



**PROGRAMMA di FISICA**  
**CLASSE 4E SCIENZE APPLICATE a.s. 2023/ 2024**

**FENOMENI DI OTTICA**

Ottica: ottica fisica e ottica geometrica.

Il modello del raggio luminoso.

Sorgente luminosa (o corpo luminoso) e corpi illuminati.

La propagazione rettilinea della luce e la formazione delle ombre: sorgenti puntiformi o estese, cono d'ombra, zona d'ombra o di penombra. Fasci luminosi paralleli o radianti.

Il concetto di mezzo e la velocità di propagazione della luce nel vuoto.

La riflessione della luce e le due leggi che la caratterizzano.

Diffusione della luce (diffuse reflection) e riflessione su uno specchio piano (specular reflection).

L'immagine virtuale e i prolungamenti dei raggi riflessi.

La rifrazione della luce.

L'indice di rifrazione e la velocità della luce in un mezzo qualsiasi.

La prima e la seconda legge della rifrazione.

La legge di Snell: analisi goniometrica del rapporto fra i seni degli angoli, analisi numerica del rapporto fra gli indici di rifrazione e corrispondente analisi qualitativa del fenomeno.

Compresenza di rifrazione e riflessione: angolo incidente, riflesso e rifratto.

La riflessione totale: analisi qualitativa e quantitativa.

Angolo limite, in relazione alla coppia di mezzi coinvolti nella rifrazione, e sua determinazione.

**LE ONDE E IL SUONO**

Le onde e il trasporto di energia.

Onde trasversali e onde longitudinali.

Il suono come onda longitudinale.

Onde meccaniche e onde elettromagnetiche.

Fronti d'onda (sferici o piani e paralleli) e i relativi raggi.

Il profilo di un'onda periodica e il profilo di un'onda armonica.

Le caratteristiche fondamentali di un'onda: lunghezza d'onda, ampiezza, periodo e frequenza.

La velocità di propagazione di un'onda in termini di lunghezza d'onda, periodo e frequenza.

La velocità del suono e il fenomeno dell'eco.

La legge oraria delle onde armoniche al variare del tempo  $t$ : analisi dello spostamento dalla posizione di equilibrio in funzione del tempo.

L'ampiezza e il periodo di un'onda armonica, la velocità angolare del moto circolare uniforme come pulsazione del moto armonico e la corrispondente fase.

La fase iniziale di un moto armonico sia in termini fisici, in relazione allo spostamento iniziale dalla posizione di equilibrio, sia in termini matematici in relazione all'intersezione del profilo dell'onda con l'asse  $y$ .

La legge delle onde armoniche al variare della posizione  $x$  lungo la direzione di propagazione: analisi della lunghezza d'onda in relazione al periodo.

La funzione d'onda armonica al variare delle variabili  $x$  e  $t$ .

Derivazione della funzione d'onda armonica dall'applicazione della traslazione orizzontale  $vt$  alla legge in funzione della variabile  $x$  (con dimostrazione).

Il principio di sovrapposizione e il fenomeno di interferenza: interferenza distruttiva e interferenza costruttiva.

Onde periodiche in fase e in opposizione di fase: definizione, determinazione della corrispondente fase iniziale (multipli pari o dispari dell'angolo giro), analisi del profilo dell'onda risultante dall'interferenza (ampiezza doppia o nulla).

La sovrapposizione di due onde armoniche sfasate qualsiasi: sfasamento o differenza di fase,

somma algebrica delle due funzioni d'onda (con dimostrazione applicando le formule di prostaferesi), analisi dell'onda risultante in termini di ampiezza, lunghezza d'onda, velocità, periodo e fase iniziale.

Il fenomeno di interferenza e la coerenza fra due o più sorgenti.

La sovrapposizione di due onde circolari.

Analisi della figura di interferenza

generata dalla sovrapposizione di due onde circolari: interferenza costruttiva, interferenza distruttiva e i rami di iperbole associati in funzione dell'intersezione di punti corrispondenti di massimo/minimo e della lunghezza del cammino percorso come multiplo della lunghezza d'onda.

Le condizioni di interferenza costruttiva e distruttiva di due onde emesse da sorgenti in fase (con dimostrazione).

Il fenomeno della diffrazione.

La diffrazione attraverso una fenditura e attorno ad un ostacolo in funzione delle dimensioni della fenditura (a confronto con la lunghezza d'onda).

