

DATA	minuti	Programma Fisica Generale 3 Anno Accademico 2021-2022
lun 20-set-21	90	Introduzione al corso.
mar 21-set-21	90	Cenni preliminari al concetto di scalare, vettore e tensore in CC sotto $SO(3)$; esempi di non-scalari e non-vettori. Coordinate ortonormali; polari ortonormali; cilindriche ortonormali; sferiche ortonormali. 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: descrizione di un parallelogramma attraverso un vettore; vettore elemento di superficie. 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 (cenno: 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).
lun 27-set-21	90	Coordinate ortonormali generali; cenno. 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. Esempi/Applicazioni: nabra ed errori.
mar 28-set-21	90	Teoremi fondamentali del calcolo vettoriale integro-differenziale: gradiente, divergenza e rotore. Sistemi di Coordinate polari nel piano, sferiche e cilindriche nello spazio: rappresentazione di grad, dive, roto. Significato fisico degli operatori e rappresentazione in un dato SdC. Interpretazione e significato in idrodinamica degli operatori integrali/differenziali: campo di velocità. Sorgenti e Vortici. 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.
lun 04-ott-21	90	Espressioni degli operatori vettoriali in coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche. Definizione di gradiente, divergenza e rotore in 2D. Esempi di campi vettoriali, divergenza e rotore ==>> note. 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 solenoideale; 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,.... Interazioni: forze, coppie, momento totale. Da dipolo reale a dipolo ideale (elettrico magnetico)
mar 05-ott-21	90	Meccanica Generale, richiami. Modellizzazione sistemi fisici: punto materiale, carica puntiforme, dipolo ideale,...; definizione quantità dinamiche; modello interazioni. Principi Cardinali. Azione e Reazione. GINV: Invarianza Galileiana. Teoremi fondamentali: Centro di massa, Koenig. EM; carica elettrica, conservazione, invarianza e quantizzazione. Sul concetto di campo. Il principio di sovrapposizione. Cariche puntiformi; dipoli elettrici e magnetici reali e ideali; l'elettrone, carica puntiforme e dipolo magnetico ideale. Definizione operativa dei campi: forza di Lorentz. Dai campi alle forze e momenti: deduzione forza e momento in campo esterno su carica puntiforme e dipoli ideali da dipoli reali; formule equivalenti. Esempi/Applicazioni: Forze e Momenti su dipoli rigidi; gradiente vettoriale; parte simmetrica.
lun 11-ott-21	90	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. Densità di carica di volume e di superficie. Densità di corrente di volume e di superficie. Densità di carica/corrente lineare. 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. Struttura delle equazioni di Maxwell; relazioni, similitudini e differenze.

		Cenno ai monopoli magnetici.
		Equazione di continuità della carica elettrica in forma integrale, differenziale; conservazione della carica come conseguenza delle equazioni di Maxwell.
mar 12-ott-21	90	
		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.
		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.
lun 18-ott-21	90	
		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.
		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 carica/corrente al finito.
		dq e ∇q , per distribuzioni di carica 3D, 2D e 1D.
		Sommario: elettrostatica e magnetostatica.
mar 19-ott-21	90	
		Esempi/Applicazioni: tempo di rilassamento di un conduttore ohmico.
		Esempi/Applicazioni: potenziale e campo elettrico sull'asse di un anello circolare piano uniformemente carico; potenziale da campo elettrico.
		Esempi/Applicazioni: potenziale vettore sull'asse di spira circolare piana; impossibilità del calcolo del campo sull'asse dal potenziale.
		Esempi/Applicazioni: ordine di grandezza, in condizioni tipiche, del campo elettrico indotto da campi magnetici variabili.
		Esempi/Applicazioni: trascurabilità, in condizioni tipiche, della corrente di spostamento rispetto a quella di conduzione.
		Esempi/Applicazioni: giunzione tra due conduttori.
lun 25-ott-21	90	
		Sviluppo in multipoli del potenziale scalare; monopolo e dipolo; momento di dipolo elettrico per distribuzione arbitraria di carica.
