



La fisica si fa bella

Un'attività didattica sulla tecnica PIXE

creata da :

Alessandra Ciarla - Cisterna di Latina (LT),

Stefania Fadda - Domodossola (VB),

Monica Merri - Milano,

Giusy Modica - Modica (RG),

Libera Nasti - Napoli.

Stefania Fadda - Liceo "Giorgio Spezia" - Domodossola

Obiettivi dell'attività didattica

L'attività mira a far conoscere una tecnica di analisi fisica dei beni culturali agli studenti di Scuola Secondaria di secondo grado, creando un collegamento interdisciplinare tra la Fisica e la Storia dell'Arte.

Essa ha l'ambizione di aiutare i ragazzi a sviluppare la capacità di spaziare in modo trasversale, facendo dialogare conoscenze e competenze afferenti a vari ambiti disciplinari (in questo caso Arte e Scienza), il che costituisce il nucleo fondante di una cultura aperta e completa, il punto d'arrivo ideale di un percorso formativo liceale.

Nella programmazione

- L'attività proposta si inserisce in modo naturale nell'ambito della programmazione di **Fisica** della classe quinta, secondo le Indicazioni Nazionali per i Licei (*prerequisiti: il modello atomico di Bohr, il concetto di quantizzazione delle orbite e di spettro atomico*).
- Essa può essere svolta in un contesto **CLIL**, fornendo materiale in lingua originale e chiedendo di realizzare la presentazione in lingua straniera.
- L'esperienza può inoltre rappresentare un percorso di **Educazione Civica**.

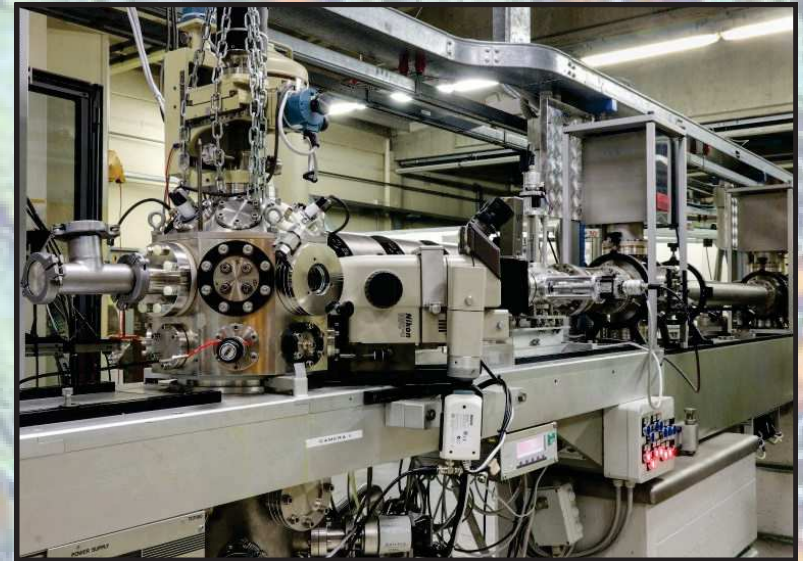
Costituzione - Art. 9

“La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione”.

Laboratori Nazionali di Legnaro di INFN

Presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, come al LABEC, si svolgono attività di analisi PIXE mediante l'acceleratore AN2000.

Gli studenti ed i docenti in visita o in stage possono osservare direttamente tecnologie all'avanguardia impiegate nella ricerca e nell'analisi dei beni culturali.



Corso di aggiornamento per docenti PID

Durante il corso PID i docenti hanno potuto effettuare in prima persona analisi PIXE, acquisendo importanti conoscenze su questa tecnica.

L'esperienza entusiasmante li ha spinti ad ideare un'attività che permettesse di trasmettere in modo efficace e coinvolgente quanto appreso ai propri studenti.



PID LNL Novembre 2021

Come dei detective



L'attrezzatura per l'analisi PIXE non è alla portata di un laboratorio scolastico. Ci si è dunque concentrati sulla fase successiva rispetto alla raccolta dati, cioè sull'analisi degli spettri di emissione e sulla loro interpretazione.

