

DIAGNOSTICA PER I BENI CULTURALI

MEDIA, ARTI, CULTURE, SPETTACOLO
(LM-65)

Università di Teramo

Cecilia Paolini

Università di Teramo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

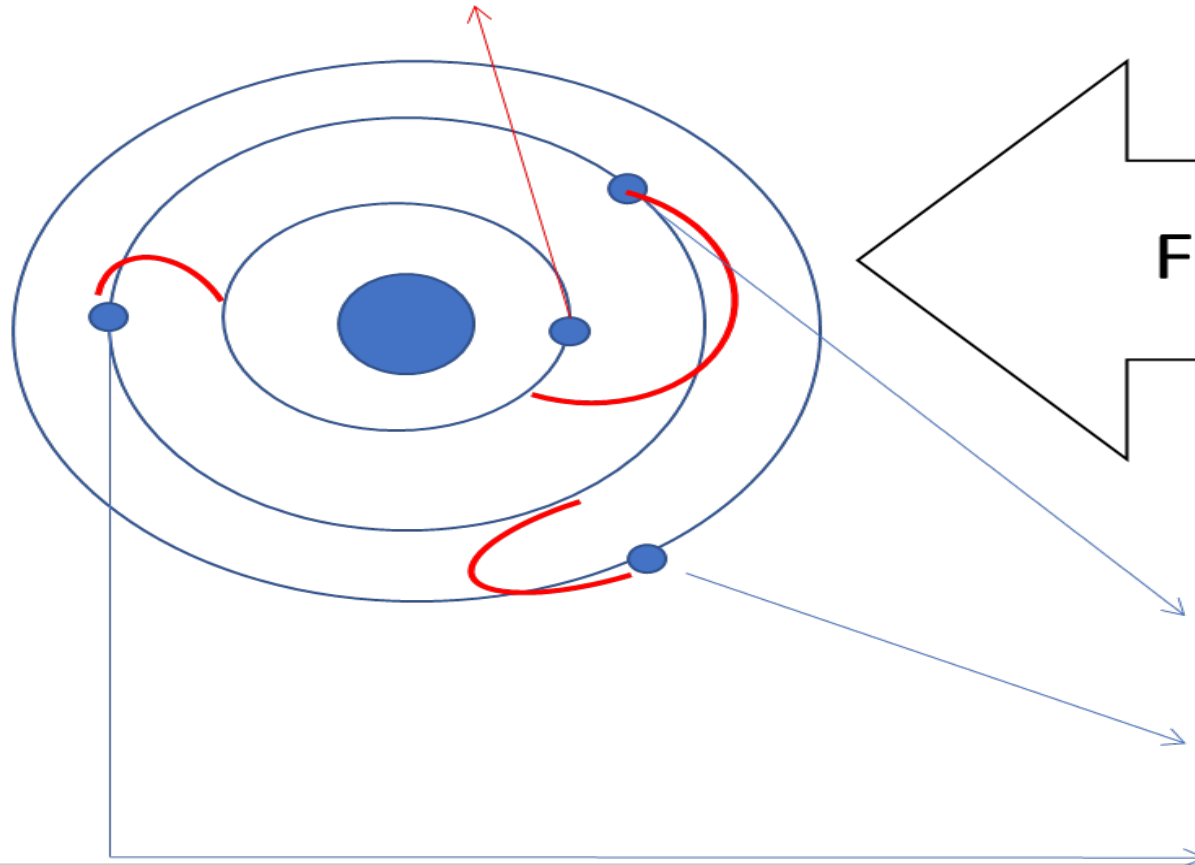
FLUORESCENZA DA RAGGI X

FLUORESCENZA DA RAGGI X

- ✓ Analisi che dà informazioni sui materiali costitutivi dell'oggetto d'indagine senza necessità del prelievo microdistruttivo.
- ✓ Analisi che sfrutta la capacità dei raggi χ di ionizzare la materia. Si indirizzano fotoni di energia superiore a quella che tiene l'elettrone vincolato al suo orbitale.
- ✓ Gli orbitali più vicini al nucleo hanno minore energia: gli elettroni, eccitati dal flusso di fotoni dei raggi χ , vengono strappati dagli orbitali più interni. Si genera una reazione a catena per cui gli elettroni degli orbitali più esterni tendono a colmare l'orbitale lasciato dall'elettrone eccitato. Nel passaggio tra l'orbitale più esterno a quello più interno, l'elettrone rilascia energia dovuta alla differenza tra il livello originario, di carica energetica superiore, e quello verso cui si sposta.

