

Master

Fisica Quantistica



Master Fisica Quantistica

- » Modalità: online
- » Durata: 12 mesi
- » Titolo: TECH Global University
- » Accreditamento: 60 crediti ECTS
- » Orario: a tua scelta
- » Esami: online

Accesso al sito web: www.techtitute.com/it/ingegneria/master/master-fisica-quantistica



Indice

01

Presentazione del programma

pag. 4

02

Perché studiare in TECH?

pag. 8

03

Piano di studi

pag. 12

04

Obiettivi didattici

pag. 28

05

Opportunità professionali

pag. 32

06

Licenze software incluse

pag. 36

07

Metodologia di studio

pag. 40

08

Personale docente

pag. 50

09

Titolo

pag. 54

01

Presentazione del programma

In un contesto globale sempre più guidato dai progressi nella Fisica Quantistica, diventa indispensabile avere professionisti in grado di trasferire la conoscenza scientifica all'innovazione tecnologica. Da questa interazione sono nate pietre miliari come il telescopio James Webb o l'acceleratore di particelle che ha permesso la scoperta del bosone di Higgs. Inoltre, sfide come la comprensione dell'asimmetria tra materia e antimateria, la rilevazione di esopianeti o lo studio dei buchi neri supermassicci rimangono prioritarie. Secondo il CERN, queste sfide stanno aprendo una nuova era di ricerca multidisciplinare. Per questo, TECH ha sviluppato una qualifica 100% online, con approccio teorico-pratico e accesso permanente, che approfondisce l'astrofisica, la fisica nucleare e la meccanica quantistica.



“

*Studia i fenomeni legati alla materia
e all'energia oscura in un ambiente
accademico specializzato e aggiornato”*

Il campo di ricerca della Fisica Quantistica offre una vasta gamma di linee di sviluppo con un enorme potenziale per gli ingegneri che decidono di entrare in questo universo di esplorazione scientifica. Campi come la produzione di energia, gli atomi ultrafreddi, gli ioni intrappolati o la fotonica rappresentano solo una parte delle possibilità che questa disciplina pone a livello teorico e applicato.

I recenti progressi in fisica hanno aperto nuove strade di studio in campi diversi come astrofisica, cosmologia, chimica, medicina o intelligenza artificiale. Per questo, TECH ha progettato questo Master in Fisica Quantistica, al fine di consentire agli studenti di padroneggiare i concetti chiave della fisica planetaria e solare, le opere di autori come Paul Dirac o Richard Feynman, e le basi della teoria quantistica dei campi, tra altri contenuti di grande rilevanza scientifica.

Tutta la conoscenza è trasmessa attraverso un programma 100% online, che permette allo studente di approfondire aspetti come le equazioni di Einstein, la soluzione di Schwarzschild, la materia e le energie oscure, o la termodinamica dell'universo primitivo. I casi di studio inclusi serviranno per integrare quanto imparato alle prestazioni lavorative quotidiane, diventando uno strumento prezioso per la crescita intellettuale e tecnica.

Grazie a questa proposta, TECH offre un'opportunità unica agli ingegneri che desiderano avanzare nella loro carriera professionale attraverso un insegnamento universitario di qualità, senza barriere di tempo o luogo. È necessario solo un dispositivo con connessione internet per accedere a un'esperienza di apprendimento flessibile, adattata ai vari ritmi della vita. Inoltre, questo percorso accademico include 10 Master class esclusive tenute da un prestigioso esperto internazionale, che funge da Direttore Ospite.

Questo **Master in Fisica Quantistica** possiede il programma universitario più completo e aggiornato del mercato. Le sue caratteristiche principali sono:

- ♦ Sviluppo di casi di studio presentati da esperti di Fisica Quantistica
- ♦ Contenuti grafici, schematici ed eminentemente pratici che forniscono informazioni scientifiche e pratiche sulle discipline essenziali per l'esercizio della professione
- ♦ Esercizi pratici che offrono un processo di autovalutazione per migliorare l'apprendimento
- ♦ Particolare enfasi sulle metodologie innovative
- ♦ Lezioni teoriche, domande all'esperto, forum di discussione su questioni controverse e compiti di riflessione individuale
- ♦ Disponibilità di accesso ai contenuti da qualsiasi dispositivo fisso o portatile dotato di connessione a Internet



Grazie alle esclusive Master class, tenute dal Direttore Ospite Internazionale di TECH, riuscirai ad aggiornare tutte le tue competenze investigative in materia di Fisica Quantistica"

“

La biblioteca multimediale di questo programma ti porterà a conoscere i principali contributi alla Fisica Quantistica di Richard Feynman, Paul Dirac, Peter Higgs e Schrödinger”

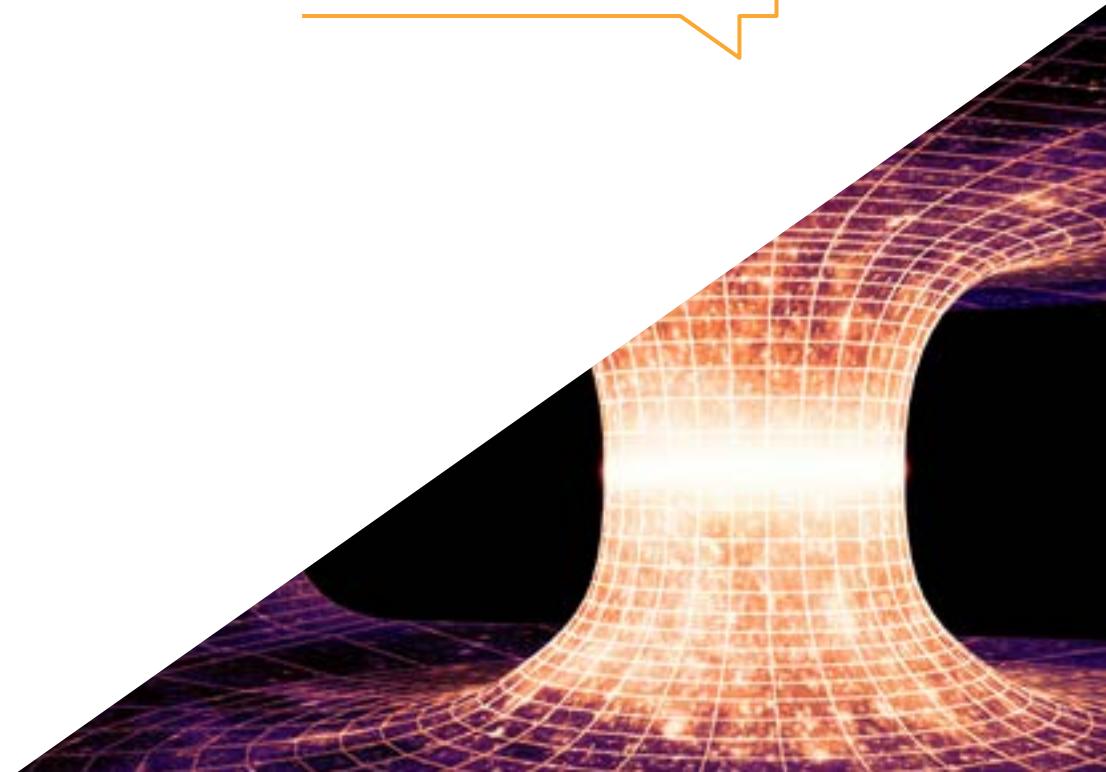
Il personale docente del programma comprende rinomati specialisti del settore e altre aree correlate, che forniscono agli studenti le competenze necessarie a intraprendere un percorso di studio eccellente.

I contenuti multimediali, sviluppati in base alle ultime tecnologie educative, forniranno al professionista un apprendimento coinvolgente e localizzato, ovvero inserito in un contesto reale.

La creazione di questo programma è incentrata sull'Apprendimento Basato su Problemi, mediante il quale lo specialista deve cercare di risolvere le diverse situazioni che gli si presentano durante il corso accademico. Lo studente potrà usufruire di un innovativo sistema di video interattivi creati da esperti di rinomata fama.

Esplora i segreti dell'espansione dell'universo e il suo rapporto con la teoria della relatività generale.

Studia l'impatto delle onde gravitazionali e la loro rilevanza nella cosmologia attuale.



02

Perché studiare in TECH?

TECH è la più grande università digitale del mondo. Con un catalogo eccezionale di oltre 14.000 programmi accademici disponibili in 11 lingue, si posiziona come leader in termini di occupabilità, con un tasso di inserimento professionale del 99%. Inoltre, dispone di un enorme personale docente, composto da oltre 6.000 professori di altissimo prestigio internazionale.



“

Studia presso la più grande università
digitale del mondo e assicurati il successo
professionale. Il futuro inizia con TECH”

La migliore università online al mondo secondo FORBES

La prestigiosa rivista Forbes, specializzata in affari e finanza, ha definito TECH "la migliore università online del mondo". Lo hanno recentemente affermato in un articolo della loro edizione digitale, che riporta il caso di successo di questa istituzione: "grazie all'offerta accademica che offre, alla selezione del suo personale docente e a un metodo innovativo di apprendimento orientato alla formazione dei professionisti del futuro".



I piani di studio più completi del panorama universitario

TECH offre i piani di studio più completi del panorama universitario, con argomenti che coprono concetti fondamentali e, allo stesso tempo, i principali progressi scientifici nelle loro specifiche aree scientifiche. Inoltre, questi programmi sono continuamente aggiornati per garantire agli studenti l'avanguardia accademica e le competenze professionali più richieste. In questo modo, i titoli universitari forniscono agli studenti un vantaggio significativo per elevare le loro carriere verso il successo.

Il miglior personale docente internazionale top

Il personale docente di TECH è composto da oltre 6.000 docenti di massimo prestigio internazionale. Professori, ricercatori e dirigenti di multinazionali, tra cui Isaiah Covington, allenatore dei Boston Celtics; Magda Romanska, ricercatrice principale presso MetaLAB ad Harvard; Ignacio Wistumbá, presidente del dipartimento di patologia molecolare traslazionale di MD Anderson Cancer Center; o D.W Pine, direttore creativo della rivista TIME, ecc.

La più grande università digitale del mondo

TECH è la più grande università digitale del mondo. Siamo la più grande istituzione educativa, con il migliore e più ampio catalogo educativo digitale, cento per cento online e che copre la maggior parte delle aree di conoscenza. Offriamo il maggior numero di titoli di studio, diplomi e corsi post-laurea nel mondo. In totale, più di 14.000 corsi universitari, in undici lingue diverse, che ci rendono la più grande istituzione educativa del mondo.

Un metodo di apprendimento unico

TECH è la prima università ad utilizzare il *Relearning* in tutte le sue qualifiche. Si tratta della migliore metodologia di apprendimento online, accreditata con certificazioni internazionali di qualità docente, disposte da agenzie educative prestigiose. Inoltre, questo modello accademico dirompente è integrato con il "Metodo Casistico", configurando così una strategia di insegnamento online unica. Vengono inoltre implementate risorse didattiche innovative tra cui video dettagliati, infografiche e riassunti interattivi.

L'università online ufficiale dell'NBA

TECH è l'università online ufficiale dell'NBA. Grazie ad un accordo con la più grande lega di basket, offre ai suoi studenti programmi universitari esclusivi, nonché una vasta gamma di risorse educative incentrate sul business della lega e su altre aree dell'industria sportiva. Ogni programma presenta un piano di studi con un design unico e relatori ospiti eccezionali: professionisti con una distinta carriera sportiva che offriranno la loro esperienza nelle materie più rilevanti.

Leader nell'occupabilità

TECH è riuscita a diventare l'università leader nell'occupabilità. Il 99% dei suoi studenti ottiene un lavoro nel campo accademico che hanno studiato, prima di completare un anno dopo aver terminato uno qualsiasi dei programmi universitari. Una cifra simile riesce a migliorare la propria carriera professionale immediatamente. Tutto questo grazie ad una metodologia di studio che basa la sua efficacia sull'acquisizione di competenze pratiche, assolutamente necessarie per lo sviluppo professionale.



Google Partner Premier

Il gigante americano della tecnologia ha conferito a TECH il logo Google Partner Premier. Questo premio, accessibile solo al 3% delle aziende del mondo, conferisce valore all'esperienza efficace, flessibile e adattata che questa università offre agli studenti. Il riconoscimento non solo attesta il massimo rigore, rendimento e investimento nelle infrastrutture digitali di TECH, ma fa anche di questa università una delle compagnie tecnologiche più all'avanguardia del mondo.