Per rendere l'attività più coinvolgente, si è pensato ad una sorta di "serious game" che suscitasse interesse e curiosità, creando un "caso" investigativo o un enigma da risolvere.

I dati per le analisi

Durante l'attività didattica, vengono utilizzati dati autentici, raccolti attraverso analisi fisiche svolte nei laboratori INFN.

I dati utilizzati sono stati ricavati dal sito:
CHSOS Pigments Checkers.

<https://chsopensource.org/pigments-checker>



L'attività didattica

L'attività si articola in tre fasi, che si possono svolgere in circa 6 ore di lezione:

- Presentazione sulla produzione e la composizione dei colori.
- Presentazione della metodologia PIXE.

Esempi pratici di interpretazione di spettri X ottenuti dal PIXE.

- Attività a gruppi:

Analisi dei casi

Presentazione dei risultati del lavoro dei singoli gruppi.

Storia e composizione dei colori

Il docente di Storia dell'Arte presenta le tecniche di produzione dei colori usate in passato e l'evoluzione subita dalla composizione di pigmenti e colori utilizzati nelle diverse tecniche pittoriche.

Qui si farà riferimento alla composizione di alcuni pigmenti particolari, la cui conoscenza risulterà utile durante l'attività laboratoriale dei ragazzi.

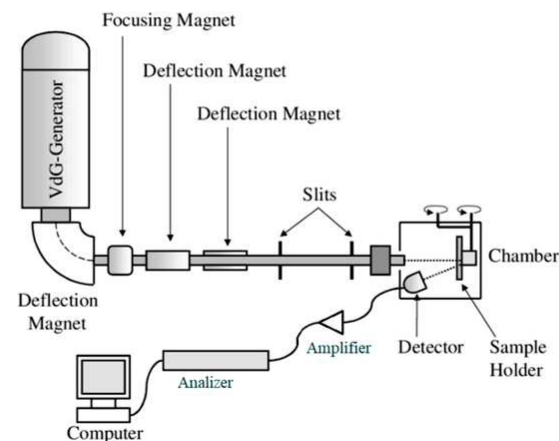


La tecnica PIXE

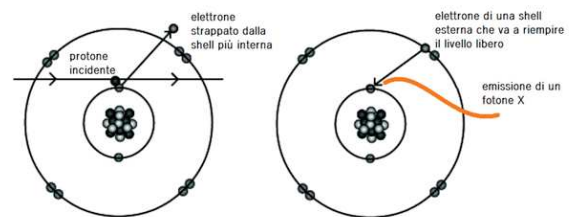
Il docente di Fisica illustra la metodologia PIXE, basata sulla rivelazione dei raggi X emessi da un campione bombardato, in modo non distruttivo, con un fascio di particelle cariche accelerate ad alta velocità.

Essa ha lo scopo di determinare la composizione chimica del campione.

Apparato sperimentale



- Durante la transizione viene emesso un fotone X.



Gruppi di lavoro

Gli studenti vengono divisi in piccoli gruppi per favorire la collaborazione, il confronto e lo scambio di idee per la risoluzione dei casi proposti. Ogni gruppo avrà a disposizione un computer ed il fascicolo contenente il materiale di lavoro.



I “casi” da risolvere

- Le analisi dei dati provenienti da misure PIXE sono inserite in tre diversi “casi” da risolvere:
- **Caravaggio - Originale o copia?**
- **Leonardo da Vinci - Chi lo ha dipinto?**
- **Van Gogh - Chi è il colpevole?**



Caravaggio Originale o copia?

Si propone di determinare l'autenticità o meno di un'opera attribuibile al Caravaggio per lo stile e il contenuto, attraverso il riconoscimento dei pigmenti utilizzati



Leonardo da Vinci

Chi lo ha dipinto?

