|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **PROGRAMA EDUCATIVO:**  **TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO EN NANOTECNOLOGÍA**  **EN COMPETENCIAS PROFESIONALES** |  |

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES I CLAVE:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Propósito de aprendizaje de la Asignatura | | El estudiante evaluará las propiedades de los materiales nanoestructurados, mediante las técnicas aplicables, para su implementación en procesos nanotecnológicos para así contribuir a la transferencia de tecnología. | | | | |
| Competencia a la que contribuye la asignatura | | Caracterizar y evaluar materiales nanoestructurados a través de la documentación del proceso, con base en las técnicas establecidas e innovadoras, la normatividad aplicable, para contribuir a la innovación tecnológica, a fin de resolver problemas del sector productivo, comercial, académico y social, con principios éticos, inclusivos, de equidad y con visión sostenible. | | | | |
| Tipo de competencia | Cuatrimestre | | Créditos | Modalidad | Horas por semana | Horas Totales |
|
| **Específica** | **Quinto** | | **6.56** | **ESCOLARIZADA** | **7** | **105** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Unidades de Aprendizaje** | **Horas del Saber** | **Horas del Saber Hacer** | **Horas Totales** |
|  |  |  |
| 1. Técnicas de Microscopía | 12 | 17 | 29 |
| 2. Métodos Espectroscópicos y de Análisis Cualitativo y Cuantitativo | 9 | 19 | 28 |
| 3. Difracción de Rayos X | 5 | 15 | 20 |
| 4. Otras Técnicas de Caracterización | 10 | 18 | 28 |
| **Totales** | **36** | **69** | **105** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Funciones** | **Capacidades** | **Criterios de Desempeño** |
| Caracterizar nanomateriales a través de procedimientos y técnicas de laboratorio establecidas, con base en la normatividad aplicable, responsabilidad social y preservación del medio ambiente, para determinar sus propiedades fisicoquímicas e identificar sus aplicaciones. | Definir los fenómenos físicos y químicos que correlacionan los cambios estructurales y propiedades ópticas, mecánicas, físicas y químicas desde el punto de vista nanométrico, empleando herramientas matemáticas, simulación, literatura y métodos experimentales para identificar sus aplicaciones. | Presentar el reporte de una investigación documental que incluya:  -Propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales  -Objetivo de la caracterización  -Fundamentos de las técnicas de caracterización  -Selección de la técnica de caracterización y su equipo  -Descripción de la metodología de caracterización (incluir técnica y equipo) |
| Diseñar procedimientos con base en el tipo de nanomaterial y la aplicación del material, requerimientos del cliente o fines de investigación, normatividad aplicable, condiciones de seguridad y preservación del medio ambiente para aplicar técnicas de caracterización. | Elaborar un reporte técnico de justificación que incluya:  - Propiedades a caracterizar  - Requerimientos del cliente o fines de investigación  - Disponibilidad de insumos, materiales y equipo  - Procedimiento de caracterización |
| Validar los resultados de la caracterización con base en los reportes técnicos y los criterios establecidos, para emitir un dictamen sobre las propiedades del material. | Elaborar un reporte técnico de caracterización que incluya:  - Identificación de la muestra (clave o registro)  - Nombre y descripción del procedimiento empleado  - Resultados de las mediciones durante las etapas del procedimiento  - Condiciones ambientales del laboratorio  - Propiedades y características físicas y químicas de los materiales de estudio  - Nombre del responsable de la caracterización  - Anexo de formatos de resultados |
| Evaluar los resultados de la caracterización de nanomateriales documentando las condiciones, métodos experimentales, resultados de los procesos de caracterización de nanomateriales y sus posibles aplicaciones, de acuerdo con los formatos y procedimientos establecidos, así como la normatividad de seguridad, responsabilidad social y preservación del medio ambiente, para la toma de decisiones. | Validar el material de acuerdo a los resultados obtenidos con las técnicas de caracterización, para asegurar que cumpla con las especificaciones técnicas y normatividad de seguridad correspondientes. | Elaborar un reporte técnico de caracterización que incluya:  - Revisión del estado del arte del material de estudio  Descripción de las condiciones del proceso de caracterización  -Descripción del análisis de los datos obtenidos  -Comparación de resultados con las especificaciones técnicas |
