

DATA	#	ARGOMENTI	REFERENCE
21/09	0.2	0.2	<b>Presentazione corso.</b>
	0.5	0.5	<b>Richiami di algebra vettoriale.</b> Esempi e applicazioni.
	0.3	0.3	<b>Richiami di calcolo vettoriale.</b> Operatori vettoriali: definizione indipendente dalle coordinate. Significato degli operatori vettoriali.
22/09	1.0	1.0	Operatori vettoriali: esempi vari di campi vettoriali e discussione. Linee di campo. Coordinate polari nel piano. Potenziale scalare di campo irrotazionale. Esempio: campo delle lenti di quadrupolo elettrostatico. Operatori di secondo ordine. Teoremi della divergenza e rotore. Esempi di calcolo.
	1.0	0.	<b>Richiami di meccanica.</b> Cinematica: rappresentazione intrinseca di velocità e accelerazione. Cinematica relativa, velocità e accelerazione. Moto piano in coordinate polari. Equazioni cardinali. Forze fittizie.
23/09	0.	1.5	<b>Richiami di elettromagnetismo.</b> Equazioni di Maxwell nel vuoto (integrale e differenziale), equazione di continuità della carica, forza di Lorentz. Forze e momenti su dipoli in campo esterno. Discontinuità per campi EM e densità di corrente. Induzione EM, forza elettromotrice, contributo mozionale alla fem; trasformazione tra forma integrale e differenziale delle legge di Faraday-Neumann-Lenz. Applicazioni: campi EM entro conduttore perfetto; tempo di rilassamento.
	0.	0.5	<b>Potenziali EM.</b> Potenziale scalare e vettore. Invarianza di gauge. Gauge di Coulomb. Potenziali nel caso statico. Equazione di Poisson per potenziale scalare e vettore.
24/09	0.	0.6	Equazione di Poisson. Applicazioni del potenziale vettore: potenziale vettore sull'asse di spira circolare; potenziale vettore di campo uniforme e costante.
	0.2	0.2	<b>Chiacchiere.</b>
	0.	2.0	<b>Elettricità e Magnetismo nella materia.</b> Fenomenologia: materiali dia-magnetici, para-magnetici e ferro-magnetici; effetto di un campo esterno; forza agente (ND). Magnetizzazione: interpretazione microscopica in termini di correnti atomiche e spins (cenni). Richiamo: definizione di densità di corrente di volume e densità di corrente di superficie. Corrente di magnetizzazione di volume e di superficie (proprietà; ND). Equazioni di Maxwell in presenza di materia; parallelo tra caso elettrico e magnetico. Mezzi omogenei, isotropi e lineari; suscettività e permeabilità elettriche e magnetiche.
10.00	3.2	6.8	<b>MNV: 9.1, 9.2, 9.3, 9.4.</b> <b>VG: m da L e da S.</b> <b>VG: magnetizzazione uniforme.</b>

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
28/09	0.	2.0	Discontinuità dei campi elettrici e magnetici.	MNV: 9.5.
			Magnetizzazione rigida verso mezzi lineari. Polarizzazione rigida.	MNV: 9.9.
			Esempio: cilindro uniformemente magnetizzato; campi a partire da quanto noto per un solenoide.	MNV: E 9.5.
			Esempio: cilindro uniformemente polarizzato / magnetizzato: discussione qualitativa, linee di campo, confronto in termini delle differenze tra dipoli elettrici e dipoli magnetici reali.	
			Confronto tra le leggi dell'elettrostatica e quelle della magnetostatica. Analogia <b>E-H</b> e <b>P-M</b> $\epsilon_0$ ; uso dell'analogia per problemi.	MNV: 9.6. // MS riepilogo 6.
			Esempio: sfera uniformemente polarizzata / magnetizzata. Calcolo dei campi nel caso magnetico da quello elettrico.	MNV: E 9.6.
01/10	1.0	0.	<b>Oscillazioni armoniche smorzate e forzate.</b> Oscillazioni armoniche con smorzamento lineare attorno ad una configurazione di equilibrio stabile (un grado di libertà): circuiti RLC serie, sistema massa-molla, pendolo fisico, sistema massa-molla in campo di gravità.	Note.
	0.8	0.	Oscillazioni armoniche con smorzamento lineare: soluzione, caso debolmente, criticamente e fortemente smorzato. Uguaglianza tra energie cinetica e potenziale media nell'oscillatore armonico; fattore Q, velocità di dissipazione dell'energia meccanica.	Note.
	0.2	0.	Piccole oscillazioni attorno ad una posizione di equilibrio stabile; sviluppo dell'energia potenziale.	Note.
4.00	2	2		