Il fenomeno di interferenza e la sovrapposizione di due onde circolari.

Le condizioni di interferenza costruttiva e distruttiva di due onde emesse da sorgenti in opposizione di fase (con dimostrazione).

## **LA NATURA DELLA LUCE**

Il modello corpuscolare di Newton e il modello ondulatorio di Huygens.

Le tesi a favore del modello corpuscolare di Newton (formazione delle ombre, urti elastici e principi della dinamica).

Le tesi contrarie al modello corpuscolare di Newton: il fenomeno della diffrazione e il fenomeno della rifrazione (con dimostrazione del vettore velocità).

La velocità della luce e la definizione della luce secondo Maxwell.

Il principio di Huygens e l'assenza dei fronti d'onda regressivi secondo Fresnel.

Le onde luminose e i fotoni.

L'effetto fotoelettrico e la tesi di Einstein a favore del modello corpuscolare.

Il dualismo onda-corpuscolo.

I colori come onde luminose di diversa frequenza percepite dall'occhio umano.

L'inversa proporzionalità fra frequenza e lunghezza d'onda.

La luce bianca e la dispersione della luce.

Lo spettro visibile e la rifrazione della luce in funzione della frequenza.

Il fenomeno dell'arcobaleno.

I colori dei corpi illuminati.

L'energia della luce e l'irradiazione.

L'angolo solido e l'intensità di radiazione.

Le grandezze fotometriche: l'intensità luminosa, il flusso luminoso e l'illuminamento.

La figura di interferenza prodotta da un fascio di luce monocromatica che illumina uno schermo tagliato da due fenditure parallele.

L'interferometro di Young e la misura della lunghezza d'onda di un'onda luminosa monocromatica (con dimostrazione).

Le frange luminose e le frange scure della figura d'interferenza e la determinazione delle corrispondenti posizioni angolari (con dimostrazione).

## **LA CARICA ELETTRICA E LA LEGGE DI COULOMB**

L'elettrizzazione per strofinio di un materiale qualsiasi: cariche elettriche positive e negative.

Gli elettroni, i protoni, la struttura di un atomo e la conservazione della carica elettrica.

L'unità di misura della carica elettrica e il valore della carica elettrica e dell'elettrone.

Conduttori e isolanti.

L'elettrizzazione di un conduttore per contatto.

L'elettroscopio e il suo funzionamento.

L'elettrizzazione di un conduttore per induzione elettrostatica e la messa a terra.

La forza elettrica tra due cariche puntiformi e la legge di Coulomb.

La costante di proporzionalità della legge di Coulomb, la costante dielettrica del vuoto, la costante dielettrica relativa e la costante dielettrica assoluta del mezzo.

La relazione fra la forza elettrica nel vuoto e la forza elettrica in un mezzo qualsiasi.

La forza elettrica e la forza gravitazionale: analogie e differenze.

La forza elettrica in un sistema di cariche e il principio di sovrapposizione.

## **IL CAMPO ELETTRICO**

Richiami sul concetto di campo vettoriale e sul campo gravitazionale terrestre.

Gli elementi fondamentali del campo elettrico: sistema di cariche elettriche generatrici, forza elettrica (legge di Coulomb), carica di prova.

Analisi della dipendenza o indipendenza del campo elettrico da tali elementi.

Il campo elettrico: definizione, analisi dimensionale, dipendenza dalle cariche generatrici e dal punto dello spazio in cui viene misurato, non dipendenza dalla carica di prova.

Il campo elettrico generato da una carica puntiforme: modulo, direzione, verso, rappresentazione grafica. Il campo elettrico generato da più cariche puntiformi e il principio di sovrapposizione.

Le linee di un campo e le proprietà associate.

Le linee del campo elettrico generato da una carica puntiforme e da un sistema di due cariche (dipolo elettrico), al variare dei segni delle cariche.

La portata di un fluido attraverso una sezione perpendicolare del tubo: definizione sia come rapporto fra variazione di volume e intervallo di tempo, sia come prodotto fra superficie e velocità e analisi dimensionale associata.

Considerazioni sulla dipendenza della portata del fluido dalla posizione reciproca fra velocità e superficie. Analisi dei casi limite di portata massima e nulla.

Vettore superficie: definizione, rappresentazione grafica, intensità, direzione e verso.

