

CORSO DI FORMAZIONE LABORATORIALE SU UN PERCORSO DI SPETTROSCOPIA OTTICA

Obiettivi e metodologia

L'obiettivo del corso è quello di condividere con i docenti un esempio di percorso laboratoriale destinato a studenti della quarta e quinta classe del Liceo scientifico.

La prima fase del percorso, consiste nello studio sperimentale di alcuni fenomeni legati alla natura ondulatoria della luce. Attraverso questo studio si determinano le basi teoriche relative alle più semplici tecniche spettroscopiche nel campo del visibile. Si parte dallo studio dei fenomeni di interferenza da doppia fenditura e di diffrazione da fenditura singola, per poi passare allo studio di fenomeni via via più complessi come l'interferenza da fenditure multiple, lo studio dei reticoli di diffrazione e il loro utilizzo per la misura delle lunghezze d'onda della luce presente in spettri continui e discreti.

Il passo successivo è quello di condurre un'indagine tesa ad individuare le modalità con cui la luce viene prodotta a livello microscopico. Da questa indagine scaturiranno i concetti di "quanto di energia", la relazione $E=hf$ e la presenza di livelli discreti di energia nell'atomo di idrogeno. Si introducono così i primi elementi relativi alla struttura atomica.

Nella realizzazione delle attività sperimentali sarà privilegiata una strategia di scoperta delle caratteristiche dei fenomeni in esame e di ricerca delle corrispondenti leggi fisiche.

Questa strategia, trasferita nelle attività di classe, risulta più efficace, rispetto a quella di verifica di leggi già studiate in precedenza, nello stimolare alcune abilità e competenze richieste dalle Indicazioni Nazionali quali:

- l'applicazione di conoscenze alla soluzione di un problema reale;
- la costruzione e la validazione di modelli fisici e matematici per la rappresentazione della situazione in esame;
- la scelta motivata delle grandezze da misurare e delle procedure di misurazione;
- l'individuazione delle condizioni sperimentali più opportune per la rilevazione delle grandezze;
- l'interpretazione dei dati sperimentali e il ricorso a ipotesi esplicative.

Nella scelta dei materiali e degli strumenti da utilizzare per la realizzazione delle attività laboratoriali saranno privilegiati quelli a basso costo e di facile reperibilità, nell'ottica di realizzare un laboratorio che sia accessibile ad una platea la più ampia possibile, senza nulla perdere sul piano dei contenuti e dell'efficacia didattica.

Attività da realizzare

Dalla Diffrazione al reticolo di diffrazione				
<p>Viene sviluppato un modello matematico che, rappresentando l'onda luminosa proveniente da una sorgente puntiforme mediante un vettore rotante (fasore), permette di valutare la distribuzione dell'energia luminosa proveniente da due o più sorgenti puntiformi. Il modello matematico viene poi implementato mediante un foglio Excel e utilizzato per prevedere la figura di diffrazione prodotta da fenditure multiple. Tali previsioni vengono successivamente confrontate con le figure di diffrazione ottenute in laboratorio nelle stesse condizioni. Una volta validato il modello matematico, esso può essere utilizzato per prevedere il comportamento di un reticolo di diffrazione.</p>				
	Attività	Tempi	Ambiente	Risorse necessarie
Presentazione del corso.	Frontale	1/2 ora	Aula/Laboratorio	Computer cattedra con proiettore o LIM Foglio elettronico Excel
Richiami sui fenomeni di interferenza e di diffrazione delle onde.	Frontale	1/2 ora	Aula/Laboratorio	
Sviluppo di un modello matematico relativo ad un sistema di più sorgenti puntiformi.	Frontale	1 ora	Aula/Laboratorio	
Implementazione del modello matematico mediante un foglio elettronico Excel.	Laboratorio	1,5 ore	Laboratorio di Informatica	
Simulazione, mediante il precedente modello matematico, di un sistema costituito da due o più sorgenti puntiformi e determinazione della distribuzione d'energia luminosa ad una data distanza dalle sorgenti.	Laboratorio	1/2 ora	Laboratorio di Informatica	
Produzione della figura di interferenza ottenuta facendo incidere luce monocromatica (laser) su una coppia di fenditure, la cui distanza è nota, e misura della lunghezza d'onda.	Laboratorio	3 ore	Laboratorio di Fisica	Doppia fenditura Fenditure stampate su foglio di acetato Portadiapositive Laser Fenditura di larghezza variabile Basi, aste e morsetti di sostegno Metro a nastro Carta millimetrata Righello Fotocamera digitale
Misura della distanza incognita tra due fenditure mediante interferenza.				
Produzione della figura di diffrazione ottenuta facendo incidere luce monocromatica (laser) su una fenditura di larghezza variabile e determinazione della relazione tra larghezza della fenditura e larghezza della figura di diffrazione.				
Produzione della figura di diffrazione prodotta da fili sottili e misura dello spessore del filo.				
Produzione della figura di interferenza ottenuta facendo incidere luce monocromatica (laser) su un sistema di 2, 3, 4, 5 e 6 fenditure.	Laboratorio	2 ore	Laboratorio di Fisica	Fenditure multiple Portadiapositive Laser Fotocamera digitale Carta millimetrata
Confronto tra le figure di interferenza ottenute sperimentalmente con un sistema di 2, 3, 4, 5 e 6 fenditure e quelle previste dal modello matematico.	Laboratorio	1,5 ore	Laboratorio di Informatica	Computer cattedra con proiettore o LIM Foglio elettronico Excel
Deduzione della figura di diffrazione prodotta da un reticolo fitto di fenditure (reticolo di diffrazione). Confronto tra risultati del modello e risultati sperimentali.	Laboratorio	1/2 ora	Laboratorio di Informatica	Foglio elettronico Excel Power point