Si propone di riconoscere la composizione dei pigmenti blu e bruni utilizzati per lo sfondo e per la figura della "Madonna dei fusi" attribuita a Leonardo da Vinci e di ricavarne informazioni sulla realizzazione delle due parti dell'opera



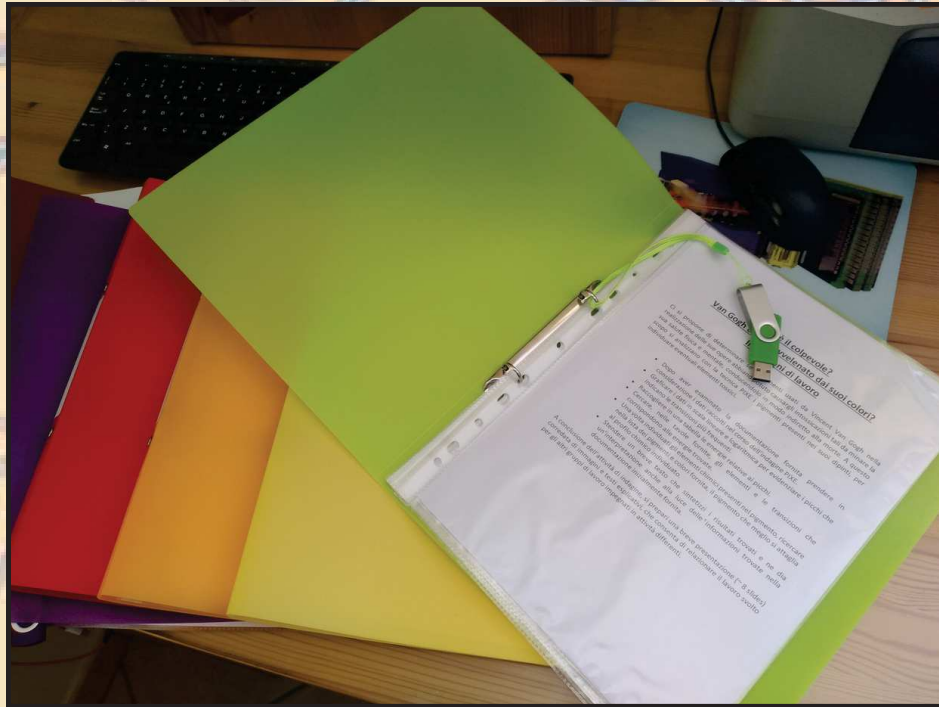
Van Gogh

Chi è il colpevole?

Si analizzano gli spettri ottenuti dai colori utilizzati da Van Gogh nelle proprie opere per individuare la presenza di sostanze nocive che potrebbero avergli causato intossicazioni tali da minare la sua salute fisica e mentale.



Contenuto del fascicolo



- Documenti o articoli che contestualizzino il caso in esame;
- Gli spettri PIXE relativi al caso in formato elettronico;
- Le tabelle contenenti le energie caratteristiche delle transizioni di ogni elemento atomico;
- Un elenco di pigmenti con la composizione chimica di ciascuno;
- Una scheda che includa le indicazioni di lavoro.

Documentazione

Esempio di scheda di lavoro:

Vincent Van Gogh

- Documenti preliminari per la contestualizzazione del lavoro.
- Note biografiche su Vincent Van Gogh.
- Esempi di opere di Van Gogh.
- Articolo sulla pericolosità di alcuni pigmenti.
- Articolo sui problemi di salute di Van Gogh.



Spettri di energia

Gli spettri di energia di alcuni pigmenti possono essere forniti in formato elettronico, chiedendo ai ragazzi di analizzarli usando semplici strumenti informatici. In alternativa, possono essere forniti i grafici già pronti in formato cartaceo.