		Sviluppo in multipoli del potenziale vettore; monopolo e dipolo; momento di dipolo magnetico per distribuzione arbitraria di corrente.
		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: campo a distanza di un condensatore/solenoidale.
		Esempi/Applicazioni: Campo di dipolo elettrico e magnetico ideale: confronto, vicino e lontano.
		Esempi/Applicazioni: Area come integrale di linea di $\mathbf{x} \times d\mathbf{x}$
		Esempi/Applicazioni: momento di dipolo magnetico di una spira piana di forma arbitraria; area vettoriale di una superficie chiusa.
mar 26-ott-21	90	
		Esempi/Applicazioni: forza su spira magnetica sull'asse di un solenoide.
		Esempi/Applicazioni: rapporto giromagnetico.
		Esempi/Applicazioni: indipendenza da origine di momenti di dipolo.
		EM nella materia; generalità. Origine microscopica dei fenomeni EM in presenza di materia.
		Descrizione puramente macroscopica.
		Necessità del concetto di campo medio in presenza di materia; variabilità microscopica.
		Variabilità dei campi EM in materia; concetto di campo medio nella materia.
mar 02-nov-21	90	
		Cenno alla insufficienza della Fisica microscopica Classica: irraggiamento degli elettroni atomici e non esistenza della magnetizzazione.
		Punto di vista macroscopico.
		Introduzione: Polarizzabilità e Magnetizzabilità di un atomo/molecola: dal microscopico al macroscopico; da pochi a numero di Avogadro corpi.
		Fenomenologia: materiali polarizzabili/magnetizzabili; effetto di un campo esterno: polarizzazione/magnetizzazione; polarizzazione/magnetizzazione rigide.
		Effetto di Materiale in condensatore/induttore (singolo-conduttore/mutua-induttanza).
		Definizione di polarizzazione e magnetizzazione; macroscopico.
		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 correnti.
		Confronto elementare tra polarizzazione e magnetizzazione; equivalenza di campo medio in materia con campo di distribuzione equivalente.
		Dal singolo atomo/molecola alla materia macroscopica; condensatori e induttanze.
		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.
		Cariche libere, di polarizzazione; correnti libere, di polarizzazione, di magnetizzazione.
mer 03-nov-21	90	
		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.

		Equazioni di Maxwell in presenza di materia; campi ausiliari D ed H.
		Insufficienza della carica libera per determinare D; insufficienza della corrente libera per determinare H. Teorema di Helmholtz.
		Sommario equazioni dei campi EM nella materia.
		Discontinuità dei campi.
		Calcolo di campo elettrico/magnetico per polarizzazione e magnetizzazione assegnate.
		Polarizzazione/Magnetizzazione in campi esterni; campo E/B prodotto dalla materia; feedback, Polarizzazione/Magnetizzazione e campo totale.
		Necessità di una relazione tra campo totale (non campo esterno) e Polarizzazione/Magnetizzazione.
		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 cond.
		Relazioni costitutive: risposta non omogenea, cenni.
		Relazioni costitutive: polarizzazione e magnetizzazione rigide, sviluppo in serie di Taylor della risposta.
lun 15-nov-21	135	
		Rifrazione delle linee di campo in mezzi LHI: E,B,D,H.
		Polarizzazione e Magnetizzazione rigide: sfera uniformemente polarizzata e sfera uniformemente magnetizzata: cariche e correnti equivalenti.
		Esempi/Applicazioni: campo prodotto da una sfera uniformemente polarizzata, con polarizzazione assegnata.
		Analogia formale, in condizioni statiche e in assenza di cariche/correnti libere, tra le equazioni per E ed H. Densità di carica magnetica.
		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 caso limite.
		Casi limite: suscettività elettrica +infinito; suscettività magnetica -1.
		Sfera di materiale LHI, polarizzabile/magnetizzabile, in campo esterno fissato; confronto tra caso elettrico e magnetico.
		Confronto suscettività elettrica verso magnetica; valori e limiti.
		Concetto di carica magnetica (fittizia).
		Campo in una cavità sferica entro un materiale polarizzato/magnetizzato (campo locale).
