

XRF - Fluorescenza a raggi X

La Fluorescenza a raggi X (X-Ray-Fluorescence) è una metodologia che consente di determinare la composizione qualitativa e quantitativa di solidi, liquidi e polveri, usando particelle elementari o raggi X o raggi Gamma.

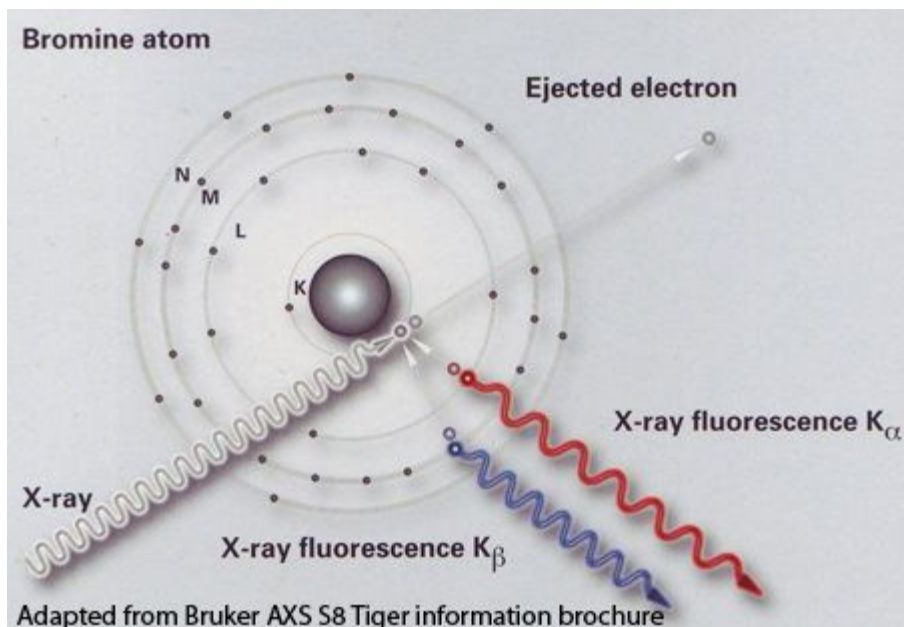
E' basata sull'emissione di raggi X da parte degli elementi colpiti dalle particelle o dai raggi. Tale metodologia si fonda sul modello atomico di Bohr.

Secondo tale modello, un nucleo atomico caricato positivamente è circondato da elettroni dislocati in zone precise. Tali zone sono chiamati "gusci" e sono indicate dalle lettere K (la più interna), L, M, N,

L'energia di legame tra gli elettroni ed il nucleo dipende da:

- 1) il guscio in cui gli elettroni sono localizzati.
- 2) il numero atomico (Z) dell'elemento nel sistema periodico (elementi dotati di elevato numero atomico hanno energie di legame maggiori a parità di guscio) - ad esempio, l'energia di legame degli elettroni del guscio K dell'Argento è superiore all'energia di legame degli elettroni del guscio K dell'Alluminio.

La collisione delle particelle o dei raggi X o Gamma con gli atomi può produrre la rimozione degli elettroni da alcuni gusci se l'energia della radiazione è sufficiente, lasciando delle lacune in tali posizioni. L'atomo diviene così instabile e tali lacune sono successivamente riempite da elettroni provenienti dai gusci più esterni. Quando ciò accade viene rilasciata energia; tale energia eccedente viene emessa sotto forma di raggi X di energia inferiore a quella della radiazione incidente (o delle particelle). Tale emissione è detta Fluorescenza a raggi X.



Ad esempio, quando un elettrone dal guscio L riempie una lacuna nel guscio K, viene emessa una radiazione denominata K alfa. Quando un elettrone dal guscio M riempie una lacuna nel guscio K, la radiazione emessa è denominata K beta. Quando invece un elettrone del guscio M riempie una lacuna nel guscio L, la radiazione è denominata L alfa, e così via.

Dato che ogni elemento emette raggi X aventi energie ben precise, è possibile individuare l'elemento dalle energie emesse.

Una analisi di esempio



Oggetto dell'analisi: lente Canon 50 mm., f/1.2

La grande luminosità di tale obiettivo fa pensare ad un trattamento antiriflesso di particolare efficacia - lo scopo dell'analisi è determinare il materiale utilizzato per il trattamento.