Università
online ufficiale
dell'NBA

4,9/5
★★★★★
★ global score

99%
Garanzia di massima
occupabilità

L'università meglio valutata dai suoi studenti

Gli studenti hanno posizionato TECH come l'università più valutata al mondo nei principali portali di opinione, evidenziando il suo punteggio più alto di 4,9 su 5, ottenuto da oltre 1.000 recensioni. Questi risultati consolidano TECH come l'istituzione universitaria di riferimento a livello internazionale, riflettendo l'eccellenza e l'impatto positivo del suo modello educativo.

03

Piano di studi

I materiali didattici che compongono questo Master sono stati elaborati da un gruppo di esperti in Fisica Quantistica, Astrofisica, Cosmologia, Calcolo Quantistico e altre discipline correlate. Grazie a questo, il piano di studi affronterà in modo rigoroso e aggiornato le basi teoriche e sperimentalistiche della meccanica quantistica, delle teorie di campo, della relatività generale e delle tecnologie emergenti. Questo percorso accademico consentirà allo studente di padroneggiare i principi fisici che governano l'universo, nonché di applicare metodologie avanzate in contesti di ricerca o sviluppo tecnologico.



66

"Padroneggerai i postulati che governano il mondo quantistico e le leggi che governano il cosmo, grazie a un programma completo, profondo e orientato alla pratica scientifica attuale"

Modulo 1. Introduzione alla fisica moderna

- 1.1. Introduzione alla fisica medica
 - 1.1.1. Come applicare la fisica alla medicina
 - 1.1.2. Energia delle particelle cariche nei tessuti
 - 1.1.3. Fotoni attraverso i tessuti
 - 1.1.4. Applicazioni
- 1.2. Introduzione alla fisica delle particelle
 - 1.1.1. Introduzione e obiettivi
 - 1.1.2. Particelle quantizzate
 - 1.1.3. Forze e cariche fondamentali
 - 1.1.4. Rilevamento delle particelle
 - 1.1.5. Classificazione delle particelle fondamentali e modello standard
 - 1.1.6. Oltre il modello standard
 - 1.1.7. Teorie attuali di generalizzazione
 - 1.1.8. Esperimenti ad alta energia
- 1.3. Acceleratori di particelle
 - 1.3.1. Processi degli acceleratori di particelle
 - 1.3.2. Acceleratori lineari
 - 1.3.3. Ciclotroni
 - 1.3.4. Sincrotroni
- 1.4. Introduzione alla fisica nucleare
 - 1.4.1. Stabilità nucleare
 - 1.4.2. Nuovi metodi di fissione nucleare
 - 1.4.3. Fusione nucleare
 - 1.4.4. Sintesi di elementi superpesanti
- 1.5. Introduzione all'astrofisica
 - 1.5.1. Il sistema solare
 - 1.5.2. Nascita e morte di una stella
 - 1.5.3. L'esplorazione dello spazio
 - 1.5.4. Esopianeti
- 1.6. Introduzione alla cosmologia
 - 1.6.1. Calcolo delle distanze in astronomia
 - 1.6.2. Calcolo delle velocità in astronomia
 - 1.6.3. Materia oscura ed energia oscura
 - 1.6.4. L'espansione dell'universo
 - 1.6.5. Le onde gravitazionali
- 1.7. Geofisica e fisica dell'atmosfera
 - 1.7.1. Geofisica
 - 1.7.2. Fisica dell'atmosfera
 - 1.7.3. Meteorologia
 - 1.7.4. Cambiamento climatico
- 1.8. Introduzione alla fisica della materia condensata
 - 1.8.1. Stati aggregati della materia
 - 1.8.2. Allotropi della materia
 - 1.8.3. Solidi cristallini
 - 1.8.4. Materia molle
- 1.9. Introduzione al calcolo quantistico
 - 1.9.1. Introduzione al mondo dei quanti
 - 1.9.2. Qubit
 - 1.9.3. Qubit multipli
 - 1.9.4. Porte logiche
 - 1.9.5. Programmi quantistici
 - 1.9.6. Computer quantistici
- 1.10. Introduzione alla crittografia quantistica
 - 1.10.1. Informazione classica
 - 1.10.2. Informazione quantistica
 - 1.10.3. Crittografia quantistica
 - 1.10.4. Protocolli nella crittografia quantistica

Modulo 2. Metodi matematici

- 2.1. Spazi pre-hilbertiani
 - 2.1.1. Spazi vettoriali
 - 2.1.2. Prodotto scalare ermetico positivo
 - 2.1.3. Modulo di un vettore
 - 2.1.4. Disuguaglianza di Schwartz
 - 2.1.5. Disuguaglianza di Minkowsky
 - 2.1.6. Ortonormalità
 - 2.1.7. Notazione di Dirac
- 2.2. Topologia degli spazi metrici
 - 2.2.1. Definizione di distanza
 - 2.2.2. Definizione di spazio metrico
 - 2.2.3. Elementi di topologia dello spazio metrico
 - 2.2.4. Sequenze convergenti
 - 2.2.5. Sequenze di Cauchy
 - 2.2.6. Spazio metrico completo
- 2.3. Spazi di Hilbert
 - 2.3.1. Spazio di Hilbert: definizione
 - 2.3.2. Base herbartiana
 - 2.3.3. Schrödinger vs. Heisenberg: Integrale di Lebesgue
 - 2.3.4. Forme continue di uno spazio di Hilbert
 - 2.3.5. Cambiamento della matrice base
- 2.4. Operazioni lineari
 - 2.4.1. Operatori lineari: concetti di base
 - 2.4.2. Operatore inverso
 - 2.4.3. Operatore aggiunto
 - 2.4.4. Operatore auto-legato o osservabile
 - 2.4.5. Operatore definito positivo
 - 2.4.6. Operatore unitario I cambio di base
 - 2.4.7. Operatore antiunitario
 - 2.4.8. Proiettore

- 2.5. Teoria di Sturm-Liouville
 - 2.5.1. Teoremi sugli autovalori
 - 2.5.2. Teoremi sugli autovalori
 - 2.5.3. Problema di Sturm-Liouville
 - 2.5.4. Teoremi importanti per la teoria di Sturm-Liouville
- 2.6. Introduzione alla teoria dei gruppi
 - 2.6.1. Definizione di gruppo e caratteristiche
 - 2.6.2. Simmetrie
 - 2.6.3. Studio dei gruppi SO(3), SU(2) e SU(N)
 - 2.6.4. Algebra di Lie
 - 2.6.5. Gruppi e Fisica Quantistica
- 2.7. Introduzione alle rappresentazioni
 - 2.7.1. Definizioni
 - 2.7.2. Rappresentazione fondamentale
 - 2.7.3. Rappresentazione accessoria
 - 2.7.4. Rappresentazione unitaria
 - 2.7.5. Prodotto di rappresentazioni
 - 2.7.6. Tabelle di Young
 - 2.7.7. Teorema di Okubo
 - 2.7.8. Applicazioni alla fisica delle particelle
- 2.8. Introduzione ai tensori
 - 2.8.1. Definizione di tensore covariante e contravariante
 - 2.8.2. Delta di Kronecker
 - 2.8.3. Tensore di Levi-Civita
 - 2.8.4. Studio di SO(N) e SO(3)
 - 2.8.5. Studio di SU(N)
 - 2.8.6. Relazione tra i tensori: rappresentazioni
- 2.9. Teoria dei gruppi applicata alla fisica
 - 2.9.1. Gruppo delle traslazioni
 - 2.9.2. Gruppo di Lorentz
 - 2.9.3. Gruppi discreti
 - 2.9.4. Gruppi continui

- 2.10. Rappresentazioni e fisica delle particelle
 - 2.10.1. Rappresentazione dei gruppi SU(N)
 - 2.10.2. Rappresentazioni fondamentali
 - 2.10.3. Moltiplicazione delle rappresentazioni
 - 2.10.4. Teorema di Okubo e Eightfold Way

Modulo 3. Fisica Quantistica I

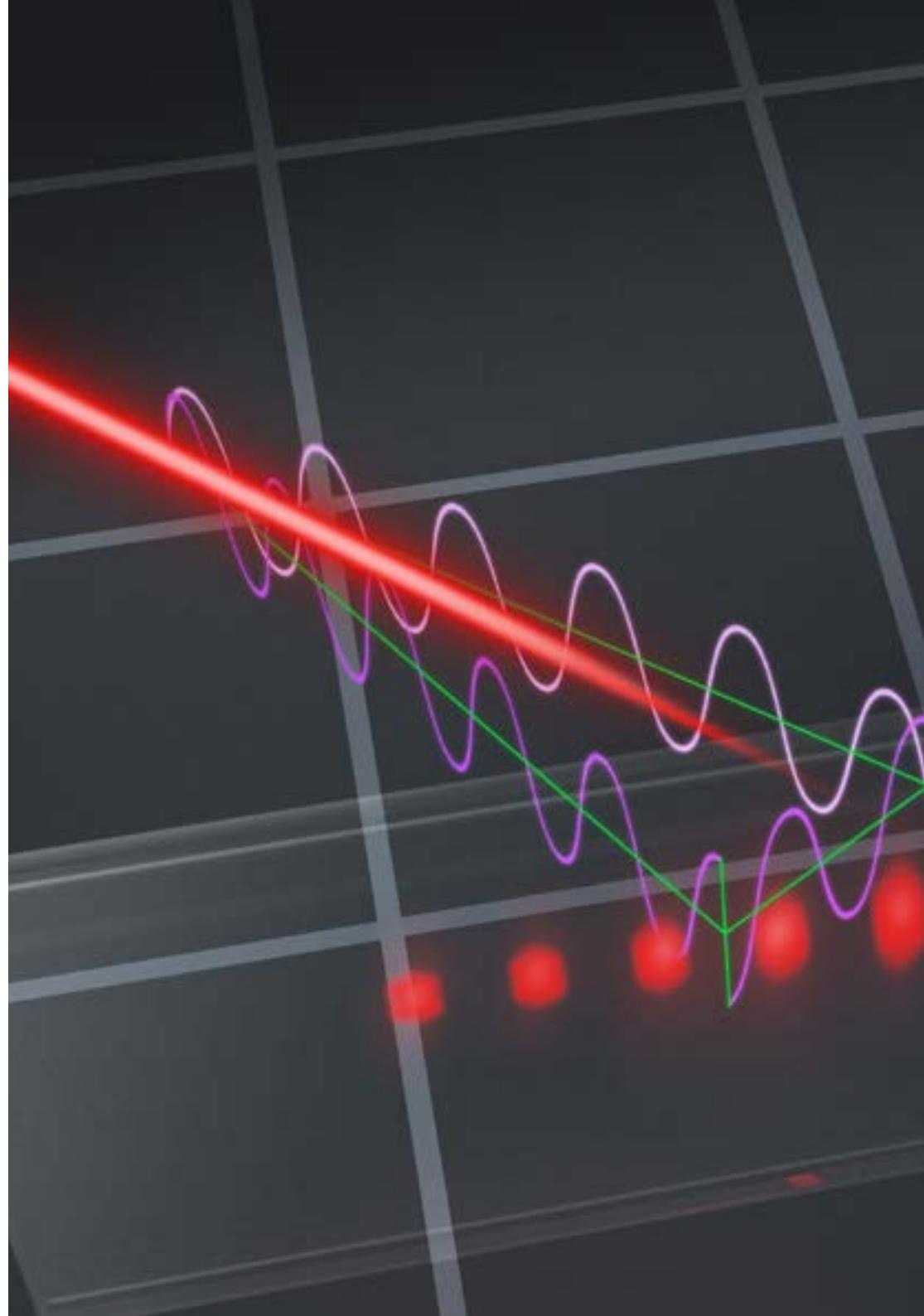
- 3.1. Origini della Fisica Quantistica
 - 3.1.1. Radiazione di corpo nero
 - 3.1.2. Effetto fotoelettrico
 - 3.1.3. Effetto Compton
 - 3.1.4. Spettri e modelli atomici
 - 3.1.5. Principio di esclusione di Pauli
 - 3.5.1.1. Effetto Zeeman
 - 3.5.1.2. Esperimento Stern-Gerlach
 - 3.1.6. La lunghezza d'onda di De Broglie e l'esperimento della doppia fenditura
- 3.2. Formulazione matematica
 - 3.2.1. Spazio di Hilbert
 - 3.2.2. Nomenclatura di Dirac: Bra - ket
 - 3.2.3. Prodotto interno e prodotto esterno
 - 3.2.4. Operatori lineari
 - 3.2.5. Operatori ermetici e diagonalizzazione
 - 3.2.6. Addizione e prodotto tensoriale
 - 3.2.7. Matrice densità
- 3.3. Postulati della meccanica quantistica
 - 3.3.1. Postulato 1º: Definizione di stato
 - 3.3.2. Postulato 2º: Definizione di osservabili
 - 3.3.3. Postulato 3º: Definizione delle misure
 - 3.3.4. Postulato 4º: Probabilità delle misure
 - 3.3.5. Postulato 5º: Dinamica

