodotto scalare invariante.
	Cenno al concetto di componente controvarianti e covarianti; esempio per coordinate cartesiane non ortogonali nel piano.
25-nov-24	
	Algebra delle trasformazioni di Lorentz, cenno. Matrice di trasformazione e proprietà. Cenno al gruppo di Lorentz. Eta.
	Concetto di tensore tri-dimensionale; scalari, vettori e tensor per rotazioni (SO(3)) nello spazio euclideo R3.
	Concetto di tensore quadri-dimensionale; scalari, vettori e tensori per gruppo di Lorentz nello spazio di Minkowsky.
	Parallelo tra il concetto di scalare, vettore e tensore per rotazioni e per Lorentz.
	Intervallo invariante: distanza nello spazio di Minkowsky; distanza euclidea invariante.
	Conseguenze: dilatazione dei tempi, contrazione lunghezze longitudinali, non contrazione lunghezze trasversali; contrazione del tempo proprio e lunghezza propria; postulato degli orologi.
	Esempi/Applicazioni: muoni atmosferici ultra-relativistici da raggi cosmici, dilatazione vita media e contrazione distanze nel SdR de
26-nov-24	
	Legge di trasformazione delle velocità (trasformazioni speciali).
	Velocità propria, tempo proprio e quadri-velocità; quadri-accelerazione
	Velocità relativa e mutua.
	Conservazione dell'impulso per un sistema isolato in meccanica classica e legame con la conservazione della massa.
	Quadri-impulso.
	Conservazione del quadri-impulso per un sistema isolato in meccanica relativistica e legame con la conservazione dell'energia.
	Dinamica relativistica: impulso, energia e quadri-impulso
	Energia e Impulso; limite non-relativistico e ultra-relativistico; energia cinetica; particelle a massa nulla.
	Forza e potenza per un sistema non isolato; quadriforza. Forza di Lorentz.
02-dic-24	
	EM nella materia; generalità. Origine microscopica dei fenomeni EM in presenza di materia.
	Dinamica dello spin di un punto materiale.
	Energia totale relativistica ed energia di riposo.
	SdRCM; Bilancio energia/impulso e momento angolare; trasporta tramite "campi".
	Grandezze invarianti versus conservate.
	Invarianza e conservazione della carica elettrica; densità di carica e corrente e legge di trasformazione; quadri-corrente.
	invarianza carica elettrica da atomi
	Esempi elementari di trasformazione dei campi: condensatore piano, strato piano di corrente infinito solenoide e filo rettilineo infin

	Spiegazione paradossi: filo di corrente neutro in moto appare carico perché vettore di B in moto produce E.
	Legge generale di trasformazione dei campi EM.
	Cenno al quadripotenziale e al tensore di campo EM; invarianti dei campi.
	trasforma campi in matrice
03-dic-24	
	Trasformazione di un campo: trasf. Della grandezza + trasf. Delle coordinate spazio-tempo di cui il campo è funzione.
	Esempi/Applicazioni: cinematica relativa dei protoni ad LHC.
	dinamica rel di dipolo // energia interna // equivalent electric dipole of a moving magnetic dipole
	Non-Relativistic and Ultra-Relativistic Approximation
	Esempi/Applicazioni: stato composto da urto totalmente anelastico; processo inverso di produzione energia da fissione nucleare.
	Esempi/Applicazioni: conversione di massa in energia, decadimento pione neutro; non conservazione della massa
	eta indici alti bassi
	potenziale per un dipolo elettrico/magnetico in moto
09-dic-24	
	EM nella materia; generalità. Origine microscopica dei fenomeni EM in presenza di materia.
	Cenni elementari introduttivi all'origine microscopica delle proprietà EM macroscopiche; momenti di dipolo.
	Polarizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento.
	Magnetizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento (correnti e spins).
	Descrizione puramente macroscopica.
	Punto di vista macroscopico.
	Cenni elementari introduttivi alla fisica della materia: mole, atomo, nucleo, molecole, aggregati di molecole.
	Cenni elementari introduttivi alle proprietà dinamiche dei costituenti microscopici: dualismo particella-onda, quantizzazione, energia
	Cenno alle proprietà Quant-Relat delle particelle: energia, impulso, momento angolare, massa, carica, spin, momenti di dipolo; gr
	Cenno alla origine microscopica del magnetismo: momenti angolari orbitali e di spin, momento di dipolo magnetico; para-/dia-, fe
	Struttura della materia: atomi, molecole, ioni. Concetto di mole.
