



UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
CENTRO DE FORMACIÓN PEDAGÓGICA Y TECNOLOGÍA
EDUCATIVA**

MAESTRÍA EN ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

PROYECTO DE INTERVENCIÓN

**APRENDIENDO A APRENDER FÍSICA
UN CURSO PARA ESTUDIANTES DE ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS NATURALES**

**PREPARADO POR
GERMÁN VIDAURRE**

**TUTORA
MARIELA DELAURO**

2019

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN TÉCNICO	3
PROPUESTA DEL PROYECTO	4
1. EL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	5
CONTEXTO DEL PROBLEMA.....	6
2. PROSPECTIVA.....	12
3. PROPUESTA PEDAGÓGICA	12
4. OBJETIVOS	14
GENERAL	14
ESPECÍFICOS	14
5. RESULTADOS ESPERADOS:.....	14
6. ASPECTOS OPERATIVOS.....	15
ADMINISTRACIÓN	15
APRENDIZAJE Y TECNOLOGÍAS.....	17
TUTORÍA.....	19
MATERIAL DIDÁCTICO	19
7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	20
ANTES, DURANTE Y AL FINALIZAR EL PROYECTO.....	20
INDICADORES DE EVALUACIÓN DE CADA ASPECTO OPERATIVO	21
8. CRONOGRAMA PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	24
9. PRESUPUESTO	24
10. BIBLIOGRAFÍA.....	25
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	26
1. Nombre del curso virtual.....	27
2. Selección y justificación de las herramientas tecnológicas	27
3. PLANIFICACIÓN DE LAS CLASES	31
4. REDACCIÓN DE LAS CLASES	42
5. CAPTURA DE PANTALLA DE LAS CLASES	51
DOCUMENTOS ELABORADOS.....	59
CONCLUSIONES.....	109

RESUMEN TÉCNICO

Se expone la mediación pedagógica de la asignatura Tópicos de Física Moderna I (FS-0319) mediante la implementación de un aula virtual. Es una asignatura que ofrece la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica (UCR) en el primer semestre del cuarto año del programa. La asignatura, de modalidad teórica y práctica, tiene una carga académica equivalente a 5 créditos, consiste tradicionalmente en 2 sesiones semanales de 3 horas cada una. Tiene como requisito haber Física General I y II. La mediación pedagógica se realizó durante el primer semestre de 2019, en un grupo con matrícula de 7 estudiantes, tres hombres y 4 mujeres, de edades entre los 20 y 27 años, y provenientes de distintas regiones del país, tanto urbanas como rurales.

Física general se desarrolla siguiendo un modelo curricular entre tradicional y disciplinar, que considera a la educación como un proceso de transmisión de conocimientos y a la evaluación como la herramienta que permite vigilar y clasificar a los estudiantes. La promoción es baja; en los últimos años $32\% \pm 10\%$ del estudiantado aprobó Física General I. Una gran fracción del estudiantado es repitente, y en muchas ocasiones, por más de una vez. Para 2014, según el Sistema de Aplicaciones Estudiantiles de la UCR, cerca de 400 estudiantes activos estaban en condición de rezago debido a Física General I.

El problema educativo que resalta a la fecha es el cómo lograr que el estudiantado asuma un rol activo y responsable en el proceso de aprendizaje, deshaciéndose de esa idea del docente poseedor y fuente del conocimiento. Con la intervención hecha, se espera que el estudiante desarrolle las competencias necesarias que le permitan actuar en forma crítica y analítica en el momento de aplicar los contenidos y en la resolución de problemas. Esto último no se aprende por transmisión, sino a través de un proceso que involucre la constante y activa participación en ambientes de aprendizaje significativo, caracterizados por actividades ingeniosamente preparadas y mediadas por el docente. Así, el objetivo de la mediación realizada en la asignatura fue desarrollar en el estudiantado la capacidad de integrar la construcción de conceptos disciplinares con el desarrollo de competencias transversales, promoviendo un aprendizaje auténtico e interactivo.

PROPUESTA DEL PROYECTO

1. EL PROBLEMA

El problema educativo que propicia este proyecto es el cómo lograr en el estudiante de física general, de la Universidad de Costa Rica, un aprendizaje profundo y significativo, que le permita, además de conocer y entender los contenidos en cuestión, ser capaz de crear nuevos conocimientos y de evaluar estrategias y técnicas de aprendizaje. En otras palabras, cómo lograr que el estudiante aprenda a aprender, a través de un rol activo y responsable en el proceso de aprendizaje.

JUSTIFICACIÓN

Los cursos de física general se desarrollan siguiendo un modelo curricular entre tradicional y disciplinar en la Universidad de Costa Rica. Por un lado, el docente considera a la educación como un proceso de transmisión de la herencia cultural mediante el discurso y la narración y con la evaluación como la herramienta que permite vigilar y clasificar a los estudiantes en dos categorías: sabe o no sabe. Siguiendo este enfoque, los contenidos de la asignatura se resumen en unos pocos capítulos del libro de texto. En algunos casos estos contenidos se hacen acompañar de algunas herramientas didácticas. Sin embargo, tanto los contenidos como las herramientas corresponden a cuerpos de información y habilidades que se han resuelto en el pasado. En perfecta concordancia con Dewey (1938), la principal tarea de la escuela tradicional es transmitir estos conocimientos al estudiante. Por el otro lado, desde un enfoque disciplinar, la asignatura tiene dos prioridades: 1) enseñar los conceptos físicos fundamentales y 2) enseñar a los estudiantes cómo derivar el resto de los conocimientos físicos.

Como resultado, la promoción en los cursos de física general es baja, por debajo de 50%. Una gran fracción del estudiantado es repitente, y en muchas ocasiones, por más de una vez. Este hecho crea gran preocupación en el estudiantado, en el profesorado y en la administración de la Universidad.

El sexto informe del estado de la nación, en su capítulo sobre la educación superior, revela que las carreras de ciencias básicas presentan el porcentaje de no graduación más alto, 84%, seguido por las ingenierías con un 72% de no graduación.

Este último grupo aduce que la mayoría de los estudiantes que no llegan a graduarse son aquellos que no logran aprobar los cursos de ciencias básicas, entre ellos física.

Por lo tanto, es de interés institucional mejorar la calidad del aprendizaje en las ciencias básicas, debido al costo que implica la alta tasa de reprobación y a la incidencia de un aprendizaje superficial en los cursos siguientes en la malla curricular.

CONTEXTO DEL PROBLEMA

La observación y seguimiento de la práctica docente muestra que en el salón de clase de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica se da una mezcla de modelos curriculares, que se traduce en el desarrollo de actividades de aprendizaje desarticuladas y usualmente carentes de intencionalidad. Ya sea por costumbre o por desconocimiento, el modelo tradicional domina el salón de clase. El libro de texto usado en la asignatura muestra la secuencia a seguir con los conceptos que se deben transmitir, usualmente en forma vertical del docente al estudiante. Contrariamente, al momento de la evaluación se le pide al estudiante que demuestre su capacidad de raciocinio, su capacidad deductiva y su capacidad de resolver otros ejercicios, pero siempre fuera de contexto. El problema es, por lo tanto, de naturaleza compleja y con muchos actores, de los cuales destacan el profesor, el estudiante, la unidad académica y la institución universitaria.

El profesor de física

La Escuela de Física, único ente formador de físicos a nivel nacional, cuenta con un amplio cuerpo académico, compuesto por (1) docentes en propiedad que han culminado exitosamente sus respectivos doctorados y activamente participan en proyectos de investigación y acción social, y (2) profesores interinos que en su mayoría se ocupan de los cursos de servicio. La carta de presentación de la Escuela de Física ante el estudiantado es a través de estos cursos de servicio para carreras en el área de las ingenierías, ciencias de la vida y ciencias médicas. Gran parte del profesorado en estos cursos de servicio corresponde a personal en condición de interino, usualmente físicos de profesión recientemente graduados, en una relación de 9 hombres a 1 mujer, y con un gran índice de movilidad. La experiencia docente de este grupo es limitada y

en muchos casos se reduce a una mera repetición de la clase recibida cuando se era estudiante.

Es común escuchar al profesor de física argumentar que esta materia es de una naturaleza única, y que, por lo tanto, sólo hay una forma de dictarla: la forma tradicional. A pesar de que el objeto de interés es el saber propio de la disciplina, se cae en la típica transmisión del saber y se deja de lado la adquisición de capacidades y la construcción del conocimiento propio de la disciplina. Con la desventaja que se deja de lado todo el conocimiento adicional que le da ese sentido humano y social.

En el caso de los cursos para la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales el problema se agudiza, pues se ignora la necesidad de incorporar el desarrollo de las capacidades necesarias de un docente y la formación en didáctica de las ciencias.

Normalmente, la clase de física se desarrolla con unos 10 estudiantes y un profesor al frente, en un ambiente magistral. El profesor cuenta a su haber con el libro de texto, un proyector y al menos 2 pizarras acrílicas. A la semana se dan dos sesiones de 2 – 3 horas que el docente utiliza para repetir la información que está en el libro de texto y para que el estudiante le vea resolver uno o varios ejercicios de los que están al final del capítulo o de la sección. La lección tiene al docente como centro y se enfoca en el proceso de enseñanza... aunque no siempre la enseñanza es buena o eficaz.

El y la estudiante de enseñanza de las ciencias naturales

El estudiante de enseñanza de las ciencias naturales que se inscribe en Tópicos de Física I está compuesto por hombres y mujeres entre 20 y 27 años, en su mayoría cursando su tercer año del programa académico. Todos ellos comparten el deseo de aprobar esta asignatura, pero por razones tan diferentes como su individualidad misma. Los conocimientos previos, al igual que las expectativas sobre la asignatura y motivaciones del estudiante son variadas. En general, esta asignatura es de aplicabilidad diaria y los conceptos aprendidos se pueden evaluar día a día al considerar los distintos procesos físicos en la naturaleza; sin embargo, su desarrollo en los salones de clase es meramente teórico, usualmente sin prácticas de laboratorio ni demostraciones.

Física tiene como requisito haber aprobado cálculo diferencial e integral. Sin embargo, gran parte del estudiantado aún después de haber aprobado esta asignatura

no sabe cómo hacer uso de ese conocimiento cuando a física se refiere. A esto se suma el hecho que, a nivel de educación secundaria, la formación en física es deficiente. Debido a que no todo el estudiantado está al mismo nivel, se hace necesario empezar por desarrollar estos conocimientos y luego se da la asimilación de estos y su aplicación a fenómenos que el estudiantado vive u observa diariamente. Además de esta transmisión de conocimiento, el proyecto educativo debe buscar el desarrollo de destrezas y herramientas que han de facilitar el posterior desarrollo académico del estudiantado y su desempeño profesional. Ejemplos de estas herramientas son la programación, manejo matemático de los contenidos, el saber cómo aprender y como enseñar a otros y el pensamiento crítico y analítico.

El estudiante, desconociendo como aprender física, suele adoptar una actitud irresponsable y desinteresada, que da como resultado frustración y sobrecarga académica. En lugar de ver la tarea y/o práctica a desarrollar como una herramienta de aprendizaje, la trata como una herramienta evaluativa, dejándola para el día antes y la entrega sin importar si está bien hecha y no hace uso de las horas de consulta ni del tiempo disponible para su resolución. A la hora de discutir la solución de la tarea, la participación estudiantil es pobre, mal aprovechándose el tiempo, su esfuerzo y la tarea como instrumento de aprendizaje. Al final, la clase se torna magistral, dando lugar a un comportamiento pasivo por parte del estudiantado. La clase es ahora aburrida y lenta en lugar de ser dinámica, interesante y participativa. Como resultado, una gran parte del estudiantado no asiste clases y prefiere prepararse en casa unos pocos días antes de la evaluación, sacrificando la realimentación y discusión con sus compañeros y docente y con el único objetivo de aprobar el examen, sin importar si se adquiere o no el conocimiento, condiciones típicas de un aprendizaje superficial en el mejor de los casos, nulo en la mayoría. Por otro lado, hay estudiantes que invierten un gran número de horas asistiendo a más de una clase, esperando recibir el conocimiento por parte del profesorado, pero sacrificando tiempo que podrían usar para practicar en forma individual o grupal.

En parte, esta situación se da debido a las prácticas de estudio y al proyecto curricular que impera en la práctica. Por su parte, el estudiantado está acostumbrado a sistemas de aprendizaje memorísticos y repetitivos, característicos de la educación

primaria y secundaria vigente. Adicionalmente, está acostumbrado a resolver las tareas en forma individual y evaluativa. Por esta razón no busca ayuda para su solución y no espera ni acepta que la tarea sea demandante o retadora ni que lo lleve más allá de lo visto en clase.

La Escuela de Física como unidad académica responsable

La promoción en Física General es baja. En los últimos años $32\% \pm 10\%$ de los estudiantes aprobaron Física General I y $49\% \pm 16\%$ aprobaron Física General II y III. Estos resultados, provenientes de 10 grupos por cátedra a lo largo de los años 2010 – 2015, parecieran ser independiente del profesor de turno, al igual que del estudiantado mismo. Una gran fracción del estudiantado es repitente, y en muchas ocasiones, por más de una vez. La Tabla 1 indica que para el 2014, cerca de 400 estudiantes activos estaban en condición de rezago debido sólo a Física I.

Tabla 1: Distribución de la población activa que se encuentra en rezago debido al curso Física General I (FS-0210), según área de procedencia, año 2014.

Área	Estudiantes
Ingeniería	295
Ciencias Básicas	43
Agroalimentaria	17
Ciencias Sociales	32
Salud	2
Artes	8
Total	397

Fuente: SAE, Universidad de Costa Rica

Existe un número importante de estudiantes activos en condición de rezago al año 2014 (Tabla 2). Gran parte de estos estudiantes activos ingresaron a la Universidad antes de 2009, teniendo en su momento 5 o más años de mantenerse en la Universidad sin poder avanzar en sus programas. Una fracción significativa de los estudiantes activos en esta condición matricularon entre los años 2010 y 2013.

Tabla 2: Distribución de la población activa al año 2014, que se encuentra en condición de rezago debido al curso Física General I (FS-0210), según año de ingreso a la Universidad.

Carné	92	98	97	A3	A4	A6	A7	A8	A9	B0	B1	B2	B3	B4
Estudiantes Total 397	2	2	1	1	1	5	9	17	23	76	102	89	65	4

Fuente: SAE, Universidad de Costa Rica

La Escuela de Física espera que al aprobar la asignatura el estudiante haya desarrollado un pensamiento crítico y analítico que le permita aplicar los contenidos de la asignatura en la resolución de problemas tanto reales como meramente académicos. Esto último no se aprende por transmisión, sino a través de un proceso que involucra la constante y activa participación del estudiante en actividades ingeniosamente preparadas y mediadas por el docente, quien como parte de sus funciones debería crear y promover ambientes de aprendizaje significativo y profundo.

Consciente de esta realidad y de su responsabilidad, la Escuela de Física ha buscado mejorar la promoción en sus asignaturas, y de lograr la homogeneidad y la calidad de la enseñanza, pero se ha limitado a la mejora tecnológica por sí misma, sin una intencionalidad clara y sin un plan de implementación y capacitación adecuado. Se han instalado proyectores y pantallas en las aulas, se ha adquirido equipo único en su área que permite complementar las clases teóricas con demostraciones y también se ha adquirido equipo que propicia una participación del estudiantado, tales como “clickers”. Sin embargo, es muy poco lo que este equipo se usa en el salón de clase. Tal vez presentaciones de PowerPoint y en algunos casos vídeos de YouTube. La falta de aulas disponibles y el alto número de grupos no permiten equipar una o varias de las aulas con equipo en forma permanente, y ni el profesorado ni las aulas están disponibles el tiempo necesario para montar las demostraciones.

En cuanto a la calidad docente, la Escuela de Física no tiene dentro de sus políticas la capacitación docente, no tiene instrumentos para evaluar el desempeño docente, más allá de la evaluación docente institucional y no incentiva en forma alguna la labor docente; por el contrario, se ha mostrado indiferente al problema educativo presente en los cursos de servicio.

Y... ¿quién tiene el problema?

Esta es la pregunta que todas las partes evitan hacer. El docente se queja de que los estudiantes son irresponsables o bien, que carecen de las bases académicas necesarias para cursar esta asignatura. El y la estudiante aduce que el cuerpo docente es *malo*, donde este adjetivo significa que desconoce lo que enseña, que es incapaz de transmitir lo que sabe, o que no sabe crear ambientes de aprendizaje, por lo que la asistencia a clases no es de utilidad. La unidad académica se preocupa por la parte administrativa y porque el sistema sea homogéneo: igual evaluación, igual relación docente/estudiante, ignorando necesidades, diferencias y responsabilidades; en otras palabras, educación de una sola talla.

Haciendo una pausa y reflexionando sobre los tres actores citados, surgen las siguientes preguntas:

- ¿podemos exigirle al estudiantado un rol activo y responsable para el cual no está preparado?
- ¿la responsabilidad del docente queda meramente en lo instruccional o por el contrario es la de un formador y la de un generador de espacios de aprendizaje significativos?
- ¿es la unidad académica responsable por el proyecto educativo o es su responsabilidad parcial o limitada?

A partir de las respuestas a estas preguntas, se concluye que el responsable último de este problema es la Escuela de Física como unidad académica a cargo del proyecto educativo, quien delega autoridad, pero no responsabilidad. El docente tiene un rol determinante en el proceso, el de mediador y generador de espacios de aprendizaje; mientras que el estudiante, actor principal del proceso, es quien más afectado resulta.

2. PROSPECTIVA

Se propone la implementación de un entorno virtual de aprendizaje (EVA), siendo éste un espacio más rico y complejo que la asignatura misma. El EVA es especialmente conveniente para la implementación de un enfoque interactivo y conectivista, centrado en el estudiante, permitiendo la creación de espacios donde los estudiantes y el profesor se pueden encontrar sincrónica o asincrónicamente, espacios que facilitan la gestión de material de estudio, tareas y asignaciones, espacios para la administración del tiempo tanto por parte del docente como por parte del estudiante y espacios para la promoción de una comunicación horizontal (estudiante – estudiante) y vertical (estudiante – docente) eficaz y oportuna. Iniciando con un curso alto virtual (bimodal), se espera que al cabo de 2 años se ofrezca el curso en forma virtual. La asignatura se desarrollará a través de un EVA y buscando la construcción de espacios personales de aprendizaje. Bajo estas condiciones es fácil generar ambientes de interacción que le permitan al estudiante ser un ente activo en el proceso de aprendizaje, y al docente, responsable de la administración del EVA, mediar el proceso de aprendizaje en forma continua y oportuna, planificar actividades de aprendizaje y preparar material didáctico oportuno.

3. PROPUESTA PEDAGÓGICA

La estrategia metodológica por implementar debe considerar el aporte del profesorado, las necesidades y expectativas del estudiantado y las herramientas disponibles para facilitar esta interacción entre ambas partes. La estrategia pedagógica debe responder a las características únicas del estudiantado y, por lo tanto, cada grupo ha de disponer de prácticas y metodologías especialmente diseñadas. La clase debe ser única, flexible, participativa, pensada en el estudiantado. Tal y como Duart y Sangrà (2013) lo exponen, las técnicas metodológicas implementadas deben servir para poner al alcance de todos los actores una amplia gama de recursos que ayudarán, al estudiante en su proceso de aprendizaje y en la manera de convertirse en protagonista y gestor, y al docente en llegar a ser un mediador del aprendizaje.

La estrategia pedagógica busca promover un aprendizaje significativo y profundo mediante la generación de espacios de aprendizaje adecuados y a través de continuas prácticas y evaluaciones formativas. Esto hace necesario nuevos planes de estudio y nuevos abordajes metodológicos, centrados en el estudiante y estratégicamente soportados en la tecnología. La implementación de ambientes virtuales estratégicamente planeados son espacios ideales para lograr aprendizajes interactivos (*team based learning*).

El estudiante, además de *aprender a aprender física*, debe llegar a conocer cómo y por qué un concepto es de interés, y no limitarse con el simple saber de ese concepto. Por lo tanto, se vuelve necesario abandonar el modelo curricular tradicional, típico de las aulas de física, para reemplazarlo por un modelo que permita que el estudiante se apropie del concepto y de lo que esa apropiación implica: la capacidad de usarlo para describir una serie de fenómenos físicos reales y presentes en la vida cotidiana.

El enfoque pedagógico se puede desarrollar centrado en el estudiante, tomando en consideración el contexto sociocultural, junto con las debilidades y fortalezas del estudiante y del docente. El currículo se puede diseñar en función de los saberes, habilidades y competencias que el estudiante necesita desarrollar. Por ejemplo, competencia significa unidad e implica que los elementos del conocimiento tienen sentido sólo en función del conjunto; y ser competente implica el dominio de la totalidad de elementos y no sólo de alguna o algunas de las partes. González y Larraín (2005) dice que “la competencia es un saber hacer con conciencia. Es un saber en acción. Un saber cuyo sentido inmediato no es “describir” la realidad, sino “modificarla”; no definir problemas sino solucionarlos; un saber qué, pero también un saber cómo”. ¿Acaso no es esto lo que física busca?, desarrollar aprendientes, personas en constante proceso de aprendizaje, capaces no sólo de describir la realidad, sino de modificarla y de solucionar problemas.

4. OBJETIVOS

GENERAL

Ofrecer un proyecto educativo virtual, pertinente sociocultural y profesionalmente para el curso Tópicos de Física Moderna I (FS0319) I de la Universidad de Costa Rica, mediante la creación de espacios de aprendizaje significativo, uso de tecnologías de la información y comunicación, material didáctico eficaz, seguimiento y evaluación estudiantil y administración, a través de un entorno virtual de aprendizaje.

ESPECÍFICOS

1. Diseñar un programa curricular de Tópicos de Física Moderna I, de enfoque pedagógico conectivista, centrado en el estudiante y para desarrollar en ambientes virtuales.
2. Construir un entorno virtual de aprendizaje (EVA) en la plataforma Moodle de la Universidad de Costa Rica, para la mediación del curso, seguimiento y evaluación de los estudiantes.
3. Superar las limitaciones espaciotemporales de los cursos presenciales, mediante la generación de espacios virtuales donde los estudiantes y docentes se puedan encontrar sincrónica o asincrónicamente.
4. Aprender a aprender mediante la correcta gestión del material de estudio, tareas y asignaciones, y administración del tiempo en un curso virtual.

5. RESULTADOS ESPERADOS:

Mediante la implementación de un EVA, que integre un enfoque pedagógico interactivo y centrado en el estudiante, se logrará ampliar el espacio para el aprendizaje más allá del espacio que el salón de clase permite, tanto en forma física como temporal y tecnológica. El proyecto busca alcanzar los siguientes resultados:

1. Un proyecto educativo para el curso Tópicos de Física Moderna I, dentro de un enfoque pedagógico conectivista, interactivo y centrado en el estudiante, con un porcentaje de estudiantes que aprueban la asignatura superior a 70%.

2. Un EVA equipado con los recursos suficientes tales como
 - a. clases y material de estudio, mediados pedagógicamente para el trabajo en entornos virtuales e interactivos
 - b. simuladores y laboratorios virtuales,
 - c. recursos para tareas y autoevaluaciones,
 - d. clases virtuales y vídeos con guías para la resolución de los ejercicios
 - e. instrumentos de evaluación acordes con entornos virtuales y con enfoques interactivos centrados en el estudiante
3. Una cultura de aprendientes, entendiéndose por aprendiente la persona en constante proceso de aprendizaje. El estudiante, a lo largo de la asignatura aprende a aprender y desarrolla hábitos de estudio característicos de estudiantes autónomos y responsables, autores de su aprendizaje.
4. Un EVA que además de lo anterior, permita gestionar el proceso de aprendizaje:
 - a. Administración de la información, enlace a sitios externos de interés, presentación de contenidos en forma de textos, vídeos, PowerPoint y artículos, y manejo de productos elaborados por los estudiantes
 - b. Espacio para la distribución y desarrollo de actividades de aprendizaje, tales como foros, trabajos colaborativos, retroalimentación, conferencias y blogs.

6. ASPECTOS OPERATIVOS

ADMINISTRACIÓN

El docente, en su rol de administrador del proyecto implementará una serie de acciones para mejorar los procesos de aprendizaje y abordará elementos micro curriculares como clases, guías didácticas, libros de texto y materiales didácticos, procesos meso curriculares de la contextualización como el programa de la asignatura, instrumentos de evaluación, distribución temporal y otros.