blu - Blocco note di Windows			
File	Modifica	Formato	Visualizza ?
Energy(KeV)	Counts	Channel	
0,1189	0	1	
0,1376	0	2	
0,1563	0	3	
0,175	0	4	
0,1937	0	5	
0,2124	0	6	
0,2311	0	7	
0,2498	0	8	
0,2685	0	9	
0,2872	0	10	
0,3059	0	11	
0,3246	0	12	
0,3433	1	13	
0,362	3	14	
0,3807	4	15	
0,3994	3	16	
0,4181	5	17	
0,4368	2	18	
0,4555	1	19	
0,4742	2	20	
0,4929	3	21	
0,5116	1	22	
0,5303	5	23	
0,549	1	24	
0,5677	9	25	

bianco - Blocco note di Windows			
File	Modifica	Formato	Visualizza ?
Energy(KeV)	Counts	Channel	
0,1189	0	1	
0,1376	0	2	
0,1563	0	3	
0,175	0	4	
0,1937	0	5	
0,2124	0	6	
0,2311	0	7	
0,2498	0	8	
0,2685	0	9	

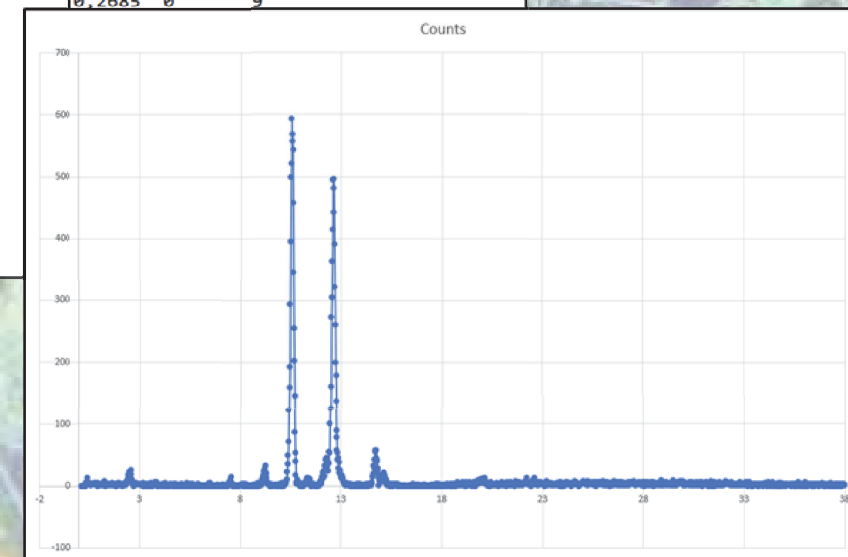


Tabelle delle energie

Vengono fornite le tabelle contenenti le energie caratteristiche delle transizioni di ogni elemento atomico, affinché gli studenti possano riconoscere quali sono quelle che si verificano più di frequente ed individuino gli elementi chimici presenti nei pigmenti

Z	Element	$K\alpha_1$	$K\beta_1$	$L\alpha_1$	$L\beta_1$
3	Li Lithium				
4	Be Beryllium	0.108			
5	B Boron	0.183			
6	C Carbon	0.277			
7	N Nitrogen	0.392			
8	O Oxygen	0.525			
9	F Fluorine	0.677			
10	Ne Neon	0.849			
11	Na Sodium	1.040			
12	Mg Magnesium	1.254	1.302		
13	Al Aluminium	1.486	1.557		
14	Si Silicon	1.740	1.837		
15	P Phosphorus	2.010	2.139		
16	S Sulfur	2.309	2.465		
17	Cl Chlorine	2.622	2.812		
18	Ar Argon	2.958	3.190		
19	K Potassium	3.314	3.590		
20	Ca Calcium	3.692	4.013		
21	Sc Scandium	4.093	4.464		
22	Ti Titanium	4.512	4.933		
23	V Vanadium	4.953	5.428		
24	Cr Chromium	5.415	5.947		
25	Mn Manganese	5.900	6.492		
26	Fe Iron	6.405	7.059		
27	Co Cobalt	6.931	7.649		
28	Ni Nickel	7.480	8.267		
29	Cu Copper	8.046	8.904		
30	Zn Zinc	8.637	9.570		
31	Ga Gallium	9.251	10.267		
32	Ge Germanium	9.886	10.982		
33	As Arsenic	10.543	11.726		