FLUORESCENZA DA RAGGI X

1. Elettrone più interno, quindi con minore carica energetica, si eccita e si strappa dall'orbitale



Flusso di Fotoni da Raggi x

2. L'orbitale lasciato vuoto dall'elettrone eccitato tenderà a essere colmato dall'elettrone più vicino ma che comunque ha una maggiore carica energetica. Anche questo secondo elettrone, quindi, lascerà il proprio orbitale vuoto che tenderà a essere colmato dall'elettrone successivo e così via. Per colmare l'orbitale di livello inferiore gli elettroni rilasciano energia di **FLUORESCENZA**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

FLUORESCENZA DA RAGGI X

- ✓ Quando l'elettrone colma l'orbitale di livello energetico inferiore lasciato vuoto, emette fotone di fluorescenza (per liberarsi dell'energia in più) pari all'energia dell'orbitale d'origine meno l'energia dell'orbitale occupato ($N_2 - N_1 = \gamma$ dove N rappresenta il livello energetico dei vari orbitali e γ il fotone).
- ✓ Il fotone emesso costituisce l'impronta digitale della materia di cui è composto l'oggetto che si sta analizzando. Maggiore è il numero atomico della materia indagata, maggiore sarà l'energia del fotone di fluorescenza.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

IMPORTANZA DELLA
FLUORESCENZA

FLUORESCENZA DA RAGGI X

1. I primi 15 elementi della TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI non sono riconoscibili con questa analisi perché troppo leggeri.
2. Non si riesce a individuare lo strato da cui proviene l'informazione se non per via deduttiva.
3. L'analisi non dà indicazioni sul tipo di pigmento ma sull'elemento di cui il pigmento è composto. Per dedurre il pigmento degli strati non visibili spesso si ricorre all'analisi comparativa con la macrofotografia in modo da osservare il colore relativo all'elemento conosciuto.



FLUORESCENZA DA RAGGI X

La spettroscopia di fluorescenza a raggi X a scansione (MAXRF) consente la mappatura multi-elementale (elementi con numero atomico $Z > 12$) di macro-aree sulla superficie di un manufatto tramite un sistema elettronico digitale veloce e un telaio motorizzato con movimento continuo a scansione. La velocità di scansione può arrivare fino a 45 mm/sec, con un tempo di scansione che varia da poche decine di minuti a poche ore, in funzione della risoluzione spaziale e dell'area da scansionare.

Spesso, le macchine per la Macro-XRF mapping sono integrate con la spettroscopia di riflettanza VIS-NIR (generalmente nell'intervallo compreso tra 400-2500 nm) che fornisce informazioni sia sulla distribuzione che sulla natura chimica dei pigmenti e, in generale, sulle componenti organiche presenti in superficie.

