



Apparati per uso industriale e ricerca

Dott.ssa Alessandra Bernardini

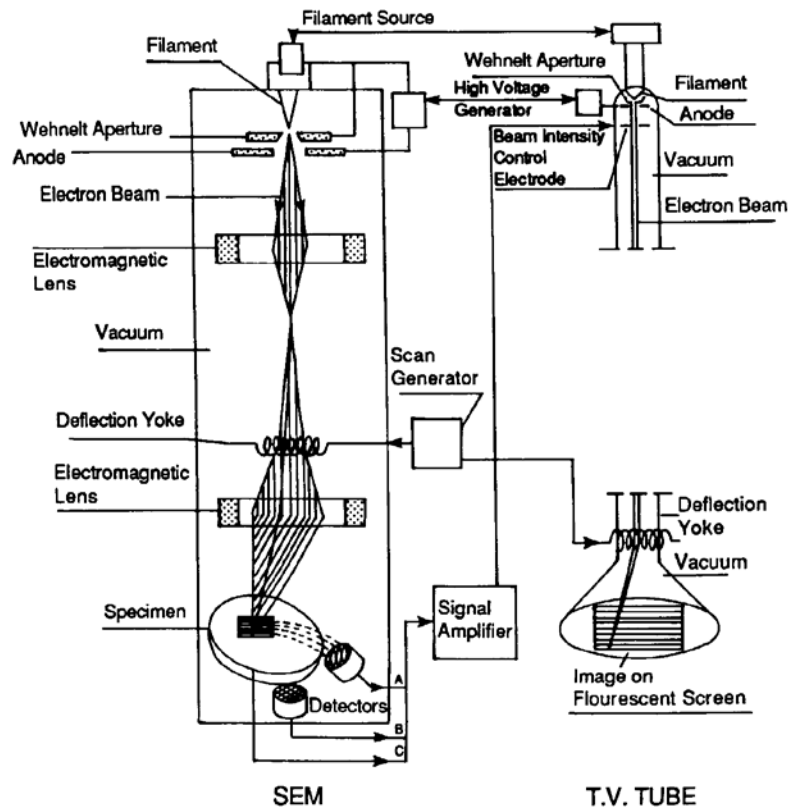
Apparecchiature radiologiche per analisi industriali e ricerca

- Le apparecchiature a raggi X utilizzate nell'industria utilizzano tensioni che vanno da 30 kV ÷ 300 kV circa. Tra i vari dispositivi ricordiamo:
 - Microscopi elettronici
 - Diffrattometri
 - Spettrometri
 - Generatori di radiofrequenza
 - Apparecchi per radiografie industriali
 - Dispositivi per il controllo del bagaglio negli aeroporti

