

7. **Opzione specifica Fisica e Applicazioni della Matematica (OS FAM)**

Il corso di Fisica e Applicazioni della Matematica FAM è diretto agli studenti che desiderano una formazione approfondita in fisica e matematica. L'obiettivo è quello di fornire una preparazione solida ed esauriente sia per coloro che intendono proseguire gli studi in ambito scientifico, sia per coloro che sono semplicemente interessati ad ampliare il proprio bagaglio culturale.

Gli argomenti di fisica dell'opzione FAM integrano il programma del corso base ed offrono una visione dei principali temi della fisica classica, nonché un'introduzione ad alcuni temi selezionati di fisica moderna. Gli argomenti di matematica, sviluppati in sinergia con il corso di fisica, offrono approfondimenti e varie applicazioni che non figurano nella disciplina fondamentale ed evidenziano la potenza e l'imprescindibilità della matematica quale linguaggio e strumento di pensiero per comprendere la struttura dei fenomeni fisici.

7.1. **Finalità formative e obiettivi dell'insegnamento**

La finalità principale dell'opzione consiste nell'educare l'allievo a costruirsi modelli matematici di situazioni fisiche. Parallelamente si offre all'allievo la possibilità di completare la sua conoscenza delle leggi fondamentali della fisica, essenziale per poter intraprendere curricula di studio di tipo scientifico. Per quanto riguarda la matematica, l'allievo che frequenta questa opzione ha l'opportunità di rafforzare le conoscenze del corso approfondito come pure di svilupparne delle nuove. L'attività didattica deve essere organizzata in modo che, oltre alla competenza disciplinare, vengano sviluppate la dimensione culturale e quella formativa della scienza.

Gli obiettivi sono espressi indipendentemente dai contenuti: andranno coniugati con questi ultimi, a seconda del percorso scelto.

- Elaborare un modello matematico che permetta di descrivere e indagare situazioni fisiche.
- Dedurre dal modello matematico le proprietà e i comportamenti dei sistemi, interpretandoli dal punto di vista fisico; prevedere il comportamento del modello al variare di determinati parametri.
- Cogliere il ruolo unificante del linguaggio matematico, sapendo trasferire in un altro ambito l'impiego di un modello visto in una certa situazione.
- Prendere coscienza dei limiti (sia tecnici sia epistemologici) dei vari modelli; saper scegliere tra vari modelli quello più adatto alla descrizione del fenomeno in esame.
- Mettere in evidenza il legame tra strutture matematiche e proprietà fisiche.
- Essere consapevole che la conoscenza scientifica è soggetta a un continuo lavoro di affinamento: conoscere in qualche situazione specifica l'evoluzione dei concetti e dei modelli impiegati per la descrizione di un fenomeno e alcuni esempi concreti dove la conoscenza attuale non può essere che provvisoria.
- Produrre qualche esempio di ricaduta tecnologica del progresso della conoscenza scientifica e spiegare l'interdipendenza che viene così a crearsi.

7.2. Organizzazione dell'insegnamento e scelte metodologiche

La materia *Fisica e applicazioni della matematica* si configura come una sola disciplina, pertanto gli insegnamenti dovranno essere coordinati.

Ai docenti di matematica e fisica spetta il compito di definire un preciso percorso attingendo dai referenti disciplinari, sia fisici sia matematici, tenendo presente il carattere interdisciplinare dell'insegnamento e salvaguardando quindi in modo esplicito il ruolo di interrelazione e di integrazione tra le due componenti.

L'insegnamento deve promuovere e valorizzare soprattutto un apprendimento che porti alla graduale scoperta di leggi e teorie che governano i processi fisici. Oltre agli aspetti strettamente fisici o matematici, saranno presi in considerazione anche gli aspetti storici, applicativi e tecnologici.

7.3. Campi di studio e referenti disciplinari

Per semplicità espositiva i diversi campi di studio e i possibili referenti disciplinari, presentati di seguito, sono organizzati per singola sotto-disciplina. Il grado di approfondimento dei vari argomenti viene deciso dai due docenti, che scelgono quali sottopunti prediligere e sviluppare.

Nel corso di fisica del secondo anno si tratteranno i capitoli elencati nella lista degli argomenti. Per i capitoli "Gravitazione universale" e "Termodinamica" la sede decide quale tema svolgere nell'Opzione specifica; il tema escluso sarà collocato nel corso base di Fisica. Nel secondo biennio tutti i capitoli di elettromagnetismo devono essere trattati, così come almeno un capitolo legato alla fisica del Novecento. Gli "Approfondimenti di Meccanica" e "Termodinamica" possono essere tralasciati qualora i tempi di lavoro non lo consentano.

