

# DIAGNOSTICA PER I BENI CULTURALI

MEDIA, ARTI, CULTURE (LM-65)

Università di Teramo

Cecilia Paolini

Università di Teramo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

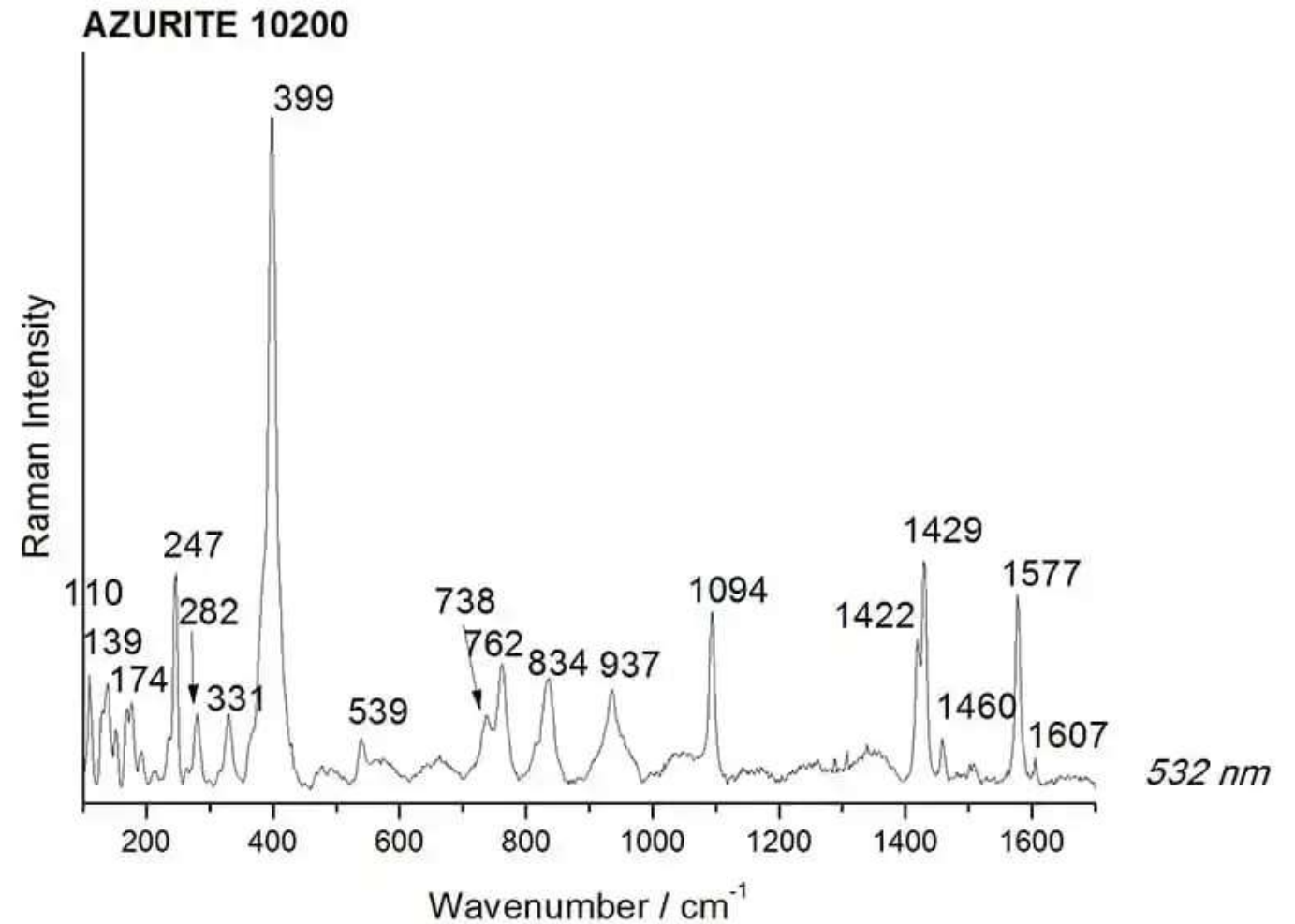
*Facoltà di Scienze della Comunicazione*

