

DATA	Programma Fisica Generale 2 - Anno Accademico 2019-2020
lun 23-set-19	Introduzione al corso.
mar 24-set-19	NO LEZIONE
mer 25-set-19	Fisica: osservazione/misura/esperimento -> analisi dati/modello/teoria -> previsioni -> progetto esperimento -> osservazione/misura/esperimento. Matematica: linguaggio della fisica (mezzo/strumento, non fine). Leggi Fisiche; cenni elementari al concetto di scalare, vettore e tensore in fisica. Coordinate Cartesiane ortogonali; delta di Kronecker ed epsilon di Levi-Civita; convenzione di somma su indici ripetuti. Richiami di Algebra Vettoriale: spazi vettoriali, operazioni tra vettori. Somma di vettori. Prodotti tra due vettori, scalare e vettoriale; proprietà. Prodotti tra tre vettori, proprietà. Esempi/Applicazioni: descrizione di un parallelogramma attraverso un vettore. Esempi/Applicazioni: teoremi dei seni e dei coseni. Esempi/Applicazioni: componente parallela e ortogonale ad un versore di un vettore.
lun 30-set-19	Equazioni algebriche vettoriali di primo grado. Vettori liberi e vettori applicati (cenno: spazi vettoriali e spazi affini). Sistemi di vettori applicati; risultante, momento risultante; trasformazione dei momenti al variare del polo. Sistemi equipollenti; sistemi elementari; riduzione a sistema equipollente elementare. Richiami di calcolo vettoriale: derivazione, differenziazione, integrazione su volumi, curve e superfici. Definizione indipendente dalle coordinate di gradiente, divergenza e rotore; flusso e circuitazione, additività sui domini.
mar 1-ott-19	Rappresentazione in coordinate cartesiane di gradiente, divergenza e rotore. Sistemi di Coordinate: polari nel piano, sferiche e cilindriche nello spazio; rappresentazione di grad, dive, roto. Teoremi fondamentali del calcolo vettoriale integro-differenziale: gradiente, divergenza e rotore. Esempi di campi vettoriali e grad, dive, roto; (NOTE). Operatori differenziali lineari di secondo ordine; laplaciano scalare e vettore. Potenziale scalare di campo irrotazionale e potenziale vettore di campo solenoideale; condizioni sul dominio. Esempi/Applicazioni: corollario del teorema della divergenza. Esempi/Applicazioni: volume di un cono. 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: naba ed errori. Esempi/Applicazioni: forza di Archimede.
mer 2-ott-19	ANDREA
lun 7-ott-19	ANDREA
mar 8-ott-19	Sistema fisico e modellizzazione dei sistemi meccanici; modello in relazione al dettaglio dello studio richiesto. Esempi di modelli meccanici, discreti e continui; punto materiale, carica, dipolo, particella,...; sistema discreto: insieme di N particelle; sistema continuo di particelle. Principio di inerzia, definizione di SdRI ed equivalenza di SdRI. Prima e Seconda Equazione Cardinale. Terza Equazione Cardinale; ruolo delle forze/coppie interne. Principio di sovrapposizione delle interazioni, forze e coppie; somma vettoriale. Modello: definizione delle quantità dinamiche: M, P, L, S, J, K; esempi; definizione come grandezze additive sui sotto-sistemi. Modello: definizione delle interazioni: forze/coppie; invarianza galileiana.
mer 9-ott-19	Equazioni cardinali per sistemi isolati e grandezze conservate; classiche 10 grandezze conservate; cenno al legame con omogeneità e isotropia dello spazio. Conservazione di quantità di moto, momento angolare ed energia per sistemi isolato; conservatività delle forze fondamentali. Legge di Azione e Reazione; equivalenza con: Forza Risultante interna =0 e Momento Risultante interno =0, per ogni sistema. Concetto di CM; teoremi di Guldino; proprietà distributiva (e sottrazione). Equazioni cardinali in termini di CM. Equazioni cardinali: numero di equazioni scalari corrispondenti; sistemi indeterminati; equazioni dipendenti per pochi gradi di libertà. Statica. Teorema dello pseudo-lavoro. Impulso lineare e impulso angolare. Teorema di Koenig per momento angolare: decomposizione spin-orbita e invarianza del momento angolare intrinseco. Teorema di Koenig per energia cinetica: caso di due particelle; caso di tre particelle con velocità relative. Sistemi aperti; equazioni cardinali. Sistema di due particelle: riduzione generale al moto del CM e moto relativo; grandezze dinamiche per un sistema di due particelle.
lun 14-ott-19	

	Sistema di tre particelle: riduzione generale al moto del CM e moto relativo; grandezze dinamiche per un sistema di tre particelle.
