

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

Título: Materiales en el Arte y la Conservación

Codificación: CIFI 3074

Número de horas/crédito: 3 (Tres horas/semana de discusión, 45 horas totales y dos horas/semana de laboratorio, 30 horas totales)

Equivalencia en horas crédito para la carga académica del profesor: 7 créditos

Prerrequisitos, correquisitos y otros requerimientos: Ninguno

Descripción del curso

Curso interdisciplinario que cumple con el requisito de Ciencias Naturales de Educación General; incluye laboratorios. Se introduce la relación de las ciencias experimentales con artefactos del patrimonio cultural tangible, enfatizando el estudio de los materiales que los componen. Se abordan temas como la estructura de la materia, los diferentes tipos de enlaces entre átomos y moléculas, los compuestos químicos y su empleo en las artes plásticas según sus características. El estudiante podrá comprender cómo el conocimiento científico ayuda a entender la compatibilidad entre los materiales, el deterioro de esos materiales y algunas metodologías empleadas en el campo de la conservación de artefactos. Los conceptos científicos abordados en el desarrollo histórico de las interacciones entre las entidades químicas sirven de base para trabajar aspectos epistemológicos. Se favorece el método dialógico mediante el estudio de casos reales. Ofrecido en modalidad presencial o 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 los diferentes tipos de enlaces químicos.
2. Distinguir entre una interacción intermolecular y una intramolecular.
3. Identificar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas.
4. Ejemplificar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas.
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. Explicar lo que es un cambio químico.

7. Distinguir un cambio químico de uno físico.
8. Ser capaz de identificar diferentes procesos de deterioro de los materiales.
9. Definir conceptos científicos relacionados con los materiales empleados en artefactos de interés cultural.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Comparar el aporte de la ciencia experimental, de acuerdo con las características del estudio de casos específicos, para comprender los fenómenos que afectan los materiales empleados en los artefactos de interés cultural.
14. Desarrollar competencias en el uso de tecnologías de información, a través del uso continuo de las mismas para preparar trabajos en clase.
15. Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de conservación del patrimonio cultural.
16. Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases.
17. 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 ser 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. Se recomienda que el profesor integre los diferentes tópicos, por ejemplo, al tratar el enlace metálico desde el punto de vista químico y epistemológico, estudiar conjuntamente los metales, sus aleaciones, su deterioro por corrosión a la vez que, en el laboratorio, se trabaja con ejemplos empíricos de estos fenómenos.

Bosquejo de contenido	Modalidad Presencial	Modalidad Híbrida
<p>I - La naturaleza de la ciencia y la estructura del conocimiento científico empírico</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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: <ul style="list-style-type: none"> ○ Naturaleza de las teorías científicas. ○ El método de investigación 	4.0 horas	4.0 horas (mínimo de 2.0 horas en línea)
<p>II – Aspectos ético-humanísticos relacionados a la ciencia en el arte</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 (mínimo de 2.0 horas en línea)
<p>III- El desarrollo del concepto “enlace químico”</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Introducción a la teoría atómica ● Afinidad química ● Teoría dualista de la materia ● El surgimiento del concepto “enlace químico” ● Tipos de enlace <ul style="list-style-type: none"> ○ iónico ○ metálico ○ covalente ○ moléculas y complejos químicos ● Interacciones intramoleculares vs. intermoleculares ● La estructura de las moléculas: aspectos históricos ● Varias teorías científicas para un concepto complejo: VSEPR (geometría molecular), enlaces de valencia (estructura molecular con pares de 	9.0 horas	9.0 horas

<p>electrones localizados), teoría del orbital molecular (estructura con orbitales delocalizados), teoría de campo cristalino, teoría de campo de ligandos, etc. (se trabajan algunas de ellas, y de modo general)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Simplificaciones prácticas: tendencias generales empleadas en química 		
<p>IV - Materiales en el arte: características, propiedades y deterioro</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Metales y aleaciones ● Piedras y minerales: construcción arquitectónica y estatuaria ● 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 	18.0 horas	18.0 horas (mínimo de 14.5 horas en línea)
<p>V – La ciencia experimental y los criterios en materiales para conservación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Elección de solvente ● Limpieza: mecánica, química y procesos novedosos (laser, hielo seco, etc.) 	6.0 horas	6.0 horas (mínimo de 4.0 horas en línea)
<p>Exámenes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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
<p>TOTAL DE HORAS</p>	45.0 horas	45.0 horas (mínimo de 22.50 horas en línea - 50% del tiempo)*

* Las actividades de laboratorio serán al menos 70% presenciales.

