

EMISSIONE E ASSORBIMENTO DI LUCE DA PARTE DELLA MATERIA

Poiché la luce è energia trasportata da oscillazioni del campo elettrico (fotoni) e la materia è fatta di particelle elettricamente cariche (atomi fatti di protoni ed elettroni) luce e materia possono interagire. In particolare due fenomeni opposti possono accadere: l'assorbimento e l'emissione.

La spettroscopia

Nella seconda metà dell'800, era noto che gli atomi di un gas quando venivano eccitati (da una fiamma o da una scarica elettrica) emettevano luce a determinate lunghezze d'onda ("righe" di emissione).

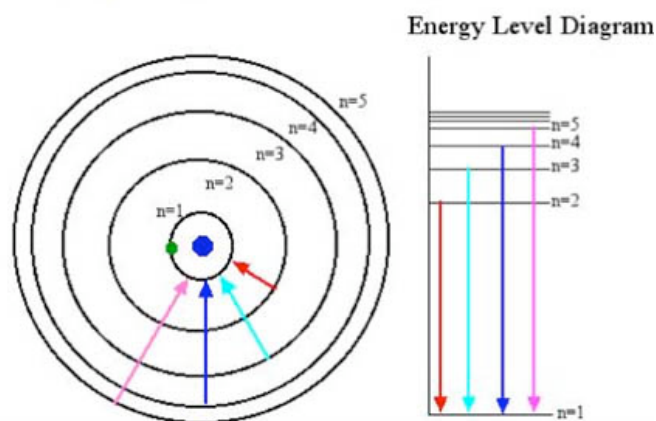
Lo "spettro", cioè la combinazione di righe di emissione era caratteristica univoca di ogni atomo. Nel 1885 Balmer e nel 1890 Rydberg elaborano delle formule matematiche semplici che descrivono la posizione delle righe degli spettri atomici.

In base a queste osservazioni Bohr, nel 1913 sviluppa la teoria degli elettroni orbitanti intorno al nucleo che si può riassumere così attraverso i seguenti postulati:

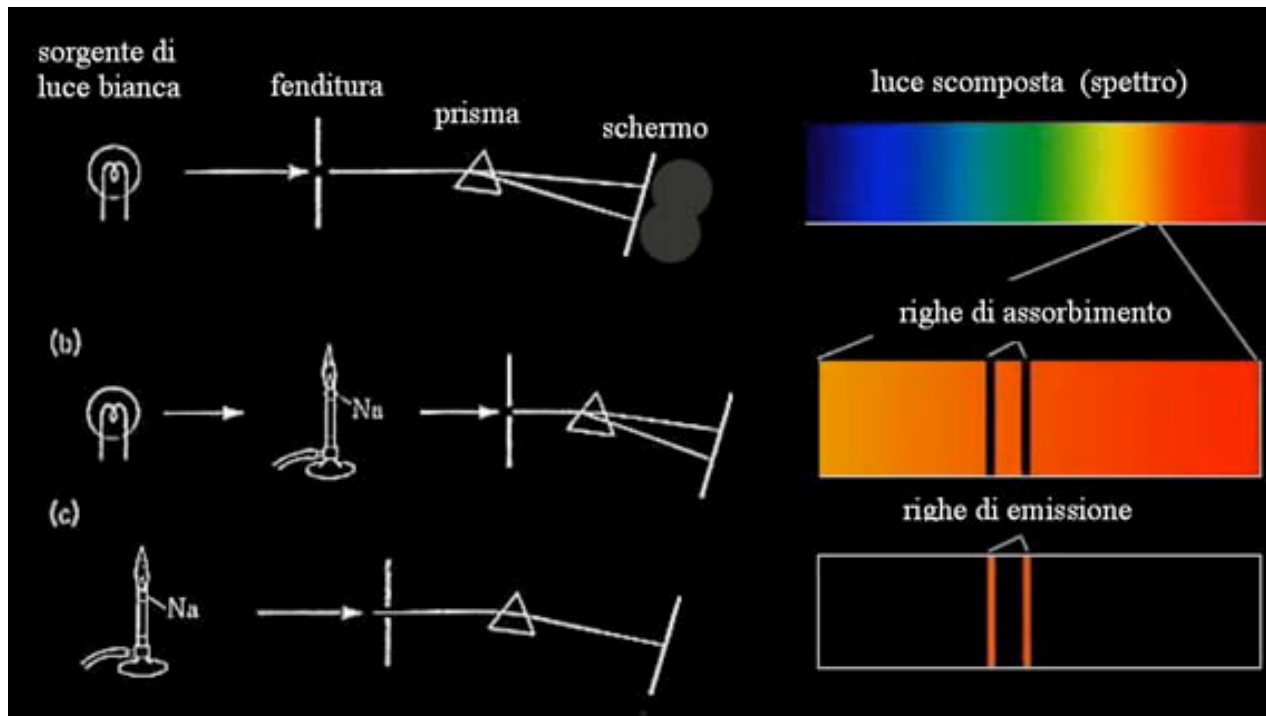
1. un sistema atomico (elettroni che orbitano intorno a un nucleo) o molecolare (atomi legati fra loro) può esistere solo in livelli discreti di energia: $E_1, E_2, \dots, E_i, E_j$
2. In assenza di interazione con la radiazione il sistema rimane invariato nel suo stato di energia, detto stazionario. Nell'emissione o assorbimento di un fotone, il sistema passa da uno stato stazionario E_j a allo stato E_i (o viceversa) emettendo o assorbendo un fotone la cui frequenza è legata all'energia degli stati stazionari dalla formula: $h\nu = E_j - E_i$ dove h è la costante di Plank.