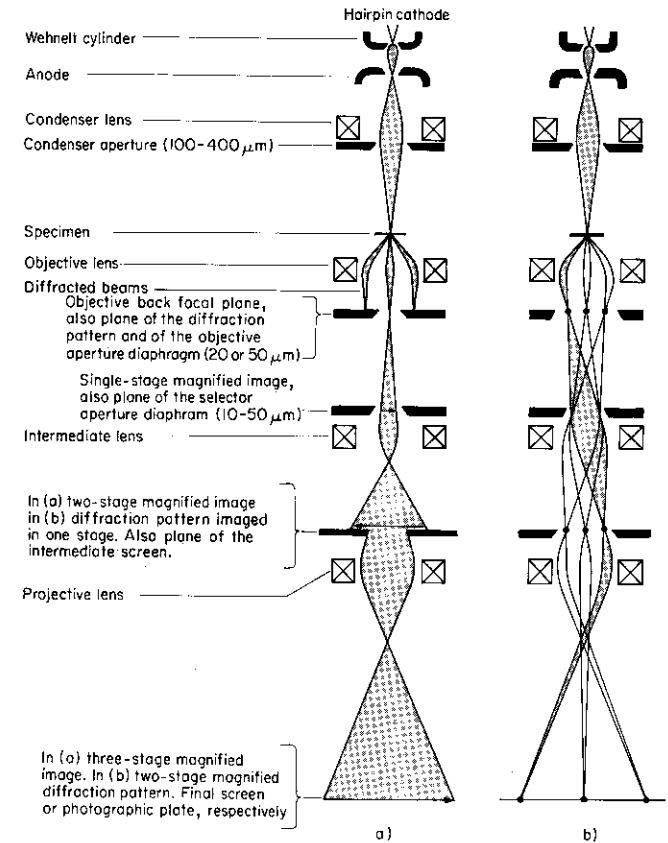
Microscopio elettronico

- Il M.E. utilizza un fascio di elettroni opportunamente accelerato e focalizzato da un sistema di lenti elettromagnetiche, per la esplorazione della superficie di un preparato;
- esistono due tipi di M.E., il **SEM** e il **TEM**, il primo è a scansione e il secondo a trasmissione.
- Dal punto di vista radioprotezionistico fra i due non esiste nessuna differenza in quanto il fascio di elettroni, a seguito dell'interazione con il campione in esame, emette radiazione X.
- Differenze fra i due possono esserci per quanto riguarda le tensioni di alimentazione.