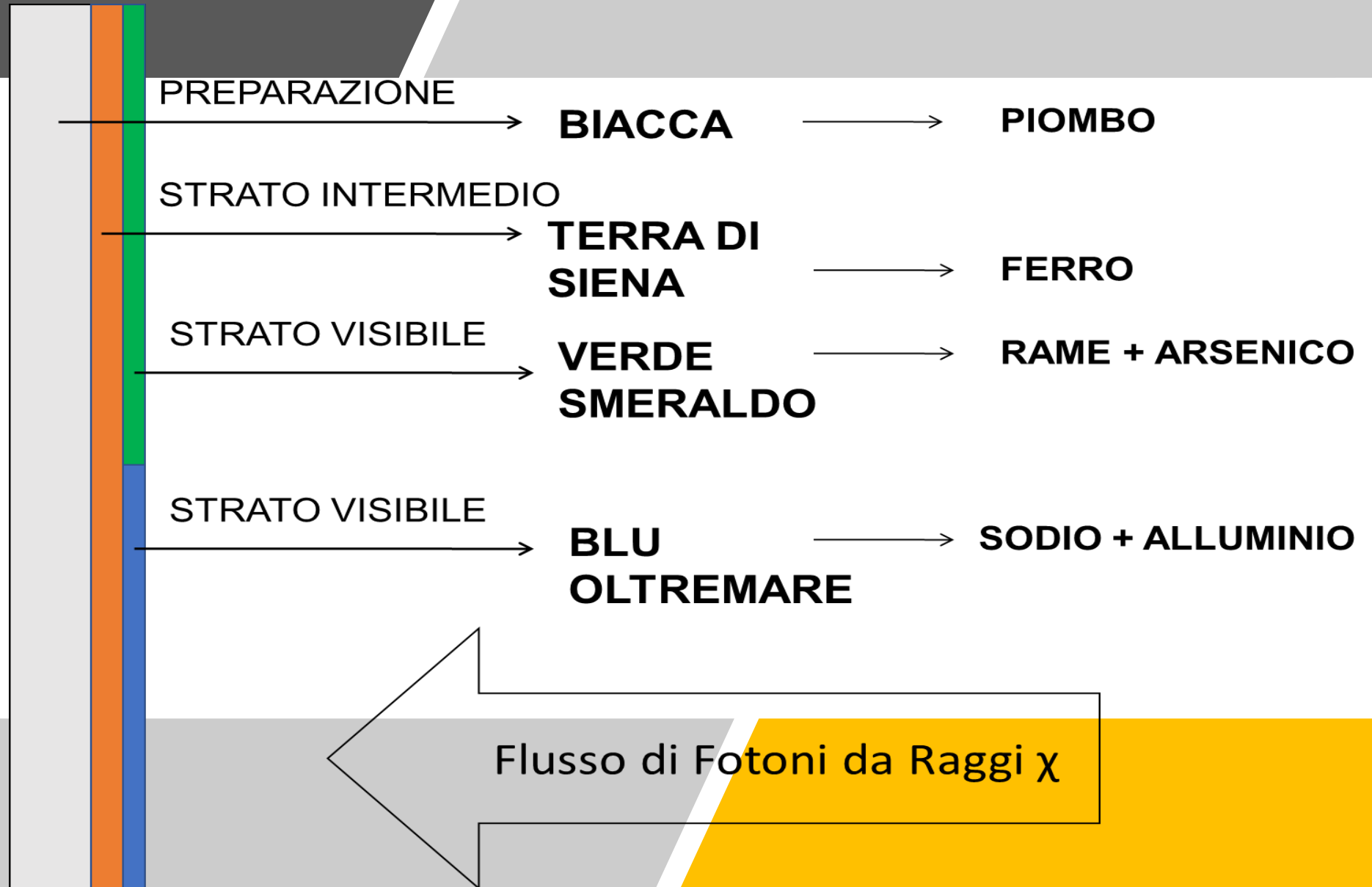


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

MACRO-XRF MAPPING E IN
COMBINATA VIS-NIR

FLUORESCENZA DA RAGGI X



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

FLUORESCENZA DA RAGGI X

S
P
I
R
I
T
O
R
I
C
O



82 = PIOMBO
26 = FERRO
29 = RAME
33 = ARSENICO
13 = ALLUMINIO
11 = SODIO

Superficialmente si vedono strati blu e verde, quindi per deduzione si associa il rame con l'arsenico che compongono il verde smeraldo e l'alluminio con il sodio che compongono il blu oltremare. Lo strato preparatorio potrebbe essere composto sia da BIACCA (piombo) che da TERRA (ferro). In questo caso ci aiuta la datazione dell'opera (fino a Caravaggio la preparazione è nel 90% a biacca) altrimenti la macrofotografia.