	Introduzione: Polarizzabilità e Magnetizzabilità di un atomo/molecola: dal microscopico al macroscopico; da pochi a numero di Av
	Fenomenologia: materiali polarizzabili/magnetizzabili; effetto di un campo esterno: polarizzazione/magnetizzazione; polarizzazione,
	Esempi/Applicazioni: molecola di HCl, ionicità/covalenza del legame chimico.
	Esempi/Applicazioni: momento di dipolo elettrico della molecola di HCl.
	Definizione di polarizzazione e magnetizzazione; macroscopico.
	Necessità del concetto di campo medio in presenza di materia; variabilità microscopica.
	Cenno alla insufficienza della Fisica microscopica Classica: irraggiamento degli elettroni atomici e non esistenza della magnetizzazi
10-dic-24	
	Polarizzazione e/o Magnetizzazione fissate: esempi (lastra sottile infinito polarizzato, cilindro sottile infinito magnetizzato).
	Polarizzazione e/o Magnetizzazione fissate: cilindro uniformemente polarizzato e cilindro uniformemente magnetizzato: cariche e c
	Effetto di Materiale in condensatore/induttore (singolo-conduttore/mutua-induttanza).
	Confronto elementare tra polarizzazione e magnetizzazione; equivalenza di campo medio in materia con campo di distribuzione ec
	Dal singolo atomo/molecola alla materia macroscopica; condensatori e induttanze.
	Cariche libere, di polarizzazione; correnti libere, di polarizzazione, di magnetizzazione.
	Equazioni di Maxwell in presenza di materia; campi ausiliari D ed H; ma sono medie statistiche macroscopiche.
	Necessità di una relazione tra campo totale (non campo esterno) e Polarizzazione/Magnetizzazione.
	Relazioni costitutive; differenza tra campo locale e medio rispetto a polarizzabilità /magnetizzabilità e polarizzazione/magnetizzaz
	Dal campo elettrico/magnetico alla pol/mag: modelli dei corpi materiali, le relazioni costitutive: relazione tra P e E; relazione tra M
	Polarizzazione e Magnetizzazione rigide.
	Relazioni costitutive del materiale; mezzi LHI; materiali omogenei e non; materiali isotropi e non.
	Suscettività elettrica e magnetica; cenno alla definizione storica obsoleta della suscettività.
	Permeabilità elettrica e magnetica; limiti sui valori della permeabilità statica.
	Relazioni costitutive: risposta non isotropa (cenni); conducibilità, permeabilità elettrica/magnetica; cenno ai tensori di pola, magn
	Relazioni costitutive: risposta non omogenea, cenni.
	Relazioni costitutive: polarizzazione e magnetizzazione rigide, sviluppo in serie di Taylor della risposta.
	Polarizzazione/Magnetizzazione in campi esterni; campo E/B prodotto dalla materia; feedback, Polarizzazione/Magnetizzazione e ca
	Risposta lineare anisotropa di molecola biatomica: insufficienza dell'idea di polarizzazione/magnetizzazione parallela al campo.
	Cenno al tensore di Polarizzabilità e Magnetizzabilità per sistemi non isotropi.
	Richiamo sul concetto di tensore di secondo ordine; esempio di tensore di polarizzabilità.

16-dic-24	
	Sommario equazioni dei campi EM nella materia.
	LHI + risposta istantanea
	Discontinuità dei campi.
	Equivalenza del campo prodotto da un materiale a quello prodotto dalle cariche coulombiane e/o le correnti amperiane equivalenti
	Calcolo di campo elettrico/magnetico per polarizzazione e magnetizzazione assegnate.
	Insufficienza della carica libera per determinare D; insufficienza della corrente libera per determinare H. Teorema di Helmholtz.
	Esempi/Applicazioni: Rifrazione delle linee di campo in mezzi LHI: E,B,D,H.
	Esempi/Applicazioni: campo prodotto da una sfera uniformemente polarizzata, con polarizzazione assegnata.
	Esempi/Applicazioni: campo prodotto da una sfera uniformemente magnetizzata, con magnetizzazione assegnata.
	Campo in una cavità sferica entro un materiale polarizzato/magnetizzato (campo locale).
	Relazione micro-macro
	Relazione tra polarizzabilità e suscettività elettrica in mezzi densi isotropi lineari e non polari: equazione di Clausius-Mossotti.
	Clausius-Mossotti. Campo medio e campo locale. Materiali diluiti.