Actividades de laboratorio sugeridas:

1. Reglas de Seguridad
2. Metales, aleaciones y pátinas
3. Una reacción química: el yeso y el concreto
4. Estudio de granulometría en los morteros
5. Moldeado con polímeros sintéticos
6. Geles para limpieza de superficies
7. Fabricación de pintura acrílica y a base de caseína
8. Preparación y estudio de láminas finas de cerámicas y piedras
9. Identificación de piedras semipreciosas y de falsificaciones
10. Formulación de nano emulsiones para limpiezas de objetos
11. Selección del adhesivo apropiado para unir diferentes materiales
12. Solventes y mezclas de solventes
13. Esmaltado sobre metal
14. Fabricación de papel

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 en salón de clases y realización de experimentos en laboratorio. Se le presenta al estudiante una selección de las definiciones fundamentales e hipótesis medulares sencillas de la teoría de enlaces discutiendo su origen histórico y posterior desarrollo. Se estimula la aplicación de los conceptos adquiridos para explicar la propiedad de los materiales y su estabilidad química, y la compatibilidad entre los 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. Hasta un 25% del curso podrá ser ofrecido mediante actividades a distancia en la modalidad presencial; 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	Experimentos en el hogar
Foros de discusión virtuales o presenciales	Experimentos virtuales
Seminarios	Guías generales para visitas a talleres, galerías y museos
Discusión en salón	
Trabajos colectivos e individuales	
Investigación temática	
Experimentos de laboratorio	
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
Kit para la realización de experimentos en el hogar	NA	Institución/ estudiante
Equipo de proyección audiovisual	Institución	NA
Kit con muestras de materiales empleados en el Arte y Conservación de patrimonio	Institución	NA

Técnicas de evaluación

Se evaluará mediante exámenes parciales, trabajos con temas asignados, y participación en el curso, hasta un total de 75 % de la calificación. Las evaluaciones en actividades en laboratorio completan el 25% restante para la nota final, e incluyen redacción de libreta, informes de experimentos, presentaciones de resultados, u otros modos que el profesor expondrá al distribuir su sílabo. Es requisito tener una asistencia de al menos 70% en las sesiones de laboratorio, que serán al menos en un 70% presenciales.

Presencial	Híbrido
Exámenes parciales60%	Exámenes parciales60%
Trabajos y presentaciones orales.....10%	Trabajos y presentaciones orales...10%
Asistencia y participación5%	Participación5%
Laboratorio25%	Laboratorio25%
Total.....100%	Total.....100%

Acomodo razonable

Según la Ley de Servicios Educativos Integrales para Personas con Impedimentos, todo estudiante que requiera acomodo razonable deberá notificarlo al profesor el primer día de clase. Los estudiantes que reciban servicios de Rehabilitación Vocacional deben comunicarse con el (la) profesor(a) al inicio del semestre para planificar el acomodo razonable y el equipo de asistencia necesario conforme a las recomendaciones de la Oficina de Servicios para Estudiantes con impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes. También aquellos estudiantes con necesidades especiales de algún tipo de asistencia o acomodo deben comunicarse con el (la) profesor(a). Si un alumno tiene una discapacidad documentada (ya sea física, psicológica, de aprendizaje o de otro tipo, que afecte su desempeño académico) y le gustaría solicitar disposiciones académicas especiales, éste debe comunicarse con la Oficina de Servicios para Estudiantes con Impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes, a fin de fijar una cita para dar inicio a los servicios pertinentes.

Integridad académica

La Universidad de Puerto Rico promueve los más altos estándares de integridad académica y científica. El Artículo 6.2 del Reglamento General de Estudiantes de la UPR (Certificación Núm. 13, 2009-2010, de la Junta de Síndicos) 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 en línea 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.

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”.