*XVII Lezione*  
**COME SI LEGGE LA**  
**SPETTROGRAFIA RAMAN**

# LETTURA DELLA SPETTROSCOPIA RAMAN

Ordinate (X): lettura Raman in centimetri alla -1

Ascisse (Y): intensità dello spettro determinata dalla quantità di energia propria della radiazione diffusa di ritorno da quella laser di emissione e dal numero di ripetizioni.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

Facoltà di Scienze della Comunicazione

COME SI LEGGE LO SPETTRO

# LETTURA DELLA SPETTROSCOPIA RAMAN

Il laser della Raman può avere diverse tarature, in base alle quali la spettroscopia sarà più sensibile a determinate lunghezze d'onda:

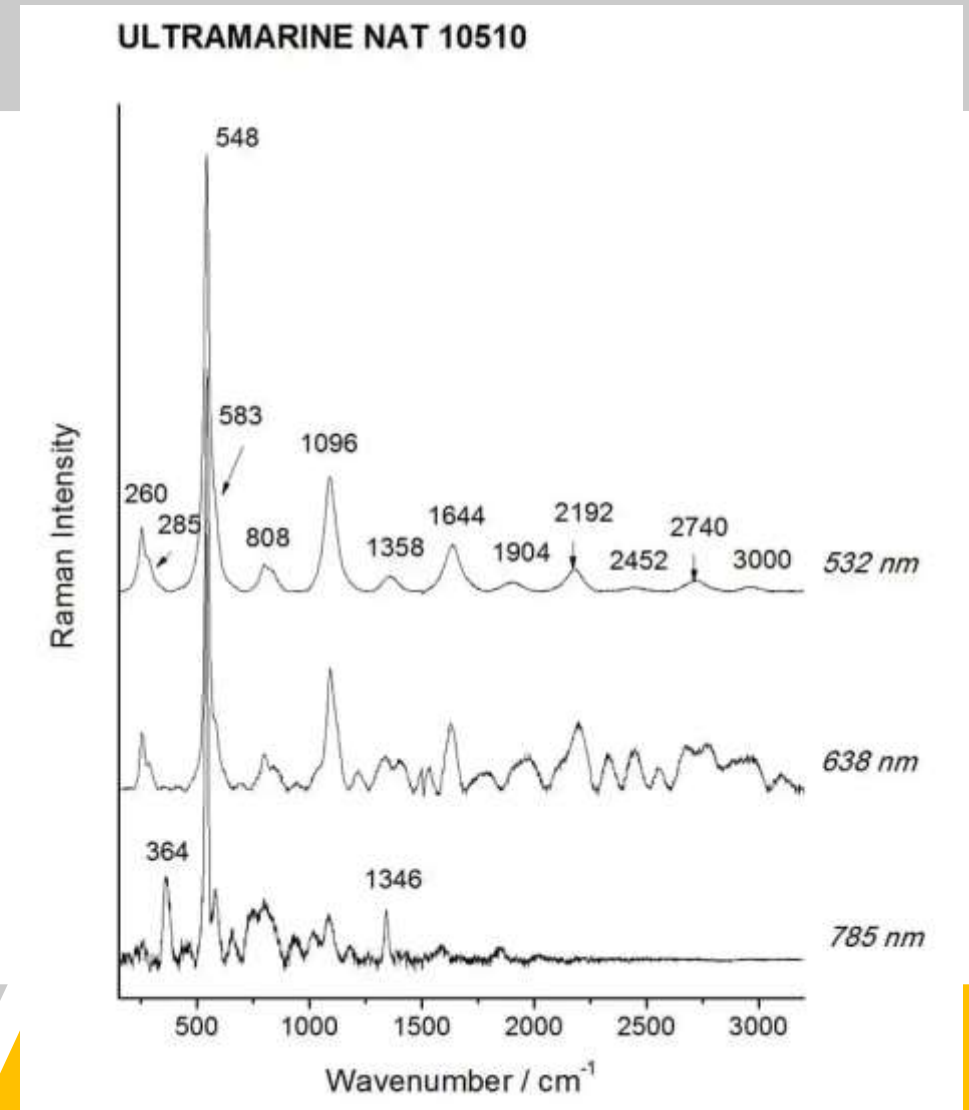
532 nm (VIS verso UV)

