Caracterización de polímeros

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ALTA ESPECIALIZACIÓN EN PLÁSTICOS Y CAUCHO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO

Másteres Universitarios

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.

DATOS GENERALES

Breve descripción

En esta asignatura se describen los parámetros que se emplean para caracterizar un polímero, así como las técnicas empleadas para ello:

- de determinación de pesos moleculares y dimensiones
- espectroscópicas
- de análisis térmico
- de difracción de rayos X
- microscópicas

Título asignatura

Caracterización de polímeros

Código asignatura

100498

Curso académico

2017-18

Planes donde se imparte

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ALTA ESPECIALIZACIÓN EN PLÁSTICOS Y CAUCHO

Créditos ECTS

6

Carácter de la asignatura

OBLIGATORIA

Duración

Cuatrimestral

Idioma

Castellano

CONTENIDOS

Contenidos

La asignatura se enmarca dentro del Módulo I "Ciencia de Polímeros", que suministra las bases para la caracterización de los materiales polímeros, estudiando un conjunto muy amplio de métodos para obtener información sobre composición, estructura y propiedades de los materiales. La formación adquirida proporcionará al alumno la introducción a la caracterización de polímeros y los aspectos relacionados con la dificultad que supone la caracterización de materiales en estado sólido.

En esta asignatura se pretende obtener un conocimiento lo más completo posible de los diversos métodos de caracterización encaminados a dilucidar tanto la composición y estructura de los materiales polímeros, como sus propiedades finales, considerando que la aplicabilidad de un material viene condicionada por tales propiedades.

Es evidente que el conocimiento lo más exhaustivo posible de las relaciones composición/estructura/propiedades son fundamentales a la hora de decidir las aplicaciones concretas. En este sentido, y como consecuencia de la naturaleza de las sustancias poliméricas, con sus variaciones en el tamaño molecular y su distribución, la medida de pesos moleculares es de fundamental importancia para su caracterización y entendimiento de sus propiedades. Como muchas de las técnicas de caracterización se llevan a cabo en disolución y puede obtenerse abundante información al aplicar las expresiones termodinámicas correspondientes, esta asignatura incluye también una revisión de las principales teorías de disolución de macromoléculas.

Objetivos de la asignatura

- Introducir las principales técnicas de caracterización de polímeros, tanto en disolución como en estado sólido.
- Obtener una información lo más exhaustiva posible de los parámetros estructurales y morfológicos y de las transiciones de fase de los materiales polímeros.
- Relacionar diversas magnitudes experimentales con parámetros inherentes de las macromoléculas, a partir de las correspondientes teorías de disoluciones.
- Destacar la importancia de las relaciones composición/estructura/propiedades.

Temario

Tema 1 - Estadística conformacional de polímeros.

Tema 2 - Teoría de disoluciones y mezclas de polímeros.

Tema 3 - Viscosidad de soluciones de polímeros. Propiedades hidrodinámicas.

Tema 4 - Pesos moleculares promedio. Polidispersidad. Distribuciones de pesos moleculares.

Tema 5 - Métodos de caracterización más usuales del peso molecular y distribuciones.

Tema 6 - Espectroscopia de RMN. Espectroscopia de RMN en estado sólido. Aplicaciones.

Tema 7 - Espectroscopia IR y FTIR. Fundamentos de la espectroscopia IR. Aplicaciones en polímeros.

Tema 8 - Espectroscopia RAMAN y FTRAMAN. Aplicaciones a polímeros.

Tema 9 - Espectroscopia UV. Aplicaciones.

Tema 10 - Calorimetría diferencial de barrido. Calorimetría modulada.

Tema 11 - Análisis termogravimétrico.

Tema 12 - Análisis dinamomecánico.

Tema 13 - Difracción de rayos X convencional y utilizando radiación sincrotrón.

Tema 14 - Microscopía electrónica.

Tema 15 - Microscopía de fuerza atómica.

Tema 16 - Estructura electrónica de moléculas y sólidos: transiciones electrónicas de niveles internos.

Tema 17 - Espectroscopia de fotoemisión (XPS, ESCA).

Tema 18 - Espectroscopia de electrones Auger.

Tema 19 - Espectroscopia de absorción de rayos X (XAS, XANES, EXAFS).

Tema 20 - Espectroscopias de emisión de rayos X (XES, fluorescencia y microanálisis de rayos X).

Prácticas

Práctica 1 - Densidad

Práctica 2 - Viscosidad

Práctica 3 - Propiedades eléctricas

Práctica 4 - Análisis organoléptico

Práctica 5 - Microscopía electrónica

Práctica 6 - Microscopía de fuerza atómica

Práctica 7 - RMN de estado sólido

Seminarios

Seminario 1 - Seminario de caracterización de polímeros

Seminario 2 - Seminario de Caracterización

Conferencias

Conferencia sobre caracterización

Visitas académicas

Visita a laboratorio de caracterización

Evaluación

Evaluación parcial y examen final

COMPETENCIAS

Transversales

CT1.- Aplicación de conocimientos: demostrar que los estudiantes conocen los fundamentos estructurales y de aplicación de los materiales basados en plásticos y caucho, aplicando los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en contextos amplios o multidisciplinares relacionados con su área de especialización.

