

3. Fisica

All'interno delle discipline scientifiche sperimentali presenti nel curriculum liceale, la fisica affronta lo studio di base dei fenomeni naturali, abbracciando una scala di ordini di grandezza incredibilmente vasta: dai sistemi subatomici fino all'intero universo. Più che dall'oggetto di studio, unità alla disciplina viene conferita dal metodo di indagine e dall'esistenza, quasi prodigiosa, di strutture e di leggi di carattere fondamentale, valide e utilizzabili a tutti gli ordini di grandezza e che possono essere espresse in relazioni quantitative grazie al linguaggio matematico. Affrontare lo studio della fisica a livello liceale, nei suoi aspetti sia qualitativi che quantitativi, vuol quindi dire imparare ad applicare il metodo scientifico nei suoi aspetti analitico-deduttivi nel momento di indagine, negli aspetti induttivi e di sintesi nella costruzione di concetti astratti e nell'elaborazione di modelli e teorie.

3.1 Finalità formative e obiettivi dell'insegnamento

Nell'ambito delle finalità formative delle scienze sperimentali, il corso di *fisica – disciplina fondamentale* deve consentire all'allievo di:

- formarsi un'idea generale della costruzione scientifica che va sotto il nome di «fisica» (campi di studio, metodologia, finalità, implicazioni etiche e sociali, ecc.) e dei suoi rapporti con le altre discipline sperimentali;
- comprendere il ruolo dell'approccio sperimentale nella pratica scientifica, sia come punto di partenza per l'elaborazione di concetti, di leggi e di teorie, sia come strumento di verifica delle concezioni e di controllo delle previsioni fornite;
- comprendere il valore e la necessità del rigore scientifico e abituarsi al ragionamento logico, riconoscendo con chiarezza il significato dei singoli passi compiuti nel processo di costruzione e di affinamento di una determinata legge o di un determinato modello; comprendere l'utilità ed i limiti dell'introduzione di una descrizione matematizzata dei fenomeni;
- riconoscere il carattere fondamentale delle leggi fisiche: esse danno un importante contributo allo sviluppo delle altre discipline scientifiche e costituiscono inoltre la trama alla quale si allacciano le diverse applicazioni tecnologiche;
- riconoscere nella realtà che lo circonda esempi di ricaduta tecnologica del progresso della conoscenza scientifica e spiegare l'interdipendenza che viene così a crearsi; sviluppare un sano senso critico: porsi positivamente davanti alle possibilità che sono offerte dalla scienza e dalla tecnologia, ma divenire consapevole anche delle possibilità di abuso e delle responsabilità nei confronti del mondo in cui viviamo;
- maturare il significato di scienza come conoscenza condivisa e la consapevolezza che essa è soggetta ad un continuo lavoro di affinamento: conoscere in qualche situazione specifica l'evoluzione storica dei concetti e dei modelli impiegati e alcuni esempi concreti dove la conoscenza attuale non può essere ritenuta che provvisoria.

Queste finalità formative generali verranno perseguite presentando un ventaglio sufficientemente ampio di argomenti tratti dai vari capitoli classici fondamentali. Ogni capitolo dovrà essere affrontato trattando sia gli aspetti fenomenologici e descrittivi sia i modelli caratteristici della disciplina. Nei singoli ambiti il corso di *Fisica – disciplina fondamentale* desidera in particolare:

- confrontare l'allievo con la varietà dei fenomeni naturali, fornendogli nel contempo gli strumenti concettuali per cogliere le caratteristiche unitarie che emergono dalle attuali conoscenze scientifiche. In particolare, l'allievo dovrà:
 - riconoscere le principali grandezze fisiche necessarie per la descrizione fenomenologica dei vari campi di studio e il loro ruolo nei fenomeni studiati;
 - riconoscere le caratteristiche generali di una determinata classe di processi ed elaborare le leggi empiriche (modelli primari) che permettono di descriverli, cogliendo nello strumento matematico un potente strumento di sintesi con grande capacità predittiva;
 - conoscere, attraverso una sperimentazione il più possibile diretta, i fatti sperimentali che hanno dato origine alla descrizione oggi condivisa dei fenomeni naturali; familiarizzarsi con la metodologia scientifica sperimentale nella costruzione e nella verifica di ipotesi, congetture, leggi e modelli;
 - riconoscere nelle leggi di conservazione un potente strumento per prevedere il comportamento di un determinato sistema;
- presentare all'allievo gli argomenti in modo che egli possa percepire che dietro a singoli fenomeni e leggi empiriche vi sono concezioni di ampio respiro che si sono delineate e consolidate nel corso del tempo e che sono caratteristiche dei vari campi della fisica; in particolare il percorso scelto dovrà:
 - presentare i punti fondamentali dei diversi campi di studio, così da dare una visione globale della disciplina, aprendo anche una finestra su uno o più argomenti della fisica del XX secolo;
 - presentare i modelli fondamentali (corpuscolare e ondulatorio);
 - fornire all'allievo esempi dei vari tipi di leggi impiegate per la descrizione dei fenomeni fisici (leggi deterministiche, leggi statistiche);
 - mantenere l'approccio sperimentale nella costruzione concettuale delle grandezze e delle loro relazioni quantitative;
 - sottolineare l'importanza delle leggi generali e dei principi di conservazione;
 - esemplificare il ruolo del modello fisico quale strumento di sintesi e di previsione e della necessità, che talvolta si presenta, di un radicale ripensamento (cambiamento di paradigma).

3.2 Organizzazione dell'insegnamento e scelte metodologiche

L'insegnamento della *fisica* nell'ambito della *disciplina fondamentale* prevede per il corso rivolto agli allievi che hanno scelto l'opzione specifica *Fisica e applicazioni della matematica (FAM)* cinque ore settimanali complessive ripartite nei primi due anni, mentre per gli allievi che hanno scelto l'opzione specifica *Biologia e Chimica (BIC)*, oltre alle cinque ore previste nel primo biennio, si aggiungono due ore settimanali il terzo anno e due ore settimanali il quarto anno.

Gli allievi che hanno optato per un'opzione specifica non scientifica hanno complessivamente sei ore settimanali ripartite nel secondo e terzo anno.

All'interno di questa dotazione oraria, è prevista un'attività di laboratorio, a classi dimezzate, corrispondente complessivamente ad un'ora annuale; è lasciata facoltà alle sedi di concentrarla in un unico anno o di ripartirla sui due anni. Tale attività può altresì comprendere momenti di teoria o di esercitazioni che potranno beneficiare del ridotto numero di allievi.

Partendo dal presupposto che l'apprendimento dell'allievo è facilitato dal suo coinvolgimento diretto nelle attività didattiche, è necessario scegliere delle strategie metodologiche che risvegliano interesse e curiosità. Particolare attenzione dovrebbe rivolta anche allo sviluppo del pensiero

critico dell'allievo nei confronti della costruzione del proprio sapere scientifico. Attraverso l'attività di laboratorio e l'adozione di modalità di lavoro attivo in classe, l'allievo dovrebbe essere stimolato a distinguere tra congetture e fatti sperimentali, tra ipotesi e risultati, tra leggi generali e leggi particolari, e a giustificare con coerenza le proprie affermazioni.

3.3 Argomenti

3.3.1. Primo biennio indirizzo scientifico (Opzione specifica FAM e BIC)

Il primo biennio dedicato alle classi che hanno scelto un'opzione specifica scientifica è pensato come un avvicinamento progressivo al concetto di energia, partendo dal contesto della meccanica per poi estenderlo a quello più generale e al suo principio di conservazione formalizzato nel primo principio della termodinamica. L'allievo viene progressivamente introdotto alla fisica partendo dallo studio del moto (cinematica e dinamica) per poi analizzare gli aspetti energetici ad esso connessi, integrando i fenomeni dissipativi e giungendo quindi ad una visione completa degli aspetti basilari legati all'energia. Nello studio della meccanica si inizierà senza il formalismo vettoriale, presentando unicamente il carattere vettoriale quale concetto. Solo dopo aver trattato il formalismo vettoriale nel corso di *Matematica – Disciplina fondamentale*, esso verrà integrato nell'insegnamento della fisica.