Lo anterior involucra las siguientes funciones del administrador:

- Diseño y actualización de los programas y cartas al estudiante
- Diseño y elaboración de recursos y objetos de aprendizaje
- Autoevaluación y evaluación del aprendizaje

El EVA será administrado por el docente y la inscripción de los estudiantes se realiza en forma automática con la matrícula ordinaria, a través de la Oficina de Registro.

Se contará con el apoyo de la Unidad de Apoyo a la Docencia Mediada con Tecnologías de la Información y la Comunicación (METICS) de la Vicerrectoría de Docencia. Entre sus objetivos estratégicos se encuentran mejorar la adopción de tecnologías digitales, aumentar la experimentación con nuevas tecnologías en la docencia, brindar un servicio de excelencia y la internacionalización.

El correcto desarrollo del proyecto exige de:

- instrumentos de evaluación del desempeño docente.
- mecanismos de seguimiento de estudiantes que aprobaron la asignatura, con el fin de evaluar su desempeño en las asignaturas siguientes en el programa de la carrera.
- monitoreo de los estudiantes antes y durante el desarrollo del programa, a fin de tomar decisiones académicas pertinentes. Estos mecanismos incluyen encuestas, entrevistas, estadísticas de promoción, rezago y abandono.

El seguimiento se hará a través de varios instrumentos diseñados para tal fin:

- Bitácora o cuaderno de trabajo, llevado por el docente, en la cual se registran las guías didácticas, se listan los recursos y material utilizados, tecnologías y detalles administrativos, así como una apreciación del desarrollo de la clase o sesión.
- Bitácora llevada por cada estudiante, en la cual se registra el quehacer del estudiante, prácticas y apreciaciones. Esto brindará realimentación al docente.

- Creación de espacios para que el docente y los asistentes compartan inquietudes y experiencias en el quehacer diario.

APRENDIZAJE Y TECNOLOGÍAS

El EVA se construirá en la plataforma institucional Moodle, de nombre Mediación Virtual. Éste implementará una serie de tecnologías educativas que propicien el aprendizaje profundo a través de espacios interactivos, constructivistas y centrados en el estudiante:

- a. Preparación previa del estudiante a través de:
 - i. clases virtuales consistentes en textos cortos, concisos y autosuficientes
 - ii. Textos de referencia, vídeos, audios
 - iii. Recursos de apoyo en sitios web externos al EVA, tales como *Khan Academy*, *PhET University* de la Universidad de Colorado y otros

Estos recursos se pondrán a disposición del estudiante como archivos descargables, a través de enlaces para buscar documentos y procesarlos, sitios de trabajo grupal y sitios de interacción y de debate.

- b. Actividades de aprendizaje, desarrolladas por el estudiante, mediadas por el docente y los asistentes y que dejen siempre abierta la posibilidad de que surjan variantes en el camino:
 - i. Construcción de mapas conceptuales, planteo de preguntas conceptuales, y otras actividades de producción a partir del material de estudio.
 - ii. Laboratorios virtuales diseñados a partir del uso de simuladores
 - iii. Casos de estudio y resolución de ejercicios y problemas recomendados
 - iv. Tareas de resolución individual y/o grupal
 - v. Construcción de objetos de aprendizaje, tales como Google Sites y vídeos educativos.

Los laboratorios deben basarse en la indagación y la exploración, evitando caer en el seguimiento de una receta o laboratorios que no propicien espacios de reflexión y confrontación por parte del estudiante.

Se generarán un foro de presentación, la *Sala de Café* (foro de dudas y consultas) y foros de debates.

Indicaciones generales y realimentación se dará a través del correo interno de la plataforma. Además, se habilitará un espacio de comunicación entre y con estudiantes a través de *Telegram*.

Para el desarrollo de capacidades, tanto en el docente como en el estudiantado,

- Se cuenta con personal de apoyo que acompañe al docente y le asista en temas relacionados a la pedagogía e implementación de tecnologías educativas, esto a través de METICS y del Centro de Evaluación Académica de la Universidad de Costa Rica.
- Se incorporarán actividades dedicadas a la formación del estudiante en técnicas de estudio y aprendizaje de actitudes, tales como videoconferencias de formación docente y desarrollo de capacidades.
- La Universidad asegurará el acceso a libros de texto y de referencia, tanto en forma física como en forma digital, a través del sistema de bibliotecas.

Consistente con el modelo pedagógico adoptado, la construcción de conocimiento ha sido diseñada a partir de 5 competencias generales:

- capacidad analítica
- resolución de problemas
- lógica matemática y producción verbal
- trabajo en equipo
- dominio de las competencias de los alumnos en proceso de construcción

que han sido integradas en las 4 unidades estructurales de la asignatura FS0319 Tópicos de Física Moderna I, dotando al aprendiente de un conocimiento y comprensión coherente y contemporáneo que le permita explicar el comportamiento físico del fenómeno natural relacionado con esta área.

TUTORÍA

El modelo pedagógico típico en los salones de ciencias de las universidades centroamericanas es el tradicional, donde la función del profesor, quien se ve como docente, pero pocas veces como tutor, es la transmisión de contenidos. Su objetivo es cumplir con el temario y pocas veces interactúa con el estudiante, a no ser por las horas de consulta física y en forma individual.

El diseño y operación de un proyecto educativo que integre un EVA, además de requerir de tecnologías educativas pertinentes y de recursos y materiales didácticos apropiados, requiere de un docente tutor. El profesor adquiere un nuevo rol, importante y determinante del proceso de aprendizaje. Él o ella debe acompañar a cada alumno a lo largo de su aprendizaje y debe atender a sus diferencias en función de sus conocimientos previos y de sus habilidades. Entre las tareas del tutor destaca la redacción y habilitación de las clases, generación y coordinación de los foros, diseño y habilitación de las actividades de aprendizaje, construcción de objetos de estudio y el monitoreo y evaluación del proceso de aprendizaje mediante rúbricas y seguimiento del estudiante.

MATERIAL DIDÁCTICO

El tutor, como parte de su nuevo rol, será el encargado de elaborar el siguiente material didáctico:

- Material didáctico que asegure la construcción de conocimiento por parte del estudiante. Este material incluye, pero no se limita a, materiales impresos, materiales audiovisuales e informáticos.
- Guías didácticas que faciliten el uso del material didáctico en forma oportuna, eficiente y correcta. Estas guías didácticas deben asegurar la coherencia entre los objetivos, prácticas de aprendizaje y evaluación del aprendizaje.
- Mecanismos e instrumentos de evaluación de la calidad y efectividad del material didáctico y de las prácticas de aprendizaje; tales como encuestas, y monitoreo cualitativo y cuantitativo constante y oportuno.

Las guías didácticas y clases virtuales serán elaboradas por el docente específicamente para la asignatura y con identidad propia de la Universidad. Estas guías y clases se irán editando y mejorando semestre a semestre a medida que se ofrece la asignatura y se basarán en los textos de referencia y complementarios disponibles. Los vídeos y otros materiales de apoyo de naturaleza similar serán elaborados también por el docente, con la ayuda de asistentes y grupos de estudiantes a través de proyectos de innovación docente inscritos en la Universidad. Se recurrirá a estudiantes de las carreras de ciencias, enseñanza de las ciencias, producción audiovisual y diseño gráfico. La producción de material audiovisual en hará en forma continua, *engordando* el EVA semestre a semestre.

La implementación de laboratorios virtuales a partir de simuladores hará uso del material de apoyo suministrado con algunos de los libros de texto y material provisto en forma gratuita por Universidades, tales como la Universidad de Colorado, a través del proyecto *PhET Interactive Simulations*.

7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ANTES, DURANTE Y AL FINALIZAR EL PROYECTO

La implementación del proyecto educativo propuesto, simple en el papel, exige cambios, algunos sencillos y otros complejos. Para asegurar el correcto desarrollo del proyecto educativo y garantizar los resultados esperados, la evaluación y seguimiento de todos los actores y componentes de este es importante.

El seguimiento se hará a través de varios instrumentos diseñados para tal fin:

- Bitácora o cuaderno de trabajo, llevado por el docente, en la cual se registran las guías didácticas, se listan los recursos y materiales utilizados, tecnologías y detalles administrativos, así como una apreciación del desarrollo de la clase o sesión.
- Bitácora llevada por cada estudiante, en la cual se registra el quehacer del estudiante, prácticas y apreciaciones. Esto brindará retroalimentación al docente.

- Creación de espacios para que el docente y los asistentes compartan inquietudes y experiencias en el quehacer diario. Tales espacios, además de coordinaciones periódicas o seminarios permanentes, pueden ser seminarios y congresos interuniversitarios.
- Entrevistas informales y espacios de interacción con algunos o todos los estudiantes, tales como foros, encuestas en línea y correos electrónicos que permitan la realimentación durante y al final del período lectivo.

INDICADORES DE EVALUACIÓN DE CADA ASPECTO OPERATIVO

Aunque se reconocen diferentes enfoques al problema de la evaluación y seguimiento del proyecto, se adoptarán 5 categorías para las cuales se definen los indicadores y medidas de evaluación y seguimiento:

- Modelo pedagógico general,
- prácticas de aprendizaje y tecnologías,
- material didáctico,
- tutoría y
- administración

En cada categoría se definen criterios e indicadores que han de medir el alcance de los logros del proyecto. Si bien estos criterios e indicadores pueden ser muchos y pueden cambiar a medida que el proyecto se desarrolle y se consolide, se proponen a continuación los indicadores básicos necesarios para el arranque y buen operar del proyecto educativo.

MODELO PEDAGÓGICO GENERAL

- La asignatura deberá presentar y fundamentar el diseño del proyecto educativo (entendiéndose la propuesta, actividades de aprendizaje, material didáctico y evaluación de los aprendizajes) en forma coherente con el modelo curricular adoptado, con el campo disciplinar de la física y con la modalidad de educación a través de entornos virtuales de aprendizaje.

- El modelo pedagógico deberá garantizar la coherencia entre las metas y objetivos educacionales identificados como necesarios y deseables con los resultados alcanzados, tanto cualitativos como cuantitativos.
- Los instrumentos diseñados para la evaluación de los aprendizajes deben ser de tipo formativo y coherentes con estrategias que promuevan la construcción de conocimiento, el aprendizaje por interacción, la apropiación del proceso de aprendizaje y que eviten conductas fraudulentas.
- El accionar del docente debe ser dentro del modelo educativo adoptado, teniendo conciencia plena de los objetivos del proyecto educativo y de la necesidad de la coherencia pedagógica en todas las partes de este.

PRÁCTICAS DE APRENDIZAJE Y TECNOLOGÍAS

- Se debe contar con personal de apoyo que acompañe al docente y le asista en temas relacionados a la pedagogía e implementación de tecnologías educativas.
- Se debe incorporar actividades dedicadas a la formación del estudiante en técnicas de estudio y aprendizaje de actitudes.
- Se recomienda la participación en espacios para que los docentes compartan inquietudes y experiencias en el quehacer docente. Tales espacios, además de coordinaciones periódicas, pueden ser seminarios y congresos interuniversitarios.
- La Universidad debe asegurar el acceso al material didáctico y al EVA en sí, mediante la implementación de una plataforma de administración de sistemas de aprendizaje (LMS) robusta y confiable.
- La Universidad debe asegurar el acceso a libros de texto y de referencia, tanto en forma física como en forma digital, a través del sistema de bibliotecas.

MATERIAL DIDÁCTICO

- Material didáctico que asegure la construcción de conocimiento por parte del estudiante. Este material incluye, pero no se limita a, materiales impresos, materiales audiovisuales e informáticos.
- Guías didácticas que faciliten el uso del material didáctico en forma oportuna, eficiente y correcta. Estas guías didácticas deben asegurar la coherencia entre los objetivos, prácticas de aprendizaje y evaluación del aprendizaje.
- Mecanismos e instrumentos de evaluación de la calidad y efectividad del material didáctico y de las prácticas de aprendizaje; tales como encuestas, y monitoreo cualitativo y cuantitativo constante y oportuno.

TUTORÍA

- La tutoría debe ser oportuna y constante, a través de los medios que permite el EVA.
- Se deben implementar herramientas de evaluación y autoevaluación del desempeño del tutor. la labor del tutor.
- valoración La tutoría debe ser oportuna y constante, a través de los medios que permite el EVA.

ADMINISTRACIÓN

- Se debe contar con estándares de calidad e instrumentos para la selección del personal docente.
- Se debe contar con instrumentos de evaluación del desempeño docente.
- Se debe contar con mecanismos de seguimiento de estudiantes que aprobaron la asignatura, con el fin de evaluar su desempeño en las asignaturas siguientes en su malla curricular.
- Se debe contar con acciones y mecanismos de monitoreo de los estudiantes antes y durante el desarrollo del programa, a fin de tomar decisiones académicas pertinentes. Estos mecanismos incluyen encuestas, entrevistas, estadísticas de promoción, rezago y abandono.

8. CRONOGRAMA PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Actividad	Número de semanas
Diseño curricular de la asignatura	3
Construcción del entorno virtual	4
Diseño de las actividades de aprendizaje – 1 ^{er} periodo	3
Construcción de los objetos de aprendizaje – 1 ^{er} periodo	4
Ejecución del programa – 1 ^{er} periodo	16
Evaluación y mejora del programa	2
Diseño de las actividades de aprendizaje – 2 ^o periodo	3
Construcción de los objetos de aprendizaje – 2 ^o periodo	4
Ejecución del Programa – 2 ^o periodo	16
Evaluación y mejora del programa	2
Elaboración del informe final	1

9. PRESUPUESTO

1. 3/8 TC para el tutor – 3 600 000 colones por semestre.
 2. 5 HE para el estudiante asistente – 416 000 colones por semestre.
- Este presupuesto es propio de la Unidad Académica.

La unidad METICS de la Universidad de Costa Rica cuenta con una plataforma Moodle, llamada Mediación Virtual, para el desarrollo de los entornos virtuales. Esta plataforma es lo suficiente robusta y estable y la construcción del entorno virtual para Tópicos de Física Moderna I. No hay costos adicionales debido a la implementación de este EVA en Mediación Virtual.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez M., J. (2001). El currículo como campo de estudio. En *Entender la Didáctica, entender el Currículum*. Madrid, España: M y D. editores Ed.
- Becerra, M. B. (2004). *Informe Final de la Comisión Asesora de Educación a Distancia*. Argentina.
- Bolaños, G. (2007). Enfoques curriculares y modelos de planificación del currículo. En *Introducción al currículo*. San José, Costa Rica: Editorial UNED.
- Duart, J.M.; Sangrà, A. (2000). "Formación universitaria por medio de la web: un modelo integrador para el aprendizaje superior". A: DUART, J.M.; SANGRÀ, A. (comps.) *Aprender en la virtualidad*. Barcelona: Gedisa.
- García Aretio, L. (1998). Indicadores para la Evaluación de la Enseñanza en una Universidad a Distancia. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 63-85.
- González, L. y Larraín, A. (2005). Formación universitaria basada en competencias: aspectos referenciales. En Cabrera, K. *Currículo Universitario Basado en Competencias: Memorias del Seminario Internacional*. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.
- Laurillard, D. (2013). *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology*. Routledge.
- Posner, G. (2005). Perspectivas teóricas del currículo. En *Análisis del currículo*. México: McGraw-Hill Interamericana Ed.
- Prieto Castillo, D. (2017). Evaluación y Seguimiento. In *Planificación, seguimiento y evaluación de proyectos* (p. Unidad 4). Instituto Latinoamericano de Desarrollo Profesional Docente.

DESARROLLO DEL PROYECTO

1. NOMBRE DEL CURSO VIRTUAL

Tópicos de Física Moderna I (FS0319)

2. SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

Para la realización del proyecto de intervención se utilizará la plataforma institucional de entornos virtuales de la Universidad de Costa Rica, Mediación Virtual. A través de esta plataforma institucional montada en Moodle, la Universidad de Costa Rica brinda la oportunidad de tener un espacio virtual para acompañar o hacer su curso, de forma oficial y apegado a normativas institucionales. Los cursos son clasificados como bajo, medio o alto virtual; correspondiendo esta nomenclatura a diferentes porcentajes de hibridación del curso. El curso para intervenir, FS0319 Tópicos de Física Moderna I, se clasifica como alto virtual.

METICS es la Unidad de Apoyo a la Docencia Mediada con Tecnologías de la Información y la Comunicación (METICS) de la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad de Costa Rica y es la unidad administradora de Mediación Virtual. Entre sus objetivos estratégicos se encuentran mejorar la adopción de tecnologías digitales, aumentar la experimentación con nuevas tecnologías en la docencia, brindar un servicio de excelencia y la internacionalización. METICS impulsa la transformación de la docencia universitaria mediante tecnologías digitales.

Mediación Virtual tiene conexión con el Sistema de Registro e Información de la Universidad de Costa Rica, lo que significa que los estudiantes aparecerán en la lista de participantes conforme ingresen a la plataforma. Además, Mediación Virtual ofrece toda una serie de recursos y actividades para implementar en el aula virtual. Entre las actividades destacan las siguientes:

- Cuestionarios
- Foros
- Exámenes
- Juegos (escaleras y serpientes, ¿quién quiere ser millonario?)
- Incorporación de paquetes SCORM
- Tareas
- Videoconferencias

Entre los recursos a disposición destacan los siguientes:

- archivos
- Etiquetas
- Páginas
- Libros digitales
- URL



El aula virtual se diseña siguiendo las etapas del proceso de indagación, las cuales se ilustran en la figura y se amplían a continuación:

a. Focalización:

Se parte de un proceso de orientación, donde el tutor da indicaciones, orienta el proceso que se llevará a cabo y delimita el tema. Este proceso puede darse al escoger una o más preguntas generadoras, con intención de dar inicio al proceso de indagación.

b. Exploración:

Busca respuesta a la(s) pregunta(s), que se plantearon en la focalización, siempre delimitando la temática. En este proceso los estudiantes investigan mediante diferentes medios; libros, internet, simuladores, material anteriormente dado, etc.

c. Contrastación:

Se exponen las ideas que se investigaron y las respuestas acordadas, mediante exposición, foro de debate, etc. a redonda, debate, etc. Se pretende que los estudiantes se hayan apropiado de la información investigada y elaboren sus propias conclusiones.

d. Aplicación:

Se contextualiza todo el proceso anterior, de manera que los estudiantes puedan relacionar lo investigado y aprendido con su vida cotidiana y experiencias personales. Para este proceso, por ejemplo, se pueden construir tareas en donde el estudiante pueda establecer esta relación.

Las herramientas de Moodle que se habilitarán son las siguientes:

- Novedades: para informar sobre la habilitación de clases, tareas, actividades en el aula virtual y otras asignaciones.
- Foro de consultas y dudas: habilitado permanentemente, para compartir y evacuar dudas generales y de contenido.
- Libro de calificaciones: para llevar control de las calificaciones y que el estudiante pueda monitorear su desempeño.
- Páginas: para compartir información en específico, por ejemplo, los objetivos de la unidad o su introducción y datos importantes.
- Libros: para compartir simuladores y colecciones de documentos.
- Etiquetas: para organizar las secciones y resaltar información relevante.

- Foros de discusión y debate: para la construcción de conocimiento y contrastación de conocimientos previos. En algunos casos se usarán como espacios para debatir y organizar la forma de trabajar y el producto a desarrollar. En otros casos, se utilizarán para compartir información y puntos de vista.
- Wikis: para realizar trabajos colaborativos, tales como elaboración de guías didácticas y guías de laboratorios.
- Tareas: para hacer entrega de trabajos elaborados por el estudiante, evidencias de aprendizaje, mapas conceptuales, resúmenes y otros documentos.
- Exámenes: para realizar autoevaluaciones y resolución de ejercicios numéricos
- Juegos: para realizar actividades de autoevaluación en un ambiente lúdico. Se habilitarán los siguientes juegos:
 - ¿quién quiere ser millonario?
 - Serpientes y escaleras
 - Ahorcado
 - Crucigrama
- Paquetes *scorm* para desplegar clases virtuales elaboradas con Presenter360.
- Bancos de preguntas: para tener a disposición ejercicios para las autoevaluaciones y los juegos que se habilitarán.
- Además de las herramientas de Moodle, se habilitarán las siguientes herramientas de Google (estas se incrustarán en el entorno virtual)
 - Google docs: para la elaboración de trabajos colaborativos
 - Google sites: para la elaboración de un libro digital en forma colaborativa

3. PLANIFICACIÓN DE LAS CLASES

NÚCLEOS PRINCIPALES DEL MÓDULO.

Se proponen tres clases, trabajando los siguientes conceptos principales:

- Voltajes inducidos (fórmula general de la ley de Faraday)
- Generadores y motores de corriente eléctrica
- Inductancia

CLASE 1: DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS A LOS VOLTAJES INDUCIDOS

- Objetivos de la clase
 - Definir el flujo magnético y analizar su papel en la producción de una fem inducida
 - Evaluar la magnitud y el cambio en el flujo magnético a través de un área dada
 - Establecer las leyes de Faraday y de Lenz y describir las aplicaciones basadas en ellas
 - Aplicar las leyes de Faraday y de Lenz a los sistemas con flujo magnético cambiante
 - Definir la fem de movimiento y usar la ley de Faraday para discutir la diferencia de potencial a través de un conductor en movimiento
 - Aplicar la ley de Faraday a sistemas que involucren a un conductor que se mueve a través de un campo magnético
- Contenidos de la clase
 - Ley de Faraday de inducción
 - Fem de movimiento
 - Ley de Lenz
 - Forma general de la ley de Faraday

- Bibliografía

- Vidaurre, G. (2019). Material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia.
- Barbero, A. Inducción electromagnética. https://previa.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Teoria/Leccion_Induccion_Electromagnetica.pdf
- Khan Academy. El flujo y el flujo magnético. <https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/v/flux-and-magnetic-flux>

- Recursos multimedia

- La ley de Faraday establece la relación entre el campo eléctrico y el campo magnético. Fabián Razo, Trafomex (2017). Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=SfbelEvDWwo>
 - El video explica el fenómeno físico utilizando un simulador de PhET el principio teórico de la ley de Faraday.
 - Útil para contextualizar y entender la situación la conexión entre los campos eléctrico y magnético.
- Física Nova, (2014). La ley de Faraday – inducción electromagnética. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=PT9bh_BrX9M
 - El video explica el fenómeno físico utilizando un amperímetro, bobina y un imán.
 - Útil para contextualizar y entender la situación la conexión entre los campos eléctrico y magnético.

- Actividades

- Foro: Identifico lo que no conozco ni comprendo
 - Objetivo: Que el estudiante reconozca aquellos conceptos, ideas y demás elementos del material de estudio que no conoce ni comprende y que le imposibilita la construcción de conocimiento.

- Evaluación: Se valorará el número de participaciones, entre las que debe haber aperturas de discusión y réplicas. Asimismo, se valorará que las participaciones den lugar a la discusión entre pares.
- Plazos de entrega: El foro estará abierta durante 21 días, tiempo en que se desarrollaran las tres clases.
- Consigna

IDENTIFICO LO QUE NO CONOZCO NI COMPRENDO

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. Luego, compartí tus dudas, comentarios, preguntas, en este foro... entre todos construiremos nuestro aprendizaje.

Para cada clase debés hacer, al menos, un aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros.

Este foro estará abierto por 24 días, hasta el final de la unidad, pero tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Por ahora, empezá con la clase 1, voltajes inducidos e inductancia (páginas 7 a 27 del material de lectura obligatorio).

Este foro cerrará el _____.

- Laboratorio virtual: Identifico lo que no conozco ni comprendo
 - Objetivo: Fomentar el uso creativo y el trabajo colaborativo, mediante el desarrollo de un laboratorio virtual aplicado a través de un juego, con el fin de que el estudiante construya su conocimiento y aplique de manera dinámica lo visto en la teoría.
 - Evaluación: Se valorará las respuestas a las interrogantes, trabajadas en forma colaborativa y el modelo físico desarrollado.
 - Plazos de entrega: El laboratorio virtual estará abierto durante 10 días.
 - Consigna

¿QUERÉS JUGAR UN JUEGO?

¿Vivir o morir? Vos decidís.

¡Fuiste uno de los elegidos para el juego en nuestro simulador! Las reglas son sencillas, pero debés tener en cuenta que no será tan fácil ganar.

