

Scienze chimiche, fisiche e naturali

Piccolo e grande raggio di luce!

OBIETTIVI 1. Mettere in relazione fatti e fenomeni con il modello microscopico proposto.
2. Analizzare l'interazione fra onda elettromagnetica e materia.

CONTENUTI Le peculiari caratteristiche delle onde elettromagnetiche; natura e propagazione della luce. La composizione della luce e gli strumenti ottici. I principi di spettrofotometria.

METODI ED ATTIVITA'

Di straordinaria importanza risulta per la presente U.D. la presentazione dei punti su cui si incentrerà tutto il lavoro, vuoi per l'elevata estensione dell'argomento: **onde elettromagnetiche**, vuoi per le numerose possibilità di link di ampliamento.

Basti pensare al fatto che alla fine del diciannovesimo secolo, il fisico tedesco Heinrich Hertz (1857-1894), provò senza alcun dubbio che il campo elettromagnetico si propaga nel vuoto con velocità c (= velocità della luce). In seguito, le proprietà di queste onde elettromagnetiche sono state esaminate sperimentalmente con così grande cura, che l'enorme quantità di informazioni che abbiamo accumulato sulle proprietà, come le conoscenze sulla loro produzione, propagazione ed assorbimento, ha aperto la porta al mondo meraviglioso delle telecomunicazioni!

I cardini portanti la discussione risulteranno:

- costituzione dell'onda elettromagnetica: l'onda luminosa
- il moto d'onda
- l'interazione fra onda elettromagnetica e materia
- gli spettri di assorbimento e di emissione

E' molto importante a questo proposito far chiarezza su che cosa si propaga sotto forma di onda in un moto d'onda. La risposta generale che possiamo fornire è che ciò che si propaga è una condizione fisica generata in qualche punto e che, come conseguenza della natura del fenomeno, tale condizione può essere trasmessa ad altre regioni. Poiché questa spiegazione per i nostri allievi risulterà troppo astratta, tentiamo di formularla in termini più concreti. A tal fine possiamo far riferimento, in qualità di prerequisito, al concetto di onda (trattato in elastici e suoni, precedente contributo). Dopo di che rifletteremo sul fatto che i diversi tipi di onda corrispondono a certi tipi di moti di atomi o molecole del mezzo, attraverso cui l'onda si propaga, mentre gli atomi restano, in media, nelle loro posizioni di equilibrio. Sarà quindi reso evidente che non è la materia che si propaga, ma lo *stato di moto* della materia. Abbiamo in definitiva una condizione dinamica che è trasferita da una regione ad un'altra. Noi siamo abituati a descrivere una condizione dinamica in termini di quantità di moto ed energia; una volta pertanto introdotto il concetto di quantità di moto come il prodotto (vettoriale) della massa di un punto materiale per la sua velocità, possiamo affermare che *in un moto di onde, energia e quantità di moto sono trasferiti o propagati*.

Prima che Hertz effettuasse i suoi esperimenti, l'esistenza delle onde elettromagnetiche era stata prevista da Maxwell come risultato di un'analisi accurata delle equazioni del campo elettromagnetico. Lo sviluppo della nostra conoscenza delle onde elettromagnetiche è un altro esempio della stretta relazione tra teoria ed esperienza nella evoluzione delle idee scientifiche! Verrà a questo punto chiarito il concetto di onda elettromagnetica come onda trasversale prodotta dall'accelerazione di cariche elettriche, consistente in un campo elettromagnetico variabile, cui è associata energia raggianti. Tali campi si propagano in un mezzo o nel vuoto, con legge analoga a quella degli altri moti ondosi, con velocità che dipende dall'indice di rifrazione del mezzo (nel vuoto con velocità c). Faremo inoltre presente che l'equazione che descrive la propagazione sarà soluzione del sistema di equazioni di Maxwell, che gli studenti comprenderanno nel corso di studi superiori al presente.

Una volta chiarito il concetto di onda elettromagnetica e di propagazione, si potrà incentrare la seconda parte della trattazione sulle domande: "che cosa è la **luce**?", quindi: "di che cosa è fatta?"

Dopo aver ascoltato e discusso la validità delle risposte fornite dagli studenti, l'insegnante evidenzierà che non risulta facile rispondere e che fino dal 1600 gli scienziati discussero a lungo sulla natura della luce (possibile link con Storia). Un breve excursus storico partirà dagli studi di Isaac Newton il quale riteneva che la luce fosse costituita da un insieme di minutissime particelle capaci di percorrere lunghe traiettorie rettilinee anche nello spazio vuoto, trasportando energia e proponeva per la luce stessa un **modello corpuscolare**.

Passeremo poi ad illustrare gli studi del fisico olandese Christian Huygens, il quale, invece, riteneva che la luce fosse **un'onda**, cioè come abbiamo già illustrato, una perturbazione del mezzo da essa attraversato, analoga a quella che si forma sulla superficie di uno stagno quando si getta un sasso nell'acqua; perciò proponeva un **modello ondulatorio**.