Questi postulati stimolano la nascita della *meccanica quantistica* che rivoluziona la fisica degli inizi del '900 e sono alla base della scienza della *spettroscopia*. In pratica Bohr afferma che ogni atomo o molecola può emettere o assorbire luce solo a determinate frequenze

Spettro dell'atomo di idrogeno



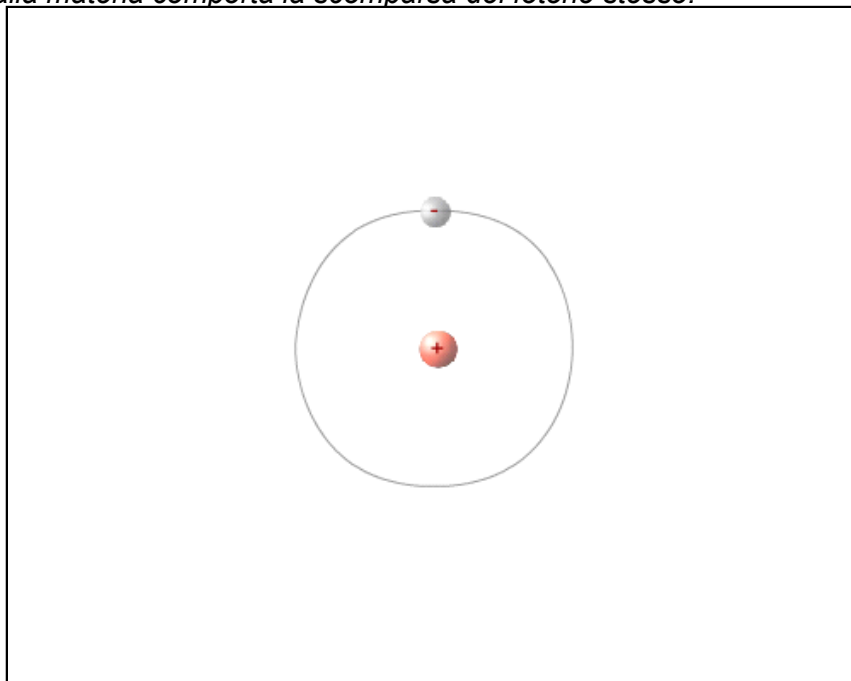
Il modello dell'atomo di Bohr che spiega le osservazioni degli spettroscopisti dell'800. Alle orbite elettroniche $n = 1, 2, \dots, n$ corrispondono le energie E_1, E_2, \dots, E_n .