Flusso di Fotoni da Raggi χ



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

TAVOLA PERIODICA DEGLI ELEMENTI

GRUPPO

1

IA

PERIODO

1

1

1.008

H

IDROGENO

2

4.0026

He

ELIO

3

6.94

Li

LITIO

4

9.0122

Be

BERILLIO

5

10.81

B

BORO

6

12.011

C

CARBONIO

7

14.007

N

AZOTO

8

15.999

O

OSSIGENO

9

18.998

F

FLUORO

10

20.180

Ne

NEO

11

22.990

Na

SODIO

12

24.305

Mg

MAGNESIO

13

26.982

Al

ALLUMINIO

14

28.085

Si

SILICIO

15

30.974

P

FOSFORO

16

32.06

S

SOLFO

17

35.45

Cl

CLORO

18

39.948

Ar

ARGO

19

39.098

K

POTASSIO

20

40.078

Ca

CALCIO

21

44.956

Sc

SCANDIO

22

47.867

Ti

TITANIO

23

50.942

V

VANADIO

24

51.996

Cr

CROMO

25

54.938

Mn

MANGANESE

26

55.845

Fe

FERRO

27

58.933

Co

COBALTO

28

58.693

Ni

NICHEL

29

63.546

Cu

RAME

30

65.38

Zn

ZINCO

31

69.723

Ga

GALLIO

32

72.64

Ge

GERMANIO

33

74.922

As

ARSENICO

34

78.971

Se

SELENIO

35

79.904

Br

BROMO

36

83.798

Kr

CRIPTO

37

85.468

Rb

RUBIDIO

38

87.62

Sr

STRONZIO

39

88.906

Y

ITTRIO

40

91.224

Zr

ZIRCONIO

41

92.906

Nb

NIOBIO

42

95.95

Mo

MOLIBDENO

43

(98)

Tc

TECNETO

44

101.07

Ru

RUTENIO

45

102.91

Rh

RODIO

46

106.42

Pd

PALLADIO

47

107.87

Ag

ARGENTO

48

112.41

Cd

CADMIO

49

114.82

In

INDIO

50

118.71

Sn

STAGNO

51

121.76

Sb

ANTIMONIO

52

127.60

Te

TELLURIO

53

126.90

I

IODIO

54

131.29

Xe

XENO

55

132.91

Cs

CESIO

56

137.33

Ba

BARIO

57-71

La-Lu

Lantanidi

72

178.49

Hf

AFNIO

73

180.95

Ta

TANTALIO

74

183.84

W

WOLFRAMIO

75

186.21

Re

RENIO

76

190.23

Os

OSMIO

77

192.22

Ir

IRIDIO

78

195.08

Pt

PLATINO

79

196.97

Au

ORO

80

200.59

Hg

MERCURIO

81

204.38

Tl

TALLIO

82

207.2

Pb

PIOMBO

83

208.98

Bi

BISMUTO

84

(209)

Po

POLONIO

85

(210)

At

ASTATO

86

(222)

Rn

RADON

87

(223)

Fr

FRANCIO

88

(226)

Ra

RADIO

89-103

Ac-Lr

Attinidi

104

(267)

Rf

RUTHERFORDIO

105

(268)

Db

DUBNIO

106

(271)

Sg

SEABORGIO

107

(272)

Bh

BOHRIO

108

(277)

Hs

HASSIO

109

(276)

Mt

MEITNERIO

110

(281)

Ds

DARMSTADTIO

111

(280)

Rg

ROENTGENIO

112

(285)

Cn

COPERNICIO

113

(285)

Nh

NIHONIO

114

(287)

Fl

FLEROVIO

115

(289)

Mc

MOSCOVIO

116

(291)

Lv

LIVERMORIO

117

(294)

Ts

TENNESSIO

118

(294)

Og

OGANESSON

GRUPPO IUPAC

GRUPPO CAS

13

IIIA

14

IVA

15

VA

16

VIA

17

VIIA

1

IA

2

IIA

3

IIIB

4

IVB

5

VB

6

VIB

7

VIIB

8

VIII

9

IX

10

X

11

IB

12

IIB

MASSA ATOMICA RELATIVA (1)