Il corso del primo biennio è inteso a permettere di acquisire nella loro essenzialità gli obiettivi di insegnamento. Tali obiettivi verranno ulteriormente affinati nel secondo biennio sia all'interno del corso *FAM*, sia nella prosecuzione del corso base per gli allievi che hanno scelto *BIC*.

È auspicabile che la parte del programma concernente il metodo scientifico, il concetto di grandezza fisica e tutti gli aspetti concernenti le unità di misura non venga affrontata in blocco all'inizio. Al fine di confrontare il più presto possibile l'allievo con i fenomeni della fisica si ritiene sia più utile distribuire queste nozioni durante l'intero anno, puntualmente, quanto se ne presenta la necessità concreta legata ai temi affrontati. Il capitolo facoltativo sulle incertezze nel processo di misura trova la sua sede ideale all'interno dell'attività di laboratorio.

Ogni sede dovrà affrontare nel corso del primo biennio almeno un argomento di quelli contrassegnati con l'asterisco (*). Gli argomenti non trattati nel primo biennio dovranno essere collocati all'interno del corso *FAM* e all'interno del secondo biennio del corso base per gli allievi che hanno scelto *BIC*.

Basi di cinematica

- Sistemi di riferimento e sistemi di coordinate. Posizione, istante di tempo, spostamento e intervallo di tempo.
- Velocità media e istantanea, accelerazione.
- Moto rettilineo uniforme e moto rettilineo uniformemente accelerato, funzioni che descrivono la loro evoluzione temporale.
- Grafici $x(t)$, $v(t)$ e $a(t)$ e loro interpretazione geometrica (pendenza e area sotto il grafico).
- Caduta libera quale esempio di moto rettilineo uniformemente accelerato.
- Grandezze scalari e vettoriali. Carattere vettoriale di spostamento, velocità e accelerazione (significato del loro segno).

Basi di dinamica

- Concetto di sistema meccanico.
- Prima legge di Newton (Principio di inerzia) e sistemi di riferimento inerziali.

Il presente documento entra in vigore progressivamente a partire dalle classi prime nell'anno scolastico 2020/2021.

- Forza, risultante delle forze (regola del parallelogrammo), equilibrio.
- Seconda legge di Newton nella forma $F = ma$ (dove F è la somma delle forze esterne).
- Terza legge di Newton (Principio di azione-reazione).
- Esempi di forze: forza peso, forza elastica, forza di Archimede.
- Quantità di moto e sua legge di conservazione.

Descrizione delle forze

- Forza di gravità.
- Forze di contatto: forza normale, forza di tensione, forza di attrito radente statico e dinamico.
- Deformazioni: legge di Hooke.
- Pressione nei liquidi: principio di Pascal, legge di Stevino e forza di Archimede.

Energia meccanica

- Lavoro di una forza costante, interpretazione del grafico $F(x)$ (anche per le forze non costanti).
- Energia cinetica e teorema dell'energia cinetica.
- Energia potenziale, energia potenziale gravitazionale, energia potenziale elastica.
- Energia meccanica e teorema di conservazione dell'energia meccanica.
- Potenza (meccanica).

Basi di termologia

- Concetto di sistema termodinamico.
- Temperatura: principio zero della termodinamica. Scale termometriche.
- Dilatazione termica.
- Scambi di energia: calore e lavoro. Capacità termica, calore specifico.
- Stati di aggregazione della materia, passaggi di stato, calori latenti.
- Conduzione, convezione, irraggiamento.
- Equilibrio termico.
- Energia interna, lavoro delle forze dissipative e primo principio della termodinamica.

Termodinamica (*)

- Modello del gas ideale e le sue equazioni di stato.
- Lavoro di compressione uniforme, caso del gas ideale.
- Trasformazioni dei gas ideali, trasformazioni cicliche. Rappresentazione sul grafico $p-V$.
- Calori specifici molari a pressione e volume costante.
- Macchine termiche e loro rendimento, pompe di calore e loro efficienza.
- Secondo principio della termodinamica. Enunciati di Clausius e Kelvin.
- Modello del gas reale, equazione di stato di van der Waals, diagrammi di fase.