Il flusso della velocità di un fluido attraverso una superficie come prodotto scalare fra i vettori velocità e superficie.

Il flusso del campo elettrico nel caso di campo elettrico uniforme e superficie piana.

Il flusso del campo elettrico nel caso di campo elettrico variabile e superficie curva.

Il vettore superficie di una superficie chiusa.

Il teorema di Gauss per il campo elettrico: enunciato sia come rapporto sia come diretta proporzionalità, rappresentazione grafica, considerazioni sulla dipendenza o meno dalla geometria della superficie e dalla distribuzione delle cariche interne e esterne, dimostrazione (caso elementare).

Analisi del flusso del campo elettrico nel caso di cariche positive e/o negative (angolo nullo e/o piatto).

Il flusso del campo elettrico e le linee di campo: considerazioni sulla diretta proporzionalità.

Il segno del flusso del campo elettrico.

Il campo elettrico generato da una carica elettrica puntiforme.

Il campo elettrico di un piano infinito di carica: intensità (con dimostrazione mediante l'applicazione del teorema di Gauss), direzione, verso, linee di campo.

La densità superficiale di carica.

Il campo di un filo di carica rettilineo e infinito: intensità, direzione, verso, linee di campo.

La densità lineare di carica.

Il campo elettrico all'esterno di una sfera carica.

Il campo elettrico all'interno di una sfera omogenea di carica. Intensità, direzione, verso, linee di campo, analisi delle dirette e inverse proporzionalità e studio del grafico della funzione campo elettrico  $E$  in funzione della distanza  $r$  dal centro della sfera.

## **IL POTENZIALE ELETTRICO**

Richiami sui concetti di lavoro di una forza costante e lavoro di una forza variabile, forza conservativa, energia potenziale associata ad una forza conservativa, esempi di forze conservative note (forza peso, forza elastica, forza di attrazione gravitazionale).

Analisi delle analogie fra la forza di attrazione gravitazionale e la forza elettrica.

La forza elettrica come forza conservativa.

Il lavoro della forza elettrica in un campo elettrico uniforme (superficie piana) e l'energia potenziale elettrica associata (con dimostrazione).

Lo zero dell'energia potenziale e lo studio del segno nel caso di avvicinamento o allontanamento dalla superficie piana.

L'energia potenziale elettrica di un sistema di due cariche puntiformi (con dimostrazione sull'analogia fra  $F$  gravitazione e legge di Coulomb).

Lo zero dell'energia potenziale e l'analisi dei grafici di  $U$  in funzione di  $r$ .

L'energia potenziale in meccanica e in elettrostatica.

L'energia potenziale di un sistema di cariche puntiformi e l'applicazione del principio di sovrapposizione.

Dal lavoro compiuto dalla forza elettrica per spostare una carica di prova da un punto  $A$  ad un punto  $B$  alla differenza di potenziale.

Differenza di potenziale e potenziale elettrico: definizione, analisi dimensionale, significato fisico.

Il Volt e l'electronvolt.

Il potenziale in un campo elettrico uniforme.

Il potenziale di una carica puntiforme e di un sistema di cariche.

Le grandezze vettoriali e scalari che descrivono i fenomeni elettrici in un sistema di cariche in relazione alla dipendenza o meno dalla carica di prova.

Il moto spontaneo delle cariche elettriche.

Definizione di superficie equipotenziale.

Le superfici equipotenziali nei casi di campo elettrico uniforme e campo elettrico generato da una carica puntiforme.

La perpendicolarità fra le linee di campo elettrico e le superfici equipotenziali corrispondenti (con dimostrazione).

La circuitazione del campo elettrico: definizione e procedura operativa del calcolo associato.

La circuitazione in elettrostatica e il legame intrinseco fra la circuitazione e il potenziale elettrico.

La proprietà del campo elettrostatico di avere circuitazione nulla lungo qualsiasi curva chiusa (con dimostrazione).

## **I CONDUTTORI CARICHI**

Lo stato di equilibrio elettrostatico di un conduttore e le proprietà ad esso associate.

La carica elettrica di un conduttore in equilibrio e la distribuzione superficiale di carica in relazione alla simmetria del conduttore.

Il campo elettrico all'interno e sulla superficie del conduttore (con dimostrazione).

Il teorema di Coulomb per il campo elettrico sulla superficie di un conduttore all'equilibrio elettrostatico (con dimostrazione).