	Forze a due corpi; a tre corpi, a n-corpi (cenno).
	Invarianza galileiana delle leggi della fisica; invarianza galileiana delle interazioni.
	Trasformazioni di Galileo; posizione, velocità accelerazione; numero di parametri delle trasformazioni di Galileo; sincronizzazione e fusi orari.
	Conservazione di massa e quantità di moto per sistema isolato: equivalenza per trasformazioni di Galileo.
	Esempi/Applicazioni: Mensola/trave rigida con un appoggio; momento della reazione vincolare; indeterminazione del problema con aggiunta di fune inestensibile.
mar 15-ott-19	
	Esempi/Applicazioni: mensola rigida e sforzi interni.
	Esempi/Applicazioni: fune appesa ideale con massa.
	Esempi/Applicazioni: campo di dipolo; forza su un dipolo in campo esterno; forza tra due dipoli; momento totale delle forze interno di un sistema di due dipoli.
mer 16-ott-19	ANDREA
lun 21-ott-19	ALLERTA METEO
mar 22-ott-19	ANDREA
mer 23-ott-19	
	Cinematica del punto; traiettoria; moto vincolato ad una curva; parametrizzazione in funzione del tempo e ascissa curvilinea.
	Terna intrinseca; formule di Frenet; curvatura e torsione.
	Cenno alla cinematica del punto vincolato ad una superficie.
	Velocità e accelerazione in coordinate intrinseche.
	Moti particolari: MRU, MRUA, MRNU, moto armonico; moto circolare uniforme
	Moti piani in coordinate polari; velocità e accelerazione; velocità areolare.
	Moti nello spazio in coordinate cilindriche e sferiche; velocità e accelerazione.
	Cinematica relativa del moto generico tra due SdR arbitrari muniti di SdC cartesiane: moto dell'origine del SdR mobile rispetto a quello fisso.
	Cinematica relativa del moto generico tra due SdR arbitrari muniti di SdC cartesiane; rotazione della terna mobile rispetto a quella fissa.
	Cinematica relativa del moto generico tra due SdR arbitrari e cinematica del corpo rigido; coseni direttori, angoli di Eulero; yaw, pitch and roll.
	Relazione di Poisson per derivata temporale di vettore fisso nel sistema mobile; concetto di velocità angolare.
lun 28-ott-19	
	Relazione di Poisson per derivata temporale di vettore generico nel sistema mobile.
	Derivata temporale di grandezza scalare generica.
	Approccio geometrico: formula di Rodrigues per rotazione arbitraria attorno ad asse fisso arbitrario di vettore arbitrario; sviluppo al secondo ordine.
	Rotazioni finite e infinitesime; commutatività delle rotazioni infinitesime; non commutatività delle rotazioni finite generiche.
	Vettore spostamento angolare infinitesimo; non esistenza di un vettore spostamento angolare finito.
	Vettore velocità angolare, proprietà; espressione in termini dei versori della terna mobile; carattere vettoriale della velocità angolare.
	Legge di addizione delle velocità angolari, per tre o più sistemi.
	Accelerazione angolare; legge di addizione delle accelerazioni angolari, per tre o più sistemi.
	Cinematica relativa: legge di composizione delle velocità e delle accelerazioni.
	Dinamica del punto in SdRnI; forza di trascinalimento e di Coriolis.
mar 29-ott-19	
	Equivalenza tra moto di corpo rigido e cinematica relativa.
	Moto rigido; atto di moto rigido: velocità e accelerazione; asse di rotazione istantanea; teorema di Eulero; rotolamento, con/senza strisciamento.
	Calcolo delle grandezze dinamiche per un corpo rigido: quantità di moto, momento angolare ed energia cinetica.
lun 4-nov-19	
	Relazione generale lineare tra due vettori; matrice/tensore di inerzia; diagonalizzazione e assi/momenti principali di inerzia.
	Conseguenze su Matrice/Tensore di inerzia di simmetrie della geometria delle masse; trottola sferica, simmetrica, asimmetrica.
	Matrice/Tensore di inerzia: dimostrazione che è tensore di secondo ordine.
	Teorema di Huygens-Steiner generalizzato; teorema assi paralleli.
	Statica del corpo rigido; condizioni necessarie e sufficienti all'equilibrio.
mar 5-nov-19	
	Momento di inerzia rispetto ad asse arbitrario.
	Teorema assi ortogonali.
	Raggio di girazione.
	Equazioni di Eulero; trottola sferiche, simmetriche e asimmetriche; descrizione nel sistema mobile e in quello fisso.