Z	Element	$K\alpha_1$	$K\beta_1$	$L\alpha_1$	$L\beta_1$
34	Se Selenium	11.224	12.497	1.379	1.419
35	Br Bromine	11.924	13.292	1.481	1.526
36	Kr Krypton	12.648	14.112	1.585	1.636
37	Rb Rubidium	13.396	14.961	1.692	1.751
38	Sr Strontium	14.165	15.835	1.806	1.871
39	Y Yttrium	14.965	16.735	1.926	1.996
40	Zr Zirconium	15.794	17.659	2.051	2.126
41	Nb Niobium	16.652	18.607	2.181	2.261
42	Mo Molybdenum	17.539	19.579	2.316	2.401
43	Tc Technetium	18.456	20.575	2.456	2.546
44	Ru Ruthenium	19.403	21.595	2.601	2.696
45	Rh Rhodium	20.380	22.639	2.751	2.851
46	Pd Palladium	21.387	23.707	2.906	3.011
47	Ag Silver	22.424	24.800	3.066	3.176
48	Cd Cadmium	23.491	25.919	3.231	3.346
49	In Indium	24.588	27.064	3.401	3.516
50	Sn Tin	25.715	28.236	3.576	3.691
51	Sb Antimony	26.872	29.435	3.756	3.871
52	Te Tellurium	28.059	30.662	3.941	4.061
53	I Iodine	29.276	31.927	4.131	4.261
54	Xe Xenon	30.523	33.230	4.326	4.461
55	Cs Cesium	31.799	34.571	4.526	4.666
56	Ba Barium	33.104	35.950	4.731	4.876
57	La Lanthanum	34.438	37.367	4.941	5.091
58	Ce Cerium	35.799	38.812	5.156	5.311
59	Pr Praseodymium	37.187	40.295	5.376	5.531
60	Nd Neodymium	38.602	41.816	5.601	5.756
61	Pm Promethium	39.944	43.375	5.831	5.986
62	Sm Samarium	41.313	44.972	6.066	6.221
63	Eu Europium	42.709	46.607	6.306	6.461
64	Gd Gadolinium	44.132	48.280	6.551	6.711

Z	Element	$K\alpha_1$	$K\beta_1$	$L\alpha_1$	$L\beta_1$	$M\alpha_1$	$M\beta_1$
65	Tb Terbium	44.482	50.385	6.273	6.975	1.240	1.269
66	Dy Dysprosium	45.999	52.113	6.498	7.248	1.293	1.325
67	Ho Holmium	47.547	53.877	6.720	7.526	1.348	1.383
68	Er Erbium	49.128	55.674	6.949	7.811	1.404	1.448
69	Tm Thulium	50.742	57.505	7.180	8.102	1.462	1.503
70	Yb Ytterbium	52.388	59.382	7.416	8.402	1.526	1.573
71	Lu Lutetium	54.070	61.290	7.655	8.710	1.580	1.630
72	Hf Hafnium	55.790	63.244	7.899	9.023	1.646	1.700
73	Ta Tantalum	57.535	65.222	8.146	9.343	1.712	1.770
74	W Tungsten	59.318	67.244	8.398	9.672	1.775	1.838
75	Re Rhenium	61.141	69.309	8.652	10.010	1.843	1.906
76	Os Osmium	63.000	71.414	8.911	10.354	1.907	1.978
77	Ir Iridium	64.896	73.560	9.175	10.708	1.980	2.052
78	Pt Platinum	66.831	75.750	9.442	11.071	2.050	2.127
79	Au Gold	68.806	77.982	9.713	11.443	2.123	2.203
80	Hg Mercury	70.818	80.255	9.989	11.824	2.195	2.281
81	Tl Thallium	72.872	82.573	10.269	12.213	2.271	2.363
82	Pb Lead	74.970	84.939	10.551	12.614	2.342	2.444
83	Bi Bismuth	77.107	87.349	10.839	13.023	2.423	2.526
84	Po Polonium	79.291	89.803	11.131	13.446	2.499	2.614
85	At Astatine	81.516	92.304	11.427	13.876	2.577	2.699
86	Rn Radon	83.785	94.866	11.727	14.315	2.654	2.784
87	Fr Francium	86.106	97.474	12.031	14.771	2.732	2.868
88	Ra Radium	88.478	100.130	12.339	15.236	2.806	2.949
89	Ac Actinium	90.884	102.846	12.652	15.713	2.900	3.051
90	Th Thorium	93.351	105.605	12.968	16.202	2.996	3.149
91	Pa Protactinium	95.868	108.427	13.291	16.703	3.082	3.240
92	U Uranium	98.440	111.303	13.614	17.220	3.171	3.336
93	Np Neptunium	101.059	114.234	13.946	17.751	3.250	3.435
94	Pu Plutonium	103.734	117.228	14.282	18.296	3.339	3.534
95	Am Americium	106.472	120.284	14.620	18.856	3.438	3.646