	Analogo dell'equazione di Clausius-Mossotti per caso magnetico (cenno).
	Deduzione euristica per densità di volume e superficie di carica di polarizzazione, corrente di polarizzazione; deduzione.
	Deduzione euristica per densità di volume e superficie di corrente di magnetizzazione; deduzione.
	Deduzione alternativa in coordinate cartesiane della densità di carica e corrente di polarizzazione/magnetizzazione; cenno.
	Cenno alla deduzione rigorosa della densità di carica e corrente di polarizzazione/magnetizzazione.
	Carica puntiforme e due materiali polarizzabili: insufficienza dell'inserimento della permeabilità (cenno).
	Concetto di carica magnetica (fittizia).
16-dic-24	
	Sfera di materiale LHI, polarizzabile/magnetizzabile, in campo esterno fissato; confronto tra caso elettrico e magnetico.
	Confronto suscettività elettrica verso magnetica; valori e limiti.
	Confronto: analogie e differenze tra caso elettrico e magnetico: vettori E/B/D/H e permeabilità e suscettibilità.
	Polarizzazione/Magnetizzazione per orientamento; equazione di Langevin. Saturazione, risposta lineare e non.
	Energia di un dipolo in campo esterno; effetto della temperatura.
	Risposta lineare e non lineare. Suscettività differenziale per mezzi non lineari.
	Isteresi
	Energia potenziale di dipolo in campo esterno: dipolo rigido e/o linearmente polarizzabile/magnetizzabile.
	Attrazione in campo esterno di dipolo polarizzabile; attrazione/repulsione in campo esterno di dipolo magnetizzabile; paramagnetismo
	Esempi/Applicazioni: polarizzabilità atomo di idrogeno con densità carica sferica uniforme.
	Esempi/Applicazioni: cenno alla polarizzabilità atomo di idrogeno con densità carica sferica esponenziale e lineare.
	Esempi/Applicazioni: atomo di idrogeno (modello semi-classico); irraggiamento di Larmor; dinamica adiabatica e non relativistica.
	END HERE
24-feb-25	
	La via alle onde: infiniti oscillatori in posti diversi con oscillazioni correlate; perturbazione rispetto ad un equilibrio che si muove con velocità
	Onde di d'Alembert: sistemi diversi con la stessa equazione.
	Oscillazione in tempo a punto fisso; oscillazione in spazio e tempo; le due oscillazioni sono coordinate.
	Onde di d'Alembert: onde viaggianti; soluzione generale per moto 1D; non esistenza soluzione facile analoga in 2D e 3D.
	Onde di D'Alembert, casi 1D, soluzioni speciali: onde viaggianti, onde stazionarie e modi normali; condizioni al contorno; quantizzazione
	Onde di d'Alembert: onde stazionarie 1D su una corda vibrante; calcolo dei modi normali.
	Principio di sovrapposizione per l'equazione di D'Alembert, omogenea e non omogenea.
25-feb-25	
	Onde viaggianti e onde stazionarie: viaggiante attenuata; stazionaria come fattorizzata.
	Relazione di dispersione per onde di D'Alembert con velocità di fase fissata; quantizzazione k e w.
	Onde monocromatiche: $\sin(kz \pm \omega t - j)$: frequenza, numero d'onda, costante di fase e fase; periodo nel tempo e nello spazio; lunghezza d'onda
	Relazioni tra onde viaggianti e onde stazionarie; onde armoniche, relazione tra onde monocromatiche piane e modi normali.
	Fase; relazioni trigonometriche; rappresentazione complessa.
	Eq. di d'Alembert: per grandezze scalari, vettoriali, etc.

	Varie velocità: fase, gruppo, energia; $\dot{\omega}(x)$. Ruolo della velocità di fase: non trasporta informazione.
03-mar-25	
	Caso 3D, onde di D'Alembert, soluzioni speciali: onde stazionarie (e modi normali); onde viaggianti (e onde monocromatiche Piane)
	Caso tridimensionale, soluzioni speciali: onde piane, onde monocromatiche e onde piane monocromatiche.
	Caso tridimensionale, soluzioni speciali: onde MPW, onde sferiche.
	Caso bidimensionale, soluzioni speciali: onde cilindriche; vibrazioni di una membrana elastica; onde su acqua.
	Elasticità. Piccole deformazioni. Forze/coppie di volume e superficie; nomenclatura.
	Meccanica classica solidi elastici non polari.