Sarà poi evidenziato il fattore che accomuna le due teorie, ovvero: il fatto che diffondendosi nello spazio, la luce trasporta energia. Ritorniamo su argomenti del secondo anno ricordando che la Biologia ci insegna che noi vediamo un oggetto quando la luce che esso emana entra nei nostri occhi attraverso quel piccolo foro che è la pupilla, attraversa il cristallino trasparente che sta dietro a questa e va a colpire la retina situata in fondo all'occhio. Il nervo ottico che trasporta gli impulsi ed il cervello che li elabora concludono il ciclo. Sarà pertanto evidenziato che due sono i fattori indispensabili: che l'oggetto mandi verso di noi la luce e che i nostri occhi siano in grado di riceverla. Nei fenomeni naturali come quello della visione, la fisica si intreccia con la biologia: la biologia si occupa della sensibilità dei nostri occhi alla luce, la fisica si interessa dell'emissione di luce da parte di un corpo e dell'interazione fra la luce ed i corpi che ne vengono colpiti.

Nelle fasi iniziali della trattazione, se l'argomento dovesse risultare ostico, per meglio comprendere i fenomeni luminosi (come per gli altri fenomeni fisici) avremo bisogno di utilizzare un **modello**, e per la luce il più semplice fra quelli proponibili risulta il *modello corpuscolare*, considereremo la luce come un flusso di microscopiche particelle, che possiamo chiamare **fotoni**, provenienti da una non meglio identificata (per il momento) **sorgente di luce**. Per adesso, *sorgente di luce* può essere considerata qualunque oggetto che invii energia luminosa in modo da essere reso visibile.

Passeremo quindi ad illustrare il concetto di **sorgente di luce** proponendo esempi facilmente riscontrabili nella pratica quotidiana. Qualunque corpo infatti può diventare una sorgente di luce se riscaldato ad una temperatura tanto elevata da farlo diventare incandescente; in questo caso si tratterà di una **sorgente di luce primaria**, capace cioè di emettere energia sottoforma di fotoni. Esempi di sorgenti primarie sono il Sole, la fiamma di una candela, il filamento incandescente di una lampadina accesa, la colata di ferro fuso che esce da un alto forno alla temperatura di 1800 °C. Tuttavia gli oggetti che ci circondano non sono quasi mai incandescenti e li vediamo ugualmente, ma ad una condizione: li vediamo in una stanza illuminata, non al buio. In una stanza buia possiamo vedere la fiamma di una candela accesa, perché è una sorgente primaria che produce luce, trasformando parte dell'energia chimica in energia luminosa durante la combustione. Non si vedono invece i mobili che si trovano nella stanza o la persona che ha acceso la candela, perché essi non emettono luce. In una stanza illuminata, questi oggetti sono invece visibili, perché respingono verso l'esterno fino ai nostri occhi buona parte della luce che ricevono dalla sorgente primaria che li illumina. Possiamo pertanto affermare che essi si comportano come **sorgenti secondarie di luce**, in quanto, pur senza emettere luce propria, riflettono quella ricevuta dalle sorgenti primarie; esempio ne sono i pianeti come la Terra e la Luna.

Un'importante caratteristica della luce che deve essere illustrata è quella della propagazione in linea retta. Il fenomeno della **propagazione rettilinea della luce**, già di per sé evidente lo è maggiormente se osserviamo il raggio di sole che penetra in una stanza buia, ed è pienamente confermata dalle ombre che si formano quando un oggetto interrompe il cammino dei raggi. Tutto ciò è facilmente riproducibile in laboratorio con dei cartoncini forati tenuti in piedi da mollette di legno ed una sorgente di luce, anche una torcia elettrica posta in parallasse al foro. Nell'allegato 1 viene proposta un'attività pratica di laboratorio, relativa alla **spettrofotometria**, corredata delle linee teoriche essenziali. Il tutto potrà essere fornito agli studenti come scheda didattica.

Allegato 1:

Cenni di teoria quantistica ed interpretazione degli spettri atomici

Sappiamo che la radiazione elettromagnetica è una forma di energia, l'energia radiante, che si propaga nello spazio con moto ondulatorio e che la sua natura è duplice: corpuscolare ed ondulatoria.

Le onde elettromagnetiche, sono infatti generate dal moto di unità individuali, i fotoni o quanti di luce: si parla infatti di treno d'onda. Se un atomo sarà capace di assorbire energia elettromagnetica, l'assorbimento dovrà avvenire in modo **discontinuo**, per fotoni $h\nu$, e questi saranno caratterizzati dalla loro frequenza. Poiché $E=h\nu$, fotoni di eguale frequenza hanno anche uguale energia. Analogamente a quanto sopra, anche l'emissione dovrà avvenire in modo discontinuo, per quanti di energia radiante. Gli spettri di emissione da parte degli atomi, si hanno quando un atomo viene portato ad uno stato a cui corrisponde un eccesso di energia rispetto al suo stato normale.

STATO NORMALE (stabile) \longrightarrow STATO ECCITATO (instabile)

Le radiazioni emesse possono anche essere raccolte su lastra fotografica impressionabile, questo ci permette di avere spettri caratteristici (a righe).