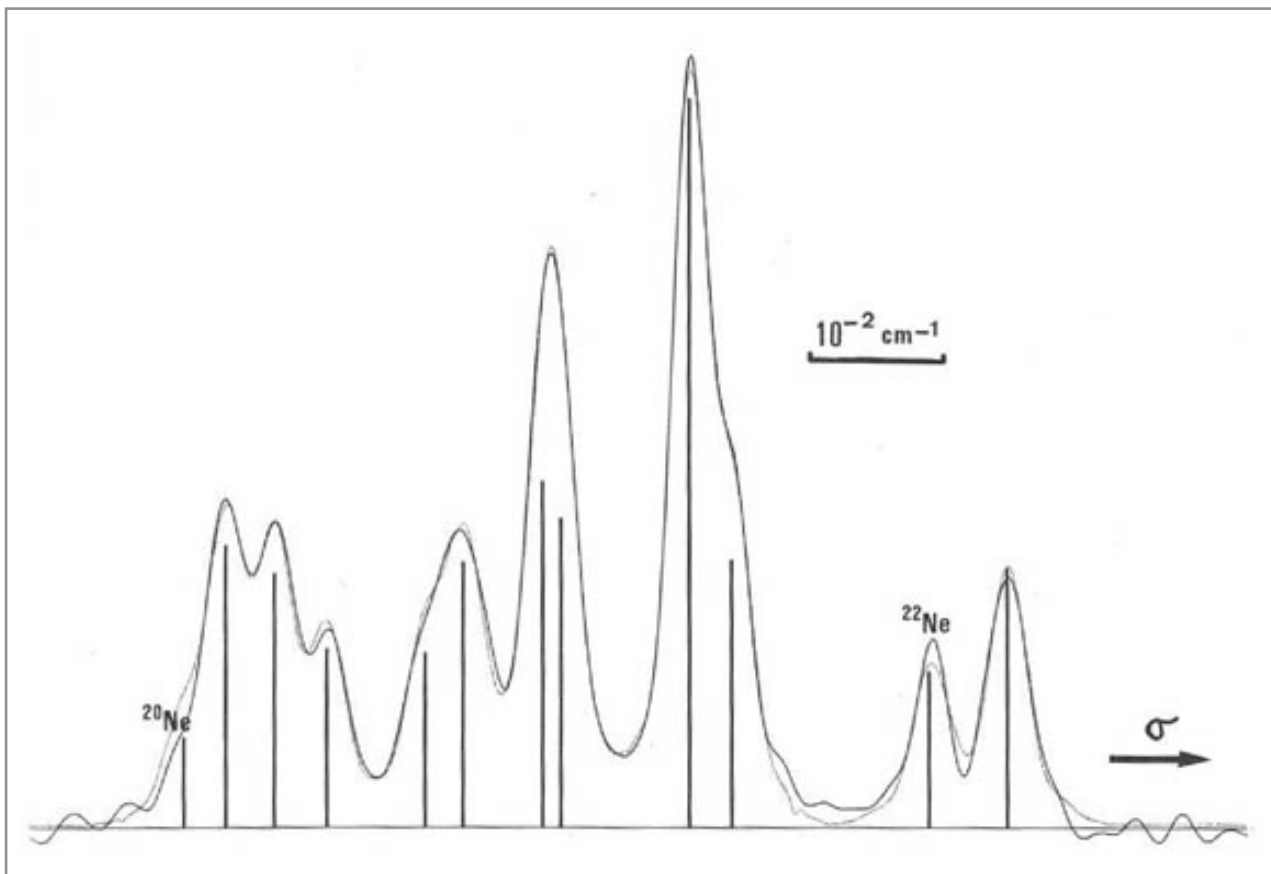
Per analizzare gli spettri di assorbimento e di emissione si usa uno spettrofotometro, strumento in grado di scomporre la luce per mezzo di un prisma o di un reticolo nelle sue componenti spettrali.

Assorbimento della luce

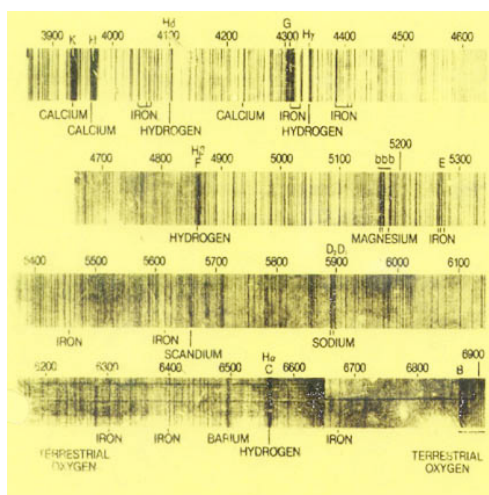
Assorbimento di un fotone da parte di un atomo, e da parte di una molecola: quando il sistema si trova nello stato fondamentale E_1 e viene "investito" da un fotone con energia $h\nu = E_2 - E_1$, il sistema ha una certa probabilità di assorbire il fotone passando allo stato eccitato E_2 . In pratica l'energia che il fotone trasporta si trasforma in energia acquistata dall'elettone che passa a un orbitale più lontano dal nucleo (e quindi più energetico). Poiché il fotone è energia, il passaggio di energia da parte del fotone alla materia comporta la scomparsa del fotone stesso.



Se illuminiamo un certo gas con tante lunghezze d'onda diverse, osserviamo che alcune vengono assorbite e altre no, e se disegniamo un grafico dell'intensità della luce trasmessa (non assorbita) in funzione della lunghezza d'onda, otteniamo una figura detta *spettro di assorbimento*.