Microscopi elettronici



M. a scansione (SEM)



M. a trasmissione (TEM)

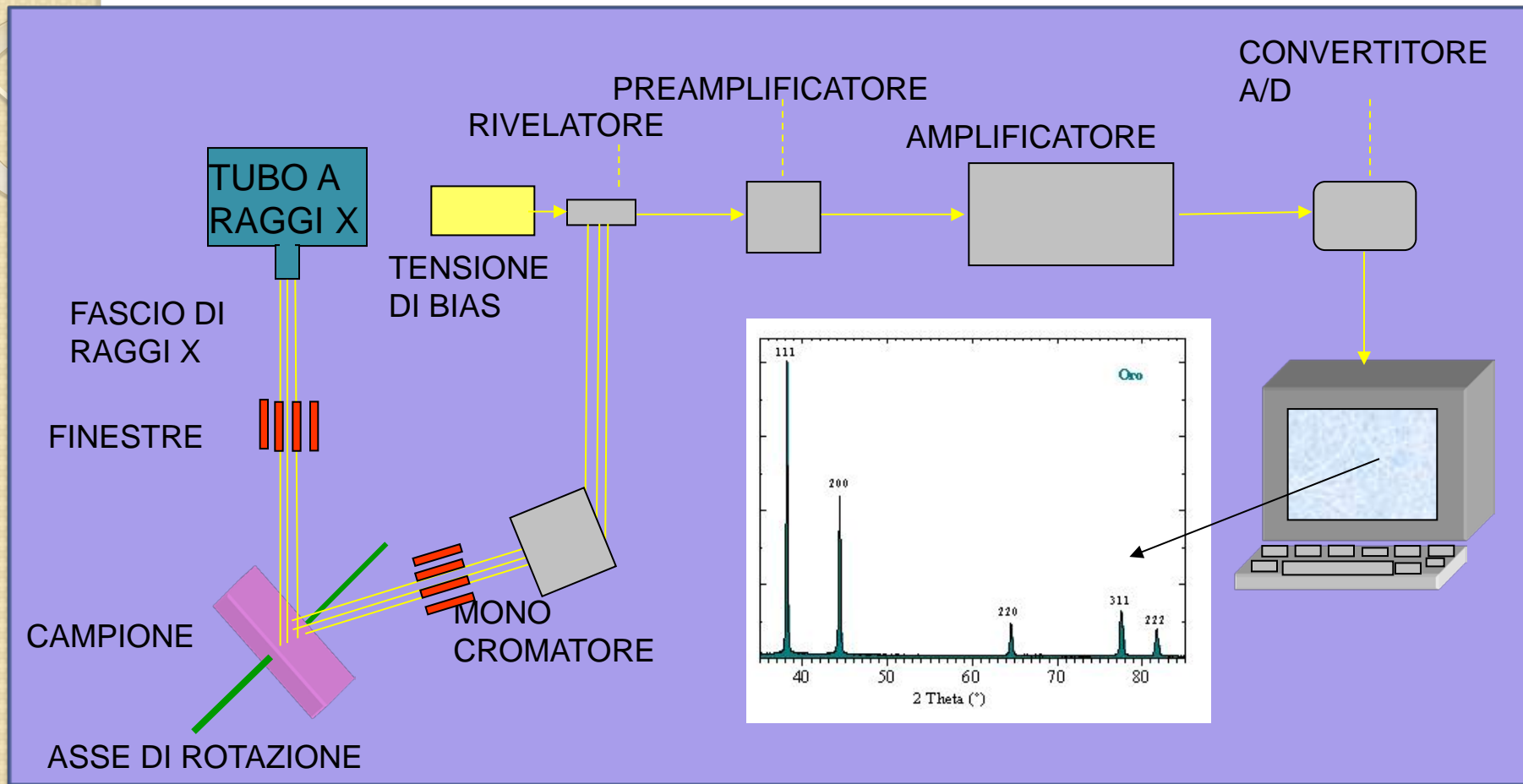
Microscopi elettronici - Rischi

- I rischi per le persone che utilizzano il microscopio elettronico sono trascurabili, in quanto lo strumento e le finestre di visione sono schermati;
- L'uso di questi dispositivi è ritenuto sicuro, infatti è esente da autorizzazione;
- Il datore di lavoro è comunque tenuto a formare il personale e ad effettuare la sorveglianza fisica;

Diffrattometro

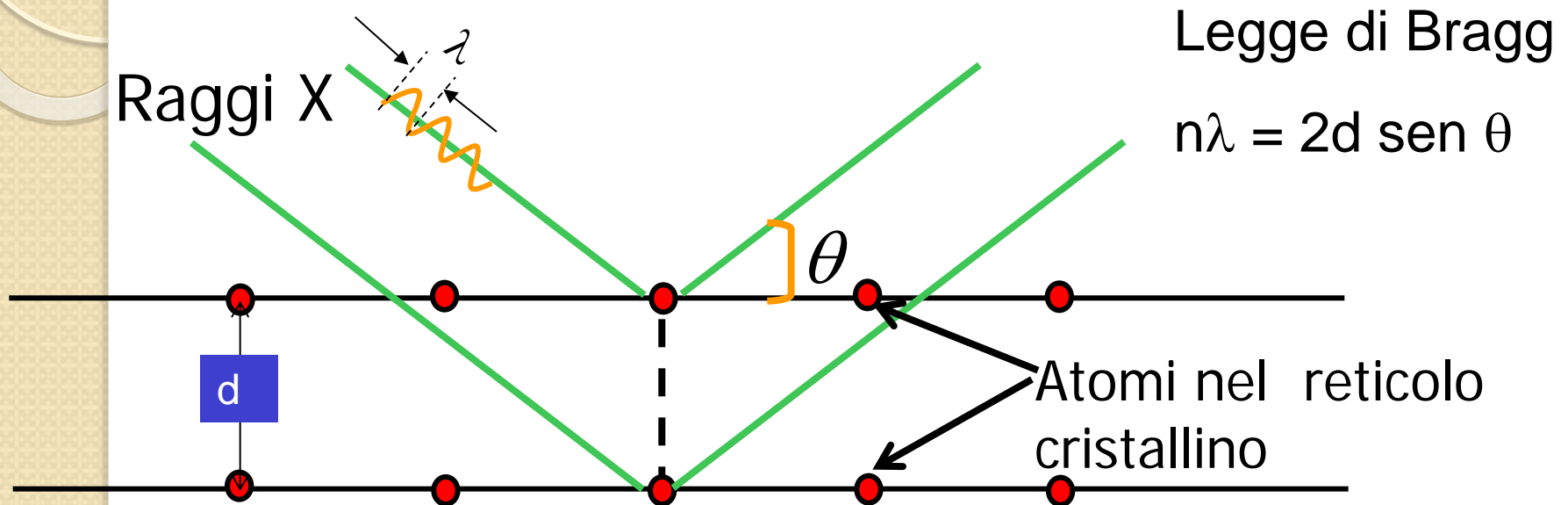
- È un dispositivo che viene utilizzato per l'analisi della struttura cristallina dei campioni;
- Un fascio di raggi X paralleli e monocromatici, viene inviato sul campione e se ne studia il fascio emergente raccolto da un opportuno rivelatore.
- L'analisi diffrattometrica consiste nella misura dell'angolo di diffrazione del fascio di raggi X sul campione.