Composizione dei pigmenti

Vengono forniti un elenco di pigmenti con l'indicazione della composizione chimica ed una scheda con le date di introduzione di ciascuno

Gialli	
Giallo di Napoli	$Pb_2Sb_2O_7$
Giallo di Zinco (giallo limone)	$4ZnO \cdot CrO_3 \cdot K_2O \cdot 3H_2O$
Giallo e Arancio di Cromo	CrO_8Pb_2S
Rossi	
Lacca Rossa (Lacca Geranio)	$Y(C_{20}H_6Br_4Na_2O_5) + Pb \text{ or } Al$
Vermiglione	HgS
Ocra rossa	Fe_2O_3
Carminio	$C_{22}H_{20}O_{13}$
Lacca di Robbia (Alizarin)	$C_{14}H_8O_4C_{14} \text{ or } H_8O_5$
Blu	
Blu Cobalto	$CoAl_2O_4$
Blu di Prussia	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$
Blu Oltremare	$Na_7Al_6Si_6O_{24}S_3$
Blu Ceruleo	$CoSnO_3$
Azzurrite	$Cu_3(CO_3)2(OH)_2$
Lapislazzuli	$Na_3Ca(Al_3Si_3O_{12})S$
Marroni	
Terra d'Ombra	$Fe_2O_3 + MnO_2 + Si + Al_2O_3$
Terra d'Ombra Bruciata	$Fe_2O_3 + MnO_2 + Si$
Terra di Siena	$Fe_2O_3 + H_2O + Al_2O_3 + CaCO_3$
Terra di Siena Bruciata	$Fe_2O_3 + H_2O + Al_2O_3$
Marrone Van Dyke	$Fe_2O_3(H_2O) + MnO_2(n H_2O)$
Verdi	
Verde Veronese	$Cr_2O_3 + 2H_2O$
Verde Smeraldo	$3Cu(AsO_2)_2 \cdot Cu(CH_3COO)_2$
Verde Rame	$Cu_2(OH)_3Cl$
Neri e Bianchi	
Nero di Piombo	$Pb_{12}O_{19}$
Nero d'Ossa	$Ca_3(PO_4)_2 + CaCO_3 + C$
Bianco di Piombo	$(PbCO_3)_2 \cdot Pb(OH)_2$
Bianco di Zinco	ZnO