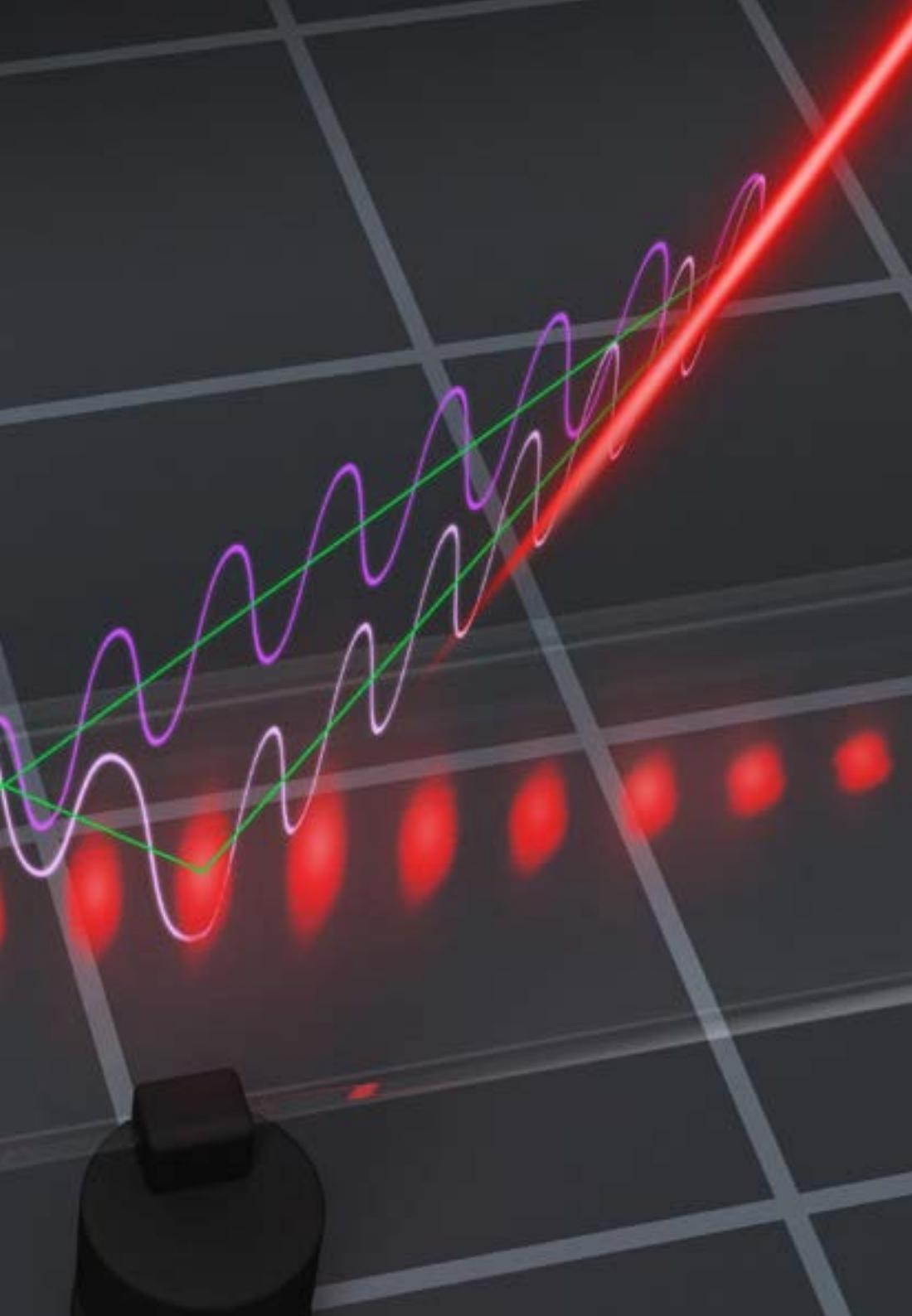
- 3.4. Applicazione dei postulati della meccanica quantistica
 - 3.4.1. Probabilità dei risultati: Statistica
 - 3.4.2. Indeterminazione
 - 3.4.3. Evoluzione temporale dei valori attesi
 - 3.4.4. Compatibilità e commutazione delle osservabili
 - 3.4.5. Matrici di Pauli
- 3.5. Dinamica della meccanica quantistica
 - 3.5.1. Rappresentazione delle posizioni
 - 3.5.2. Rappresentazione del momento
 - 3.5.3. Equazione di Schrödinger
 - 3.5.4. Teorema di Ehrenfest
 - 3.5.5. Teorema del Viriale
- 3.6. Barriere di potenziale
 - 3.6.1. Pozzo quadrato infinito
 - 3.6.2. Pozzo quadrato finito
 - 3.6.3. Passo potenziale
 - 3.6.4. Potenziale Delta
 - 3.6.5. Effetto tunnel
 - 3.6.6. Particella libera
- 3.7. Oscillatore armonico semplice quantistico unidimensionale
 - 3.7.1. Analogia con la meccanica classica
 - 3.7.2. Hamiltoniana e autovalori di energia
 - 3.7.3. Metodo analitico
 - 3.7.4. Stati "sfumati"
 - 3.7.5. Stati coerenti
- 3.8. Operatori e osservabili tridimensionali
 - 3.8.1. Ripasso delle nozioni del calcolo multivariabile
 - 3.8.2. Operatore di posizione
 - 3.8.3. Operatore della quantità di moto lineare
 - 3.8.4. Momento angolare orbitale
 - 3.8.5. Operatori a scala (Ladder Operators)
 - 3.8.6. Hamiltoniano
- 3.9. Autovalori e autofunzioni tridimensionali
 - 3.9.1. Operatore di posizione
 - 3.9.2. Operatore di quantità di moto lineare
 - 3.9.3. Operatore del momento angolare orbitale e armoniche sferiche
 - 3.9.4. Equazione angolare
- 3.10. Barriere di potenziale tridimensionali
 - 3.10.1. Particella libera
 - 3.10.2. Particella in una scatola
 - 3.10.3. Potenziali centrali ed equazione radiale
 - 3.10.4. Pozzo sferico infinito
 - 3.10.5. Atomo di idrogeno
 - 3.10.6. Oscillatore armonico tridimensionale

Modulo 4. Astrofisica

- 4.1. Introduzione
 - 4.1.1. Breve storia dell'astrofisica
 - 4.1.2. Strumentazione
 - 4.1.3. Scala delle grandezze osservative
 - 4.1.4. Calcolo delle distanze astronomiche
 - 4.1.5. Indice dei colori
- 4.2. Linee spettrali
 - 4.2.1. Introduzione storica
 - 4.2.2. Leggi di Kirchoff
 - 4.2.3. Relazione tra spettro e temperatura
 - 4.2.4. L'effetto Doppler
 - 4.2.5. Spettrografo
- 4.3. Studio del campo di radiazione
 - 4.3.1. Definizioni preliminari
 - 4.3.2. Opacità
 - 4.3.3. Profondità ottica
 - 4.3.4. Fonti microscopiche di opacità
 - 4.3.5. Opacità totale
 - 4.3.6. Estinzione
 - 4.3.7. Struttura delle linee spettrali

- 4.4. Le stelle
 - 4.4.1. Classificazione delle stelle
 - 4.4.2. Metodi per determinare la massa di una stella
 - 4.4.3. Stelle binarie
 - 4.4.4. Classificazione delle stelle binarie
 - 4.4.5. Determinazione delle masse di un sistema binario
- 4.5. Tempi di vita delle stelle
 - 4.5.1. Caratteristiche di una stella
 - 4.5.2. Nascita di una stella
 - 4.5.3. Vita di una stella: diagrammi di Hertzprung-Russell
 - 4.5.4. Morte di una stella
- 4.6. Morte delle stelle
 - 4.6.1. Nane bianche
 - 4.6.2. Supernove
 - 4.6.3. Stelle di neutroni
 - 4.6.4. Buchi neri
- 4.7. Studio della Via Lattea
 - 4.7.1. Forma e dimensioni della Via Lattea
 - 4.7.2. Materia oscura
 - 4.7.3. Fenomeno della lente gravitazionale
 - 4.7.4. Particelle massive debolmente interagenti
 - 4.7.5. Disco e alone della Via Lattea
 - 4.7.6. Struttura a spirale della Via Lattea
- 4.8. Ammassi di galassie
 - 4.8.1. Introduzione
 - 4.8.2. Classificazione delle galassie
 - 4.8.3. Fotometria galattica
 - 4.8.4. Il Gruppo Locale: introduzione
- 4.9. Distribuzione su larga scala delle galassie
 - 4.9.1. Forma ed età dell'universo
 - 4.9.2. Modello cosmologico standard
 - 4.9.3. Formazione delle strutture cosmologiche
 - 4.9.4. Metodi osservativi in cosmologia





- 4.10. Materia oscura ed energia oscura
 - 4.10.1. Scoperta e caratteristiche
 - 4.10.2. Implicazioni per la distribuzione della materia ordinaria
 - 4.10.3. Problemi della materia oscura
 - 4.10.4. Particelle candidate a materia oscura
 - 4.10.5. Energia oscura, conseguenze

Modulo 5. Fisica Quantistica II

- 5.1. Descrizione della meccanica quantistica: Immagini e rappresentazioni
 - 5.1.1. L'immagine di Schrödinger
 - 5.1.2. Immagine di Heisenberg
 - 5.1.3. Immagine di Dirac o di interazione
 - 5.1.4. Comutazione dell'immagine
- 5.2. Oscillatore armonico
 - 5.2.1. Operatori di creazione e annichilazione
 - 5.2.2. Funzioni d'onda degli stati di Fock
 - 5.2.3. Stati coerenti
 - 5.2.4. Stati di minima indeterminazione
 - 5.2.5. Stati "compresi"
- 5.3. Momento angolare
 - 5.3.1. Rotazioni
 - 5.3.2. Comutazioni di momento angolare
 - 5.3.3. Base del momento angolare
 - 5.3.4. Operatori di scala
 - 5.3.5. Rappresentazione della matrice
 - 5.3.6. Momento angolare intrinseco: spin
 - 5.3.7. Casi di spin: $1/2, 1, 3/2$
- 5.4. Funzioni d'onda multicomponente: spinoriali
 - 5.4.1. Funzioni d'onda monocomponente: spin 0
 - 5.4.2. Funzioni d'onda a due componenti: spin $1/2$
 - 5.4.3. Valori attesi dell'osservabile di spin
 - 5.4.4. Stati atomici
 - 5.4.5. Aggiunta di momento angolare
 - 5.4.6. Coefficienti di Clebsch-Gordan

- 5.5. Studio dei sistemi compositi
 - 5.5.1. Particelle distinguibili
 - 5.5.2. Particelle indistinguibili
 - 5.5.3. Caso dei fotoni: Esperimento dello specchio semitrasparente
 - 5.5.4. Entanglement quantistico
 - 5.5.5. Disuguaglianze di Bell
 - 5.5.6. Paradosso EPR
 - 5.5.7. Teorema di Bell
- 5.6. Introduzione ai metodi approssimati: metodo variazionale
 - 5.6.1. Introduzione al metodo variazionale
 - 5.6.2. Variazioni lineari
 - 5.6.3. Metodo variazionale di Rayleigh-Ritz
 - 5.6.4. Oscillatore armonico: studio con metodi variazionali
- 5.7. Studio di modelli atomici con il metodo variazionale
 - 5.7.1. Atomo di idrogeno
 - 5.7.2. Atomo di elio
 - 5.7.3. Molecola di idrogeno ionizzato
 - 5.7.4. Simmetrie discrete
 - 5.7.4.1. Parità
 - 5.7.4.2. Inversione temporale
- 5.8. Introduzione alla teoria delle perturbazioni
 - 5.8.1. Perturbazioni indipendenti dal tempo
 - 5.8.2. Caso non degenerato
 - 5.8.3. Caso degenerato
 - 5.8.4. Struttura fina dell'atomo di idrogeno
 - 5.8.5. Effetto Zeeman
 - 5.8.6. Costante di accoppiamento spin-spin: Struttura iperfinia
 - 5.8.7. Teoria delle perturbazioni in funzione del tempo
 - 5.8.7.1. Atomo a due livelli
 - 5.8.7.2. Perturbazioni sinusoidali
- 5.9. Approssimazione adiabatica
 - 5.9.1. Introduzione all'approssimazione adiabatica
 - 5.9.2. Il teorema adiabatico
 - 5.9.3. La fase di Berry
 - 5.9.4. Effetto Aharonov-Bohm
- 5.10. Approssimazione di Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB)
 - 5.10.1. Introduzione al metodo WKB
 - 5.10.2. Regione classica
 - 5.10.3. Effetto tunnel
 - 5.10.4. Formule di connessione