| Definir las aplicaciones de los nanomateriales con base en sus características y propiedades fisicoquímicas obtenidas a través de su caracterización, para determinar sus aplicaciones a nivel macroscópico. | Elaborar un reporte técnico de caracterización que incluya:  -Establecer las características necesarias del nanomaterial para aplicaciones específicas  -Evaluar las propiedades del nanomaterial con base en los resultados obtenidos de la caracterización  -Determinar aplicaciones potenciales del material |

**UNIDADES DE APRENDIZAJE**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Técnicas de Microscopía | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinará morfología, tamaño de partícula, componentes químicos presentes, estructuras cristalinas, tamaño de cristalito, rugosidad y posiciones atómicas en un material nanoestructurado, para establecer su aplicación en procesos nanotecnológicos. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 12 | **Horas del Saber Hacer** | 17 | **Horas Totales** | 29 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Microscopía óptica | Reconocer los fundamentos de microscopía óptica.  Identificar la correlación entre la micrografía obtenida y micrografías patrón. | Determinar:   * Tamaño de grano * Defectos * Límite de grano * Fronteras * Fases | Analizar de manera proactiva y mediante el trabajo en equipo, la problemática a resolver, siendo responsables de la veracidad de los resultados.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) | Reconocer los fundamentos de MEB.  Reconocer los componentes del MEB.  Identificar la función del equipo de espectroscopia de discriminación de energía (EDS) acoplado al MEB. | Determinar la morfología superficial y tamaño de partícula.  Determinar la distribución cualitativa y cuantitativa de los elementos químicos presentes en la muestra. |
| Microscopia Electrónica de Transmisión (MET) | Reconocer los fundamentos de MET.  Reconocer los componentes del MET. | Identificar, a partir de una micrografía de MET: tamaño de partícula, tamaño de cristal, posiciones atómicas y distancias interplanares. |
| Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) y de Efecto Túnel (STM) | Reconocer el fundamento de la técnica microscopía de fuerza atómica (AFM) y microscopía de efecto túnel (STM).  Reconocer los componentes de los equipos AFM y STM.  Diferenciar las técnicas AFM y STM.  Identificar las aplicaciones de AFM y STM. | Identificar, a partir de una micrografía de AFM/STM: rugosidad superficial, perfil XYZ de la muestra y morfología. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio  Trabajos de Investigación  Análisis de casos (Discusión)  Aprendizaje basado en problemas  Equipos colaborativos | Materiales y equipo de laboratorio  Equipo de cómputo  Internet  Impresos de casos  Artículos Científicos  Manuales de seguridad  Equipo de seguridad  Equipo básico de laboratorio sugerido:  • Balanza analítica  • Cortadora  • Pulidora  • Microscopio metalográfico  Equipo especializado de laboratorio sugerido:  • Microscopio electrónico de barrido  • Microscopio electrónico de transmisión  • Microscopio de fuerza atómica | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| 1. Reconoce e identifica los fundamentos de microscopía  2. Describe las técnicas de microscopía  3. Relaciona las técnicas de microscopía de acuerdo a la naturaleza de la muestra  4. Interpreta las micrografías obtenidas | A partir de un caso práctico, entregará un reporte que contenga:  • Justificación de las técnicas empleadas  • Procedimiento del tratamiento de la muestra  • Micrografías y espectros de la muestra  • Resultados  • Análisis de resultados  • Conclusiones | Ejercicios prácticos con rúbrica  Lista de cotejo |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Métodos Espectroscópicos y de Análisis Cualitativo y Cuantitativo | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinará cualitativamente y cuantitativamente las especies en una muestra de material, para establecer su aplicación en procesos nanotecnológicos. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 9 | **Horas del Saber Hacer** | 19 | **Horas Totales** | 28 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| UV-Visible (UV-Vis) | Reconocer los fundamentos de UV-Visible, para muestras sólidas y líquidas.  Reconocer el procedimiento para realizar un análisis, para muestras sólidas y líquidas.  Identificar los elementos para la interpretación de los espectros obtenidos, de las muestras dadas. | Determinar la molécula presente en la muestra dada.  