Si estás listo(a) para usar lo aprendido, atrévete a jugar por tu vida... ingresá a la habitación de "Bobina Inducida".

Nota: el juego es un laboratorio basado en un simulador y tiene toda una serie de instrucciones y pasos a seguir.

CLASE 2: GENERADORES Y MOTORES ELÉCTRICOS

- Objetivos de la clase
 - Comparar los principios de funcionamiento de los generadores de CA y CC
 - Describir los principios de funcionamiento de los motores y el fenómeno de fem trasera
 - Aplicar la ley de Faraday a los generadores y motores
- Contenidos de la clase
 - Generadores y motores
 - Corrientes de eddy
- Bibliografía
 - Vidaurre, G. (2019). Material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia.
- Recursos multimedia
 - How Works a DC Electric Motor. Bunker Maker. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=IORNkw_0Pyw
 - El video explica cómo funciona un motor eléctrico y provee datos históricos.

- Útil para entender el funcionamiento de un motor eléctrico y su conexión con los conceptos estudiados previamente (magnetismo).
- ¿Cómo funciona un generador eléctrico? Bunker Maker. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=PT9bh_BrX9M
 - El video complementa el anterior y explica cómo funciona un generador.
 - Útil para entender el funcionamiento de un generador eléctrico y su conexión con los conceptos estudiados previamente (magnetismo).
- Actividades
 - Foro: Identifico lo que no conozco ni comprendo (este foro es continuación del foro de la clase 1)
 - Objetivo: Que el estudiante reconozca aquellos conceptos, ideas y demás elementos del material de estudio que no conoce ni comprende y que le imposibilita la construcción de conocimiento.
 - Evaluación: Se valorará el número de participaciones, entre las que debe haber aperturas de discusión y réplicas. Asimismo, se valorará que las participaciones den lugar a la discusión entre pares.
 - Plazos de entrega: El foro estará abierta durante 21 días, tiempo en que se desarrollaran las tres clases.

- Consigna

IDENTIFICO LO QUE NO CONOZCO NI COMPRENDO

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. Luego, compartí tus dudas, comentarios, preguntas, en este foro... entre todos construiremos nuestro aprendizaje.

Para cada clase debés hacer, al menos, un aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros.

Este foro estará abierto por 21 días, hasta el final de la unidad, pero tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Ahora, continuá con la clase 2, generadores y motores de corriente eléctrica (páginas 28 a 34 del material de lectura obligatorio).

Este foro cerrará el **miércoles 12 de junio**.

- Juego: ¿Quién quiere ser millonario?
 - Objetivo: Profundizar en la comprensión de la fórmula general de la ley de Faraday, mediante la resolución de ejercicios típicos en un ambiente lúdico, con el fin de que el estudiante construya su conocimiento y aplique de manera dinámica lo visto en la teoría.
 - Evaluación: Nota más alta lograda en 5 intentos.
 - Plazos de entrega: El juego estará abierto durante 5 días.

- Consigna

¿QUIÉN QUIERE SER MILLONARIO?

El juego está abierto a cualquier persona dispuesta a poner sus conocimientos a prueba en una serie de preguntas y respuestas. ¡Mantén tu ingenio, diviértete y hacete rico! Así que, si estás de humor para ganarte un rápido millón de... puntos, esta es tu oportunidad.

El juego consta de 15 preguntas. El nivel de dificultad aumenta con cada pregunta, y también lo hace su valor. Por ejemplo, si contestás la primera pregunta correctamente el premio sube de \$100 a \$1000. A medida que avancés a través de las preguntas dando las respuestas correctas, tu premio crecerá en forma exponencial hasta que llegués a la pregunta final -y si esta también la contestás correctamente, ¡habrás logrado tu millón de dólares!

Tené en cuenta que tu intelecto y conocimiento son las claves del éxito. ¿Creés que tenés lo que se necesita? ¡Entonces sigue adelante y jugá! Dale a todos esos conocimientos que has construido a lo largo de esta unidad un buen uso y convertite en un millonario... rápido y fácil.

CLASE 3: INDUCTANCIA

- Objetivos de la clase
 - Describir los conceptos de autoinducción y fem autoinducida
 - Evaluar la autoinductancia y fem autoinducida en sistemas eléctricos simples
- Contenidos de la clase
 - Autoinducción en inductancia
- Bibliografía
 - Vidaurre, G. (2019). Material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia.
- Recursos multimedia

- Inductancias y autoinductancias desde dos puntos de vista. Pon un ingeniero en tu vida. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=IORNkw_0Pyw
 - El video explica los conceptos de autoinducción e inductancia desde el punto de vista ingenieril.
 - Ofrece una explicación diferente a la ofrecida en libros de física y está dada para estudiantes de ingeniería.
- Actividades
 - Foro: Identifico lo que no conozco ni comprendo (este foro es continuación del foro de la clase 2)
 - Objetivo: Que el estudiante reconozca aquellos conceptos, ideas y demás elementos del material de estudio que no conoce ni comprende y que le imposibilita la construcción de conocimiento.
 - Evaluación: Se valorará el número de participaciones, entre las que debe haber aperturas de discusión y réplicas. Asimismo, se valorará que las participaciones den lugar a la discusión entre pares.
 - Plazos de entrega: El foro estará abierta durante 21 días, tiempo en que se desarrollaran las tres clases.

- Consigna

IDENTIFICO LO QUE NO CONOZCO NI COMPRENDO

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. Luego, compartí tus dudas, comentarios, preguntas, en este foro... entre todos construiremos nuestro aprendizaje.

Para cada clase debés hacer, al menos, un aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros.

Este foro estará abierto por 21 días, hasta el final de la unidad, pero tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Para terminar, continuá con la clase 3, autoinducción e inductancia (páginas 35 a 38 del material de lectura obligatorio).

Este foro cerrará el **miércoles 12 de junio**.

- Mapa conceptual: Conectando conceptos
 - Objetivo: Identificar las relaciones entre las ideas y conceptos aprendidos.

- Evaluación: Mediante la siguiente rúbrica.


Criterio	Indicadores de rendimiento	
	●● Deficiente (1 punto)	●● Excelente (2 puntos)
Tema principal	No identifica el tema principal a partir del cual se desarrolla el mapa	Identifica el tema principal a partir del cual se desarrolla el mapa
Representatividad	No logra representar los conceptos principales a través del esquema adecuadamente	representa los conceptos principales a través del esquema adecuadamente
Organización	La presentación no es ordenada, lógico, secuencial o jerárquico	Se encuentra presentado de manera ordenada con respecto a un criterio lógico, secuencial y jerárquico
Conexión de conceptos	No clasifica correctamente los conceptos. No usa palabras ni conectores para relacionar conceptos	Clasifica correctamente los conceptos y usa palabras y/o conectores para relacionar conceptos
Puntaje Total	Puntaje obtenido	Nota
8 puntos		
Realimentación:		

- Plazos de entrega: Es estudiante dispondrá de 8 días para estudiar el material y elaborar el mapa conceptual.

- Consigna

MAPAS CONCEPTUALES

... medio para visualizar ideas o conceptos y las relaciones jerárquicas entre los mismos.



Su proceso de construcción te permitirá reconocer pautas en las imágenes visuales, con lo que se facilitan el aprendizaje y el recuerdo de lo aprendido.

Te ayudará a organizar el contenido del material de estudio y a lograr un aprendizaje significativo.

En esta actividad debés hacer un mapa conceptual que integre los conceptos, leyes y principios requeridos para estudiar el fenómeno físico que da lugar a dispositivos tales como generadores y motores eléctricos.

Tu mapa conceptual debe incluir los modelos de análisis y representaciones importantes. Debe ser fácil de seguir y de entender.

Los mapas conceptuales se pueden hacer con la herramienta Cmap o con Dia Diagram, cuyas instrucciones de uso se encuentran en la sección de recursos del curso

Para la realización del proyecto de intervención se utilizará la plataforma

4. REDACCIÓN DE LAS CLASES



Germán Vidaurre

“la disciplina, tarde o temprano, vencerá la
inteligencia”

UNIDAD II – CLASE 1

De los campos magnéticos a los voltajes inducidos

Hola, bienvenido nuevamente al aula virtual de aprendizaje (EVA), para estudiar la relación entre los campos magnéticos y los voltajes inducidos. Hasta ahora, tus estudios en electricidad y magnetismo han tratado los campos eléctricos y los campos magnéticos como fenómenos físicos separados. Los campos eléctricos son causados por cargas estacionarias y los campos magnéticos son causados por cargas en movimiento. Los experimentos realizados por Michael Faraday y por Joseph Henry mostraron efectos interesantes cuando existe un campo magnético cambiante en una región del espacio. Un efecto ocurre cuando se coloca un circuito sin batería en la región donde un campo magnético varía en el tiempo: **observamos que existe una corriente en el circuito!**

Para ilustrar mejor este efecto, observá el siguiente vídeo de [Fabián Razo, Trafomex \(2017\)](#). En él Fabián explica el fenómeno físico utilizando un simulador

del proyecto PhET de la Universidad de Colorado. Este vídeo te puede ayudar a contextualizar y entender la conexión entre los campos magnético y eléctrico.

[aquí se incrusta el primer vídeo de YouTube]

El siguiente vídeo, de [Física Nova, \(2014\), La ley de Faraday – inducción electromagnética](#), al igual que el vídeo anterior, explica el fenómeno físico y la conexión entre los campos magnético y eléctrico, pero utilizando un amperímetro, una bobina y un imán.

[aquí se incrusta el segundo vídeo de YouTube]

A medida que estudiamos este tipo de fenómeno, encontramos que, incluso si el circuito no está presente, **hay un campo eléctrico en la región donde un campo magnético varía en el tiempo!** Estos resultados sugieren una relación profunda entre los campos eléctrico y magnético. Utilizamos el término inducido para describir los efectos: hay una corriente inducida en el circuito y un campo eléctrico inducido en la región donde un campo magnético varía en el tiempo. La relación matemática entre los campos eléctrico y magnético que trabajarás en esta clase se llama ley de inducción de Faraday. Esta será tu entrada al electromagnetismo, un tema que ha revolucionado la investigación en física y ha permitido el desarrollo de innumerables dispositivos electrónicos; por ejemplo, tu teléfono inteligente.

Comenzá tu investigación con la lectura del Material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia; pero, antes tené presente los objetivos a lograr con esta clase, los cuales se dan a continuación:

Objetivos de la clase

- Definir el flujo magnético y analizar su papel en la producción de una fem inducida

- Evaluar la magnitud y el cambio en el flujo magnético a través de un área dada
- Establecer las leyes de Faraday y de Lenz y describir las aplicaciones basadas en ellas
- Aplicar las leyes de Faraday y de Lenz a los sistemas con flujo magnético cambiante
- Definir la fem de movimiento y usar la ley de Faraday para discutir la diferencia de potencial a través de un conductor en movimiento
- Aplicar la ley de Faraday a sistemas que involucren a un conductor que se mueve a través de un campo magnético

Lecturas recomendadas

Es importante que leás y estudiés con detenimiento del material base de la clase: material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia, las páginas de la 7 a la 27 inclusive.

Además de esta lectura, los siguientes recursos te ayudarán a profundizar en la temática en estudio:

- Barbero, A. Inducción electromagnética.
https://previa.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Teoria/Leccion_Induccion_Electromagnetica.pdf
- Khan Academy. El flujo y el flujo magnético.
<https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/v/flux-and-magnetic-flux>

Asignaciones

- Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio? Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros a través de este foro.

Para esta clase debés hacer, al menos, un aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés de 8 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Este foro cerrará el _____.

○ ¿Querés jugar un juego?

*¿Vivir o morir? Vos decidís.
¡Fuiste uno de los elegidos para el juego en nuestro simulador! Las reglas son sencillas, pero debés tener en cuenta que no será tan fácil ganar.*

Si estás listo(a) para usar lo aprendido, atrévete a jugar por tu vida... ingresá a la habitación de "Bobina Inducida".

En este juego se valorarán las respuestas que des a las interrogantes, tu interacción dentro del grupo de jugadores y el modelo físico desarrollado.

El juego estará disponible durante 8 días, cerrando el _____.

La *Sala de café* es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

*Seguí construyendo tu propio conocimiento.
Saludos cordiales y nos estamos leyendo
Germán Vidaurre*



Germán Vidaurre

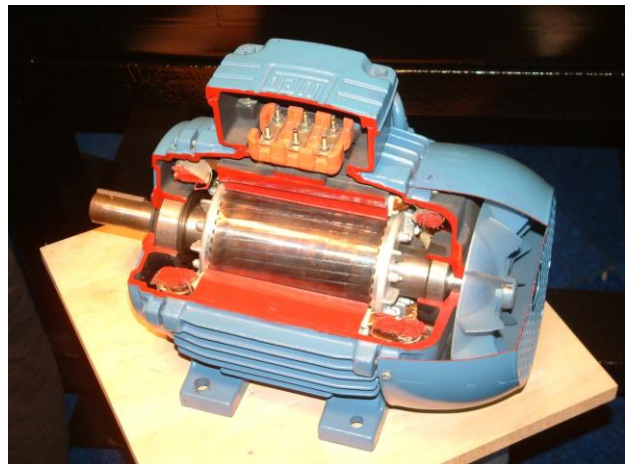
“la disciplina, tarde o temprano, vencerá la
inteligencia”

UNIDAD II – CLASE 2

generadores y motores eléctricos

Hola, seguimos avanzando con nuevos conceptos y nuevas aplicaciones por aprender. Hagamos algo útil de lo aprendido. Recordá aquellas viejas linternas de emergencia o radios que funcionaban girando una manivela con la mano. Dentro de esos dispositivos hay un generador que convierte la energía de tu mano en energía potencial eléctrica. Por su parte, los motores son dispositivos que podés utilizar para transferir energía mediante transmisión eléctrica y de los cuales se transfiere energía hacia afuera en forma de trabajo. En esencia, un motor es un generador que funciona a la inversa

Continuá ahora con el estudio algunos dispositivos que funcionan con base en la interacción entre los campos magnético y eléctrico, tales como los motores de corriente continua, de corriente alterna y los generadores.



Objetivos de la clase

- Comparar los principios de funcionamiento de los generadores de CA y CC
- Describir los principios de funcionamiento de los motores y el fenómeno de fem trasera
- Aplicar la ley de Faraday a los generadores y motores

Lecturas recomendadas

Es importante que continúes con la lectura y estudio del material base de la clase: material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia, ahora las páginas de la 28 a la 34 inclusive.

Además de esta lectura, los siguientes vídeos te ayudarán a profundizar en la temática en estudio:

- [How Works a DC Electric Motor. Bunker Maker](#). El video explica cómo funciona un motor eléctrico y provee datos históricos; es útil para entender el funcionamiento de un motor eléctrico y su conexión con los conceptos de magnetismo e inducción electromagnética.
- [¿Cómo funciona un generador eléctrico? Bunker Maker](#). El video complementa el anterior y explica cómo funciona un generador. Es útil para entender el funcionamiento de un generador eléctrico y su conexión con los conceptos de magnetismo e inducción electromagnética.

Asignaciones

○ Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio? Identificar las cosas que no comprendés

es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros a través de este foro.

Dando continuidad a la actividad que iniciastes en la clase anterior, para esta clase debés hacer, al menos, un nuevo aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés nuevamente de 8 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Este foro cerrará el _____.

o **¿Querés ser millonario?**

Demostará cuánto has aprendido. Poné a prueba tus conocimientos con una serie de preguntas y respuestas. ¡Mantén tu ingenio, diviértete y hacete rico! Así que, si estás de humor para ganarte un rápido millón de... puntos, esta es tu oportunidad.

El juego consta de 15 preguntas. El nivel de dificultad aumenta con cada pregunta, y también lo hace su valor. Tené en cuenta que tu intelecto y conocimiento son las claves del éxito. ¿Creés que tenés lo que se necesita? ¡Entonces sigue adelante y jugá! Podés jugarlo hasta **cinco veces** y la nota que cuenta es **la nota más alta obtenida**.

El juego estará disponible durante 5 días, cerrando el _____.

La **Sala de café** es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

*Seguí construyendo tu propio conocimiento.
Saludos cordiales y nos estamos leyendo
Germán Vidaurre*



Germán Vidaurre

“la disciplina, tarde o temprano, vencerá la
inteligencia”

UNIDAD II – CLASE 3

inductancia

Hola, nos vemos nuevamente en esta última clase de la Unidad II; es hora de armar el rompecabezas. Ya aprendiste cómo una fem y una corriente se inducen en una espira de alambre cuando el flujo magnético a través del área encerrada por la espira varía en el tiempo. Este fenómeno de inducción tiene algunas consecuencias prácticas. En esta clase, describirás primero un efecto conocido como autoinducción, el cual es la base del inductor, un nuevo elemento de circuito eléctrico. Estudiarás cómo la energía se almacena en el campo magnético de un inductor y la densidad de energía asociada con el campo magnético. Tu comprensión de los inductores te permitirá avanzar y comprender el funcionamiento de los circuitos de CA.

Después de entender la ley de Faraday, debes distinguir cuidadosamente entre fems y corrientes que son causadas por fuentes físicas como las baterías y aquellas que son inducidas por campos magnéticos variables en el tiempo. Para dar por terminada la unidad sobre voltaje inducido e inductancia, debes lograr los siguientes objetivos:

Objetivos de la clase

- Describir los conceptos de autoinducción y fem autoinducida
- Evaluar la autoinductancia y fem autoinducida en sistemas eléctricos simples

Lecturas recomendadas

Es momento de terminar con la lectura y estudio del material base de la clase: material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia, ahora termina la unidad con las páginas de la 35 a la 38 inclusive.

Además de esta lectura, el siguiente vídeo te ayudará a profundizar en la temática en estudio:

- [Inductancias y autoinductancias desde dos puntos de vista. Pon un ingeniero en tu vida](#). El video explica los conceptos de autoinducción e inductancia desde el punto de vista ingenieril y ofrece una explicación diferente a la ofrecida en libros de física.

Asignaciones

○ Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio? Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros a través de este foro.

Dando cierre a la actividad que iniciastes en la clase primera, para esta última clase de esta unidad debés hacer, al menos, un nuevo aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés nuevamente de 5 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Este foro cerrará el _____.

o Conectando conceptos

Para valorar cuánto has aprendido, identificá las ideas y conceptos aprendidos y cómo se relacionan entre sí. En esta actividad debés hacer un mapa conceptual que integre los conceptos, leyes y principios requeridos para estudiar el fenómeno físico que da lugar a dispositivos tales como generadores y motores eléctricos.

Cuando el mapa conceptual esté listo, lo enviarás para aprobación, en formato png, a más tardar el día _____ a través de este enlace, rotulado de la siguiente manera: [Apellido_Nombre_mapa.png](#)

La *Sala de café* es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

*Seguí construyendo tu propio conocimiento.
Saludos cordiales y nos estamos leyendo
Germán Vidaurre*

5. CAPTURA DE PANTALLA DE LAS CLASES

Se muestran a continuación las clases habilitadas en el entorno virtual de aprendizaje. Por lo extenso de estas, la captura de pantalla se realiza por partes.

I - S - 2019 - RRF - Tópicos de Física Moderna I - 001

Unidad II - Clase 1

Regresar a: UNIDAD II



Unidad II – Clase 1

De los campos magnéticos a los voltajes inducidos

Hola, bienvenido nuevamente al aula virtual de aprendizaje (EVA), para estudiar la relación entre los campos magnéticos y los voltajes inducidos. Hasta ahora, tus estudios en electricidad y magnetismo han tratado los campos eléctricos y los campos magnéticos como fenómenos físicos separados. Los campos eléctricos son causados por cargas estacionarias y los campos magnéticos son causados por cargas en movimiento. Los experimentos realizados por Michael Faraday y por Joseph Henry mostraron efectos interesantes cuando existe un campo magnético cambiante en una región del espacio. Un efecto ocurre cuando se coloca un circuito sin batería en la región donde un campo magnético varía en el tiempo: **observamos que existe una corriente en el circuito!**

Para ilustrar mejor este efecto, observá el siguiente vídeo de Fabián Razo, Trafomex (2017). En él Fabián explica el fenómeno físico utilizando un simulador del proyecto PhET de la Universidad de Colorado. Este vídeo te puede ayudar a contextualizar y entender la conexión entre los campos magnético y eléctrico.



El siguiente vídeo, de Física Nova, (2014), La ley de Faraday - Inducción electromagnética, al igual que el vídeo anterior, explica el fenómeno físico y la conexión entre los campos magnético y eléctrico, pero utilizando un amperímetro, una bobina y un imán.



A medida que estudiamos este tipo de fenómeno, encontramos que, incluso si el circuito no está presente, **¡hay un campo eléctrico en la región donde un campo magnético varía en el tiempo!** Estos resultados sugieren una relación profunda entre los campos eléctrico y magnético. Utilizamos el término inducido para describir los efectos: hay una corriente inducida en el circuito y un campo eléctrico inducido en la región donde un campo magnético varía en el tiempo. La relación matemática entre los campos eléctrico y magnético que trabajarás en esta clase se llama ley de inducción de Faraday. Esta será tu entrada al electromagnetismo, un tema que ha revolucionado la investigación en física y ha permitido el desarrollo de innumerables dispositivos electrónicos; por ejemplo, tu teléfono inteligente.

Comenzó tu investigación con la lectura del Material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: [Voltajes inducidos e inductancia](#); pero, antes tené presente los objetivos a lograr con esta clase, los cuales se dan a continuación:

Objetivos de la clase

- Definir el flujo magnético y analizar su papel en la producción de una fem inducida
- Evaluar la magnitud y el cambio en el flujo magnético a través de un área dada
- Establecer las leyes de Faraday y de Lenz y describir las aplicaciones basadas en ellas
- Aplicar las leyes de Faraday y de Lenz a los sistemas con flujo magnético cambiante
- Definir la fem de movimiento y usar la ley de Faraday para discutir la diferencia de potencial a través de un conductor en movimiento
- Aplicar la ley de Faraday a sistemas que involucren a un conductor que se mueve a través de un campo magnético

Lecturas recomendadas

Es importante que leás y estudiés con detenimiento del material base de la clase: material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: [Voltajes inducidos e inductancia](#), las páginas de la 7 a la 27 inclusive.

Además de esta lectura, los siguientes recursos te ayudarán a profundizar en la temática en estudio:

- Barbero, A. [Inducción electromagnética](#).
- Khan Academy. [El flujo y el flujo magnético](#).

Asignaciones

1. Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros.

Si durante la lectura no comprendés algún concepto teórico o práctico, ingresá al foro: [Identifico lo que no conozco ni comprendo](#), donde podrás colocar tus dudas, comentarios, preguntas, etc. Para esta clase debés hacer, al menos, un aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés de 8 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Estas participaciones deben hacerse antes del lunes 27 de mayo.

2. ¿Quieres jugar un juego?

¿Vivir o morir? Vos decidís.

¡Fuiste uno de los elegidos para el juego en nuestro simulador! Las reglas son sencillas, pero debés tener en cuenta que no será tan fácil ganar.

Si estás listo(a) para usar lo aprendido, atrévete a jugar por tu vida... ingresá al juego "[Inducción a la muerte](#)".

En este juego se valorarán las respuestas que des a las interrogantes, tu interacción dentro del grupo de jugadores y el modelo físico desarrollado.

El juego estará disponible durante 10 días, cerrando el 5 de junio.

La [Sala de café](#) es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

Seguí construyendo tu propio conocimiento.

Saludos cordiales y nos estamos leyendo

Germán Vidaurre

I - S - 2019 - RRF - Tópicos de Física Moderna I - 001

Unidad II - Clase 2

Regresar a: UNIDAD II



Unidad II – Clase 2

Generadores y motores eléctricos

Hola, seguimos avanzando con nuevos conceptos y nuevas aplicaciones por aprender. Hagamos algo útil de lo aprendido. Recordá aquellas viejas linternas de emergencia o radios que funcionaban girando una manivela con la mano. Dentro de esos dispositivos hay un generador que convierte la energía de tu mano en energía potencial eléctrica. Por su parte, los motores son dispositivos que podés utilizar para transferir energía mediante transmisión eléctrica y de los cuales se transfiere energía hacia afuera en forma de trabajo. En esencia, un motor es un generador que funciona a la inversa

Continuá ahora con el estudio algunos dispositivos que funcionan con base en la interacción entre los campos magnético y eléctrico, tales como **los motores de corriente continua, de corriente alterna y los generadores!**



Objetivos de la clase

- Comparar los principios de funcionamiento de los generadores de CA y CC
- Describir los principios de funcionamiento de los motores y el fenómeno de fem trasera
- Aplicar la ley de Faraday a los generadores y motores

Lecturas recomendadas

Es importante que continués con la lectura del material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: Voltajes inducidos e inductancia, ahora las páginas de la 28 a la 34 inclusive.