	Soluzione generale del problema della trottola sferica; moti a velocità angolare costante; stabilità delle rotazioni a velocità angolare costante.
	Cenno alla soluzione del problema della trottola simmetrica e asimmetrica.
	Terza Equazione Cardinale per corpi rigidi; lavoro e potenza; non indipendenza dalle prime due equazioni cardinali per corpo rigido.
	Carattere vettoriale della velocità angolare dalla legge quoziente (cenno).
mer 6-nov-19	
	Descrizione algebrica delle rotazioni. Gruppo SO(3).
	Matrici di rotazione e velocità angolare; relazione.
	Esempi/Applicazioni: manubrio rotante con velocità angolare fissata; calcolo reazioni vincolari; forza centripeta.
lun 11-nov-19	

	Esempi/Applicazioni: calcolo vettore velocità angolare da matrice di rotazione e viceversa.
	Esempi/applicazioni: velocità angolare per rotazione attorno ad asse fisso, calcolo attraverso la matrice di rotazione.
	Esempi/Applicazioni: vettore di Darboux come velocità angolare della terna intrinseca.
	Esempi/Applicazioni: trottola pesante.
mar 12-nov-19	
	Esempi/applicazioni: moto visto da una giostra di un oggetto fermo a terra; ruolo della forza di Coriolis.
	Esempi/Applicazioni: cinematica di sfera/cilindro che rotola su piano orizzontale: rotazione e strisciamento; asse di istantanea rotazione.
	Esempi/Applicazioni: calcolo del momento di inerzia attorno ad un asse perpendicolare ad una sbarretta sottile senza integrazione diretta.
	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 13-nov-19	ANDREA
lun 18-nov-19	
	Esempi/Applicazioni: compressione/dilatazione di un parallelepipedo in pressione uniforme; limiti sul modulo di Poisson.
	Esempi/Applicazioni: compressione/dilatazione di un sbarra vincolata lateralmente; limiti sul modulo di Poisson.
	Deformazioni unidimensionali non omogenee: deformazione; tensione in funzione della deformazione.
	Esempi/Applicazioni: mensola rigida orizzontale; calcolo degli sforzi di taglio interni; forze e momenti.
	Esempi/Applicazioni: elastico appeso con massa; condizione di equilibrio; allungamento e tensione all'equilibrio; condizione di inestensibilità.
mar 19-nov-19	LEA
mer 20-nov-19	
	Oscillazioni longitudinali di una barra elastica, LHI; onde sonore; equazione di D'Alembert; velocità del suono.
	Esempi di oscillatori armonici: pendolo semplice; pendolo di torsione; pendolo fisico; circuito RLC serie/parallelo; sistemi massa-molla; sistemi liberi, smorzati; for
	Piccole oscillazioni attorno ad una configurazione di equilibrio stabile; linearizzazione delle forze/momenti.
	Moto armonico semplice.
	Moto armonico smorzato.
	Moto armonico smorzato forzato; risposta in ampiezza e fase.
	Soluzione generale e soluzione particolare.
	Soluzione transitoria e soluzione stazionaria.
	Moto armonico smorzato forzato: soluzione stazionaria; ampiezza e fase.
	Energia e potenza; Q-valore di un oscillatore.
lun 25-nov-19	
	Esempi/Applicazioni: sistema a due gradi di libertà: 2 masse e 3 molle a estremi fissati; frequenze proprie e modi normali; casi limite; oscillatori accoppiati e liber
mar 26-nov-19	ANDREA
mer 27-nov-19	
	Sistema a n gradi di libertà: cenno ai risultati generali; frequenze proprie e modi normali.
	Esempi/Applicazioni: sistema a tre gradi di libertà, tre masse due molle, lineare; cenno.
	Catena lineare masse-molle identiche; equazioni, spettro di frequenze; limite continuo ed equazione di D'Alembert.
	Esempi/Applicazioni: sismografo; accelerometro; shock-absorber; smorzatore di vibrazioni.
	Esempi/Applicazioni: risonanza parametrica: altalena, modello.
lun 2-dic-19	
	Campi di forza radiale e conservativo; conservazione momento angolare e planarità dell'orbita; velocità areolare.
	Moto in campo di forza centrale: equazioni del moto.
	Equazioni del moto e conservazione del momento angolare.
	Equazioni del moto nel sistema di coordinate co-rotante.
	Conservazione dell'energia meccanica.
	Problema equivalente unidimensionale per la coordinata radiale: conservazione del momento angolare ed energia potenziale efficace.
	Discussione qualitativa dell'energia potenziale efficace; perielio, afelio.
