

DATA	Programma Fisica Generale 3 Anno Accademico 2022-2023
27-set-22	Introduzione al corso.
03-ott-22	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. 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: componente parallela e ortogonale ad un versore di un vettore. Vettori liberi e vettori applicati (cenni: spazi vettoriali e spazi affini). Sistemi di vettori applicati; momento polare e momento intrinseco (componente indipendente dal polo). Sistemi di vettori applicati; variazione del polo. Sistemi di vettori applicati; vettore risultante, momento risultante (polare + intrinseco).
04-ott-22	Equazioni algebriche vettoriali di primo grado. Richiami di calcolo vettoriale: derivazione, differenziazione; funzioni scalari e vettoriali; formula di Taylor; 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; 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.
05-ott-22	Teoremi fondamentali del calcolo vettoriale integro-differenziale: gradiente, divergenza e rotore. Interpretazione e significato in idrodinamica degli operatori integrali/differenziali: campo di velocità, Sorgenti e Vortici. Coordinate ortonormali; polari ortonormali; cilindriche ortonormali; sferiche ortonormali. Coordinate ortonormali generali; cenno. Significato fisico degli operatori e rappresentazione in un dato SdC. Espressioni degli operatori vettoriali in coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche. Esempi/Applicazioni: teorema della divergenza; idrodinamica; rappresentazione div in coordinate Cartesiane. Esempi/Applicazioni: teorema del rotore; idrodinamica; rappresentazione rot in coordinate Cartesiane. 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: volume di un cono.
10-ott-22	Esempi di campi vettoriali, divergenza e rotore ==>> note. Additività flusso e circuitazione. Esempi/Applicazioni: ∇ ed errori. Esempi/Applicazioni: Area come integrale di linea di $x \times dx$ Esempi/Applicazioni: momento di dipolo magnetico di una spira piana di forma arbitraria; calcolo come integrale su curva e area; additività. Esempi/Applicazioni: descrizione di un parallelogramma attraverso un vettore; vettore elemento di superficie. Esempi/Applicazioni: momento di dipolo magnetico di una spira di forma arbitraria; area vettoriale di una superficie arbitraria aperta/chiusa. Esempi/Applicazioni: campo elettrico di dipolo elettrico ideale da potenziale. Esempi/Applicazioni: caso statico: forza e momento su dipolo elettrico ideale; energia potenziale; forza: calcolo diretto e da energia potenziale.
11-ott-22	Esempi/Applicazioni: campo di dipolo elettrico ideale da potenziale. Dai campi alle forze e momenti: deduzione forza e momento in campo esterno su carica puntiforme e dipoli ideali da dipoli reali (cenni). Esempi/Applicazioni: Forze e Momenti su dipoli rigidi; gradiente vettoriale; parte simmetrica. Forze e momenti su dipoli; forza e momento risultanti interni di un sistema di dipoli. Principio di azione e reazione; applicazione a sistema di dipoli; violazione terza legge di Newton; principio di azione-reazione generale. 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. Teorema di Helmholtz; cenno alla elettrostatica e magnetostatica.

	Richiami di meccanica classica (Galilei-Newton)
	Sistema e universo; modellizzazione delle interazioni e modello di sistema.
	Modello di sistema: punto materiale, carica puntiforme, dipolo; corpo rigido, fluido, solido elastico,....
Mer 12-ott-22	
	Interazioni: forze, coppie, momento totale.
	Meccanica Generale, richiami. Modellizzazione sistemi fisici: punto materiale, carica puntiforme, dipolo ideale,...; definizione quantità d
	Principi: Inerzia, Equazioni Cardinali; Azione e Reazione.
	Teoremi fondamentali: Centro di massa, Koenig.
	GINV: Invarianza Galileiana.
	Da cariche e correnti ai campi: equazioni di Maxwell in forma integrale per domini fissi.
	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.
	Definizione operativa dei campi: forza di Lorentz.
	Il principio di sovrapposizione. Forze a due corpi; cenno a forze a tre corpi.
	Equazione di continuità della carica elettrica in forma integrale, differenziale; conservazione della carica come conseguenza delle equaz
Vin 17-ott-22	
	Struttura delle equazioni di Maxwell; relazioni, similitudini e differenze.
	Maxwell Equations Unify Electric Magnetic Phenomena; and optics.
	Cenno ai monopoli magnetici.
	EM; carica elettrica, conservazione, invarianza e quantizzazione.