Además de esta lectura, los siguientes recursos te ayudarán a profundizar en la temática en estudio:

– How Works a DC Electric Motor. Bunker Maker. El video explica cómo funciona un motor eléctrico y provee datos históricos; es útil para entender el funcionamiento de un motor eléctrico y su conexión con los conceptos de magnetismo e inducción electromagnética.



— ¿Cómo funciona un generador eléctrico? Bunker Maker. El video complementa el anterior y explica cómo funciona un generador. Es útil para entender el funcionamiento de un generador eléctrico y su conexión con los conceptos de magnetismo e inducción electromagnética.



Asignaciones

1. Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros.

Dando continuidad a la actividad que iniciastes en la clase anterior. Si al continuar con la lectura no comprendés algún concepto teórico o práctico, ingresá nuevamente al foro: [Identifico lo que no conozco ni comprendo](#), y compartí tus dudas, comentarios, preguntas, etc. Para esta clase debés hacer, al menos, un nuevo aporte inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés otra vez de 8 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Estas participaciones deben hacerse antes del lunes 3 de junio.

2. ¿Querés ser millonario?

Demostrá cuánto has aprendido y poné a prueba tus conocimientos con una serie de preguntas y respuestas. ¡Mantén tu ingenio, diviértete y hacete millonario! Así que, si está de humor para ganarte un rápido millón de... puntos, esta es tu oportunidad.

[¿Querés ser millonario?](#) consta de 15 preguntas. El nivel de dificultad aumenta con cada pregunta, y también lo hace su valor. Tené en cuenta que tu intelecto y conocimiento son las claves del éxito. ¿Creés que tenés lo que se necesita? ¡Entonces sigue adelante y jugá!

Podés jugarlo hasta cinco veces y la nota que cuenta es la nota más alta obtenida. [¿Querés ser millonario?](#) estará disponible durante 8 días, cerrando el 5 de junio.

La [Sala de café](#) es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

Seguí construyendo tu propio conocimiento.

Saludos cordiales y nos estamos leyendo

Germán Vidaurre

I - S - 2019 - RRF - Tópicos de Física Moderna I - 001

Unidad II - Clase 3

[Regresar a: UNIDAD II](#)



Unidad II – Clase 3

Inductancia

Hola, nos vemos nuevamente en esta última clase de la Unidad II; es hora de armar el rompecabezas. Ya aprendiste cómo una fem y una corriente se inducen en una espira de alambre cuando el flujo magnético a través del área encerrada por la espira varía en el tiempo. Este fenómeno de inducción tiene algunas consecuencias prácticas. En esta clase, describirás primero un efecto conocido como autoinducción, el cual es la base del inductor, un nuevo elemento de circuito eléctrico. Estudiarás cómo la energía se almacena en el campo magnético de un inductor y la densidad de energía asociada con el campo magnético. Tu comprensión de los inductores te permitirá avanzar y comprender el funcionamiento de los circuitos de CA.

Después de entender la ley de Faraday, debes distinguir cuidadosamente entre fems y corrientes que son causadas por fuentes físicas como las baterías y aquellas que son inducidas por campos magnéticos variables en el tiempo. Para dar por terminada la unidad sobre voltaje inducido e inductancia, debes lograr los siguientes objetivos:

Objetivos de la clase

- Describir los conceptos de autoinducción y fem autoinducida
- Evaluar la autoinductancia y fem autoinducida en sistemas eléctricos simples

Lecturas recomendadas

Es momento de terminar con la lectura del material de estudio para el aprendizaje en tópicos de física moderna I: [Voltajes inducidos e inductancia](#), ahora termina la unidad con las páginas de la 35 a la 38 inclusive.

Además de esta lectura, el siguiente recurso te ayudará a profundizar en la temática en estudio:

- Inductancias y autoinductancias desde dos puntos de vista. Pon un ingeniero en tu vida. Este vídeo explica los conceptos de autoinducción e inductancia desde el punto de vista ingenieril y ofrece una explicación diferente a la ofrecida en libros de física.

Inductancias y autoinductancias desde dos puntos de vista



Asignaciones

1. Identifico lo que no conozco ni comprendo

¿Te has dado cuenta de que hay conceptos, términos y detalles que no te dejan comprender el material de estudio?

Identificar las cosas que no comprendés es el primer paso para lograr un aprendizaje significativo. El segundo paso es compartir tus comentarios y preguntas y evacuar tus dudas y las de tus compañeros.

Dando cierre a la actividad que iniciastes en la clase primera, para la última clase de esta unidad, si al continuar con la lectura no comprendés algún concepto teórico o práctico, ingresá nuevamente al foro: [Identifico lo que no conozco ni comprendo](#), y compartí tus dudas, comentarios, preguntas, etc. Para esta clase debés hacer, al menos, un último inicial y dos réplicas a los aportes de tus compañeros. Para ello disponés otra vez de 8 días. Tus participaciones deben ser progresivas; recordá que participaciones en el último momento no sirven para reflexionar.

Estas participaciones deben hacerse antes del lunes 10 de junio.

2. Conectando conceptos

Para valorar cuánto has aprendido, identificará las ideas y conceptos aprendidos y cómo se relacionan entre sí. En la [Tarea U2 Mapa conceptual de voltaje inducido e inductancia](#) debés hacer un mapa conceptual que integre los conceptos, leyes y principios requeridos para estudiar el fenómeno físico que da lugar a dispositivos tales como generadores y motores eléctricos.

Cuando el mapa conceptual esté listo, lo enviarás para su aprobación en formato .png, a más tardar el día 12 de junio a través de [este enlace](#), rotulado de la siguiente manera: **Apellido_Nombre_mapa.png**

La [Sala de café](#) es el foro para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre la dinámica y aspectos administrativos del curso. Esta siempre está disponible para vos.

Seguí construyendo tu propio conocimiento.

Saludos cordiales y nos estamos leyendo

Germán Vidaurre

DOCUMENTOS ELABORADOS

TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA I

SIGLAS: FS0319

NATURALEZA DE LA ASIGNATURA: Teórico-Práctico

CRÉDITOS: 5

HORAS DE ESTUDIO POR SEMANA: 20:00

MODALIDAD: Aprendizaje Interactivo

REQUISITOS: FS310 Física General II, FS0311 Laboratorio de Física General II, MA2210 Ecuaciones Diferenciales Aplicadas

MEDIADOR: Germán Vidaurre, Ph.D. (german.vidaurre@ucr.ac.cr)

1. FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

La física, fundamental entre las ciencias básicas, se ocupa de los principios esenciales del Universo. Es la base sobre la que se erigen las otras ciencias, al igual que un gran número de aplicaciones tecnológicas e ingenieriles. Se caracteriza por la simplicidad de sus principios fundamentales y en la forma en que con sólo un pequeño número de conceptos y modelos modifica y expande nuestra visión del mundo.

Electromagnetismo es la parte de la física que estudia los campos electromagnéticos. Estos se componen de campos eléctricos y magnéticos independientes y dinámicos, que es el caso cuando los campos varían con el tiempo. Un campo eléctrico es un campo de fuerza que actúa sobre los cuerpos en virtud de su propiedad de carga, al igual que un campo gravitacional es un campo de fuerza que actúa sobre ellos en virtud de su propiedad de la masa. Un campo magnético es un campo de fuerza que actúa sobre las cargas en movimiento. El electromagnetismo está a nuestro alrededor; en términos sencillos, cada vez que usamos un interruptor de encendido, cada vez que pulsamos una tecla en nuestro computador, o cada vez que realizamos una acción similar que implica un dispositivo eléctrico cotidiano, el electromagnetismo entra en juego. Es la base para las tecnologías de la ingeniería eléctrica y de la computación, cubriendo el espectro electromagnético entero, de corriente continua a la luz, de las tecnologías basadas en electricidad y magnetismo (electromecánica) a las tecnologías de la electrónica y fotónicas.

Consistente con el modelo pedagógico adoptado, la construcción de conocimiento en esta área disciplinar ha sido diseñada a partir de 5 competencias generales:

- capacidad analítica
- resolución de problemas
- lógica matemática y producción verbal
- trabajo en equipo
- dominio de las competencias de los alumnos en proceso de construcción

que han sido integradas en las 4 unidades estructurales de la asignatura FS0319 Tópicos de Física Moderna I, dotando al aprendiente de un conocimiento y comprensión coherente y contemporáneo que le permita explicar el comportamiento físico del fenómeno natural relacionado con el electromagnetismo.

Esta asignatura es continuidad de Física General I y Física General II, y te prepara para el estudio de las ondas electromagnéticas y otras temáticas de Física Moderna.

2. PROPÓSITO Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR

PROPÓSITO

El aprendiente adquirirá la capacidad de aplicar los modelos teóricos de la asignatura en contextos reales, la capacidad de valorar críticamente los resultados de la aplicación, la capacidad de integrar la lógica matemática y el trabajo en equipo como herramientas en el estudio del fenómeno físico y la capacidad de elaborar actividades que promuevan un aprendizaje significativo.

COMPETENCIAS GENERALES

- Demuestra capacidad de análisis y síntesis
 - Piensa en forma creativa y analítica, produciendo programas y productos eficientes
 - Plantea y sustenta argumentos, evalúa alternativas y desarrolla conclusiones significativas
- Integra los conocimientos adquiridos y los aplica a la resolución de problemas reales
 - Reconoce y analiza nuevos problemas y planea estrategias para solucionarlos
 - Se adapta a nuevas situaciones
 - Emplea el razonamiento y el análisis crítico en la síntesis de la información
- Integra la lógica matemática y la producción verbal
 - Plantea, utiliza e interpreta modelos matemáticos en el análisis del fenómeno físico
 - Utiliza correctamente la calculadora científica en las actividades anteriores
 - Se expresa efectivamente en forma verbal (lectura y escritura) y oral utilizando el léxico propio de la disciplina
- Trabaja en equipo
 - Se comunica, de forma oral, escrita y no-verbal con sus compañeros, profesor y público general, en una variedad de contextos
 - Colabora e interactúa en el desarrollo de programas y productos
 - Conecta los conceptos, modelos, teorías y principios fundamentales de la disciplina con aspectos específicos de su futura práctica profesional.
- Aprende en forma autónoma
 - Utiliza las tecnologías de información y comunicación para investigar, organizar, evaluar y comunicar información
 - Utiliza conceptos de materias básicas y tecnológicas que le capacite para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías y para abordar nuevas situaciones
 - Reconoce la importancia de la física en diversos contextos y la relaciona con otras disciplinas
 - Continúa sus estudios en áreas especializadas de física o en áreas multidisciplinarias

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- Utiliza las propiedades del campo magnético y del campo eléctrico para el modelaje de los circuitos de corriente eléctrica.
- Utiliza las propiedades de la onda electromagnética en la descripción y explicación de fenómenos electromagnéticos.

3. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Unidad 1: Campo magnético y sus fuentes, inició con el estudio del campo magnético, sus propiedades y fuentes.

Unidad 2: Fuerza electromotriz y energía en un campo magnético, continuó con el estudio de la inducción electromagnética.

Unidad 3: Circuitos de corriente alterna, profundizó en el estudio de circuitos de corriente eléctrica.

Unidad 4: Ondas Electromagnéticas, estudió las ecuaciones de Maxwell, las que forman la base teórica de todos los fenómenos electromagnéticos y que predicen la existencia de ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio con la rapidez de la luz c de acuerdo con el análisis de modelo de ondas viajeras.

4. METODOLOGÍA

La asignatura se desarrollará mediante una combinación de estrategias y metodologías didácticas, con las que vos, como centro del proceso de aprendizaje, construirás conocimiento siguiendo los pasos del modelo de indagación – focalización – contrastación – aplicación, adoptado por el Ministerio de Educación Pública para los cursos de ciencias. Esta secuencia, reflejada en los siguientes pasos, se seguirá en cada una de las unidades que componen la asignatura.

Paso 1

Explorarás el tema a estudiar mediante revisiones bibliográficas. Darás inicio a la construcción de conocimiento con la elaboración de un resumen. Este será también parte del portafolio de evidencias que entregarás al final de la asignatura.

Paso 2

Delimitarás los contenidos y profundizarás en su estudio a través de las presentaciones virtuales de tu tutor y mediante la realización de las actividades de aprendizaje que serán habilitadas en el momento oportuno y que estarán disponible por un plazo de 10 días.

Paso 3

Aplicarás lo aprendido en la construcción de objetos de aprendizaje, tales como vídeos explicativos, libros digitales (Google Sites), narrativas digitales, diseño de laboratorios y demostraciones.

Las clases, 1 o 2 por unidad, se habilitarán los miércoles y estarán disponibles por 15 días. Estas se pueden acompañar de autoevaluaciones, o bien, estar complementadas con actividades de aprendizaje centradas en el estudiante.

Las clases son las siguientes:

- Propiedades del campo magnético
- Fuentes del campo magnético
- Fuerza electromotriz
- Inductancia electromagnética
- Circuitos de corriente alterna
- Ondas electromagnéticas

Para el desarrollo de la asignatura se habilitará una *Sala de Café* (foro de consultas y dudas). Además, cada unidad se caracterizará por tener espacios para socializar y compartir su experiencia (foros), así como para construir conocimiento en forma colaborativa (wikis, Google docs. y otros). Estos espacios deben entenderse como espacios de discusión interactiva. Las discusiones no están diseñadas para sustituir el aprendizaje autónomo e independiente sino para complementarlo y expandirlo.

EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

Se habilitarán presentaciones virtuales donde el tutor desarrolla explicaciones sobre los siguientes contenidos y temas a trabajar. Las presentaciones estarán disponibles durante el tiempo correspondiente a la clase. Estas se pueden acompañar de autoevaluaciones, o bien, estar complementadas con actividades de aprendizaje centradas en el estudiante. Con esta metodología dominan las actividades de aprendizaje mediante respuestas cortas orales o preguntas del tutor. Estas exigen la reproducción del conocimiento previo o nuevo.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Con la ayuda de tu tutor y en forma grupal, resolverás ejercicios y prácticas asignadas y construirás conocimiento a través de la elaboración de objetos de estudio; siempre haciendo contribuciones significativas. Esto te permitirá disponer de realimentación casi inmediata.

Las actividades de aprendizaje proponen la creación de un espacio para fomentar la creatividad al participar en el proceso de adquisición de conceptos y solución de problemas en documentos colaborativos, tales como wikis, Google Docs. y Google Sites.

LABORATORIOS

A través del diseño y desarrollo de demostraciones y experimentos de laboratorio, se desarrollarán habilidades experimentales, pedagógicas y se consolidará la construcción de conocimiento. Entre las actividades dedicadas al desarrollo de los laboratorios destacan la redacción de consignas, la elaboración de vídeos usados para demostrar los fenómenos o para brindar evidencia del proceso realizado.

ENTREGAS, TIEMPOS Y FORMAS

Las diferentes actividades y asignaciones se habilitarán con la correspondiente clase, los miércoles, y estarán disponibles por un periodo de 10 días. La entrega de los productos y documentos solicitados se hará a través del espacio creado para esto en el aula virtual, en formato *.doc* o *.pdf*, y rotulados de la siguiente manera: Apellido_Nombre_Actividad.pdf.

Al momento de evaluar el producto, se tomará en cuenta el uso correcto del idioma, tanto la ortografía como la gramática, la originalidad, calidad y eficacia de la presentación digital. Es importante cumplir con el cronograma, pues no podrás avanzar si tenés tareas inconclusas o si no has logrado los objetivos de las unidades previas.

EDUCACIÓN EN LÍNEA

Esta asignatura se apoya en el uso de mediación virtual. Para esto se ha activado un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA). **Las comunicaciones oficiales del curso se harán a través del EVA.** Además, se tendrán a disposición recursos que apoyarán el proceso de aprendizaje, por ejemplo, copia electrónica de los materiales usados en clase, materiales de práctica, enlaces a vídeos tutoriales, administración y entrega de tareas, actividades de aprendizaje y textos de apoyo. Además, se habilitarán foros para hacer consultas y evacuar dudas de manera oportuna sobre los contenidos y aspectos administrativos del curso. No se deben discutir en los foros temas que no sean relevantes para el grupo ni temas personales (por ejemplo, reclamos sobre notas).

CONSULTAS AL TUTOR

Ante dudas y trabas que puedan surgir en el camino y que no te permitan avanzar, podés contactar al tutor a través del correo interno del aula virtual. Este será el único medio de comunicación con el Tutor; no se recibirán mensajes por correo externo, a través de redes sociales ni por llamadas o mensajes telefónicos.

Recordá que, como mediador del proceso de aprendizaje, el tutor te guiará en la dirección correcta para que vos mismo(a) encontrés las respuestas a tus interrogantes y las soluciones a tus problemas. Además, recordá que tus dudas pueden ser también las dudas de algunos de tus compañeros; antes de contactar al tutor, compartí tus inquietudes con tus compañeros en la Sala de Café o en el chat de *Telegram* que se habilitará para la asignatura.

5. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La calificación de la asignatura se distribuye en las siguientes actividades evaluativas:

Actividad evaluativa	%
Portafolio de evidencias	15
Trabajo cotidiano	30
Evaluaciones de aprendizaje	15
Prácticas de laboratorio	40
Total	100

Portafolio de evidencias. 15%

Un portafolio es una colección de documentos de tu trabajo, mediante el que exhibís tu esfuerzo, progreso y logros. Es una forma de evaluación que nos permite, tanto al tutor como a vos mismo, monitorear tu proceso de aprendizaje, permite ir introduciendo cambios durante dicho proceso.

Es una forma de recopilar la información que demuestra tus habilidades y logros, cómo pensás, cómo cuestionás, analizás, sintetizás, producís y creás, y cómo interactuás (intelectual, emocional y socialmente) con otros, es decir, permite identificar tus aprendizajes de conceptos, procedimientos y actitudes. Puede utilizarse en forma de evaluación, coevaluación y de autoevaluación.

Tu portafolio debe incluir, al menos, evidencias de tu preparación previa a la clase (resumen y mapa conceptual y preguntas, dudas y listado de elementos no comprendidos) y resolución de tareas y ejercicios de práctica. Además, incluye cualquier otra evidencia que demuestre tu construcción de conocimiento y logro de los resultados de la asignatura.

Trabajo cotidiano. 30%

Las actividades cotidianas están basadas en el enfoque pedagógico *aprendizaje para la comprensión* (ApC). Mediadas por el tutor, pero enfocadas en vos, te permitirán apropiarte de los conceptos, construir conocimiento y desarrollar las competencias propuestas en la asignatura, a través de la interacción con compañeros, uso de la tecnología, la reflexión y la creación.

Evaluaciones del aprendizaje. 15%

Además del portafolio, utilizaremos cortas pruebas escritas y de resolución individual para monitorear tu aprendizaje y el logro de los objetivos de la asignatura. Estas constan de mínimo 2 secciones evaluativas (desarrollo, selección única, completar, etc.). Se realizarán en horario de clase y serán anunciadas con la debida antelación.

Prácticas de laboratorio. 40%

Las demostraciones y prácticas de laboratorio, relacionadas con la temática, pero de naturaleza interdisciplinaria, le permitirá al aprendiente poner en práctica los conceptos y competencias adquiridos y llevarlos fuera del salón de clase.

Criterios generales para la evaluación.

Como se indicó anteriormente, Al momento de evaluar el producto, se tomarán el uso correcto del idioma, la calidad y eficacia del producto y la puntualidad. Además, se considerará la organización, conexión de conceptos, logro del objetivo, colaboración e interacción entre el grupo y las conclusiones y proyecciones que se deriven.

La evaluación de la asignatura y de sus diferentes tareas y actividades se hará con una escala de 1 a 100, siendo 70 la nota mínima de aprobación.

6. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Unidades		Contenidos
Campo magnético y sus fuentes	4 semanas	<p>Campo Magnético</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modelo: partícula en un campo (magnético) • Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético uniforme y sus aplicaciones • Fuerza magnética que actúa sobre un conductor que transporta corriente • Momento de torsión sobre una espira de corriente <p>Fuentes del Campo Magnético</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley de Biot-Savart • Fuerza magnética entre dos conductores paralelos • Ley de Ampère • Ley de Gauss en el magnetismo
Fuerza electromotriz y energía	4 semanas	<p>Ley de Faraday</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley de inducción de Faraday y fuerza electromotriz de movimiento • Ley de Lenz • Fuerza electromotriz inducida y campos eléctricos • Generadores y motores <p>Inductancia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autoinducción e inductancia • Circuitos RL • Energía en un campo magnético • Oscilaciones en un circuito LC • Circuito RLC
Circuitos de corriente alterna	4 semanas	<p>Circuitos de Corriente Alterna</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de corriente alterna • Elementos en un circuito de corriente alterna • Potencia • Resonancia • El transformador y la transmisión de energía • Rectificadores y filtros
Ondas Electromagnéticas	3 semanas	<p>Ondas electromagnéticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forma general de la ley de Ampère • Ecuaciones de Maxwell • Ondas electromagnéticas planas • Energía transportada por la onda electromagnética • Producción de ondas electromagnéticas por una antena • El espectro de las ondas electromagnéticas

7. PRESENTACIÓN DEL TUTOR

Bienvenido(a) a Tópicos de Física Moderna I. Mi nombre es Germán Vidaurre y seré tu mediador durante este semestre, tiempo que dedicaremos a aprender sobre electricidad y magnetismo. Aunque ingeniero y científico de formación, llevo cerca de 2 décadas dedicado a la docencia y por medio de la prueba y el error he ido evolucionando mi quehacer docente hasta incursionar con el aprendizaje centrado en la interacción y el conectivismo y por supuesto, a través de entornos virtuales de aprendizaje. A través de la práctica como estudiante y como docente he descubierto como estos permiten tanto vencer las limitaciones físicas y temporales de las clases presenciales como el crear experiencias de aprendizaje significativo a través de la incorporación de tecnologías y estrategias únicas, personalizadas y motivantes.



Germán Vidaurre

Soy Ph.D. en Ciencias de la Atmósfera y MSc. en Ingeniería Química. Hace casi 20 años empecé lo que hoy es mi pasión, la docencia. Primero como profesor de educación secundaria y hoy profesor asociado de la Universidad de Costa Rica. A nivel de educación superior he trabajado con estudiantes de distintas carreras, desde futuros ingenieros hasta futuros docentes de ciencias. Este último grupo me llevó a replantearme la necesidad de seguir mi formación, por lo cual hoy estoy terminando una maestría en Entornos Virtuales de Aprendizaje.

Mi experiencia profesional y docente me ha permitido participar en distintos espacios académicos con ponencias, posters y talleres; algunos de los cuales presento a continuación:

- **Vidaurre, G;** (2015) **Implementación de la técnica pedagógica aprendizaje colaborativo en las clases de física.** Estrategias didácticas para el aprendizaje colaborativo: Experiencias docentes en la Universidad de Costa Rica. 39-54.
- Deng, C.; Brooks, S. D.; **Vidaurre, G.**; Thornton, D. C. O.; (2014) **Using raman microspectroscopy to determine chemical composition and mixing state of airborne marine aerosols over the Pacific Ocean.** Aerosol Science and Technology, **48**:2, 193-206.
- Ma, Yan; Brooks, S. D.; **Vidaurre, G.**; Khalizov, A. F.; Wang, L.; Zhang, R.; (2013) **Rapid modification of cloud nucleating ability of aerosols by biogenic emissions.** Geophysical Research Letters, **40**, 6293-6297.
- **Vidaurre, G.**; J. Hallett et al. (2011); **Airborne measurement of liquid and total water content.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, AMS, **28**, 1088-1103.
- **Vidaurre, G.**; J. Hallett (2009); **Particle impact and breakup in aircraft measurement.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, AMS, **26**, 972-983.
- **Vidaurre, G.**; J. Hallett (2009); **Ice and water content of stratiform mixed-phase cloud.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 135, 1292-1306.
- **Vidaurre, G.**; Tenorio, J.; Gómez, G.; **Ciencia: Aprender diferente para enseñar diferente.** CIENTEC XX Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad, (Workshop 27), San José, Costa Rica, 2018.
- **Vidaurre, G.**; Tenorio, J.; **Ciencia Accesible.** CIENTEC XX Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad, (Charla 51), San José, Costa Rica, 2018.
- Chunhua D.; S. D. Brooks; **G. Vidaurre;** D. C. Thornton; **On the determination of marine aerosol composition by Raman microspectroscopy.** AAAR 30th Annual Conference. Orlando, FL. 2011.
- **Vidaurre, G.**; S. D. Brooks; D. C. Thornton; **Comparison of the cloud activation potential of open ocean and coastal aerosol in the Pacific Ocean.** Fall 2010 Meeting – AGU. San Francisco, CA. 2010.