Determinar el plasmón de resonancia superficial para nanopartículas metálicas.  Determinar la energía de banda prohibida (Eg) en muestras sólidas, en el equipo de UV-Vis. | Analizar de manera proactiva y mediante el trabajo en equipo, la problemática a resolver, siendo responsables de la veracidad de los resultados.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Infrarrojo (IR) y de la Transformada de Fourier por infrarrojo (FT-IR) | Reconocer los fundamentos de Infrarrojo, para muestras sólidas y líquidas.  Reconocer el procedimiento para realizar un análisis, en muestras sólidas y líquidas.  Establecer la correlación de los espectros de IR con la estructura molecular de la muestra dada.  Identificar los elementos para la interpretación de los espectros obtenidos, de las muestras dadas. | Determinar los componentes presentes en una muestra dada. |
| RAMAN | Reconocer los fundamentos de la técnica RAMAN.  Reconocer el procedimiento para realizar la preparación y acondicionamiento de la muestra.  Determinar la interpretación de los espectros obtenidos. | Determinar la interacción entre elementos de los componentes presentes en una muestra dada. |
| Absorción atómica (EAA) | Comprender los fundamentos de la espectroscopia por absorción atómica:   * EAA: ICP-MS   Identificar las partes del equipo de absorción atómica.  Comprender el proceso de atomización en el equipo de absorción atómica.  Comprender los tipos y fuentes de espectros atómicos.  Identifica las ventajas de la técnica de - EAA: ICP-MS  Identifica aplicaciones de la técnica de - EAA: ICP-MS | Determinar la concentración de los componentes presentes en:   * Muestras orgánicas * Muestras inorgánicas |
| Resonancia Magnética Nuclear (RMN) | Identificar fundamentos de RMN.  Identificar los componentes del equipo de RMN.  Explicar el procedimiento para el análisis de RMN.  Establecer la correlación de los espectros obtenidos por RMN con la estructura molecular de la muestra dada.  Identificar los elementos para la interpretación de los espectros de RMN obtenidos a partir de muestras dadas. | Determinar los desplazamientos químicos y constantes de acoplamiento en muestras. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio  Trabajos de Investigación  Análisis de casos (Discusión)  Aprendizaje basado en problemas  Equipos colaborativos | Equipo de cómputo  Internet  Impresos de casos  Material y equipo de laboratorio  Equipo básico de laboratorio sugerido:  • Balanza analítica  • Parrilla de calentamiento con agitación  • Equipo de UV-Visible  Equipo de laboratorio sugerido:  • Equipo de resonancia magnética  • Equipo de IR  • Equipo de EAA  • Equipo de ICP  • Equipo RAMAN | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| **Resultado de Aprendizaje** | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| 1. Identifica las técnicas de espectrometría  2. Identifica las propiedades a evaluar  3. Relaciona las técnicas de acuerdo a la naturaleza de la muestra  4. Interpreta los espectros obtenidos | A partir de un caso práctico, elaborará un reporte que contenga:  • Justificación de la técnica utilizada  • Procedimiento de preparación de la muestra  • Evidencia de los espectros  • Discusión de los espectros  • Conclusiones | Ejercicios prácticos con rúbrica  Lista de cotejo |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Difracción de Rayos X (XRD) | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinará fases cristalinas en una muestra de material, para establecer su aplicación en procesos nanotecnológicos. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 5 | **Horas del Saber Hacer** | 15 | **Horas Totales** | 20 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Fundamentos de la técnica | Explicar los fundamentos de la difracción de Rayos X:   * Naturaleza y origen de los Rayos X * Espectro de Rayos X * Longitud de onda característica * Fuente de electrones acelerados * Fuente de rayos X * Ley de Bragg y los fenómenos de difracción |  | Ser analítico y proactivo con la capacidad de trabajar en equipo en la solución de problemas de manera responsable.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Preparación de muestras | Describir la técnica de preparación de muestra para la caracterización por difracción de rayos X:   * Secado * Pulverizado y homogenización * Mezcla de la muestra con un soporte * Montaje de la muestra en porta muestras | Realizar la preparación y montaje de muestras para el análisis por difracción de rayos X. |