Prohibición de hostigamiento sexual

"La Universidad de Puerto Rico prohíbe el discrimen por razón de sexo y género en todas sus modalidades, incluyendo el hostigamiento sexual. Según la Política Institucional contra el Hostigamiento Sexual en la Universidad de Puerto Rico, Certificación Núm. 130, 2014-2015 de la Junta de Gobierno, si un estudiante está siendo o fue afectado por conductas relacionadas a hostigamiento sexual, puede acudir ante la Oficina de la Procuraduría Estudiantil, el Decanato de Estudiantes o la Coordinadora de Cumplimiento con Título IX para orientación y/o presentar una queja".

Traducción del texto:

"The University of Puerto Rico prohibits discrimination based on sex, sexual orientation, and gender identity in any of its forms, including that of sexual harassment. According to the Institutional Policy Against Sexual Harassment at the University of Puerto Rico, Certification Num. 130, 2014-2015 from the Board of Governors, any student subjected to acts constituting sexual harassment, must turn to the Office of the Student Ombudsperson, the Office of the Dean of Students, and/or the Coordinator of the Office of Compliance with Title IX for an orientation and/or a formal complaint. "

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

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.

Bibliografia

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. doi: 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. doi: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. doi: 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. doi: 10.1016/j.cis.2013.09.008

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

Bantz, D. A. (1980). *The Structure of Discovery: Evolution of Structural Accounts of Chemical Bonding*. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 291–329. doi:10.1007/978-94-009-9015-9_16

Barker, V., & Millar, R. (2000). *Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? International Journal of Science Education*, 22(11), 1171–1200. doi:10.1080/09500690050166742

Brock, W. H., & Brock, W. H. (1993). *The Norton history of chemistry*. New York: Norton. ISBN-13: 978-0393310436; ISBN-10: 0393310434

Bruno, F., Muzzupappa, M., Barbieri, L., Gallo, A., Ritacco, G., Lagudi, A., La Russa, M. F., Ruffolo, S. A., Crisci, G. M., Ricca, M., Comite, V., Davidde Pietraggi, B., Di Stefano, G., & Guida, R. (2016). The CoMAS Project: New Materials and Tools for Improving the In situ Documentation, Restoration, and Conservation of Underwater Archaeological Remains. *Marine Technology Society Journal*, 50(4), 108–118. <https://doi.org/10.4031/mts.j.50.4.2>

Cavaleri, T., Buscaglia, P., Migliorini, S. *et al.* Pictorial materials database: 1200 combinations of pigments, dyes, binders and varnishes designed as a tool for heritage science and conservation. *Appl. Phys. A* 123, 419 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00339-017-1031->

Desiraju, G. R. (2010). *A Bond by Any Other Name*. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(1), 52–59. doi:10.1002/anie.201002960

Dyar, M. D., Gunter, M. E., & Tasa, D. (2008). *Mineralogy and optical mineralogy*. Chantilly (Va.): Mineralogical Society of America. Grieken, R. V. (2014).

Frailich, M., Kesner, M., & Hofstein, A. (2009). *Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website*. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 289–310. doi:10.1002/tea.20278

Franzoni, E., Volpi, L., Bonoli, A., Spinelli, R., & Gabrielli, R. (2018). The environmental impact of cleaning materials and technologies in heritage buildings conservation. *Energy and Buildings*, 165, 92–105. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.051>

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). *Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry*. *Science Education*, 84(3), 352–381. doi:10.1002/(sici)1098-237x(200005)84:3<352::aid-sce3>3.0.co;2-j

Hermens, E., Fiske, T. (2009). *Art, Conservation and Authenticities: Material, Concept, Context*. Londres, Reino Unido: Archetype Publications. ISBN-13: 978-1904982517.

Ho, P. S., Hahn, P. O., Bartha, J. W., Rubloff, G. W., LeGoues, F. K., & Silverman, B. D. (1985). *Chemical bonding and reaction at metal/polymer interfaces*. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 3(3), 739–745. doi:10.1116/1.573298

Hosseini, M., & Karapanagiotis, I. (2018). *Advanced Materials for the Conservation of Stone* (1st ed. 2018 ed.). Springer.