Por último, los invito a que se embarquen conmigo en esta nueva oportunidad para construir conocimiento, tanto en forma individual como en forma colaborativa. No lo dudés más y manos a la obra. Para empezar, ingresá al foro de presentación y contanos sobre vos y sobre tus expectativas con este programa.

Aprendizaje para la Comprensión (ApC)



CIENCIA
ACCESIBLE

Material de estudio para el aprendizaje en
tópicos de física moderna I

– Libro del Educando –

Germán Vidaurre, PhD. – Universidad de Costa Rica

Aprendizaje para la Comprensión (ApC)



CIENCIA
ACCESIBLE

Voltajes inducidos e inductancia

Germán Vidaurre, PhD

Universidad de Costa Rica

Tabla de Contenidos

Voltaje inducido	4
Algunas aplicaciones de la ley de inducción de Faraday	8
Generadores y motores eléctricos	27
Generadores de corriente continua	27
Generadores de corriente alterna.....	28
Motores eléctricos.....	30
Corrientes de eddy.....	33
Referencias	35
Inductancia	36
Inductancia.....	37



Voltaje inducido



Foto tomada de Smart Grid Costa Rica

Buscando opciones diferentes y económicas para turistear te vas fuera de San José, a las montañas de Escazú, a visitar a 17 gigantes, sí, en efecto vas a visitar las 17 torres eólicas ubicadas en los hermosos cerros de Tacacorí y Pacacua.

Este destino se ha vuelto famoso por muchos ticos que deciden ir de paseo en familia, con amigos, o los más románticos en pareja. Y es que en verdad el lugar se presta para las 3 opciones. Un paseo no solo económico sino espectacular, donde el contacto con la naturaleza y la hermosa vista panorámica nos hace literalmente tener la ciudad a nuestros pies, ideal para relajarse, pasar un diferente y tranquilo día. Sin embargo, en un momento dado, impresionado con el número y el tamaño de las torres eólicas que generan electricidad, y aun sabiendo que la energía para conducir el molino de viento proviene del viento, no estás seguro de cómo la energía se convierte en electricidad.

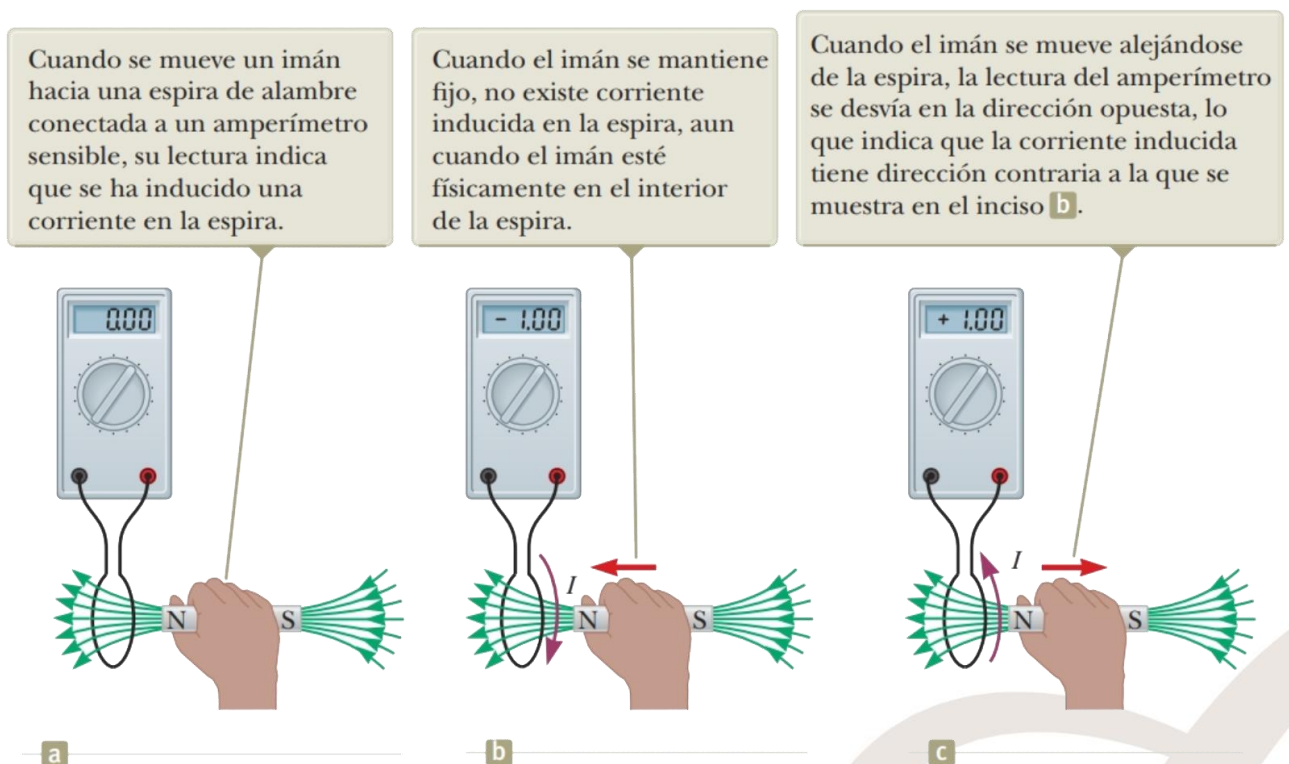
Observá atentamente los molinos de viento y observá que cada uno tiene una caja o un recinto detrás de las aspas. ¿Es el gabinete solo un mecanismo de soporte para las cuchillas, o hay algo dentro de ese gabinete? ¿Es de dónde viene la electricidad?

Hasta ahora, tus estudios en electricidad y magnetismo han tratado los campos eléctricos y los campos magnéticos como fenómenos físicos separados. Los campos eléctricos son causados por cargas estacionarias y los campos magnéticos son causados por cargas en movimiento. Los experimentos realizados por Michael Faraday en Inglaterra en 1831, e independientemente por Joseph Henry en los Estados Unidos ese mismo año, mostraron efectos interesantes cuando existe un campo magnético cambiante en una región del espacio. Un efecto ocurre cuando se coloca un circuito sin batería en la región donde un



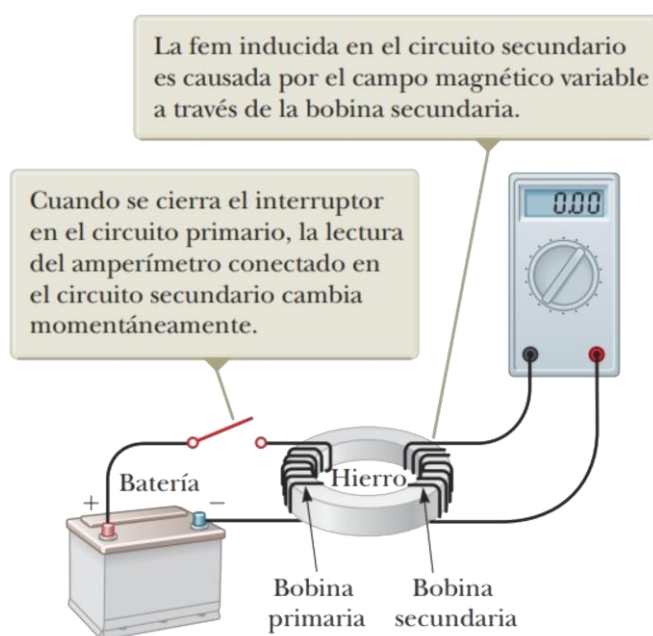
campo magnético varía en el tiempo: **observamos que existe una corriente en el circuito!** A medida que estudiamos este tipo de fenómeno, encontramos que, incluso si el circuito no está presente, **hay un campo eléctrico en la región donde un campo magnético varía en el tiempo!** Estos resultados sugieren una relación profunda entre los campos eléctrico y magnético. Utilizamos el término inducido para describir los efectos: hay una corriente inducida en el circuito y un campo eléctrico inducido en la región donde un campo magnético varía en el tiempo. La relación matemática entre los campos eléctrico y magnético que trabajarás en esta clase se llama ley de inducción de Faraday. Esta será tu entrada al electromagnetismo, un tema que ha revolucionado la investigación en física y ha permitido el desarrollo de innumerables dispositivos electrónicos, como tu teléfono inteligente.

Comenzá tu investigación sobre las corrientes inducidas considerando los resultados experimentales obtenidos cuando una espira de cable está conectada a un amperímetro sensible como se ilustra en la figura.



Observá primero que no hay batería que proporcione energía a la espira de alambre. Cuando un imán se mantiene inmóvil cerca de la espira, no se mide corriente en ella. El paso de las líneas de campo magnético estático a través de la espira no tiene efecto eléctrico. Pero ahora mové el imán hacia la espira, como en la figura b. Ahora pasa algo bastante interesante:

Se induce una corriente en el circuito, medida por el amperímetro! Cuando el imán deja de moverse, la corriente vuelve a cero. Ahora retirará el imán de la espira, como en la figura c. De nuevo, se registra una corriente inducida, en la dirección opuesta a la de la b. Este simple experimento sugiere una conexión fundamental entre los campos eléctricos y magnéticos. Una carga estacionaria establece un campo eléctrico. Pero, si la carga se mueve el campo eléctrico en un punto en el espacio cerca de la carga debe cambiar con el tiempo. Una carga en movimiento, sin embargo, es una corriente. Y, como ya descubriste, una corriente establece un campo magnético. Por tanto, un campo eléctrico cambiante da como resultado un campo magnético. Con el experimento descrito aquí, verás lo contrario: un campo magnético cambiante induce una corriente, **¿qué se debe a un campo eléctrico en el cable!**



Ahora hacé un segundo experimento: aquí tenés una bobina primaria enrollada alrededor de un anillo de hierro y conectada a un interruptor y una batería. Una bobina secundaria, también está enrollada alrededor del anillo, está conectada a un amperímetro sensible. La bobina secundaria no está conectada a ninguna batería ni está conectada eléctricamente a la bobina primaria. Cuando el interruptor está abierto como se muestra en la figura, no se detecta corriente en el circuito secundario, como

lo indica la lectura en el amperímetro, pero ¿qué sucede si cerrás el interruptor? Verás que la lectura de la corriente salta momentáneamente cuando el interruptor se cierra y luego vuelve a cero. Como el interruptor permanece cerrado, la lectura de corriente en el circuito secundario permanece en cero, aunque haya corriente en el circuito primario. Ahora, cuando se abre el interruptor, la lectura de corriente de nuevo salta momentáneamente, con el signo opuesto a cuando se abrió el interruptor, y luego vuelve a cero. Este fue el experimento realizado por Faraday.

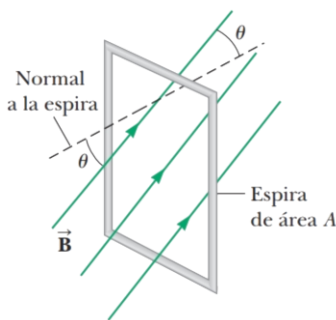
Los experimentos anteriores tienen algo en común: en ambos casos se induce una corriente en una espira cuando el flujo magnético a través de la espira cambia con el tiempo. En el primer experimento, el campo magnético cambia porque el imán se mueve con relación

a la espira. En el segundo experimento, el cierre del interruptor permite que exista una corriente en la bobina primaria. Esta corriente establece un campo magnético en el anillo de hierro que cambia de cero a su valor de equilibrio después de que se cierra el interruptor. El campo magnético cambiante a través de la bobina secundaria induce una corriente. Cuando se vuelve a abrir el interruptor, el campo magnético vuelve a cero y hay una corriente momentánea inducida en la bobina secundaria en la dirección opuesta.

Hasta ahora hemos discutido que una corriente se debe a una fuerza electromotriz (fem), por lo que decimos que una fem es inducida por un campo magnético cambiante. Los experimentos muestran que la fem inducida en una espira de alambre se relaciona con la rapidez de cambio con el tiempo del flujo magnético a través de la espira. Este enunciado, puede ser escrito matemáticamente como ley de inducción de Faraday, donde $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ es el flujo magnético a través de la espira.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Si una bobina consiste en N espiras, con la misma área, como en la segunda figura, y Φ_B es el flujo magnético a través de una espira, se induce una fem en todas las espiras. Las espiras están en serie, por lo que sus fem se suman; debido a eso, la fem total inducida en la bobina está dada por la expresión $\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$. El signo negativo que aparece en las ecuaciones es de un significado físico de importancia... ya lo estudiarás luego con detenimiento.

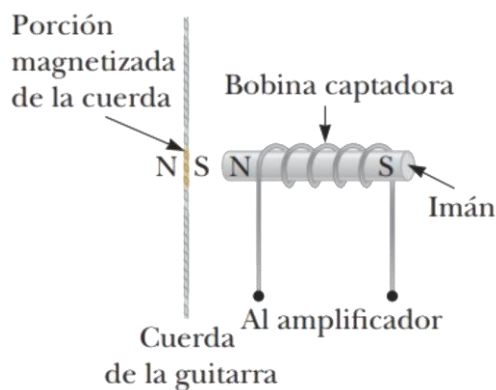
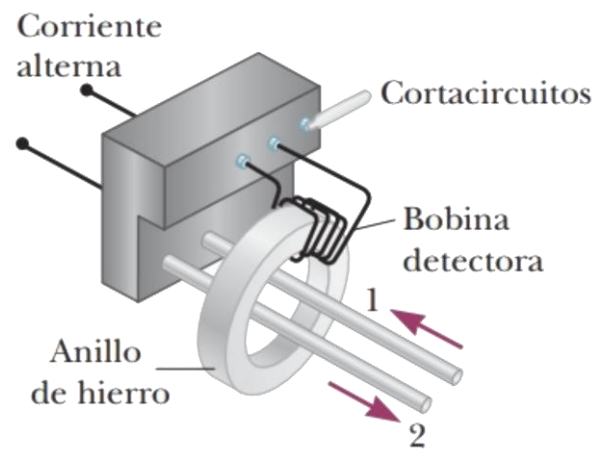


Para entender cómo utilizar la ley de Faraday, considerá una espira que encierra una superficie A y que se encuentra en un campo, como se ve en la figura. El flujo magnético a través de la espira es igual a $BA \cos \theta$, donde θ es el ángulo entre el campo magnético y la normal a la espira; por esto, la fem inducida puede expresarse como: $\varepsilon = - \frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$. Según esta expresión, la fem puede ser inducida a través de varios mecanismos:

- La magnitud de \vec{B} puede cambiar con el tiempo
- El área encerrada por la espira puede cambiar con el tiempo
- El ángulo θ entre \vec{B} y la normal a la espira puede cambiar con el tiempo
- Cualquier combinación de los mecanismos anteriores

Algunas aplicaciones de la ley de inducción de Faraday

El interruptor de circuito de falla a tierra (ICFT) es un dispositivo de seguridad interesante que protege contra descargas eléctricas a los usuarios de aparatos eléctricos en el hogar. Su funcionamiento hace uso de la ley de Faraday. En el ICFT que se muestra en la figura, el cable 1 conduce desde la toma de corriente de la pared hasta el aparato que se debe proteger y el cable 2 conduce desde el aparato hasta la toma de corriente de la pared. Un anillo de hierro rodea los dos cables y una bobina sensora envuelve parte del anillo. Debido a que las corrientes en los cables están en direcciones opuestas y de igual magnitud, hay una corriente neta cero fluyendo a través del anillo y el flujo magnético neto a través de la bobina sensora es cero. Ahora supóné que la corriente de retorno en el cable 2 cambia para que las dos corrientes no sean iguales en magnitud. (Eso puede suceder si, por ejemplo, el aparato se moja, permitiendo que la corriente se filtre a tierra.) Entonces la corriente neta a través del anillo no es cero y el flujo magnético a través de la bobina sensora ya no es cero. Debido a que la corriente doméstica es alternante (lo que significa que su dirección se sigue invirtiendo), el flujo magnético a través de la bobina de detección cambia con el tiempo, induciendo una fem en la bobina. Esta fem inducida se utiliza para disparar un interruptor de circuito, que detiene la corriente antes de que sea capaz de alcanzar un nivel dañino.



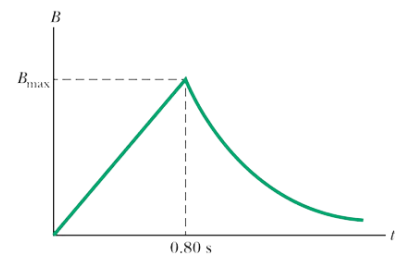
Otra aplicación interesante de la ley de Faraday es la producción de sonido en una guitarra eléctrica. La bobina en este caso, llamada bobina de captación

se coloca cerca de la cuerda de la guitarra vibrante, que está hecha de un metal que puede ser magnetizado y tiene un imán permanente dentro. Una cuerda magnetizada en vibración induce una fem en la bobina captadora (los círculos que aparecen por debajo de las cuerdas metálicas). Las bobinas captadoras de esta guitarra eléctrica detectan las vibraciones de las cuerdas y envían esta información a través de un amplificador a los altavoces. (Un interruptor en la guitarra permite al ejecutante seleccionar el conjunto de las seis bobinas captadoras que se van a utilizar. La salida del amplificador se envía a los altavoces, que producen las ondas de sonido que escuchamos.

Es hora de aplicar lo aprendido. Estudiá el siguiente ejemplo, teniendo en cuenta que cada ejemplo tiene un objetivo a lograr o un concepto por construir.

Ejemplo 1: Inducción de una fem en una bobina

Una bobina consiste en 200 vueltas de alambre. Cada vuelta es un cuadrado de lado $d = 18 \text{ cm}$ y se establece un campo magnético uniforme en dirección perpendicular al plano de la bobina. La figura muestra el comportamiento de la magnitud del campo magnético en el tiempo. De 0 a 0,80 s, el campo cambia linealmente de 0 a 0,50 T. Después de $t = 80 \text{ s}$ la magnitud del campo decae en el tiempo de acuerdo con la expresión $B = B_{m\acute{a}x}e^{-at}$, donde a es una constante y $B_{m\acute{a}x} = 0.50 \text{ T}$.



(A) ¿Cuál es la magnitud de la fem inducida en la bobina entre $t = 0$ y $t = 0.80 \text{ s}$?

Conceptualizá A partir del enunciado, imaginá qué líneas de campo magnético pasan a través de la bobina. Ya que el campo magnético cambia en magnitud, en la bobina se induce una fem.

Categorizá Evaluá la fem utilizando la ley de Faraday. Por lo tanto, este ejemplo se clasifica como un problema de sustitución.

Evaluá $|\varepsilon| = N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ para la situación descrita en este caso, y observá que el campo magnético cambia linealmente con el tiempo:

$$|\varepsilon| = N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = N \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = NA \frac{\Delta B}{\Delta t} = Nd^2 \frac{B_f - B_i}{\Delta t}$$

Sustituí ahora los valores numéricos

$$|\varepsilon| = (200)(0.18 \text{ m})^2 \frac{(0.50 \text{ T} - 0)}{0.80 \text{ s}} = \boxed{4.0 \text{ V}}$$

(B) ¿Cuál es la magnitud de la fem inducida en la bobina después de $t = 0.80 \text{ s}$?

Evaluá esta ecuación $\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$ para la nueva situación descrita en este caso:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = N \frac{d(AB_{\text{máx}} e^{-at})}{dt} = -NAB_{\text{máx}} \frac{d}{dt} e^{-at} = \boxed{aN d^2 B_{\text{máx}} e^{-at}}$$

Sustituí ahora los valores numéricos.

$$\varepsilon = a(200)(0.18 \text{ m})^2(0.50 \text{ T})e^{-at} = 3.2ae^{-at}$$

Esta expresión te indica que la fem en la espira decae exponencialmente después de $t = 0.80 \text{ s}$. Además, observá que la magnitud inicial de la fem depende del parámetro desconocido a .

¿Y si te pidieran encontrar la magnitud de la corriente inducida en la bobina mientras el campo varía de durante los primeros 0.80 s ? ¿Podés responder a esta pregunta?

Considerá que, si los extremos de la bobina no están conectados a un circuito, la respuesta a esta pregunta te sería sencilla: la corriente es cero! (Las cargas se mueven dentro del alambre de la bobina, pero no se pueden mover adentro o afuera de los extremos de la bobina). Para que exista una corriente estable, los extremos de la bobina se deben conectar entre sí o a un circuito externo. Suponé que la bobina se conecta a un circuito y que la resistencia total de la bobina y el circuito es de 2.0Ω . Por tanto, la magnitud de la corriente inducida en la bobina es $I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{4.0 \text{ V}}{2.0 \Omega} = 2.0 \text{ A}$

Anteriormente estudiastes una bobina de alambre estacionaria y un campo magnético variable en el tiempo. Ahora estudiá un caso diferente: suponé que el campo magnético es uniforme y constante; si movés un conductor en el campo, observarás una fem inducida en el conductor. Tal fem se conoce como fem de movimiento.

El conductor recto de longitud, que se muestra en la figura se mueve a través de un campo magnético uniforme dirigido hacia el interior de la página. Por simplicidad, suponé que

el conductor se mueve en una dirección perpendicular al campo con una velocidad constante bajo la influencia de algún agente externo. A partir del análisis del modelo partícula en un campo, observá que los electrones en el conductor experimentan una fuerza $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ que está dirigida a lo largo de la longitud ℓ , perpendicularmente tanto a \vec{S} como a \vec{B} . Bajo la influencia de esta fuerza, los electrones se mueven hacia el extremo inferior del conductor, en donde se acumulan, dejando una carga positiva neta en el extremo superior. Como resultado de esta separación de cargas, se produce un campo eléctrico \vec{E} (campo de Hall) dentro del conductor.

Por tanto, los electrones en el alambre se describen también por la versión eléctrica del modelo de la partícula en un campo. Las cargas se acumulan en ambos extremos hasta que la fuerza magnética qvB dirigida hacia abajo sobre los electrones que quedan en el conductor se equilibra con la fuerza eléctrica qE hacia arriba. Entonces, los electrones son descritos por el modelo de partícula en equilibrio.

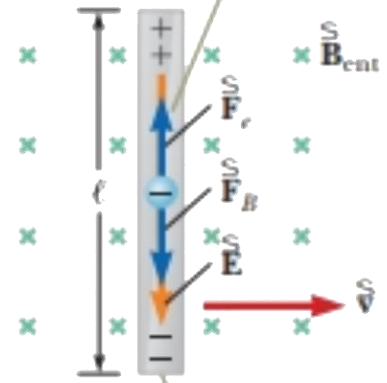
$$\sum F = 0 \Rightarrow qE - qvB = 0 \Rightarrow E = vB$$

La magnitud del campo eléctrico que se produce en el conductor está relacionada con la diferencia de potencial a través de los extremos del conductor, de acuerdo con la relación $\Delta V = E\ell$.

Entonces, para la condición de equilibrio $\Delta V = E\ell = B\ell v$, donde el extremo superior del conductor en la figura está con un potencial eléctrico más elevado que el extremo inferior. En consecuencia, se mantiene una diferencia de potencial entre los extremos del conductor siempre que éste se siga moviendo a través del campo magnético uniforme.

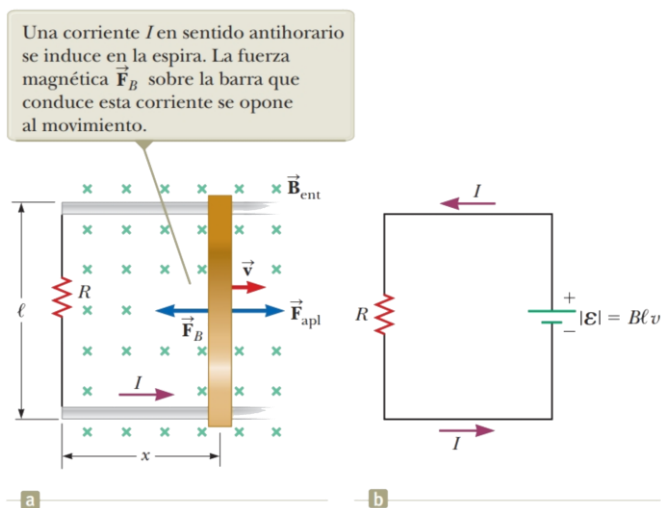
Si invertís la dirección del movimiento, también invertirás la polaridad de la diferencia de potencial.