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
06/10	0.7	0.	Oscillazioni forzate smorzate. Linearità. Cenno allo sviluppo in serie di Fourier. Ampiezza e fase della risposta. Risonanza per un grado di libertà; cenno ai fenomeni di risonanza in sistemi a tanti gradi di libertà. Fattore Q nel caso forzato-smorzato; alcuni esempi di Q.	Note.
	0.7	0.	<u>Accoppiamento e modi normali.</u> Sistema due masse e tre molle: coordinate rispetto alla configurazione di equilibrio; equazioni (omogenee). Espressione delle frequenze proprie e modi normali.	Note.
	0.	0.2	Sviluppo del potenziale vettore a grande distanza per distribuzione di correnti stazionaria e limitata (noDemo). Momento di dipolo magnetico. Confronto con il caso elettrico.	VG: S.
	0.	0.4	Deduzione della relazione tra magnetizzazione e corrente di magnetizzazione.	Note + VG: S.
8/10	1.0	0.	Modi Normali. Catena di N masse-molle identiche; equazioni; passaggio al continuo ed equazione d'onda.	
	0.0	0.5	Esemplificazioni: risonanza, accoppiamento, modi normali, onde	Web
	0.	1.5	Cenno: interpretazione microscopica di polarizzazione e magnetizzazione. Atomi, molecole. Momento angolare orbitale e spin. Effetto dell'agitazione termica; energia. Energia di accoppiamento elettrico e magnetico. Richiamo: polarizzazione per deformazione, orientamento, ionica. Permeabilità elettrica per vari materiali. Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo. Permeabilità magnetica per vari materiali. Materiali non lineari: ferro-elettricità e ferro-magnetismo. Relazione B-H, misura con toroide. Isteresi: materiali dolci e duri. Campo magnetico terrestre.	EMInMatter.ppt
5.00	2.4	2.6		

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
13/10	0.	1.2	Ferromagnetismo, curva di isteresi, permeabilità differenziale. Effetto Einstein-DeHaas. Cenno alla non esistenza in fisica classica dei fenomeni magnetici nella materia. Ferroelettricità; cenno al titanato di Bario; cenno ai materiali piezoelettrici. Campo medio macroscopico e campo locale; applicazione ai materiali isotropi: equazione di Clausius-Mossotti, polarizzabilità.	NOTE
	0.	0.8	Coefficiente di induttanza e mutua induttanza; indipendenza di L, M dalla corrente del circuito generatore (mezzi lineari). Simmetria del coefficiente di mutua induttanza. Energia magnetica di una coppia di circuiti elettrici.	NOTE + MS
14/10	0.4	0.	<u>Meccanica dei corpi rigidi.</u> Equazioni cardinali e modellizzazione delle forze e momenti: punto materiale, corpo rigido, particella con momento di dipolo.	NOTE
	1.0	0.	Sistemi di vettori applicati: momento, cambio momento al cambio del polo, risultante, momento risultante. Equivalenza tra sistema di vettori applicati e sistema forza più coppia.	NOTE
	1.0	0.	Decomposizione spin-orbita del momento angolare. Atto di moto rigido. Quantità di moto di un corpo rigido. Espressione del momento angolare di un corpo rigido: tensore di inerzia e sue proprietà.	
15/10	0.	0.8	Cenno alla deduzione formale del potenziale vettore prodotto da una distribuzione di dipoli. Richiamo sulla deduzione delle densità di polarizzazione. Corrente di polarizzazione. Equazioni di Maxwell in presenza di materiali. Vettori di campo ausiliari <b>D</b> ed <b>H</b> . Relazioni costitutive per mezzi LHI. Cenno ai mezzi non LHI. Struttura delle equazioni di Maxwell: equazioni di struttura ed equazioni con sorgenti. Campo <b>B</b> rispetto ad <b>H</b> .	
	0.	1.2	<u>Campi ElettroMagnetici ed Onde.</u> Lavoro del campo EM sulle cariche elettriche. Teorema di Poynting. Conservazione locale dell'energia. Applicazione: filo percorso da corrente stazionaria.	
6.40	2.4	4		