	Formula risolutiva per $r[t]$ dalla conservazione energia meccanica; conseguente formula risolutiva per $\theta[t]$ .
mar 3-dic-19	
	Forze centrali: monotonicità di angolo in funzione del tempo.
	Discussione qualitativa dell'energia potenziale efficace; periodo radiale e angolare; orbite aperte/chiuso.
	Forze centrali: esistenza di orbite circolari stabili/instabili, orbite "a rosetta", teorema di Bertrand.
	Equazione di Binet per la traiettoria; simmetria rispetto vettori apsidali.
	Esempi: forze newtoniane/coulombiane; elastiche; Lennard-Jones; proporzionale inverso quarta potenza (da momento di quadrupolo); proporzionale a inverso c
mer 4-dic-19	
	Forze newtoniane/coulombiane: equazione per la traiettoria per forze dipendenti dall'inverso del quadrato della distanza.
	Coniche, richiamo: definizioni, rappresentazione in coordinate polari e in coordinate cartesiane.
	Relazione tra parametri geometrici e fisici dell'orbita per forze newtoniane/coulombiane.
lun 9-dic-19	

	Forze newtoniane/coulombiane: legame tra parametri geometrici della conica (a,e) e parametri dinamici (E, l).
	Forze newtoniane/coulombiane: orbite circolari; relazione tra velocità e distanza; energia meccanica totale in funzione del semiasse della conica.
	Forze newtoniane/coulombiane: espressione di energia totale e velocità lungo orbita.
	Leggi di Keplero.
mar 10-dic-19	
	Sviluppo in multipoli del potenziale gravitazionale; momento di quadrupolo, definizione e proprietà; forza di quadrupolo.
	Cenno agli effetti della forza di quadrupolo: non conservazione momento angolare del satellite; forza di quadrupolo da marea...
mer 11-dic-19	
	Collisioni in meccanica newtoniana: decadimento, fusione, reazione 2->n; cenno a reazioni 3->n.
	Conservazione di massa, quantità di moto e momento angolare per sistema isolato.
	Collisioni elastiche ed anelastiche.
	Cinematica delle collisioni elastiche.
	Definizione di sezione d'urto su bersaglio fisso.
	Esempi/Applicazioni: tiro al bersaglio con bersagli diversi, sezione d'urto per diversi processi.
	Intensità di un fascio di proiettili in un bersaglio spesso; cammino libero medio; relazione tra cammino libero medio e sezione d'urto; legge di Beer-Lambert.
	Sezione d'urto differenziale in angolo.
lun 16-dic-19	
	Esempi/Applicazioni: sezione d'urto per sfera rigida.
	Esempi/Applicazioni: sezione d'urto Rutherford.
	Forze newtoniane/coulombiane: orbite aperte (iperboliche), relazioni tra (E,l) e asintoti.
	Scattering da forze newtoniane/coulombiane.
	Esempi/Applicazioni: effetto fionda gravitazionale.
	Esempi/Applicazioni: Supernova e pianeta in orbita.
mar 17-dic-19	ANDREA
mer 18-dic-19	ANDREA
lun 2-mar-20	NO LEZIONE
mar 3-mar-20	
	Introduzione alla termodinamica; termostatica; sistemi termodinamici.
	Approccio macroscopico e microscopico; variabili macroscopiche e microscopiche.
	Termodinamica e Fisica Statistica.
	Esempi di sistemi termodinamici a due variabili: indipendenza di p e V.
	Sistemi, esempi, cenno: (pV)T per una sostanza pura, filo elastico in tensione, sistemi elettrici e magnetici; (pV)T a diverse fasi.
	Variabili macroscopiche intensive ed estensive.
	Equilibrio termico; pareti adiabatiche e diatermiche; isoterme.
	Il principio zero.
	Temperatura come variabile che caratterizza l'equilibrio termico.
mer 4-mar-20	
	Temperatura empirica; scale di temperatura empirica.
	Esempi di termometri: a mercurio/alcool, resistenza al platino, a gas ideale; taratura.
	Interpretazione microscopica preliminare di temperatura e scambio di calore.
	Inadeguatezza del concetto empirico di temperatura.
	Variabili di stato macroscopiche; determinazione empirica delle variabili necessarie e sufficienti per il problema in questione; variabili trascurabili nel modello.
	Esempi di equazione di stato pVT: gas ideale; gas di Clausius; solido incompressibile; solido elastico dilatabile.
	Equilibrio termico (temperatura), meccanico (pressione), chimico; equilibrio termodinamico.
	Stato termodinamico; stati di equilibrio e stazionari.
	Equilibrio termodinamico: uguaglianza di pressione/temperatura all'equilibrio meccanico/termico per sistemi; omogeneità di pressione/temperatura all'equilibrio.