Modulo 6. Fisica nucleare e delle particelle

- 6.1. Introduzione alla fisica nucleare
 - 6.1.1. Tavola periodica degli elementi
 - 6.1.2. Scoperte importanti
 - 6.1.3. Modelli atomici
 - 6.1.4. Definizioni importanti: Scale e unità di misura in fisica nucleare
 - 6.1.5. Diagramma di Segré
- 6.2. Proprietà nucleari
 - 6.2.1. Energia di legame
 - 6.2.2. Formula di massa semiempirica
 - 6.2.3. Modello del gas di Fermi
 - 6.2.4. Stabilità nucleare
 - 6.2.4.1. Decadimento alfa
 - 6.2.4.2. Decadimento beta
 - 6.2.4.3. Fissione nucleare
 - 6.2.5. Diseccitazione nucleare
 - 6.2.6. Decadimento beta doppio

- 6.3. Dispersione nucleare
 - 6.3.1. Struttura interna: studio dello scattering
 - 6.3.2. Sezione efficace
 - 6.3.3. Esperimento Rutherford: sezione efficace di Rutherford
 - 6.3.4. Sezione efficace di Mott
 - 6.3.5. Trasferimento di quantità di moto e fattori di forma
 - 6.3.6. Distribuzione di carica nucleare
 - 6.3.7. Diffusione dei neutroni
- 6.4. Struttura nucleare e interazione forte I
 - 6.4.1. Dispersione di nucleoni
 - 6.4.2. Stati legati: Deuterio
 - 6.4.3. Interazione nucleare forte
 - 6.4.4. Numeri magici
 - 6.4.5. Il modello a strati del nucleo
 - 6.4.6. Spin nucleare e parità
 - 6.4.7. Momenti elettromagnetici del nucleo
 - 6.4.8. Eccitazioni nucleari collettive: oscillazioni di dipolo, stati vibrazionali e stati rotazionali
- 6.5. Struttura nucleare e interazione forte II
 - 6.5.1. Classificazione delle reazioni nucleari
 - 6.5.2. Cinematica delle reazioni
 - 6.5.3. Leggi di conservazione
 - 6.5.4. Spettroscopia nucleare
 - 6.5.5. Il modello del nucleo composto
 - 6.5.6. Reazioni dirette
 - 6.5.7. Dispersione elastica
- 6.6. Introduzione alla fisica delle particelle
 - 6.6.1. Particelle e antiparticelle
 - 6.6.2. Fermioni e barioni
 - 6.6.3. Il Modello Standard delle particelle elementari: leptoni e quark
 - 6.6.4. Il Modello dei Quarks
 - 6.6.5. Bosoni vettoriali intermedi
- 6.7. Dinamica delle particelle elementari
 - 6.7.1. Le quattro interazioni fondamentali
 - 6.7.2. Elettrodinamica quantistica
 - 6.7.3. Cromodinamica quantistica
 - 6.7.4. Interazione debole
 - 6.7.5. Disintegrazioni e leggi di conservazione
- 6.8. Cinematica relativistica
 - 6.8.1. Trasformazioni di Lorentz
 - 6.8.2. Quadrivettori
 - 6.8.3. Energia e momento lineare
 - 6.8.4. Collisioni
 - 6.8.5. Introduzione ai diagrammi di Feynman
- 6.9. Simmetrie
 - 6.9.1. Gruppi, simmetrie e leggi di conservazione
 - 6.9.2. Spin e momento angolare
 - 6.9.3. Aggiunta di momento angolare
 - 6.9.4. Simmetrie di sapore
 - 6.9.5. Parità
 - 6.9.6. Coniugazione di carica
 - 6.9.7. Violazione di CP
 - 6.9.8. Inversione del tempo
 - 6.9.9. Conservazione del CPT
- 6.10. Stati legati
 - 6.10.1. Equazione di Schrödinger per potenziali centrali
 - 6.10.2. Atomo di idrogeno
 - 6.10.3. Struttura fina
 - 6.10.4. Struttura iperfina
 - 6.10.5. Positronio
 - 6.10.6. Quarkonio
 - 6.10.7. Mesoni leggeri
 - 6.10.8. Barioni

Modulo 7. Teoria quantistica dei campi

- 7.1. Teoria di campo classica
 - 7.1.1. Notazione e convenzioni
 - 7.1.2. Formulazione lagrangiana
 - 7.1.3. Equazioni di Eulero Lagrange
 - 7.1.4. Simmetrie e leggi di conservazione
- 7.2. Campo di Klein-Gordon
 - 7.2.1. Equazione di Klein-Gordon
 - 7.2.2. Quantizzazione del campo di Klein-Gordon
 - 7.2.3. Invarianza di Lorentz del campo di Klein-Gordon
 - 7.2.4. Il vuoto: Stati di vuoto e stati di Fock
 - 7.2.5. Energia del vuoto
 - 7.2.6. Ordinamento normale: convenzione
 - 7.2.7. Energia e quantità di moto degli stati
 - 7.2.8. Studio della causalità
 - 7.2.9. Propagatore di Klein-Gordon
- 7.3. Campo di Dirac
 - 7.3.1. Equazione di Dirac
 - 7.3.2. Matrici di Dirac e loro proprietà
 - 7.3.3. Rappresentazioni delle matrici di Dirac
 - 7.3.4. Lagrangiana di Dirac
 - 7.3.5. Soluzione dell'equazione di Dirac: onde piane
 - 7.3.6. Commutatori e anticommutatori
 - 7.3.7. Quantizzazione del campo di Dirac
 - 7.3.8. Spazio di Fock
 - 7.3.9. Propagatore di Dirac
- 7.4. Campo elettromagnetico
 - 7.4.1. Teoria classica del campo elettromagnetico
 - 7.4.2. Quantizzazione del campo elettromagnetico e suoi problemi
 - 7.4.3. Spazio di Fock
 - 7.4.4. Formalismo di Gupta-Bleuler
 - 7.4.5. Propagatore di fotoni
- 7.5. Formalismo della matrice S
 - 7.5.1. Lagrangiana e hamiltoniana di interazione
 - 7.5.2. Matrice S: definizione e proprietà
 - 7.5.3. Espansione di Dyson
 - 7.5.4. Teorema di Wick
 - 7.5.5. Immagine di Dirac
- 7.6. Diagrammi di Feynman nello spazio di posizione
 - 7.6.1. Come si disegnano i diagrammi di Feynman: Normativa, Utilità
 - 7.6.2. Primo ordine
 - 7.6.3. Secondo ordine
 - 7.6.4. Processi di dispersione a due particelle
- 7.7. Regole di Feynman
 - 7.7.1. Normalizzazione degli stati nello spazio di Fock
 - 7.7.2. Ampiezza di Feynman
 - 7.7.3. Regole di Feynman per la QED
 - 7.7.4. Invarianza di gauge nelle ampiezze
 - 7.7.5. Esempi
- 7.8. Sezione d'urto e coppe di decadimento
 - 7.8.1. Definizione di sezione trasversale
 - 7.8.2. Definizione di tasso di decadimento
 - 7.8.3. Esempi con due corpi allo stato finale
 - 7.8.4. Sezione d'urto non polarizzata
 - 7.8.5. Somma sulla polarizzazione del fermione
 - 7.8.6. Somma sulla polarizzazione dei fotoni
 - 7.8.7. Esempi
- 7.9. Studio dei muoni e di altre particelle cariche
 - 7.9.1. I muoni
 - 7.9.2. Particelle cariche
 - 7.9.3. Particelle scalari cariche
 - 7.9.4. Regole di Feynman per la teoria elettrodinamica quantistica scalare

- 7.10. Simmetrie
 - 7.10.1. Parità
 - 7.10.2. Coniugazione di carica
 - 7.10.3. Inversione del tempo
 - 7.10.4. Violazione di alcune simmetrie
 - 7.10.5. Simmetria CPT

Modulo 8. Relatività generale e cosmologia

- 8.1. Relatività speciale
 - 8.1.1. Postulati
 - 8.1.2. Trasformazioni di Lorentz in configurazione standard
 - 8.1.3. Potenziamenti (Boosts)
 - 8.1.4. Tensori
 - 8.1.5. Cinematica relativistica
 - 8.1.6. Quantità di moto ed energia lineare relativistica
 - 8.1.7. Covarianza di Lorentz
 - 8.1.8. Tensore momento-energia
- 8.2. Princípio di equivalenza
 - 8.2.1. Princípio di equivalenza debole
 - 8.2.2. Esperimenti sul princípio di equivalenza debole
 - 8.2.3. Quadri di riferimento localmente inerziali
 - 8.2.4. Princípio di equivalenza
 - 8.2.5. Conseguenze del princípio di equivalenza
- 8.3. Moto delle particelle nei campi gravitazionali
 - 8.3.1. Traiettorie delle particelle in condizioni di gravità
 - 8.3.2. Limite newtoniano
 - 8.3.3. Redshift gravitazionale e test
 - 8.3.4. Dilatazione temporale
 - 8.3.5. Equazione della geodetica
- 8.4. Geometria: Concetti necessari
 - 8.4.1. Spazi bidimensionali
 - 8.4.2. Campi scalari, vettoriali e tensoriali
 - 8.4.3. Tensore metrico: concetto e teoria
 - 8.4.4. Derivata parziale
 - 8.4.5. Derivata covariante
 - 8.4.6. Simboli di Christoffel
 - 8.4.7. Derivate covarianti e tensori
 - 8.4.8. Derivate covarianti direzionali
 - 8.4.9. Divergenza e laplaciano
- 8.5. Spaziotempo curvo
 - 8.5.1. Derivata covariante e trasporto parallelo: definizione
 - 8.5.2. Geodetiche da trasporto parallelo
 - 8.5.3. Tensore di curvatura riemanniano
 - 8.5.4. Tensore di Riemann: definizione e proprietà
 - 8.5.5. Tensore di Ricci: definizione e proprietà
- 8.6. Equazioni di Einstein: Derivati
 - 8.6.1. Riformulazione del princípio di equivalenza
 - 8.6.2. Applicazioni del princípio di equivalenza
 - 8.6.3. Conservazione e simmetrie
 - 8.6.4. Derivazione delle equazioni di Einstein dal princípio di equivalenza
- 8.7. Soluzione di Schwarzschild
 - 8.7.1. Metrica di Schwarzschild
 - 8.7.2. Elementi di lunghezza e di tempo
 - 8.7.3. Quantità conservate
 - 8.7.4. Equazione di moto
 - 8.7.5. Deviazione della luce: Studio nella metrica di Schwarzschild
 - 8.7.6. Raggio di Schwarzschild
 - 8.7.7. Coordinate di Eddington–Finkelstein
 - 8.7.8. Buchi neri

- 8.8. Limite della gravità lineare: Conseguenze
 - 8.8.1. Gravità lineare: introduzione
 - 8.8.2. Trasformazione delle coordinate
 - 8.8.3. Equazioni di Einstein linearizzate
 - 8.8.4. Soluzione generale delle equazioni di Einstein linearizzate
 - 8.8.5. Le onde gravitazionali
 - 8.8.6. Effetti delle onde gravitazionali sulla materia
 - 8.8.7. Generazione di onde gravitazionali
- 8.9. Cosmologia: Introduzione
 - 8.9.1. Osservazione dell'universo: Introduzione
 - 8.9.2. Princípio cosmologico
 - 8.9.3. Sistema di coordinate
 - 8.9.4. Distanze cosmologiche
 - 8.9.5. Legge di Hubble
 - 8.9.6. Inflazione
- 8.10. Cosmologia: Studio matematico
 - 8.10.1. Prima equazione di Friedmann
 - 8.10.2. Seconda equazione di Friedmann
 - 8.10.3. Densità e fattore di scala
 - 8.10.4. Conseguenze delle equazioni di Friedmann: Curvatura dell'universo
 - 8.10.5. Termodinamica dell'universo primordiale