	Materiali solidi isotropi, omogenei ed elastici; deformazioni uniformi; analisi puramente meccanica (processi senza scambio di calore)
04-mar-25	
	Caratterizzazione statica dei solidi LHI: modulo di Young, di Poisson, di scorrimento e di compressibilità.
	Esempi/Applicazioni: $\nu > 0$.
	Relazioni tra i quattro moduli per solidi LHI; limiti ai valori dei quattro moduli.
	Deformazioni unidimensionali non omogenee: deformazione; tensione in funzione della deformazione.
	Oscillazioni longitudinali di una barra elastica, LHI; onde sonore; equazione di D'Alembert; velocità del suono.
10-mar-25	
	Onde trasversali; onde su una corda.
	Onde torsionali; onde su un albero di trasmissione.
	Esempi/Applicazioni: fune ideale appesa con massa; tensione all'equilibrio.
	Esempi/Applicazioni: elastico appeso con massa; condizione di equilibrio; allungamento e tensione all'equilibrio; condizione di inestensibilità
11-mar-25	
	Esempi/Applicazioni: compressione/dilatazione di un parallelepipedo in pressione uniforme; limiti sul modulo di Poisson.
	Esempi/Applicazioni: compressione longitudinale di sbarra vincolata; limiti sul modulo di Poisson.
	Deduzione equazione onde meccaniche puramente longitudinali; onde sonore.
17-mar-25	
	Onde meccaniche longitudinali: espressioni generali di densità di energia, potenza, flusso di energia (intensità) e relazioni.
	Onde meccaniche longitudinali monocromatiche piane: applicazione delle relazioni energetiche.
	Relazione tra flusso e densità di energia per onde meccaniche longitudinali monocromatiche piane; velocità dell'energia.
	Quantità di moto e momento angolare per onde meccaniche longitudinali, cenno alle espressioni generali.
	Onde trasversali sulla corda: polarizzazione; polarizzazione onde EM.
18-mar-25	
	AA
	Polarizzatori, legge di Malus, lamine di ritardo a mezzonda e a quarto d'onda.
	Leggi di Snell.
24-mar-25	
	Dalle equazioni di Maxwell all'equazione di d'Alembert per i campi EM, vuoto.
	Onde EM nel vuoto: soluzione per onde piane monocromatiche; condizioni su vettore d'onda, frequenza e costante di fase.
	Trasversalità delle onde EM piane e relazioni tra vettore d'onda e campi EM.
	Plane EM monochromatic wave nb (linear polarization).
	Componente longitudinale dei campi in onde EM piane non monocromatiche.
	Onde EM in mezzi perfetti: soluzione per onde MPW; indice di rifrazione; analogia e differenza con il vuoto; senza confini.
25-mar-25	
	Dalle equazioni di Maxwell all'equazione di d'Alembert per i campi EM, mezzi perfetti.
	Polarizzazione delle onde EM; sovrapposizione di due o più EM MPW con diverso ϵ_0 e stesso vettore d'onda.
	Polarizzazione lineare, circolare, ellittica generica; handedness, elicità e sfasamento.
	Stati di polarizzazione, lineare e circolare; formalismo; proprietà in termini dei vettori complessi.
	Combinazione di stati di polarizzazione lineare e circolare; basi per la polarizzazione: polarizzazione lineare e circolare.
	Esempi/Applicazioni: relazione tra ϕ_x e ϕ_y e elicità della radiazione polarizzata circolarmente.
	Esempi/Applicazioni: basi per la polarizzazione: lineare e circolare; vettori complessi; verso di rotazione in funzione dello sfasamento

	intensity pola perpendicolari
	Mezzi EM non LHI: fenomenologia; Esempi/Applicazioni.
	Dicroismo lineare e circolare; polarizzazione per dicroismo. Legge di Malus e polaroid.
	Trasversalità onde EM dimostrata da dicroismo.
	Polarizzatori lineari.
	Intensità delle onde MPW EM nel vuoto e densità di energia; mezzi perfetti.
17-mar-25	
	Estinzione delle onde EM (assorbimento e scattering), trasmissione; legge di Beer-Lambert, lunghezza di attenuazione e sezione c
	Senno alla relazione generale tra densità di energia e flusso di energia.
	Senno alla velocità di propagazione dei segnali.
	Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello corpuscolare: pressione e flusso di momento angolare (
	Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello ondulatorio per pressione con assorbimento totale.
	impulso e mom ang
18-mar-25	
	Birifrangenza lineare e circolare; naturali ed indotte; lamina quarto d'onda e mezz'onda; cristalli uniassiali.