| Técnicas de Difracción de rayos X | Identificar la técnica de difracción de rayos X, de cristal giratorio, cristal oscilatorio, de Weissenber, con radiación monocromática y polvo cristalino. | Interpretar en difractogramas de materiales nanoestructurados:   * Fases cristalinas * Tamaños de cristales * Tamaño de partícula * Fase de transformación |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio  Trabajos de Investigación  Análisis de casos (Discusión)  Aprendizaje basado en problemas  Equipos colaborativos | Materiales y equipo de laboratorio  Equipo de cómputo  Internet  Impresos de casos  Artículos Científicos  Equipo de laboratorio sugerido:  • Difractómetro para polvos (DRX) | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| 1. Identifica los fundamentos de DRX  2. Identifica los fundamentos de preparación de muestras para DRX  3. Explica la técnica de DRX en materiales  4. Interpreta los resultados de DRX con los patrones de difracción | A partir de un caso práctico, entregará un reporte que contenga:  • Descripción de la técnica de DRX  • Descripción del proceso de tratamiento de la muestra para la técnica de DRX.  Interpretación del difractograma de material del caso de estudio:  • Fases cristalinas  • Tamaños de cristales  • Tamaño de partícula  • Fase de transformación | Ejercicios prácticos con rúbrica  Lista de cotejo |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unidad de Aprendizaje | 1. Otras Técnicas de Caracterización | | | | | |
| Propósito esperado | El estudiante determinara los cambios físicos y químicos en una muestra de material, para establecer su aplicación en procesos nanotecnológicos. | | | | | |
| **Tiempo Asignado** | **Horas del Saber** | 10 | **Horas del Saber Hacer** | 18 | **Horas Totales** | 28 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Temas** | **Saber**  **Dimensión Conceptual** | **Saber Hacer**  **Dimensión Actuacional** | **Ser y Convivir**  **Dimensión Socioafectiva** |
| Termogravimetría (TGA) | Identificar los conceptos de:   * Humedad * Técnicas de secado convencional * Técnicas de secado por irradiación IR * Identificar el fundamento de operación del equipo para TGA | Determinar a partir de termogramas:   * Volátiles y humedad * Descomposición de sustancias o materiales * Composición * Análisis de cenizas | Utilizar su capacidad de análisis para trabajar de forma proactiva en objetivos grupales que reten su capacidad de síntesis y esto se vea aplicado en la solución de problemas de forma responsable.  Desarrollar el pensamiento analítico a través del análisis de casos. |
| Análisis Térmico Diferencial (DTA) | Identificar el principio del DTA.  Identificar los cambios físicos y químicos ocurridos en la muestra.  Identificar el fundamento de operación del equipo para DTA. | Determinar a partir de termogramas:   * Temperatura de fusión y evaporación * Cambios de fase cristalina * Reacciones oxidativas * Especies minerales |
| Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) | Identificar el principio del DSC.  Describir los cambios físicos y químicos ocurridos en la muestra.  Identificar el fundamento de operación del calorímetro. | Determinar a partir de termogramas:   * Temperatura de fusión y evaporación * Cambios de fase cristalina * Reacciones oxidativas * Especies minerales * Energía de reacción química |
| Fundamentos y Aplicaciones de la técnica de magnetometría | Identificar los fundamentos de la técnica magnetométrica.  Explicar los métodos magnetométricos:  Vibracional   * Kerr * SQUID   Identificar las aplicaciones de las técnicas magnetométricos en la caracterización de:   * Líquidos * Sólidos: polvos y películas   Identificar las ventajas de la técnica magnetométrica. | Interpretar la dirección de las líneas de flujo magnético en líquidos y sólidos.  Interpretar cualitativamente y cuantitativamente anomalías magnéticas en materiales. |
| Cromatografía de Gases y HPLC | Identificar los fundamentos de la técnica.  Identificar los diferentes tipos de cromatografía  Identificar las aplicaciones de la técnica. | Determinar a partir de un cromatograma:   * Presencia de compuestos * Cuantificación de compuestos |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Proceso Enseñanza-Aprendizaje** | | | |
| Métodos y técnicas de enseñanza | Medios y materiales didácticos | Espacio Formativo | |
| **Aula** | X |
| Prácticas de laboratorio  Trabajos de Investigación  Equipo colaborativo | Equipo de cómputo  Internet  Software para simulación de pruebas térmicas  Manuales de seguridad  Equipo de seguridad  Muestras de materiales  Equipo básico de laboratorio sugerido:   * Balanza analítica * Mufla * Parrilla de calentamiento * Termómetro o termopar   Equipo especializado de Laboratorio sugerido:   * DTA * TGA * DSC * HPLC | **Laboratorio / Taller** | X |