NUMERO ATOMICO

SIMBOLO

NOME DELL' ELEMENTO

Metalli

Metalli alcalini

Metalli alcalino terrosi

Metalli di transizione

Lantanidi

Attinidi

Semimetali

Calcojeni

Alogeni

Gas nobili

Non metalli

STATO DI AGGREGAZIONE A 25 °C

Ne - gas

Hg - liquido

Fe - solido

Tc - artificiali

LANTANIDI

57 138.91 La LANTANIO	58 140.12 Ce CERIO	59 140.91 Pr PRASEODIMIO	60 144.24 Nd NEODIMIO	61 (145) Pm PROMETIO	62 150.36 Sm SAMARIO	63 151.96 Eu EUROPIO	64 157.25 Gd GADOLINIO	65 158.93 Tb TERBIO	66 162.50 Dy DISPROSIO	67 164.93 Ho OLMIO	68 167.26 Er ERBIO	69 168.93 Tm TULIO	70 173.05 Yb ITTERBIO	71 174.97 Lu LUTEZIO
---------------------------------------	------------------------------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

ATTINIDI

89 (227) Ac ATTINIO	90 232.04 Th TORIO	91 231.04 Pa PROTOATTINIO	92 238.03 U URANIO	93 (237) Np NETTUNIO	94 (244) Pu PLUTONIO	95 (243) Am AMERICIO	96 (247) Cm CURIO	97 (247) Bk BERKELIO	98 (251) Cf CALIFORNIO	99 (252) Es EINSTEINIO	100 (257) Fm FERMIO	101 (258) Md MENDELEVIO	102 (259) No NOBELIO	103 (262) Lr LAWRENTIO
-------------------------------------	------------------------------------	---	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--	-------------------------------------	---	--------------------------------------	--

Copyright © 2017 Eni Generali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione

(1) Atomic weights of the elements 2013,
Pure Appl. Chem., 88, 265-291 (2016)

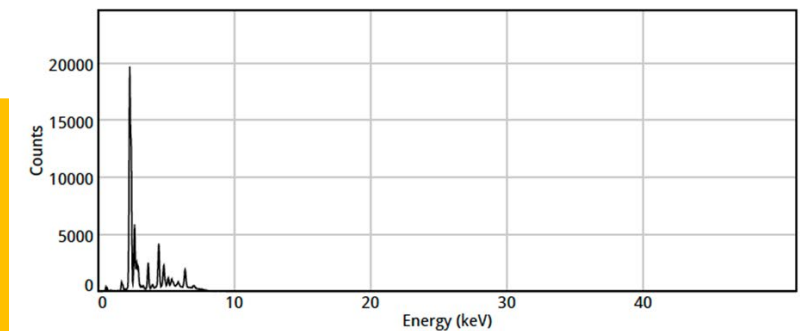
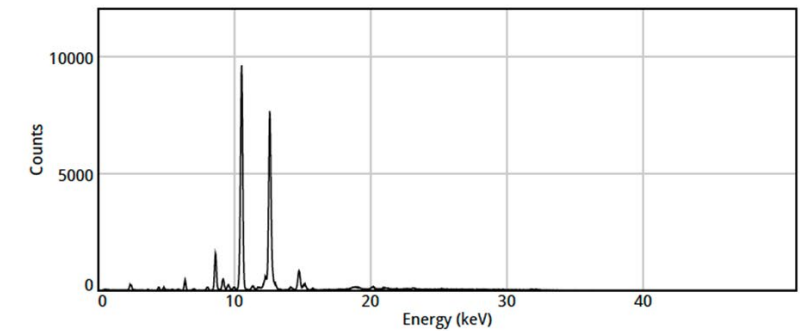
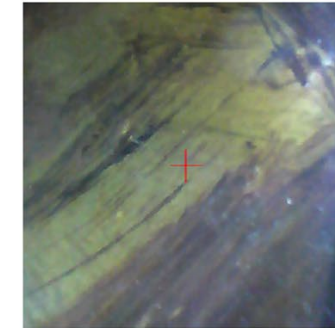
FLUORESCENZA DA RAGGI X



Device S/N: 803956

Fine Art International Switzerland AG
Frachtstrasse 17 Fracht-West
8058 Zürich
www.finais.ch

Name	Class			Date			Time		Duration
570 PY 4	Alloy_LE_FP			24/05/2022			14:45		15 s
Element	Pb %	Zn %	Ti %	Fe %	As %	Hg %	Mn %	Cr %	Cu %
	72.23	7.83	6.42	5.35	2.24	0.93	0.88	0.81	0.79
±	0.282	0.078	0.324	0.125	0.039	0.043	0.069	0.089	0.032



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Dipartimento di Scienze della Comunicazione