Modulo 9. Fisica delle Alte Energie

- 9.1. Metodi matematici: Gruppi e rappresentazioni
 - 9.1.1. Teoria dei gruppi
 - 9.1.2. Gruppi SO(3), SU(2) e SU(3) e SU(N)
 - 9.1.3. Algebra di Lie
 - 9.1.4. Rappresentazioni
 - 9.1.5. Moltiplicazione delle rappresentazioni





- 9.2. Simmetrie
 - 9.2.1. Simmetrie e leggi di conservazione
 - 9.2.2. Simmetrie C, P, T
 - 9.2.3. Violazione delle simmetrie e conservazione della CPT
 - 9.2.4. Momento angolare
 - 9.2.5. Aggiunta di momento angolare
- 9.3. Calcolo di Feynman: Introduzione
 - 9.3.1. Tempo di vita media
 - 9.3.2. Sezione trasversale
 - 9.3.3. Norma aurea di Fermi per i decadimenti
 - 9.3.4. Norma aurea di Fermi per le dispersioni
 - 9.3.5. Dispersione a due corpi nel quadro di riferimento del centro di massa
- 9.4. Applicazione del calcolo di Feynman: Modello Giocattolo
 - 9.4.1. Modello Giocattolo: introduzione
 - 9.4.2. Regole di Feynman
 - 9.4.3. Tempo di vita media
 - 9.4.4. Dispersione
 - 9.4.5. Diagrammi di ordine superiore
- 9.5. Elettrodinamica quantistica
 - 9.5.1. Equazione di Dirac
 - 9.5.2. Soluzioni dell'equazione di Dirac
 - 9.5.3. Covarianti bilineari
 - 9.5.4. Il fotone
 - 9.5.5. Regole di Feynman per l'elettrodinamica quantistica
 - 9.5.6. Il trucco di Casimir
 - 9.5.7. Rinormalizzazione
- 9.6. Elettrodinamica e cromodinamica dei Quark
 - 9.6.1. Regole di Feynman
 - 9.6.2. Produzione di adroni in collisioni elettrone-positrone
 - 9.6.3. Regole di Feynman per la cromodinamica
 - 9.6.4. Fattori di colore
 - 9.6.5. Interazione quark-antiquark
 - 9.6.6. Interazione quark-quark
 - 9.6.7. Annichilazione di coppia in cromodinamica quantistica

- 9.7. Interazione debole
 - 9.7.1. Interazione debole carica
 - 9.7.2. Regole di Feynman
 - 9.7.3. Decadimento del muone
 - 9.7.4. Decadimento del neutrone
 - 9.7.5. Decadimento del pion
 - 9.7.6. Interazione debole tra quark
 - 9.7.7. Interazione debole neutrale
 - 9.7.8. Unificazione elettrodebole
- 9.8. Teorie di Gauge
 - 9.8.1. Invarianza di Gauge locale
 - 9.8.2. Teoria di Yang-Mills
 - 9.8.3. Cromodinamica quantistica
 - 9.8.4. Regole di Feynman
 - 9.8.5. Termine di massa
 - 9.8.6. Rottura spontanea di simmetria
 - 9.8.7. Meccanismo di Higgs
- 9.9. Oscillazione dei neutrini
 - 9.9.1. Il problema dei neutrini solari
 - 9.9.2. Le oscillazioni dei neutrini
 - 9.9.3. Le masse dei neutrini
 - 9.9.4. Matrice di miscelazione
- 9.10. Argomenti avanzati: Breve introduzione
 - 9.10.1. Bosone di Higgs
 - 9.10.2. Grande unificazione
 - 9.10.3. Asimmetria materia-antimateria
 - 9.10.4. Supersimmetria, stringhe e dimensioni extra
 - 9.10.5. Materia oscura ed energia oscura

Modulo 10. Informazioni e computazione quantistica

- 10.1. Introduzione: Matematica e quantistica
 - 10.1.1. Spazi vettoriali complessi
 - 10.1.2. Operatori lineari
 - 10.1.3. Prodotto scalare e spazi di Hilbert
 - 10.1.4. Diagonalizzazione
 - 10.1.5. Prodotto tensoriale
 - 10.1.6. Funzione degli operatori
 - 10.1.7. Importanti teoremi sugli operatori
 - 10.1.8. Postulati della meccanica quantistica rivisitati
- 10.2. Stati e campioni statistici
 - 10.2.1. Il qubit
 - 10.2.2. Matrice densità
 - 10.2.3. Sistemi bipartiti
 - 10.2.4. La decomposizione di Schmidt
 - 10.2.5. Interpretazione statistica degli stati misti
- 10.3. Misure ed evoluzione temporale
 - 10.3.1. Misure di von Neumann
 - 10.3.2. Misure generalizzate
 - 10.3.3. Teorema di Neumark
 - 10.3.4. Canali quantistici
- 10.4. Entanglement e sue applicazioni
 - 10.4.1. Stati EPR
 - 10.4.2. Codifica densa
 - 10.4.3. Teletrasporto di stati
 - 10.4.4. Matrice di densità e sue rappresentazioni

- 10.5. Informazione classica e quantistica
 - 10.5.1. Introduzione alla probabilità
 - 10.5.2. Informazioni
 - 10.5.3. Entropia di Shannon e informazione reciproca
 - 10.5.4. Comunicazione
 - 10.5.4.1. Il canale binario simmetrico
 - 10.5.4.2. Capacità di un canale
 - 10.5.5. Teoremi di Shannon
 - 10.5.6. Differenza tra informazione classica e quantistica
 - 10.5.7. Entropia di von Neumann
 - 10.5.8. Teorema di Schumacher
 - 10.5.9. Informazione di Holevo
 - 10.5.10. Informazione accessibile e limite di Holevo
- 10.6. Informatica quantistica
 - 10.6.1. Macchine di Turing
 - 10.6.2. Circuiti e classificazione della complessità
 - 10.6.3. Il computer quantistico
 - 10.6.4. Porte logiche quantistiche
 - 10.6.5. Algoritmi di Deutsch-Josza e Simon
 - 10.6.6. Ricerca non strutturata: algoritmo di Grover
 - 10.6.7. Metodo di crittografia RSA
 - 10.6.8. Fattorizzazione: algoritmo di Shor
- 10.7. Teoria semiclassica dell'interazione luce-materia
 - 10.7.1. L'atomo a due livelli
 - 10.7.2. La scissione AC-Stark
 - 10.7.3. Oscillazioni di Rabi
 - 10.7.4. La forza dipolare della luce
- 10.8. Teoria quantistica dell'interazione luce-materia
 - 10.8.1. Stati del campo elettromagnetico quantistico
 - 10.8.2. Il modello di Jaynes-Cummings
 - 10.8.3. Il problema della decoerenza
 - 10.8.4. Trattamento di Weisskopf-Wigner dell'emissione spontanea
- 10.9. Comunicazione quantistica
 - 10.9.1. Crittografia quantistica: protocolli BB84 e Ekert91
 - 10.9.2. Disuguaglianze di Bell
 - 10.9.3. Generazione di un singolo fotone
 - 10.9.4. Propagazione di un singolo fotone
 - 10.9.5. Rivelazione di un singolo fotone
- 10.10. Calcolo e simulazione quantistica
 - 10.10.1. Atomi neutri in trappole di dipolo
 - 10.10.2. Elettrodinamica quantistica di cavità
 - 10.10.3. Ioni in trappole di Paul
 - 10.10.4. Cubiti superconduttori

“

*Padroneggia
concetti chiave di
fisica atmosferica,
meteorologia e il
loro legame con i
cambiamenti climatici”*

04

Obiettivi didattici

Questo programma universitario di TECH è progettato per fornire agli ingegneri e agli specialisti delle scienze fisiche le conoscenze più avanzate in Fisica Quantistica. Per fare questo, la titolazione copre dai fondamenti della meccanica quantistica fino agli ultimi progressi nella teoria quantistica dei campi, calcolo quantistico e cosmologia. Gli studenti saranno in grado di padroneggiare i concetti e gli strumenti che spiegano l'universo su scala subatomica e cosmologica, con una solida base matematica. Gli obiettivi didattici di questo Master garantiscono così che gli studenti sviluppino competenze nell'analisi e nella modellizzazione dei fenomeni fisici.



66

*Scopri il comportamento dei solidi
cristallini, la materia morbida e gli stati di
aggregazione"*

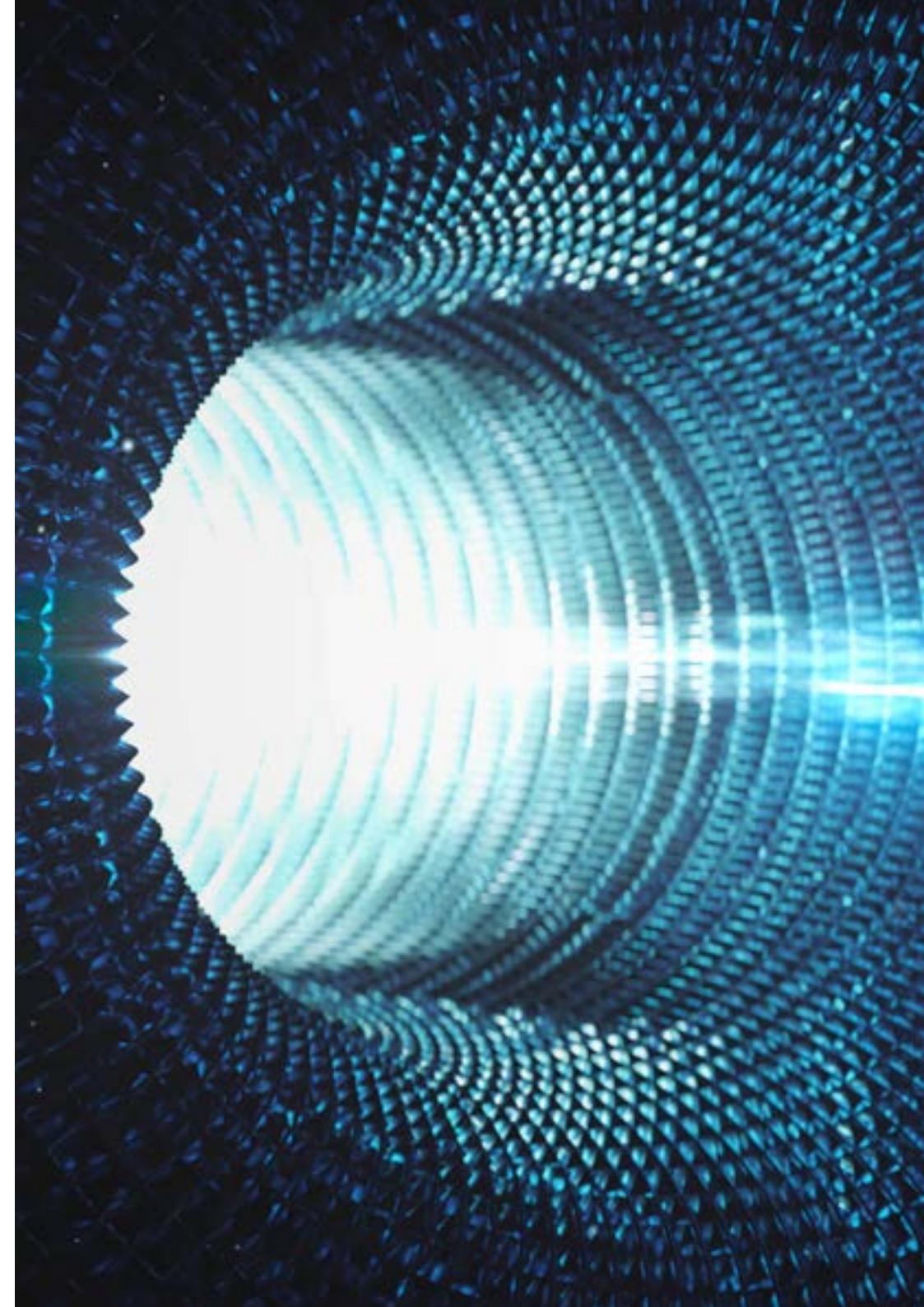


Obiettivi generali

- Acquisire i concetti di base dell'astrofisica
- Sviluppare nozioni di base sui diagrammi di Feynman, su come si disegnano e sulla loro utilità
- Imparare e applicare metodi approssimati per studiare i sistemi quantistici
- Padroneggiare i campi di Klein-Gordon, Dirac ed elettromagnetici