Pigmenti in uso		
Pigmento	Formula	Data scoperta
Bianco		
Bianco San Giovanni	$CaCO_3 + Ca(OH)_2$	preistoria, affinato nel XIII sec.
Bianco di piombo	$Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$	400 a.C.
Bianco di zinco	ZnO	1834
Bianco di titanio	TiO_2	1916
Giallo		
Ocra gialla	$FeOOH$	preistoria, sintetico nel 1920
Giallo di Napoli	$Pb(SbO_3)_2$	XVI sec.
Giallo di cromo	$PbCrO_4$	1816
Giallo di cadmio	CdS	1820
Giallo limone	$BaCrO_4$	1830
Giallo di cobalto	$K_3[Co(NO_2)_6]$	1852
Giallo arilide (e derivati)	organico	1921
Giallo di bismuto	$BiVO_4$	1950
Verde		
Terra verde	alluminosilicati di Fe e Mg	antica Grecia e antico Egitto
Verde di cobalto	$CoZnO_2$	1780
Verde veronese (viridio)	$Cu_3(AsO_4)_2$	1838
Verde titanato di cobalto	Co_2TiO_4	1930
Rosso		
Ocra rossa	Fe_2O_3	preistoria, sintetico nel XVIII sec.
Lacca di robbia	organico	II millennio a.C., sintetico nel 1804
Rosso porpora	organico	II millennio a.C.
Rosso carminio	organico	VII sec. a.C.
Rosso di cadmio	$CdS + CdSe$	1919
Rosso laccato	organico	XXI secolo
Rosso segnale	organico	XXI secolo
Arancio		
Arancio di cromo	$Pb_2CrO_4(OH)_2$	1809
Arancio di marte	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	XVIII secolo
Marroni		
Terra d'ombra	Mn_2O_4	antica Roma
Terra di Colonia	$Fe_2O_3 + MnO_2 + \text{organico}$	XVIII secolo
Terra di Siena	$Fe_2O_3 + \text{argille}$	XV secolo
Blu		
Indaco	organico	antico Egitto, sintetico nel 1880
Blu oltremare	$Na_3Ca(Al_3Si_3O_{12})S$	VI sec., sintetico nel 1828
Blu di Prussia	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	1724
Blu cobalto	$CoAl_2O_4$	1807
Blu ceruleo	$CeO + SnO_2$	1860
Blu ftalcianina	organico	1930
Azzurro di manganese	$Ba_2MnO_4SO_4$	1935
YInMn blu	$Y(In, Mn)_O_3$	2009
Viola		
Violetto di cobalto	$Co_3(PO_4)_2$	1859
Violetto di manganese	$MnNH_4P_2O_7$	1868
Lacca viola	$C_3H_3NO_2$	XXI secolo
Nero		
Nero carbone (o nero fumo)	C	preistoria
Nero d'ossa (o nero avorio)	$Ca_3(PO_4)_2 + CaCO_3 + C$	preistoria
Spinello nero	$MnFe_2O_4$	XIX secolo
Vantablack	C in nanotubi	2014

Indicazioni di lavoro

Viene fornita una scheda con le indicazioni di lavoro.

Chi è il colpevole?

Van Gogh è stato avvelenato dai suoi colori?

Indicazioni di lavoro

Ci si propone di determinare se i pigmenti usati da Vincent Van Gogh nella realizzazione delle sue opere abbiano potuto causargli intossicazioni tali da minare la sua salute fisica e mentale, conducendolo in modo indiretto alla morte. A questo scopo si analizzano con la tecnica PIXE i pigmenti presenti nei suoi dipinti, per individuare eventuali elementi tossici.

- Dopo aver esaminato la documentazione fornita prendere in considerazione i dati raccolti nel corso dell'indagine PIXE.
- Graficare i dati in scala lineare e logaritmica per evidenziare i picchi che indicano le transizioni più frequenti.
- Raccogliere in una tabella le energie relative ai picchi.
- Cercare, nelle tavole fornite, gli elementi e le transizioni che corrispondono alle energie trovate.
- Una volta individuati gli elementi chimici presenti nel pigmento, ricercare nella lista dei pigmenti e colori fornita, il pigmento che meglio si attaglia al profilo chimico individuato.
- Stendere un breve testo che sintetizzi i risultati trovati e ne dia un'interpretazione anche alla luce delle informazioni trovate nella documentazione inizialmente fornita.

A conclusione dell'attività di indagine, si prepari una breve presentazione (~ 8 slides) corredata di immagini e testi esplicativi, che consenta di relazionare il lavoro svolto per gli altri gruppi di lavoro impegnati in attività differenti.

Al lavoro!

Dopo aver letto le indicazioni di lavoro, ciascun gruppo si mette all'opera:

- apre i file degli spettri contenuti nella chiavetta in formato .txt;
- ricava i fogli di calcolo e produce i grafici di dispersione, che permettono di evidenziare i picchi corrispondenti all'energia dei fotoni X emessi con maggior frequenza.