		Punto di vista microscopico.
		Polarizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento.
		Magnetizzabilità; interpretazione microscopica in termini di deformazione ed orientamento (correnti e spins).
		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.
		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.
		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 e diamagnetismo.
mar 16-nov-21	90	
		Cenno alle proprietà Quant-Relat delle particelle: energia, impulso, momento angolare, massa, carica, spin, momenti di dipolo; grandezze dinamiche.
		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-, ferromagnetismo.
mer 17-nov-21	45	
		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).
		Confronto: analogie e differenze tra caso elettrico e magnetico: vettori E/B/D/H e permeabilità e suscettibilità.
		Risposta lineare e non lineare. Suscettività differenziale per mezzi non lineari.
		Energia di un dipolo in campo esterno; effetto della temperatura.
mar 22-nov-22	90	
		Polarizzazione/Magnetizzazione per orientamento; equazione di Langevin. Saturazione, risposta lineare e non.
		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 radiazione.
		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.
		>>> 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).
mer 24-nov-21	45	
		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 (\rightarrow 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).
lun 29-nov-21	135	
		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.
mer 01-dic-21	45	
		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.
lun 06-dic-21	135	
		Algebra delle trasformazioni di Lorentz, cenno. Matrice di trasformazione e proprietà. Cenno al gruppo odi 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.
lun 13-dic-21	135	
		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.
mer 22-dic-21	45	
		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.
		END HERE
lun 21-feb-22		NTZ
mar 22-feb-22	90	
		La via alle onde: infiniti oscillatori in posti diversi con oscillazioni correlate; perturbazione rispetto ad un equilibrio che si muove con cinematica fissata.
		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, isoentropici). 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.
mer 23-feb-22		AA
lun 28-feb-22	90	Verso la termodinamica; Coefficienti Di Dilatazione Lineare Ed Espansione Volumetrica. Densità verso Y per classi di materiali. 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. Oscillazioni longitudinali di una barra elastica, LHI; onde sonore; equazione di D'Alembert; velocità del suono.
mar 01-mar-22	90	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; limite di catena massa-molle. 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. Onde trasversali; onde su una corda. Onde elastiche torsionali. Onde meccaniche generali in 3D, cenno; terremoti. Eq. di d'Alembert: per grandezze scalari, vettoriali, etc. Eq. di d'Alembert: onde viaggianti. Eq. di d'Alembert: soluzione generale per moto 1D. Eq. di d'Alembert: onde stazionarie su una corda vibrante. Corda vibrante; calcolo dei modi normali. Relazione di dispersione per D'Alembert con velocità di fase fissata.
mer 02-mar-22	90	Caso unidimensionale, onde di D'Alembert, soluzioni speciali: onde viaggianti, onde stazionarie e modi normali; condizioni al contorno; quantizzazione k e ω . Principio di sovrapposizione per l'equazione di D'Alembert, omogenea e non omogenea. Onde monocromatiche: $\sin(kz \pm \omega t - \varphi)$: frequenza, numero d'onda, costante di fase e fase; periodo nel tempo e nello spazio. Oscillazione in tempo in punto fisso; oscillazione in spazio a tempo fissato. Le due oscillazioni sono coordinate. Generalità sulle onde. Esempificazioni multimediali del concetto di onde meccaniche; esempi vari { https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html }. Cenno a sviluppo in serie e integrale di Fourier; concetto di spettro di frequenza di un segnale, discreto e continuo. Serie ed integrale di Fourier e all'uso nella rappresentazione di grandezze fisiche; spettro in frequenza di un segnale.
lun 07-mar-22	90	Relazioni tra onde viaggianti e onde stazionarie; onde armoniche, relazione tra onde monocromatiche piane e modi normali. Fase; relazioni trigonometriche; rappresentazione complessa. Caso unidimensionale, onde di D'Alembert, soluzioni speciali: onde stazionarie (e modi normali); onde viaggianti (e onde monocromatiche Piane), soluzione generale. Rappresentazione complessa di grandezze armoniche. 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.
mar 08-mar-22	90	Caso tridimensionale, soluzioni speciali: onde piane, onde monocromatiche e onde piane monocromatiche. 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. 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.
lun 14-mar-22	90	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. Estinzione delle onde EM (assorbimento e scattering), trasmissione; legge di Beer-Lambert, lunghezza di attenuazione e sezione d'urto.