“

*Impara a progettare
programmi quantistici e a
capire come funzionano i
computer quantistici”*





Obiettivi specifici

Modulo 1. Introduzione alla fisica moderna

- ◆ Identificare e valutare la presenza di processi fisici nella vita quotidiana e in scenari sia specifici che comuni
- ◆ Sviluppare capacità di comunicazione per scrivere relazioni e documenti o per fare presentazioni efficaci

Modulo 2. Metodi Matematici

- ◆ Acquisire la conoscenza delle caratteristiche degli operatori lineari e della teoria di Surm-Liouville
- ◆ Conoscere la teoria dei gruppi, la rappresentazione dei gruppi, il calcolo tensoriale e le sue applicazioni alla fisica

Modulo 3. Fisica Quantistica I

- ◆ Applicare i concetti fondamentali della fisica quantistica e la loro articolazione in leggi e teorie
- ◆ Saper applicare gli strumenti matematici propri della Fisica Quantistica per risolvere problemi di Meccanica Quantistica

Modulo 4. Astrofisica

- ◆ Comprendere e utilizzare i metodi matematici e numerici comunemente usati in Astrofisica
- ◆ Conoscere i nuovi sviluppi e progressi nel campo dell'Astrofisica, sia teorici che sperimentali

Modulo 5. Fisica Quantistica II

- ◆ Conoscere i modelli atomici con il metodo variazionale
- ◆ Padroneggiare il momento angolare intrinseco
- ◆ Comprendere la teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo
- ◆ Comprendere e saper applicare il metodo WKB

Modulo 6. Fisica nucleare e delle particelle

- ◆ Ottenere una conoscenza di base della fisica nucleare e delle particelle
- ◆ Distinguere i diversi processi di decadimento nucleare
- ◆ Conoscere i diagrammi di Feynam, il loro utilizzo e come realizzarli
- ◆ Eseguire calcoli di collisione relativistica

Modulo 7. Teoria quantistica dei campi

- ◆ Acquisire le nozioni di base della teoria quantistica dei campi
- ◆ Conoscere i principali problemi di quantizzazione di alcuni campi e come vengono risolti

Modulo 8. Relatività generale e cosmologia

- ◆ Acquisire le nozioni di base della relatività generale
- ◆ Applicare le conoscenze del calcolo e dell'algebra allo studio della gravità utilizzando la teoria della relatività generale
- ◆ Acquisire la conoscenza delle equazioni di Einstein in formato tensoriale
- ◆ Sviluppare conoscenze di base della cosmologia e dell'universo primordiale

Modulo 9. Fisica delle alte energie

- ◆ Applicare la conoscenza della teoria quantistica dei campi e la matematica della teoria dei gruppi e delle rappresentazioni alla fisica delle particelle elementari
- ◆ Acquisire la conoscenza dei meccanismi di rottura spontanea delle simmetrie e del meccanismo di Higgs

Modulo 10. Informazione e Calcolo Quantistico

- ◆ Acquisire le nozioni di base dell'informazione classica e quantistica
- ◆ Individuare gli algoritmi più comuni per la crittografia quantistica delle informazioni
- ◆ Acquisire nozioni di base sulle teorie semiacquatiche e quantistiche dell'interazione luce-materia
- ◆ Comprendere le più comuni implementazioni dell'informazione quantistica

05

Opportunità professionali

Man mano che questa disciplina trasforma settori come l'informatica, la crittografia, la medicina o l'intelligenza artificiale, cresce la domanda di profili con formazione avanzata e competenze specialistiche. Pertanto, questo programma accademico fornisce accesso a opportunità presso centri di ricerca, aziende tecnologiche, laboratori di innovazione o agenzie spaziali, tra gli altri settori. Inoltre, grazie al suo approccio multidisciplinare, consente di applicare le conoscenze acquisite in progetti di sviluppo quantistico, modellazione fisica o analisi di dati complessi. Si sta affermando come un'opzione chiave per coloro che cercano di integrarsi nel nucleo della scienza e della tecnologia del futuro.



66

Applicherai principi quantistici a contesti reali, parteciperai a ricerche all'avanguardia e padroneggerai i fondamenti che governano l'universo a livello subatomico"

Profilo dello studente

Lo studente di questo Master di TECH sarà un professionista con una profonda conoscenza della meccanica quantistica, la teoria quantistica dei campi e la relatività generale, in grado di interpretare i fenomeni fisici sia su scala atomica che cosmologica. Sarà in grado di utilizzare metodi matematici complessi nella risoluzione di problemi avanzati, sviluppare modelli teorici di particelle elementari e applicare questi strumenti in simulazioni e progetti scientifici o tecnologici. Questo professionista sarà in grado di integrarsi in team di ricerca, partecipare a sviluppi di tecnologie emergenti o avanzare verso studi di dottorato in fisica teorica o sperimentale.

Grazie a questo percorso accademico 100% online di TECH, acquisirai le competenze necessarie per eccellere nell'ambiente scientifico più esigente.

- ◆ **Applicazione scientifica in contesti reali:** Padronanza di concetti come la supersimmetria, le dimensioni extra e i sistemi quantici applicati alla ricerca o all'insegnamento avanzato
- ◆ **Ragionamento critico e modellazione matematica:** Capacità di formulare, analizzare e risolvere problemi utilizzando formulari matematici come il metodo variazionale o il calcolo tensoriale
- ◆ **Simulazione e sperimentazione quantistica:** Capacità di eseguire simulazioni di processi fisici complessi e valutare la loro applicazione pratica in laboratori, industrie o istituzioni accademiche
- ◆ **Interdisciplinarità scientifica:** Capacità di collaborare con team provenienti da diverse aree della conoscenza (ingegneria, matematica, tecnologia o astronomia) in progetti di ricerca avanzata





Dopo aver completato il programma potrai utilizzare le tue conoscenze e competenze nei seguenti ruoli:

- 1. Ricercatore in Fisica Quantistica e Astrofisica:** Partecipante a progetti scientifici sulla teoria quantistica dei campi, la meccanica quantistica o lo studio di galassie, stelle e buchi neri.
- 2. Analista di Tecnologie Quantistiche:** Professionista dedicato alla valutazione e allo sviluppo di dispositivi quantistici, sensori, calcolo quantistico o tecnologie emergenti.
- 3. Specialista in Modelli Matematici e Simulazione Fisica:** Responsabile dello sviluppo di modelli per fenomeni fisici complessi e simulazioni applicate ad ambienti industriali o accademici.
- 4. Docente o divulgatore scientifico in Fisica Avanzata:** Insegnante in istituzioni educative o creatore di contenuti che spiegano concetti complessi in modo accessibile.
- 5. Consulente per Progetti Scientifici Multidisciplinari:** Membro di team che richiedono conoscenze in fisica delle particelle, relatività o cosmologia per affrontare sfide scientifiche o tecnologiche.
- 6. Consulente di Innovazione Tecnologica e Scientifica:** Professionista che fornisce una guida nella progettazione di nuove soluzioni basate su principi quantistici e teorie del campo.

“

Sarai un punto di riferimento nell'analisi di fenomeni fisici di alta complessità, grazie a una visione integrale della Fisica Quantistica e la sua relazione con l'astrofisica e la relatività"

06

Licenze software incluse

TECH è un riferimento nel mondo universitario per la combinazione di tecnologie all'avanguardia con metodologie didattiche per il potenziale processo di insegnamento-apprendimento. A tal fine, ha creato una rete di partnership che le permette di accedere agli strumenti software più avanzati del mondo professionale.



“

Al momento dell'immatricolazione riceverai, in modo completamente gratuito, le credenziali per l'uso accademico delle seguenti applicazioni software professionali”

TECH ha stabilito una rete di partnership professionali in cui si trovano i principali fornitori di software applicato alle diverse aree professionali. Queste partnership permettono a TECH di avere accesso all'uso di centinaia di applicazioni e licenze software per metterle a disposizione dei suoi studenti.

Le licenze di software accademico consentiranno agli studenti di utilizzare le applicazioni informatiche più avanzate nel loro campo professionale, in modo da poterle conoscere e padroneggiarle senza dover sostenere costi aggiuntivi. TECH si occuperà della procedura di assunzione in modo che gli studenti possano utilizzarle in modo illimitato durante il tempo in cui stanno studiando il Master in Fisica Quantistica, e inoltre potranno farlo completamente gratuitamente.

TECH ti darà accesso gratuito all'uso delle seguenti applicazioni software:



Google Career Launchpad

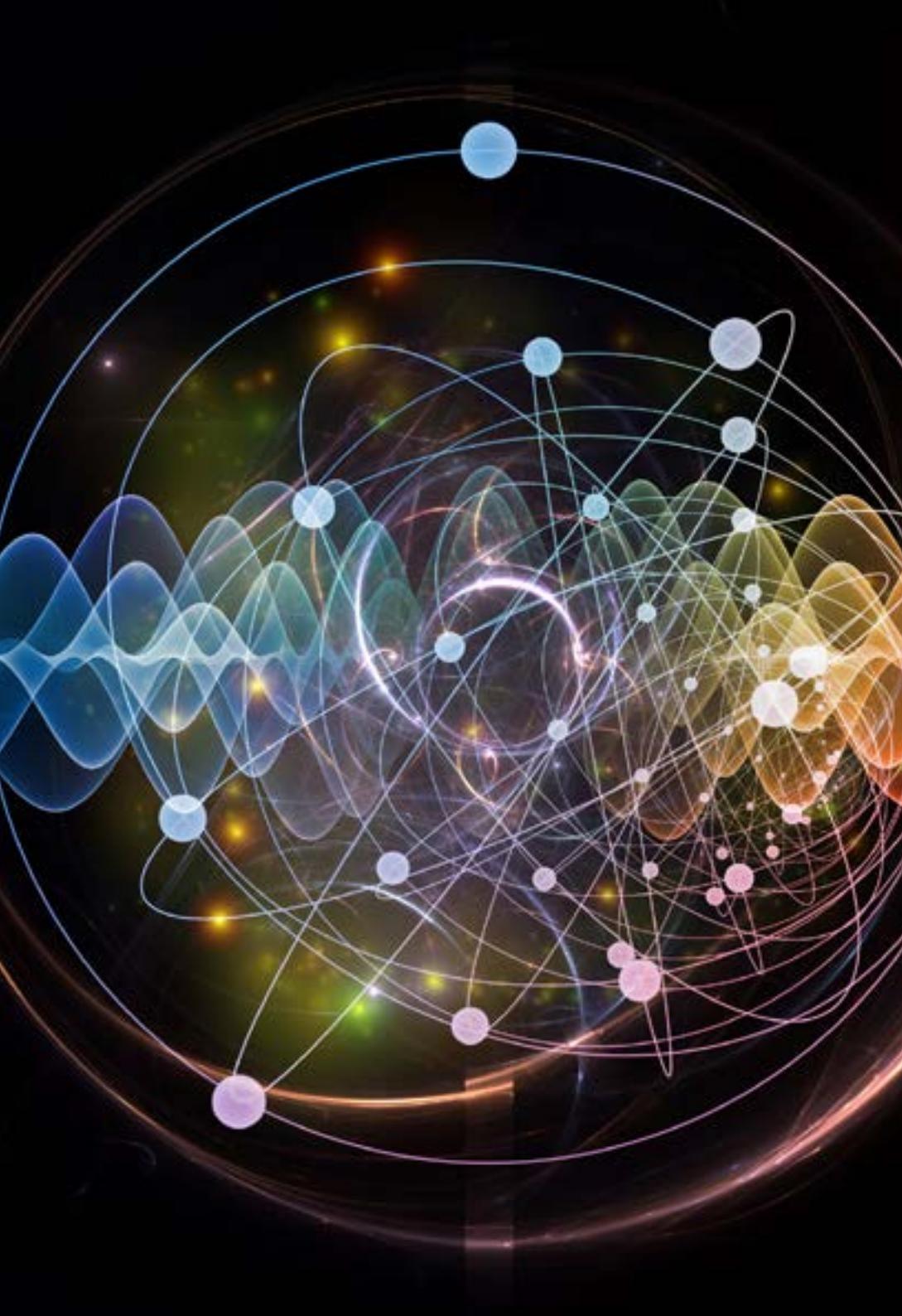
Google Career Launchpad è una soluzione per sviluppare competenze digitali in tecnologia e analisi dei dati. Con un valore stimato di **5.000\$**, è incluso **gratuitamente** nel programma universitario di TECH, fornendo accesso a laboratori interattivi e certificazioni riconosciute nel settore.