MATERIALE OCCORRENTE

Bacchetta al nichel-cromo o filo di platino, vari vetrini da orologio, spatole di metallo o di vetro.

REAGENTI

Vari campioni di cloruri o altri sali.

PROCEDIMENTO

Si pone un po' di acido cloridrico concentrato nel vetrino da orologio. Dobbiamo poi bagnare la bacchetta ed esporla alla fiamma del fornello fino a che non emette nessuna colorazione. Si bagna poi nuovamente nell'acido e si tocca con la punta metallica del filo uno dei campioni, preventivamente tritato col mortaio. Dobbiamo registrare a questo punto il tipo di una eventuale colorazione.

composto chimico	formula	colorazione della fiamma

Si possono osservare le seguenti colorazioni:

Sodio Na: giallo intenso;

Potassio K: violetto pallido;

Litio Li: rosso carminio;

Calcio Ca: rosso mattone a sprazzi;

Stronzio Sr: rosso scarlatto;

Bario Ba: giallo-verde, molto persistente;

altre colorazioni che vanno dal verde all'azzurro pallido sono date da sostanze diverse, come per es. l'acido borico, alogenuri di rame, arsenico, antimonio, etc.

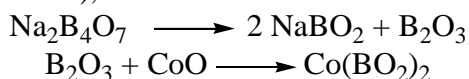
N.B.1. la colorazione gialla del sodio, maschera quella del potassio e del litio, per poterle distinguere, occorre osservare la fiamma attraverso un vetro al cobalto Co, il quale assorbe le radiazioni gialle del sodio e lascia vedere quelle del potassio e del litio.

N.B.2

I solfati di calcio e di bario, come pure i silicati di sodio e di potassio non danno colorazione alla fiamma.

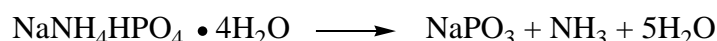
Come ulteriore approfondimento, laddove il tempo a disposizione consentisse di realizzarla, proponiamo un'altra attività pratica di laboratorio: **Il saggio alla perla (la perla al borace)**. Il tetraborato di sodio, detto comunemente borace, deve essere riscaldato sino a fusione sulla punta del filo di platino stavolta piegato ad occhiello. Verrà in questo modo eliminata l'acqua di cristallizzazione e, per raffreddamento, solidificherà una massa vetrosa, trasparente, detta perla, costituita da borace anidro: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$

Scaldando nuovamente questa perla sino a fusione con ossidi metallici (o con sali metallici che per riscaldamento si trasformano in ossidi), si ha la formazione di metaborati; così ad es.:



Alcuni metaborati danno una colorazione caratteristica, la quale può cambiare a seconda che la fiamma sia ossidante o riducente o a seconda che sia fredda o calda. Così ad esempio, i sali di rame, quando la perla è riscaldata con fiamma ossidante, danno colorazione verde a caldo ed azzurra a freddo, mentre con fiamma riducente danno colorazione rosso opaca. Ciò è dovuto al fatto che il metaborato rameico si è ridotto a rameoso.

Anziché borace, si può adoperare per questo saggio il sal di fosforo: fosfato acido di sodio e di ammonio, il quale per riscaldamento perde acqua ed ammoniaca e si trasforma in meta fosfato sodico:



Nel seguente **allegato 2** vengono fornite le tabelle di consultazione.

Saggi alla perla

Colore della perla al borace

Elemento	Fiamma ossidante		Fiamma riducente	
	A caldo	A freddo	A caldo	A freddo
Co	azzurro	azzurro	azzurro	azzurro
Ni	violaceo	giallo-rossiccio	grigio opaco	grigio opaco
Fe	giallo-arancio	giallo	verde bottiglia	verde bottiglia
Cr	giallo-rossiccio	violetto	verde-bruno	verde smeraldo
Mn	violetto	violetto	incolore	incolore
Cu	verde	azzurro	rosso opaco	rosso opaco

Colore della perla al sal di fosforo

Elemento	Fiamma ossidante		Fiamma riducente	
	A caldo	A freddo	A caldo	A freddo
Co	azzurro	azzurro	azzurro	azzurro
Ni	rosso-bruno	giallo-rossiccio	grigio opaco	grigio opaco
Fe	rosso-bruno	giallo	verde	verde
Cr	giallo-rossiccio	violetto	rosso-bruno	verde
Mn	violetto	violetto	incolore	incolore
Cu	verde	azzurro	rosso opaco	rosso opaco

VERIFICHE

La verifica di quanto trattato potrà consistere nel richiedere ai discenti il risultato esatto di una prova qualitativa di laboratorio: tramite saggio alla fiamma e/o alla perla. Saranno forniti ai diversi sottogruppi in cui divideremo la classe, crogiolini in porcellana contraddistinti da un numero (corrispondente al listato di due sali perfettamente mescolati a conoscenza solo del docente), potrà essere permesso l'uso di vetrini al cobalto od al potassio per evitare interferenze. Gli allievi dovranno poi, con stile tecnico ed essenziale stendere la relazione di quanto svolto (livello di accettabilità), con relative giustificazioni teoriche (livello di eccellenza).

Patrizia Martelli