638 nm (VIS)

785 nm (NIR)

1080 nm (NIR)

Di conseguenza, gli apparecchi tarati a 532 nm vedono i pigmenti verdi ma non vedono i pigmenti rossi, al contrario, gli apparecchi a 785 e a 1080 vedono i rossi ma non i verdi.



EMISSIONI LASER



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

Facoltà di Scienze della Comunicazione

# LETTURA DELLA SPETTROSCOPIA RAMAN

Gli spettri Raman si leggono per picchi; il valore dei picchi è riportato su tabelle predeterminate; ogni valore è caratterizzante di uno specifico pigmento. Ogni pigmento può rispondere a tutte le tarature laser oppure soltanto a una (in questo caso, nelle altre tarature quel pigmento non potrà essere riconosciuto); alcuni pigmenti hanno più picchi corrispondenti a una sola taratura. I picchi sono caratterizzanti e costanti: per 532, 638 e 785, per esempio, corrispondono sempre ad A, B, C. In alcuni casi, come per le phtalocianine, a 532 corrispondono più picchi (A, B, C) e a 638 altri (D, E, F).

| Name/pigment code              | Composition  | Principal Raman signals (cm <sup>-1</sup> )   | Ref.         |
|--------------------------------|--|---|--------------|
| Black                          |  |   |              |
| Van black (P860) K-47000       | Amorphous C  | 512 cm: 1205, 1315, 1662<br>618 cm: 1205, 1323, 1714, 1807<br>785 cm: 1205, 1340, 1501  | (22)         |
| Lang black (P867) K-47200      | Amorphous C  | 512 cm: 618, 1340, 1505<br>618 cm: 1335, 1506   | (7,23)       |
| Ivory black (P867) K-12000     | Amorphous C  | 512 cm: 1355, 1507<br>618 cm: 1244, 1514, 1662<br>785 cm: 1348, 1496, 1706  | (5,22)       |
| Bone black (P867) K-47100      | Amorphous C  | 512 cm: 403, 1324, 1503<br>618 cm: 1335, 1515, 1663<br>785 cm: 462, 1321, 1394  | (22)         |
| Green                          |  |   |              |
| Colony emerald green K-44100   | Cobalt(II) zinc green spinel                         | 512 cm: 118, 175, 340, 480, 530, 712, 894, 940<br>618 cm: 114, 305, 679, 1400<br>785 cm: 118, 175, 237, 308, 480, 530, 547, 685, 712, 894, 940  | (27)         |
| Veridian K-44250               | Hydrated chromium oxide                              | 512 cm: 202, 487, 584, 618  | (7,24)       |
| Malin blue K-10100             | Basic copper(II) carbonate                           | 512 cm: 152, 176, 214, 270, 330, 481, 508, 534, 584, 596, 717, 748, 829, 836, 1308, 1460, 1494  | (7,16,23)    |
| Calcium green K-44310          | Barium sulfate, calcium, yellow, phthalocyanine blue | 512 cm: 235, 235, 556, 685, 842, 955, 1034, 1138, 1345, 1447, 1527, 1590, 1672, 1876, 2174, 3076<br>618 cm: 488, 586, 675, 747, 836, 955, 1138, 1282, 1335, 1443, 1527, 1616, 1696, 2108, 2205, 2601, 2802, 2906, 3040<br>785 cm: 238, 480, 594, 676, 752, 842, 950, 1043, 1338, 1447, 1526 |              |
| Verdigris K-44330              | Copper(II)-arsenic-2-hydroxy                         | 512 cm: 168, 236, 318, 477, 630, 702, 905, 952, 1236, 1416, 1446, 1536, 1611, 1908, 2060, 3022  | (47-48)      |
| Chrome oxide green K-44320     | Chromium(III) oxide                                  | 512 cm: 301, 340, 388, 578, 905, 1325   | (4,23)       |