Hund, F. (1977). Early History of the Quantum Mechanical Treatment of the Chemical Bond. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 16(2), 87–91. doi: 10.1002/anie.197700871

Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2008). *La ciencia y el arte. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico*. Madrid, España: Ministerio de la Cultura. Publicaciones. ISBN-13: 978-8481813593.

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

Kohler, R. E. (1971). *The Origin of G. N. Lewis's Theory of the Shared Pair Bond*. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3, 343–376. doi:10.2307/27757322

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

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

Letardi, P. (2013). Electrochemical measurements in the conservation of metallic heritage artefacts: an overview. *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts*, 126–148. doi: 10.1533/9781782421573.2.126

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

Morillas, H., Maguregui, M., Gallego-Cartagena, E., Marcaida, I., Carral, N., & Madariaga, J. M. (2020). The influence of marine environment on the conservation state of Built Heritage: An overview study. *Science of The Total Environment*, 745, 140899. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140899>

Moutinho, S., Costa, C., Andrejkovičová, S., Mariz, L., Sequeira, C., Terroso, D., Rocha, F., & Velosa, A. (2020). Assessment of properties of metakaolin-based geopolymers applied in the conservation of tile facades. *Construction and Building Materials*, 259, 119759. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119759>

Mayer, R. (2005). *Materiales y técnicas del arte (Artes, técnicas y métodos)* (Spanish Edition) (2nd ed.). Tursen S.A. - H. Blume.

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

Nassau, K. (2001). *The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color*. New York: Wiley.

Odegaard, N.; Carroll, S. & Zimmt, W. S. (2000). *Material characterization tests for objects of art and archaeology*. Londres, Reino Unido: Archetype Publications. ISBN-13: 978-1909492202.

Oganov, A. R., Lyakhov, A. O., & Valle, M. (2011). *How Evolutionary Crystal Structure Prediction Works—and Why*. *Accounts of Chemical Research*, 44(3), 227–237. doi:10.1021/ar10013

Ogren, P. J. & Bunge, D. L. (1971). An interdisciplinary course in art and chemistry. *Journal of Chemical Education*, 48(10) 681

Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). *An Investigation into the Relationship between Students' Conceptions of the Particulate Nature of Matter and their Understanding of Chemical Bonding*. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531–1550. doi:10.1080/09500690701459897

Özmen, H. (2004). *Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding*. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. doi:10.1023/b: jost.0000031255.92943.6d

Pauling, L. (1931). The Nature of The Chemical Bond. Application of Results Obtained from The Quantum Mechanics and from a Theory of Paramagnetic Susceptibility to The Structure of Molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 53(4), 1367–1400. doi: 10.1021/ja01355a027

Pauling, L. (1931). The Nature of the Chemical Bonding. II. The one-electron bond and the three-electron bond. *Journal of the American Chemical Society*, 53(9), 3225–3237. doi:10.1021/ja01360a004

Pearson, R. G. (1969). Symmetry rule for predicting molecular structures. *Journal of the American Chemical Society*, 91(18), 4947–4955. doi:10.1021/ja01046a001

Pelosi, C., Fodaro, D., Sforzini, L., Falcucci, C., Baraldi, P. (2016). The terracotta modelli of Palazzo Venezia in Rome: Investigation of the constituent materials for fundamental knowledge and to aid conservation decisions. *Studies in Conservation*, 62(5), 266–282. <https://doi.org/10.1179/2047058415y.0000000021>

Ruffolo, S. A., Ricca, M., Macchia, A., & La Russa, M. F. (2017). Antifouling coatings for underwater archaeological stone materials. *Progress in Organic Coatings*, 104, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.12.004>

Rushdy, A.M.; Wahba, W.N.; Abd-Aziz, M.S.; Samahy, M.E.L.; Kamel, S. (2017) *International Journal of Conservation Science*, 8(3), 441-452.