	Cariche puntiformi; dipoli elettrici e magnetici reali e ideali; l'elettrone, carica puntiforme e dipolo magnetico ideale.
	Densità di carica di volume e di superficie. Densità di corrente di volume e di superficie. Densità di carica/corrente lineare.
	Legge di Coulomb e campo elettrico di distribuzione statica arbitraria di carica.
	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.
	Discontinuità delle componenti tangenziali dei campi EM.
Mer 18-ott-22	
	Continuità delle componenti normali della densità di corrente in condizioni stazionarie e assenza di correnti alla superficie di interfaccia
	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.
	Conduttori ohmici, proprietà; linearità, omogeneità, isotropia.
	Conduttori perfetti, proprietà; cenno ai superconduttori. Isolanti perfetti.
	Esempi/Applicazioni: campi EM entro conduttore perfetto.
Vin 24-ott-22	
	Potenziale scalare e circuitazione di E.
	Potenziale vettore: flusso di B e circuitazione di A.
	Potenziale scalare e vettore. 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 cari
	ρ e \mathbf{j} , 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 elet
	Esempi/Applicazioni: potenziale vettore sull'asse di spira circolare piana; impossibilità del calcolo del campo sull'asse dal potenziale.
Mer 02-nov-22	
	Sommario: elettrostatica e magnetostatica.
	Sviluppo in multipoli cartesiani del potenziale scalare; monopolo e dipolo; momento di dipolo elettrico per distribuzione arbitraria di car
	Sviluppo in multipoli cartesiani del potenziale vettore; monopolo e dipolo; momento di dipolo magnetico per distribuzione arbitraria di c
	Monopolo, dipolo, quadrupolo, etc. cenno.
	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.
07-nov-22	
	EM nella materia: generalità. Origine microscopica dei fenomeni EM in presenza di materia.
	Descrizione puramente macroscopica.
	Cenno alla insufficienza della Fisica microscopica Classica: irraggiamento degli elettroni atomici e non esistenza della magnetizzazione.
	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, in
	Cenni elementari introduttivi all'origine microscopica delle proprietà EM macroscopiche; momenti di dipolo.
	Cenno alle proprietà Quant-Relat delle particelle: energia, impulso, momento angolare, massa, carica, spin, momenti di dipolo; grande
	Struttura della materia: atomi, molecole, ioni. Concetto di mole.
	Cenno alla origine microscopica del magnetismo: momenti angolari orbitali e di spin, momento di dipolo magnetico; para-/dia-, ferrom
10-nov-22	
	Esempi/Applicazioni: campo a distanza di un condensatore/solenoide.
	Esempi/Applicazioni: campo di dipolo elettrico e magnetico ideale: confronto, vicino e lontano.
	Esempi/Applicazioni: forza su spira magnetica sull'asse di un solenoide.
	Esempi/Applicazioni: rapporto giromagnetico.
	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.
18-nov-22	Niccoló
	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 radiazio
	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.
21-nov-22	
	Introduzione: Polarizzabilità e Magnetizzabilità di un atomo/molecola: dal microscopico al macroscopico; da pochi a numero di Avogadro
	Polarizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento.
	Magnetizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento (correnti e spins).
	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.
	Fenomenologia: materiali polarizzabili/magnetizzabili, effetto di un campo esterno: polarizzazione/magnetizzazione; polarizzazione/magn
	Definizione di polarizzazione e magnetizzazione; macroscopico.
	Polarizzazione e/o Magnetizzazione fissate: cilindro uniformemente polarizzato e cilindro uniformemente magnetizzato: cariche e corre
	Confronto elementare tra polarizzazione e magnetizzazione; equivalenza di campo medio in materia con campo di distribuzione equiva
	Dal singolo atomo/molecola alla materia macroscopica; condensatori e induttanze.
	Cariche libere, di polarizzazione; correnti libere, di polarizzazione, di magnetizzazione.
	Necessità del concetto di campo medio in presenza di materia; variabilità microscopica.
	Equazioni di Maxwell in presenza di materia; campi ausiliari D ed H.
	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/magnetizzazione
22-nov-22	
	Dal campo elettrico/magnetico alla pol/mag: modelli dei corpi materiali, le relazioni costitutive: relazione tra P e E; relazione tra M e B.
	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 e co
	Relazioni costitutive: risposta non omogenea, cenni.
	Relazioni costitutive: polarizzazione e magnetizzazione rigide, sviluppo in serie di Taylor della risposta.
	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.
	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.
28-nov-22	
	Discontinuità dei campi.