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
19/10	0.	1.0	Bilancio energetico dei campi EM. Quantità di moto e Momento angolare del campo elettromagnetico (cenno). Cenno alle proprietà corpuscolari della radiazione elettromagnetica: energia, impulso e momento angolare del fotone. Esempio: Campi EM prodotti dalla luce di una lampadina. Esempio: pressione di radiazione sulla Terra dovuta alla luce solare.	
20/10	0.	1.0	Energia, impulso e momento angolare del campo elettromagnetico. Equazione delle onde EM in mezzi LHI.	
	1.0	0.0	<u>Elementi di meccanica dei corpi elastici.</u> Mezzi elastici: modulo di Young, Poisson. Applicazione: effetto di pressione uniforme.	
21/10	2.0	0.	Rotazioni infinitesime: carattere vettoriale. Non commutatività delle rotazioni finite. Teorema di Koenig per energia cinetica. Energia cinetica di corpi rigidi. Teorema di Steiner. Momento di inerzia rispetto asse qualunque.	
22/10	0.6	0.	Mezzi elastici: modulo di shear e bulk. Relazioni. Esempio: carico su barra elastica.	
	1.0	0.	Equazione delle onde longitudinali su una sbarra elastica.	
	0.	0.4	Equazione delle onde: considerazioni introduttive. Esempi di fenomeni ondulatori. Onde: fronti d'onda in moto a velocità costante. Soluzione generale in una dimensione. Onde piane in tre dimensioni.	
7.00	4.6	2.4		

DATA	#	ARGOMENTI	REFERENCE
26/10	0.4	0.	Richiamo sul problema dei due corpi; massa ridotta. Moto del CM e moto relativo al CM
	0.6	0.0	Matrice d'inerzia e sua diagonalizzazione. Assi principali di inerzia. Espressione di $L$ e $T$ rispetto ad assi principali. Additività matrice di inerzia. Potenza delle forze esterne su un corpo rigido.
	0.3	0.3	Discussione sulle modalità di esame.
	0.4	0.	Equazioni di Eulero
27/10	0.0	1.0	Onde viaggianti isotrope in una, due (cilindriche) e tre dimensioni (sferiche) per campi scalari. Andamento dell'ampiezza in funzione della distanza dalla sorgente e conservazione dell'energia. Equazione delle onde, condizioni al contorno e condizioni iniziali: esempio della corda ad estremi fissati. Onde piane sinusoidali/cosinusoidali: periodo, lunghezza d'onda, pulsazione, numero d'onda. Relazione di dispersione. Linearità dell'equazione delle onde e principio di sovrapposizione. Cenno allo sviluppo in serie/integrale di Fourier.
	0.	1.0	Equazione delle onde EM piane: trasversalità, relazione $\mathbf{k-E-B}$ . Eguaglianza di frequenza, numero d'onda e fase tra $\mathbf{E}$ e $\mathbf{B}$ .
28/10	1.0	0.	Equazioni di Eulero; sviluppi e applicazioni. Moto di corpo rigido libero o con punto fisso. Equazioni di Eulero per il rotatore simmetrico. Soluzione nel SdR del solidale con il corpo.
4.00	1.7	2.3	

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
16/11	0.0	1.0	Onde EM monocromatiche piane nel vuoto. Densità e flusso di energia. Costanza e uniformità della componente longitudinale del campo	
	0.0	0.7	Stati di polarizzazione delle onde EM.	
	0.0	0.3	Pressione di radiazione: calcolo esplicito su foglio di materia.	
17/11	0.0	0.7	Pressione di radiazione (incidenza non normale) e momento per unità di superficie. Radiazione riflessa e assorbita. Somma delle intensità delle due componenti della polarizzazione. Esperimenti di Lebedev e Beth. Luce non polarizzata.	
	0.0	0.5	Onde EM in mezzo perfetto senza sorgenti. Indice di rifrazione.	
	0.0	0.5	Onde EM stazionarie: riflessione da pareti perfettamente conduttrici.	
	0.0	0.3	Fenomenologia della polarizzazione delle onde EM: dicroismo.	
18/11	1.5	0.0	Moto di corpo rigido libero o con punto fisso. Conservazione di momento angolare ed energia cinetica. Costanza del modulo della velocità angolare. Equazioni di Eulero per il rotatore sferico. Equazioni di Eulero per il rotatore simmetrico. Precessione regolare. Soluzione nel SdR del laboratorio.	
	0.5	0.0	Definizione di tensore cartesiano per rotazioni.	
19/11	0.0	1.0	Fenomenologia della polarizzazione delle onde EM. Birifrangenza e attività ottica naturali. Lamina a quarto d'onda e mezz'onda. Rotazione del piano di polarizzazione. Birifrangenza e attività ottica indotte da campi elettrici e magnetici esterni. Legge di Beer-Lambert; lunghezza di assorbimento. Effetto Kerr e cella di Kerr. Effetto Faraday e applicazione alla misura dei campi magnetici cosmici.	
	0.0	1.0	Onde meccaniche: onde monocromatiche piane. Energia potenziale per materiale elastico. Densità e flusso di energia (intensità) e densità di impulso (ND).	