All'interno di ogni capitolo, la trattazione degli argomenti in corsivo è facoltativa.

Il corso di matematica terrà conto del percorso deciso nell'ottica interdisciplinare. Questo comporta la necessità di operare una scelta di temi da trattare tra quelli elencati nella lista concernente la matematica. In ogni caso, i capitoli del II biennio "Derivate e integrali in fisica", "Funzioni a due variabili", "Algebra lineare" e "Equazioni differenziali" devono essere svolti. La scelta dei sottopunti e il grado di approfondimento dipendono dal percorso concordato.

7.4. Classe seconda

Argomenti di fisica

Campi di studio	Argomenti
<i>Principio di relatività galileiano e sistemi non inerziali</i>	<ul style="list-style-type: none">Definizione di sistema di riferimento inerziale.Trasformazioni galileiane.Principio di relatività galileiana.<i>Sistemi di riferimento non inerziali.</i><i>Principio di equivalenza (massa gravitazionale e massa inerziale).</i>
<i>Ottica geometrica</i>	<ul style="list-style-type: none">Riflessione speculare e immagine prodotta da uno specchio piano.Rifrazione, legge di Snell, indice di rifrazione e angolo limite.<i>Principio di Fermat.</i><i>Applicazioni: fibre ottiche; prismi; formazione dell'arcobaleno; specchi parabolici; lenti; telescopi; cannocchiali e microscopi.</i>
<i>Oscillazioni</i>	<ul style="list-style-type: none">Definizione di periodo, velocità angolare, pulsazione e frequenza.Evoluzione temporale di posizione, velocità e accelerazione.Forza elastica e relazione tra pulsazione, massa e costante di richiamo.Pendolo semplice come approssimazione di una oscillazione armonica semplice.Aspetti energetici del moto armonico semplice.<i>Oscillazioni smorzate, oscillazioni forzate e risonanza.</i>
<i>Onde</i>	<ul style="list-style-type: none">Funzione d'onda: velocità di propagazione, periodo, frequenza, lunghezza d'onda e numero d'onda.Onde trasversali e longitudinali: onde su una corda, onde acustiche, onde elettromagnetiche.Principio di sovrapposizione: battimenti, onde stazionarie, principio di Huygens, interferenza di sorgenti puntiformi e diffrazione.Aspetti energetici delle onde, potenza, intensità, livello sonoro.Effetto Doppler.
<i>Gravitazione universale</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Introduzione storica.</i>Leggi di Keplero.Legge di Newton della gravitazione universale.Campo gravitazionale.Traiettorie nel campo gravitazionale.<i>Momento angolare di un punto materiale.</i>Conservazione dell'energia meccanica e del momento angolare.<i>Aspetti divulgativi (sistema solare, ecc.).</i>
<i>Termodinamica</i>	<ul style="list-style-type: none">Leggi dei gas ideali.Trasformazioni dei gas ideali e bilancio energetico. 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 (formulazione di Clausius e Kelvin).Gas reali e legge di Van der Waals, diagrammi di fase.

Campi di studio	Argomenti
<i>Strutture algebriche</i>	<ul style="list-style-type: none">• Struttura di gruppo: esempi di semplici gruppi e approccio al concetto di isomorfismo.➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Principio di relatività galileiano e sistemi non inerziali.
<i>Approfondimento di trigonometria e funzioni periodiche</i>	<ul style="list-style-type: none">• Funzioni periodiche: definizione ed esempi.• Formule trigonometriche (bisezione, prostaferesi, Werner, parametriche).• Modello armonico: definizione, aspetti algebrici e grafici, influsso dei parametri.• Somma di funzioni periodiche per la sovrapposizione di onde.➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Oscillazioni.○ Onde.
<i>Sistemi di riferimento nel piano</i>	<ul style="list-style-type: none">• Traslazione, rotazione e rototraslazione degli assi.• Coordinate polari.• Coordinate e scale logaritmiche.• Linearizzazione di funzioni esponenziali (scale semilogaritmiche) e di funzioni potenza (scale logaritmiche doppie).• Applicazioni delle scale semilogaritmiche e logaritmiche doppie alle scienze (legge di Keplero, legge dei gas ideali, ...).➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Principio di relatività galileiano e sistemi non inerziali.○ Relatività ristretta (II biennio).
<i>Curve polari e parametriche nel piano</i>	<ul style="list-style-type: none">• Curve in forma polare e in forma parametrica.• Trasformazione di un'equazione nelle varie forme (polare, parametrica, cartesiana implicita e/o esplicita).• Applicazione ad alcune curve celebri (cicloide, cardioide, spirali, curve di Lissajous, ...).➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Oscillazioni.○ Meccanica del corpo rigido e principi di conservazione (II biennio).○ Moto di cariche elettriche in campi elettrici uniformi (II biennio).○ Energia potenziale e potenziale elettrico (II biennio).○ Forza e campo magnetico (II biennio).
<i>Approfondimento sui vettori geometrici</i>	<ul style="list-style-type: none">• Addizione e scomposizione di vettori in ambito fisico (dal punto di vista geometrico e algebrico).• Applicazioni del prodotto scalare in fisica.➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Meccanica del corpo rigido e principi di conservazione (II biennio).○ Elettrodinamica (II biennio).