	Effetti legati alla birifrangenza; cambio stato polarizzazione.
	sovapposizione di polarizzazione circolare dx e sx che produce polarizzazione lineare arbitraria; attività` ottica
	Esempi/Applicazioni: cella di Kerr.
	1/4 onda
	Esempi/Applicazioni: Rappresentazione complessa per polarizzazione circolare.
	Esempi/Applicazioni: misura di campi magnetici cosmologici con effetto Faraday.
	Onde EM nel vuoto, mezzo perfetto e conduttore ohmico perfetto: derivazione della equazione d'onda, confronto.
	Equazione d'onda dissipativa di D'Alembert; relazione di dispersione complessa; vettore d'onda complesso.
	Emergenza di un vettore d'onda complesso da equazione d'onda dissipativa di D'Alembert.
	Introduzione al concetto di onde dispersive: $w=w[k]$; eq. di D'Alembert per onde dispersive: $v=v[w]$
24-mar-25	
	Motivazione per k complesso.
	Impedenza d'onda.
	Onde omogenee e non omogenee.
	Formalismo complesso; piano di Argand.
	Algebra of Complex Scalars/vectors; applicazione al vettore di Poynting
	Algebra vettori complessi, richiamo. Differenza con spazi vettoriali complessi e prodotto scalare hermitiano.
	Algebra vettori complessi versus spazio vettoriale complesso con prodotto scalare hermitiano.
	Vettore d'onda complesso: descrizione velocità di fase e estinzione.
	Dispersione e permeabilità e permittività complesse (sfasamento) e dipendenti dalla frequenza: da analogia con oscillatore armoni
	sys lin homo/nonhomo; sin/cos replace transiente/stazionaria; Fourier
	Relazione di dispersione generica complessa; permittività complessa effettiva.
	Intensità delle onde MPW EM in mezzi Ohmici LHI. Pointyng: E/E^* ed H/H^*
	Spin elicita`, condizione complessa per polarizzazione lineare/circolare.
	Two polarized EMMPW are orthogonal if and only if their complex vectors are orthogonal
25-mar-25	
	multimedia
	Dicroismo e onda che si assorbe: cambio lunghezza d'onda dentro mezzo trasparente.
	Riassunto su luce naturale. Onde reali: luce naturale e polarizzazione; treno d'onda.
26-mar-25	
	Addition of Sinusoidal Cosinusoidal Functions of the Same Frequency
	Battimenti, modulazione, velocità` di gruppo.
	Esempi/Applicazioni: polarizzazione lineare da polarizzazione circolare e viceversa.
	Esempi/Applicazioni: Lampadina.
	Esempi/Applicazioni: Sun bath e laser che sorregge pallina.
	Esempi/Applicazioni: Pressione di radiazione a incidenza non normale.

31-mar-25	
	GITA STUDENTI
	GITA STUDENTI
01-apr-25	
	GITA STUDENTI
	GITA STUDENTI
02-apr-25	
	AA
	AA
07-apr-25	
	TUTORAGGIO
	TUTORAGGIO
08-apr-25	
	TUTORAGGIO
	TUTORAGGIO
09-apr-25	
	AA: effetto Doppler.
	Effetto Doppler per onde meccaniche; asimmetria sorgente-osservatore; velocità di propagazione rispetto al mezzo.
	Osservatore in moto, sorgente in moto; analogia con il nastro trasportatore.
	Effetto Doppler per onde EM; simmetria sorgente-osservatore.
	Invarianza della fase e conteggi.
	Quadri-vettore d'onda da legge quoziente; trasformazione.
	Cambio frequenza; aberrazione della luce; effetto Doppler trasverso.
	Esempi/Applicazioni: spostamento verso il rosso/blu; spostamento di spettri di emissione/assorbimento.
	uso: ecografia
14-apr-25	
	Onda EM monocromatica piana e riflessione da piano infinito fatto da conduttore perfetto.
	[continua] corrente di superficie indotta; azzeramento onda trasmessa; formazione onda stazionaria.
	Cavità EM unidimensionale con onda stazionaria; cenno alla molteplicità delle soluzioni.
	Meccanismo fisico della generazione dell'onda riflessa e trasmessa; interferenza.
	Onde stazionarie in una cavità EM unidimensionale; modi normali; analogia con la corda vibrante; flusso di energia.
15-apr-25	
	Riflessione e trasmissione delle onde, condizioni cinematiche ad interfaccia piana: uguaglianza delle frequenze.