	Rifrazione delle linee di campo in mezzi LHI: E,B,D,H.
	Sommario equazioni dei campi EM nella materia.
	Polarizzazione/Magnetizzazione in campi esterni; campo E/B prodotto dalla materia; feedback, Polarizzazione/Magnetizzazione e campi
	Polarizzazione e Magnetizzazione rigide: sfera uniformemente polarizzata e sfera uniformemente magnetizzata: cariche e correnti equi
	Esempi/Applicazioni: campo prodotto da una sfera uniformemente polarizzata, con polarizzazione assegnata.
	Esempi/Applicazioni: campo prodotto da una sfera uniformemente magnetizzata, con magnetizzazione assegnata.
	Esempi/Applicazioni: sfera di materiale LHI, polarizzabile in campo esterno dato; polarizzabilità; sfera conduttrice come caso limite.
	Esempi/Applicazioni: sfera di materiale LHI, magnetizzabile in campo esterno dato; magnetizzabilità; sfera diamagnetica perfetta come
	Sfera di materiale, polarizzata/magnetizzata rigidamente; confronto tra caso elettrico e magnetico.
	Analoga formale, in condizioni statiche e in assenza di cariche/correnti libere, tra le equazioni per E ed H. Densità di carica magnetica
	Concetto di carica magnetica (fittizia).
29-nov-22	
	Casi limite: suscettività elettrica +infinito; suscettività magnetica -1.
	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.
	Sfera di materiale LHI, polarizzabile/magnetizzabile, in campo esterno fissato; confronto tra caso elettrico e magnetico.
	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).
	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.
05-dic-22	
	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-diamagnetismo
	>>> Fenomenologia EM in materia.
	EM nella materia: riassunto dei concetti.
	Valori tipici della suscettività elettrica/magnetica/conducibilità/momenti dipoli/polarizzabilità/magnetizzabilità.
	Risposta non lineare. Isteresi.
	Esempi/Applicazioni: materiali ferro-magnetici; curva di isteresi.
	Esempi/Applicazioni: cenno al campo magnetico di Terra e pianeti.
	Esempi/Applicazioni: schermo magnetico cilindrico (cenno).
	Esempi/Applicazioni: piezo-elettricità, piro-elettricità (accendino, rivelatore IR).
	Esempi/Applicazioni: materiali ferro-elettrici; titanato di bario; piezo-elettricità e piro-elettricità; legge di Curie (cenno).
	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).
	Energetica in presenza di materia: E dD ed H dB; dopo, in regime dinamico, isteresi; non località.
	Mezzi LH: proporzionalità tra le varie densità di carica e di corrente di volume (cenno).
	Esempi/Applicazioni: effetto Einstein-DeHaas (cenno).
29-nov-22	
	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.
	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.
	Conseguenze: dilatazione dei tempi, contrazione lunghezze longitudinali, non contrazione lunghezze trasversali; contrazione del volume.
	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 del muone.
06-dic-22	
	Algebra delle trasformazioni di Lorentz, cenno. Matrice di trasformazione e proprietà. Cenno al gruppo di Lorentz.
	Tri-vettore (gruppo delle rotazioni) e quadri-vettore (gruppo di Lorentz); analogie e differenze, cenni.
	prodotto scalare per tri-vettori e quadri-vettori.
	Cenno al concetto di componente controvarianti e covarianti; esempio per coordinate cartesiane non ortogonali nel piano.
	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.
13-dic-22	
	Forza e potenza per un sistema non isolato; quadriforza. Forza di Lorentz.
	Energia totale relativistica ed energia di riposo.
	Grandezze invarianti versus conservate.
	Intervallo invariante
	SdRCM; Bilancio energia/impulso e momento angolare; trasporta tramite "campi".
	Esempi/Applicazioni: stato composto da urto totalmente anelastico; processo inverso di produzione energia da fissione nucleare.
	Esempi/Applicazioni: cinematica dei protoni ad LHC.
	Esempi/Applicazioni: effetto di beaming relativistico.
	Esempi/Applicazioni: conversione di massa in energia, decadimento pione neutro; non conservazione della massa
	Esempi/Applicazioni: Action-Reaction Principle in Relativistic Physics
	Invarianza e conservazione della carica elettrica; densità di carica e corrente e legge di trasformazione; quadri-corrente.
	Esempi elementari di trasformazione dei campi: condensatore piano, strato piano di corrente infinito solenoide e filo rettilineo infinito.
	Legge generale di trasformazione dei campi EM.