Salvador, C., Bordalo, R., Silva, M. *et al.* On the conservation of easel paintings: evaluation of microbial contamination and artists materials. *Appl. Phys. A* 123, 80 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0704-5>

Samorì, C., Galletti, P., Giorgini, L., Mazzeo, R., Mazzocchetti, L., Prati, S., ... Tagliavini, E. (2016). The Green Attitude in Art Conservation: Polyhydroxybutyrate-based Gels for the Cleaning of Oil Paintings. *Chemistry Select*, 1(15), 4502–4508. doi: 10.1002/slct.201601180

Streitwieser, A. (2013). *Molecular Orbital Theory for Organic Chemists. Pioneers of Quantum Chemistry*, 275–300. doi:10.1021/bk-2013-1122.ch009

Sutcliffe, B. T. (1992). The chemical bond and molecular structure. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 259, 29–58. doi: 10.1016/0166-1280(92)87004-j

Teichert, M. A., & Stacy, A. M. (2002). *Promoting understanding of chemical bonding and spontaneity through student explanation and integration of ideas. Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 464–496. doi:10.1002/tea.10033

Tímár-Balázsy Ágnes, & Eastop, D. (1999). *Chemical principles of textile conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann. doi: 10.4324/9780080501048

van Grieken, R. (Ed.), Janssens, K. (Ed.). (2005). Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-Destructive Testing and Micro-Analysis. London: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781482283983>

Wang, Y., Wang, Y., Breed, D. R., Manoharan, V. N., Feng, L., Hollingsworth, A. D., ... Pine, D. J. (2012). Colloids with valence and specific directional bonding. Nature, 491(7422), 51–55. doi: 10.1038/nature11564

Videos cortos disponibles en red:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life/chemical-bonds-and-reactions/v/ionic-covalent-and-metallic-bonds>

<https://es.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life/chemical-bonds-and-reactions/v/electronegativity-trends>

<https://es.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life/chemical-bonds-and-reactions/v/intermolecular-forces-and-molecular-bonds>

<https://es.khanacademy.org/science/biology/chemistry--of-life/chemical-bonds-and-reactions/a/chemical-bonds-article>

<https://www.youtube.com/watch?v=68YNtUerG8I>

<https://www.youtube.com/watch?v=yyETY2ARd3g>

<https://www.youtube.com/watch?v=vR-C IXBTOW>

<https://www.youtube.com/watch?v=DS0v0RWUwCI>

<https://www.youtube.com/watch?v=cCqe6Zu-kU4>

<https://www.youtube.com/watch?v=S08qdOTd0w0>

ANEJOS

Anejo 1

Plan de evaluación del curso

	Objetivo bajo evaluación	Actividad	Criterios de éxito o efectividad
1	Definir los diferentes tipos de enlaces químicos	Ejercicios de solución de problemas relacionados a esos conceptos	Se presentan ejercicios variados y se aplica el concepto de enlaces químicos en varias de las unidades estudiadas
2	Distinguir entre una interacción intermolecular y una intramolecular	Ejercicios de solución de problemas relacionados a esos conceptos	Se presentan ejercicios variados y se aplica el concepto de interacción intermolecular e intramolecular en varias de las unidades estudiadas
3	Identificar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas	Experimentos de laboratorio que relacionan las propiedades de una sustancia química con otra. Ej. solubilidad de materiales en diversos solventes o uso de pegas apropiadas para diversas circunstancias	Hay experimentos específicos que trabajan ese tema y los manuales de laboratorio proveen la oportunidad para que el estudiante se ejercite en los conceptos
4	Ejemplificar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas	Experimentos de laboratorio que relacionan las propiedades de una sustancia química con otra. Ej. solubilidad de materiales en diversos solventes o uso de pegas apropiadas para diversas circunstancias	Hay experimentos específicos que trabajan ese tema y los manuales de laboratorio proveen la oportunidad para que el estudiante se ejercite en los conceptos