En estado estable, las fuerzas eléctricas y magnéticas sobre un electrón presente en el alambre están en equilibrio.



Debido a la fuerza magnética ejercida sobre los electrones, los extremos del conductor se cargan con cargas opuestas y establecen un campo eléctrico en el conductor.

Considera ahora una situación aún más interesante: supón que el conductor en movimiento forma parte de una trayectoria de conducción cerrada. Esta situación es de utilidad particular para ilustrar cómo el flujo magnético variable origina una corriente inducida en un circuito cerrado.



Considera un circuito constituido por una barra conductora de longitud ℓ , que se desliza a lo largo de dos rieles conductores paralelos fijos, como se muestra en la figura. Por simplicidad, supón que la barra es ideal, con una resistencia igual a cero y que la parte fija del circuito tiene una resistencia R . Aplica un campo magnético uniforme y constante \vec{B} perpendicular al plano del

circuito. Conforme se mueve la barra hacia la derecha con una velocidad v bajo la influencia de una fuerza aplicada \vec{F}_{apl} , los electrones libres en la barra experimentan una fuerza magnética dirigida hacia abajo, como en la figura a. Por esta razón, se establece una diferencia de potencial entre los extremos de la barra móvil. Debido a la trayectoria de conducción cerrada en esta situación, la barra es parte de un circuito completo, como se muestra en la figura b. La barra móvil actúa como una fuente de fem para el circuito. Los electrones de todo el circuito se mueven en el sentido de las agujas del reloj alrededor del circuito, constituyendo una corriente I en el sentido contrario a las manecillas del reloj.

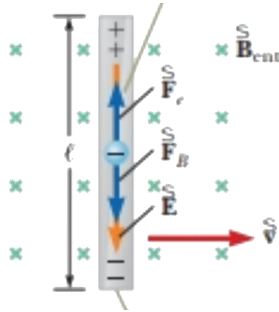
¿Cómo modelarás esta situación? Observa que el flujo a través del circuito en la figura a cambia porque el área del circuito cambia a medida que la barra se mueve. Dado que en cualquier instante el área encerrada por el circuito es igual a ℓx , donde x es la posición de la barra, el flujo magnético a través de dicha área es $\Phi_B = B\ell x$.

Si utilizas la ley de Faraday, y observando que x cambia con el tiempo con una tasa de $\frac{dx}{dt} = v$, velocidad de la barra, encontrarás que la fem de movimiento inducida es igual a

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(B\ell x) = -B\ell \frac{dx}{dt} \Rightarrow \varepsilon = -B\ell v$$

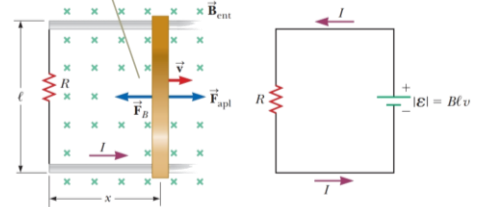
¡La magnitud de la fem es el mismo resultado que obtuvimos usando un modelo de fuerza! En vista de que la resistencia en el circuito es R , la magnitud de la corriente inducida es

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{B\ell v}{R}$$



Con esta figura, y usando un modelo de fuerza, analizaste la fem de movimiento generada en una barra móvil: $|\varepsilon| = B\ell v$

A partir de esta segunda figura, usaste la ley de Faraday para generar la misma expresión



para la fem de movimiento. **Ahora considerará un enfoque de energía.** Preguntate sobre la fuente de energía entregada al resistor en la figura, esto porque no hay batería en el circuito. Suponé que la barra se modela como una partícula en equilibrio, moviéndose a velocidad constante bajo la influencia de dos fuerzas de igual magnitud: $\vec{F}_{apl} = \vec{F}_B$. La fuerza aplicada debe trabajar en la barra para mantenerla en movimiento a esta velocidad constante contra la fuerza magnética \vec{F}_B sobre los electrones en movimiento. ¡La transferencia de energía representada por este trabajo resulta en el calentamiento de la resistencia! **Verificá esta afirmación matemáticamente.** Identificá la barra y el campo magnético como un sistema no aislado de energía, la reducción apropiada de la ecuación de la conservación de la energía es $0 = W_{apl} + T_{ET}$, donde W_{apl} es el trabajo realizado por el agente que mueve la barra y T_{ET} es la energía transferida desde la barra hacia el resistor por transmisión eléctrica. Tomando una derivada de tiempo de esta ecuación da

$$\frac{dW_{apl}}{dt} = -\frac{dT_{ET}}{dt} \Rightarrow P_{apl} = -P_{eléc}$$

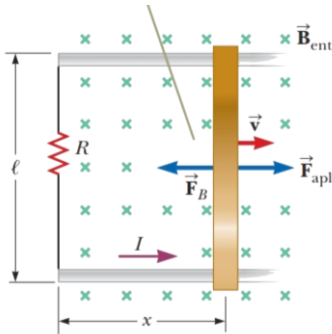
En esta expresión, P_{apl} es la entrada de potencia del agente que mueve la barra y $P_{eléc}$ es la razón de transferencia de energía desde la barra al resistor mediante electricidad. El poder de $P_{eléc}$ es un número negativo porque la energía está saliendo de la barra con este método.

Verificá esta ecuación usando

$$P_{apl} = F_{apl}v = F_B v = (I\ell B)v = I(B\ell v) = I\varepsilon = I(IR) = I^2 R = -P_{eléc}$$

En el paso final, reconocí que $P = I^2 R$ es la tasa de energía entregada al resistor, por lo que $-I^2 R$ es la tasa a la que la energía abandona la barra.

Ejemplo 2: Fuerza magnética que actúa sobre una barra deslizante



La barra conductora ilustrada en la figura se mueve sobre dos rieles paralelos sin fricción en presencia de un campo magnético uniforme dirigido hacia la página. La barra tiene masa m y su longitud es ℓ . A la barra se le da una velocidad inicial \vec{v}_i a la derecha y se libera en $t=0$.

(A) Usando las leyes de Newton, encontrará la velocidad de la barra como función del tiempo después de que es liberada

Conceptualizá Conforme la barra se desliza hacia la derecha en el circuito, que consiste en la barra, los rieles y el resistor, se establece una corriente en sentido antihorario. La corriente hacia arriba en la barra produce una fuerza magnética hacia la izquierda sobre la barra. Por tanto, la barra debe frenar, así que la solución matemática debe demostrar esto.

Categorizá Clasificá este problema como uno apropiado para el uso de las leyes de Newton. Modelá la barra como una partícula bajo una fuerza neta.

Analizá La fuerza magnética es $\vec{F}_B = -I\ell B$, donde el signo negativo indica que la fuerza es hacia la izquierda. La fuerza magnética es la única fuerza horizontal que actúa sobre la barra.

Usando la partícula bajo el modelo de fuerza neta, aplique la segunda ley de Newton a la barra en la dirección horizontal: $F_x = ma \Rightarrow -I\ell B = m \frac{dv}{dt}$

Sustituí $I = B\ell v/R$ para obtener

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = - \left(\frac{B\ell v}{R} \right)^2 R \Rightarrow m v \frac{dv}{dt} = - \frac{(B\ell v)^2}{R}$$

Reordená la ecuación de modo que todos los casos de la variable v estén a la izquierda y los de t estén a la derecha, de forma tal que

$$\frac{dv}{v} = - \left(\frac{B^2 \ell^2}{mR} \right) dt$$

Integrá esta ecuación usando la condición inicial $v = v_i$ en $t = 0$ y observá que $\left(\frac{B^2 \ell^2}{mR}\right)$ es una constante. Tu resultado debe ser:

$$\int_{v_i}^v \frac{dv}{v} = -\frac{B^2 \ell^2}{mR} \int_0^t dt \Rightarrow \ln\left(\frac{v}{v_i}\right) = -\left(\frac{B^2 \ell^2}{mR}\right)t$$

Definí la constante $\tau = \frac{mR}{B^2 \ell^2}$ y despejá la velocidad para obtener la velocidad como una función del tiempo: $v = v_i e^{-t/\tau}$

Finalizá Esta expresión de v te dice que la velocidad de la barra disminuye con el tiempo bajo la acción de la fuerza magnética, como esperabas a partir de la conceptualización del problema. Observá que la forma matemática del decaimiento es exponencial.

(B) Encontrá el mismo resultado con un planteamiento energético

Categorizá El enunciado de esta parte del ejercicio te pide que usés un planteamiento energético para la misma situación. Modelá la barra como un sistema no aislado de energía.

Analizá La reducción apropiada del balance de energía $\Delta K = T_{ET}$. El término de la izquierda representa el cambio en la velocidad de la barra, mientras que el término de la derecha representa la energía transferida fuera de la barra por la electricidad.

Derivá esta reducción del balance de energía con respecto al tiempo:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dT_{ET}}{dt} = P_{elec} = -I^2 R$$

Sustituí las expresiones de la energía cinética de la barra y de la corriente para obtener la siguiente expresión matemática:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = - \left(\frac{B \ell v}{R} \right)^2 R \Rightarrow m v \frac{dv}{dt} = - \frac{(B \ell v)^2}{R}$$

Finalizá Este resultado es la misma expresión que encontraste en la parte anterior.

Ahora querés aumentar la distancia a través de la cual la barra se mueve entre el tiempo que inicialmente se proyecta y el tiempo cuando en esencia llega al reposo. Podés hacer esto

cambiando una de tres variables — v_i , R , o B —por un factor de 2 o $\frac{1}{2}$. ¿Cuál variable cambiarás para maximizar la distancia, y la duplicarás o la reducirás a la mitad?

Aumentar v_i haría que la barra se moviera más lejos. Incrementar R reduciría la corriente y por tanto la fuerza magnética, lo que haría que la barra se moviera más lejos. Reducir \vec{B} reduciría la fuerza magnética y haría que la barra se moviera más lejos. Sin embargo, ¿cuál método es más efectivo?

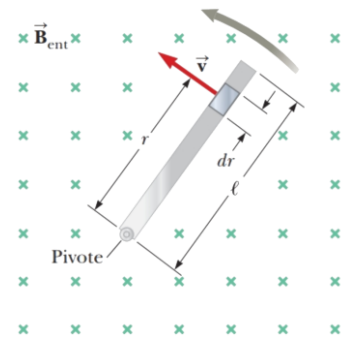
Encontrá por integración la distancia que la barra se mueve [ecuación]

$$v = \frac{dx}{dt} = v_i e^{-t/\tau} \Rightarrow x = \int_0^\infty v_i e^{-t/\tau} dt = -v_i \tau e^{-t/\tau} \Big|_0^\infty = -v_i \tau (0 - 1) = v_i \tau = v_i \left(\frac{mR}{B^2 \ell^2} \right)$$

Esta expresión demuestra que duplicar v_i o R duplicará la distancia. No obstante, cambiar B en un factor de $\frac{1}{2}$, hace que la distancia sea cuatro veces mayor!

Ejemplo 3: fem de movimiento inducida en una barra giratoria

Una barra conductora de longitud ℓ da vueltas con una rapidez angular constante v en torno a un pivote en un extremo. Un campo magnético uniforme \vec{B} se dirige perpendicular al plano de rotación.



(A) Encontrá la fem de movimiento inducida entre los extremos de la barra.

Conceptualizá La barra giratoria es diferente en naturaleza a la barra deslizante que estudiantes anteriormente. Sin embargo, empezá el análisis en forma similar, considerando un pequeño segmento de la barra. Se trata de una longitud corta de conductor en movimiento en un campo magnético que tiene una fem generada en ella, igual que la barra deslizante. Al pensar en cada pequeño segmento como una fuente de fem, verás que todos los segmentos están en serie y las fem se suman a todo lo largo de la barra.

Categorizá En términos de la conceptualización del problema, este ejemplo se plantea de forma igual que el ejemplo que condujo a la expresión $|\mathcal{E}| = B\ell v$ a partir de la ley de Faraday, con la característica añadida de que los segmentos cortos de la barra viajan en trayectorias circulares.

Analizá Evaluá la magnitud de la fem inducida en un segmento de la barra de longitud dr que tenga una velocidad \vec{v} a partir de la ley de Faraday: $d\varepsilon = Bvdr$.

Encontrá la fem total entre los extremos de la barra al sumar las fem inducidas a través de todos los segmentos: $\varepsilon = \int Bv dr$.

La velocidad tangencial v de un elemento se relaciona con la velocidad angular ω mediante la relación $v = r\omega$; utilizá esta relación e integrá para obtener la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \int Bv dr = B\omega \int_0^\ell r dr = \frac{1}{2}B\omega\ell^2$$

Finalizá En el caso de una barra deslizante se puede aumentar la fem de movimiento aumentando B , ℓ , o v . Si incrementás cualquiera de estas variables por un factor determinado aumentás la fem de movimiento por el mismo factor. Por tanto, podés elegir cualquiera de estas tres variables, la que te sea más conveniente o fácil de aumentar. Sin embargo, para la barra giratoria, hay una ventaja al aumentar la longitud de la barra para elevar la fem, porque la dependencia con ℓ es cuadrática. Duplicar la longitud te da cuatro veces la fem, mientras que duplicar la velocidad angular sólo duplica la fem.

Suponé, después de leer este ejemplo, que das con una brillante idea. Una rueda Chicago tiene rayos metálicos entre el centro y el borde circular. Estos rayos se mueven en el campo magnético de la Tierra, de modo que cada rayo actúa como la barra en la figura.

Planeá usar la fem generada por la rotación de la rueda Chicago para activar los focos de la rueda. ¿Funcionará esta idea?

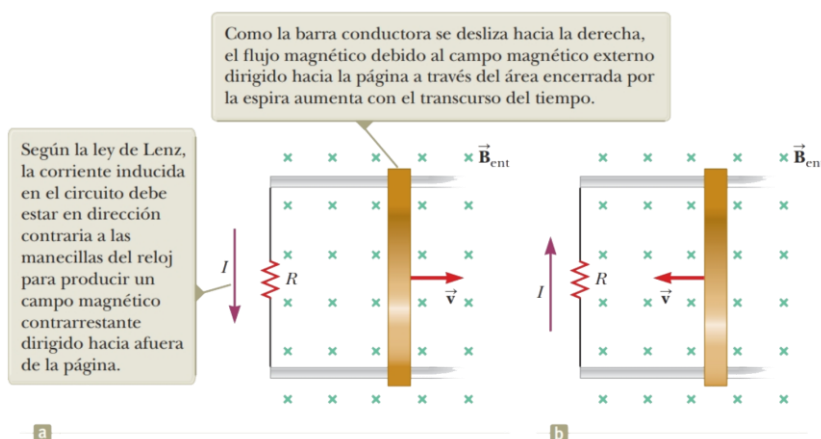
Si calculás la fem típica generada por un rayo, encontrarás que es aproximadamente 1 mV, demasiado pequeña para operar una lámpara incandescente (¡probá este cálculo!). Una dificultad adicional se relaciona con la energía. Incluso si podés encontrar lámparas que operen usando una diferencia de potencial del orden de milivolts, un rayo debe ser parte de un circuito para proporcionar un voltaje a las lámparas. En consecuencia, el rayo debe portar una corriente. Ya que este rayo portador de corriente está en un campo magnético, sobre el rayo se ejerce una fuerza magnética en la dirección opuesta a su dirección de movimiento. Como resultado, el motor de la rueda Chicago debe suministrar más energía para realizar

trabajo contra esta fuerza de arrastre magnético. Al final de cuentas, el motor debe proporcionar la energía que opere las lámparas, ¡y no has obtenido nada de manera gratuita!

La ley de Faraday, $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$, te indica que la fem inducida y el cambio en el flujo tienen signos algebraicos opuestos. Lo anterior tiene una interpretación física muy real que ha llegado a ser conocida como la ley de Lenz:

La corriente inducida en una espira está en la dirección que crea un campo magnético que se opone al cambio en el flujo magnético en el área encerrada por la espira.

La corriente inducida tiende a mantener el flujo magnético original a través de la espira por alteración. Ahora demostrarás que esta ley es una consecuencia de la ley de conservación de energía.



Para comprender la ley de Lenz, considerará el ejemplo de la barra que se mueve hacia la derecha sobre dos rieles paralelos en presencia de un campo magnético uniforme (el campo magnético externo, cruces en verde, figura a). Conforme se mueve

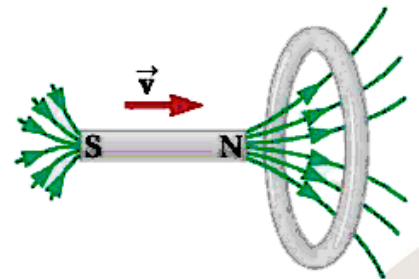
la barra hacia la derecha el flujo magnético a través del área encerrada por el circuito se incrementa con el tiempo ya que el área aumenta. La ley de Lenz establece que la corriente inducida en el circuito debe estar dirigida de forma que el campo magnético que produzca se oponga al cambio en el flujo magnético externo. Ya que el flujo magnético debido a un campo externo dirigido hacia adentro de la página está en aumento, la corriente inducida en el circuito, si ha de oponerse a este cambio, debe producir un campo dirigido hacia el exterior de la página encerrada por el circuito. Por lo tanto, la corriente inducida en la espira del circuito debe fluir en sentido antihorario cuando la barra se mueve hacia la derecha. (Utilizá la regla de la mano derecha para verificar esta dirección.) Si la barra se mueve hacia la izquierda, como en la figura b, el flujo magnético externo a través del área encerrada por la espira se

reduce con el transcurso del tiempo. Ya que el campo está dirigido hacia la página, la dirección de la corriente inducida deberá estar en sentido de las manecillas del reloj si ha de producir un campo que también quede dirigido hacia la página. En cualquiera de los casos, la corriente inducida tiende a mantener el flujo original a través del área encerrada por la espira de corriente.

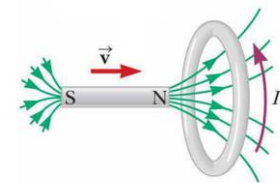
Ahora examiná esta situación a partir de consideraciones de energía. Dale a la barra un ligero impulso hacia la derecha. En la explicación anterior encontrastes que este movimiento establece una corriente en la espira en dirección contraria a las manecillas del reloj. ¿Qué pasaría si suponés que la corriente está en la dirección horaria?, en este caso la corriente es hacia abajo en la barra y la dirección de la fuerza magnética que se ejerce sobre la barra esté dirigida hacia la derecha. Esta fuerza aceleraría la barra e incrementaría su velocidad, lo que a su vez haría que el área encerrada por la espira se incrementara con mayor rapidez, lo cual daría como resultado un incremento en la corriente inducida, provocando un incremento en la fuerza, lo que a su vez produciría un incremento en la corriente, y así sucesivamente. De hecho, el sistema estaría adquiriendo energía sin ninguna entrada de esta. Sin duda este comportamiento es inconsistente con todas las experiencias y viola la ley de la conservación de la energía. Por tanto, la corriente debe ir en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Ejemplo 4: Aplicación de la ley de Lenz

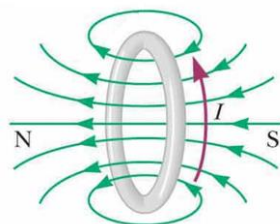
Se coloca un imán cerca de una espira metálica, como se muestra en la figura.



(A) Encontrá la dirección de la corriente inducida en la espira cuando el imán se empuja hacia la espira.

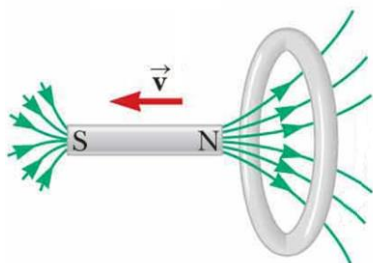


Conforme el imán se mueve a la derecha, hacia la espira, el flujo magnético externo a través de la espira aumenta con el tiempo.



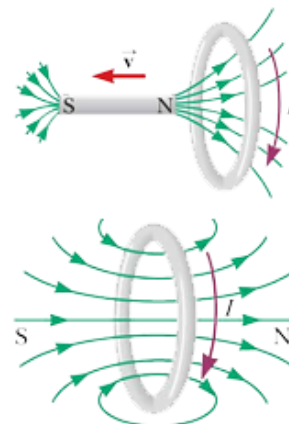
Para contrarrestar este aumento en flujo debido a un campo hacia la derecha, la corriente inducida produce su propio campo magnético hacia la izquierda, como se ilustra en la figura. Por eso, la corriente

inducida está en la dirección que se muestra. Al saber que polos magnéticos similares se repelen, se concluye que la cara izquierda de la espira de corriente actúa como un polo norte y la cara derecha actúa como un polo sur.



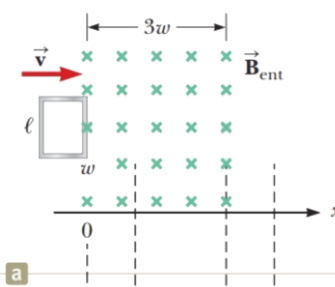
Si el imán se mueve hacia la izquierda, como en la figura, su flujo a través del área encerrada por la espira disminuye en el tiempo. Ahora la corriente inducida en la espira está en la dirección que se muestra en la figura porque esta

dirección de corriente produce un campo magnético en la misma dirección que el campo externo. En este caso, la cara izquierda de la espira es un polo sur y la cara derecha es un polo norte.



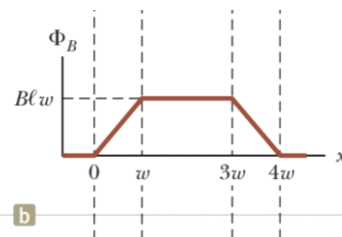
Ejemplo 5: Una espira móvil a través de un campo magnético

Una espira metálica rectangular, con dimensiones ℓ y w y resistencia R , se mueve con velocidad constante v hacia la derecha. La espira pasa a través de un campo magnético uniforme \mathbf{B} dirigido hacia la página y que se extiende una distancia $3w$ a lo largo del eje x . Definí x como la posición del lado derecho de la espira a lo largo del eje x .



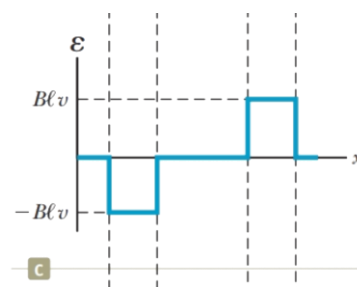
(A) Graficá, como función de x , el flujo magnético a través del área encerrada por la espira.

La figura muestra el flujo a través del área encerrada por la espira como función de x . Antes de que la espira entre al campo, el flujo a través de la espira es cero. Conforme la espira entra al campo, el flujo aumenta linealmente con la posición hasta que el borde izquierdo de la espira está justo dentro del campo. A medida que la espira se mueve a través del campo uniforme, el flujo a través de la espira permanece constante. Por último, el flujo a través de la espira disminuye linealmente a cero conforme la espira sale del campo.



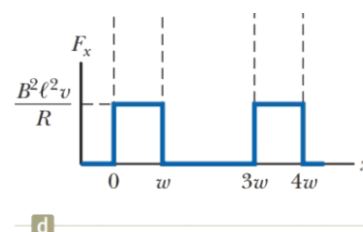
(B) Graficá, como función de x , la fem de movimiento inducida en la espira.

Antes de que la espira entre al campo, no se induce fem de movimiento en él porque no hay campo presente. Conforme el lado derecho de la espira entra al campo, el flujo magnético dirigido hacia la página aumenta. Según la ley de Lenz, la corriente inducida fluye en sentido antihorario porque debe producir su propio campo magnético dirigido hacia afuera de la página. La fem de movimiento, igual a $-B\ell v$, surge de la fuerza magnética experimentada por las cargas en el lado derecho de la espira. Cuando la espira está completamente en el campo, el cambio en flujo magnético a través de la espira es cero; en consecuencia, la fem de movimiento desaparece. Esto ocurre porque, una vez que el lado izquierdo de la espira entra al campo, la fem de movimiento inducida en él cancela la fem de movimiento presente en el lado derecho de la espira. Conforme el lado derecho de la espira sale del campo, el flujo a través de la espira comienza a disminuir, se induce una corriente en sentido horario y la fem inducida es $+B\ell v$. Tan pronto como el lado izquierdo sale del campo, la fem disminuye a cero.