Campi di studio**Argomenti**

Coniche

- Introduzione storica sui luoghi geometrici.
 - Equazioni cartesiane e proprietà geometriche delle coniche (parametri, fuochi, direttrici, eccentricità, vertici e centro, simmetrie, ...).
 - Equazione polare ed equazioni parametriche delle coniche.
 - Applicazioni alla fisica
 - Ottica geometrica.
 - Onde.
 - Gravitazione universale.
 - Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo e onde elettromagnetiche (II biennio).
-

7.5. Classe terza e classe quarta

Argomenti di fisica

Approfondimenti di Meccanica e Termodinamica

Campi di studio	Argomenti
<i>Meccanica del corpo rigido e principi di conservazione</i>	<ul style="list-style-type: none">• Grandezze angolari: posizione, velocità e accelerazione angolari.• Centro di massa, momento di inerzia.• Momento di una forza (meccanico) e seconda legge di Newton per il moto rotatorio.• Lavoro ed energia cinetica rotazionale.• Momento angolare e teorema del momento angolare.• Legge di conservazione del momento angolare.• Giroscopio.• Teorema di Huygens-Steiner.
<i>Termodinamica</i>	<ul style="list-style-type: none">• Entropia di Clausius.• Processi reversibili e irreversibili.• Teoria cinetica.• Distribuzione di Maxwell-Boltzmann.• Entropia di Boltzmann.

Elettrodinamica

Campi di studio	Argomenti
<i>Forza e campo elettrico</i>	<ul style="list-style-type: none">• Elettrizzazione e aspetti fenomenologici.• Carica elettrica: quantizzazione e il principio di conservazione.• Legge di Coulomb; somma vettoriale di forze.• Definizione di campo elettrico.• Campo elettrico prodotto da una o più cariche puntiformi.• Linee di forza del campo elettrico.• <i>Campo elettrico di un dipolo.</i>• <i>Campo elettrico prodotto da una distribuzione uniforme di cariche con integrale.</i>
<i>Legge di Gauss</i>	<ul style="list-style-type: none">• Definizione di flusso del campo elettrico.• Legge di Gauss.• Applicazione ad alcuni casi: campo generato da una superficie piana, da un filo e casi con simmetria cilindrica e sferica.
<i>Moto di cariche elettriche in campi elettrici uniformi</i>	<ul style="list-style-type: none">• Analogia con il moto balistico.
<i>Energia potenziale e potenziale elettrico</i>	<ul style="list-style-type: none">• Circuitazione del campo elettrico.• Definizione di energia potenziale e potenziale.• Energia potenziale e potenziale generati da una o più cariche.• Superfici equipotenziali.• Calcolo del potenziale dato il campo elettrico.• Calcolo del campo elettrico dato il potenziale.