Spettri continui e a righe

Si utilizza come spettrometro un tubo la cui estremità è chiusa da un cartoncino in cui è praticata una fessura. All'altra estremità è posto un reticolo di diffrazione. Puntando il tubo verso una sorgente di luce il reticolo ne produce lo spettro di emissione che può essere fotografato. Si utilizzano sorgenti a spettro continuo, a bande e a righe. Dall'analisi dell'immagine fotografica si misura la lunghezza d'onda dei vari colori che compongono gli spettri di emissione delle diverse sorgenti.

	Attività	Tempi	Ambiente	Risorse necessarie
Produzione dello spettro continuo prodotto dalla luce emessa da una lampada a filamento.	Laboratorio	2 ore	Laboratorio di Fisica	Lampada a filamento
Produzione dello spettro discreto prodotto dalla luce emessa da una lampada a basso consumo.				Lampada a basso consumo
Produzione dello spettro a bande prodotto dalla luce emessa da diodi LED.				Tubo di cartone
Produzione dello spettro discreto prodotto dalla luce emessa da una lampada a gas (Ne, He, CO ₂ ,)				Reticoli di diffrazione
Misura delle lunghezze d'onda della luce emessa dalle sorgenti esaminate.	Laboratorio	2 ore	Laboratorio di Informatica	Computer cattedra con proiettore o LIM Foglio elettronico Excel Power point

Alla scoperta del “quanto di energia”

Si determina la caratteristica corrente-tensione di 5 LED di colore diverso (blu, verde, giallo rosso e infrarosso) e, rilevato lo spettro di emissione di ciascuno di essi, si misura la frequenza di picco.

Dal bilancio energetico degli elettroni di conduzione si determina il contributo energetico che ciascuno di essi fornisce alla radiazione emessa giungendo alla relazione

$$E=hf$$

	Attività	Tempi	Ambiente	Risorse necessarie
Presentazione dell'attività.	Frontale	1 ora	Aula/Laboratorio	Computer cattedra con proiettore o LIM
Rilevazione manuale della caratteristica corrente-tensione di diodi LED di diverso colore.	Laboratorio	2 ore	Laboratorio di Fisica	5 Led (blu, verde, giallo, rosso e infrarosso)
Rilevazione della caratteristica corrente-tensione di diodi LED di diverso colore mediante sistema RTL.				Breadboard
Rilevazione dello spettro emesso dai LED esaminati precedentemente.	Laboratorio	1 ora	Laboratorio di Fisica	Resistori da 100Ω - 1W Potenziometro multigiro (10kΩ – 10giri) 2 Batterie da 9V con cappuccio 2 multimetri digitali con cavetti di collegamento Sistema di acquisizione RTL
Misura della lunghezza d'onda corrispondente al picco di emissione.	Laboratorio	1 ora	Laboratorio di Informatica	Righello rigido Fotocamera digitale Power point

Determinazione del contributo energetico di ciascun elettrone all'energia luminosa emessa dal LED.	Frontale	1 ora	Laboratorio di Informatica	Software di analisi grafica (gratuito)
Introduzione del "quanto di energia" e sua relazione con la frequenza luce emessa dal LED.	Frontale	1 ora	Laboratorio di Informatica	Software di analisi grafica (gratuito)

L'atomo di Idrogeno

Viene rilevato lo spettro di emissione di una lampada ad idrogeno e si misurano le lunghezze d'onda delle quattro righe visibili nello spettro. Sfruttando l'analogia tra questo fenomeno ed altri studiati in precedenza, si determina la relazione che lega le lunghezze d'onda delle righe osservate. Utilizzando il concetto di quanto di energia, emerso nell'esperimento precedente, è possibile interpretare l'emissione di luce da parte dell'atomo di idrogeno come dovuta a transizioni degli elettroni da livelli energetici più elevati verso uno stesso livello energetico.

	Attività	Tempi	Ambiente	Risorse necessarie
Presentazione dell'attività.	Frontale	1/2 ora	Aula/Laboratorio	Computer cattedra con proiettore o LIM
Rilevazione dello spettro di emissione dell'idrogeno.	Laboratorio	1 ora	Laboratorio di Fisica	lampada ad Idrogeno Righello rigido Reticoli di diffrazione Fotocamera digitale Software Excel
Misura delle lunghezza d'onda delle righe emesse dall'idrogeno.	Laboratorio	1 ora	Laboratorio di Informatica	Power point
Ricorso alla analogia con il fenomeno delle onde stazionarie per dedurre la formula di Balmer.	Frontale	1 ora	Laboratorio di Informatica	Computer cattedra con proiettore o LIM
Utilizzo del concetto di "quanto di energia" per dedurre l'esistenza di livelli discreti di energia nell'atomo di idrogeno.	Frontale	1/2 ora	Laboratorio di Informatica	Computer cattedra con proiettore o LIM

Dovendo svolgere attività di laboratorio, si potrà operare con massimo 30 docenti suddivisi in gruppi di massimo 5 unità.

Per seguire tutti i gruppi occorre la collaborazione di almeno 2 tutor.

Dovrà esser presente anche l'assistente tecnico del laboratorio in cui si opera (Fisica o Informatica).