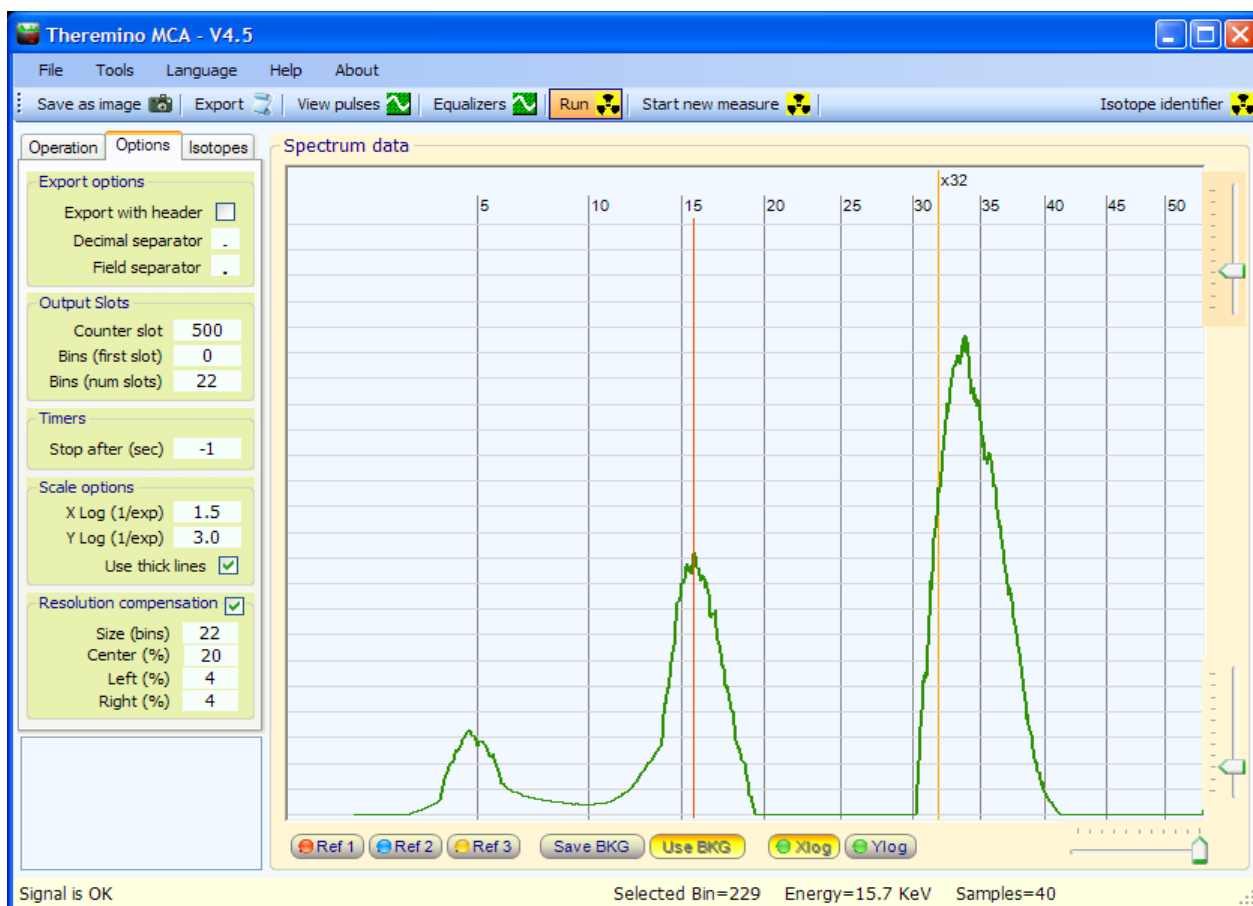


Per l'analisi sono stati utilizzati 7 uCi di Am241 (non 8 come in questa immagine) disposti a raggiera intorno ad un foro praticato in una lastra di piombo, in corrispondenza del quale, dietro alla lastra, è stata posizionata la sonda RAP47 con cristallo scintillatore in CsI(Tl) da 25.4 x 1 mm.

Si ottengono comunque eccellenti risultati anche con quantità inferiori di Americio, in molti casi anche un solo microcurie può essere sufficiente, curando la disposizione geometrica tra sorgente, oggetto da esaminare e sonda.

Una analisi di esempio - Risultati

I risultati dell'analisi vengono rappresentati in un grafico che riporta sull'asse x l'energia dei raggi X emessi dal materiale in esame e sull'asse y l'intensità di tali raggi emessi.



Sono stati rilevati tre picchi alle energie: 4.7 keV - 15.7 keV - 33.9 keV

Corrispondenza con gli elementi

4.7 keV (Titanio: K alfa1 = 4.51 keV, K alfa2 = 4.93 keV) il valore rilevato si pone in mezzo ai due valori.