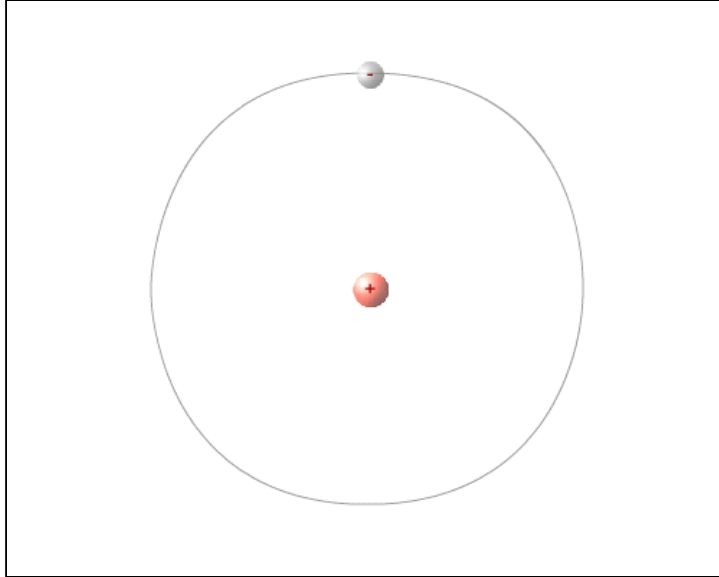
Uno dei primi esempi di analisi spettroscopica è l'osservazione di "righe" di assorbimento sulla luce emessa dal sole dovute alle lunghezze d'onda assorbite dai gas presenti nella corona solare.



spettro solare

Emissione della luce e lampade di riferimento

Animazione: emissione di un fotone da parte di un atomo, e da parte di una molecola: quando si trova nel livello di energia E_2 , il sistema ha una probabilità di emettere un fotone di energia $h\nu = E_2 - E_1$, passando dallo stato eccitato allo stato fondamentale; tale probabilità è funzione del tempo e determina la vita media dello stato eccitato. In questo caso, nel passaggio di un elettrone da uno stato ad alta energia a uno a energia minore, si ha la generazione di un fotone che equilibra l'energia del sistema.



Quando forniamo energia ad un gas (per esempio con una scarica elettrica o con una fiamma), portiamo gli atomi o le molecole ad uno "eccitato": stato di energia elevata. Da questo stato, gli atomi e le molecole tenderanno a "diseccitarsi" emettendo fotoni a determinate lunghezze d'onda; l'intensità della radiazione emessa da un gas in funzione della lunghezza d'onda si chiama *spettro di emissione*. Come è ovvio, le lunghezze d'onda d'emissione e di assorbimento sono le stesse.

Esempi di spettri di emissione:

1. un laser elio-neon (He-Ne) può emettere una radiazione rossa o gialla o verde corrispondenti alle "righe" di emissione del neon più intense;
2. le lampade al sodio per illuminazione stradale emettono quasi esclusivamente una luce giallo-arancio; la lampada al kripton emette, tra le altre, una radiazione arancione che è stata utilizzata per la definizione del metro dal 1960 al 1983.



Foto di una lampada al cadmio utilizzata come riferimento di lunghezza d'onda.

Dall'analisi degli spettri di emissione è anche possibile conoscere la composizione chimica di corpi celesti lontanissimi.

La spettroscopia per le analisi ambientali

Poiché ogni molecola ha i suoi livelli energetici che danno luogo a uno spettro di assorbimento unico, analizzando lo spettro di una sostanza è possibile in linea di principio riconoscere le molecole che la compongono. Per questo motivo la spettroscopia è stata da sempre usata per studiare la composizione chimica di sostanze incognite.

In tempi recenti, lo sviluppo tecnologico ha permesso di realizzare strumenti per l'analisi spettroscopica di un numero sempre più grande di sostanze a costi relativamente bassi, in particolare l'invenzione quasi quotidiana di nuovi tipi di laser, permette di coprire quasi tutto lo spettro elettromagnetico dalle lunghezze d'onda più corte (ultravioletto) a quelle più lunghe (infrarosso).

Questi nuovi strumenti sono estremamente utili per il controllo della qualità dell'aria, infatti permettono di misurare concentrazioni di un certo tipo di gas (per esempio un gas pericoloso per la salute o un gas che contribuisce all'effetto serra) in concentrazioni di poche parti per miliardo (ppb, *parts per billion*).

Gas inquinanti o dannosi per l'ambiente come l'ossido di carbonio (CO), l'ozono (O₃), l'ammoniaca (NH₃), gli ossidi di azoto (NO_x) il biossido di zolfo (SO₂) e tanti altri possono essere facilmente rivelati per mezzo della spettroscopia.