	Diagrammi di stato: pV e pT.
lun 9-mar-20	
	Sistemi composti; $p_1/V_1/T_1$ e $p_2/V_2/T_2$ ; variabili numero particelle, massa e composizione.
	Trasformazione termodinamica.
	Trasformazione attraverso infiniti stati di quasi-equilibrio (quasi-statica).
	Trasformazione non quasi-statica.
	Trasformazioni: iso-terme, iso-bare e iso-core (quasi-statiche).
	Trasformazioni: mono-terme, mono-bare e mono-core (arbitrarie).
	Coefficiente di dilatazione termica; lineare ( $\alpha$ ) e volumica ( $\beta$ ).
	Coefficiente di compressibilità isoterma ( $\kappa_T$ ).
	Modulo di Young isoterma.
	Barra elastica sottile in tensione: sistema descritto da lunghezza e tensione.
	Interpretazione microscopica della dilatazione termica: potenziale di Lennard-Jones

mar 10-mar-20	NO LEZIONE
mer 11-mar-20	Lavoro, postulato: sempre definibile in termini delle grandezze fisiche dell'ambiente. Lavoro, postulato: $L(A \rightarrow B) + L(B \rightarrow A) = 0$ . Trasformazione quasi-statica; lavoro in termini delle variabili di stato del sistema per trasformazione quasi-statica. Lavoro: pVT, tLT, PE, MB,.... Lavoro: coppie di variabili di stato coniugate ed equazione di stato. Equazione di stato come relazione tra coppie di variabili coniugate e T; cenno a sistemi a 2n variabili termodinamiche, con $n > 1$ . Lavoro per compressione isoterma di gas ideale. Lavoro per compressione monoterma di gas ideale: confronto tra quasi-statico e brusco cambio di pressione esterna; dipendenza dal cammino, vari cammini. Esempi/Applicazioni: lavoro per compressione isoterma di un solido/liquido; confronto con un gas; piccolezza del lavoro di compressione su solido/liquido rispetto
lun 16-mar-20	Lavoro Adiabatico Calore. Prima legge della termodinamica: energia interna (funzione dello stato termodinamico del sistema); lavoro, calore (radiazione); calore come energia in transito. Dalla meccanica alla prima legge della termodinamica. Energia meccanica macroscopica; energia interna; energia totale; contributi all'energia interna: cinetico, potenziale ed energia propria; ( $P=0$ e $J=L=0$ ).
mar 17-mar-20	Capacità termica, calore molare e calore specifico; dipendenza dalla trasformazione del calore scambiato. Calore latente di trasformazione di fase. Energia interna ed entalpia; capacità termiche a V e P costanti e legame con U ed H; calore latente di trasformazione di fase. Additività di energia interna ed entalpia. Scambi di calore entro un sistema isolato: $Q(A \rightarrow B) + Q(B \rightarrow A) = 0$ . Energia interna di gas ideale. Energia interna di solido/liquido incompressibile. Energia interna di solido/liquido elastico. GRAFICI: pVT, pV, pT.
lun 23-mar-20	Esempi/Applicazioni: contenitore di gas rigido e adiabatico urta anelasticamente contro un muro ideale. Esempi/Applicazioni: proiettile sparato contro un muro, aumento temperatura, fusione. Esempi/Applicazioni: auto in discesa a velocità costante. Esempi/Applicazioni: ebollizione di acqua per agitazione. Esempi/Applicazioni: mulinello di Joule e scaldacqua elettrico; calore e lavoro dipende dalla definizione esatta del sistema, dalla sua frontiera. Esempi/Applicazioni: espansione quasi statica e non di gas perfetto; lavoro fatto.
mar 24-mar-20	Esempi/applicazioni: Trasformazione adiabatica QS di gas ideale; grafico di isoterme e adiabatiche. Esempi/Applicazioni: espansione libera di un gas e lavoro. Sistemi aperti: contributo a primo principio di scambio di materia e potenziale chimico. Prima legge per sistemi aperti in moto stazionario (massa totale costante); cenno al principio di Bernoulli. Località della prima legge, bilancio, continuità Teorema di Poynting e prima legge applicata al sistema campo ElettroMagnetico. Funzioni di stato e uso per il calcolo di processi diversi con stesso stato iniziale e finale. Proprietà di U, H: estensività, additività.