Diffrattometro – schema a blocchi



- I raggi X hanno lunghezza d'onda confrontabile con il passo del reticolo cristallino;
- Il fascio viene collimato mediante l'utilizzo di fenditure. Prima di queste, sottilissime lastre piane lasciano passare solo le lunghezze d'onda di interesse;

Diffrazione dei raggi X



L'angolo θ di diffrazione dei raggi X dipende:

- dalla distanza (d) tra gli atomi
- dalla lunghezza d'onda (λ), ossia dalla energia dei raggi X

Diffrattogramma

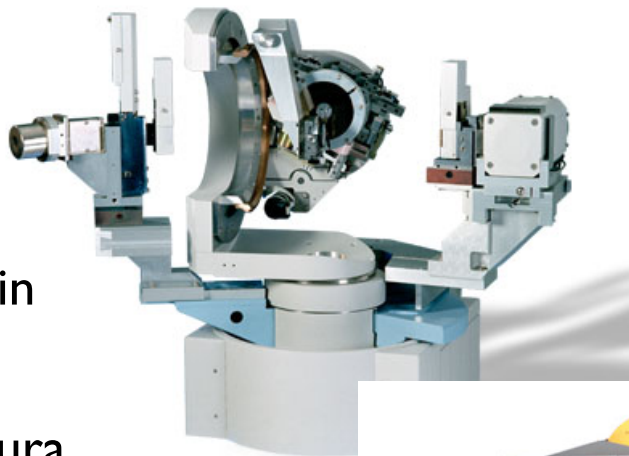
- Il rivelatore legge l'intensità del raggio diffratto che verrà riportato in un grafico, in funzione dell'angolo di diffrazione 2θ (pari alla somma dell'angolo di incidenza e di quello di emergenza);
- il risultato è un **diffrattogramma**, ossia uno spettro in cui le intensità dei picchi sono funzione dell'angolo di diffrazione;

Diffrattometro

I diffrattometri possono essere autoschermati oppure il fascio in aria libera.

Nel primo caso, se la schermatura è integra, la radiazione all'esterno è trascurabile

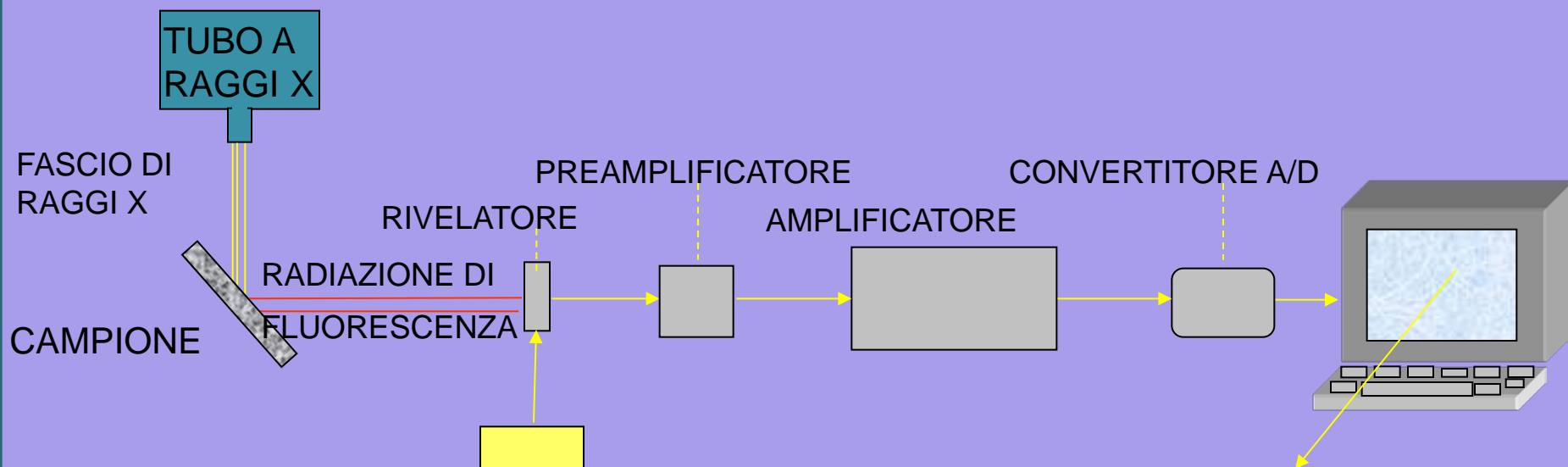
Nel caso del diffrattometro con fascio in aria libera è necessario schermare la radiazione X con un box in metallo di spessore opportuno e vetri anti X.