<i>Capacità elettrica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione di capacità elettrica. • Esempio di calcolo della capacità in alcuni casi semplici e con un dielettrico. • <i>Condensatori in serie e in parallelo.</i> • Energia immagazzinata nel condensatore. • Carica e scarica del condensatore.
<i>Circuiti elettrici</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione di intensità di corrente elettrica. • Legge di Ohm. • Resistenza, resistività e dipendenza dalla temperatura. • <i>Resistenze in serie e in parallelo.</i> • <i>Circuiti a più maglie: leggi di Kirchhoff.</i> • Energia dissipata e potenza. • <i>Altri dispositivi elettrici (diodo, transistor, ecc.).</i> • <i>Modello microscopico: velocità di deriva e modello di Drude.</i> • <i>Livelli energetici, bande di conduzione, semiconduttori.</i>
<i>Forza e campo magnetico</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione di campo magnetico. • Forza magnetica e legge di Lorentz. • Moto di cariche elettriche in campi magnetici ed elettrici: esperimento di Thomson e scoperta dell'elettrone; effetto Hall; moti circolari (spettrometro di massa, ciclotroni). • Forza magnetica agente su un filo percorso da corrente e tra due conduttori paralleli. • <i>Momento torcente su una spira percorsa da corrente.</i> • Circuitazione del campo magnetico e teorema di Ampère. • Legge di Biot-Savart. • Campi magnetici prodotti da un filo rettilineo, da una spira e da una bobina. • Flusso del campo magnetico. • <i>Magnetismo nella materia.</i>
<i>Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo e onde elettromagnetiche</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Legge di Faraday-Neumann. • Legge di Lenz. • <i>Autoinduzione e mutua induzione.</i> • Energia e densità di energia del campo elettromagnetico. • <i>Circuiti in corrente alternata: alternatore, trasformatore e circuiti LC e RCL.</i> • Corrente di spostamento. • Equazioni di Maxwell. • Onde elettromagnetiche: trasmissione di energia e quantità di moto, polarizzazione. • <i>Vettore di Poynting e aspetti energetici.</i>

Elementi di fisica del Novecento

Campi di studio	Argomenti
<i>Relatività ristretta</i>	<ul style="list-style-type: none">• Esperimento di Michelson-Morley.• Assiomi della relatività ristretta.• Diagrammi di Minkowsky.• Problema della simultaneità degli eventi.• Dilatazione dell'intervallo di tempo.• Contrazione delle lunghezze e invarianza nella direzione perpendicolare al moto.• Trasformazioni di Lorentz.• Effetto Doppler relativistico.• Intervallo invariante.• Composizione relativistica delle velocità.• Equivalenza tra massa ed energia.• Dinamica relativistica.
<i>Fisica quantistica</i>	<ul style="list-style-type: none">• Corpo nero e ipotesi di Planck.• Effetto fotoelettrico e quantizzazione della luce di Einstein.• Effetto Compton.• Calore specifico dei solidi.• Spettro dell'atomo di idrogeno e modello di Bohr.• Esperienza di Stern-Garlach e scoperta dello spin.• Proprietà ondulatorie della materia e funzione d'onda.• Principio di indeterminazione di Heisenberg.• Sistemi a due livelli: interferometro di Mach-Zender, spin $\frac{1}{2}$, polarizzazione.
<i>Fisica nucleare e subnucleare</i>	<ul style="list-style-type: none">• Esperimento di Rutherford e struttura del nucleo.• Energia di legame del nucleo e diagramma $Z-N$.• Decadimento radioattivo: alfa, beta e gamma, metodi di datazione, neutrino.• Fissione nucleare e reattori a fissione.• Fusione termonucleare e reattori a fusione.• Particelle subatomiche.
<i>Astrofisica e cosmologia</i>	<ul style="list-style-type: none">• Panoramica dell'universo astrofisico.• Principio di equivalenza.• Curvatura dello spazio-tempo.• Espansione dell'universo.• Lenti gravitazionali.• Buchi neri.• Equazioni cosmologiche.• Cronologia del Big Bang.• Onde gravitazionali.

Campi di studio	Argomenti
<i>Introduzione all'uso di applicativi informatici</i>	<ul style="list-style-type: none">• Introduzione all'uso di un applicativo CAS (Maple, Mathematica o simili).• Applicazioni (grafici 3D, risoluzione di equazioni, calcolo di derivate parziali, metodi numerici, ...).➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ In tutti i campi.
<i>Derivate e integrali in fisica</i>	<ul style="list-style-type: none">• Derivate in fisica (velocità, accelerazione, ...).• Notazione di Leibniz.• Concetto di somma di Riemann applicato alla fisica: dalle somme (di Riemann) agli integrali (lavoro, centro di massa, flusso, ...).➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ In tutti i campi.
<i>Sistemi di riferimento nello spazio</i>	<ul style="list-style-type: none">• Coordinate cilindriche e sferiche.• Applicazioni alle funzioni vettoriali.➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Meccanica del corpo rigido e principi di conservazione.
<i>Funzioni a due variabili (campi scalari)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Definizione e proprietà.• Ricerca del dominio.• Rappresentazione grafica: tracce e curve di livello.• Concetto di limite.• Derivate parziali.• Derivazione di funzioni composte (variabili collegate).• Piano tangente e approssimazione lineare.• Differenziale totale e calcolo di valori approssimati.• Regola di derivazione per funzioni implicite.• Derivata direzionale, gradiente e campo vettoriale del gradiente.• Punti stazionari (massimi, minimi, selle) e matrice hessiana.• Approfondimento: generalizzazione a funzioni a più variabili.• Applicazione: metodo dei minimi quadrati e regressione lineare.➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Oscillazioni.○ Onde.○ Energia potenziale e potenziale elettrico.
<i>Funzioni vettoriali e curve differenziabili</i>	<ul style="list-style-type: none">• Parametrizzazione di una curva in \mathbb{R}^3 e applicazioni a curve particolari (moto a elica, ecc.).• Concetto di limite.• Derivata (vettore velocità, vettore accelerazione) e regole di derivazione (p.es. derivata del prodotto scalare e derivata del prodotto vettoriale).➤ Applicazioni alla fisica<ul style="list-style-type: none">○ Meccanica.○ Moto di cariche elettriche in campi elettrici uniformi.○ Forza e campo magnetico.○ Gravitazione universale.