mer 25-mar-20	Conversione lavoro-calore e calore-lavoro: sys riceve lavoro e cede calore; oppure sys riceve calore e cede lavoro; manca qualcosa per descrivere certi processi. Esempi/Applicazioni: pietra sfregata; espansione isoterma di gas ideale e totale conversione di calore in lavoro. Prima legge: unificazione concetti lavoro e calore; fattore integrante del lavoro e calore. Calore causato da dT; w in sys pVT causato da dp; forze generalizzate; w elettrico associato a $j^*E$ , serve differenza di potenziale. Forma locale della prima legge; additività di U e H. Richiamo, temperatura: principio zero, empirica, del gas perfetto. Enunciato del secondo principio: $dS = dS_i + dS_e$ ; $dS_i \geq 0$ . Entropia: funzione di stato additiva, estensiva e non conservativa, definita in dt; $T[\theta]$ sulla superficie, con integrazione su superficie e tempo. Entropia prodotta non negativa; uguale a zero se e solo se trasformazione reversibile; reversibile = quasi-statica e non dissipativa (vedere M.Zemansky). Calcolo dS su trasformazione reversibile; fondamentale concetto reversibile: permette di calcolare dS in trasformazioni reali, non reversibile ma equivalente. Prima legge + seconda legge = equazione fondamentale (di Gibbs). Relazione di Gibbs, per qualunque trasformazione ma solo per reversibile possibile identificazione con calore e lavoro; $s[U,V]$ $U[V,S]$ , derivate parziali.
lun 30-mar-20	Principio di aumento dell'entropia per un sistema termicamente isolato. Temperatura termodinamica assoluta e temperatura del gas perfetto; identificazione. Concetto di termostato. Esempi/Applicazioni: generazione di entropia 1 J/K con mulinello di Joule; generatore di entropia. Esempi/Applicazioni: variazione di entropia per solido/liquido incompressibile. Esempi/Applicazioni: variazione di entropia per gas ideale. Esempi/Applicazioni: variazione di entropia per espansione libera di gas ideale.

	Esempi/Applicazioni: espansione mono-terma di un gas ideale e lavoro massimo.
	Esempi/Applicazioni: conduttore ohmico in condizioni stazionarie.
	Esempi/Applicazioni: condizioni di equilibrio termico e meccanico di un sistema isolato; equilibrio chimico (cenno).
mar 31-mar-20	
	Massima entropia e stati metastabili, cenno.
	TS variabili coniugate.
	Definizione U,H, F, G per sistemi chiusi pVT; processi a P, T costante e G; processi a V, T costante e F.
	Relazioni di Maxwell e variabili naturali.
	Funzioni di tre variabili: relazioni tra le derivate parziali prime.
	Capacita termica come derivate dell'entropia ed equazioni TdS.
	Equazioni per l'energia interna ed entalpia; uso con equazioni di stato.
	Equazioni per le capacita termiche; $c_P > c_V$ .
	Compressibilità isoterma e adiabatica.
	Condizione per stabilita termica e meccanica.
mer 1-apr-20	
	Trasformazioni di fase: esempio ebollizione acqua; fasi e coesistenza delle fasi.
	Fusione, solidificazione, sublimazione, brinamento, vaporizzazione, condensazione; evaporazione verso ebollizione.
	Definizione di temperature di fusione, ebollizione e sublimazione.
	Coesistenza di fasi: $f(P,T)=0$ come intersezione delle due superfici PVT per le due fasi.
	Definizione di tensione di vapore; piano P-T.
	Relazione P-T: esempio della pentola a pressione, taratura della pressione e temperatura di ebollizione.
	Transizioni di fase di primo ordine e di ordine superiore; Entropia specifica e volume specifico; discontinuità di prima specie; transizioni di fase di primo ordine.
	Equazione di Clausius-Clapeyron; calore latente.
lun 6-apr-20	
	Esempi/Applicazioni: temperatura di ebollizione dell'acqua in montagna e in pentola a pressione.
	Esempi/Applicazioni: variazione punto fusione ghiaccio.
	Esempi/Applicazioni: grafite e diamante, transizione di fase mono-terma.
mar 7-apr-20	
	Esempi/Applicazioni: fusione per compressione adiabatica di ghiaccio.
	Esempi/Applicazioni: temperatura di flash di n-pentano; effetto dell'aria sull'equilibrio liquido-vapore.
	Esempi/Applicazioni: sovra-raffreddamento acqua e congelamento.
mer 8-apr-20	
	Esempi/Applicazioni: $U = A S^{3/2} / (NV)$ .
	Teorema del massimo lavoro; espressione in termini di sole variabili di sistema, invece che entropia dell'universo; T e V esterne fissate; T e P esterne fissate.
	Storia - parte 1
	Macchine termiche (cicliche); motore termico, frigorifero e pompa di calore; definizioni di rendimento.