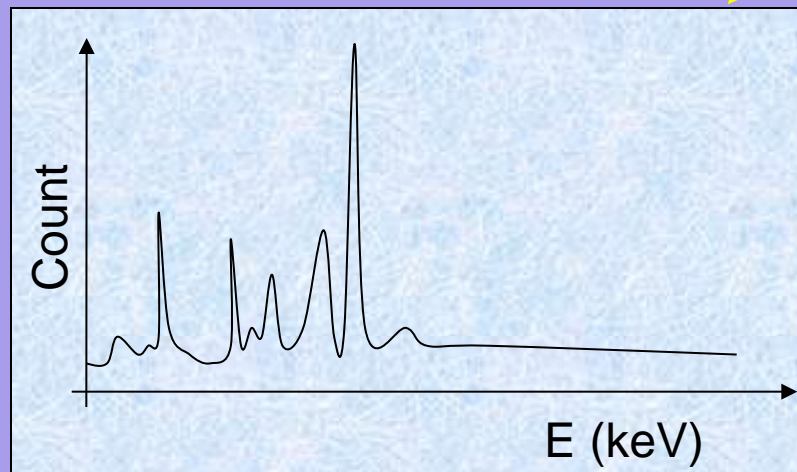
Spettrometro

- È un dispositivo per l'esame dello spettro dei raggi X di fluorescenza, emessi dai componenti dei materiali sottoposti ad analisi.
- L'emissione dei raggi X di fluorescenza è stimolata a sua volta da un fascio di raggi X generati da un tubo radiogeno o da una o più sorgenti radioattive.

Spettrometro – schema a blocchi



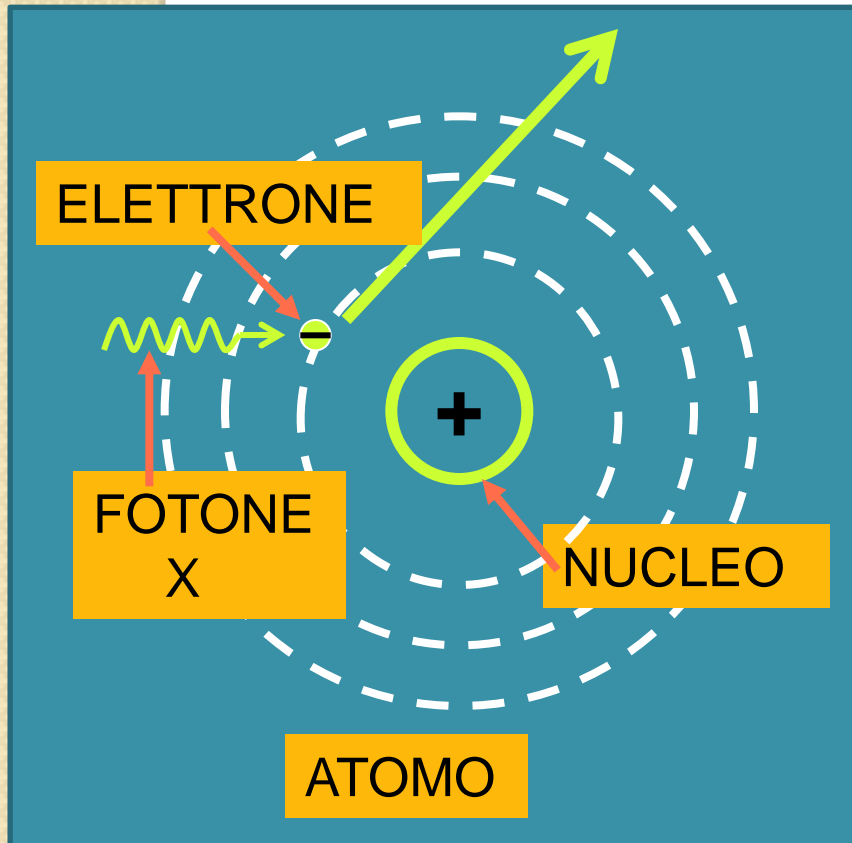
L'analisi dello spettro di fluorescenza, consente di determinare la presenza e la concentrazione di diversi elementi in un campione. Il metodo XRF è un metodo non distruttivo.



Spettrometro

Principio di funzionamento (1)

- Negli spettrometri XRF un sottile fascio di raggi X colpisce il punto da analizzare ed eccita, per effetto fotoelettrico, gli strati elettronici più profondi degli atomi presenti;

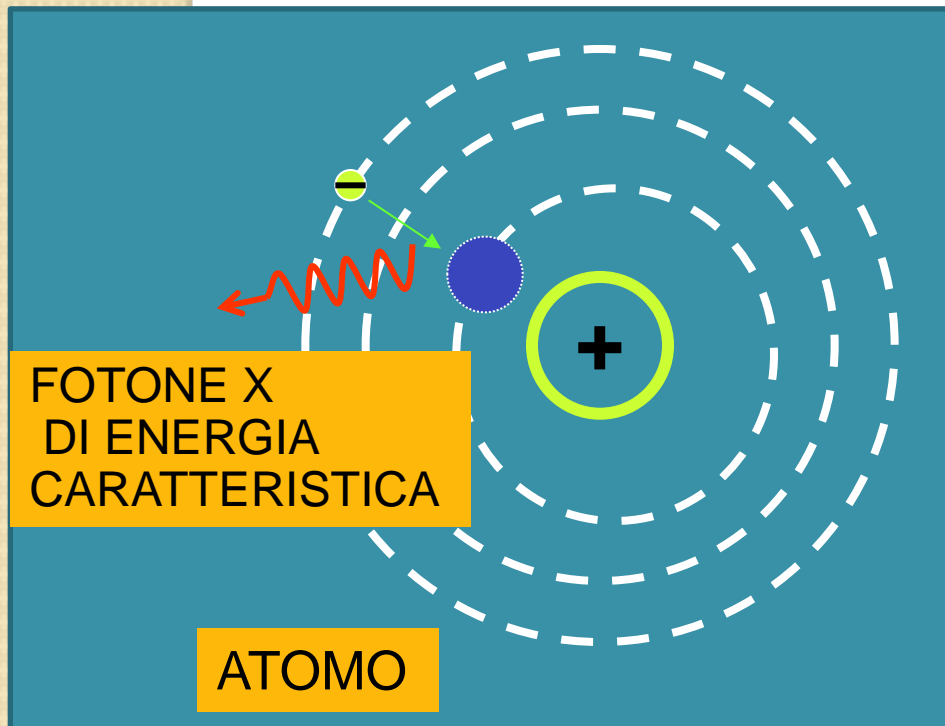


- La radiazione X provoca l'estrazione di un elettrone da una delle orbite più vicine al nucleo (orbite k, l, m).

Spettrometro

Principio di funzionamento (2)

- Gli atomi così eccitati saltano ad un livello energetico superiore ma si diseccitano immediatamente emettendo radiazione X monocromatica ("righe" X) di energia caratteristica dell' elemento coinvolto.



- PER ESEMPIO:
- Gli atomi di Ferro sono caratterizzati da una riga a 6,4 keV (riga $k\alpha$) e da una riga a 7,1 keV (riga $k\beta$), gli atomi di Rame da una riga a 8,03 keV ed una a 8.94 keV; e così via.

Spettrometro



- Lo spettrometro da laboratorio con tubo radiogeno è costituito da una struttura metallica di grandi dimensioni, chiusa.
- I raggi X sono confinati al suo interno e sono schermati dalle pareti e da vetri al piombo.
- La struttura contiene anche il sistema di alta tensione, il tubo radiogeno e la camera di analisi.

Generatori di radiofrequenza

- La generazione di campi a radiofrequenza è basata sull'emissione di onde elettromagnetiche da parte di intensi fasci di elettroni opportunamente modulati.
- I dispositivi per la produzione di radiofrequenze sono diversi:
 - Klystron – produzione di radiazioni di elevata potenza nella regione delle microonde e delle frequenze radio
 - Tubo ad onda progressiva (TWT)
- I generatori di RF producono raggi X indesiderati a causa dell'interazione degli elettroni con i componenti del sistema.

Apparecchi per radiografie industriali

- Apparecchi per controlli non distruttivi, es. controllo di microsaldature, controllo di macchinari ecc.
- Sono dispositivi che utilizzano lastre ad alta densità di annerimento.
- Le tensioni oscillano tra 100 kV ÷ 500 kV e correnti non superiori ai 12 mA.
- Tali apparecchiature vengono utilizzate dentro bunker opportunamente schermati.

Dispositivi per il controllo del bagaglio negli aeroporti

- Sono dispositivi a raggi X con tensioni e correnti tipiche pari a 150 kV e 0,5 mA.
- Il sistema di elaborazione delle immagini software aiuta nell'identificazione degli oggetti.