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
23/11	0.0	1.0	Effetto Doppler per onde meccaniche; osservatore in moto, sorgente in moto e caso generale. Esempio: cambio di frequenza per riflessione da oggetto in movimento (AutoVelox, Ecografia-Doppler). Onda d'urto; numero di Mach; direzione dell'onda d'urto	
24/11	0.0	0.2	Onde acustiche: definizione di decibel; esempi (timpano).	
	0.0	0.2	Cenno all'effetto Doppler per onde elettromagnetiche; equazione (ND). Cenno alla radiazione Cherenkov.	
	0.0	0.6	Onde piane monocromatiche con assorbimento: vettore d'onda complesso e suo significato. Formalismo complesso per la descrizione di onde piane monocromatiche; algebra relativa. Dispersione.	
	0.0	1.0	Riflessione e Rifrazione di onde: condizioni cinematiche alla interfaccia tra mezzi diversi. Leggi della riflessione e rifrazione; riflessione interna totale.	
25/11	1.5	0.0	Proprietà dei tensori: somma, prodotto diretto e contrazione. Legge quoziente Tensori invarianti: delta ed epsilon (ND). Esempi: tensore di inerzia, permeabilità elettrica e magnetica, conducibilità. Carattere tensoriale da legge quoziente. Tensori simmetrici di secondo ordine: diagonalizzabilità; assi principali. Simmetria dei tensori permeabilità elettrica e magnetica, conducibilità. Esempi: assi principali di inerzia; assi ottici di materiale anisotropo. Esempio: carattere tensoriale della matrice di inerzia per computo diretto.	
	0.5	0.0	Campi di forza centrali: definizione e proprietà; conservatività di energia e momento angolare.	
26/11	0.0	1.0	Riflessione e rifrazione di onde EM: formule di Fresnel. Impedenza delle onde EM. Esempi e applicazioni: angolo di Brewster, polarizzazione per riflessione, occhiali Polaroid, finestra ad angolo di Brewster, riflessione e trasmissione ad incidenza normale per vetro, ampiezza onda riflessa e trasmessa in funzione dell'angolo, flusso di energia riflesso e trasmesso, riflessione totale per incidenza radente, riflessione interna totale e guide di luce.	
	0.0	1.0	Esemplificazioni su vari argomenti di onde: modi normali di un sistema meccanico continuo, effetto Doppler, onda d'urto, onda EM piana nel vuoto, formazione di onde stazionarie, dispersione della luce, indice di rifrazione di materiali, curvatura raggi di luce in atmosfera, riflessione e rifrazione attraverso il principio di Huygens-Fresnel, sviluppo in serie di Fourier.	<b>Multimedia.</b>

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
1/12	0.0	1.0	Radiazione di onde EM da particelle non relativistiche: deduzione con il metodo di Thomson. Campi e potenza irradiata. Dipolo elettrico oscillante.	
	0.0	1.0	Modello microscopico della risposta della materia a radiazione EM. Costante dielettrica dipendente dalla frequenza e dispersione.	
2/12	1.0		Equazioni del moto. Conservazione di energia e momento angolare. Potenziale efficace ed energia meccanica totale. Equazione di Binet. Moto in un campo gravitazionale/Colombiano. Equazione dell'orbita.	
	1.0		Sezioni coniche in coordinate polari. Legame con le orbite Kepleriane. Parametri geometrici delle coniche. Legame tra parametri geometrici e parametri fisici dell'orbita.	
3/12	0.0	1.0	Dispersione e assorbimento. Vettore d'onda complesso, costante dielettrica complessa e indice di rifrazione complesso; proprietà e conseguenze. Andamento della parte elastica e assorbitiva della costante dielettrica complessa. Dispersione normale e anomala. Dipolo magnetico oscillante.	
	0.0	0.7	Scattering di radiazione: scattering Rayleigh e Thomson. Azzurro del cielo. Concetto di Sezione d'urto. Radiazione di ciclotrone e sincrotrone: esempi. Polarizzazione della radiazione di ciclotrone. Bremsstrahlung: esempi.	
	0.0	0.3	Esemplificazioni	