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.	Experimentos de identificación, preparación y síntesis de materiales Ejercicios en salón de categorización y clasificación de materiales Visitas a talleres artesanales, artísticos o de conservación	El estudiante realiza experimentos con al menos 5 tipos de materiales (papel, metal, compuestos cerámicos, polímeros, etc.) distintos, en los que debe hacer observaciones relacionadas con sus propiedades fisicoquímicas características
6	Explicar lo que es un cambio químico	Presentación, en salón de clase o laboratorio, de diversas transformaciones químicas y físicas Experimentos de laboratorio Casos de estudio de conservación	Se presentan ejercicios variados sobre el concepto y se observan cambios químicos en varias oportunidades a lo largo del semestre, sea en los experimentos, en los textos sobre degradación de materiales, etc.
7	Distinguir un cambio químico de uno físico	Presentación, en salón de clase o laboratorio, de diversos cambios físicos diferenciándolos de los químicos Experimentos de laboratorio Casos de estudio de conservación	Se presentan ejercicios variados y se aplica el concepto de cambios físicos y químicos en varias de las unidades estudiadas, en los casos de estudio y experimentos
8	Ser capaz de identificar diferentes procesos de deterioro de los materiales	Estudio de casos de conservación de patrimonio cultural tangible Visitas a laboratorios de conservación, museos, colecciones Presentación de artefactos con problemas de conservación para examen en salón de clase o laboratorio	Se presentan informes de estado de conservación en los casos estudiados Se identifican los deterioros en artefactos durante visitas a museos y colecciones
9	Definir conceptos científicos relacionados con los materiales empleados en artefactos de interés cultural	Presentaciones, en salón de clase o laboratorio, de los diversos tipos de materiales constitutivos del patrimonio	En las presentaciones sobre materiales se trabajan con conceptos científicos como humedad relativa, densidad,

		tangible	dureza, índice de refracción, cristalinidad, etc. Se definen los conceptos presentados y se ejemplifican
10	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	Análisis de textos, videos, o cualquier tipo de comunicación de ciencia general relacionados a materiales artísticos o conservación de artefactos	Los materiales presentados y las actividades solicitadas a los estudiantes son aptas para la identificación y ejemplificación de los conceptos epistemológicos
11	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	Experimentos que incluyen la selección de solventes, pegas, materiales que sean física y químicamente compatibles, identificación cualitativa de materiales, etc.	Se da la oportunidad al estudiante de, al menos en un par de experimentos o ejercicios en clase, usar o desarrollar un proceso lógico para la resolución del problema planteado, como es seguir un ruta de análisis químico cualitativo o explicar porqué sus predicciones en un experimento fueron o no fueron confirmadas
12	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	Estudio de casos de conservación de patrimonio cultural tangible	El curso incorpora, para la mayoría de los casos de estudio, tareas en las que se analiza comparativamente la información provista por las distintas disciplinas sobre el problema o artefacto en discusión
13	Comparar el aporte de la ciencia experimental, de acuerdo con las características del estudio de casos	Estudio de casos de conservación de patrimonio cultural tangible	El curso incorpora, para la mayoría de los casos de estudio, foros, discusión en salón, análisis de intervenciones en

	específicos, para comprender los fenómenos que afectan los materiales empleados en los artefactos de interés cultural		artefactos, presentaciones grupales, confección de informes, u otras actividades en las que el estudiante tenga que identificar el aporte de la ciencia experimental y su impacto en el conocimiento de los materiales o en el proceso de conservación del patrimonio cultural tangible
14	Desarrollar competencias en el uso de tecnologías de información, a través del uso continuo de las mismas para preparar trabajos en clase	Informes de laboratorio de experimentos realizados o preparación de una investigación corta en un área de interés relacionado con materiales o conservación	El estudiante tiene que, al menos en un par de experimentos, preparar un informe de laboratorio que incluye una corta investigación bibliográfica sobre el tema de estudio. Hay al menos un experimento o investigación corta en la que, para resolver el problema planteado, el estudiante debe obtener de manera criteriosa alguna información adicional mediante tecnologías de información
15	Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de conservación del patrimonio cultural.	Estudio de casos de conservación o de materiales constitutivos del patrimonio cultural tangible	El curso incorpora, para la mayoría de los casos de estudio, foros, discusión en salón, análisis de intervenciones en artefactos, presentaciones grupales, confección de informes, u otras actividades en las que el estudiante tiene que hacer un análisis comparativo de los aportes de diferentes disciplinas en la solución alcanzada para un problema de conservación o conocimiento de un material relacionado a un objeto cultural tangible

16	Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases	Discusión grupal de caso de ética relacionado a materiales o conservación y la redacción de unas conclusiones	El material de guía de la discusión y redacción de las conclusiones considera la participación necesaria y efectiva de todos los componentes del grupo
17	Al trabajar en equipo, hacer los acomodos necesarios para incluir compañeros estudiantes con diversidad funcional	Experimentos de laboratorio a lo largo del semestre	Las actividades durante cada uno de los experimentos son variadas y permiten que estudiantes con diversidad funcional ejecuten tareas importantes y conducentes al éxito del experimento