	Esempi/Applicazioni: ciclo Otto ideale (cenno).
	Esempi/Applicazioni: ciclo Diesel ideale (cenno).
	Esempi/Applicazioni: ciclo macchina a vapore ideale, Rankine, due adiabatiche e due isobare (cenno).
	Enunciato di Kelvin-Planck; enunciato di Clausius; equivalenza dei due enunciati.
	Trasformazioni, cicli: reversibili e reali.
	Ciclo e macchina di Carnot, termica e frigorifera; rendimento.
	Teorema di Carnot.
	Temperatura termodinamica assoluta.
	Temperatura termodinamica assoluta come fattore integrante del calore; pressione come fattore integrante del calore in sistema pVT.
	Macchina di Carnot a gas ideale; calcolo del rendimento.
	Ciclo di Carnot per sistema arbitrario.
	Ciclo generico: approssimazione con cicli di Carnot.
mar 14-apr-20	
	Storia - parte 2
	Eguaglianza di Clausius.
	Definizione di entropia; entropia come funzione di stato.
	Diseguaglianza di Clausius.
	Seconda legge.
	Aumento entropia sistema isolato.
	Esempi/Applicazioni: piano TS e piano pV, calore reversibile e lavoro reversibile, mapping TS « pV; ciclo di Carnot nel piano TS e rendimento.
	Terzo principio della termodinamica.
	Gas di fotoni come sistema termodinamico.
mer 15-apr-20	NO LEZIONE
lun 20-apr-20	
	Radiazione di corpo nero e gas di fotoni; legge di Kirchoff; cenni: distribuzione di Planck; legge di Wien; radianza...
	Trasporto calore per irraggiamento.
	Cenno: conduzione, convezione.

	Materiale polarizzabile/magnetizzabile in campo esterno come sistema termodinamico; lavoro EM.
	Materiale polarizzabile/magnetizzabile in campo esterno: pressione e volume come ulteriore coppia di variabili macroscopiche coniugate.
	Difficoltà per interazioni a lungo range; non additività; arbitrarietà e potenziale ambiguità nella ripartizione delle energie.
	Sistemi elettrici/magnetici: lavoro, caso di sistema isolato e connesso a generatori, inclusione o no dell'energia di interazione con il campo esterno; relazioni.
	Analisi microscopica: momenti di dipolo indotti e permanenti; energia potenziale ed energia totale; polarizzabilità e magnetizzabilità.
mar 21-apr-20	
	Bilancio energetico per polarizzazione molecola da infinito a campo elettrico esterno fissato: bilancio energetico dettagliato, energia interna e fattore 1/2.
	Similitudini e differenze tra caso elettrico e magnetico; segno dell'energia potenziale di dipolo rigido in campo esterno; cariche costanti verso correnti costanti.
	Da polarizzabilità e magnetizzabilità a suscettività.
	Suscettività elettrica/magnetica ed equazione di stato (relazione costitutiva per il materiale nel campo dato).
	Grandezze tensoriali nel caso di non isotropia (cenno); sia rispetto alle proprietà elettromagnetiche che rispetto a quelle meccaniche (termine $p dV$ ).
	Grandezze dipendenti dal posto nel caso di non omogeneità (cenno).
	Sistemi non lineari (cenno); polarizzazione per orientamento.
	Polarizzazione/Magnetizzazione per orientamento: equazione di Langevin.
	Equazione di stato per un materiale polarizzabile sia per orientamento che per deformazione; dipendenza da T da equazione di Langevin.
	Energia libera di Helmholtz ed energia interna; dipendenza delle caratteristiche elettromagnetiche della materia dalla temperatura e necessità di uso lavoro isoter
lun 27-apr-20	
	Raffreddamento: a fluido, con elastico, magnetico.
	Introduzione ai fluidi classici.
	Forze di volume e di superficie; forze di pressione come forze di volume; coppie di volume/superficie; forze di volume per unità di volume o massa.
	Sforzi normali/tangenziali; tensore di force-stress (cenno).
	Coppie torcenti/flettenti; tensore di couple-stress (cenno).
	Equilibrio idrostatico; legge di Archimede; forze inerziali come forze di volume.
	Statica dei fluidi; fluidi incomprimibili e coincidenza tra superfici isobare ed equipotenziali; legge di Pascal.
	Legge di Stevino: da equazioni cardinali; da equilibrio generale idrostatico; da fattore di Boltzmann.
lun 4-mag-20	
	Esempi/Applicazioni: atmosfera isoterma come problema di statica e come problema di meccanica statistica tramite il fattore di Boltzmann Gibbs.