Campi di studio	Argomenti
<i>Funzioni a due e più variabili: integrali multipli</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Volumi come somme di Riemann. • Integrali doppi (con coordinate cartesiane e polari). • Integrali tripli (coordinate cartesiane, cilindriche, sferiche). ➤ Applicazioni alla fisica <ul style="list-style-type: none"> ○ Meccanica del corpo rigido e principi di conservazione. ○ Legge di Gauss.
<i>Campi vettoriali</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Rappresentazione geometrica di un campo vettoriale piano. • Campi conservativi. • Operatori differenziali. • Integrale di linea e flusso di un campo vettoriale. ➤ Applicazioni alla fisica <ul style="list-style-type: none"> ○ Forza e campo elettrico. ○ Legge di Gauss. ○ Energia potenziale e potenziale elettrico. ○ Forza e campo magnetico. ○ Campi elettromagnetici dipendenti dal tempo e onde elettromagnetiche.
<i>Algebra lineare</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio di base e matrici di passaggio. • Autovalori e autovettori. • Matrici nel campo complesso. • Lo spazio vettoriale \mathbb{C}^2 e il suo prodotto scalare standard. • Applicazione: matrici di diffusione. • Applicazione: catene di Markov a stati finiti. • Applicazione: proiezioni ortogonali e metodo dei minimi quadrati (regressione lineare). ➤ Applicazioni alla fisica <ul style="list-style-type: none"> ○ Circuiti elettrici. ○ Relatività ristretta. ○ Fisica quantistica.
<i>Equazioni differenziali ordinarie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Campo delle direzioni: interpretazione geometrica di un'equazione differenziale del 1. ordine. • Equazioni differenziali del 1. ordine (a variabili separabili, lineari omogenee e inomogenee). • Equazioni differenziali lineari del 2. ordine a coefficienti costanti (omogenee e inomogenee). • Sistemi di equazioni differenziali del 1. ordine, lineari e a coefficienti costanti. • Metodo di Eulero per la risoluzione numerica di equazioni differenziali. ➤ Applicazioni alla fisica: in molti campi, per esempio <ul style="list-style-type: none"> ○ Meccanica. ○ Elettrodinamica. ○ Fisica nucleare e subnucleare.

Campi di studio	Argomenti
<i>Metodi numerici</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritmi di ricerca degli zeri (metodo di bisezione, metodo di Newton-Raphson, iterazione del punto fisso). • Integrale definito e integrazione numerica (metodo dei rettangoli, dei trapezi, delle parabole). • Metodo di Eulero per la risoluzione numerica di equazioni differenziali. ➤ Applicazioni alla fisica <ul style="list-style-type: none"> o In tutti i campi.

7.6. Valutazione

La valutazione avviene sugli obiettivi specifici del percorso didattico scelto. In particolare, l'allievo, per i singoli campi di studio, dovrà:

- conoscere e applicare in modo appropriato i concetti studiati e le principali relazioni fenomenologiche e teoriche;
- utilizzare correttamente i termini e il linguaggio disciplinari e le strutture matematiche;
- utilizzare in modo appropriato la simbologia e le unità di misura;
- analizzare una data situazione e impostare la modellizzazione matematica;
- 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 come pure alle teorie matematiche utilizzate, interpretare e commentare i risultati;
- conoscere il ruolo dei modelli e i loro limiti di applicabilità;
- valutare la potenzialità e i limiti dell'approccio numerico;
- cogliere i nessi trasversali tra tematiche affini e applicare per analogia procedimenti studiati in situazioni nuove;
- riconoscere gli aspetti interdisciplinari.

Accanto alle usuali forme di valutazione ci si potrà avvalere di ulteriori modalità (quali ad esempio presentazioni scritte e orali). La nota sarà unica e concordata tra i due docenti.