Approfondimenti di cinematica e dinamica

- Descrizione della posizione della velocità e dell'accelerazione in forma vettoriale.
- Moto uniformemente accelerato: balistica.
- Descrizione vettoriale delle forze: composizione e scomposizione di forze. Esempio del piano inclinato.
- Moto circolare.
- Quantità di moto, impulso in forma vettoriale. Urti.

Gravitazione universale (*)

- Orbite dei pianeti e Leggi di Keplero.
- Legge della gravitazione universale.
- Studio dinamico delle orbite.
- Energia potenziale e energia orbitale.
- Velocità di fuga.

Elettricità (*)

- Carica elettrica e suo principio di conservazione.
- Forza elettrica: aspetti fenomenologici e Legge di Coulomb.
- Campo elettrico. Casi particolari (campo uniforme e campo generato da carica puntiforme).
- Energia potenziale elettrica e potenziale elettrico.
- Moto delle cariche in un campo elettrico costante.
- Correnti e circuiti elettrici: resistenza, legge di Ohm. Circuiti in serie e in parallelo.
- Potenza dissipata in un circuito, effetto Joule.

3.3.2. Secondo biennio indirizzo scientifico (Opzione specifica BIC)

Si ricorda che si dovranno affrontare gli argomenti non trattati nel corso del primo biennio scientifico. È obbligatorio, inoltre, trattare almeno un argomento di Fisica del XX secolo; tali argomenti sono indicati con l'asterisco (*). Considerando che il programma è molto vasto, è data facoltà alle singole sedi di stabilire gli argomenti prioritari.

Ottica geometrica

- Legge della rifrazione e della riflessione.
- Indice di rifrazione.
- Applicazioni.

Oscillazioni

- Moto armonico e relativi parametri.
- Aspetti energetici del moto armonico semplici.

Onde

- Funzione d'onda e suoi parametri, velocità di propagazione.
- Onde meccaniche trasversali e longitudinali: onde su una corda, onde acustiche.
- Effetto Doppler.
- Principio di sovrapposizione: battimenti, onde stazionarie, principio di Huygens, interferenza di sorgenti puntiforme, diffrazione.
- Aspetti energetici delle onde, potenza, intensità, livello sonoro.

Elettromagnetismo

- Ripresa dei concetti di carica, campo e potenziale.
- Cariche elettriche come sorgenti del campo elettrico: teorema di Gauss e flusso del campo elettrico.
- Campo magnetico, forza magnetica su una carica.
- Forze magnetiche su correnti elettriche.

Il presente documento entra in vigore progressivamente a partire dalle classi prime nell'anno scolastico 2020/2021.

- Correnti elettriche come sorgenti di campo magnetico: teorema di Ampère e circuitazione del campo magnetico.
- Induzione magnetica, legge di Faraday-Neumann-Lenz.
- Onde elettromagnetiche.

Complementi di termodinamica

- Entropia di Clausius e secondo principio della termodinamica.
- Processi reversibili e irreversibili.
- Teoria cinetica dei gas. Distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità.
- Entropia di Boltzmann.

Sistemi dinamici e teoria del caos (*)

- Determinismo e caos deterministico.
- Punti fissi, cicli limite con riferimento a sistemi fisici, chimici e biologici.
- Fenomeni caotici semplici.

Fisica nucleare e subnucleare (*)

- Proprietà del nucleo atomico: forza nucleare ed energia di legame.
- Equivalenza massa-energia.
- Decadimento radioattivo.
- Fusione e fissione nucleare.
- Il modello standard.

Fisica quantistica (*)

- Corpo nero e quantizzazione dell'energia.
- Effetto fotoelettrico e teoria corpuscolare della luce.
- Dualismo onda-particella.
- Interferenze quantistiche ad una particella: esperimento della doppia fenditura, interferometro di Mach-Zehnder.
- Modelli atomici.

