

# MECCANICA

## CINEMATICA DEL PUNTO

Introduzione alla Meccanica e alla Termodinamica. Il Metodo Scientifico. Grandezze fisiche. Misura di grandezze fisiche. Grandezze fondamentali e dimensioni. Sistemi di Unità di misura (SI). Calcolo vettoriale. Grandezze scalari e vettoriali. Definizione di un vettore. Somma e differenza di vettori. Moltiplicazione per uno scalare. Prodotto scalare e prodotto vettoriale. Rappresentazione Cartesiana ortogonale. Operazioni fra vettori in rappresentazione cartesiana. Cinematica. Spazio e tempo. Schematizzazione del punto materiale. Gradi di libertà. Equazione vettoriale del moto. Parametrizzazione naturale. Moto rettilineo. Diagramma orario. Velocità media e velocità istantanea. Accelerazione media e accelerazione istantanea. Moto rettilineo uniforme. Moto uniformemente accelerato. Moto in due dimensioni. Vettore velocità e vettore accelerazione. Parametrizzazione naturale. Esempio di parametrizzazione: circonferenza. Versori tangente e normale alla traiettoria. Scomposizione dell'accelerazione. Velocità e accelerazione scalare. Curvatura e raggio di curvatura. Moto piano in coordinate cartesiane. Moto piano in coordinate polari. Moto circolare e moto circolare uniforme. Periodicità, periodo, frequenza e pulsazione. Velocità angolare. Accelerazione angolare. Moto armonico. Esempio del moto del proiettile. Cinematica relativa. Trasformazione della velocità. Formule di Poisson. Trasformazione dell'accelerazione.

## DINAMICA DEL PUNTO MATERIALE

Introduzione ai concetti base. Cosa studia la dinamica. Definizione operativa di forza. Misura statica di una forza. Equilibrio, corpi elastici, forza peso. Legge di Hooke. Dinamometro. Macchine: carrucola e leva. Sistemi vincolati. Vincoli lisci e con attrito. Attrito statico e dinamico. Coefficienti di attrito statico e dinamico. Equilibrio su un piano inclinato scabro. I Principi della Dinamica. Principio d'Inerzia. Secondo Principio. Principio di Azione e reazione. Sistemi di riferimento inerziali. Trasformazioni di Galileo. Principio di relatività Galileiana. Massa Inerziale e Massa Gravitazionale. Problema fondamentale della Dinamica. Forze interne e forze esterne. Quantità di moto. Impulso di una forza (forze impulsive e urti) e Thm. dell'impulso. Momento angolare e momento di una forza. Derivata temporale del momento angolare. Conservazione della quantità di moto e del momento angolare. Applicazioni dei Principi della Dinamica a sistemi ad un grado di libertà. Piano inclinato, liscio e scabro. Spazio di frenata. Macchina di Flechter. Macchina di Atwood. Legge di Hooke e moto armonico. Pendolo semplice. Piccole oscillazioni. Molla su una piattaforma ruotante. Attrito viscoso. Caduta di un grave in un fluido. Molla in un fluido e moto smorzato.

## LAVORO ED ENERGIA

Lavoro ed energia. Potenza. Definizioni. Dimensioni. Forza peso. Teorema delle Forze Vive. Forze Conservative. Condizioni necessarie e sufficienti affinché una forza sia conservativa. Esempi di forze conservative: forza peso, forza elastica, forze centrali (elastica in 3d e gravitazionale). Conservazione dell'energia meccanica. Soluzione generale. Esempi ad un grado di libertà. Pendolo. Molla. Energia e oscillatore armonico. Equazione dell'energia e forze dissipative. Equilibrio ed energia potenziale.

## GRAVITAZIONE

Gravitazione. Le leggi di Keplero. Velocità Areolare. Equazione dell'ellisse in coordinate polari. Dalle Leggi di Keplero alla forma della Forza di Gravitazione. Soluzione del potenziale centrale. Equazione dell'energia e del momento angolare. Energia potenziale efficace e suo andamento in funzione di  $r$ . Classificazione dei moti a seconda del valore dell'energia meccanica del sistema: discussione qualitativa. Soluzione delle equazioni del moto. Equazione della traiettoria: coniche in coordinate polari. Verifica delle tre leggi di Keplero. Teorema di Gauss. Campo di una distribuzione di massa a simmetria sferica. Esperimento di Cavendish e misura della costante di Gravitazione Universale. Forza di Gravità. Esercizi su due forze centrali: forza costante e forza elastica.

## **DINAMICA DEI SISTEMI**

Dinamica dei sistemi di punti materiali: introduzione. Prima Equazione Cardinale. Forze interne e forze esterne. Centro di Massa. Primo e secondo teorema del centro di massa. Esempi di calcolo del centro di massa per alcuni sistemi semplici. Conservazione della quantità di moto. Esempio del rinculo di un cannone. Momento angolare e Seconda Equazione Cardinale dei sistemi. Forza peso e baricentro. Teorema di König per il momento angolare. Equazioni Cardinali e sistemi isolati; riformulazione del III Principio della dinamica. Teorema delle Forze Vive per i sistemi. Energia cinetica del sistema. Teorema di König per l'energia cinetica. Problema dei due corpi Sole-Pianeta nel SdR del Sole. Massa ridotta.

## **URTI**

Urti. Introduzione. Carattere impulsivo di una forza. Leggi di conservazione. Urto elastico e perfettamente anelastico. Urto elastico unidimensionale di due punti materiali. Urto anelastico unidimensionale di due punti materiali. Pendolo balistico. Urto perfettamente elastico di una biglia contro una parete (come limite per  $M$  della parete  $\gg m$  della biglia). Scontro "anelastico" di due oggetti massivi nel piano.