	Trasformazione di un campo: trasf. Della grandezza + trasf. Delle coordinate spazio-tempo di cui il campo è funzione.
	Cenno al quadripotenziale e al tensore di campo EM; invarianti dei campi.
22-dic-22	
	Concetto di tensore tri-dimensionale; scalari e vettori per rotazioni (SO(3)).
	Concetto di tensore quadri-dimensionale; scalari e vettori per Lorentz.
	Quadri-vettori controvarianti e covarianti; prodotto scalare invariante.
	Parallelo tra il concetto di scalare, vettore e tensore per rotazioni e per Lorentz.
20-feb-23	
	La via alle onde: infiniti oscillatori in posti diversi con oscillazioni correlate; perturbazione rispetto ad un equilibrio che si muove con circonferenza.
	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, isoterma).
	Caratterizzazione statica dei solidi LHI: modulo di Young, di Poisson, di scorrimento e di compressibilità.

	Relazioni tra i quattro moduli per solidi LHI; limiti ai valori dei quattro moduli.
	Verso la termodinamica; Coefficienti Di Dilatazione Lineare Ed Espansione Volumetrica.
ar 21-feb-23	
	Esempi/Applicazioni: $\nu >= 0$.
	Esempi/Applicazioni: compressione longitudinale di sbarra vincolata; limiti sul modulo di Poisson.
	Esempi/Applicazioni: compressione/dilatazione di un parallelepipedo in pressione uniforme; limiti sul modulo di Poisson.
	Deformazioni unidimensionali non omogenee: deformazione; tensione in funzione della deformazione.
er 22-feb-23	
	Discussione con studenti su corso.
n 27-feb-23	
	Oscillazioni longitudinali di una barra elastica, LHI; onde sonore; equazione di D'Alembert; velocità del suono.
	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.
	Onde longitudinali di catena massa-molle: limite continuo.
	Onde longitudinali in fluidi: espressione della velocità di fase in termini del bulk modulus; $B/\rho \rightarrow \nu/\rho$.
	Onde trasversali; onde su una corda.
	Onde torsionali; onde su un albero di trasmissione.
	Eq. di d'Alembert: per grandezze scalari, vettoriali, etc.
	Onde di d'Alembert: onde viaggianti; soluzione generale per moto 1D; non esistenza soluzione facile analoga in 2D e 3D.
ar 28-feb-23	
	NO
er 01-mar-23	
	NTZ
n 06-mar-23	
	Onde di d'Alembert: onde stazionarie 1D su una corda vibrante; calcolo dei modi normali.
	Relazione di dispersione per onde di D'Alembert con velocità di fase fissata.
	Onde di D'Alembert, casi 1D, soluzioni speciali: onde viaggianti, onde stazionarie e modi normali; condizioni al contorno; quantizzazione.
	Principio di sovrapposizione per l'equazione di D'Alembert, omogenea e non omogenea.
	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.
	Oscillazione in tempo a punto fisso; oscillazione in spazio e tempo; le due oscillazioni sono coordinate.
	Relazioni tra onde viaggianti e onde stazionarie; onde armoniche, relazione tra onde monocromatiche piane e modi normali.
	Fase; relazioni trigonometriche; rappresentazione complessa.
	Caso 1D, onde di D'Alembert, soluzioni speciali: onde stazionarie (e modi normali); onde viaggianti (e onde monocromatiche Piane), sovrapposizione.
	Onde viaggianti e onde stazionarie.
	Ruolo della velocità di fase: non trasporta informazione.
	Varie velocità: fase, gruppo, energia; $\dot{\omega}(x)$.
er 07-mar-23	
	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.
	Somma di funzioni armoniche, formalismo reale e complesso (cenno).
	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.
	Concetto di impedenza delle onde (onde MPW).
	Velocità del suono in vari mezzi.
	Sensibilità sonora dell'orecchio; decibel.
n 13-mar-23	
	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.
	Dalle equazioni di Maxwell all'equazione di d'Alembert per i campi EM, mezzi perfetti.
14-mar-23	
	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.
	Onde EM MPW con vettore d'onda complesso; onde omogenee e onde non omogenee; parte reale vettore d'onda e lunghezza d'onda.
	Polarizzazione delle onde EM; sovrapposizione di due o più EM MPW con diverso E_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: polarizzazione lineare da polarizzazione circolare e viceversa.
	Esempi/Applicazioni: Rappresentazione complessa per polarizzazione 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; versori complessi; verso di rotazione in funzione dello sfasamento.