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
7/12		1.0	<u>Interferenza.</u> Esperienza di Young. Concetto di interferenza. Coerenza delle sorgenti. Non interferenza di onde EM con polarizzazioni perpendicolare; esperienza di Arago-Fresnel. Interferenza di due dipoli oscillanti identici a grande distanza (fase arbitraria). Diagramma di radiazione e intensità.	
		1.0	Interferenza di una serie di dipoli oscillanti identici a grande distanza (in fase). Diagramma di radiazione e intensità. Proprietà della figura di interferenza; larghezza del picco. Applicazioni: risoluzione angolare di radio-telescopi interferometri.	
9/12	1.0		Calcolo dell'angolo di scattering per potenziale gravitazionale/Colombiano (caso attrattivo e repulsivo). Casi limite. Applicazioni: effetto fionda gravitazionale per sonde spaziali.	
	1.0		Cinematica classica delle interazioni elastiche a due corpi. Soluzione del problema e discussione della soluzione. Casi limite nel rapporto tra le masse del proiettile e bersaglio. Applicazioni ed esempi: moderazione di neutroni.	
10/12		1.0	<u>Diffrazione.</u> Diffrazione. Principio di Huygens e formula di Fresnel-Kirchhoff. Diffrazione di Fraunhofer: fenditura lunga e sottile: proprietà della figura di diffrazione; larghezza del picco. Esempi di diffrazione: onde sonore e luce.	
		1.0	Diffrazione di Fraunhofer: fenditura rettangolare (ND): proprietà della figura di diffrazione. Diffrazione di Fraunhofer: fenditura circolare (ND): proprietà della figura di diffrazione. Reticolo di diffrazione: proprietà della figura di diffrazione (ND). Esempio: divergenza angolare di un fascio laser. Non interferenza di onde a frequenza diversa. Potere risolutivo di un reticolo di diffrazione. Potere risolutore: criterio di Rayleigh. Applicazioni: occhio umano, telescopio.	
		1.0	Applicazioni: interferenza per riflessione da lamina sottile: cammino ottico, formule di Fresnel, cambio di fase in riflessione. Interpretazione microscopica dell'angolo di Brewster. Applicazioni: incidenza normale con tre strati dielettrici: strato antiriflettente. Esempio: fluoruro di magnesio.	
4.00	2	2		

DATA		#	ARGOMENTI	REFERENCE
14/12	1.0		Cinematica delle interazioni elastiche non relativistiche a due corpi: SdR del Centro di Massa. Riduzione del problema a due corpi. Relazioni tra le quantità fisiche nel SdR del Centro di Massa e quello del Laboratorio. Legge di trasformazione tra l'angolo di scattering nel SdR del Centro di Massa e quello del Laboratorio.	
	1.0		Concetto di sezione d'urto. Sezione d'urto differenziale in angolo. Relazione tra sezione d'urto e parametro di impatto. Esempi ed applicazioni: sfera rigida dura; scattering Rutherford. Nozione di libero cammino medio di interazione e legame con la sezione d'urto.	
		1.0	Onde EM nella materia: onde in un materiale conduttore. Vettore d'onda complesso. Permeabilità elettrica complessa, conducibilità complessa e loro inter-relazione. Caso del buon conduttore e del cattivo conduttore. Effetto pelle.	
15/12		2.0	Energia trasferita dai campi EM alla materia; parte immaginaria della permeabilità elettrica e parte reale della conducibilità. Uso del formalismo complesso per il calcolo del valor medio del prodotto di due grandezze fisiche. Limite a bassa ed alta frequenza della permeabilità elettrica complessa. Conducibilità statica; esempi: rame e carbonio. Frequenza di plasma; esempi: propagazione nella ionosfera, black-out delle comunicazioni radio. Esempi: microonde. Caso delle sostanze isotrope ad alta densità: equazione di Lorentz-Lorenz.	

DATA	#	ARGOMENTI	REFERENCE
21/12	1.0	Conduttori: dispersione e velocità di fase ad alte frequenze. Riflessione metallica con indice di rifrazione immaginario puro. Legame tra riflettività e assorbimento. Esempi: riflettività di oro e argento. Riflessione interna totale: onda evanescente.	
	0.4	Il principio di Fermat	
	0.4	Cenno alla soluzione delle equazioni di Maxwell tramite i potenziali ritardati (ND).	
	0.4	Esemplificazioni: interferenza, diffrazione, spettro delle onde EM, antenne, interferometro di Michelson, interferometro di Rayleigh, interferenza con sorgenti estese, reticolo di diffrazione e spettro.	
	0.4	Cenno alla serie ed integrale di Fourier. Esempio: spettro di ampiezza di una sinusoide troncata.	
	0.4	Cenno alla coerenza spaziale della radiazione EM in due punti diversi (ND). Esempio: interferometro stellare di Michelson.	