## **CORPO RIGIDO**

Definizione. Gradi di libertà. Cinematica del Corpo rigido. Unicità del vettore omega. Prima Eq. Cardinale. Momento angolare nel caso di rotazione attorno ad un asse fisso (inizio). Momento angolare nel caso di rotazione attorno ad un asse fisso. Momento d'Inerzia. Calcolo di momenti d'inerzia. Seconda Eq. Cardinale della dinamica del corpo rigido. Pendolo fisico. Pendolo di torsione. Rotolamento puro. Ruota sul piano inclinato. Ruota spinta da un motore. Attrito volvente. Energia cinetica del corpo rigido (asse fisso, moto piano). Lavoro (Es: rotazione attorno ad un asse fisso). Teorema delle Forze Vive. Conservazione dell'energia meccanica. Esempio: volano. Esercizio. Statica del corpo rigido. Esempi: barra su due punti d'appoggio; barra su tre punti d'appoggio; scala appoggiata al muro. Espressione generale del Momento Angolare per un corpo rigido. Tensore d'inerzia. Assi principali d'inerzia. Seconda equazione cardinale. Equazioni di Eulero. Espressione generale dell'energia cinetica (Ellissoide d'inerzia).

## **TERMODINAMICA**

### **GRANDEZZE TERMODINAMICHE**

Il punto di vista termodinamico. Sistema termodinamico, ambiente e universo termodinamico. Interazioni sistema-ambiente. Sistema aperto, chiuso, isolato. Coordinate termodinamiche. Equilibrio termodinamico. Interazione termica: parete adiabatica, parete diatermica. Principio Zero. Temperatura e termometri: definizione operativa della grandezza fisica. Scala Celsius. Il termometro a gas "rarefatto". Legge di Boyle. Leggi di Gay-Lussac. Principio di Avogadro. Legge di Dalton. Derivazione dell'Equazione di stato del Gas Perfetto. Scala di temperature del gas perfetto.

### **PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA**

Trasformazioni termodinamiche. Trasformazioni Quasi-Statiche. Trasformazioni reversibili (def. di Planck) e irreversibili. Trasformazioni cicliche. Rappresentazione sul piano di Clapeyron p-V. Trasformazioni isocore, isobare e isoterme. Termostato. Lavoro termodinamico. Lavoro del gas perfetto. Definizione della pressione. Calorimetria: il calorimetro delle mescolanze. Quantità di calore. Calore specifico. Cenni all'ipotesi del calorico e della conservazione del calorico. Lavoro e quantità di calore. Non-conservazione del calorico: il trapano di Rumford, Meyer e Joule. Calorimetria. Quantità di

calore. Enunciato del Primo Principio ed equivalente meccanico della caloria. Prima esperienza di Joule (compressione). Seconda esperienza di Joule (espansione libera). Terza esperienza di Joule (espansione contro la pressione atmosferica). Cicli 1-2 e 1-3 e Primo Principio. Energia interna. Espressione dell'energia interna in funzione di due variabili termodinamiche. Capacità termica e calore specifico. Quantità di calore e calori specifici in trasformazioni quasi statiche. Entalpia.

## **I GAS**

Il Gas Perfetto. Espansione libera e energia interna del Gas Perfetto. Calori specifici e relazione di Meyer. Studio di alcune trasformazioni "notevoli". Isoterma quasi statica. Adiabatica quasi statica ed equazioni di Poisson. Isobara quasi statica. Isocora quasi statica. I gas reali. Andamento di  $pV$  in funzione della pressione e limite del gas perfetto. Dipendenza dell'energia interna dalla pressione. Esperienza di Joule-Thomson. Esperienza di Rossini-Frandsen. Isoterme dei fluidi puri. Cambiamenti di fase. Calori latenti. Equazione di Van der Waals. Calori specifici molari dei solidi. Legge di Dulong e Petit.

## **SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA**

Verso il Secondo Principio della Termodinamica. Termostato. Trasformazioni reversibili. Macchine termiche. Secondo Principio: enunciato di Clausius ed enunciato di Kelvin-Planck. Equivalenza dei due enunciati. Ciclo di Carnot. Rendimento di una macchina termica. Ciclo di Carnot del gas perfetto. Macchina frigorifera e coefficiente di prestazione (COP). Temperatura assoluta. Disuguaglianza di Clausius. Entropia. Entropia nei sistemi isolati. Entropia per il gas perfetto e per il gas di Van der Waals. Esempi. Equazione di Clapeyron. Esempi di cicli e trasformazioni termodinamiche.

## **POTENZIALI TERMODINAMICI**

Introduzione. Riepilogo Primo Principio: Energia interna. L'Energia interna del gas perfetto e del gas di Van der Waals. Entalpia. Secondo Principio ed Entropia. L'Entropia del gas perfetto e del gas di Van der Waals. Trasformazioni di un sistema che scambia calore con una sola sorgente a temperatura costante: Energia libera di Helmholtz,  $F$ . Espressione di  $F(V,T)$  e  $F(p,T)$ . Relazioni termodinamiche che coinvolgono  $F$ . Equazione di Maxwell. Trasformazioni di un sistema che scambia calore con una sola sorgente a temperatura costante e che faccia lavoro contro una pressione costante (es dell'ambiente): Energia libera di Gibbs,  $G$ . Espressione  $G(V,T)$  e  $G(p,T)$ . Relazioni termodinamiche che coinvolgono  $G$ . Seconda Equazione di Maxwell. Differenziali  $dU$ ,  $dH$ ,  $dF$  e  $dG$ , variabili termodinamiche ed equazioni di Maxwell.

## **CENNI DI TEORIA CINETICA DEI GAS**

Il punto di vista microscopico. Pressione, energia cinetica media e temperatura. Principio di Equipartizione dell'energia.