| Phthalic green K-23000         | Copper phthalocyanine                                | 512 cm: 142, 162, 236, 305, 685, 773, 818, 876, 1080, 1200, 1284, 1340, 1388, 1503, 1526<br>618 cm: 109, 238, 282, 318, 483, 700, 738, 770, 817, 975, 1080, 1214, 1300, 1355, 1392, 1443, 1536, 1689, 2625, 3875, 3977<br>785 cm: 176, 350, 680, 744, 784, 1217, 1297, 1347, 1941           | (8,21)       |
| Green earth K-11000            | Glaucocerite and celadonite                          | 512 cm: 145, 180, 275, 345, 485, 506, 907   | (45-47)      |
| Red                            |  |   |              |
| La: dye K-39200                | Laccic acid  | 618 cm: 305, 412, 454, 478, 661, 666, 907, 1012, 1034, 1102, 1103, 1231, 1316, 1384, 1469, 1575, 1642   | (21,48)      |
| Madison lake C-422801A         | Albin mixture  | No signal - Resonance   | (2,21,48,49) |
| Carbazole lake K-42100         | Carbazole acid                                       | 512, 785 cm: 1318, 1462   | (21,48)      |
| Alizarin (saphire red) K-23600 | Organic synthetic madder, Napthol                    | 512 cm: 987, 1002, 1308, 1598, 1638, 1742, 1863, 1935, 1970, 1986, 1985, 1989, 1993<br>618 cm: 153, 308, 351, 304, 355, 395, 433, 445, 474, 531, 577, 621, 686, 733, 754, 819, 961, 973, 1006, 1116, 1108, 1217, 1290, 1363, 1381<br>785 cm: 1399, 1465, 1488, 1360, 1545                   | (26)         |
| Veridian K-10010               | Mercury sulfide                                      | 512 cm: 878, 785 cm: 252, 263, 342  | (5,20)       |
| Calcium red K-27120            | Calcium sulfonamide                                  | 618 cm: 138, 280, 296, 301, 489, 587  | (41)         |
| Red lake K-11374               | Iron oxides  | 512, 785 cm: 225, 356, 403  | (7,33,38)    |
| Red lake K-42500               | Iron(III) oxide                                      | 512 cm: 138, 279, 375, 541<br>618 cm: 128, 148, 225, 312, 385, 477, 548, 1008<br>785 cm: 128, 148, 225, 312, 386, 477, 548  | (7,31,38,39) |
| Brown                          |  |   |              |
| Van dyke brown (P861) K-41100  | Iron, acids, iron oxide                              | 512 cm: 1538, 1690  | (7)          |
| Brown carbon (P861) K-43700    | Manganese and iron oxides                            | 512 cm: 260, 271, 506, 1287<br>618 cm: 224, 296, 416, 846, 1221, 1311<br>785 cm: 286, 396, 673  | (23)         |
| Brown carbon (P861) K-43810    | Manganese and iron oxides                            | 512 cm: 286, 396, 673<br>785 cm: 173, 235, 304, 430, 681, 1235, 1312, 1585, 1731  | (18)         |
| Brown carbon (P861) K-43900    | Iron oxides  | 512 cm: 238, 330, 366, 477, 555, 681, 1248, 1323, 1478, 1508<br>618 cm: 238, 330, 366, 477, 555, 681<br>785 cm: 303, 482  | (18)         |
| Brown carbon (P861) K-44010    | Iron oxides  | 512 cm: 212, 275, 466, 805<br>785 cm: 224, 295, 456, 465, 494, 607, 653, 810, 1107  | (18)         |

# LETTURA DELLA SPETTROSCOPIA RAMAN

Ottenuto l'andamento dello spettro, si passa il cursore sulla stringa in basso a destra dove si legge Raman shift che riporta il numero di nanometri per il picco individuato e con quello si legge la corrispondenza nella tabella.

