

Docente: Enrico Campagna

Libro di testo: Il nuovo Amaldi per i licei scientifici. blu  
Onde – Campo elettrico e magnetico

## 1. Gravitazione

- Legge di gravitazione universale
- Misura della costante di gravitazione universale  $G$  tramite l'esperimento di Cavendish
- Moto circolare uniforme sostenuto da forza di gravità
- Ripasso delle Leggi di Keplero già affrontate nel biennio
- Equivalenza tra costanza della velocità areolare e conservazione del momento angolare
- Orbite ellittiche interne ed esterne all'orbita circolare, orbite paraboliche e iperboliche
- L'energia potenziale come funzione la cui derivata cambiata di segno dà la forza.  
Energia potenziale gravitazionale nel caso generale
- Come utilizzare il grafico dell'energia gravitazionale nel caso in cui l'energia meccanica si conservi. Come interpretare i grafici con l'energia potenziale per ricavare la direzione della forza.  $F=0$  su massimi e minimi locali dell'energia potenziale
- Moto radiale da centro attrattore al variare dell'energia meccanica. Moti legati e non legati. Punti di inversione. Velocità di fuga
- Raggio di Schwarzschild

## 2. Meccanica dei fluidi

- Cenni alla fisica dei fluidi già affrontata nel biennio
- Il teorema di Bernoulli come generalizzazione della legge di Stevino
- Il teorema di Bernoulli come conservazione dell'energia
- Esempi applicati a tubo a portata costante con sezione variabile e portanza delle ali di un aereo

## 3. Termodinamica

- Ripasso della termodinamica dei gas perfetti già affrontata l'anno scorso in chimica: prima legge di Gay-Lussac (delle isobare) e seconda legge di Gay-Lussac (delle isocore), legge di Boyle (delle isoterme), scala delle temperature assolute, mole, numero di Avogadro ed equazione di stato per i gas perfetti
- Definizione di equilibrio termodinamico
- Funzioni di stato ed equazione di stato
- Il lavoro compiuto da un gas sul piano PV, il lavoro non è una funzione di stato (dipende dal percorso), il segno del lavoro, il lavoro di una trasformazione ciclica
- Il postulato alla base del primo principio della termodinamica (il lavoro adiabatico è una funzione di stato)
- Definizione di variazione dell'energia interna come lavoro compiuto su un sistema adiabatico
- Definizione di quantità di calore come variazione dell'energia interna di un sistema che non può compiere lavoro
- Deduzione del primo principio della termodinamica a partire dal postulato e dalle definizioni di energia interna e quantità di calore
- Casi particolari del primo principio della termodinamica. L'impossibilità di realizzare un *perpetuum mobile* di prima specie
- Definizione di capacità termica (anche specifica e molare)

- Definizione di  $C_P$  e  $C_V$  e calcolo dei loro valori utilizzando energia interna  $U$  ed entalpia  $H = U + PV$  (che è una funzione di stato)
- Legge di Mayer (dimostrazione)
- Esperimento di Gay Lussac che dimostra che  $U = U(T)$ .  $U = C_V T$
- Equazione delle adiabatiche reversibili (utilizzando  $P$  e  $V$ ,  $P$  e  $T$ ,  $V$  e  $T$ ). Calore scambiato in una adiabatica
- Differenza tra trasformazioni reversibili ed irreversibili
- Macchine termiche e fluido motore, sorgenti di calore
- Rendimento di una macchina termica
- Secondo principio della termodinamica: enunciato di Kelvin, di Clausius e del rendimento. Macchina di Kelvin e macchina di Clausius (la cui esistenza è vietata dal II principio)
- Equivalenza tra enunciato di Clausius ed enunciato di Kelvin
- Teorema di Carnot e rendimento di una macchina di Carnot (dimostrazione)
- La macchina frigorifera. Il coefficiente di prestazione (COP) di un frigorifero ed il guadagno ( $K$ ) di una pompa di calore. COP e  $K$  nel caso ideale
- La disuguaglianza di Clausius
- Definizione di entropia (funzione di stato). L'entropia di un sistema chiuso è una funzione non decrescente
- Il calcolo dell'entropia: caso particolare di adiabatica, isoterma, isocora, isobara. Il caso generale. La variazione di entropia nell'espansione adiabatica irreversibile.
- Il concetto di gradi di libertà di una molecola. Espressioni per il calore specifico molare nel caso di gas mono- bi- o poli- atomico
- Macrostatì e microstatì. Probabilità di un macrostatò
- Additività dell'entropia
- Formula di Boltzmann dell'entropia. Interpretazione probabilistica del secondo principio della termodinamica

#### 4. Onde e suono

- Onde longitudinali e trasversali
- Ampiezza, lunghezza d'onda, periodo e frequenza
- Velocità di un'onda
- Onde P ed S nei terremoti
- Onde sonore: eco, altezza e timbro. Intensità di un'onda
- Legge dell'inverso del quadrato
- Definizione di decibel
- Effetto Doppler con ricevitore in movimento
- Effetto Doppler da sorgente in moto
- Combinazione del moto di sorgente e ricevitore
- Il caso della riflessione di segnali su pareti in moto
- Sovrapposizione di onde armoniche sfasate ma con stessa lunghezza d'onda e frequenza
- Sovrapposizione di onde con frequenze leggermente diverse (battimenti)