CT2.- Capacidad de comunicación de conocimientos: que los estudiantes sean capaces de comunicar, oralmente y por escrito, sus investigaciones y conclusiones con los fundamentos que las sustentan, tanto a un público especializado como no experto, de un modo claro, conciso y comprensible.

CT3.-Capacidad de emitir juicios: que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad que supone formular juicios a partir de una información científica y/o técnica. Incluyendo también los aspectos de reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas ligadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

Específicas

CE1.- Demostrar que el alumno conoce los métodos y procedimientos de química macromolecular para la síntesis de polímeros, así como los aspectos cinéticos y de caracterización y análisis propios de los materiales polímeros.

CE2.- Aplicar los métodos de caracterización y análisis a los materiales polímeros, según las propiedades fisicoquímicas a estudiar, así como los diferentes tipos de ensayos de los materiales basados en plásticos y caucho.

CE3.- Demostrar que conoce los fundamentos estructurales y la físico-química del estado sólido de los polímeros para conseguir correlacionar la estructura con las propiedades.

PLAN DE APRENDIZAJE

Actividades formativas

Trabajo presencial (horas)

- Asistencia y participación en clases presenciales de teoría: 33
- Seminarios para complementar aspectos de tipo práctico: 4
- Asistencia y realización de prácticas presenciales en laboratorios del CSIC y otras entidades y empresas participantes en el Máster: 18
- Visitas de carácter práctico a empresas para ver "in situ" tecnologías directamente relacionadas con la materia tratada: 3
- Sesiones de evaluación: 2

Trabajo no presencial (horas)

- Trabajo autónomo o en grupo: 90

Este trabajo autónomo consistirá en el estudio de los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. Para ello, los estudiantes contarán con las informaciones disponibles en el Aula Virtual, cuadernos de prácticas, libros de consulta y medios disponibles en el CSIC informáticos y de biblioteca.

Metodologías docentes

Las clases teóricas serán complementadas con seminarios y clases prácticas de laboratorio. Se tienen previstas visitas académicas a empresas, que se centrarán en laboratorios de caracterización del entorno de Madrid.

MD2.- Realización de prácticas en laboratorios con un guión previo para su mejor seguimiento y entendimiento.

MD3.- Resolución de casos prácticos de interés industrial con técnicas de caracterización y estudio de polímeros para complementar el conocimiento adquirido.

MD4.- En todas las visitas a empresas se imparten explicaciones generales y particulares del tipo de industria y producto fabricado. Esto se realiza en el inicio y se continúa durante toda la visita. Los alumnos plantean cuestiones concretas sobre lo que van viendo.

Resultados de aprendizaje

Los estudiantes deberán haber adquirido al término de la asignatura los siguientes conocimientos:

1. Fundamentos de las principales técnicas de caracterización.
2. Fundamentos de las teorías de disoluciones.
3. Parámetros más relevantes en la caracterización de polímeros.
4. Semejanzas y diferencias entre los polímeros y otros materiales.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Descripción del sistema de evaluación

- Se realizará un examen al finalizar la asignatura (ponderación mínima 90 y máxima 100)
- Se planteará a los estudiantes un problema concreto para resolver, que podrán hacer en grupo (ponderación mínima 5 y máxima 10)

Calendario de exámenes

- Fecha de examen en convocatoria ordinaria: 29 de enero de 2018

PROFESORADO

Profesor responsable

Pérez Tabernero, Ernesto

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Profesorado

Corrales Viscasillas, María Teresa

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

García Sánchez, Carolina

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

López González, María del Mar Carmen

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Santoro Domingo, Gonzalo

Doctor Ciencia Química
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Gómez Varga, José David

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Jiménez Guerrero, Ignacio

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Garrido Fernández, Leoncio

Investigador Científico
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Benavente Castro, María del Rosario

Profesora de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Muñoz Ochando, María Isabel

Técnico Especializado, Técnico de I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

HORARIO

Horario

03/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 1: Estadística conformacional de polímeros

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 2: Teorías de disoluciones y mezclas de polímeros

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

05/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 3: Viscosidad de soluciones de polímeros

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 4: Pesos moleculares promedio

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

10/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 5: Métodos de caracterización más usuales del peso molecular y distribución

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 6: Difracción de rayos X convencional y utilizando radiacín sincrotrón

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

11/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 6: Difracción de rayos X convencional y utilizando radiacín sincrotrón

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 11: Espectroscopía de RMN. Fundamentos y aplicaciones

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

18/10/2017

16:00 - 20:00

Práctica I: Viscosidad de disoluciones de polímeros

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 11: Espectroscopía de RMN. Fundamentos y aplicaciones

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 7: Calorimetría diferencial de barrido. Calorimetria modulada.

María del Rosario Benavente Castro

Profesora de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

20/10/2017

18:00 - 19:00

Tema 7: Calorimetría diferencial de barrido. Calorimetria modulada.