Table 1 (continued)

| Name/product code                   | Composition                      | Principal Raman signals [cm <sup>-1</sup> ]  | Ref.      |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|-----------|
| White<br>Chalk (PW18) K-58000       | Calcium carbonate                | 532 nm: 154, 278, 710, 1086<br>785 nm: 280, 1088   | [7,8,16]  |
| Zinc white (PW4) K-46300            | Zinc oxide                       | 532 nm: 201, 330, 381, 435, 584, 667, 1075, 1150   | [7]       |
| Gypsum (PW25) K-58300               | Hydrated calcium sulfate         | 532 nm: 181, 415, 493, 617, 670, 1008, 1134<br>785 nm: 1010  | [7,16]    |
| Titanium white (PW6) K-46200        | Titanium dioxide                 | 532 nm: 138, 230, 445, 609, 831<br>638 nm: 143, 238, 450, 615<br>785 nm: 142, 236, 449, 614  | [8,34,35] |
| Lithopone (PW5) K-46100             | Zinc sulfide and barium sulfate  | 532 nm: 215, 278, 344, 454, 460, 988, 1142<br>638 nm: 986<br>785 nm: 350, 454, 462, 992, 1145  | [7]       |
| Lead white (PW1) K-46000            | Basic lead carbonate             | 532 nm: 324, 410, 675, 965, 1050, 1372, 1477, 1731, 2847, 2879<br>785 nm: 325, 413, 678, 969, 1050, 1372   | [7,16,31] |
| Blue<br>Smalt (PB32) K-10000        | Cobalt potassium silicate glass  | 532 nm: 190, 310, 550, 1093  | [7]       |
| Cobalt cerulean blue (PB35) K-45730 | Cobalt stannate                  | 532 nm: 128, 176, 343, 513, 655, 985<br>785 nm: 132, 183, 254, 350, 419, 438, 495, 533, 621, 670, 990, 1144  | [7]       |
| Ultramarine nat. (PB29) K-10510     | Sodium-aluminum-silicate         | 532, 638 nm: 260, 285, 548, 583, 808, 1096, 1358, 1544, 1904, 2192, 2452, 2740, 3000<br>785 nm: 364, 548, 583, 808, 1096, 1346   | [7]       |
| Maya blue (N/A) K-36007             | Indigo in silicic crystal matrix | 532 nm: 250, 547, 599, 668, 755, 945, 1104, 1149, 1251, 1318, 1362, 1463, 1493, 1576<br>638 nm: 546<br>785 nm: 254, 552, 758, 1317, 1574   | [52]      |
| Prussian blue (PB27) K-45202        | Iron-hexacyanoferrate            | 532 nm: 272, 528, 946, 1865, 2094, 2154, 2431<br>638 nm: 276, 538, 956, 2157   | [7]       |
| Azurite (PB30) K-10200              | Basic copper carbonate           | 532 nm: 110, 139, 174, 247, 282, 331, 399, 539, 738, 762, 834, 937, 1094, 1422, 1429, 1460, 1577, 1607   | [7,16]    |
| Indigo (NB1) K-36000                | Indigotin                        | 532 nm: 248, 280, 547, 599, 670, 755, 858, 937, 1009, 1096, 1145, 1249, 1310, 1362, 1460, 1483, 1572, 1584, 1606<br>785 nm: 254, 266, 279, 312, 547, 599, 675, 758, 1017, 1150, 1252, 1312, 1366, 1465, 1483, 1575, 1594   | [8,48]    |