|  |  | **Empresa** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso de Evaluación** | | |
| Resultado de Aprendizaje | Evidencia de Aprendizaje | Instrumentos de evaluación |
| 1. Identifica otras técnicas complementarias para la determinación de propiedades de un material  2. Define la propiedad física o química deseada  3. Comprende el fundamento de la operación de los equipos  4. Comprende los resultados obtenidos en los diagramas | A partir de un caso práctico, entregará un reporte que contenga:  • Justificación de la técnica utilizada  • Descripción del proceso de análisis  • Evidencia de los diagramas obtenidos  • Propiedades determinadas | Ejercicios prácticos con rúbrica  Lista de cotejo |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Perfil idóneo del docente** | | |
| **Formación académica** | **Formación Pedagógica** | **Experiencia Profesional** |
| Ingenieria, Maestría y/o Doctorado en el área de materiales o áreas afines: Metalurgia, Nanotecnológos, Tecnología Avanzada, Química. | Con experiencia docente, cursos o capacitaciones en el enfoque basado en competencias y manejo de TIC’s para fines didácticos. | Preferentemente en el área de su formación profesional, procesos de manufactura de materiales, laboratorio de pruebas físicas y mecánicas, caracterización de materiales |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Referencias bibliográficas** | | | | | |
| Autor | Año | Título del documento | Lugar de publicación | Editorial | ISBN |
| Skoog Douglas A., Donald M. West, F. James Holler y Stanley R. Crouch. | 2017 | Principles of Instrumental Analysis | USA | Cengage Learning | 9786075193779 |
| S. K. CHATTERJEE | 2010 | X-Ray Diffraction: its theory and applications | New Delhi | Prentice-Hall of India Learning Pvt. Ltd. | 9788120341944 |
| Charles K. Mann, Thomas J. Vickers and Wilson M. Gulick | 2005 | Concise Encyclopedia of Materials Characterization | Chicago, USA, | Harper & Row, Publisher | 9780060425357 |
| Ríos, A., Moreno, M.C. | 2012 | Técnicas espectroscópicas en química analítica | Madrid | SINTESIS | 9788499589312 |
| Shindo, D., Kenji, H. | 2012 | High-Resolution Electron Microscopy for Materials Science | Tokyo | SPRINGER | 9784431684220 |
| Franco, V., Dodrill, B. | 2021 | Magnetic measurement techniques for materials characterization | España | SPRINGER | 9783030704421 |
| Mahmood Barbooti | 2015 | Environmental Applications of Instrumental Chemical Analysis | New York | Apple Academic Press | 9780429160547 |
| Faraldos, M., Goberna, C. | 2011 | Técnicas de análisis y caracterización de materiales | España | Consejo Superior de Investigaciones Científicas | 9788400094362 |
| Anwar Ul-Hamid | 2018 | A Beginners’ Guide to  Scanning Electron  Microscopy |  | SPRIGER | 9783319984810 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Referencias digitales** | | | |
| Autor | Fecha de recuperación | Título del documento | Vínculo |
| Gallegos-Cerda, S. D., Hernández-Varela, J. D., Arredondo-Tamayo, B., & Chanona Pérez, J. J. | ago 22, 2022 | A review of advanced microscopy techniques for the development of nanotechnology in agriculture, food, and the environment. | 10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69723 |
| Aditya Singh Panwar, Armender Singh, Shankar Sehgal | 2020 | Material characterization techniques in engineering applications: A review | [10.1016/j.matpr.2020.05.337](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.337) |
| Poole, C.F. | 2000 | *Encyclopedia of Separation Science || CHROMATOGRAPHY* | 10.1016/b0-12-226770-2/00021-1 |
| Suman Das, Joyeshree Biswas and Iqtiar Md Siddique | 2024 | Mechanical characterization of materials using advanced microscopy techniques | 10.30574/wjarr.2024.21.3.0742 |
| Paul Rostron, Safa Gaber, Dina Gaber | 2016 | Raman Spectroscopy, Review | https://www.researchgate.net/profile/Paul-Rostron/publication/309179824\_Raman\_Spectroscopy\_a\_review/links/580329fe08ae23fd1b673f34/Raman-Spectroscopy-a-review.pdf |
| Andrea Orlando,  Filippo Franceschini,  Cristian Muscas Solomiya Pidkova,  Mattia Bartoli  Massimo Rovere  and  Alberto Tagliafero | 2021 | Comprehensive Review on Raman Spectroscopy Applications | 10.3390/chemosensors9090262 |
| Hill, J.O. | 2005 | *Encyclopedia of Analytical Science Volume 6215 || THERMAL ANALYSIS | Overview.* | 10.1016/b0-12-369397-7/00613-0 |