Il potenziale elettrico di un conduttore in equilibrio e la proprietà di essere una superficie equipotenziale (con dimostrazione).

Il potenziale elettrico di una sfera conduttrice isolata: analisi del potenziale  $V$  in funzione della distanza  $r$  dal centro della sfera e rappresentazione grafica.

L'equilibrio elettrostatico di due sfere conduttrici collegate: analisi delle equazioni che descrivono il sistema in relazione al principio di conservazione della carica e alla proprietà di equipotenzialità.

Le cariche distribuite su due sfere conduttrici collegate all'equilibrio e la diretta proporzionalità con i raggi delle sfere stesse.

Le densità superficiali di carica su due sfere conduttrici collegate all'equilibrio e l'inversa proporzionalità con i raggi delle sfere stesse.

La capacità elettrostatica di un conduttore: definizione, diretta proporzionalità fra carica  $Q$  e potenziale  $V$ , analisi dimensionale.

La capacità di una sfera conduttrice.

Il condensatore: struttura e elementi caratteristici, carica e differenza di potenziale.

La capacità di un condensatore: definizione, analisi dimensionale, diretta proporzionalità fra carica e differenza di potenziale.

Il condensatore piano.

Il campo elettrico uniforme tra le armature di un condensatore piano, sia nel vuoto, sia in presenza di un dielettrico isolante (con dimostrazione).

La differenza di potenziale e la capacità di un condensatore piano, sia nel vuoto, sia in presenza di un dielettrico isolante (con dimostrazione).

Il ruolo dell'isolante inserito fra le armature del condensatore e la rigidità dielettrica dell'isolante.  
Il moto di una carica elettrica tra le armature di un condensatore: velocità iniziale della carica parallela e concorde alla forza elettrica, velocità iniziale della carica parallela e discorde alla forza elettrica, velocità iniziale della carica non parallela alla forza elettrica, velocità iniziale della carica perpendicolare alla forza elettrica.  
Analisi delle analogie con i casi di caduta libera e/o lancio verso il basso, lancio verso l'alto, moto parabolico.  
I circuiti elettrici, una rete di condensatori e la capacità equivalente.  
Il collegamento in parallelo di due o più condensatori: la differenza di potenziale e la capacità equivalente (con dimostrazione).  
Il collegamento in serie di due o più condensatori: la carica e la capacità equivalente (con dimostrazione).  
Il processo di carica di un condensatore.  
Il lavoro di caricamento di un condensatore nelle tre formulazioni equivalenti (con dimostrazione).  
Considerazioni grafiche e proporzionalità: analisi del grafico della differenza di potenziale in funzione della carica come funzione lineare passante per l'origine degli assi (proporzionalità diretta), analisi del lavoro totale di caricamento come area della regione di piano sottesa dal grafico della differenza di potenziale in funzione della carica (area triangolo rettangolo).  
La densità di energia elettrica in un condensatore (con dimostrazione).  
Verso le equazioni di Maxwell: il teorema di Gauss per il campo elettrico e il teorema della circuitazione per il campo elettrostatico.

## **I CIRCUITI ELETTRICI**

Il ruolo del generatore di tensione in un circuito elettrico (analogia con i liquidi).  
Il circuito elettrico e il generatore di tensione continua, analisi dei simboli elettrici più comuni.  
L'intensità di corrente: definizione, analisi dimensionale, verso di percorrenza.  
Intensità di corrente media e istantanea.  
La corrente continua.  
I conduttori ohmici e la diretta proporzionalità fra intensità di corrente e differenza di potenziale.  
La prima legge di Ohm: enunciato, analisi dimensionale, i resistori e la resistenza elettrica.  
La seconda legge di Ohm e la resistività di un conduttore: enunciato, analisi dimensionale.  
La dipendenza della resistività dalla temperatura.  
I circuiti elettrici, una rete di resistori e la resistenza equivalente.  
Il collegamento in parallelo di due o più resistori: la differenza di potenziale e la resistenza equivalente (con dimostrazione).  
Il collegamento in serie di due o più resistori: l'intensità di corrente e la resistenza equivalente (con dimostrazione).  
Analogie e differenze fra reti di condensatori e reti di resistori.  
Risoluzione di un circuito formato da condensatori qualsiasi (né in serie, né in parallelo).  
Gli strumenti di misura in un circuito: amperometro e voltmetro.  
Collegamenti degli strumenti di misura all'interno di un circuito e analisi delle relative resistenze interne.  
Il resistore variabile e il potenziometro.  
Analisi del valore della resistenza  $R_x$  al variare della lunghezza  $x$  di  $R$  inserita nel circuito.  
Discussione dei casi limite di potenziale nullo (corrente nulla) e massimo (corrente massima) al variare di  $x$  fra 0 e  $R$ .  
La forza elettromotrice di un generatore e la differenza di potenziale fra i poli.  
Generatori di tensione ideali e reali.  
La resistenza interna di un generatore reale.  
Gli elementi fondamentali di un circuito: definizione di nodo, ramo e maglia.  
La risoluzione di un circuito.  
La prima legge di Kirchhoff, o legge dei nodi, come conseguenza del principio di conservazione della carica elettrica.  
La seconda legge di Kirchhoff, o legge delle maglie, come conseguenza della conservatività del campo elettrostatico.