	Riflessione e trasmissione delle onde, condizioni cinematiche ad interfaccia piana: leggi di Snell; riflessione interna totale; indice di rifrazione.
	Riassunto: proprietà cinematiche: leggi di Snell; derivazione da principio di Fermat.
	Principio di Fermat: riflessione e trasmissione delle onde, cenno.
	Huygens, cenno.
	Onde meccaniche longitudinali: riflessione trasmissione; impedenza delle onde meccaniche longitudinali.
	Inversione di segno/campo a riflessione ed equivalenza con sfasamento +/-Pi
	Onde meccaniche trasversali: riflessione trasmissione; impedenza delle onde meccaniche trasversali.
	Onde longitudinali in fluidi: espressione della velocità di fase in termini del bulk modulus; $B/\rho \rightarrow Y/\rho$.
	Onde longitudinali in fluidi: velocità delle onde sonore in un gas: ipotesi adiabatica e isoterma.
16-apr-25	
	Onde EM: impedenza e intensità per Z reale.
	Impedenza d'onda e indice di rifrazione in funzione di permittività e permeabilità.
	AA: Onde EM: relazioni di Fresnel per l'intensità dell'onda riflessa e trasmessa;
	Riassunto: proprietà dinamiche per onde EM: relazioni di Fresnel.
	Coefficienti di riflessione e trasmissione; riflettività e trasmittività.

	Incidenza normale: discussione relazioni di Fresnel in relazione a: segno convenzionale della componente del campo rispetto a ve
	Angolo di Brewster e polarizzazione della luce riflessa e trasmessa.
	Esempi/Applicazioni: incidenza normale vetro-aria.
	Commenti su relazioni di Fresnel.
	Discussione relazioni di Fresnel per l'intensità di onda riflessa e trasmessa; proprietà; riflessione/trasmissione normale e radente.
	Andamento dei coefficienti e Rifl/Trasm al variare dell'angolo per vari casi.
	Bilancio energetico in riflessione/trasmissione: incidenza normale.
	Bilancio energetico in riflessione/trasmissione: incidenza arbitraria.
	Impedenza e adattamento di impedenza: riflessione/trasmissione onde EM; cavo coassiale.
21-apr-25	
	Esempi/Applicazioni: Relazioni di Fresnel: formule per materiali non magnetizzabili; z_0 z_0/n
	Esempi/Applicazioni: TIR da vetro
	Esempi/Applicazioni: t non cambia segno
	Esempi/Applicazioni: $r_{par} > r_{per}$
	Esempi/Applicazioni: intensità formula uso per T
	Esempi/Applicazioni: polarizzazione circolare e riflessione
	Esempi/Applicazioni: strato anti-riflettente (riflessioni multiple versus condizioni al contorno).
	Esempi/Applicazioni: curvatura della luce in atmosfera
	TIR e onda EM nel secondo mezzo: calcolo dell'onda evanescente; riflessione interna totale frustrata; trasferimento di energia.
	Reflection/Transmission from rough surfaces and/or non plane waves; non-monochromatic waves.
	Onde non piane-monocromatiche: sovrapposizione di due onde a frequenza diversa; battimenti.
	Battimenti. Modulazione di ampiezza, dispersione e velocità di gruppo (cenno); cenno alla modulazione di frequenza.
r 22-apr-25	
	cont: Esempi/Applicazioni: strato anti-riflettente (riflessioni multiple versus condizioni al contorno).
	Guida d'onda: problema di condizioni al contorno e/o riflessioni multiple.
	Guida d'onda EM rettilinea a sezione rettangolare perfettamente conduttrice. Soluzione TE ₁₀ ; dispersione; velocità di fase e cenno
	Frequenza critica (di cutoff) e non propagazione per frequenze inferiori alla frequenza critica; vettore d'onda immaginario e assort
	Calcolo di B e componente longitudinale e del flusso/densità di energia. Velocità di gruppo, velocità di trasporto dell'energia.
	[continua] Velocità di fase. Flusso e densità di energia. Velocità di gruppo, velocità di trasporto dell'energia.
28-apr-25	
	Introduzione a irraggiamento: onde meccaniche versus onde EM.
	Trasporto energia EM a infinito con campi di radiazione; necessità accelerazione cariche per irraggiamento.
	Potenziali EM ritardati ma non campi EM ritardati.
	Cenno: Heaviside-Feynman formulas.
	Cenno: Jefimenko formulas.
	Irraggiamento; metodo di Thompson.