| Egyptian blue (PB11) K-10060        | Copper calcium silicate          | 532 nm: 114, 137, 162, 187, 230, 375, 430, 475, 570, 762, 782, 968, 985, 1011, 1084, 1140  | [7]       |
| Phthalo blue (PB15) K-23050         | Copper phthalocyanine            | 532 nm: 231, 255, 590, 680, 747, 951, 1037, 1143, 1341, 1451, 1527, 1595, 2672, 2870, 2976, 3056<br>638 nm: 257, 488, 591, 682, 747, 954, 1105, 1140, 1212, 1305, 1341, 1454, 1534, 1612, 2205, 2274, 2670, 2870, 2978, 3056<br>785 nm: 257, 492, 596, 686, 752, 950, 1013, 1148, 1344, 1451, 1527 | [8]       |
| Cobalt violet (PV14) K-45800        | Cobalt phosphates                | 532 nm: 141, 182, 227, 280, 328, 446, 473, 555, 608, 662, 953, 1003<br>638 nm: 187, 478, 612, 956<br>785 nm: 147, 169, 190, 963, 1014  | [53]      |
| Blue bice (PB30) K-10184            | Basic copper carbonate           | 532 nm: 151, 175, 217, 244, 272, 331, 397, 430, 500, 535, 712, 780, 832, 935, 1045, 1093, 1321, 1363, 1423, 1450, 1492, 1576   |           |
| Yellow<br>Gamboje (NY24) K-37050    | Garcinia bamboryi tree           | 785 nm: 379, 459, 740, 1225, 1250, 1278, 1337, 1387, 1437, 1456, 1594, 1637, 1675, 1740  | [7]       |
| Naples yellow (PY41) K-10130        | Lead antimonate                  | 532 nm: 135, 257, 326, 446, 498, 588, 708<br>638 nm: 135, 257, 326, 446, 498, 588, 708, 1204, 1258<br>785 nm: 135, 257, 326, 446, 505, 594, 714  | [7]       |
| Lead tin yellow I (N/A) K-10100     | Lead stannate                    | 532 nm: 129, 194, 271, 290, 377, 454, 523, 546, 615<br>638 nm: 129, 194, 271, 290, 377, 454, 523, 546, 615, 1243, 1275<br>785 nm: 131, 198, 271, 290, 377, 454, 523, 546, 615  | [7]       |
| Cadmium yellow (PY35) K-21010       | Cadmium zinc sulfide             | 532 nm: 131, 153, 179, 212, 257, 308, 353, 571, 615<br>785 nm: 131, 212, 309, 353, 571, 615  | [7,41]    |
| Lead tin yellow II (N/A) K-10120    | Lead and tin oxides              | 532 nm: 135, 260, 328, 451, 826, 916, 1050<br>638 nm: 135, 260, 328, 451, 916, 1050<br>785 nm: 139, 260, 328, 916, 1050, 1276  | [7]       |
| Cobalt yellow (PY40) K-43500        | Potassium cobaltinitrite         | 532 nm: 179, 266, 296, 474, 516, 680, 820, 835, 1095, 1237, 1325, 1392, 1798, 2142, 2327, 2431, 2645, 2851, 2938<br>785 nm: 112, 182, 274, 304, 820, 835, 1257, 1325, 1398, 2147, 2645   | [7,8]     |
| Massicot (PY46) K-43010             | Lead(II) oxide                   | 532, 638, 785 nm: 145, 267, 383  | [7]       |
| Yellow ochre (PY43) K-40010         | Goethite                         | 532, 785 nm: 205, 247, 300, 400, 487, 557, 681, 1332   | [33,50]   |
| Realgar (PY39) K-10800              | Arsenic sulfide                  | 532 nm: 182, 194, 224, 237, 270, 345, 355<br>638 nm: 136, 145, 155, 172, 185, 224, 237, 270, 345, 355  | [16,40]   |



