Estado sólido en 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 exponen y analizan los aspectos fundamentales de la física de polímeros en estado sólido. Incluye el estudio de las características generales de los materiales poliméricos, de la relación estructura-propiedades en sistemas amorfos y semicristalinos, y el desarrollo de los conocimientos fundamentales del comportamiento viscoelástico.

Título asignatura

Estado sólido en polímeros

Código asignatura

100496

Curso académico

2022-23

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 comprender, valorar e interpretar las características de los materiales polímeros en relación a la correlación estructura-propiedades. La formación adquirida proporcionará la introducción del alumno al mundo de los materiales polímeros, sus aspectos estructurales y las teorías relacionadas.

Con esta asignatura se obtendrán conocimientos básicos de carácter químico-físico. Se abordará el desarrollo de los conocimientos fundamentales en el área del estado sólido de polímeros, incluyendo el estudio de las características generales de los materiales poliméricos, de la relación estructura-propiedades en sistemas amorfos y semicristalinos, transiciones de fase, cinética y termodinámica de la cristalización y morfología cristalina en homopolímeros, copolímeros, mezclas y compuestos macromoleculares sintéticos, comportamiento viscoelástico, procesos de fluencia y relajación de esfuerzos, incluyendo el estudio de las relajaciones mecanodinámicas, el comportamiento mecánico mediante el análisis de diagramas de esfuerzo-deformación, propiedades superficiales, fenómenos y procesos de orientación y propiedades dieléctricas y ópticas.

Objetivos de la asignatura

- Destacar la importancia del conocimiento del estado sólido polimérico en el desarrollo de estos materiales
- Definir la naturaleza de las fases asociadas a los sólidos poliméricos amorfos y semicristalinos
- Analizar el estado sólido asociado a sistemas poliméricos homogéneos y heterogéneos
- Analizar la importancia del comportamiento viscoelástico en sistemas macromoleculares
- Establecer la relación entre la estructura polimérica y las propiedades

Temario

Tema 1 - Características fundamentales del Estado sólido en polímeros

Tema 2 - Estados de agregación

Tema 3 - El estado amorfo

Tema 4 - El estado cristalino

Tema 5 - Fusión de polímeros

Tema 6 - Cristalización de polímeros a partir del fundido

Tema 7 - Cristalización a partir de disolución

Tema 8 - Cristalización de copolímeros

Tema 9 - Cristalización bajo orientación y deformación

Tema 10 - Sistemas bi- y multicomponentes

Tema 11 - Transiciones de fase en sistemas binarios

Tema 12 - Cristalización y fusión en sistemas binarios

Tema 13 - Cristalización inducida por nucleación

Tema 14 - Comportamiento viscoelástico de polímeros

Tema 15 - Fluencia. Relajación de esfuerzos

Tema 16 - Análisis Mecanodinámico

Tema 17 - Discusión de diversas relajaciones viscoelásticas

Tema 18 - Propiedades mecánicas. Diagramas esfuerzodeformación

Tema 19 - Dureza. Microdureza

Tema 20 - Orientación

Tema 21 - Propiedades dieléctricas y ópticas

Prácticas

Práctica 1 - Difracción de Rayos X

Práctica 2 - Transiciones Térmicas

Práctica 3 - Orientación

Práctica 4 - Comportamiento Mecano-dinámico

Práctica 5 - Comportamiento Dieléctrico

Práctica 6 - Esfuerzo-Deformación

Práctica 7 - Microdureza

Seminarios

Seminario 1 - Control de procesos de cristalización

Seminario 2 - Evaluación de mezclas poliméricas

Evaluación

Pruebas escritas

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: 42
- Seminarios para complementar aspectos de tipo práctico: 2
- Asistencia y realización de prácticas presenciales en laboratorios del CSIC y otras entidades y empresas participantes en el Máster: 14
- 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:

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. En el caso de esta asignatura, se centrarán en las tecnologías de fibras poliméricas.