3.3.3. Biennio per gli indirizzi linguistici, umanistici e artistici

Il corso proposto per gli studenti che hanno scelto un'opzione specifica ad indirizzo linguistico, umanistico o artistico è caratterizzato da un approccio maggiormente qualitativo. Particolare attenzione dovrà essere riservata agli aspetti storici e alle ricadute tecnologiche che le scoperte della fisica hanno permesso. Il capitolo legato all'energia non dovrà trascurare le problematiche ambientali. È opportuno che gli allievi siano messi a confronto con tutti i temi classici della fisica. Le tematiche relative alla fisica moderna potranno, eventualmente, essere accennate durante il corso come complemento o curiosità alla fine di un capitolo.

La parte del programma concernente il metodo scientifico, il concetto di grandezza fisica e tutti gli aspetti concernenti le unità di misura sono già stati trattati durante il corso di chimica del primo anno. Questi argomenti potranno, eventualmente, essere richiamati durante il corso in base alle necessità del momento. Il capitolo facoltativo sulle incertezze nel processo di misura trova la sua sede ideale all'interno dell'attività di laboratorio.

Considerando che il programma è molto vasto è data facoltà alle singole sedi di stabilire gli argomenti prioritari.

Cinematica

- Sistemi di riferimento. Posizione, istante di tempo, spostamento e intervallo di tempo.
- Velocità e accelerazione.
- Moto rettilineo uniforme e moto rettilineo uniformemente accelerato, funzioni che descrivono la loro evoluzione temporale.
- Grafici $x(t)$, $v(t)$ e $a(t)$ e loro interpretazione geometrica (pendenza e area sotto il grafico).

Dinamica

- Concetto di sistema. Forza, risultante delle forze (legge del parallelogrammo), equilibrio.
- Principi della dinamica di Newton.
- Esempi di forze: forza peso, forza normale, forza di tensione, forza di attrito, forza elastica, forza di Archimede.
- Gravitazione universale.
- Concetto di pressione.
- Quantità di moto e sua legge di conservazione.

Energia meccanica

- Lavoro, energia cinetica e teorema dell'energia cinetica.
- Energia meccanica: energia potenziale gravitazionale, energia potenziale elastica e teorema di conservazione dell'energia meccanica.
- Potenza (meccanica).

Termodinamica

- Temperatura, dilatazione termica.
- Sistema termicamente isolato, Calore, capacità termica, calore specifico.
- Stati di aggregazione della materia, passaggi di stato, calori latenti.
- Equilibrio termico.
- Energia interna, lavoro delle forze dissipative e primo principio della termodinamica.
- Leggi dei gas ideali e loro trasformazioni termodinamiche.
- Macchine termiche e loro rendimento, pompe di calore e loro efficienza.
- Secondo principio della termodinamica.

Ottica geometrica

- Legge della riflessione e della rifrazione.
- Indice di rifrazione.
- Applicazioni.

Oscillazioni

- Moto armonico semplice e relativi parametri.
- Aspetti energetici del moto armonico semplice.

Onde

- Funzione d'onda e suoi parametri, velocità di propagazione.
- Onde meccaniche trasversali e longitudinali: onde su una corda, onde acustiche.
- Effetto Doppler.
- Sovrapposizione di onde. Esempi scelti tra battimenti, onde stazionarie, interferenza e diffrazione.

Elettromagnetismo

- Carica elettrica.
- Legge di Coulomb e forza elettrica.
- Campo elettrico e potenziale elettrici.
- Correnti e circuiti elettrici: resistenza, legge di Ohm. Circuiti in serie e in parallelo.
- Potenza dissipata in un circuito, effetto Joule.
- Campo magnetico.
- Forze magnetiche su cariche e correnti elettriche, legge di Lorentz.
- Correnti elettriche come sorgenti di campo magnetico.
- Aspetti fenomenologici dell'induzione magnetica.
- Onde elettromagnetiche.