Al lavoro!

A questo punto, ciascun gruppo:

- confronta le energie dei picchi con le energie delle transizioni dei diversi elementi;
- individua gli elementi contenuti nei pigmenti;
- cerca nelle tabelle il pigmento contenente quei particolari elementi.



La restituzione

Al termine dell'attività ciascun gruppo presenta una breve relazione di quanto scoperto:

- una sintesi dei dati;
- l'esito dell'analisi;
- le conclusioni a cui il team è giunto, sulla base delle informazioni contenute nei documenti e dei risultati dell'analisi dei dati.

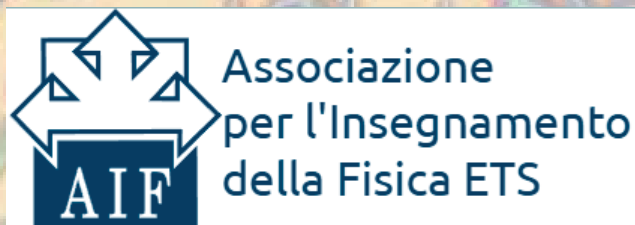


Reperire i materiali di lavoro

Per chi desiderasse svolgere l'attività nelle proprie classi, il materiale è reperibile al link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1D86EMSLbklbnyvqGqJhaRjiMlupKjdCj?usp=sharing>

Dove è possibile leggere l'articolo completo che descrive l'attività didattica, e che sarà pubblicato sul prossimo numero di "La Fisica nella Scuola", rivista dell'AIF.



**La fisica si fa bella: attività didattica
relativa alla fisica quantistica applicata ai beni culturali.**
Alessandra Ciarla¹, Stefania Fadda², Monica Merri³, Giuseppina Modica⁴, Libera Nasti⁵
1. IIS Campus del Licei "Ramadù" Cisterna di Latina (LT)
2. Liceo "Giorgio Spezia", Domodossola (VB)
3. Liceo Scientifico Statale "A. Einstein" Milano
4. IIS "Galilei-Campallia", Modica (RG)
5. I.C. "Tito Livio-Fiorelli", Napoli e "Accademia di Belle Arti", Napoli
...ali di Legnaro (Padova), afferenti all'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) del Programma INFN per Docenti (PID) 2021, sono stati
...le induced X-ray emission) su pigmenti e camp
...attività didattica da effettuare
...ificazione della fisica

Reperire i materiali di lavoro

Per quanto riguarda la presentazione sui pigmenti, si consiglia di affidarsi alla collaborazione dei colleghi di Storia dell'Arte, ma dovendo lavorare in autonomia, si possono trovare buoni spunti in rete ai seguenti link:

- https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/sci_didattica/PIGMENTI%20NELL%27ARTE_MADAIO.pdf
- <http://www.centrodocumentazioneviterbo.it/files/STORIA-BREVE-DEI-PRINCIPALI-PIGMENTI-PER-LA-PITTURA.pdf>
- <https://www.youtube.com/watch?v=DJrgGmgg8o0>

Conclusioni

Siamo consapevoli del fatto che l'attività da noi ideata possa presentare alcune criticità. Di certo la collaborazione con altri colleghi e l'esperienza raccolta attraverso la sperimentazione nelle classi saranno preziosi per arricchirla di nuovi spunti. Saremo grate a quanti vorranno svolgerla ed aiutarci con i loro suggerimenti ad arricchirla e migliorarla.

Grazie di cuore per l'attenzione e l'eventuale collaborazione,

Alessandra Ciarla - IIS Campus dei Licei "Ramadù" - Cisterna di Latina,

Stefania Fadda - LSS "Giorgio Spezia" - Domodossola,

Monica Merri - LSS "A. Einstein" - Milano,

Giusy Modica - IIS "Galilei-Campailla" - Modica,

Libera Nasti - IC "Tito Livio" e "Accademia di Belle Arti" - Napoli.