15.7 keV (Zirconio: K alfa1 = 15.77 keV, K alfa2 = 17.77 keV) in questo caso il contributo di K alfa2 è inesistente.

33.9 keV (Bario: K alfa1 = 32.19 keV, K alfa2 = 36.38 keV) il valore rilevato si pone in mezzo ai due valori.

Analisi degli elementi

Il Bario è un componente classico dei vetri.

Il Titanio deriva dal corpo della lente, realizzato in magnesio e titanio (i valori del magnesio 1.25 ed 1.30 keV non sono rilevabili a temperatura ambiente).

Lo Zirconio: un rapido consulto di Wikipedia ha permesso di appurare che l'ossido di zirconio è impiegato nel trattamento antiriflesso delle lenti; abbiamo quindi raggiunto lo scopo della nostra ricerca.

Regolazioni del software

Il segnale proveniente dal tubo fotomoltiplicatore è stato rilevato, filtrato e amplificato con un Thermano Pmt Adapter e infine inviato al software Thermano MCA 4.5.

Al segnale sono state applicate sia la "sottrazione del fondo" che la "compensazione della risoluzione".

L'analisi, effettuata senza problemi, ha richiesto solo 120 secondi (dopo aver calibrato la apparecchiatura).

Calibrazione

Per calibrare si può usare lo stesso Am-241 che si usa per la illuminazione, il suo picco a 59.5 keV è ben definito, ma i suoi picchi minori sono di solito difficili da individuare con certezza. Quindi sono eventualmente da usarsi solo con le verifiche del caso.

Per ovviare a questo problema, per i valori più bassi di energia si possono usare i raggi X del ferro (6.4 keV) o del rame (8.08 keV).

Un terzo punto può essere fornito dai raggi X dell'argento (22.16 keV).

Lo stronzio può dare i raggi X (14.16 keV) per un quarto punto. (Si può trovare lo stronzio in alcune vernici fosforescenti di relativamente recente formulazione, sotto forma di SrAl₂O₄).

Tavola periodica con energie XRF

Questa Tavola Periodica indica, per ciascun elemento, le energie caratteristiche dei gusci K ed L.

Qui sono evidenziati solo gli elementi di maggiore interesse per la XRF.

La tavola periodica completa è reperibile qui: [PeriodicTable.pdf](#)

(tavole pubblicate per gentile concessione di George Dowell di GEOelectronics)

Legend

Elemental
Symbol

Atomic
Number

Elemental Name

L Alpha 1 L Beta 1

Fe K

Cd K

Fe L

Cd L

3.31 K 19 Potassium	3.59 Ca 20 Calcium	3.69 Sc 21 Scandium	4.01 Ti 22 Titanium	4.46 V 23 Vanadium	4.51 Cr 24 Chromium	4.93 Mn 25 Manganese	5.43 Fe 26 Iron
13.39 Rb 37 Rubidium	14.96 Sr 38 Strontium	14.16 Y 39 Yttrium	15.83 Zr 40 Zirconium	16.74 Nb 41 Niobium	17.48 Mo 42 Molybdenum	18.41 Tc 43 Technetium	19.28 Ru 44 Ruthenium
30.97 Cs 55 Cesium	34.98 Ba 56 Barium	32.19 Lanthanide Series 57 - 71	63.21 Hf 72 Hafnium	65.21 Ta 73 Tantalum	67.23 W 74 Tungsten	69.30 Re 75 Rhenium	71.40 Os 76 Osmium

6.93 Co 27 Cobalt	7.65 Ni 28 Nickel	7.48 Cu 29 Copper	8.26 Zn 30 Zinc	8.05 Ga 31 Gallium	8.64 Ge 32 Germanium	8.90 As 33 Arsenic	9.57 Se 34 Selenium
20.21 Rh 45 Rhodium	22.72 Pd 46 Palladium	21.18 Ag 47 Silver	23.82 Cd 48 Cadmium	22.16 In 49 Indium	24.94 Sn 50 Tin	26.09 Sb 51 Antimony	27.27 Te 52 Tellurium
64.87 Ir 77 Iridium	73.55 Pt 78 Platinum	66.82 Au 79 Gold	75.74 Hg 80 Mercury	68.79 Tl 81 Thallium	77.97 Pb 82 Lead	80.26 Bi 83 Bismuth	88.19 Po 84 Polonium

Le righe caratteristiche viste da un sensore HPGe

Un sensore HPGe, raffreddato a azoto liquido, vedrebbe le righe con questa risoluzione. Gli scintillatori CsI(Tl) producono righe molto più larghe, ma in compenso non si portano dietro una bombola di azoto liquido e non costano come una automobile.

Per quanto diversi, questi grafici possono essere utili come riferimento:

