



**Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Facultad de Estudios Generales
Departamento de Ciencias Físicas**

Título: Ciencia de Materiales en el Arte

Codificación: CIFI 4074

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

Equivalencia en horas crédito para la carga académica del profesor: 3 créditos

Prerrequisitos, correquisitos y otros requerimientos: Ninguno

Descripción del curso

Curso interdisciplinario que cumple como componente de Educación General en Ciencias a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales. Se estudia el desarrollo histórico del concepto de enlace e interacción molecular, los enfoques teóricos para entender el comportamiento y compatibilidades de los compuestos químicos. Los conceptos epistemológicos son ejemplificados mediante las teorías de la formación de enlaces e interacciones moleculares. Se abordan las características y el uso de los materiales artísticos. El estudiante podrá entender cómo el conocimiento científico explica la compatibilidad y el deterioro de los materiales, o aspectos ambientales que aceleran su degradación. Se favorece el método dialógico mediante el estudio de casos reales. Incluye un proyecto teórico o práctico de investigación, relacionado con materiales empleados en el patrimonio cultural tangible. Se ofrece en modalidad presencial e híbrida.

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. Definir en profundidad los diferentes tipos de enlaces químicos.
2. Relatar el desarrollo histórico del concepto de enlace químico estudiando los aportes de los principales científicos que investigaron este concepto.
3. Explicar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas.
4. Relacionar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas con las propiedades macroscópica de los materiales.
5. Clasificar los diferentes materiales empleados en las artes plásticas según sus características químico-físicas: compuestos orgánicos, inorgánicos, solventes,

- sales, compuestos moleculares, metales, aleaciones, polímeros, materiales cristalinos, materiales amorfos, etc.
6. Ser capaz de identificar las causas, a nivel microscópico, de los procesos de deterioro de los materiales.
 7. Aplicar la estructura conceptual de una definición, un dato, una hipótesis científica, una generalización empírica, una ley científica y de una teoría científica, para identificar, en los casos estudiados, los enunciados que respondan a ellas.
 8. Argumentar, utilizando hipótesis, procesos lógicos y evidencias empíricas en torno a los procesos utilizados en el campo de la conservación de artefactos de interés cultural y en el campo de las Ciencias Físicas.
 9. Comparar la estructura de un discurso desde las ciencias experimentales con la de discursos de otras disciplinas, tales como la Historia, la Arquitectura, la Historia del Arte y la Arqueología.
 10. Desarrollar competencias en el uso de tecnologías de información, a través del uso continuo de las mismas para preparar trabajos en clase.
 11. Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de conservación del patrimonio cultural.
 12. Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases.
 13. Al trabajar en equipo, hacer los acomodos necesarios para incluir compañeros estudiantes con diversidad funcional.

Bosquejo de contenido y distribución del tiempo

Algunos de los tópicos serán discutidos mediante el estudio de casos reales a lo largo del semestre, y estarán integrados dentro del estudio de esos casos. Según entienda conveniente, el profesor hará las adaptaciones oportunas respetando el tiempo dedicado a cada uno de los tópicos a seguir, que incluye las horas dedicadas a los exámenes y su discusión.

Bosquejo de contenido	Modalidad Presencial	Modalidad Híbrida
I – El desarrollo histórico-científico del “enlace químico” ● Introducción a la teoría atomística ● Teoría de la “afinidad química” ● Teoría dualista de la materia ● El surgimiento del concepto “enlace químico” ● Descubrimiento de la estructura molecular	11.0 horas	11.0 horas (9.0 horas en línea)

• Teorías para un concepto complejo: VSEPR (geometría molecular), enlaces de valencia (estructura molecular con pares de electrones localizados), teoría del orbital molecular (estructura con orbitales delocalizados), teoría del campo cristalino, teoría de campo de ligando, etc. • Super-estructuras químicas complejas • Simplificaciones prácticas: tendencias generales empleadas en química		
II - La naturaleza de la ciencia y la estructura del conocimiento científico empírico • Acerca de ciencia y ciencias físicas • Conceptos epistemológicos • La estructura del método científico: obtención de generalizaciones empíricas científicas. • Introducción a la estructura del método científico: ○ Naturaleza de las teorías científicas. ○ El método de investigación	4.0 horas	4.0 horas (2.0 horas en línea)
III – Aspectos ético-humanísticos relacionados a la ciencia en el arte • La importancia de la evaluación del estado de los materiales; • La falsificación de los materiales y piezas; • El muestreo: valoración de aspectos éticos; • Uso, degradación y envejecimiento de objetos de interés cultural	2.0 horas	2.0 horas (2.0 horas en línea)

IV - Materiales en el arte: características, propiedades y deterioro • Metales y aleaciones • Piedras y minerales: construcción arquitectónica y estatuaría • Cerámica, morteros y concreto • Vidrio y esmalte vítreo • Solventes y emulsiones • Pigmentos y pinturas • Plásticos y polímeros artificiales • Madera y papel • Adhesivos y pegas • Textiles y materiales fibrosos • Nanomateriales	16.0 horas	16.0 horas (14.5 horas en línea)
V – La ciencia experimental y los criterios en materiales y procesos de conservación • Elección adecuada de tratamientos • Materiales y procesos novedosos (nanomateriales, geles, láser, hielo seco, etc.)	6.0 horas	6.0 horas (4.0 horas en línea)
Exámenes • Primer parcial y discusión del examen • Segundo parcial y discusión del examen • Tercer parcial y discusión del examen	2.0 horas 2.0 horas 2.0 horas	2.0 horas 2.0 horas 2.0 horas
TOTAL DE HORAS	45.0 horas	45.0 horas (31.0 horas en línea - 70% del tiempo)

Proyectos de investigación sugeridos:

1. Microanálisis químico cualitativo
2. Conservación de obras poliméricas
3. Nuevos vidrios para nuevos usos
4. La modificación y la construcción de estructuras en superficies
5. Detección de agentes de deterioro químico en museos
6. El deterioro de fibras textiles

7. Desvanecimiento de los tintes orgánicos
8. Nuevos aditivos en pinturas
9. Nanomateriales en el arte
10. Metales: una aleación para cada ambiente

Actividades de campo sugeridas:

1. Visitas a talleres de artistas y exposiciones que trabajan con diferentes materiales (metales, madera, pintura, plásticos y resinas, fibras naturales, etc.)
2. Visitas a talleres dedicados a fabricación y conservación de artefactos (en la Facultad de Humanidades, en Bellos Oficios, en museos, privados, etc.).
3. Visitas a los laboratorios del Edificio de Ciencias Moleculares y de la Facultad de Ciencias Naturales.

Técnicas instruccionales

La interacción entre el profesor y el estudiante se da sobre una base dialógica de discusión y seminarios. Se le presenta al estudiante una selección de las definiciones fundamentales e hipótesis medulares de la teoría de enlaces discutiendo su origen histórico y posterior desarrollo. Se estimula la aplicación de los conceptos adquiridos para explicar los fenómenos químicos presentados por diferentes materiales de interés artístico. Se utiliza también el método de estudio de casos reales aplicados a objetos artísticos y/o históricos al abordar los diferentes tópicos del curso. Una marcada orientación individual o a pequeños grupos de estudiantes es fundamental para la adecuada consecución del proyecto investigativo. Hasta un 25% del curso podrá ser ofrecido mediante actividades a distancia; se ofrecerá también en la modalidad híbrida.

Presencial	Híbrido (además de las presenciales)
Estudios de casos	Video conferencias sincrónicas o asincrónicas
Conferencias	Videos y documentales con preguntas guía
Textos	Guías generales para visitas a talleres, galerías y museos
Foros de discusión virtuales o presenciales	Visitas virtuales a talleres, galerías y museos
Seminarios	
Discusión en salón	
Trabajos colectivos e individuales	
Investigación temática experimental	

Simulaciones	
Visitas guiadas a talleres, galerías y museos	
Videos y documentales comentados y con discusión participativa	

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 de proyección audiovisual. Las instalaciones disponibles para el curso son los salones de clase dotados de equipos audiovisuales y el Salón de Recursos Múltiples del Departamento. Se recomienda al profesor la interacción con el Museo de la Universidad, con el Centro de Caracterización de Materiales (MCC), que gestione visitas a laboratorios especializados en conservación o caracterización de materiales, museos, exposiciones, etc., según entienda conveniente. Se emplea material bibliográfico de libre acceso al público universitario.

Recurso	Presencial	Híbrido
Plataforma institucional de gestión de aprendizaje (Ej. Moodle)	Institución	Institución
Cuenta de correo electrónico institucional	Institución	Institución
Computadora con acceso a internet de alta velocidad	Institución/Estudiante	Institución/Estudiante
Equipo de proyección audiovisual	Institución	NA
Kit con muestras de materiales empleados en el Arte y Conservación de patrimonio	Institución	NA
E Equipos análisis químico-físico portátiles (aconsejable)	Institución	Institución
Equipos análisis químico-físico fijos (aconsejable)	Institución	Institución

Técnicas de evaluación

Se evaluará mediante exámenes parciales, trabajos cortos sobre temas específicos, y participación en el curso, hasta un total de 70 % de la calificación. El proyecto de investigación es parte sustancial de la nota y deberá ser trabajado durante todo el semestre bajo la orientación del profesor.

Presencial	Híbrido
Exámenes parciales60%	Exámenes parciales60%
Proyecto de investigación30%	Proyecto de investigación30%
Participación y trabajos cortos10%	Participación y trabajos cortos10%
Total.....100%	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

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 discrimen 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->

Plan de contingencia en caso de una emergencia:

En caso de surgir una emergencia o interrupción de clases, su profesor/a se comunicará via 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

Andretta, M., Coppola, F., & Seccia, L. (2016). Investigation on the interaction between the outdoor environment and the indoor microclimate of a historical library. *Journal of Cultural Heritage*, 17, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.07.002>

Asbury, J. B., Steinel, T., & Fayer, M. D. (2004). Hydrogen bond networks: Structure and evolution after hydrogen bond breaking. *The Journal of Physical Chemistry B*, 108(21), 6544–6554. <https://doi.org/10.1021/jp036600c>

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Perez, M. D. C. C., Chelazzi, D., & Arroyo, M. C. (2012). Gels for the conservation of cultural heritage. *MRS Proceedings*, 1418. <https://doi.org/10.1557/opl.2012.97>

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Dei, L., Fratini, E., & Giorgi, R. (2014). Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in Colloid and Interface Science*, 205, 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2013.09.008>

Ball, P. (2011). Beyond the bond. *Nature*, 469(7328), 26–28. <https://doi.org/10.1038/469026a>

Banti, D., Chelazzi, D., Giorgi, R., & Baglioni, P. (2023). Nanostructured fluids and gels for the cleaning of works of art: Advances and perspectives. *Accounts of Chemical Research*, 56(4), 512–522. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.2c00645>

Bantz, D. A. (1980). The structure of discovery: Evolution of structural accounts of chemical bonding. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 291–329. https://doi.org/10.1007/978-94-009-9015-9_16

Baraldi, P., Bruno, F., & Gallo, A. (2026). Digital and material integration in conservation science: From diagnostics to intervention. *Heritage Science*, 14, 25. <https://doi.org/10.1186/s40494-026-00912-3>

Barker, V., & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 22(11), 1171–1200. <https://doi.org/10.1080/09500690050166742>

Brock, W. H. (1993). The Norton history of chemistry. Norton.

Cavaleri, T., Buscaglia, P., Migliorini, S., et al. (2017). Pictorial materials database. Applied Physics A, 123, 419. <https://doi.org/10.1007/s00339-017-1031>

Chelazzi, D., Giorgi, R., & Baglioni, P. (2024). Advanced nanomaterials for art conservation. Nature Reviews Materials, 9, 112–130. <https://doi.org/10.1038/s41578-023-00567-4>

Costa, V. (2019). Modern metals in cultural heritage. Getty Conservation Institute.

Desiraju, G. R. (2010). A bond by any other name. Angewandte Chemie International Edition, 50(1), 52–59. <https://doi.org/10.1002/anie.201002960>

Doni, M., Fierascu, I., & Fierascu, R. C. (2024). *Recent developments in materials science for the conservation and restoration of historic artifacts*. Applied Sciences, 14(23), 11363. <https://doi.org/10.3390/app142311363>

Dyar, M. D., Gunter, M. E., & Tasa, D. (2008). Mineralogy and optical mineralogy. Mineralogical Society of America.

Frailich, M., Kesner, M., & Hofstein, A. (2009). Enhancing students' understanding of chemical bonding. Journal of Research in Science Teaching, 46(3), 289–310. <https://doi.org/10.1002/tea.20278>

Giorgi, R., Baglioni, M., & Baglioni, P. (2023). New materials for the conservation of cultural heritage. Chemical Society Reviews, 52(2), 456–489. <https://doi.org/10.1039/d2cs00588a>

Hermens, E., & Fiske, T. (2009). Art, conservation and authenticities. Archetype Publications.

Hund, F. (1977). Early history of the quantum mechanical treatment of the chemical bond. Angewandte Chemie International Edition, 16(2), 87–91. <https://doi.org/10.1002/anie.197700871>

Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2008). La ciencia y el arte. Ministerio de Cultura.

Klein, D. J. (1983). Valence bond theory for conjugated hydrocarbons. Pure and Applied Chemistry, 55(2), 299–306. <https://doi.org/10.1351/pac198855020299>

Kohler, R. E. (1971). The origin of G. N. Lewis's theory. Historical Studies in the Physical Sciences, 3, 343–376. <https://doi.org/10.2307/27757322>

Kollman, P. A., & Allen, L. C. (1972). Theory of the hydrogen bond. Chemical Reviews, 72(3), 283–303. <https://doi.org/10.1021/cr60277a004>

Lehn, J. (1993). Supramolecular chemistry. Science, 260(5115), 1762–1763. <https://doi.org/10.1126/science.8511582>

Letardi, P. (2013). Electrochemical measurements in conservation. *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts*, 126–148. <https://doi.org/10.1533/9781782421573.2.126>

Machado, C., Machado, A., Palomar, T., Alves, L. C., & Vilarigues, M. (2019). Debitus grisailles. *Conservar Património*, 34, 65–72. <https://doi.org/10.14568/cp2018067>

Moropoulou, A., Delegou, E. T., & Apostolopoulou, M. (2025). Innovative compatible materials. *Journal of Cultural Heritage*, 64, 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2024.11.005>

Moutinho, S., Costa, C., Andrejkovičová, S., et al. (2020). Metakaolin-based geopolymers. *Construction and Building Materials*, 259, 119759. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119759>

Mulliken, R. S. (1978). Chemical bonding. *Annual Review of Physical Chemistry*, 29(1), 1–31. <https://doi.org/10.1146/annurev.pc.29.100178.000245>

Oganov, A. R., Lyakhov, A. O., & Valle, M. (2011). Evolutionary crystal structure prediction. *Accounts of Chemical Research*, 44(3), 227–237. <https://doi.org/10.1021/ar10013>

Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). Students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531–1550. <https://doi.org/10.1080/09500690701459897>

Özmen, H. (2004). Student misconceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. <https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000031255.92943.6D>

Pauling, L. (1931a). The nature of the chemical bond. *Journal of the American Chemical Society*, 53(4), 1367–1400. <https://doi.org/10.1021/ja01355a027>

Pauling, L. (1931b). The one-electron bond. *Journal of the American Chemical Society*, 53(9), 3225–3237. <https://doi.org/10.1021/ja01360a004>

Pearson, R. G. (1969). Symmetry rule. *Journal of the American Chemical Society*, 91(18), 4947–4955. <https://doi.org/10.1021/ja01046a001>

Pelosi, C., Fodaro, D., Sforzini, L., Falcucci, C., & Baraldi, P. (2016). Terracotta materials analysis. *Studies in Conservation*, 62(5), 266–282. <https://doi.org/10.1179/2047058415Y.0000000021>

Reinprecht, L. (2016). *Wood deterioration, protection, and maintenance*. Wiley-Blackwell.

Salvador, C., Bordalo, R., Silva, M., et al. (2017). Conservation of easel paintings. *Applied Physics A*, 123, 80. <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0704-5>

Samorì, C., Galletti, P., Giorgini, L., et al. (2016). Green gels for art conservation. *ChemistrySelect*, 1(15), 4502–4508. <https://doi.org/10.1002/slct.201601180>

Shanefield, D. J. (1999). Organic additives and ceramic processing. Kluwer Academic.

Sperling, L. H. (2006). Introduction to physical polymer science. Wiley.

Streitwieser, A. (2013). Molecular orbital theory. *Pioneers of quantum chemistry*, 275–300. <https://doi.org/10.1021/bk-2013-1122.ch009>

Sutcliffe, B. T. (1992). Chemical bond and molecular structure. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 259, 29–58. [https://doi.org/10.1016/0166-1280\(92\)87004-J](https://doi.org/10.1016/0166-1280(92)87004-J)

Ul-Islam, S., & Butola, B. S. (2019). Advanced functional textiles and polymers. Wiley.

van Grieken, R., & Janssens, K. (Eds.). (2005). Cultural heritage conservation. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482283983>

Wang, Y., Wang, Y., Breed, D. R., et al. (2012). Colloids with valence. *Nature*, 491(7422), 51–55. <https://doi.org/10.1038/nature11564>

Videos

Carnegie Museum of Art. (s. f.). Art conservation at the Carnegie Museum [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=TFhKZv-fgXs>

The Metropolitan Museum of Art. (s. f.). Art conservation at the Met [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=z-7BKDfaZpg>

Vatican Museums. (s. f.). Restoration of the Sistine Chapel [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=cZI_QubsqWU

Freer Gallery of Art. (s. f.). The art and science of conservation [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=UeDG8XDt2mc>

American Chemical Society. (s. f.). What chemists do: Art conservation science (Parts 1–3) [Video series]. <https://www.youtube.com/watch?v=tITxbfvsL4o>

Buffalo State University. (s. f.). Art conservation department: Paper specialization [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=AYZv_AADTr4

TEDxWarwick. (s. f.). When science meets art [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=vYN-anlXcBs>