#### 5. Fenomeni luminosi (riflessione, rifrazione, interferenza, diffrazione)

- Riflessione e rifrazione secondo il modello ondulatorio. Il principio di Huygens
- Irradiazione e intensità di radiazione
- Definizione di steradiante per la misura degli angoli solidi. Energia e potenza per unità di angolo solido. Differenza tra grandezze radiometriche e fotometriche (che considerano la risposta in frequenza dell'occhio umano)
- Interferenza della luce ed esperimento di Young

- Diffrazione da singola fenditura. Calcolo delle posizioni delle zone di interferenza distruttiva e costruttiva. Ampiezza del picco centrale rispetto agli altri e all'interferenza da due fenditure (distanti tra loro quanto la larghezza dell'apertura)
- Interferenza per riflessione su lamine a differente indice di rifrazione

## 6. Carica elettrica e legge di Coulomb

- Carica elettrica per strofinio e contatto
- Induzione elettrica
- Polarizzazione per deformazione e per orientamento
- Permeabilità dielettrica assoluta del vuoto e dei mezzi. Permeabilità relativa di un mezzo

## 7. Campo elettrico.

- Linee di forza del campo elettrico. Come disegnare le linee di forza in semplici casi. Andamento delle linee di forza vicino alle cariche e andamento all'infinito. Ricerca dei punti in cui il campo elettrico si annulla (in questi punti, lungo una direzione le linee entrano e lungo un'altra escono)
- Definizione di flusso di un campo vettoriale. L'esempio del flusso di velocità in idrodinamica (portata).
- Il flusso del campo elettrico ed il teorema di Gauss.
- Dimostrazione del teorema di Gauss nel caso particolare di campo generato da carica puntiforme e superficie sferica con centro sulla carica.
- Esempio di flusso attraverso un cilindro chiuso nel caso di campo di velocità costante e parallelo all'asse del cilindro.
- Spiegazione intuitiva del perché l'integrale di superficie non cambia se la sfera non è centrata nella carica.
- Significato di "sorgenti" di campo elettrico e "pozzi" di campo elettrico.
- Legge di continuità. Cenni alla divergenza di un vettore.
- Applicazione del teorema di Gauss:
  - Distribuzione di carica con simmetria sferica
  - Piano infinito con densità superficiale di carica costante
  - Espressione del campo elettrico generato da un filo infinito con densità lineare di carica assegnata
  - Utilizzo di simmetrie per trovare il campo interno ad una sfera densamente carica in modo omogeneo. Analogia gravitazionale
- Applicazione del principio di sovrapposizione per trovare il campo elettrico generato da due piani carichi infiniti e paralleli nel caso di densità superficiali di carica concordi e discordi.
- Commento su applicazione del teorema di Gauss intorno al punto di equilibrio sulla retta congiungente le due cariche. Commento sulla stabilità e sull'instabilità dell'equilibrio
- Energia potenziale elettrica nel caso di piano uniformemente carico e nel caso di carica puntiforme. Parallelismo con il campo gravitazionale.
- Puntualizzazioni sulla definizione di energia potenziale: la scelta della costante arbitraria, la convenzione di energia potenziale nulla all'infinito.
- Il teorema di Earnshaw come corollario del teorema di Gauss.
- Energia potenziale di un sistema di cariche e suo calcolo tramite l'energia potenziale dovuta a di tutte le coppie coinvolte.

## 8. Potenziale elettrico

- Il potenziale elettrico come energia potenziale per unità di carica ( $V = U/q$ ). E sta ad  $F$  come  $V$  sta ad  $U$  ( $-dV/dr = E$ )
- Differenze rispetto ad  $U$  nei grafici (stesso grafico anche se  $q_{\text{test}}$  cambia segno)

- Le cariche positive scendono il potenziale, quelle negative lo salgono
- Circuitazione di un vettore. Circuitazione del campo elettrico
- Definizione di elettronvolt
- Velocità di un elettrone accelerato da una certa differenza di potenziale
- Superfici equipotenziali. Perpendicolarità tra linee di campo e superfici equipotenziali.
- Grafico radiale per E e V nel caso di sfera conduttrice carica: discontinuità del campo elettrico e presenza di derivata destra e sinistra diverse per V sulla superficie
- Continuità del potenziale elettrico, discontinuità del campo elettrico. Come raccordare tra loro i potenziali in diverse regioni utilizzando le costanti arbitrarie

## 9. Conduttori carichi

- Conduttori carichi all'equilibrio: campo elettrico nullo e potenziale costante al loro interno
- Teorema di Coulomb per il campo in prossimità della superficie
- Capacità. Capacità di una sfera conduttrice
- Distribuzione di carica su conduttori (potere dispersivo delle punte): la densità di carica è inversamente proporzionale al raggio di curvatura
- La capacità elettrica nel caso di una sfera conduttrice e nel caso di un condensatore ad armature piane e parallele
- Condensatori in serie in parallelo
- Capacità equivalente

Esperienze di laboratorio:

- Legge di Boyle

Roma, 05/06/2025

Il docente del corso  
prof. Enrico Campagna

I rappresentanti degli studenti