20-mar-23	
	Estinzione delle onde EM (assorbimento e scattering), trasmissione; legge di Beer-Lambert, lunghezza di attenuazione e sezione d'urto.
	Intensità delle onde MPW EM nel vuoto e densità di energia; mezzi perfetti.
	Cenno alla relazione generale tra densità di energia e flusso di energia.
	Cenno alla velocità di propagazione dei segnali.
	Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello corpuscolare: pressione e flusso di momento angolare (momento).
	Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello ondulatorio per pressione con assorbimento totale.
21-mar-23	
	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: $v=v[w]$
	Dispersione e permeabilità e permittività complesse (sfasamento) e dipendenti dalla frequenza: da analogia con oscillatore armonico.
	Relazione di dispersione generica complessa; permittività complessa effettiva.
	Intensità delle onde MPW EM in mezzi Ohmici LHI. Pointyng: E/E^* ed H/H^*
	Onde EM: impedenza e intensità per Z reale.
	Onda EM monocromatica piana e riflessione da piano infinito fatto da conduttore perfetto; meccanismo fisico della generazione dell'onda.
27-mar-23	
	[continua] corrente di superficie indotta; azzeramento onda trasmessa; formazione onda stazionaria.
	Onde stazionarie in una cavità EM unidimensionale; modi normali; analogia con la corda vibrante; flusso di energia.
	Guida d'onda EM rettilinea a sezione rettangolare perfettamente conduttrice. Soluzione TE ₁₀ ; dispersione; velocità di fase e cenno alla
	Frequenza critica (di cutoff) e non propagazione per frequenze inferiori alla frequenza critica; vettore d'onda immaginario e assorbimento.
	Calcolo di B e componente longitudinale e del flusso/densità di energia. Velocità di gruppo, velocità di trasporto dell'energia.
	Flusso e densità di energia. Velocità di gruppo, velocità di trasporto dell'energia.
	Cenno ad altre soluzioni (modi di ordine superiore).
28-mar-23	
	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.
	Birifrangenza lineare e circolare; naturali ed indotte; lamina quarto d'onda e mezz'onda; cristalli uniassiali.
	Effetti legati alla birifrangenza; cambio stato polarizzazione.
	Esempi/Applicazioni: cella di Kerr.
	Esempi/Applicazioni: misura di campi magnetici cosmologici con effetto Faraday.
	Onde reali: luce naturale e polarizzazione; treno d'onda.
	Polarizzatori; stati di polarizzazione; grado di polarizzazione.
	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 frequenze; aberrazione della luce; effetto Doppler trasverso.
	Esempi/Applicazioni: spostamento verso il rosso/blu; spostamento di spettri di emissione/assorbimento.
03-apr-23	Multimedia
04-apr-23	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.
	Impedenza d'onda e indice di rifrazione in funzione di permittività e permeabilità.
	Onde EM: relazioni di Fresnel per l'intensità dell'onda riflessa e trasmessa;
	Coefficienti di riflessione e trasmissione; riflettività e trasmissività.
	Incidenza normale: discussione relazioni di Fresnel in relazione a: segno convenzionale della componente del campo rispetto a verso di propagazione e vettore fisico.
12-apr-23	Esempi/Applicazioni: incidenza normale vetro-aria.
	commenti su fresnel
	Discussione relazioni di Fresnel per l'intensità di onda riflessa e trasmessa; proprietà; riflessione/trasmmissione normale e radente.
	Andamento dei coefficienti e Rifl/Trasm al variare dell'angolo per vari casi.
	Bilancio energetico in riflessione/trasmmissione: incidenza normale.
	Relazioni di Fresnel: formule per materiali non magnetizzabili
	Angolo di Brewster e polarizzazione della luce riflessa e trasmessa.
	Bilancio energetico in riflessione/trasmmissione: incidenza arbitraria.
	Onde meccaniche longitudinali: riflessione trasmmissione; impedenza delle onde meccaniche longitudinali.
	Onde meccaniche trasversali: riflessione trasmmissione; impedenza delle onde meccaniche trasversali.
	uso: ecografia
	Cenno: cavo coassiale.
	Impedenza e adattamento di impedenza: riflessione/trasmmissione onde EM; cavo coassiale.
17-apr-23	Esempi/Applicazioni: strato anti-riflettente (riflessioni multiple versus condizioni al contorno).
	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.
	Battimenti. Modulazione di ampiezza, dispersione e velocità di gruppo (cenno); cenno alla modulazione di frequenza.