mar 15-mar-22	90	<p>Intensità delle onde MPW EM nel vuoto e densità di energia; mezzi perfetti.</p> <p>Senno alla relazione generale tra densità di energia e flusso di energia.</p> <p>Senno alla velocità di propagazione dei segnali.</p> <p>Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello corpuscolare: pressione e flusso di momento angolare (momento per unità di area).</p> <p>Forza e Momento di radiazione EM per assorbimento/riflessione; modello ondulatorio per pressione con assorbimento totale.</p> <p>Onde EM nel vuoto, mezzo perfetto e conduttore ohmico: derivazione della equazione d'onda, confronto; relazione di dispersione complessa; vettore d'onda complesso.</p> <p>Equazione d'onda dissipativa di D'Alembert.</p>
lun 21-mar-22	90	<p>Algebra vettori complessi, richiamo. Differenza con spazi vettoriali complessi e prodotto scalare hermitiano.</p> <p>Algebra vettori complessi versus spazio vettoriale complesso con prodotto scalare hermitiano.</p> <p>Emergenza di vettore d'onda complesso da equazione d'onda dissipativa di D'Alembert.</p> <p>Introduzione al concetto di onde dispersive: $\omega=\omega[k]$; eq. di D'Alembert per onde dispersive: $v=v[\omega]$</p> <p>Dispersione e permeabilità e permittività complesse (sfasamento) e dipendenti dalla frequenza: da analogia con oscillatore armonico smorzato forzato.</p> <p>Relazione di dispersione generica complessa; permittività complessa effettiva.</p> <p>Intensità delle onde MPW EM in mezzi Ohmici LHI.</p> <p>Onde EM: impedenza e intensità per Z reale.</p> <p>Onda EM monocromatica piana e riflessione da piano infinito fatto da conduttore perfetto; meccanismo fisico della generazione dell'onda riflessa e trasmessa.</p>
mar 22-mar-22	90	<p>Onde stazionarie in una cavità EM unidimensionale; modi normali; analogia con la corda vibrante; flusso di energia.</p> <p>Guida d'onda EM rettilinea a sezione rettangolare perfettamente conduttrice. Soluzione TE₁₀; dispersione; velocità di fase e cenno alla velocità di gruppo.</p> <p>Frequenza critica (di cutoff) e non propagazione per frequenze inferiori alla frequenza critica; vettore d'onda immaginario e assorbimento.</p> <p>Senno ad altre soluzioni (modi di ordine superiore). Senno al calcolo di B e del flusso/densità di energia. Velocità di gruppo, velocità di trasporto dell'energia.</p> <p>Mezzi EM non LHI: fenomenologia; Esempi/Applicazioni.</p> <p>Dicroismo lineare e circolare; polarizzazione per dicroismo. Legge di Malus e polaroid.</p>
lun 28-mar-22	90	<p>Trasversalità onde EM dimostrata da dicroismo.</p> <p>Birifrangenza lineare e circolare; naturali ed indotte; lamina quarto d'onda e mezz'onda; cristalli uniassiali.</p> <p>Effetti legati alla birifrangenza; cambio stato polarizzazione.</p> <p>Esempi/Applicazioni: cella di Kerr.</p> <p>Esempi/Applicazioni: misura di campi magnetici cosmologici con effetto Faraday.</p> <p>Effetto Doppler per onde meccaniche; asimmetria sorgente-osservatore; velocità di propagazione rispetto al mezzo.</p> <p>Osservatore in moto, sorgente in moto; analogia con il nastro trasportatore.</p> <p>Effetto Doppler per onde EM; simmetria sorgente-osservatore.</p> <p>Invarianza della fase e conteggi.</p> <p>Quadri-vettore d'onda da legge quoziente; trasformazione.</p> <p>Cambio frequenze; aberrazione della luce; effetto Doppler trasverso.</p> <p>Esempi/Applicazioni: spostamento verso il rosso/blu; spostamento di spettri di emissione/assorbimento.</p>