María del Rosario Benavente Castro

Profesora de Investigación

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 7: Calorimetría diferencial de barrido. Calorimetria modulada.

María del Rosario Benavente Castro

Profesora de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

23/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 9: Microscopía electrónica

José David Gómez Varga

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 9: Microscopía electrónica

José David Gómez Varga

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

24/10/2017

18:00 - 19:00

Tema 8: Análisis termogravimétrico

María del Rosario Benavente Castro

Profesora de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 10: Microscopía de fuerza atómica

José David Gómez Varga

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

26/10/2017

16:00 - 17:00

Tema 18: Fenónemos de transporte de gases en polímeros

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 18: Fenónemos de transporte de gases en polímeros

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

03/11/2017

16:00 - 20:00

Práctica VI: Caracterización de polimeros mediante microscopia electrónica

José David Gómez Varga

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

06/11/2017

16:00 - 17:00

Tema 18- Fenónemos de transporte de gases en polímeros

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 12- Espectroscopia electrónica

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

08/11/2017

16:00 - 20:00

Práctica III: Análisis organolépticos

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

13/11/2017

18:00 - 19:00

Tema 12- Espectroscopia electrónica

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 12- Espectroscopia electrónica

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

14/11/2017

13:00 - 14:00

Seminario 1

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16:00 - 20:00

Práctica IV: Análisis organolépticos

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

20/11/2017

16:00 - 17:00

Tema 12- Espectroscopia electrónica

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 12- Espectroscopia electrónica

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

23/11/2017

12:00 - 14:00

Conferencia

Gonzalo Santoro Domingo

Doctor Ciencia Química
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

24/11/2017

16:00 - 20:00

Práctica II: Determinación de la cristalinidad de un polímero a través de medidas de densidad

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

27/11/2017

16:00 - 17:00

Tema 13.- Espectrocopia vibracional

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 13.- Espectrocopia vibracional

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

28/11/2017

16:00 - 20:00

Práctica V.- Conductividad eléctrica de polímeros

María del Mar Carmen López González

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

30/11/2017

16:00 - 17:00

Tema 13.- Espectrocopia vibracional

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 13.- Espectrocopia vibracional

María Teresa Corrales Viscasillas

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

01/12/2017

18:00 - 19:00

Tema 14.- Introducción a las espectroscopías con electrones

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

12/12/2017

12:00 - 14:00

Seminario: Caracterización de polímeros 2

María Isabel Muñoz Ochando

Técnico Especializado, Técnico de I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16:00 - 20:00

Práctica VII: Caracterización de polímeros mediante microscopía de fuerza atómica

José David Gómez Varga

Ingeniero Técnico Industrial
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

18/12/2017

16:00 - 17:00

Tema 14.- Introducción a las espectroscopías con electrones

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 15.- Espectroscopías de absorción de rayos X/XAS, XANES,EXAFS) y de pérdidas de energía de electrones (EELS)

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

20/12/2017

18:00 - 19:00

Tema 15.- Espectroscopías de absorción de rayos X/XAS, XANES,EXAFS) y de pérdidas de energía de electrones (EELS)

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 16.- Espectroscopía de fotoemisión (XPS) y espectroscopía de electrones Auger (AES)*

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

08/01/2018

16:00 - 17:00

Tema 16: Espectrocopías de fotoemisión XPS y estroscopía de electrones Auger AES

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 17: Espectroscopia de emisión de rayos X (XES)

Ignacio Jiménez Guerrero

Investigador Científico
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16/01/2018

16:00 - 20:00

PRÁCTICAS VIII: Caracterización de polímeros por GPC

Carolina García Sánchez

Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

18/01/2018

16:00 - 20:00

PRÁCTICAS IX:RMN DE Estado Sólido

Leoncio Garrido Fernández

Investigador Científico
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

29/01/2018

16:00 - 18:00

Examen asignatura

Ernesto Pérez Tabernero

Profesor de Investigación
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

1. P.J. FLORY: Principles of Polymer Chemistry, Cornell, New York 1953.

2. "Comprehensive Polymer Science", Vol. I: Polymer Characterization, Pergamon, Oxford 1989.

3. V.B.F. MATHOT: Calorimetry and Thermal Analysis of Polymers, Hanser, NewYork 1994.

4. J.L. KOENIG: Spectroscopy of Polymers, 2nd. ed., Elsevier, New York 1999.

5. P.A. Mirau, Solid-State NMR of Polymers, Rapra Review Report 128, Vol. 11, No. 8 (2001).

6. J.L. Koenig, Infrared and Raman Spectroscopy of Polymers, Rapra Review Report 134, Vol. 12, No. 2 (2001).

7. Ciencia y Tecnología de Materiales Poliméricos, Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, Madrid 2004.

8. G. Strobl: The Physics of Polymers: Concepts for Understanding their Structures and Behavior, Springer, Berlin 2007.

9. Applications of Synchrotron Light to Scattering and Diffraction Phenomena in Materials and Life Sciences, Lecture Notes in Physics Vol. 776, Heidelberg and Berlin 2009.