

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA**  
**COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA**  
**PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE**

**I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN**

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Nanotecnología
3. **Plan de Estudios:** 2019-2
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Espintrónica
5. **Clave:** 33585
6. **HC:** 02 **HL:** 00 **HT:** 02 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 06
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



**Equipo de diseño de PUA**

Jorge Octavio Mata Ramírez

Rubén César Villarreal Sánchez

Priscilla Elizabeth Iglesias Vázquez

**Firma**  
*Jorge Octavio Mata Ramírez*

**Vo.Bo. de subdirector de Unidad Académica**

Humberto Cervantes de Ávila

DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE INGENIERÍA,  
ARQUITECTURA Y DISEÑO  
ENSENADA, B.C.

**Firma**

*Humberto Cervantes de Ávila*

**Fecha:** 14 de agosto de 2018

## II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

La unidad de aprendizaje de Espintrónica tiene como finalidad que los estudiantes adquieran los conocimientos introductorios de este nuevo campo de la física y del desarrollo tecnológico.

Ésta unidad proporciona las bases para que el estudiante analice diferentes fenómenos físicos relacionados con la manipulación del espín de las partículas, que le permitan comprender la tecnología actual que hace uso de fenómenos espintrónicos.

Se trata de una unidad de aprendizaje optativa, pertenece a la etapa disciplinaria y al área de Ciencias de la Ingeniería.

## III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Analizar los principios de la espintrónica, mediante el razonamiento deductivo y el uso de las herramientas matemáticas, para aplicarlos a la resolución de problemas que le permitan describir y explicar fenómenos físicos relacionados con la manipulación del espín de las partículas, así como sus aplicaciones tecnológicas en dispositivos nanoestructurados, de manera objetiva, fomentando el trabajo en equipo y con actitud crítica.

## IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Portafolio de problemas que contenga el desarrollo de ejercicios de espintrónica utilizando herramientas de matemáticas avanzadas, así como los análisis de los resultados de problemas físicos a pequeñas escalas, mostrando un manejo adecuado de los conceptos y las leyes de la física y la matemática.

Ensayos sobre temas relacionados con el contenido de la unidad de aprendizaje.

## V. DESARROLLO POR UNIDADES

### UNIDAD I. Orígenes del espín y surgimiento de la espintrónica

**Competencia:**

Estudiar el momento angular intrínseco de espín en las partículas, mediante el análisis de fenómenos cuánticos que involucren este grado de libertad, para identificar el marco de referencia que dio origen a la espintrónica, con una actitud crítica y responsable.

**Contenido****Duración:** 6 horas

- 1.1. Primeros modelos atómicos.
- 1.2. Efecto Einstein-de Hass.
- 1.3. Experimento de Stern-Gerlach.
- 1.4. Surgimiento de la espintrónica.
- 1.5. Fenómenos y dispositivos espintrónicos.

## UNIDAD II. Mecánica cuántica del espín

### Competencia:

Analizar los principios de la mecánica cuántica del espín, mediante el estudio de los postulados en los que se basa esta teoría, para aplicarlos a la descripción y medición de variables físicas de fenómenos espintrónicos, con una actitud reflexiva y responsable.

### Contenido

**Duración:** 8 horas

- 2.1. Postulados de la mecánica cuántica aplicados al espín.
- 2.2. Interpretación física de los postulados.
- 2.3. Propiedades de las matrices de Pauli.
- 2.4. Espinores.
- 2.5. Ecuaciones cuánticas relativistas y espín.

## UNIDAD III. Interacciones que dependen del espín

### **Competencia:**

Analizar algunos mecanismos de interacción del espín, mediante el estudio de cálculos mecánico cuánticos, para aplicarlos a la descripción de variables físicas de fenómenos microscópicos dependientes del espín de las partículas, con una actitud crítica y comprometida.

### **Contenido**

**Duración:** 6 horas

- 3.1. Interacción espín-órbita.
- 3.2. Interacción hiperfina.
- 3.3. Interacción de intercambio.

## UNIDAD IV. Espintrónica en sistemas de baja dimensionalidad

### Competencia:

Analizar la interacción espín-órbita en sistemas de baja dimensionalidad, mediante el estudio de la interacción tipo Rashba y Dresselhaus, con el fin de comprender los mecanismos fundamentales de manipulación del espín en dispositivos espintrónicos, con una actitud reflexiva y crítica.

### Contenido

**Duración:** 8 horas

4.1. Fabricación de sistemas de baja dimensionalidad.

4.1.1. Gas de electrones bidimensional.

4.1.2. Alambres cuánticos.

4.1.3. Puntos cuánticos.

4.2. Interacción espín-órbita tipo Rashba.

4.3. Interacción espín-órbita tipo Dresselhaus.

## UNIDAD V. Estado actual de la espintrónica y sus avances

### **Competencia:**

Analizar el estado actual de la espintrónica, mediante el estudio de los avances recientes en el área, con el propósito de conocer los avances tecnológicos en dispositivos electrónicos basados en el espín, con responsabilidad y compromiso.

### **Contenido**

**Duración:** 4 horas

- 5.1. Dispositivos espintrónicos basados en sistemas nanoestructurados.
- 5.2. Aplicaciones tecnológicas.

## VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS

No. de práctica	Competencia(s)	Descripción	Material de apoyo	Duración
1	Analizar los conceptos que han dado origen a la espintrónica, mediante el estudio de bibliografía especializada, para la comprensión de esta área de estudio, con una actitud crítica y responsabilidad.	Leer y exponer artículos científicos acerca del surgimiento de la espintrónica.	Papel, computadora y proyector lápiz, y/o	5 horas
2	Aplicar las herramientas matemáticas de la mecánica cuántica, aplicadas al espín, mediante la resolución de ejercicios, para la descripción de sistemas espintrónicos, discutiendo y colaborando en equipo.	Solucionar ejercicios que involucren la descripción del espín.	Papel, computadora y proyector lápiz, y/o	7 horas
3	Fundamentar los fenómenos de interacción que dependen del espín, mediante la lectura de bibliografía y resolución de ejercicios, para la descripción de sistemas espintrónicos, con objetividad.	Leer artículos científicos y solucionar ejercicios que involucren la descripción de algunas interacciones dependientes del espín.	Papel, computadora y proyector lápiz, y/o	5 horas
4	Examinar los mecanismos de fabricación de sistemas de baja dimensionalidad, mediante la lectura de bibliografía y resolución de ejercicios, para la descripción de sistemas espintrónicos, de forma crítica.	Leer artículos científicos y solucionar ejercicios que involucren la descripción de los mecanismos de fabricación de sistemas de baja dimensionalidad.	Papel, computadora y proyector lápiz, y/o	5 horas

5	Diferenciar los mecanismos de interacción espín-órbita tipo Rashba y tipo Dresselhaus en sistemas semiconductores de baja dimensionalidad, mediante la lectura de bibliografía y resolución de ejercicios, para la descripción de sistemas espintrónicos, con responsabilidad y colaboración.	Leer artículos científicos y solucionar ejercicios que involucren la descripción de los mecanismos de interacción espín-órbita en sistemas semiconductores de baja dimensionalidad.	Papel, computadora y/o proyector	5 horas
6	Examinar el estado actual de la espintrónica, mediante la lectura de bibliografía, para la descripción de aplicaciones tecnológicas, con responsabilidad y colaboración.	Leer artículos científicos sobre los desafíos y efectos espintrónicos actuales, así como realizar el diseño de dispositivos espintrónicos mediante cálculos mecánicos cuánticos.	Papel, computadora y/o proyector	5 horas

## VII. MÉTODO DE TRABAJO

**Encuadre:** El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

### **Estrategia de enseñanza (docente)**

Exposición de temas.

Promover la investigación documental.

Resolución de problemas.

Exponer las características de los conceptos a trabajar.

Dirigir el desarrollo integral del Taller y supervisar la correcta realización de ésta y el correcto desarrollo de la competencia.

Revisar la elaboración y el desarrollo del portafolio.

Revisar el correcto avance del portafolio de evidencias.

Supervisar el adecuado desarrollo del curso.

### **Estrategia de aprendizaje (alumno)**

Elaborar reportes de investigación documental ,

Exposición en equipo.

Resúmenes, organizadores gráficos,

Trabajo colaborativo.

Resolución de problemas.

Revisar las características del taller a realizar y complementar con búsquedas informativas los temas.

Elaborar el portafolio y presentarlo al final del curso.

## VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

### **Criterios de acreditación**

- 80% de asistencia para tener derecho a examen ordinario y 70% de asistencia para tener derecho a examen extraordinario de acuerdo al Estatuto Escolar artículos 71 y 72.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

### **Criterios de evaluación**

3 Exámenes parciales.....	60%.
Tareas y trabajos semanales.....	10%.
Asistencia y participación.....	5 %.
Portafolio de evidencias.....	25%.
<b>Total.....</b>	<b>100%</b>

## IX. REFERENCIAS

### Básicas

- Awschalom, D., Loss, D., y Samarth, N. (2002). *Semiconductor Spintronics and Quantum Computation*. Alemania: Springer-Verlag. [Clásica]
- Bandyopadhyay, S., y Cahay, M., (2008). *Introduction to Spintronics*. Estados Unidos: CRC Press. [Clásica]
- Cohen-Tannoudji, C., Diu, B. y Laloe, F. (1991), *Quantum Mechanics*, Estados Unidos: John Wiley & Sons. [Clásica]
- Davies, J.H., (1998). *The physics of low dimensional semiconductors*. Estados Unidos: Cambridge University Press. [Clásica]
- De la Peña, L. (2006). *Introducción a la Mecánica Cuántica*. México: Fondo de Cultura Económica. [Clásica]
- Shankar, R., (2011). *Principles of Quantum Mechanics*, (2<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Plenum Press. [Clásica]

### Complementarias

- Awschalom, D., Buhrman, R., Daughton, J., Von Molnár, S. y Roukes, L. (2004). *Spin-Electronics*. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers. [Clásica]
- Gasiorowicz, E. (2003). *Quantum Physics*. (3<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Wiley. [Clásica]

## X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente debe tener un grado de ingeniería o licenciatura afín a la unidad de aprendizaje, de preferencia debe tener un posgrado. La experiencia docente consiste en que haya impartido asignaturas relacionadas con la unidad de aprendizaje, en este caso: Física Cuántica o Mecánica Cuántica.

Tener cualidades como el ser tolerante, empático, prudente, habilidad para el manejo de alumnos así como establecer climas favorables al aprendizaje y de liderazgo ante el grupo, transferir el conocimiento teórico a la solución de problemas, motivar al estudio al razonamiento y a la investigación, habilidad para el manejo de: material didáctico, equipo de laboratorio, y de software especializado en la materia.