Questa piattaforma combina la formazione tecnica con casi pratici, utilizzando tecnologie come BigQuery e Google AI. Offre ambienti simulati per sperimentare con dati reali, insieme a una rete di esperti per l'orientamento personalizzato.

Funzioni in evidenza:

- ♦ **Corsi specializzati:** contenuti aggiornati su cloud computing, machine learning e analisi dei dati
- ♦ **Live lab:** esercizi pratici con gli strumenti reali di Google Cloud senza ulteriore configurazione
- ♦ **Certificazioni integrate:** preparazione per esami ufficiali con validità internazionale
- ♦ **Mentoring professionale:** sessioni con esperti di Google e partner tecnologici
- ♦ **Progetti collaborativi:** sfide basate su problemi reali di aziende leader

In conclusione, **Google Career Launchpad** collega gli utenti con le ultime tecnologie sul mercato, facilitando il loro inserimento in aree come intelligenza artificiale e data science con credenziali supportate dall'industria.



Ansys

Ansys è un software di simulazione per l'ingegneria che modella fenomeni fisici come fluidi, strutture ed elettromagnetismo. Con un valore commerciale di **26.400 euro**, è offerto gratuitamente durante il programma universitario di TECH, dando accesso alla tecnologia all'avanguardia per la progettazione industriale.

Questa piattaforma si distingue per la sua capacità di integrare l'analisi multifisica in un unico ambiente. Combina la precisione scientifica con l'automazione tramite API, velocizzando l'iterazione di prototipi complessi in settori come aeronautica o energia.

Funzioni in evidenza:

- ♦ **Simulazione multifisica integrata:** analizza strutture, fluidi, elettromagnetismo e termica in un unico ambiente
- ♦ **Workbench:** piattaforma unificata per gestire le simulazioni, automatizzare i processi e personalizzare i flussi con Python
- ♦ **Discovery:** prototipazione in tempo reale con simulazioni accelerate da GPU
- ♦ **Automazione:** crea macro e script con API in Python, C++ e JavaScript
- ♦ **Alte prestazioni:** Solver ottimizzati per CPU/GPU e scalabilità cloud on-demand

Ansys è lo strumento definitivo per trasformare le idee in soluzioni tecniche, offrendo potenza, flessibilità e un ecosistema di simulazione senza pari.

“

Grazie a TECH potrai utilizzare
gratuitamente le migliori applicazioni
software del tuo settore professionale”

07

Metodologia di studio

TECH è la prima università al mondo che combina la metodologia dei **case studies** con il **Relearning**, un sistema di apprendimento 100% online basato sulla ripetizione diretta.

Questa strategia dirompente è stata concepita per offrire ai professionisti l'opportunità di aggiornare le conoscenze e sviluppare competenze in modo intensivo e rigoroso. Un modello di apprendimento che pone lo studente al centro del processo accademico e gli conferisce tutto il protagonismo, adattandosi alle sue esigenze e lasciando da parte le metodologie più convenzionali.



“

TECH ti prepara ad affrontare nuove sfide in ambienti incerti e a raggiungere il successo nella tua carriera”

Lo studente: la priorità di tutti i programmi di TECH

Nella metodologia di studio di TECH lo studente è il protagonista assoluto.

Gli strumenti pedagogici di ogni programma sono stati selezionati tenendo conto delle esigenze di tempo, disponibilità e rigore accademico che, al giorno d'oggi, non solo gli studenti richiedono ma le posizioni più competitive del mercato.

Con il modello educativo asincrono di TECH, è lo studente che sceglie il tempo da dedicare allo studio, come decide di impostare le sue routine e tutto questo dalla comodità del dispositivo elettronico di sua scelta. Lo studente non deve frequentare lezioni presenziali, che spesso non può frequentare. Le attività di apprendimento saranno svolte quando si ritenga conveniente. È lo studente a decidere quando e da dove studiare.

“

*In TECH NON ci sono lezioni presenziali
(che poi non potrai mai frequentare)"*



I piani di studio più completi a livello internazionale

TECH si caratterizza per offrire i percorsi accademici più completi del panorama universitario. Questa completezza è raggiunta attraverso la creazione di piani di studio che non solo coprono le conoscenze essenziali, ma anche le più recenti innovazioni in ogni area.

Essendo in costante aggiornamento, questi programmi consentono agli studenti di stare al passo con i cambiamenti del mercato e acquisire le competenze più apprezzate dai datori di lavoro. In questo modo, coloro che completano gli studi presso TECH ricevono una preparazione completa che fornisce loro un notevole vantaggio competitivo per avanzare nelle loro carriere.

Inoltre, potranno farlo da qualsiasi dispositivo, pc, tablet o smartphone.

“

Il modello di TECH è asincrono, quindi ti permette di studiare con il tuo pc, tablet o smartphone dove, quando e per quanto tempo vuoi”

Case studies o Metodo Casistico

Il Metodo Casistico è stato il sistema di apprendimento più usato nelle migliori facoltà del mondo. Sviluppato nel 1912 per consentire agli studenti di Giurisprudenza non solo di imparare le leggi sulla base di contenuti teorici, ma anche di esaminare situazioni complesse reali. In questo modo, potevano prendere decisioni e formulare giudizi di valore fondati su come risolverle. Nel 1924 fu stabilito come metodo di insegnamento standard ad Harvard.

Con questo modello di insegnamento, è lo studente stesso che costruisce la sua competenza professionale attraverso strategie come il *Learning by doing* o il *Design Thinking*, utilizzate da altre istituzioni rinomate come Yale o Stanford.

Questo metodo, orientato all'azione, sarà applicato lungo tutto il percorso accademico che lo studente intraprende insieme a TECH. In questo modo, affronterà molteplici situazioni reali e dovrà integrare le conoscenze, ricercare, argomentare e difendere le sue idee e decisioni. Tutto ciò con la premessa di rispondere al dubbio di come agirebbe nel posizionarsi di fronte a specifici eventi di complessità nel suo lavoro quotidiano.



Metodo Relearning

In TECH i case studies vengono potenziati con il miglior metodo di insegnamento 100% online: il *Relearning*.

Questo metodo rompe con le tecniche di insegnamento tradizionali per posizionare lo studente al centro dell'equazione, fornendo il miglior contenuto in diversi formati. In questo modo, riesce a ripassare e ripetere i concetti chiave di ogni materia e impara ad applicarli in un ambiente reale.

In questa stessa linea, e secondo molteplici ricerche scientifiche, la ripetizione è il modo migliore per imparare. Ecco perché TECH offre da 8 a 16 ripetizioni di ogni concetto chiave in una stessa lezione, presentata in modo diverso, con l'obiettivo di garantire che la conoscenza sia completamente consolidata durante il processo di studio.

Il Relearning ti consentirà di apprendere con meno sforzo e più rendimento, coinvolgendoti maggiormente nella specializzazione, sviluppando uno spirito critico, difendendo gli argomenti e contrastando opinioni: un'equazione diretta al successo.



Un Campus Virtuale 100% online con le migliori risorse didattiche

Per applicare efficacemente la sua metodologia, TECH si concentra sul fornire agli studenti materiali didattici in diversi formati: testi, video interattivi, illustrazioni, mappe della conoscenza, ecc. Tutto ciò progettato da insegnanti qualificati che concentrano il lavoro sulla combinazione di casi reali con la risoluzione di situazioni complesse attraverso la simulazione, lo studio dei contesti applicati a ogni carriera e l'apprendimento basato sulla ripetizione, attraverso audio, presentazioni, animazioni, immagini, ecc.

Le ultime prove scientifiche nel campo delle Neuroscienze indicano l'importanza di considerare il luogo e il contesto in cui si accede ai contenuti prima di iniziare un nuovo apprendimento. Poder regolare queste variabili in modo personalizzato favorisce che le persone possano ricordare e memorizzare nell'ippocampo le conoscenze per conservarle a lungo termine. Si tratta di un modello denominato *Neurocognitive context-dependent e-learning*, che viene applicato in modo consapevole in questa qualifica universitaria.

Inoltre, anche per favorire al massimo il contatto tra mentore e studente, viene fornita una vasta gamma di possibilità di comunicazione, sia in tempo reale che differita (messaggistica interna, forum di discussione, servizio di assistenza telefonica, e-mail di contatto con segreteria tecnica, chat e videoconferenza).

Inoltre, questo completo Campus Virtuale permetterà agli studenti di TECH di organizzare i loro orari di studio in base alla loro disponibilità personale o agli impegni lavorativi. In questo modo avranno un controllo globale dei contenuti accademici e dei loro strumenti didattici, il che attiva un rapido aggiornamento professionale.



La modalità di studio online di questo programma ti permetterà di organizzare il tuo tempo e il tuo ritmo di apprendimento, adattandolo ai tuoi orari"

L'efficacia del metodo è giustificata da quattro risultati chiave:

1. Gli studenti che seguono questo metodo non solo raggiungono l'assimilazione dei concetti, ma sviluppano anche la loro capacità mentale, attraverso esercizi che valutano situazioni reali e l'applicazione delle conoscenze.
2. L'apprendimento è solidamente fondato su competenze pratiche che permettono allo studente di integrarsi meglio nel mondo reale.
3. L'assimilazione di idee e concetti è resa più facile ed efficace, grazie all'uso di situazioni nate dalla realtà.
4. La sensazione di efficienza dello sforzo investito diventa uno stimolo molto importante per gli studenti, che si traduce in un maggiore interesse per l'apprendimento e in un aumento del tempo dedicato al corso.



La metodologia universitaria più apprezzata dagli studenti

I risultati di questo innovativo modello accademico sono riscontrabili nei livelli di soddisfazione globale degli studenti di TECH.

La valutazione degli studenti sulla qualità dell'insegnamento, la qualità dei materiali, la struttura del corso e i suoi obiettivi è eccellente. A questo proposito, l'università è considerata la migliore per i suoi studenti nella piattaforma di valutazione Global score, ottenendo un 4,9 su 5.

Accedi ai contenuti di studio da qualsiasi dispositivo con connessione a Internet (computer, tablet, smartphone) grazie al fatto che TECH è aggiornato sull'avanguardia tecnologica e pedagogica.

Potrai imparare dai vantaggi dell'accesso a ambienti di apprendimento simulati e dall'approccio di apprendimento per osservazione, ovvero Learning from an expert.

In questo modo, il miglior materiale didattico sarà disponibile, preparato con attenzione:



Materiale di studio

Tutti i contenuti didattici sono creati dagli specialisti che impartiranno il corso, appositamente per questo, in modo che lo sviluppo didattico sia realmente specifico e concreto.

Questi contenuti sono poi applicati al formato audiovisivo che supporterà la nostra modalità di lavoro online, impiegando le ultime tecnologie che ci permettono di offrirti una grande qualità per ogni elemento che metteremo al tuo servizio.



Capacità e competenze pratiche

I partecipanti svolgeranno attività per sviluppare competenze e abilità specifiche in ogni area tematica. Pratiche e dinamiche per acquisire e sviluppare le competenze e le abilità che uno specialista deve possedere nel mondo globalizzato in cui viviamo.