mar 29-mar-22	70	<p>Onde reali: luce naturale e polarizzazione.</p> <p>Polarizzatori; stati di polarizzazione; grado di polarizzazione.</p> <p>Riflessione e trasmissione delle onde, condizioni cinematiche ad interfaccia piana: uguaglianza delle frequenze.</p> <p>Riflessione e trasmissione delle onde, condizioni cinematiche ad interfaccia piana: leggi di Snell; riflessione interna totale; indice di rifrazione.</p> <p>Principio di Fermat: riflessione e trasmissione delle onde, cenno.</p>
lun 04-apr-22	90	<p>Principio di Huygens: riflessione e trasmissione delle onde, cenno.</p> <p>Reflection/Transmission from rough surfaces and/or non plane waves; non-monochromatic waves.</p> <p>Impedenza d'onda e indice di rifrazione in funzione di permittività e permeabilità.</p> <p>Relazioni di Fresnel per l'intensità dell'onda riflessa e trasmessa;</p> <p>Coefficienti di riflessione e trasmissione; riflettività e trasmittività.</p> <p>Bilancio energetico in riflessione/trasmisione: incidenza normale.</p> <p>Relazioni di Fresnel: formule per materiali non magnetizzabili</p> <p>Esempi/Applicazioni: incidenza normale vetro-aria.</p> <p>Angolo di Brewster e polarizzazione della luce riflessa e trasmessa.</p> <p>Impedenza e adattamento di impedenza: riflessione/trasmisione onde EM; cavo coassiale.</p>
mar 05-apr-22	90	<p>Bilancio energetico in riflessione/trasmisione: incidenza arbitraria.</p> <p>Discussione relazioni di Fresnel per l'intensità di onda riflessa e trasmessa; proprietà; riflessione/trasmisione normale e radente.</p> <p>Andamento dei coefficienti e Rifl/Trasm al variare dell'angolo per vari casi.</p> <p>Discussione relazioni di Fresnel in relazione a: segno convenzionale della componente del campo rispetto a verso del campo vettore fisico.</p> <p>Onde meccaniche longitudinali: riflessione trasmissione; impedenza delle onde meccaniche longitudinali.</p> <p>Onde meccaniche trasversali: riflessione trasmissione; impedenza delle onde meccaniche trasversali.</p> <p>Esempi/Applicazioni: strato anti-riflettente (riflessioni multiple versus condizioni al contorno).</p>
lun 11-apr-22	0	GITA
mar 12-apr-22	0	GITA

mer 13-apr-22	90	Multimedia. Esempi/Applicazioni: Fourier Esempi/Applicazioni: polarizzazione, fenomenologia. Esempi/Applicazioni: Onde d'urto meccaniche: numero di Mach. Esempi/Applicazioni: Onde d'urto EM: radiazione Cherenkov e di transizione (cenno). Esempi/Applicazioni: cenno alle onde su acqua; relazione di dispersione; modello per lo tsunami. Esempi/Applicazioni: autovelox, onde meccaniche; cenno alla ecografia Doppler. Esempi/Applicazioni: Rifle/Refr di onde EM e meccaniche; cambio fase; sonar; ecografia. Esempi/Applicazioni: Terremoti, onde S, P. Esempi/Applicazioni: Lo spettro delle onde elettromagnetiche; spettri di emissione e di assorbimento. Esempi/Applicazioni: forma del sole al tramonto; arcobaleno; curvatura della luce in atmosfera; raggio verde; diamante. Esempi/Applicazioni: Cenno alle onde d'urto meccaniche in generale; Cono di Mach barca. Esempi/Applicazioni: Dispersione della luce. Esempi/Applicazioni: Rifle/Refr di onde EM; indice di rifrazione per acqua; dispersione; diamante; fibre ottiche.etc. etc. etc.
mer 20-apr-22	45	Esempi/Applicazioni Multimedia (continua).