Resultados de aprendizaje

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

1. Las características inherentes al sólido polimérico

2. La determinación, análisis y evaluación de las transiciones de fase en sistemas mono y multifásicos

3. La interpretación del comportamiento viscoelástico en función de parámetros estructurales y variables físicas

4. El análisis y control del comportamiento mecánico y mecanodinámico del sólido polimérico

5. La comprensión de la relación entre la estructura, el estado sólido y las diferentes propiedades asociadas al sistema
polimérico

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: 28 de enero de 2020

PROFESORADO

Profesor responsable

Quijada Garrido, Isabel

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Profesorado

Flores Aguilar-Amat, Araceli

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

Shuttleworth , Peter Samuel

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

López González, María del Mar Carmen

Dr. Ciencias Químicas. Especialidad Química Orgánica
Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Salavagione , Horacio Javier

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Gonzalvo Bas, Ana Berta

Ingeniería Industrial
Directora de Investigación
Fundación Aitiip

Sampedro Tejedor, Patricia

Licenciatura en Ciencias Químicas
Colaboradora I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

González Pérez, Pedro

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

HORARIO

Horario

04/10/2022

16:00 - 17:00

Tema 1: Características fundamentales del estado sólido en polímeros

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 2: Estados de agregación

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

05/10/2022

18:00 - 20:00

Tema 3: El estado amorfo

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas

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

07/10/2022

16:00 - 17:00

Tema 3: El estado amorfo

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 4: Estado cristalino

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

10/10/2022

18:00 - 20:00

Tema 4: Estado cristalino

Horacio Javier Salavagione

Dr. Ciencias Químicas
Investigador Distinguido
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

13/10/2022

16:00 - 18:00

Tema 5: Fusión de polímeros

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

18/10/2022

16:00 - 18:00

Tema 6: Cristalización de polímeros a partir del fundido

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

20/10/2022

16:00 - 20:00

Práctica 1: Análisis y evaluación de transiciones térmicas

Enrique Blázquez Blázquez

Doctor en Ciencia y Tecnología
Especialista I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

21/10/2022

16:00 - 17:00

Tema 6: Cristalización de polímeros a partir del fundido

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

17:00 - 18:00

Tema 7: Cristalización a partir de disolución

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

25/10/2022

16:00 - 17:00

Tema 8: Cristalización de copolímeros

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

17:00 - 18:00

Tema 9: Cristalización bajo orientación y deformación

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

28/10/2022

18:00 - 20:00

Tema 10: Sistemas bi- y multicomponentes

Peter Samuel Shuttleworth

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

03/11/2022

16:00 - 18:00

Tema 10: Sistemas bi- y multicomponentes

Peter Samuel Shuttleworth

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

08/11/2022

16:00 - 17:00

Tema 11: Transiciones de fase en sistemas binarios

Peter Samuel Shuttleworth

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 12: Cristalización y fusión en sistemas binarios

Peter Samuel Shuttleworth

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

10/11/2022

16:00 - 20:00

Práctica 2: Indice de fluidez

Enrique Blázquez Blázquez

Doctor en Ciencia y Tecnología
Especialista I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

18/11/2022

16:00 - 17:00

Tema 13. Cristalización inducida por nucleación

Peter Samuel Shuttleworth

Doctor en Químicas
Científico titular de CSIC. Área materiales
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 14: Conceptos generales de viscolelasticidad. Deformación.

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

23/11/2022

18:00 - 19:00

Tema 14: Conceptos generales de viscolelasticidad. Deformación.

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 15: Propiedades dieléctricas

María del Mar Carmen López González

Dr. Ciencias Químicas. Especialidad Química Orgánica
Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

28/11/2022

16:00 - 18:00

Tema 15: Propiedades dieléctricas

María del Mar Carmen López González

Dr. Ciencias Químicas. Especialidad Química Orgánica
Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

13/12/2022

16:00 - 17:00

Tema 15: Propiedades dieléctricas

María del Mar Carmen López González

Dr. Ciencias Químicas. Especialidad Química Orgánica
Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 16: Análisis Mecanodinámico. Generalidades

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

15/12/2022

12:00 - 14:00

Seminario 1 Estado Sólido

Ana Berta Gonzalvo Bas

Ingeniería Industrial
Directora de Investigación
Fundación Aitiip

16:00 - 20:00

Práctica 3: Ensayos Esfuerzo-deformación

Enrique Blázquez Blázquez

Doctor en Ciencia y Tecnología
Especialista I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16/12/2022

18:00 - 19:00

Tema 17: Complejidad de la respuesta mecanodinámica.

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

19:00 - 20:00

Tema 18: Aplicaciones del análisis mecanodinámico.