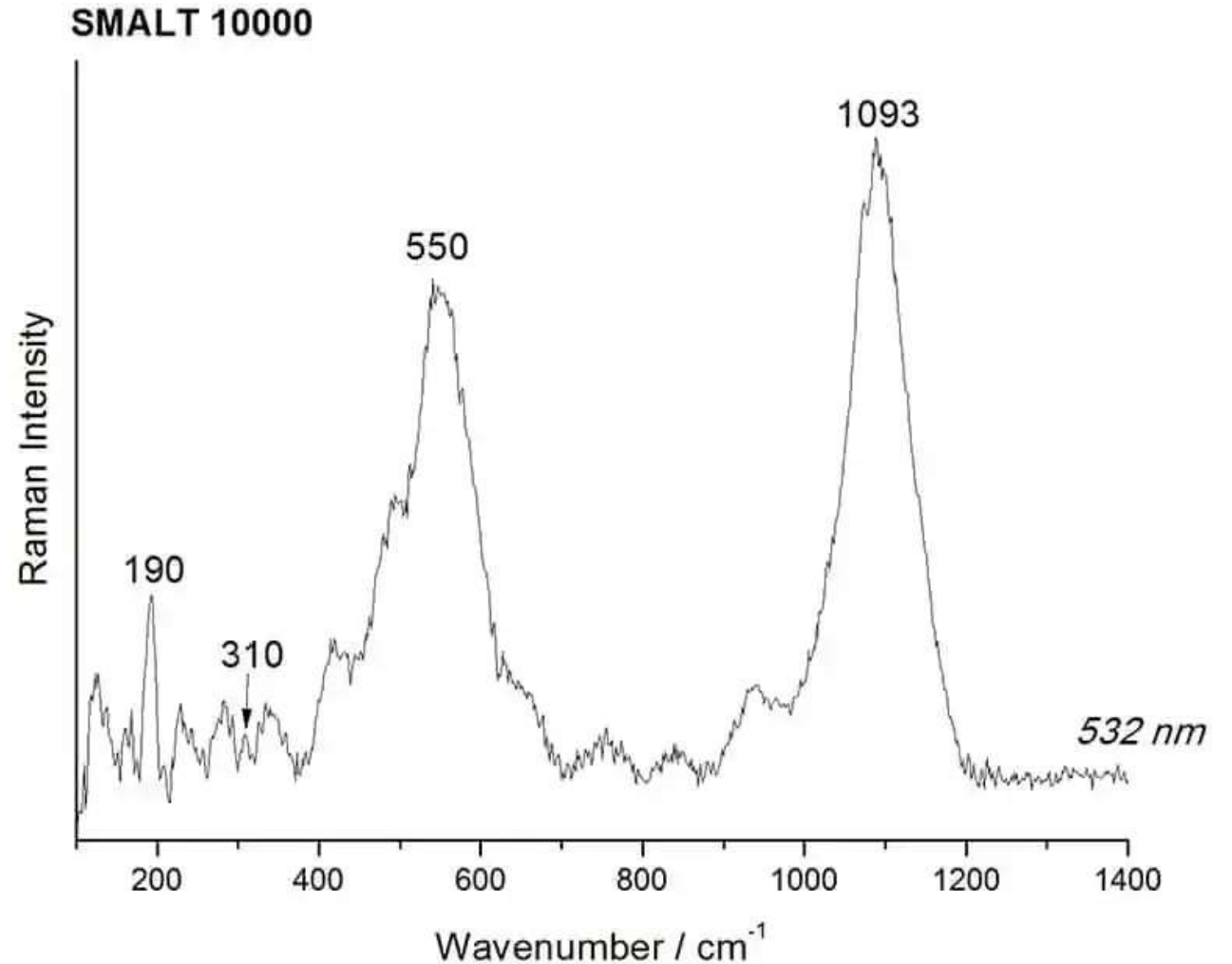
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

Facoltà di Scienze della Comunicazione

ANDAMENTO DEGLI SPETTRI

# LETTURA DELLA SPETTROSCOPIA RAMAN

Attenzione: dato che la Raman legge anche l'organico, se c'è molta vernice sul dipinto, leggerà poco il pigmento sottostante e il picco risulterà più schiacciato con molto rumore di fondo (ossia i picchi dell'intorno che sono inconsistenti).



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TERAMO

Facoltà di Scienze della Comunicazione

ORGANICO E PIGMENTI