Temî di fisica del XX secolo

3.4. Valutazione

Si prendono in considerazione strategie di valutazione che danno all'allievo la possibilità di valorizzare il proprio apprendimento in relazione all'insieme degli obiettivi dell'insegnamento. Occorre perciò prevedere opportunità diversificate di valutazione, attraverso le quali l'allievo possa dimostrare il livello raggiunto nelle competenze, nonché l'interesse e la disponibilità al lavoro e alle singole attività.

La valutazione terrà conto del lavoro e dell'atteggiamento in classe e in laboratorio, di prove scritte e orali e di lavori eseguiti singolarmente o a gruppi.

La valutazione avviene sugli obiettivi generali dell'insegnamento adattati ai referenti disciplinari scelti nei piani di studio di sede. In particolare, per i singoli campi di studio, si verificherà che l'allievo sappia:

- utilizzare correttamente i termini e il linguaggio disciplinare; conoscere e applicare a situazioni concrete i concetti studiati, nonché le relative relazioni fenomenologiche e teoriche (definizioni operative, relazioni empiriche, ecc.);
- collegare i simboli algebrici con le grandezze fisiche che essi rappresentano; illustrare a parole il significato fisico di una legge; indicare situazioni concrete nelle quali si manifestano le leggi e i fenomeni studiati;
- conoscere e applicare correttamente le unità di misura delle varie grandezze e le loro trasformazioni; riconoscere le unità fondamentali e quelle derivate; utilizzare in modo appropriato la simbologia e le cifre significative;
- distinguere tra definizioni di grandezze fisiche (in senso logico-formale) e la loro descrizione sulla base dell'osservazione sperimentale e del senso comune; distinguere tra carattere sperimentale e speculativo di leggi e principi; distinguere tra ipotesi, congettura, risultato sperimentale;
- distinguere le grandezze scalari da quelle vettoriali e applicare le strutture matematiche che le caratterizzano; distinguere qualitativamente dal punto di vista del comportamento fisico le grandezze estensive dalle grandezze intensive;
- descrivere a parole lo svolgimento di semplici processi fisici; individuare le grandezze fisiche che intervengono nello studio di un fenomeno; generalizzare una legge particolare ad un ambito più esteso; prevedere la dipendenza di un fenomeno da determinati parametri;
- applicare il concetto di sistema fisico, riconoscendo le grandezze che lo descrivono e interpretando i processi naturali sulla base delle interazioni che avvengono all'interno del sistema e/o degli scambi che intercorrono con l'ambiente circostante;

Il presente documento entra in vigore progressivamente a partire dalle classi prime nell'anno scolastico 2020/2021.

- risolvere numericamente problemi chiusi; stimare l'ordine di grandezza delle quantità cercate; indicare se le informazioni a disposizione sono sufficienti per la risoluzione del problema proposto;
- affrontare e impostare in modo coerente la soluzione di un determinato problema: illustrare il metodo seguito, dare gli opportuni riferimenti ai principi e alle leggi generali impiegati, interpretare e commentare i risultati;
- descrivere le caratteristiche essenziali dei modelli studiati; riconoscere nella situazione reale gli elementi che permettono l'applicazione di un dato modello;
- adattare leggi generali al caso particolare; scegliere il modello adatto alla situazione particolare; utilizzare più modelli per descrivere una medesima situazione; applicare o estendere per analogia un dato modello; indicare le ragioni che, in una determinata situazione, impongono l'abbandono di un dato modello;
- conoscere e saper utilizzare strumenti di misura di alcune grandezze fisiche rilevanti; descrivere il principio che sta alla base del loro funzionamento;
- pianificare un esperimento reale o concettuale per la confutazione di un'ipotesi o per decidere tra due ipotesi; valutare cosa è essenziale e cosa è trascurabile; eseguire le necessarie semplificazioni; valutare la realizzabilità di un esperimento;
- conoscere l'evoluzione dei concetti e dei modelli impiegati per la descrizione di determinati fenomeni;
- cogliere i nessi trasversali tra tematiche affini e stabilire analogie; applicare per analogia procedimenti studiati in situazioni nuove; riconoscere gli aspetti interdisciplinari.