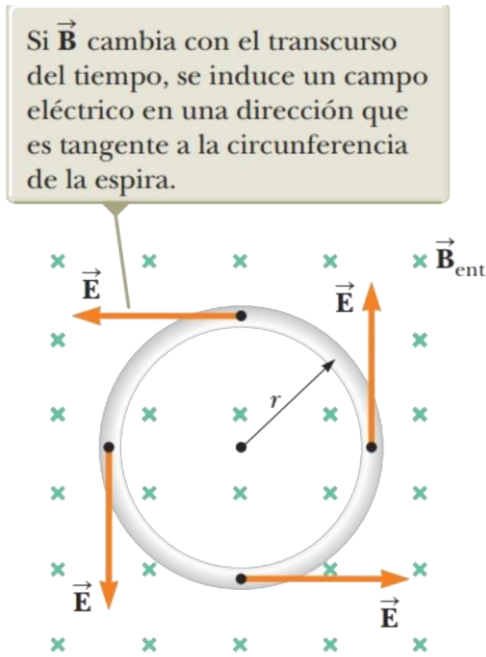


(C) Graficá, como función de x , la fuerza aplicada externa necesaria para contrarrestar la fuerza magnética y mantener v constante.

La fuerza externa que se debe aplicar a la espira para mantener este movimiento se grafica en la figura. Antes de que la espira entre el campo, ninguna fuerza magnética actúa sobre ella; por eso, la fuerza aplicada debe ser cero si v es constante. Cuando el lado derecho de la espira entra al campo, la fuerza aplicada sobre la espira debe incrementarse para mantener constante la velocidad de la espira (la espira es una partícula en equilibrio, y la fuerza aplicada debe ser igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza magnética ejercida sobre dicho lado). Cuando la espira está completamente en el campo, el flujo a través de la espira no cambia con el tiempo. Por eso, la fem inducida neta en la espira es cero y la corriente también es cero. Por tanto, no se necesita fuerza externa para mantener el movimiento. Por último, conforme el lado derecho sale del campo, la fuerza aplicada debe ser igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza magnética que actúa sobre el lado izquierdo de la espira, la cual aún está en el campo



A partir de esta explicación, se concluye que la potencia se suministra sólo cuando la espira está entrando o saliendo del campo. Además, este ejemplo demuestra que la fem de movimiento inducida en la espira puede ser cero aun cuando haya movimiento a través del campo! Una fem de movimiento sólo se induce cuando el flujo magnético a través de la espira cambia en el tiempo.



Estudiá una vez más una espira conductora en un campo magnético y la secuencia de efectos que se dan en ella.

Imaginá que el campo magnético cambia en el tiempo. Este campo cambiante da como resultado un flujo magnético variable a través de la espira. A su vez, este flujo cambiante causa una fem en la espira; esta fem causa una corriente en la espira y la corriente es impulsada por un campo eléctrico en la espira. El campo eléctrico que está impulsando la corriente en la espira se muestra en varios puntos en la figura. De esta manera te das cuenta de que un campo magnético

variable ha generado un campo eléctrico.

Si esta secuencia de efectos se produce por poner la espira en un campo magnético, es probable que te preguntés qué pasaría si eliminás la espira conductora. Esto, por supuesto, eliminaría las cargas que se mueven por la espira, pero interesantemente, el campo eléctrico sigue allí!

Las cargas en movimiento en la espira simplemente demostraron que el campo eléctrico estaba allí, pero la espira no es necesaria para la existencia del campo eléctrico. Su existencia se debe únicamente a los cambios en el campo magnético.

Ahora, intentá cuantificar este nuevo tipo de campo eléctrico. Antes encontraste que una diferencia de potencial entre dos puntos en el espacio era igual a la integral de línea del producto punto del campo eléctrico y un desplazamiento infinitesimal a lo largo de una trayectoria entre los puntos. Aplicá esto a un recorrido alrededor de la espira conductora en la figura, donde la diferencia de potencial alrededor de la espira estará representada por la fem inducida en ella por el campo magnético cambiante. Usando la integral para la fem, tenés la forma general de la ley de Faraday. Esta representa todas las situaciones en las que un campo magnético variable genera un campo eléctrico.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Utilizá esta ecuación para encontrar el campo eléctrico generado por el campo magnético cambiante en la figura. El campo eléctrico en cualquier parte de la espira es paralelo a los vectores de desplazamiento, por lo que el producto escalar se convierte simplemente en $E ds$. Debido a que el campo magnético es uniforme, la simetría del ciclo nos dice que E es el mismo en todas partes de la espira. Por tanto, la ecuación se convierte en $E \cdot \oint ds = -\frac{d}{dt}(BA)$.

Si conocés cómo varía el campo magnético en el tiempo, podés calcular el campo eléctrico inducido a partir de la ecuación.

La ecuación $\Delta V = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ evalúa la diferencia de potencial entre dos puntos en el espacio como una integral entre esos dos puntos del campo eléctrico creados por algunas cargas de fuente. Integrá alrededor de una trayectoria circular en el espacio en una región que contiene un campo eléctrico de este tipo, volviendo al mismo punto. Si los dos puntos en la ecuación son los mismos, la integral se reduce a cero, lo que tiene sentido: la diferencia de potencial entre dos puntos en el espacio que son iguales debe ser cero. Pero el valor de la integral no es cero en este caso. ¿Qué está pasando? Esto es evidencia de que el campo eléctrico que estás analizando aquí es de naturaleza diferente del formado por las cargas estacionarias. Antes describiste un campo eléctrico inducido como no conservativo, porque la integral alrededor de una trayectoria cerrada no es cero. A pesar de esta diferencia en la naturaleza, el campo eléctrico inducido tiene muchas de las mismas propiedades que los campos eléctricos debido a las cargas de la fuente. Por ejemplo, un campo eléctrico inducido puede aplicar fuerzas sobre partículas cargadas.

Ejemplo 6: fem de movimiento inducida en una barra giratoria

Un largo solenoide de radio R tiene n vueltas de alambre por cada unidad de longitud y porta una corriente variable en el tiempo que varía senoidalmente como $I = I_{m\acute{a}x} \cos \omega t$, donde $I_{m\acute{a}x}$ es la máxima corriente y ω es la frecuencia angular de la fuente de corriente alterna.

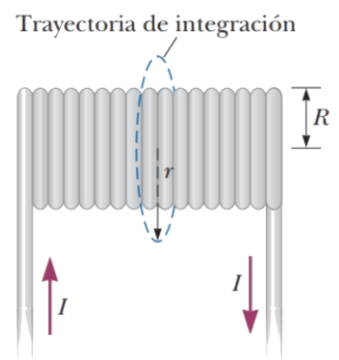
Conceptualizá La figura muestra la situación física. Conforme cambia la corriente en las bobinas, imaginá un campo magnético variable en todos los puntos del espacio, así como un campo eléctrico inducido.

Categorizá En este análisis, ya que la corriente varía en el tiempo, el campo magnético cambia, lo que conduce a un campo eléctrico inducido que se opone a los campos eléctricos electrostáticos debidos a cargas eléctricas estacionarias.

(A) Determiná la magnitud del campo eléctrico inducido en el exterior del solenoide a una distancia $r > R$ a lo largo de su eje central.

Analizá Empezá por considerar un punto externo y tomá la trayectoria para la integral de línea como un círculo de radio r con centro en el solenoide.

Evaluá el lado derecho de la ecuación y observá que el campo magnético B dentro del solenoide es perpendicular al círculo acotado por la trayectoria de integración:



$$-\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(B\pi R^2) = -\pi R^2 \frac{dB}{dt}$$

Evaluá el campo magnético en el solenoide: $B = \mu_0 n I = \mu_0 n I_{m\acute{a}x} \cos \omega t$

Sustituí. $-\frac{d\Phi_B}{dt} = -\pi R^2 \mu_0 n I_{m\acute{a}x} \frac{d}{dt}(\cos \omega t) = \pi R^2 \mu_0 n I_{m\acute{a}x} \omega \sin \omega t$

Evaluá el lado izquierdo de la ecuación, observando que la magnitud de E es constante a lo largo de la trayectoria de integración y que también es tangente a ella: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = E(2\pi r)$

Sustituí las últimas dos ecuaciones para obtener la siguiente igualdad:

$$E(2\pi r) = \pi R^2 \mu_0 n I_{m\acute{a}x} \omega \sin \omega t$$

Ahora ya estás en posición de despejar la magnitud del campo eléctrico.

$$E = \frac{\mu_0 n I_{\text{máx}} \omega R^2}{2r} \text{sen } \omega t \quad (\text{para } r > R)$$

Finalizó Este resultado te muestra que la amplitud del campo eléctrico afuera del solenoide cae con el inverso del radio, varía senoidalmente con el tiempo; es proporcional a la corriente I y a la frecuencia ω , lo que es consistente con el hecho de que un mayor valor de ω corresponde con un mayor cambio en el flujo magnético por unidad de tiempo. El campo eléctrico variable en el tiempo produce una aportación adicional al campo magnético. El campo magnético puede ser un poco más intenso de lo que se estableció al principio, tanto dentro como fuera del solenoide. La corrección al campo magnético es pequeña si la frecuencia angular ω es pequeña. No obstante, a altas frecuencias, puede dominar un nuevo fenómeno: los campos eléctrico y magnético, cada uno reconstruyendo al otro, constituyen una onda electromagnética radiada por el solenoide.

(B) ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico inducido dentro del solenoide, a una distancia r desde su eje?

Analizó Para un punto (r, R) , en el interior, el flujo magnético a través de una espira de integración está dado por $\Phi_B = B\pi R^2$.

Nuevamente, evaluá el lado derecho de la ecuación general de Faraday:

$$-\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(B\pi R^2) = -\pi R^2 \frac{dB}{dt}$$

Y ahora sustituí la ecuación del campo magnético en el solenoide en la ecuación anterior para obtener la siguiente expresión

$$-\frac{d\Phi_B}{dt} = -\pi r^2 \mu_0 n I_{\text{máx}} \frac{d}{dt}(\cos \omega t) = \pi r^2 \mu_0 n I_{\text{máx}} \text{sen } \omega t$$

Sustituí la expresión que obtuvistes antes para el lado izquierdo de la ecuación general de Faraday en la ecuación anterior y obtené la siguiente igualdad:

$$E(2\pi r) = \pi r^2 \mu_0 n I_{\text{máx}} \text{sen } \omega t$$

Despejá la magnitud del campo eléctrico y obtené la siguiente expresión:

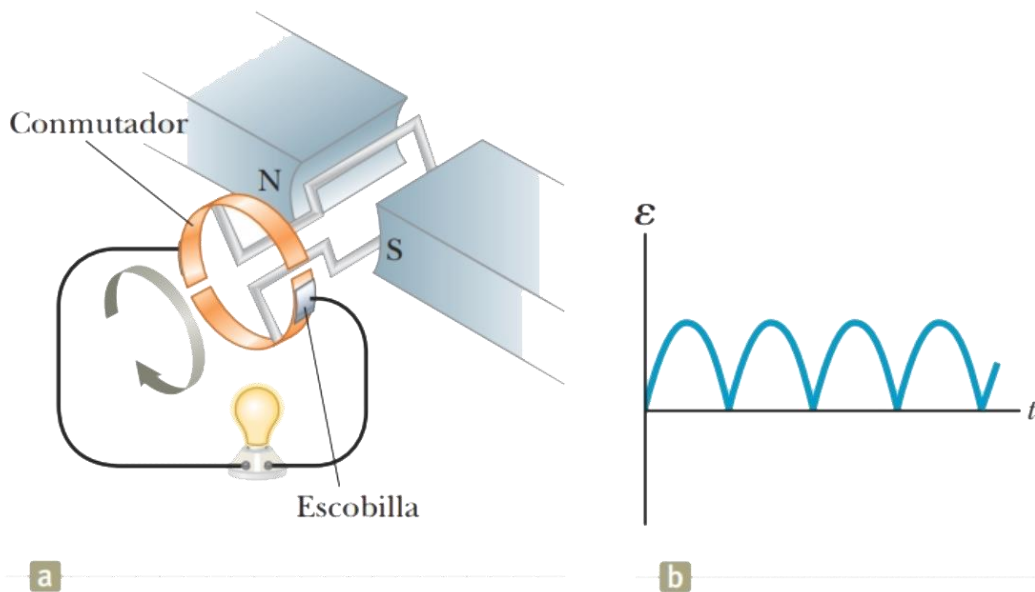
$$E = \frac{\mu_0 n I_{\max}}{2} r \operatorname{sen} \omega t \text{ (para } r < R)$$

Finalizó Este resultado muestra que la amplitud del campo eléctrico inducido dentro del solenoide por el flujo magnético variable a través del solenoide aumenta linealmente con r y varía senoidalmente con el tiempo. Al igual que con el campo fuera del solenoide, el campo en el interior es proporcional a la corriente I y la frecuencia ω .

Generadores y motores eléctricos

Generadores de corriente continua

Recordá aquellas viejas linternas de emergencia o radios que funcionaban girando una manivela con la mano. Dentro de esos dispositivos hay un generador que convierte la energía de tu mano en energía potencial eléctrica. Estudiá el generador de corriente continua (CC), que se ilustra en la figura.

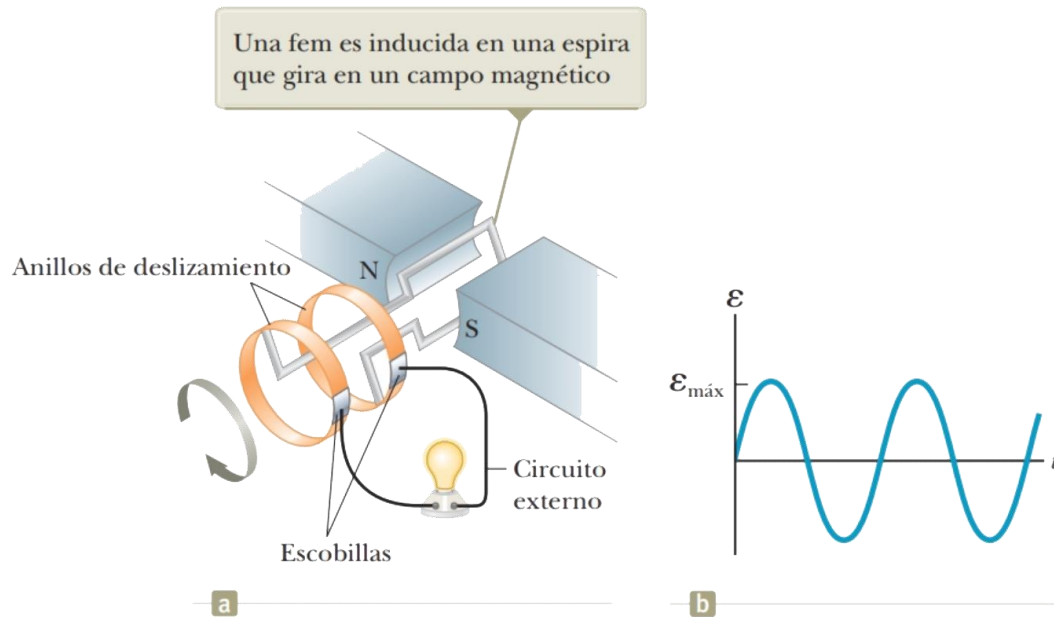


En su forma más simple, consiste en una espira de alambre girado por algún medio externo (tal vez tu mano) en un campo magnético. A medida que la espira gira, el flujo magnético a través del área encerrada por la espira cambia con el tiempo y este cambio induce una fem y una corriente en la espira de acuerdo con la ley de Faraday. Los extremos de la espira están conectados a un dispositivo de anillo dividido, llamado conmutador, que gira con la espira. Las conexiones desde el conmutador, que actúan como terminales de salida del generador, al circuito externo se realizan mediante escobillas metálicas inmóviles en contacto con el conmutador. En esta configuración, el voltaje de salida siempre tiene la misma polaridad y pulsa con el tiempo. Esto ocurre porque los contactos del anillo partido invierten sus roles cada medio ciclo. Al mismo tiempo, la polaridad de la fem inducida se invierte; por tanto, la polaridad del anillo dividido (que es la misma que la polaridad del voltaje de salida) sigue siendo la misma. Una corriente continua pulsante no es adecuada para la mayoría de las aplicaciones. Para obtener una CC más estable, los generadores comerciales de CC usan

muchas bobinas y conmutadores distribuidos de manera que los pulsos senoidales de las diversas bobinas están desfasados. Cuando estos pulsos se superponen, la salida de CC está casi libre de fluctuaciones.

Generadores de corriente alterna

Considera ahora el generador de corriente alterna (CA).



Al igual que con el generador de CC, este consiste en una espira de alambre girada por algún medio externo en un campo magnético. Los extremos de la espira se conectan a dos anillos de deslizamiento que giran con ella. Las conexiones de estos anillos, que actúan como terminales de salida del generador al circuito externo, se realizan mediante escobillas metálicas inmóviles que están en contacto con ellos. En las plantas eléctricas comerciales, la energía requerida para hacer girar la espira se puede obtener de una diversidad de fuentes. Por ejemplo, en una planta hidroeléctrica, el movimiento rotatorio se produce por una caída de agua dirigida hacia las aspas de una turbina; para los molinos de viento en la semblanza de apertura, la rotación de las aspas por el viento provoca la rotación de una espira en un generador, que es lo que está en la caja detrás de las aspas de las turbinas eólicas de Escazú.

Suponé que, en lugar de una sola vuelta, la espira tiene N vueltas (una situación más práctica), todas con la misma área A , y giran en un campo magnético con una velocidad angular constante ω . Si θ es el ángulo formado entre el campo magnético y la normal al plano de la espira, como ocurre en la figura, el flujo magnético a través de la espira para cualquier

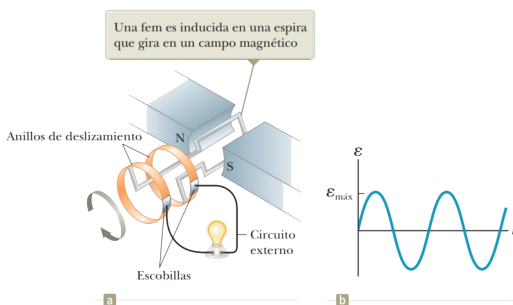
instante es igual a $\Phi_B = BA \cos \theta = BA \cos \omega t$, donde se utiliza la relación $\theta = \omega t$ existente entre la posición angular y la rapidez angular (el reloj se ajusta de manera que $t = 0$ cuando $\theta = 0$). Por eso, la fem inducida en la bobina es

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -NBA \frac{d}{dt}(\cos \omega t) = NBA\omega \sin \omega t$$

Este resultado te indica que la fem varía de manera senoidal en función del tiempo, tal y como está graficado en la figura.

La fem máxima tiene como valor $\varepsilon_{\text{máx}} = NBA\omega$ y se presenta cuando $\omega t = 90^\circ$ o bien, igual a 270° . Esto ocurre cuando el campo magnético está en el plano de la bobina y la rapidez de cambio en el tiempo del flujo es máxima. Además, la fem es igual a cero cuando $\omega t = 0^\circ$, o bien igual a 180° . Esto ocurre cuando \vec{B} es perpendicular al plano de la bobina y la rapidez de cambio con el tiempo del flujo es cero. La frecuencia de los generadores comerciales que usamos en Costa Rica es de 60 Hz, al igual que en Estados Unidos y Canadá, en tanto que en algunas naciones europeas la frecuencia es de 50 Hz. (Recordá que $\omega = 2\pi f$, donde f es la frecuencia en hertz).

Ejemplo 7: fem inducida en un generador



La bobina en un generador CA consiste en ocho vueltas de alambre, cada una de área $A = 0.0900 \text{ m}^2$, y la resistencia total del alambre es de 12.0Ω . La bobina da vueltas en un campo magnético de 0.500 T con una frecuencia constante de 60.0 Hz .

Conceptualizó Estudiá la figura con detenimiento y asegurate de comprender cómo funciona el generador de CA.

Categorizó Evaluá los parámetros usando las ecuaciones desarrolladas anteriormente. Categorizó este ejercicio como de sustitución.

(A) Encontrá la máxima fem inducida en la bobina.

Analizó Determiná la fem inducida máxima.

$$\varepsilon_{\text{máx}} = NBA\omega = NBA(2\pi f)$$

Sustituí los valores numéricos:

$$\varepsilon_{\text{máx}} = (8)(0.500 \text{ T})(0.0900 \text{ m}^2)(2\pi)(60.0 \text{ Hz}) = 136 \text{ V}$$

(B) ¿Cuál es la máxima corriente inducida en la bobina cuando las terminales de salida se conectan a un conductor de baja resistencia?

Analizó Utilizó el resultado de la parte anterior y obtené el siguiente resultado

$$I_{\text{máx}} = \frac{\varepsilon_{\text{máx}}}{R} = \frac{136 \text{ V}}{12.0 \Omega} = 11.3 \text{ A}$$

Motores eléctricos

Los motores son dispositivos que podés utilizar para transferir energía mediante transmisión eléctrica y de los cuales se transfiere energía hacia afuera en forma de trabajo. En esencia, un motor es un generador que funciona a la inversa. En lugar de generar una corriente mediante el giro de una espira, una batería suministra corriente a la bobina, y el momento de torsión que actúa en la bobina conductora de corriente hace que ésta rote. Podés obtener trabajo mecánico útil si unís la espira rotatoria de un motor con



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ACut-away_version_of_an_electric_motor_\(1\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ACut-away_version_of_an_electric_motor_(1).JPG)

algún dispositivo externo. Sin embargo, cuando la bobina gira en un campo magnético, el flujo magnético variable induce una fem en la bobina; consistente con la ley de Lenz, la fem inducida siempre actuará para reducir la corriente en la bobina. El término fuerza contraelectromotriz se utiliza para indicar que una fem tiene tendencia a reducir la corriente suministrada. Ya que el voltaje disponible para el suministro de la corriente es igual a la

diferencia entre el voltaje de alimentación y la fuerza contraelectromotriz, así, la corriente que pasa por la bobina rotatoria es limitada por esta última. Cuando se activa un motor, inicialmente no existe fuerza contraelectromotriz y la corriente resulta muy grande porque está limitada únicamente por la resistencia de la bobina. Conforme la bobina comienza a girar, la fuerza contraelectromotriz inducida se opone al voltaje aplicado, reduciendo así la corriente en la bobina. Si el motor funcionara sin carga mecánica, la fuerza contraelectromotriz reduciría la corriente a un valor sólo lo suficientemente grande para cubrir las pérdidas energéticas debidas a la energía interna y a la fricción. Si una carga pesada detiene el motor de forma que ya no pueda girar, la falta de una fuerza contraelectromotriz puede llevar a un nivel peligrosamente alto de corriente en el alambre del motor. Esta situación es peligrosa.

Ejemplo 8: Corriente inducida en un motor

Un motor contiene una bobina con una resistencia total de 10Ω producida por un voltaje de 120 V . Cuando el motor funciona a su máxima rapidez, la fuerza contraelectromotriz es 70 V .

Conceptualizá Pensá que el motor, justo después de que se enciende, aun no se mueve, de modo que no hay fuerza contraelectromotriz generada. Como resultado, la corriente en el motor es alta. Después de que el motor comienza a girar, se genera una fuerza contraelectromotriz y la corriente disminuye.

Categorizá Necesitás combinar lo que has aprendido sobre los motores con la relación entre corriente, voltaje y resistencia (ley de Ohm) en este problema de sustitución.

(A) Encontrá la corriente en la bobina en el instante en que el motor se enciende.

Analizá Evaluá la corriente en la bobina sin fuerza contraelectromotriz generada.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{120 \text{ V}}{10 \Omega} = \boxed{12 \text{ A}}$$

(B) Encontrá la corriente en la bobina cuando el motor alcanza máxima rapidez.

Analizá la corriente en la bobina con la máxima fuerza contraelectromotriz generada. [click to show equation.]