	Esempi/Applicazioni: Onde d'urto meccaniche: numero di Mach.
	Esempi/Applicazioni: Onde d'urto EM: radiazione Cherenkov e di transizione (cenno).
18-apr-23	Onde a grande distanza: radiazione di monopolo (onde sferiche); onde piane a distanza infinita dalla sorgente.
	Onde non piane-monocromatiche: approssimazione di onda sferica e piana lontano dalla sorgente.
	Onde non piane-monocromatiche: sovrapposizione di due onde a frequenza diversa; battimenti.
	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 irradiata, formula di Larmor.
26-apr-23	Radiazione di ciclotrone, sincrotrone e bremsstrahlung. Raggio di Larmor.
	Irraggiamento da dipolo elettrico oscillante; campi e potenza.

	Irraggiamento da dipolo magnetico oscillante; campi e potenza.
	Dipolo oscillante in termini di corrente; resistenza di radiazione.
	Impedenza di radiazione di una antenna.
	Interferenza/Diffrazione: generalità; interferenza costruttiva e distruttiva; interferenza alla Fraunhofer.
	Esempio di interferenza tra due onde monocromatiche piane alla stessa frequenza viaggianti nella stessa direzione; effetto dello sfasamento.
	Esempio di interferenza tra due onde monocromatiche sferiche alla stessa frequenza; effetto della differenza di cammino in 2D/3D.
	Dipendenza dello sfasamento dal cammino in due o più dimensioni: frange di interferenza e visibilità (contrasto).
	Non interferenza di onde a frequenza diversa.
02-mag-23	
	Sorgenti coerenti ed incoerenti; condizioni necessarie per l'interferenza.
	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 (p).
	Calcolo della figura di interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer; discussione (p).
	Interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer: posizione e larghezza dei picchi di intensità.
	Interferenza per N antenne di dipolo identiche con sfasamenti costanti in approssimazione di Fraunhofer.
	Interferenza per N antenne di dipolo identiche in approssimazione di Fraunhofer con fasi e/o posizioni random: cenno.
	Interferenza: cenno al caso bi-dimensionale e tri-dimensionale; diffrazione di Bragg.
08-mag-23	
	Esperimento di Young: luce e particelle.
	Spot luminoso di Arago/Poisson.
	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.
	Potere risolutivo di una fenditura circolare; telescopio e occhio; diffraction limit.
	Esempi/Applicazioni: potere risolutivo di occhio e telescopio; divergenza angolare penna laser.
	Esempi/Applicazioni: cannocchiale/telescopio, apertura obiettivo per contrastare debole intensità e limite di diffrazione.
09-mag-23	
	Multimedia
15-mag-23	
	Osservazione delle frange di interferenza all'infinito; lente.
	Cenno al laser.
	Cenno agli interferometri di Michelson e Rayleigh.
	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.
	Lente sferica sottile, approssimazione parassiale; tipi di lenti; lunghezza focale.
16-mag-23	
19-mag-23	
	Lente sottile: formula di Newton; lente spessa.
	Specchi sferici, approssimazione parassiale; specchio parabolico.
	Cenno alla trattazione dell'ottica parassiale con matrici.
	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.
	Focalizzazione ideale/reale: aberrazioni, point-spread-function versus pixel size.
	Cenno alle aberrazioni del primo ordine.
22-mag-23	

	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.
	Esempi/Applicazioni: occhio, cenno.
	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.
23-mag-23	
	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.
	Cammino libero medio, σ_T ; Thomson Scattering in the Solar Corona.
26-mag-23	
	Onde EM in materia: energia ceduta e permeabilità elettrica complessa.
	Tempo di rilassamento; buoni/cattivi conduttori.
	Schematizzazione di cariche libere/legate; parametri complessi; parte reale/complessa di vettore d'onda.
	Mezzi conduttori: permeabilità elettrica e conducibilità; relazione.
	Descrizione macroscopica: equazioni di Maxwell per un mezzo LHI Ohmico; permeabilità elettrica e conducibilità.
	Caso a): parametri quasi reali (lontano da frequenze proprie, non magnetici, basse frequenze);
	bad, k quasi reale, mezzo da trasparente a nero; good, $k=1+i$, sfasamento, pelle.
	Caso b): dominanza di cariche di conduzione (non magnetico, $\epsilon_r=1$); conducibilità;
	low ω ...; high ω ..., plasma: sopra, $c>1$, trasparente; sotto, assorbimento totale.