mar 26-apr-22	90	TIR e onda EM nel secondo mezzo: calcolo dell'onda evanescente; riflessione interna totale frustrata; trasferimento di energia. Onde a grande distanza: radiazione di monopolo (onde sferiche); onde piane a distanza infinita dalla sorgente. Cenno alle onde sferiche isotrope. Considerazioni energetiche. Cenno alle onde cilindriche isotrope. Considerazioni energetiche. 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. Battimenti. Modulazione di ampiezza, dispersione e velocità di gruppo (cenno); cenno alla modulazione di frequenza. 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.
mar 26-apr-22	90	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. Impedenza di radiazione di una antenna. Cenno: Heaviside-Feynman formulas. Cenno: Jefimenko formulas.
lun 02-mag-22	90	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.
mar 03-mag-22	135	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 alla sorgente. 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. 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. Calcolo della figura di interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer; discussione (phased-array). Interferenza per N antenne di dipolo identiche con stessa fase in approssimazione di Fraunhofer: posizione e larghezza dei picchi di interferenza. Interferenza per N antenne di dipolo identiche con sfasamenti costanti in approssimazione di Fraunhofer.
lun 09-mag-22	90	Diffrazione: generalità; regime Fraunhofer versus Fresnel versus ottica geometrica. Principio di Huygens, forma semplificata con fronte d'onda piano su apertura su schermo piano in regime di Fraunhofer. Diffrazione da fenditura lunga e sottile.
mar 10-mag-22	90	Geometria del regime di Fraunhofer. Diffrazione da fenditura rettangolare. Interferenza: cenno al caso bi-dimensionale e tri-dimensionale. 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. Reticolo di interferenza; potere risolutivo; posizioni e larghezza dei picchi; reticolo di interferenza in riflessione. Interferenza per N antenne di dipolo identiche con sfasamenti casuali in approssimazione di Fraunhofer. Interferenza per N antenne di dipolo identiche con posizioni casuali in approssimazione di Fraunhofer.

lun 16-mag-22	90	
		Osservazione delle frange di interferenza all'infinito; lente.
		Interferenza da lamina sottile (interferenza due raggi principali).
		Coerenza temporale e spaziale; non monocromaticità e estensione della sorgente.
		Cenno al laser.
		Cenno agli interferometri di Michelson e Rayleigh; interferometro stellare di Michelson.
		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 gaussiana.
mar 17-mag-22	90	
		Lente sferica sottile, approssimazione gaussiana; tipi di lenti; lunghezza focale.
		Specchi sferici, approssimazione gaussiana; specchio parabolico.
		Cenno alla trattazione dell'ottica parassiale con matrici.
		Tracciamento raggi e formazione delle immagini, reali, virtuali; distanza focale, lenti/specchidivergenti/convergenti.
		Lente sottile: formula di Newton; lente spessa.
		Focalizzazione ideale/reale: aberrazioni, point-spread-function versus pixel size.
		Cenno alle aberrazioni del primo ordine.
		Esempi/Applicazioni: Lente di ingrandimento semplice.
mer 18-mag-22	45	
		Tracciamento per lente divergente.
		Ingrandimento angolare, lineare trasversale, lineare longitudinale.
		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.
lun 23-mag-22	90	
		Discussione del modello di Drude-Lorentz per la risposta di un mezzo non polare e non magnetico diluito.
		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.
		Fluttuazioni di densità e diffusione/interferenza da gas, liquido e solidi.
mar 24-mag-22	90	
		Onde EM in materia: energia ceduta e permeabilità elettrica complessa.
		Mezzi conduttori: permeabilità elettrica e conducibilità; relazione.
		Descrizione macroscopica: equazioni di Maxwell per un mezzo LHI Ohmico; permeabilità elettrica e conducibilità.
		Cammino libero medio, σ_T ; Thomson Scattering in the Solar Corona.
		Radiazione di ciclotrone, sincrotrone e bremsstrahlung. Raggio di Larmor.
gio 26-mag-22	90	
		Esercitazioni
ven 27-mag-22	90	
		Esercitazioni
		END HERE