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

11/01/2023

16:00 - 20:00

Práctica 5: Comportamiento Mecano-dinámico

Patricia Sampedro Tejedor

Licenciatura en Ciencias Químicas
Colaboradora I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16:00 - 20:00

Práctica 4: Difracción de Rayos X

Pedro González Pérez

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

12/01/2023

12:00 - 14:00

Seminario 2 Estado Sólido

Araceli Flores Aguilar-Amat

Doctor en Ciencias Físicas
Científico titular de OPI (Física de Polímeros)
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros

16:00 - 20:00

Práctica 6: Microdureza

Enrique Blázquez Blázquez

Doctor en Ciencia y Tecnología
Especialista I+D+i
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16/01/2023

16:00 - 18:00

Tema 19: Propiedades mecánicas. Diagramas esfuerzo-deformación

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17/01/2023

16:00 - 20:00

Práctica 8: Orientación

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

16:00 - 20:00

Práctica 7: Comportamiento Dieléctrico

María del Mar Carmen López González

Dr. Ciencias Químicas. Especialidad Química Orgánica
Científica Titular
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

18/01/2023

16:00 - 17:00

Tema 20: Dureza. Microdureza

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

17:00 - 18:00

Tema 21: Orientación

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

24/01/2023

16:00 - 18:00

Examen Estado Sólido

Isabel Quijada Garrido

Doctora en Farmacia
Escala Científicos Titulares de OPIs
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)/Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

Bibliografía

1. Ciencia y Tecnología de Materiales Poliméricos, Vol. I, L. Garrido, L. Ibarra, C. Marco Eds., ICTP (CSIC), ISBN 84-609-0967-0, Madrid, España, 2004.

2. Macromolecular Physics, Vol.I, II, III, B. Wunderlich, Academic Press, New York 1980.

3. Amorphous Polymers, Ngai, K. L., Floudas, G., Plazek, D. J., Rizos, A. K. Encyclopedia of Polymer Science and Technology, S. E. Keinath, R. L. Miller, J. K. Rieke Eds., Springer-Verlag USA 2002.

4. Polymer Crystallization. The development of crystalline order in thermoplastic polymers, J.M. Schultz Ed., Oxford Univ. Press, Oxford 2001.

5. Progress in Understanding of Polymer Crystallization, Vol. 714, G. Reiter, G. R. Strobl Eds., Springer 2007.

6. Crystals: Growth, Morphology & Perfection, I. Sunagawa Ed., Cambridge University Press 2005.

7. Polypropylene. Structure, blends and composites. Vol. I y II. J. Karger-Kocsis Ed., Chapman & Hall, London 1995.

8. Polymer-Polymer Miscibility, O.Olabisi, L.M. Robeson, M.T. Shaw Eds., Academic Press, New York 1979.

9. Polymer Blends, Vol I y II., D. R. Paul, C.B. Bucknall Eds., John Wiley & Sons Inc., New York 2000.

10. Polymer Phase Diagrams, R. Koningsveld, E. Nies Eds., Oxford Univ. Press, Oxford 2001.

11. Phase Behavior of Polymer Blends. Book Series: Advances in Polymer Science, Freed, K. Ed., Vol. 183 (2005)

12. Polymer blends. A comprehensive review, Lloyd M. Robeson Ed., Hanser Pub., Munich (2007).

13. Crystallization of Polymer Blends, Pracella, M. en Handbook of Polymer Crystallization, E. Piorkowska y G. C. Rutledge Eds., John Wiley & Sons, Inc., USA. 2013.

14. Chemistry and Physics of Mechanical hardness. J.H. Gilman. Ed. A. J. Wiley and Sons, New Jersey (2009).

15. Physical Testing of Plastics. T. R. Crompton. Ed. Smithers Rapra, UK (2012).

16. Rheology, Concepts, Methods and Applications. Alexander Ya. Malkin, Avraam I. Isayev,

Second Ed. ChemTec Publishing, Toronto (2012).

17. Electrical Properties of Polymers. E. Riande, R. Díaz-Calleja. Ed. Marcel Dekker, Inc., NY. (2004).

18. Physical Properties of macromolecules. L. A. Belfore. Ed. Wiley and Sons.New Jersey (2010).

19. Mechanical Properties of Solid Polymers. I.M. Ward, J. Sweeney. THird edition. Ed. Wiley and Sons.New Jersey (2013).

20. John D. Ferry. Viscoelastic properties of Polymers, 3rd Edition John Wiley and Sons, New York, 1980.

21. L.H. Sperling. Introduction to Physical Polymer Science John, 4th Edition Wiley and Sons, New York, 2006.

22. E. Riande et al. Polymer Viscoelasticity. Stress and Strain in Practice, Marcel Dekker Inc, New York, 1999.