	Esempi/Applicazioni: atmosfera isoterma a molti componenti; andamento con altezza dei diversi componenti.
	Esempi/Applicazioni: atmosfera adiabatica.
	Esempi/Applicazioni: profilo in un recipiente cilindrico circolare ruotante; forze inerziali come forze di volume.
	Viscosità e tensione superficiale.
	Cinematica dei fluidi.
	Dinamica dei fluidi: moto laminare e turbolento, numero di Reynolds (cenno).
	Equazione di continuità della massa.
	Equazione di Bernoulli come conseguenza del primo principio della termodinamica per sistemi aperti in moto stazionario; ipotesi.
	Definizione di viscosità per fluidi incomprimibili; tensore degli sforzi; strato limite.
mar 5-mag-20	
	Fluidi non newtoniani (cenno).
	Definizione di tensione superficiale per liquidi a contatto con altro fluido; forze di coesione.
	Lavoro per variare una superficie; sistema (area, tensione superficiale) come sistema termodinamico.
	Equazione di Laplace (cenno); goccia d'acqua e bolla di sapone.
	Fenomenologia, cenni: cavitazione; forze di adesione/coesione: adesione is the attraction of molecules of one kind for molecules of a different kind.
	Il paradigma della fisica statistica.
	La distribuzione di Boltzmann-Gibbs; esempio con la distribuzione di densità in atmosfera.
	Cenno: sistema micro-canónico e sistema canonico.
lun 11-mag-20	
	Teorema di equipartizione dell'energia.
	La distribuzione di Maxwell-Boltzmann; velocità di singola particella; velocità medie varie; gaussiana e chi-quadro.
	Urti su una superficie: jet di particelle incidente e distribuzione incidente omni-direzionale, in particolare isotropa.
mar 12-mag-20	
	Urti su una superficie: Effusione nel vuoto; cross-effusione tra due contenitori.
	Urti su una superficie: Calcolo della pressione su una parete a partire dagli urti.
	Urti su una superficie: Fasci molecolari, distribuzione di velocità di uscita per effusione; distribuzione energia cinetica di uscita per effusione, energia cinetica med
	Urti entro il gas: Richiamo: sezione d'urto; cammino libero medio in presenza di bersagli fissi.
	Urti entro il gas: Flusso unidirezionale (jet) e flusso omni-direzionale (isotropo e non isotropo); richiamo radianza.
	Urti entro il gas: Relazione tra cammino libero medio sezione d'urto; caso di bersagli fissi, e caso di gas omogeneo e isotropo.
	Esempi/Applicazioni: equazione di stato di gas perfetto monoatomico; pressione cinetica.
	Esempi/Applicazioni: equazione di stato di gas di fotoni; pressione cinetica.
	Appena fuori dall'equilibrio: Moti convettivi (forze esterne) e moti diffusivi (gradienti di concentrazione): mobilità e diffusione.
	Moti convettivi e moti diffusivi di un insieme di particelle; esempi: corrente elettrica, diffusione di profumo.
	Densità e densità di corrente; equazione di continuità; legge di Fick generalizzata (linearità, omogeneità, isotropia); cenno.
	Equazione di Jacobi.
lun 18-mag-20	
	Teorema del viriale.

	Potenziali omogenei; caso gravitazionale ed elastico.
	Esempi/Applicazioni: equazione di stato di gas perfetto monoatomico.
	Numero di microstati e macrostati; caso di particelle distinguibili.
	Esempi: gas perfetto in due metà di contenitore; sistema di spins; esempi di conteggio di microstati compatibili con un macrostati; grandi numeri...
mar 19-mag-20	
	Definizione di entropia statistica e principio di massima entropia.
	Proprietà dell'entropia statistica; informazione; indipendenza di sistemi e additività dell'entropia.
	sistema microcanonico e sistema canonico.
	Cenno all'interpretazione statistica di lavoro e calore.
	Esempi/Applicazioni: pompa di vuoto per gas.
	Esempi/Applicazioni: effusione da contenitore nel vuoto; pareti rigide e adiabatiche con divisorio diatermico.
	Esempi/Applicazioni: cross-effusione tra due contenitori; pareti rigide e adiabatiche con divisorio diatermico.
	Esempi/Applicazioni: arricchimento di esafluoruro di uranio; legge di Graham.
lun 25-mag-20	
	Esempi/Applicazioni: Doppler-broadening delle linee spettrali.
	Esempi/Applicazioni: random walk in 1D.
	Esempi/Applicazioni: random walk in 3D; cenno.
	Esempi/Applicazioni: collasso di una protostella.
	Esempi/Applicazioni: popolazione dei livelli dell'atomo di idrogeno.