	Campo di radiazione per moto non relativistico a grande distanza da sorgenti piccole; formula di Larmor.
	Campo di radiazione per moto non relativistico a grande distanza da sorgenti piccole; caratteristiche.
	Potenza irraggiata, formula di Larmor.
	Irraggiamento da dipolo elettrico oscillante; campi e potenza; distribuzione angolare.
r 29-apr-25	
	Irraggiamento da dipolo magnetico oscillante; campi e potenza; distribuzione angolare.
	Dipolo oscillante in termini di corrente; resistenza di radiazione.
	Dipendenza potenza irraggiata da frequenza.
	Impedenza di radiazione di una antenna.
	Radiazione di ciclotrone, sincrotrone e bremsstrahlung. Raggio di Larmor.
	Doppler: recap
	Esempi/Applicazioni: Onde d'urto meccaniche: numero di Mach.
	Esempi/Applicazioni: Onde d'urto EM: radiazione Cherenkov e di transizione (cenno).
	Modello classico di Drude-Lorentz per la risposta di un mezzo non polare e non magnetico diluito: ipotesi.
	Principio di Huygens: riflessione e trasmissione delle onde, cenno.
05-mag-25	

	[cont] Modello classico di Drude-Lorentz per la risposta di un mezzo non polare e non magnetico diluito.
	Discussione del modello di Drude-Lorentz per la risposta di un mezzo non polare e non magnetico diluito.
	Dipendenza da frequenza; suscettività complessa; risonanza; assorbimento e parte immaginaria.
	Permeabilità elettrica e conducibilità per conduttori: trattazione separata di cariche libere e legate e trattazione congiunta.
	Dispersione e permeabilità elettrica complessa;
	Diffusione da molecole nella materia; diffusione Rayleigh e Thomson; polarizzazione della luce diffusa.
	Esempi/Applicazioni: blu del cielo, rosso del sole ad alba e tramonto; diffusione delle nuvole; corona solare.
	raggio classico elettrone
	Cammino libero medio, σ_T ; Thomson Scattering in the Solar Corona.
	Interferenza/Diffrazione: generalità; interferenza costruttiva e distruttiva; esperimento di Young per luce e Feynman con elettroni
	Esempio di interferenza tra due onde monocromatiche piane alla stessa frequenza viaggianti nella stessa direzione; effetto dello s
06-mag-25	
	Interferenza tra due onde: effetto della differenza di cammino e di cammino ottico; sfasamento a interfacce; treno d'onda finito.
	Coerenza delle sorgenti. sorgenti coerenti ed incoerenti.
	Condizioni necessarie per l'interferenza.
	Non interferenza di onde a frequenza diversa.
	Interferenza alla Fraunhofer a infinito: osservazione delle frange di interferenza all'infinito; lente; occhio.
	Esempio di interferenza tra due onde monocromatiche sferiche alla stessa frequenza; effetto della differenza di cammino in 2D/3D
	Interferenza tra onde sferiche non-isotrope identiche: due antenne di dipolo ed esperimento di Young, interferenza costruttiva e distruttiva
	Calcolo della figura di interferenza per due antenne di dipolo identiche con fase arbitraria in approssimazione di Fraunhofer; discussione
	Redistribuzione energia nello spazio: diagramma di radiazione, in 2D e 3D.
	zeri e massimi per 2 sorgenti
	Altri casi: Young per luce ed elettroni; Young con onda incidente non perpendicolare; Young con dielettrico davanti a fenditura; Young con
	Interferenza alla Fraunhofer; $\lambda \ll d \ll R$ per vedere interferenza; per $\lambda \gg d$ vedi antenna singola di intensità raddoppiata
	Esempi/Applicazioni: Esperimento di Young con dielettrico davanti a fenditura.
07-mag-25	
	Diffrazione: generalità; regime Fraunhofer versus Fresnel versus ottica geometrica: dipendenza da distanza e lunghezza d'onda.
	Principio di Huygens, forma semplificata con fronte d'onda piano su apertura su schermo piano in regime di Fraunhofer.
	Geometria del regime di Fraunhofer.
	Diffrazione da fenditura lunga e sottile.
	Diffrazione da fenditura rettangolare.
	Diffrazione da fenditura circolare.
12-mag-25	
	MULTIMEDIA: riflessione/rifrazione/irraggiamento/interferenza/diffrazione.
	curvatura della luce in atmosfera, raggio verde, effetti di rifrazione sulla immagine di sole e stelle.....
