



**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**  
**Recinto de Río Piedras**  
**Facultad de Estudios Generales**  
**Departamento de Ciencias Físicas**

**Título:** Ciencia y Tecnología en el Arte

**Codificación:** CIFI4075

**Número de horas/crédito:** 3 (Tres horas/semana, 45 horas totales)

**Prerrequisitos, co-requisitos y otros requerimientos:** ninguno

**Descripción del curso**

Curso interdisciplinario que se ofrece a los estudiantes de la facultad de ciencias naturales como opción para cumplir con el requisito de ciencias físicas del componente de ciencias naturales de educación general. Se enfatiza en como la ciencia experimental contribuye al conocimiento y la preservación de los objetos de interés artístico o histórico. Se elegirá al menos un fenómeno físico o químico en el que se estudiarán los conceptos epistemológicos: las teorías sobre la luz, los fundamentos de la electroquímica, etc. Se introducen algunos materiales de interés artístico, su caracterización y su preservación. Todos los temas se discuten mediante el método dialógico y estudio de casos reales. La aprobación en el curso requiere la presentación de un proyecto final que trate estudio sobre conservación o caracterización de una pieza de interés artístico o histórico. El curso podría incluir visitas a instalaciones fuera del salón de clases.

**Objetivos de aprendizaje**

Este curso cumple con los objetivos generales del Departamento de Ciencias Físicas. Además, este curso tiene también por objetivos, que el estudiante pueda:

1. Identificar el problema o asunto central relacionado con la caracterización, descripción o preservación de objetos de interés cultural relacionados con la radiación electromagnética (luz) y que atrae la atención de un científico y lo hace el foco de su investigación.
2. Aplicar la estructura conceptual de un trabajo científico al desarrollo del concepto de luz como dualidad onda-partícula.
3. Identificar en los textos, materiales o documentales audiovisuales los enunciados que respondan a los conceptos epistemológicos como datos, hipótesis, generalizaciones, leyes y teorías científicas, etc.
4. Describir las soluciones hipotéticas a un problema relacionado con el uso, caracterización o conservación de artefactos de interés cultural.
5. Contrastar la propuesta solución del problema con la evidencia empírica proporcionada por las técnicas analíticas empleadas para caracterizar el artefacto de interés cultural.
6. Aplicar los conceptos y principios científicos estudiados previamente a la solución de

- nuevos problemas relacionados con los artefactos de interés cultural.
7. Juzgar el mérito del aporte científico de un estudio en conservación o caracterización de artefactos de interés cultural, incluyendo la metodología científica empleada.
  8. Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de identificación, caracterización o conservación del patrimonio cultural.
  9. Fortalecer competencias en el uso de tecnologías de información, mediante el uso continuo de las mismas para utilizarlas en presentaciones, exámenes y el proyecto final.
  10. Demostrar capacidad para trabajar e interactuar con las herramientas digitales disponibles para apoyar sus actividades de aprendizaje, individuales o colaborativas, cumpliendo con las obligaciones éticas y legales de las mismas.
  11. Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases.
  12. Al trabajar en equipo, hacer los acomodados necesarios para incluir compañeros estudiantes con diversidad funcional.

### **Bosquejo de contenido y distribución del tiempo**

Los tópicos abajo presentados serán discutidos a lo largo del semestre y, en ocasiones, estarán integrados dentro de los estudios de los casos. Según los casos reales que el profesor elija, el profesor hará las adaptaciones oportunas (por ejemplo, en el tópico III y IV) respetando el tiempo dedicado a cada uno de los tópicos I a IV a seguir, que incluye las horas dedicadas a los exámenes y su discusión:

#### **I - La naturaleza de la ciencia y la estructura del conocimiento científico empírico y aspectos éticos**

**8 horas**

- a. Acerca de ciencia y ciencias físicas
- b. Conceptos epistemológicos
- c. Generalizaciones empíricas. Razonamiento inductivo y deductivo
- d. La estructura del método científico
- e. Las teorías científicas: génesis y evolución
- f. Ciencia vs. Tecnología
- g. La importancia de la información histórica
- h. Utilidad y uso de los objetos artísticos y de interés cultural: restauración vs. preservación

#### **II – La naturaleza de la luz**

**6.5 horas**

- a. Desarrollo histórico del concepto “luz”
- b. Dualidad onda-partícula
- c. Espectro electromagnético
  - Infrarrojo
  - Visible

- Ultravioleta
- Rayos X
- Aplicaciones analíticas

### **III– Fenómenos lumínicos**

**7 horas**

- a. Refracción: el desarrollo del concepto y su aplicación
- b. Polarización de la luz
- c. Difracción e interferencias
- d. Orígenes del color
- e. El laser
- f. La fotografía técnica: uso de luz ultravioleta, infrarroja, direccionada, polarizada en el análisis de obras de arte

### **IV - Análisis químico-físico de objetos de valor cultural y aspectos éticos (trabajar al menos 3 de las técnicas listadas abajo).**

**10.5 horas**

- a. La adquisición de objetos y de sus muestras: aspectos éticos, sociales, culturales y religiosos
- b. Degradación y envejecimiento de objetos de interés artístico y cultural
- c. Técnicas de análisis químico-físico
  - *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)/Raman Spectroscopy*
  - *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)/X-Ray Fluorescence (XRF)*
  - Difracción rayos X (XRD)
- d. Análisis microscópico
  - *Scanning Electron Microscopy (SEM)*
  - Microscopía con filtros y marcadores
  - Microscopía con luz polarizada
- e. Técnicas para datación:
  - Radioisótopos: C14
  - Termoluminiscencia
  - Dendrocronología
  - Acelerador de partículas y su uso en la caracterización de materiales artísticos

### **V - Exámenes parciales y su discusión**

**5 horas**

### **VI - Presentación del proyecto de investigación:**

**8 horas**

Se realizan investigaciones cortas, preferencialmente de carácter experimental, sobre casos/objetos artísticos o históricos. Se evita el trabajo directo sobre artefactos valiosos. Algunos temas sugeridos:

- Degradación de polímeros en los objetos artísticos
- La fotografía técnica (UV, IR, etc.) de obras de arte
- La radiografía de obras de arte
- Caracterización de cerámicas arqueológicas
- La identificación de piedras preciosas
- Casos concretos de falsificaciones e imitaciones
- Casos concretos de “redescubrimiento” de obras artísticas importantes
- La revolución en la teoría de la percepción del color en el siglo XIX

### **Técnicas instruccionales**

La interacción entre el profesor y el estudiante se da sobre una base dialógica de discusión. El curso emplea también extensivamente el estudio de casos reales dónde la caracterización de objetos artísticos y/o históricos mediante técnicas analíticas químico-físicas han provisto datos fundamentales para la aclaración de problemas relacionados con esos artefactos. Además, se utiliza el aprendizaje basado en problemas, que se implementa mediante el estudio de objetos y su caracterización, lecturas y trabajos en grupo, visitas a museos y laboratorios especializados en caracterización mediante técnicas espectroscópicas. Se sugiere que los proyectos finales de investigación serán a) sobre casos/objetos artísticos/históricos en propiedad del estudiante o del Recinto; b) que no envuelvan trabajo directo con artefactos, y deberán ser presentados oralmente o mediante reportes y afiches científicos.

### **Recursos de aprendizaje e instalaciones mínimas disponibles o requeridos**

El curso hará uso frecuente de recursos de aprendizaje asistidos por tecnologías tales como computadoras, internet y equipo audiovisual. Los materiales del curso se pueden acceder en la plataforma Moodle y el curso emplea material bibliográfico de libre acceso al público universitario. Las instalaciones disponibles para el curso son los salones de clase equipados con los equipos audiovisuales y el Salón de Recursos Múltiples del Departamento. Se recomienda al profesor la interacción con el Museo de Arte de la Universidad de Puerto Rico y el Centro de Caracterización de Materiales (MCC). Además, es conveniente que el profesor gestione visitas a otras instalaciones como laboratorios especializados, museos o laboratorios con facilidades analíticas de microscopía y espectroscopia; hay algunos disponibles en el Recinto de Río Piedras y otras unidades del sistema UPR.

### **Técnicas de Evaluación**

Se evaluará mediante exámenes parciales, presentaciones orales, trabajos con temas asignados u otros modos que el profesor expondrá al distribuir su sílabo, hasta un total de 70 % de la calificación en el curso. La confección y exposición del proyecto final completan el 30% restante de la nota.

|                    |      |
|--------------------|------|
| Exámenes parciales | 60 % |
|--------------------|------|

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| Presentaciones/tareas | 10 %  |
| Proyecto final        | 30 %  |
| Total                 | 100 % |

### **Sistema de calificación**

Se usará el sistema de evaluación cuantificable acordado por el Departamento de Ciencias Físicas, según la siguiente distribución:

|          |     |
|----------|-----|
| 100 - 88 | → A |
| 87 - 75  | → B |
| 74 - 60  | → C |
| 59 - 47  | → D |
| 46 - 0   | → F |

### **Revisión de calificaciones**

Se hará la revisión de las calificaciones de los estudiantes según la certificación del Senado Académico SA#53, del año académico 2016-2017: "Procedimiento Uniforme para la Revisión de Calificaciones en el Recinto de Río Piedras, corregido".

Los exámenes se ofrecen de manera que sean accesibles a las personas con impedimentos, o a éstos se les ofrecen alternativas que cumplan con los requerimientos e la Ley ADA (*Americans with Disabilities Act*) de 1990. Se ofrece evaluación diferenciada a estudiantes con necesidades especiales, las cuales se atienden de acuerdo con la necesidad que se presenta.

### **Modificación razonable (Acomodo razonable):**

"La universidad de Puerto Rico (UPR) reconoce el derecho que tienen los estudiantes con impedimentos a una educación post secundaria inclusiva, equitativa y comparable. Conforme a su política hacia los estudiantes con impedimentos, fundamentales en la legislación federal y estatal, todo estudiante cualificado con impedimentos tiene derecho a la igual participación de aquellos servicios, programas y actividades que están disponibles de naturaleza física, mental o sensorial y que por ello se ha afectado, sustancialmente, una o más actividades principales de la vida como lo es su área de estudios post secundarios, tiene derecho a recibir acomodos o modificaciones razonables. De usted requerir acomodo o modificación razonable en este curso, debe notificarlo al profesor sobre el mismo, sin necesidad de divulgar su condición o diagnóstico. De manera simultánea, debe solicitar a la Oficina de Servicios a Estudiantes con Impedimentos (OSEI) de la unidad o Recinto, en forma expedita, su necesidad de modificación o acomodo razonable."

### **Integridad académica:**

“La Universidad de Puerto Rico promueve los más altos estándares de integridad académica y científica. El Artículo 6.2 de Reglamento General de Estudiantes de la UPR (Certificación Núm. 13, 2009-2010) establece que “la deshonestidad académica incluye, pero no se limita a: acciones fraudulentas, la obtención de notas o grados académicos valiéndose de falsas o fraudulentas simulaciones, copiar total o parcialmente la labor académica de otra persona, plagiar total o parcialmente el trabajo de otra persona, copiar total o parcialmente las respuestas de otra persona a las preguntas de un examen, haciendo o consiguiendo que otro tome en su nombre cualquier prueba o examen oral o escrito, así como la ayuda o facilitación para que otra persona incurra en la referida conducta”. Cualquiera de estas acciones estará sujeta a sanciones disciplinarias en conformidad con el procedimiento disciplinario establecido en el Reglamento General de Estudiantes de la UPR vigente.

Para velar por la integridad y seguridad de los datos de los usuarios, todo curso híbrido y a distancia deberá ofrecerse mediante la plataforma institucional de gestión de aprendizaje, la cual utiliza protocolos seguros de conexión y autenticación. El sistema autentica la identidad del usuario utilizando el nombre de usuario y contraseña asignados en su cuenta institucional. El usuario es responsable de mantener segura, proteger, y no compartir su contraseña con otras personas.”

### **Política y procedimientos para el manejo de situaciones de discriminación por sexo o género en la Universidad de Puerto Rico:**

“La Política y procedimientos para el manejo de situaciones de discriminación por sexo o género en la Universidad de Puerto Rico, Certificación 107 (2021-2022) de la Junta de Gobierno, asegura que la Universidad de Puerto Rico, como institución de educación superior y centro laboral, protege los derechos y ofrece un ambiente seguro a todas las personas que interactúan en ella, ya sea a estudiantes, empleados, contratistas o visitantes. La misma tiene como fin promover un ambiente de respeto a la diversidad y los derechos de los integrantes de la comunidad universitaria y establece un protocolo para el manejo de situaciones relacionadas con las siguientes conductas prohibidas: discriminación por razón de sexo, género, embarazo, hostigamiento sexual, violencia sexual, violencia doméstica, violencia en cita y acecho, en el ambiente de trabajo y estudio.”

### **Uso de Inteligencia Artificial (IA):**

Cada docente del Departamento de Ciencias Físicas incluirá en el sílabo de su curso el nivel de uso de IA que permitirá en esta. Ver <https://academicos.uprrp.edu/blog/2025/01/15/circular-8-2024-2025-lineamientos-y-guias-para-la-intergracion-y-uso-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-los-proyectos-academicos-y-de-investigacion-del-recinto-de-rio-piedras/>

### **Plan de contingencia en caso de una emergencia:**

En caso de surgir una emergencia o interrupción de clases, su profesor/a se comunicará vía correo electrónico institucional para coordinar la continuidad del ofrecimiento del curso. El plan de contingencia debe preservar la modalidad en la que el curso fue creado y programado en la oferta académica.

## Bibliografía

Armitage, R. A. (s.f.). *Analyzing the past: Chemistry, archaeology, and art* [Video]. TEDxEMU. [http://www.youtube.com/watch?v=oB3lsM\\_cG1Q](http://www.youtube.com/watch?v=oB3lsM_cG1Q)

Art Institute of Chicago. (s.f.). *Science and art technology resources* [Web resource]. <http://www.artic.edu/aic/education/sciarttech>

Bacci, M., Picollo, M., & Trumpy, G. (2023). Advances in non-invasive spectroscopic techniques for cultural heritage analysis. *Applied Physics A*, 129(4), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00339-023-06452-1>

Ball, P. (2002). *Bright earth: Art and the invention of color*. Farrar, Straus and Giroux.

Chemistry in Art. (s.f.). *Fakes, forgeries and mysteries (Part 1)* [Video]. <http://www.chemistryinart.org/resources/video-online/fakes-forgeries-and-mysteries-part-1>

Chemistry in Art. (s.f.). *Fakes, forgeries and mysteries (Part 2)* [Video]. <http://www.chemistryinart.org/resources/video-online/fakes-forgeries-and-mysteries-part-2>

Chemistry in Art. (s.f.). *Resources* [Web resource]. <http://www.chemistryinart.org/resources>

Cotte, M., Checroun, E., & Susini, J. (2024). Synchrotron radiation for art and archaeology: Recent developments and perspectives. *Accounts of Chemical Research*, 57(2), 210–220. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.3c00612>

Delaney, J. K., Zeibel, J. G., Thoury, M., Littleton, R., Palmer, M., Morales, K. M., de la Rie, E. R., & Hoenigswald, A. (2023). Visible and infrared imaging spectroscopy of paintings: Advances and applications. *Heritage Science*, 11, 45. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-00845-9>

Findlay, V. (2002). *A natural history of the palette*. Ballantine Books.

Florida International University. (s.f.). *Course materials* [Web resource]. <http://www.fiu.edu/~gardinal>

García Fernández, I. M. (1999). *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*. Editorial KR.

Getty Conservation Institute. (s.f.). *Getty Conservation Institute* [Web resource]. <https://www.getty.edu/conservation/>

Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., & Michael, J. (1992). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis* (2nd ed.). Plenum Press.

Hermens, E., & Fiske, T. (2009). *Art, conservation and authenticities: Material, concept, context*. Archetype Publications.

Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2008). *La ciencia y el arte: Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico*. Ministerio de Cultura.

Johansson, S. A. E., Campbell, J. L., & Malmqvist, K. G. (1995). *Particle-induced X-ray emission spectrometry (PIXE)*. Wiley.

Krieger, P. (2002). *Arte y ciencia: XXIV Coloquio internacional de historia del arte*. UNAM.

Liang, H. (2023). Advances in multispectral and hyperspectral imaging for archaeology and art conservation. *Applied Physics A*, 129(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00339-022-06278-0>

Los Rios Community College. (s.f.). *Chemistry and art resources* [Web resource]. <http://www.scc.losrios.edu/~ropers>

Mihalick, J. E., & Donnelly, K. M. (2006). Using metals to change the colors of natural dyes. *Journal of Chemical Education*, 83(2), 1550–1551.

Mihalick, J. E., & Donnelly, K. M. (2007). Cooking up colors from plants, fabric and metal. *Journal of Chemical Education*, 84(4), 96A.

Murdock, D. (Director). (2012). *Mystery of a masterpiece* [Documentary]. NOVA (PBS).

NASA. (s.f.). *Electromagnetic spectrum introduction* [Video]. [http://missionscience.nasa.gov/ems/emsVideo\\_01intro.html](http://missionscience.nasa.gov/ems/emsVideo_01intro.html)

NOVA (PBS). (2002). *Electromagnetic spectrum* [Documentary].

Odegard, N., Carroll, S., & Zimmt, W. S. (2000). *Material characterization tests for objects of art and archaeology*. Archetype Publications.

Piccolo, M., Cucci, C., & Casini, A. (2024). Spectroscopic techniques for the analysis of artists' pigments. *Journal of Cultural Heritage*, 63, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.12.005>

Prensa Científica. (2002). *Investigación y ciencia: Temas 27: El color*. Prensa Científica.

Ramachandran, V. S., & Hirstein, W. (1999). A neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6(6–7), 15–51.

Ricciardi, P., Delaney, J. K., & Glinsman, L. (2025). Imaging spectroscopy in cultural heritage: Current trends and future directions. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 18, 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev-anchem-012424-020123>

Smith, G. D., & Clark, R. J. H. (2023). Raman microscopy in art history and conservation science. *Chemical Society Reviews*, 52(5), 1802–1825. <https://doi.org/10.1039/d2cs00912a>

Stanford University Libraries. (s.f.). *Art materials and science guide* [Web resource]. <http://library.stanford.edu/guides/exploration-art-materials-intersection-art-and-science>

Turrell, G., & Corset, J. (1996). *Raman microscopy: Developments and applications*. Academic Press.

Villar Movellán, A., & Dabrio González, M. T. (2011). *La Sábana Santa de Turín y el Santo Sudario de Oviedo*. Universidad de Córdoba.

WebExhibits. (s.f.). *Color in art* [Web resource]. <http://www.webexhibits.org/colorart/>

WebExhibits. (s.f.). *Pigments through the ages* [Web resource]. <http://www.webexhibits.org/pigments/>

WebExhibits. (s.f.). *WebExhibits* [Web resource]. <http://www.webexhibits.org/>

Workman, J., & Springsteen, A. W. (1998). *Applied spectroscopy: A compact reference for practitioners*. Academic Press.