

“A come abaco, Q come quanto” – Progetto PCTO 2023-24.

Il progetto “A come Abaco, Q come Quanto” è proposto dal dipartimento di Fisica dell’Università di Pavia, ed è fondato su un percorso di insegnamento-apprendimento costruito in collaborazione tra il gruppo di ricerca in didattica della fisica e quello in teoria quantistica dell’informazione.

Descrizione generale

Gli enormi avanzamenti degli ultimi decenni nell’abilità di manipolare oggetti quantistici come singoli atomi, fotoni ed elettroni hanno dato il via ad una nuova rivoluzione tecnologica, il cui impatto nei campi dell’informatica, della comunicazione e della sensoristica sta diventando sempre più profondo e pervasivo. In risposta, a livello europeo sono stati lanciati progetti istituzionali quali la Strategic Research Agenda della “Quantum Technology Flagship” (<https://qt.eu>), focalizzati sulla ricerca di base ma anche sulla formazione, per promuovere la crescita di consapevolezza sociale e culturale del processo in atto e la costituzione di una forza lavoro altamente specializzata e pronta ad accogliere le sfide delle nuove tecnologie quantistiche. In accordo con tale prospettiva, l’area di ricerca in didattica della fisica e quella in teoria quantistica dell’informazione dell’Università di Pavia hanno elaborato un percorso interdisciplinare rivolto agli alunni delle classi quinte e quarte della scuola secondaria, al crocevia tra fisica, matematica, informatica e ingegneria. Partendo da due unità preliminari volte a costruire una prospettiva integrata tra teorie fisiche e logica, vengono presentati concetti e formalismi di base della meccanica quantistica, e la costruzione di una nuova logica in grado di codificare e manipolare l’informazione in un modo compatibile con la struttura della nuova teoria. Mediante l’uso di strategie didattiche innovative basate sull’indagine (inquiry-based learning) e sulla modellizzazione (modelling-based teaching), gli studenti esplorano la progettazione di porte e circuiti logici in due codifiche di diverse proprietà del fotone. Il coronamento del percorso è rappresentato dall’esame concettuale e formale di algoritmi (Deutsch e Grover) che illustrano il vantaggio quantistico nell’elaborazione dell’informazione, o alternativamente di protocolli quantistici di comunicazione (teletrasporto e crittografia). In entrambi i casi, l’esame teorico dei circuiti logici è accompagnato dal design di circuiti ottici che rappresentano una loro realizzazione fisica ideale. Il percorso ha una durata di 15 ore comuni e si articola in due proposte differenziate nella parte finale: a) crittografia o b) protocolli di comunicazione (teletrasporto).

Obiettivi

Il progetto PCTO “A come Abaco, Q come Quanto” ha come principali obiettivi 1) il rafforzamento del pensiero computazionale, con l’introduzione di un punto di vista unificante e interdisciplinare nel quale logica, probabilità e fisica risultano strettamente connessi tra loro, in particolare in considerazione dei problemi relativi alla computazione; e 2) la diffusione della cultura scientifica, con particolare riguardo all’introduzione della meccanica quantistica, e dei recenti sviluppi di tale teoria sui versanti della computazione e dell’informazione. Essenziale per tale obiettivo è l’utilizzo di metodi basati sulla ricerca in didattica, inclusa l’adozione di linguaggio matematico semplice ma non ipersemplicato.

Descrizione approfondita degli obiettivi del progetto

Primo obiettivo – Rafforzamento del pensiero computazionale

L’obiettivo della costruzione del pensiero computazionale è universalmente riconosciuto come fondamentale per la formazione del cittadino (e.g. Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione, Piano Nazionale Scuola Digitale) e sulla base di tale ben consolidata rilevanza si assiste ad un proliferare di attività, basate sul coding e sulla robotica educativa, proposte nel primo ciclo di istruzione e nella scuola secondaria di primo grado. Per gli studenti del quinto e quarto anno del liceo scientifico, che dovrebbe già aver acquisito in modo significativo i cardini del pensiero computazionale, attività di consolidamento e rafforzamento possono consistere, coerentemente con gli obiettivi generali del percorso liceale, nell’acquisizione di un punto di vista storico e filosofico che consenta di inquadrare criticamente lo sviluppo storico del discorso relativo alla

computazione in relazione al più generale contesto del progresso della civiltà umana e delle altre discipline. In questa prospettiva, il nostro percorso interviene in più sensi:

- Nella parte introduttiva, viene esplicitamente introdotta una prospettiva storica sulla computazione classica e sulla sua relazione con altre branche della matematica, la fisica, la logica.
- La transizione “dal bit al qubit” consente allo studente di adottare un punto di vista critico sullo sviluppo dell’informatica, e di apprezzare la stretta connessione del linguaggio logico-matematico che essa utilizza con la fisica dei dispositivi disponibili.
- Durante tutto il percorso, l’introduzione di algoritmi (es. Deutsch e Grover) o protocolli (specie di crittografia come BB84) quantistici, viene sviluppata attraverso una costante giustapposizione con strumenti per risolvere problemi analoghi in informatica classica. Il risultato atteso è un rafforzamento del pensiero computazionale, combinato – ancora una volta – con un suo inquadramento critico.

Secondo obiettivo – diffusione della cultura scientifica

Studi recenti mostrano come gli studenti – e la cittadinanza in genere – siano sottoposti ad un costante rischio di disinformazione scientifica. Nel caso particolare della meccanica quantistica, tale disinformazione può assumere la forma di una pesante distorsione dei contenuti della teoria, che vengono avvicinati a quelli di dottrine pseudo-scientifiche spesso impregnate di misticismo (es. medicine alternative e tradizionali, filosofie sincretistiche in stile *new age*). Diventa quindi estremamente importante, almeno nel Liceo Scientifico – che è, nella sua essenza, una scuola di razionalità – far comprendere con chiarezza allo studente che la meccanica quantistica, lungi dal rappresentare un portale verso sistemi di credenze irrazionali, si trova perfettamente nel solco della tradizione del pensiero scientifico moderno. I libri di testo non sempre sono efficaci per raggiungere tali obiettivi, in quanto molti di essi, nel tentativo di alleggerire il formalismo matematico, adottano un linguaggio ambiguo, carico di metafore e analogie i cui termini non sono chiari. Per lo stesso motivo, inoltre, essi non introducono un vero modello matematico della teoria quantistica, ma solo alcune formule relative a casi specifici, generando negli studenti l’idea di una disciplina frammentata e incoerente.

Nell’ambito del progetto “A come Abaco, Q come Quanto” si propone agli studenti di apprendere un formalismo matematico minimale (perché limitato ai sistemi a due stati) ma coerente, accompagnato da un quadro concettuale chiaro della meccanica quantistica, del suo significato, e delle profonde differenze, ma anche degli elementi di continuità, con la fisica classica. Tra i punti qualificanti del progetto vi è l’idea, già dimostratasi fondata in precedenti sperimentazioni, che introdurre agli studenti la meccanica quantistica con un linguaggio propriamente scientifico, concettualmente chiaro, privo di ambiguità, possa di per sé dissipare molte delle idee pseudo-scientifiche che gli studenti possono aver acquisito attraverso i vari canali informativi a loro disponibili. Questa ipotesi sarà nuovamente testata attraverso un questionario pre-post ad hoc.

Dettagli sullo svolgimento del progetto

Il progetto PCTO per gli studenti si svolgerà nella sede del liceo scientifico dell’istituto Taramelli-Foscolo tra i mesi di marzo e aprile e sarà coordinato dai Proff. Chiara Macchiavello e Massimiliano Malgieri e condotto principalmente dal Prof. Sutrini docente interno all’istituto con l’intervento dei professori Paolo Perinotti e Lorenzo Maccone e dal ricercatore Dottor Giovanni Chesi del dipartimento di Fisica dell’Università di Pavia. Il progetto è dedicato a studenti di classi quarte e quinte sia del liceo scientifico che del liceo classico. Il numero minimo di partecipanti perché il progetto abbia luogo sarà di 20 e il numero massimo di 30. Si prevede di certificare agli studenti approssimativamente 30 ore, di cui 15 di lavoro in classe o laboratorio, 5 di seminari in presenza o online e 10 di lavoro individuale o a gruppi coordinati dal docente.

Iscrizioni

Le iscrizioni degli studenti avverranno tramite il portale UNIFARE dell'Università di Pavia (<https://unipvunifare.it/>) e saranno possibili fino al raggiungimento del numero massimo di iscritti, o fino al giorno prima dell'inizio delle attività rivolte agli studenti.