Anejo 2

Objetivos generales de los requisitos de la Certificación 46

Este curso satisface los objetivos generales del Departamento de Ciencias Físicas que corresponden a los requisitos de la Certificación 46 del SA UPRRP, año académico 2005-2006 (“Revisión del Bachillerato en el Recinto de Río Piedras”), en particular los que se refieren a la educación general en las ciencias experimentales y su relación con los demás campos del saber, visto que el curso tiene un enfoque multi e interdisciplinario. Además, el curso ofrece una oportunidad al estudiante para introducirse en el área de la conservación del patrimonio tangible, en que cada problema es único, complejo y que necesita una solución integradora que atienda no sólo el aspecto físico de un artefacto, sino que los considera en su espacio social, humanístico y ambiental. Teorías sobre la constitución de la materia y su aplicación a la ciencia de los materiales ilustran los fundamentos y procesos de la producción del conocimiento científico experimental. En particular, el curso contribuye a que el estudiante:

1. desarrolle su capacidad para el pensamiento reflexivo y crítico que promueva la responsabilidad social, cultural, ambiental y cívica, principalmente en lo que se aplica a la resolución de problemas de conservación de materiales
2. comprenda los procesos de creación del conocimiento científico experimental y el impacto en el conocimiento de los materiales
3. comprenda los conceptos y metodologías de las ciencias naturales y su impacto en las ciencias sociales y humanísticas
4. desarrolle su capacidad para el razonamiento lógico y cuantitativo
5. adquiera conocimientos generales en el campo de la conservación de patrimonio cultural tangible
6. adquiera conocimientos y competencias necesarias para la investigación experimental aplicada a materiales
7. desarrolle una comprensión crítica sobre diversas formas de prácticas normativas en el campo de la conservación que aplican conocimiento de las ciencias experimentales
8. analice el impacto de la ciencia experimental y de la tecnología en lo ético, lo moral, lo jurídico y lo religioso, cuando el quehacer humano afecta el patrimonio cultural tangible
9. comprenda y evalúe la diversidad del patrimonio cultural tangible de nuestro país, las circunstancias puertorriqueñas que impactan su conservación, y lo que acontece con patrimonios similares en el entorno caribeño, hemisférico y mundial

10. desarrolle competencias necesarias para la búsqueda, el manejo efectivo y el uso ético de la información, así como para la utilización de la tecnología como herramienta para crear, manejar y aplicar el conocimiento.

11. desarrolle competencias para el trabajo en equipo, la toma de decisiones y la solución de problemas complejos

Anejo 3

Justificación del curso

Es responsabilidad de cada generación que hereda un patrimonio cultural darle buen uso, conservarlo y transmitirlo a los futuros ciudadanos. El patrimonio cultural tangible – edificaciones, obras de arte, espacios físicos, etc. - es uno de los pilares en que se construye una sociedad: la aúna, identifica y diferencia. Ser transmisores de una cultura, en lo que se refiere al patrimonio tangible, exige un acercamiento multidisciplinario a la materialidad de los artefactos culturales. Importa la historia del objeto, de qué está hecho, la metodología de su producción, la intención del que lo hizo, el uso a que se destina, etc. Por otro lado, la permanencia del objeto cultural pide conocer los materiales, sus características, el testimonio que la materialidad guarda del proceso creativo e histórico, su proceso de deterioro, los aspectos ambientales que facilitan o dificultan la preservación del bien cultural, etc. Esos son algunos de los aspectos estudiados por las ciencias naturales que aportan a la conservación de los bienes culturales. Importan las características químico-físicas de los materiales, cómo se constituye la materia, los procesos de degradación y cómo estos afectan el bien cultural. Son aspectos que deben ser conocidos por todos, si se desea transmitir de modo seguro el patrimonio cultural tangible que se ha heredado. El curso, sin abandonar una comprensión holística del bien cultural, ofrece la comprensión de su materialidad desde la perspectiva de las ciencias naturales.

Anejo 4

Proponente: Ing. Estevão (Esteban) Rosim Fachini, Ph.D.