	Esempi/Applicazioni: Calcolo della figura di interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer.
	Esempi/Applicazioni: Interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer: posizione e intensità
	Esempi/Applicazioni: Interferenza da N sorgenti: larghezza picco a piccolo angolo.
	Esempi/Applicazioni: Interferenza per N antenne di dipolo identiche con sfasamenti costanti in approssimazione di Fraunhofer.
	Interferenza: cenno al caso bi-dimensionale e tri-dimensionale; diffrazione di Bragg.
	Reticolo di interferenza; potere risolutivo; posizioni e larghezza dei picchi; reticolo di interferenza in riflessione.
	stessa frequenza, oppure coerenza temporale.
	Sorgente puntiforme, oppure coerenza spaziale.
	Indipendenza delle sorgenti
	Cenno al concetto di coerenza temporale e spaziale; monocromaticità ed estensione della sorgente; visibilità frange di interferenza
	Cenno alla mutua coerenza temporale delle sorgenti; necessità per avere interferenza; cenno al laser.
	Cenno al laser.
13-mag-25	
	Esempi/Applicazioni: Interferenza da lamina sottile (interferenza due raggi principali).
	Esempi/Applicazioni: divergenza angolare penna laser.
	Esempi/Applicazioni: Potere risolutivo telescopio e occhio umano; criterio di Rayleigh; diffraction limit; risoluzione del sensore.
	Esempi/Applicazioni: Lateral shift in a glass slab
	Esempi/Applicazioni: Schiacciamento immagine del Sole all'orizzonte

	Esempi/Applicazioni: Light propagation in atmosphere.
14-mag-25	
	Il principio di Fermat e l'ottica geometrica; reversibilità cammini ottici; leggi di Snell.
	Ottica geometrica come limite per piccola lunghezza d'onda dell'ottica ondulatoria.
	Diottro sferico, approssimazione parassiale.
	convenzioni
	specchio sferico
19-mag-25	
	Specchi sferici, approssimazione parassiale; specchio parabolico.
	focale
	Lente sferica sottile, approssimazione parassiale; lunghezza focale.
	Lente sottile: formula di Newton; lente spessa;
20-mag-25	
	Tracciamento raggi e formazione delle immagini, reali, virtuali; distanza focale, lenti/specchi divergenti/convergenti/ingrandimento
	Ingrandimento angolare, lineare trasversale, lineare longitudinale.
	Tracciamento per lente convergente/divergente specchio concavo/convesso.
	tipi di lenti; immagine virtuale; lenti da fermat; lenti asferiche
	Cenno alla trattazione dell'ottica parassiale con matrici.
	Esempi/Applicazioni: occhio, cenno: sensibilità, vs. wavelenght, risoluzione: diffrazione e pixel/retina
	Focalizzazione ideale/reale: aberrazioni, point-spread-function versus pixel size.
21-mag-25	
	Esempi/Applicazioni: ingrandimento lente semplice.
	Risoluzione: diffrazione e detector pixel size. Sensibilità: intensità.
	Cenno alle aberrazioni del primo ordine.
	Esempi/Applicazioni: cannocchiale/telescopio, apertura obiettivo per contrastare debole intensità e limite di diffrazione.
	Esempi/Applicazioni: Lente focalizzante su sensore a pixels: messa a fuoco, profondità di fuoco, separazione angolare (pixel e diffrazione)
	Esempi/Applicazioni: Lente di ingrandimento semplice.
	Esempi/Applicazioni: Strumenti ottici: microscopio.
	Esempi/Applicazioni: Strumenti ottici: cannocchiale; Galileiano e Kepleriano.
	Esempi/Applicazioni: Strumenti ottici: telescopio riflettore.
	Cenno agli interferometri di Michelson e Rayleigh.
	young and refractive index /// michelson e refractive index
	stellar michelson interfere
	occhio camera and pixels
	END HERE
	Esempi/Applicazioni: forma del sole al tramonto; arcobaleno; curvatura della luce in atmosfera; raggio verde; diamante.
	Esempi/Applicazioni: polarizzazione, fenomenologia.
	Esempi/Applicazioni: autovelox, onde meccaniche: cenno alla ecografia Doppler.
	Esempi/Applicazioni: Dispersione della luce.
	Esempi/Applicazioni: Rifle/Refra di onde EM; indice di rifrazione per acqua; dispersione; diamante; fibre ottiche.
	Cenno alla riflessione speculare vista dal punto di vista dell'interferenza.