Riepiloghi interattivi

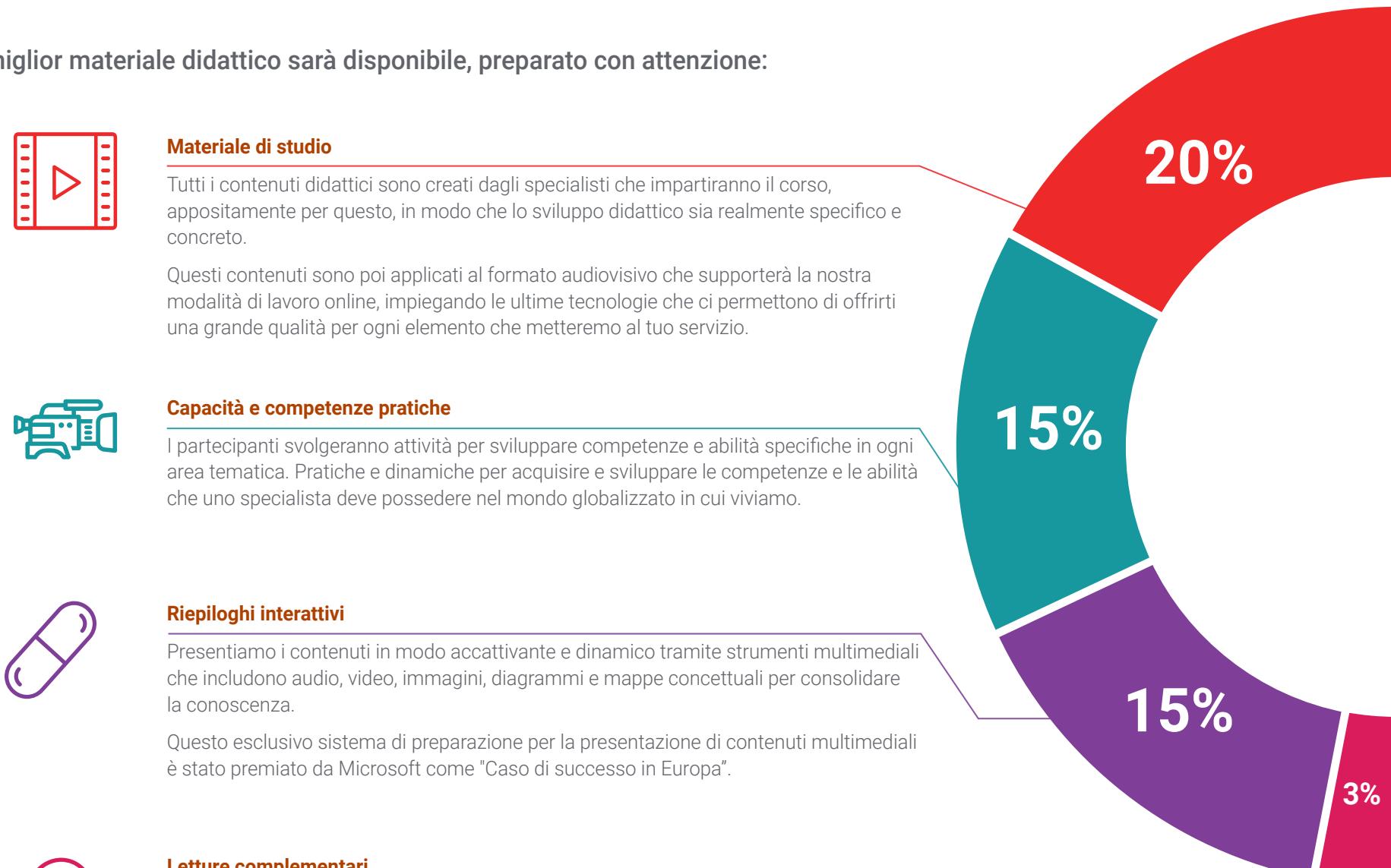
Presentiamo i contenuti in modo accattivante e dinamico tramite strumenti multimediali che includono audio, video, immagini, diagrammi e mappe concettuali per consolidare la conoscenza.

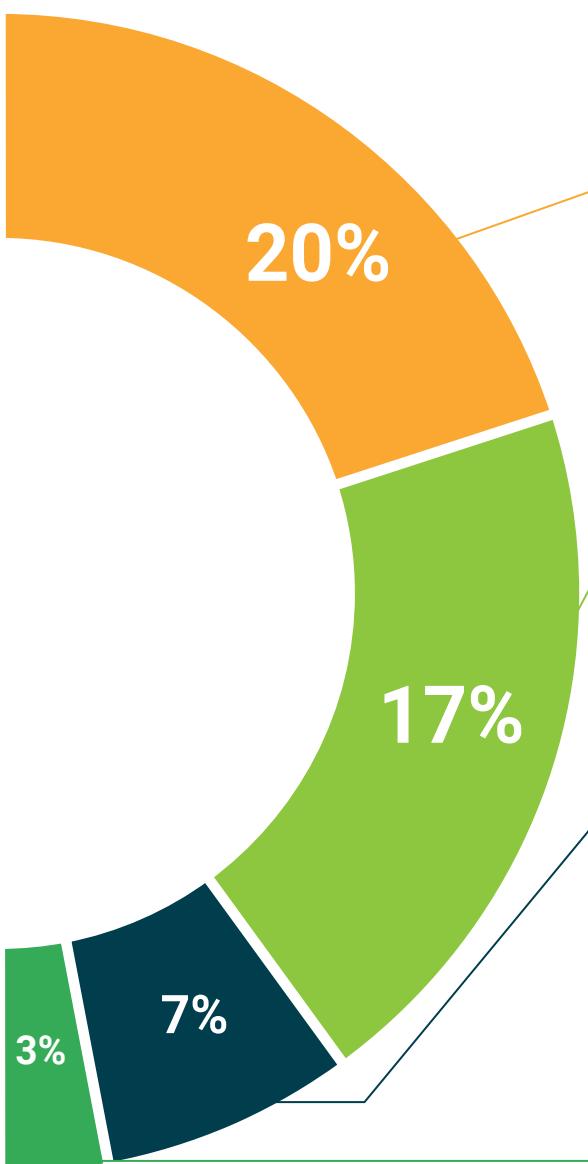
Questo esclusivo sistema di preparazione per la presentazione di contenuti multimediali è stato premiato da Microsoft come "Caso di successo in Europa".



Letture complementari

Articoli recenti, documenti di consenso, guide internazionali... Nella nostra libreria virtuale avrai accesso a tutto ciò di cui hai bisogno per completare la tua formazione.





Case Studies

Completerai una selezione dei migliori case studies in materia. Casi presentati, analizzati e monitorati dai migliori specialisti del panorama internazionale.



Testing & Retesting

Valutiamo e rivalutiamo periodicamente le tue conoscenze durante tutto il programma. Tutto questo, su 3 dei 4 livelli della Piramide di Miller.



Master class

Esistono prove scientifiche sull'utilità d'osservazione di terzi esperti. Il cosiddetto *Learning from an Expert* rafforza le conoscenze e i ricordi, e genera sicurezza nel futuro processo decisionale.



Guide di consultazione veloce

TECH offre i contenuti più rilevanti del corso sotto forma di schede o guide rapide per l'azione. Un modo sintetico, pratico ed efficace per aiutare lo studente a progredire nel suo apprendimento.



08

Personale docente

I professionisti che impartiscono questo programma di TECH sono veri riferimenti nel campo della Fisica Quantistica. Questi esperti hanno accumulato risultati di ricerca e sono spesso citati in pubblicazioni accademiche da scienziati della comunità internazionale. Attraverso le loro esperienze pratiche e conoscenze teoriche più aggiornate, i membri di questo personale docente hanno formato un programma completo, adatto per i fisici che cercano di aggiornare le loro competenze. Grazie alla guida più personalizzata di questo personale docente, gli studenti raggiungono così un'altissima specializzazione.



66

*Completerai questo programma
esclusivo con esperti
accuratamente preparati sulle
innovazioni della Fisica Quantistica"*

Direttore Ospite Internazionale

Il Dottor Philipp Kammerlander è un esperto di **Fisica Quantistica**, con grande prestigio tra i membri della comunità accademica internazionale. Da quando si è unito al **Quantum Center** di Zurigo come *Public Program Officer*, ha svolto un ruolo cruciale nella creazione di reti collaborative tra le istituzioni impegnate in scienze e tecnologia quantica. Sulla base dei suoi risultati, ha assunto il ruolo di **Direttore Esecutivo** della stessa istituzione.

In particolare, da questo lavoro professionale, l'esperto ha svolto il coordinamento di varie attività come **workshop** e **conferenze**, collaborando con vari dipartimenti dell'Istituto Federale di Tecnologia di Zurigo (ETH). Inoltre, le sue azioni sono state decisive nella **raccolta di fondi** e nella creazione di strutture interne più sostenibili che aiutano il rapido sviluppo delle funzioni del centro che rappresenta.

Inoltre, affronta concetti innovativi come la **teoria dell'informazione quantistica** e il suo trattamento. Su queste tematiche ha progettato programmi di studio e guidato il suo sviluppo davanti a più di 200 studenti. Grazie all'eccellenza in questi campi, ha ricevuto riconoscimenti importanti come il **Premio Golden Owl** e il **VMP Assistant Award** che evidenziano il suo impegno e la sua abilità nell'insegnamento.

Oltre al suo lavoro presso il Quantum Center e ETH di Zurigo, questo ricercatore ha una vasta esperienza nel settore tecnologico. Ha lavorato come **ingegnere software freelance**, progettando e testando applicazioni di **business analytics** basate sullo standard **ACTUS** per contratti intelligenti. Ha anche lavorato come consulente presso abaQon AG. La sua carriera diversificata e i suoi significativi risultati nel mondo accademico e nell'industria sottolineano la sua versatilità e dedizione all'innovazione e all'istruzione nel campo della scienza quantistica.



Dott. Kammerlander, Philipp

- Direttore Esecutivo presso il Quantum Center di Zurigo, Svizzera
- Professore presso l'Istituto Federale di Tecnologia di Zurigo, Svizzera
- Gestore di programmi pubblici tra diverse istituzioni svizzere
- Ingegnere software freelance presso Ariadne Business Analytics AG
- Consulente della società abaQon AG
- Dottorato in Fisica Teorica e Teoria Quantistica dell'Informazione presso l'ETH di Zurigo
- Master in Fisica presso l'ETH di Zurigo

“

*Grazie a TECH potrai
apprendere dai migliori
professionisti del mondo”*

09

Titolo

Il Master in Fisica Quantistica garantisce, oltre alla preparazione più rigorosa e aggiornata, il conseguimento di una qualifica di Master rilasciata da TECH Global University.



66

*Porta a termine questo programma e
ricevi la tua qualifica universitaria senza
sostamenti o fastidiose formalità”*

Questo programma ti consentirà di ottenere il titolo di studio privato di **Master Privato in Fisica Quantistica** rilasciato da **TECH Global University**, la più grande università digitale del mondo.

TECH Global University, è un'Università Ufficiale Europea riconosciuta pubblicamente dal Governo di Andorra ([bollettino ufficiale](#)). Andorra fa parte dello Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore (EHEA) dal 2003. L'EHEA è un'iniziativa promossa dall'Unione Europea che mira a organizzare il quadro formativo internazionale e ad armonizzare i sistemi di istruzione superiore dei Paesi membri di questo spazio. Il progetto promuove valori comuni, l'implementazione di strumenti congiunti e il rafforzamento dei meccanismi di garanzia della qualità per migliorare la collaborazione e la mobilità tra studenti, ricercatori e accademici.

Questo titolo privato di **TECH Global University**, è un programma europeo di formazione continua e aggiornamento professionale che garantisce l'acquisizione di competenze nella propria area di conoscenza, conferendo allo studente che supera il programma un elevato valore curriculare.

Titolo: Master in Fisica Quantistica

Modalità: online

Durata: 12 mesi

Accreditamento: 60 crediti ECTS



Master in Fisica Quantistica		
Distribuzione generale del Programma		
Corso	Insegnamento	ECTS
1º	Introduzione alla fisica moderna	6 OB
1º	Metodi Matematici	6 OB
1º	Fisica Quantistica I	6 OB
1º	Astrofisica	6 OB
1º	Fisica Quantistica II	6 OB
1º	Fisica nucleare e delle particelle	6 OB
1º	Teoria quantistica dei campi	6 OB
1º	Relatività generale e cosmologia	6 OB
1º	Fisica delle alte energie	6 OB
1º	Informazione e Calcolo Quantistico	6 OB



futuro
salute fiducia persone
educazione informazione tutor
garanzia accreditamento insegnamento
istituzioni tecnologia apprendimento
comunità impegno
attenzione personalizzata innovazione
conoscenza presente qualità
formazione online
sviluppo istituzioni
classe virtuale lingue



Master
Fisica Quantistica

- » Modalità: online
- » Durata: 12 mesi
- » Titolo: TECH Global University
- » Accreditamento: 60 crediti ECTS
- » Orario: a tua scelta
- » Esami: online

Master

Fisica Quantistica