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\text{fuerza}}}{R} = \frac{120 \text{ V} - 70 \text{ V}}{10 \Omega} = \frac{50 \text{ V}}{10 \Omega} = \boxed{5.0 \text{ A}}$$

La corriente extraída por el motor cuando funciona a su máxima rapidez es significativamente menor que la extraída antes de que comience a girar.

¿Qué pasaría si este motor está en una sierra circular? Cuando funciona la sierra, el aspa se atasca en un trozo de madera y el motor no puede girar. ¿En qué porcentaje aumenta la potencia de entrada del motor cuando está atascado?

Es posible que ya antes hayás lidiado con un motor que se calienta cuando algo evita que rote. Esto se debe al aumento de potencia de entrada al motor. La mayor rapidez de transferencia de energía resulta en un aumento en la energía interna de la bobina, un efecto indeseable.

Establecé la razón de la potencia de entrada al motor cuando se atasca, empleando la corriente calculada en la primera parte, a la que se presenta cuando está operando con normalidad, segunda parte del ejemplo:

$$\frac{P_{\text{atascada}}}{P_{\text{girando}}} = \frac{I_A^2 R}{I_B^2 R} = \frac{I_A^2}{I_B^2}$$

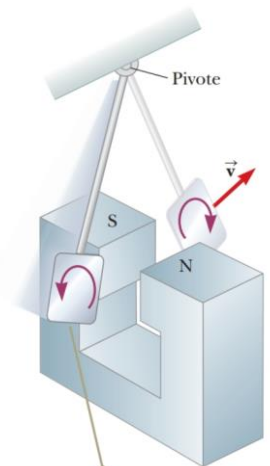
Luego, sustituí los valores numéricos obtenés

$$\frac{P_{\text{atascada}}}{P_{\text{girando}}} = \frac{(12 \text{ A})^2}{(5.0 \text{ A})^2} = 5.76$$

¡Esto representa un aumento de 476% en la potencia de entrada! Tal potencia de entrada es capaz de hacer que la bobina se caliente y que se dañe. la fem inducida máxima.

Corrientes de eddy

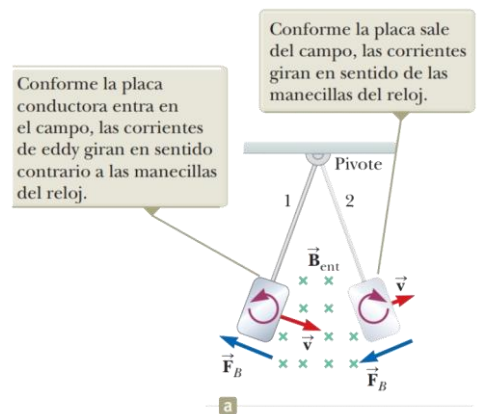
Como ves, en un circuito se induce una fem y una corriente debido a la presencia de un flujo magnético variable. Imaginá ahora una placa de metal, como la que cuelga de una varilla en la figura. Para ello considerá que una placa de metal es una combinación de muchas espiras circulares concéntricas conductoras de varios radios. Por tanto, en piezas voluminosas de metal que se mueven a través de un campo magnético se inducen corrientes circulantes, conocidas como corrientes de eddy. Podés ver este fenómeno si dejás oscilar una placa plana de cobre o de aluminio unida al extremo de una barra rígida a través de un campo magnético. Conforme la placa entra en el campo, el flujo magnético variable induce una fem en ella, la cual, a su vez, hace que los electrones libres presentes en la placa se muevan, produciendo corrientes de eddy en remolino.



Como la placa entra o sale del campo, el flujo magnético variable induce una fem, que es la que genera corrientes de eddy en la placa.

De acuerdo con la ley de Lenz, la dirección de las corrientes de eddy es tal que genera campos magnéticos que se oponen al cambio que causan dichas corrientes. Por esta causa, las corrientes de eddy deben producir polos magnéticos efectivos sobre la placa, que son repelidos por los polos del imán; creando una fuerza de repulsión que se opone al movimiento de la placa (de no ser así, la placa se aceleraría y su energía se incrementaría después de cada oscilación, lo que violaría la ley de conservación de energía).

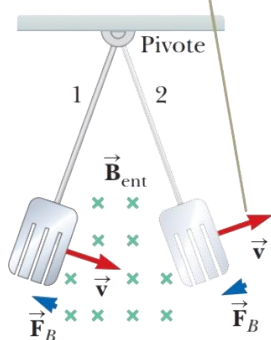
Como se indica en la figura a, con \vec{B} dirigido hacia el interior de la página, la corriente de eddy inducida va en dirección opuesta a las manecillas del reloj conforme la placa oscilante entra en el campo en la posición 1, debido a que se está incrementando el flujo causado por el campo magnético externo hacia el interior de la página a través de la placa. Según la ley de Lenz, la corriente inducida debe proveer su propio campo magnético hacia el exterior de la página. Lo opuesto ocurre conforme la placa sale del campo en la posición 2, donde la corriente fluye en sentido horario. Ya que las corrientes de eddy inducidas siempre producen



una fuerza magnética de retardo \vec{F}_B cuando la placa entra o sale del campo, la placa oscilante finalmente regresa a una posición de reposo.

Si se abren ranuras en la placa, como se muestra en la figura b, se reducen de manera importante las corrientes de eddy y la fuerza de retardo correspondiente. Date cuenta de que los cortes en la placa impiden la formación de largas espiras de corriente.

Cuando se ranura la placa conductora, las corrientes de eddy se reducen y la placa oscila con mayor libertad a través del campo magnético.



b

Los sistemas de frenado en muchos trenes subterráneos aprovechan la inducción electromagnética y las corrientes de eddy. Un electroimán unido al tren está colocado cerca de los rieles de acero (en esencia, un electroimán es un solenoide con núcleo de hierro). El efecto de freno se presenta cuando se hace pasar una corriente muy grande por el electroimán. El movimiento relativo existente entre el imán y los rieles induce en estos corrientes de eddy y la dirección de estas corrientes produce una fuerza de arrastre sobre el tren en movimiento. Ya que estas corrientes disminuyen

uniformemente en magnitud al disminuir la velocidad del tren, el efecto de frenado es muy suave. También como medida de seguridad, algunas herramientas eléctricas las utilizan para detener rápidamente las aspas en rotación una vez apagado el dispositivo.

Con frecuencia, las corrientes de eddy son indeseables, ya que representan una transformación de energía mecánica en energía interna en la resistencia del metal. A fin de reducir esta pérdida de energía, es común fabricar las piezas conductoras en láminas, es decir, con capas delgadas de material separadas por otro material no conductor, como por ejemplo con lacas o algún óxido metálico. Esta estructura en capas evita espiras de corriente grandes y limita de manera efectiva las corrientes a espiras pequeñas en cada capa individual. Estas estructuras laminadas se usan en los núcleos de los transformadores y en los motores para minimizar las corrientes de eddy y, por consiguiente, para incrementar la eficiencia de dichos dispositivos.

Referencias

Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2015). Física para Ciencias e Ingenierías. México, Cengage Learning.

Serway, R. A. y Vuille, C. (2015). Fundamentos de Física. México, Cengage Learning.

Young H. Freedman, A., Ford, L., Sears, F., Semansky, M. (2013). Física Universitaria. Vol II. Pearson Education.

Bauer, W. y Westfall, G. (2011). Física para Ingenierías y Ciencias. Vol I. McGraw Hill.

Inductancia



De regreso a casa, después de tu paseo al parque eólico de Escazú, hacés un alto por la luz roja de un semáforo. Sin embargo, luz verde se enciende casi de inmediato y vos, caes en que esto te ha ocurrido varias veces en el pasado. De pronto el físico en vos toma surge y te empezás a cuestionar cómo es que el semáforo se da cuenta que tu carro está ahí, a la espera del cambio de luz. Lo intentas nuevamente, entrando en un carril para girar a la izquierda. ¡La luz verde para el giro a la izquierda se enciende! De pronto te das cuenta de que esto ocurre con todos los semáforos a medida que te acercás a las intersecciones. Buscás estructuras y dispositivos que puedan albergar detectores que puedan reconocer tu carro, pero no hay nada. Luego, te das cuenta de que en todas las intersecciones hay figuras, como el círculo en la fotografía, cortadas en el pavimento. ¿Tendrá esto que ver con el cambio de luz en el semáforo?

Ya aprendiste cómo una fem y una corriente se inducen en una espira de alambre cuando el flujo magnético a través del área encerrada por la espira varía en el tiempo. Este fenómeno de inducción tiene algunas consecuencias prácticas.

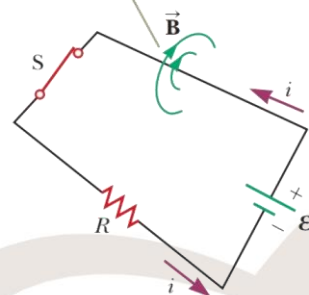
Primero describirás un efecto conocido como autoinducción, en el cual una corriente variable en el tiempo en un circuito produce una fem inducida que se opone a la fem que inicialmente configuró la corriente variable en el tiempo. La autoinducción es la base del inductor, un nuevo elemento de circuito. Luego, vas a combinar el inductor en circuitos eléctricos con los elementos de un circuito estudiados en el pasado, el capacitor y el resistor. Estudiarás como la energía se almacena en el campo magnético de un inductor y la densidad de energía asociada con el campo magnético. Por último, encontrarás que los circuitos que incluyen inductores pueden tener un comportamiento similar al oscilador armónico simple. Además, tu comprensión de los inductores te permitirá avanzar y comprender el funcionamiento de los circuitos de CA.

Inductancia

Después de entender la ley de Faraday, debés distinguir cuidadosamente entre fems y corrientes que son causadas por fuentes físicas como las baterías y aquellas que son inducidas por campos magnéticos variables. Cuando usás un término (como fem o corriente) sin un adjetivo, estás describiendo los parámetros asociados con una fuente física. Utilizá el adjetivo inducido para describir las fem y las corrientes causadas por un campo magnético variable.

Considerá un circuito formado por un interruptor, un resistor y una fuente de fem. Observá las orientaciones de algunas líneas de campo magnético debido a la corriente en el circuito. Cuando el interruptor se coloca en posición cerrada, la corriente no salta inmediatamente de cero a su valor máximo. Para describir este efecto se puede utilizar la ley de la inducción electromagnética de Faraday. A medida que la corriente aumenta con el tiempo, las líneas de campo magnético que rodean los cables pasan a través la espira representada por el mismo circuito. Este campo magnético que pasa a través de la espira causa un flujo magnético a través de esta. Este flujo creciente genera una fem inducida en el circuito. La dirección de la fem inducida es tal que causa una corriente inducida en la espira, que establece un campo magnético opuesto al cambio en el campo magnético original. Por tanto, la dirección de la fem inducida es en sentido opuesto a la dirección de la fem de la batería, lo que da como resultado un incremento gradual, no instantáneo, de la corriente hasta que alcance su valor de equilibrio final. Debido a la dirección de la fem inducida también se

Una vez cerrado el interruptor, la corriente produce un flujo magnético a través del área encerrada por la espira. Conforme la corriente aumenta hacia su valor de equilibrio, este flujo magnético cambia con el tiempo e induce una fem en la espira.



le conoce como fuerza contraelectromotriz, que es similar a la que se presenta en un motor. Este efecto se llama autoinducción debido a que el flujo variable a través del circuito y la fem inducida resultante surge del circuito mismo. La fem establecida en este caso se llama fem autoinducida.

Si querés describir cuantitativamente la autoinducción, empezá por recordar la ley de Faraday, la cual dice que la fem inducida es igual al negativo de la rapidez de cambio en el tiempo del flujo magnético. A su vez, el flujo magnético es proporcional al campo magnético que en su momento es proporcional a la corriente en el circuito. Por tanto, una fem autoinducida en un circuito siempre es proporcional a la rapidez de cambio en el tiempo de la corriente. Para cualquier espira de alambre, escribí esta proporcionalidad como $\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt}$, donde L es una constante de proporcionalidad —llamada inductancia de la espira— que depende de la geometría de la espira y de otras características físicas. Si considerás una bobina con espacios cerrados de N vueltas (por ejemplo, un toroide o un solenoide ideal) que lleva una corriente i y contiene N vueltas, la ley de Faraday dice que $\varepsilon_L = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$.

Al combinar estas expresiones obtendrás la definición general de la inductancia, donde se supone que pasa el mismo flujo magnético a través de cada una de las vueltas y L es la inductancia de toda la bobina. También podés escribir la inductancia como la razón $L = -\frac{\varepsilon_L}{di/dt}$.

$$L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

La unidad del SI para la inductancia es el henry (H), el que equivale a 1 volt-segundo por ampere: $1 H = 1 \frac{Vs}{A}$.

Recordá que la resistencia es una medida de la oposición a la corriente que está dada por la ecuación ley de Ohm, $R = \frac{\Delta V}{I}$; en comparación, estas ecuaciones son de la misma forma matemática y muestran que la inductancia es una medida de oposición a un cambio en la corriente. La inductancia de una bobina depende de su geometría. Esta dependencia es similar a la capacitancia de un capacitor que depende de la geometría de sus placas, y a la resistencia de un resistor depende de la longitud y el área del material conductor. Calcular la inductancia puede ser bastante complicado en el caso de geometrías complejas; sin embargo, los ejemplos que trabajarás a continuación involucran situaciones simples para evaluar fácilmente sus inductancias.

Ejemplo 1: Inductancia de un solenoide

Considera un solenoide con N vueltas y longitud ℓ devanado uniformemente. Suponé que ℓ es mucho mayor que el radio de los devanados y que el núcleo del solenoide es aire.

(A) Encontrá la inductancia del solenoide.

Conceptualizá Las líneas de campo magnético de cada vuelta del solenoide pasan a través de todas las vueltas, de modo que una fem inducida en cada bobina se opone al cambio en la corriente.

Categorizá Clasificá este ejemplo como un problema de sustitución. Ya que el solenoide es largo, utilizá los resultados para un solenoide ideal.

Analizá Encontrá el flujo magnético a través de cada vuelta de área A en el solenoide; usá la expresión para el campo magnético del solenoide: $\Phi_B = BA = \mu_0 niA = \mu_0 \frac{N}{\ell} iA$

Sustituí esta expresión en la definición de la inductancia:

$$L = \frac{N\Phi_B}{i} = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A$$

(B) Calculá la inductancia del solenoide si contiene 300 vueltas, su longitud es de 25.0 cm y su área de sección transversal es de 4.00 cm².

Sustituí los valores numéricos:

$$L = \left(4\pi \times 10^{-7} T \frac{m}{A}\right) \frac{300^2}{25.0 \times 10^{-2} m} (4.00 \times 10^{-4} m^2) = 1.81 \times 10^{-4} T \frac{m^2}{A} = 0.181 mH$$

(C) Calculá la fem autoinducida en el solenoide si la corriente que porta disminuye a la razón de 50.0 A/s.

Sustituí $\frac{di}{dt} = -50.0 \frac{A}{s}$, junto con tu resultado de la parte (B) en la ecuación, y obtené la siguiente expresión:

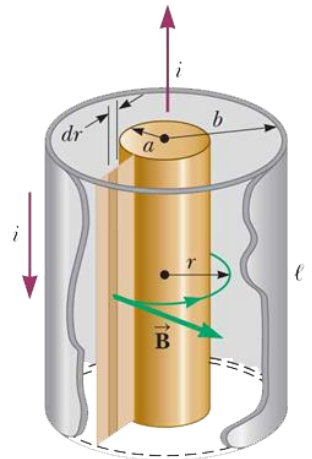
$$\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt} = -(1.81 \times 10^{-4} H)(-50.0 A/s) = \boxed{9.05 mV}$$

El resultado de la parte (A) te dice que L depende de la geometría y es proporcional al cuadrado del número de vueltas. Ya que $N = n\ell$, podés expresar el resultado en la forma $L = \mu_0 \frac{(n\ell)^2}{\ell} A = \mu_0 n^2 A \ell = \mu_0 n^2 V$, donde $V = A\ell$ es el volumen interior del solenoide.

Ejemplo 2: El cable coaxial

Los cables coaxiales se utilizan a menudo para conectar dispositivos eléctricos, como se hacía antes con los sistemas de vídeo y en la recepción de señales en los sistemas de cable de televisión.

(A) Modelá un cable coaxial largo como una cubierta conductora, delgada y cilíndrica de radio b concéntrica con un cilindro sólido de radio a . Los conductores llevan la misma corriente i en direcciones opuestas. Calculá la inductancia L de una longitud ℓ de este cable.



Conceptualizá Considerá el cable coaxial mostrado en la figura. Aunque no se tiene una bobina visible en esta geometría, imaginá una rebanada radial delgada del cable coaxial como el rectángulo dorado claro en la figura. Si los conductores interior y exterior se conectan a los extremos del cable (arriba y abajo de la figura), esta rebanada representa una gran espira conductora. La corriente en la espira establece un campo magnético entre los conductores interior y exterior que pasa a través de esta espira. Si la corriente cambia, el campo magnético cambia y la fem inducida se opone al cambio original en la corriente en los conductores.

Categorizá Esta situación se clasifica como una en la que se debe regresar a la definición fundamental de inductancia.

Analizá Encontrá el flujo magnético a través del rectángulo dorado claro de la figura. La ley de Ampère dice que el campo magnético en la región entre los conductores se debe al conductor interior y que su magnitud es $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$, donde r se mide desde el centro común de los cilindros. En la figura se muestra una línea a lo largo de un campo circular de ejemplo con el vector de campo tangente a la línea de campo.

El campo magnético es perpendicular al rectángulo dorado claro de longitud ℓ , y ancho $b - a$, la sección transversal de interés. Ya que el campo magnético varía con la posición radial a través de este rectángulo, usá el cálculo para encontrar el flujo magnético total.

Dividí el rectángulo dorado claro en tiras de ancho dr como la tira más oscura en la figura. Evaluá el flujo magnético a través de tal tira:

$$d\Phi_B = BdA = B\ell dr$$

Sustituí la expresión del campo magnético e integrá sobre todo el rectángulo dorado claro:

$$\Phi_B = \int_0^b \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \ell dr = \frac{\mu_0 i \ell}{2\pi} \int_0^b \frac{dr}{r} = \frac{\mu_0 i \ell}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Use la definición de la inductancia a partir del flujo magnético para encontrar la inductancia del cable:

$$L = \frac{\Phi_B}{i} = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

Finalizó La inductancia depende sólo de factores geométricos relativos al cable. Aumenta si ℓ , aumenta, si b aumenta o si a disminuye. Este resultado es consistente con la conceptualización: cualquiera de estos cambios aumenta el tamaño de la espira representada por la rebanada radial y a través de la que pasa el campo magnético, que aumenta la inductancia.

CONCLUSIONES

La mediación implementada le permitió al estudiante adquirir los conocimientos de física requeridos en las asignaturas siguientes en el programa de su carrera, así como demostrar pensamiento de un nivel superior en los dominios cognitivos (analiza, evalúa y crea); en contraste con el modelo tradicional que busca recordar y comprender (niveles inferiores en los dominios cognitivos).

A continuación, se presentan algunas reflexiones extraídas de manera literal de las evaluaciones de la actividad de aprendizaje:

Estudiante 1: “Simplemente excelente, el hecho de aprender haciendo es la mejor metodología utilizada, espero que se siga implementando.”

Estudiante 10: “Aprendí mucho.”

Estudiante 11: “Fue más dinámico, y aprendí mucho más que en la metodología normal.”

De la evaluación de la mediación por parte del estudiantado se desprende que, si bien ésta implicó una dedicación continua, le permitió construir conocimiento, apropiarse de conceptos disciplinarios y desarrollar competencias de gran valor actual y útiles para su crecimiento profesional.

El aula virtual toma provecho de los recursos elaborados por estudiantes y por docentes, recursos similares a los ya existentes en la Web 2.0, pero con una intencionalidad intrínseca y contextualizados, a los que el estudiantado puede acceder cuando lo desee. También le permite al estudiante abordar el problema al que se enfrenta de poder acceder al docente cuando más necesita de ayuda, eliminando la instrucción directa de la clase, convirtiéndola en la tarea (de ahí el término invertida), y liberando el tiempo de clase para realizar actividades de aprendizaje eficaces y para aumentar las interacciones horizontales estudiante-estudiante y las interacciones verticales estudiante-docente. Significa que se abandona el modelo educativo de una sola talla para que el estudiante se apropie del proceso de aprendizaje, elija cómo aprender los contenidos y demuestre su comprensión, todo mientras se le permite avanzar a un ritmo propio e individual.

Entre las ventajas del aula invertida destacan:

- potencia el trabajo interactivo

- refuerza la motivación e involucramiento del estudiantado
- los contenidos son accesibles al estudiantado en cualquier momento

Se comparte a continuación la reflexión de un estudiante sobre la intervención:

Estudiante 3: “Es el primer curso en el que aprendí sobre la materia y también a estudiar adecuadamente, lo aprendido no solo me va a servir para pasar un examen, espero y creo que me va a ayudar en todos los cursos de aquí en adelante gracias al enfoque del curso y la dedicación del profesor.”

Las actividades grupales fueron de gran agrado para el estudiantado; permitieron desarrollar el interés por los temas de estudio, el involucramiento y la participación. Durante el desarrollo de estas fue común ver estudiantes ir más allá del ejercicio propuesto, integrando nuevos y viejos conocimientos para realizar un análisis más profundo, y además discutirlo con su grupo con argumentos pertinentes y propios. El estudiantado consideró que estas fueron de las actividades más enriquecedoras porque, además de ser constructivas en su formación, se realizaban en un ambiente ameno y de confianza dónde errar resultaba menos incómodo por estar tratando con pares.

Se comparten a continuación las reflexiones de un par de estudiantes sobre el aprendizaje interactivo:

Estudiante 5: “Es sumamente importante, la interacción con los demás compañeros y como se ve aplicada la física, lo envuelve y genera un deseo de aprender mayor.”

Estudiante 13: “Excelente, se llega a interiorizar más la materia y al ayudarse entre compañeros, se obtiene una mejor comprensión.”

Las actividades individuales fueron herramientas valiosas para construir y consolidar conocimiento en el estudiantado. La elaboración de mapas conceptuales, que involucró la comprensión de información, la identificación de ideas y conceptos principales y la conexión entre ellos, resultó ser formativa y retadora. Además de ser otra forma de aprender, según la percepción del estudiantado, esta herramienta sirvió para identificar y comprender las relaciones, similitudes y diferencias que hay entre conceptos disciplinarios.

Es común confundir aula virtual con una amplia gama de prácticas de enseñanza. Sin embargo, el aula virtual, acompañada de un diseño instruccional coherente y pertinente es más que una metodología, es en sí una ideología de aprendizaje. Esto significa que el aula virtual es fluida y adaptable, que cuando se hace de manera correcta, puede impactar positivamente el aprendizaje. Su efectividad depende en gran parte de la mediación docente, de la calidad y diseño de los recursos y objetos de aprendizaje y de la astucia y habilidad del docente. En un principio la idea de la clase virtual se consideró para un mejor uso del espacio y del tiempo, pero la incorporación de espacios virtuales permitió la incorporación de las mismas actividades que se pueden llevar a cabo en ambientes presenciales, así como de un sin número de actividades de aprendizaje y recursos que permiten propiciar un aprendizaje auténtico y pertinente.

No es posible afirmar que el aula virtual pueda aplicarse en el 100% de los casos; el estudiantado necesita de unos mínimos recursos y conocimientos tecnológicos. Lo cierto es que, si se le facilitan estos medios, el aula virtual es más efectiva que el modelo tradicional. Al momento de construir el aula virtual, muchos docentes se enfrentan a la interrogante de cuáles tecnologías son necesarias. Uno de los aspectos que más reta al docente es adquirir el conocimiento y dominio de las herramientas tecnológicas para la creación de objetos de aprendizaje. Actualmente hay un gran número de equipos y programas de cómputo disponibles para este fin, tales como los podcasts, contenido en la Web 2.0 y documentos digitales. Si bien estos recursos son opciones fantásticas, necesitan ser parte de una imagen mucho más grande. No se trata de incorporar vídeos y otros recursos sin intención, ni se trata de enseñar..., se trata de aprender.

Al principio, el mayor beneficio de la clase virtual es la reestructuración del tiempo de clase, lo que de hecho es una solución pedagógica más que sólo una solución tecnológica. Sin embargo, este beneficio depende del uso estratégico de las herramientas tecnológicas incorporadas.