La risoluzione di un circuito complesso.  
L'effetto Joule e la trasformazione dell'energia elettrica.  
L'effetto Joule e la potenza dissipata.  
Il calcolo della potenza dissipata (con dimostrazione) e le formulazioni equivalenti mediante l'applicazione della prima legge di Ohm.  
La conservazione dell'energia nell'effetto Joule: richiami e analogie con la relazione fondamentale della calorimetria e il mulinello di Joule.  
La potenza di un generatore di tensione.  
Il kilowattora.  
Il circuito RC: struttura e elementi caratteristici.  
Il processo di carica di un condensatore in un circuito RC.  
Analisi dell'andamento dell'intensità di corrente in funzione del tempo: espressione analitica della funzione  $i(t)$ , rappresentazione grafica e analisi matematica, intensità di corrente iniziale come valore massimo di  $i$  che circola nel circuito, comportamento asintotico verso  $i=0$  al tendere di  $t$  a più infinito. Il tempo caratteristico RC: definizione e interpretazione fisica.  
La seconda legge di Kirchhoff (o legge delle maglie) nel circuito RC e la determinazione della differenza di potenziale ai capi del condensatore in funzione del tempo e della forza elettromotrice del generatore.  
Analisi dell'andamento della carica  $Q$  del condensatore in funzione del tempo: espressione analitica della funzione  $Q(t)$ , rappresentazione grafica e analisi matematica, carica iniziale, comportamento asintotico verso  $Q=Q_{max}$  al tendere di  $t$  a più infinito.  
Il lavoro di caricamento del condensatore e il lavoro del generatore durante il caricamento.  
Il processo di scarica di un condensatore in un circuito RC.  
Analisi dell'andamento dell'intensità di corrente in funzione del tempo: espressione analitica della funzione  $i(t)$ , rappresentazione grafica e analisi matematica, intensità di corrente iniziale come valore massimo di  $i$  che circola nel circuito, comportamento asintotico verso  $i=0$  al tendere di  $t$  a più infinito, verso di scorrimento della corrente.  
La seconda legge di Kirchhoff (o legge delle maglie) nel circuito RC.  
Analisi dell'andamento della carica  $Q$  del condensatore in funzione del tempo: espressione analitica della funzione  $Q(t)$ , rappresentazione grafica e analisi matematica, carica iniziale, comportamento asintotico verso  $Q=0$  al tendere di  $t$  a più infinito.  
Richiami matematici sui grafici di funzioni coinvolti, sulle rispettive proprietà e sulle trasformazioni geometriche applicate.

### **LABORATORIO:**

ESPERIENZA DI LABORATORIO: Determinazione della lunghezza d'onda di un raggio incidente di luce monocromatica utilizzando l'interferometro di Young.

### **EDUCAZIONE CIVICA**

Partecipazione alla conferenza "Ruggenti anni 2020, nello spazio!" tenuta da Adrian Fartade presso gli OpenLabs dei Laboratori Nazionali di Fisica Nucleare di Frascati.

LIBRO DI TESTO: Ugo Amaldi – IL NUOVO AMALDI PER I LICEI SCIENTIFICI. blu  
Onde, Campo Elettrico e Magnetico, Terza Edizione.

Civitavecchia, 8 giugno 2024

Docente  
Prof.ssa Anna Nobili