

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de TP N° 2: ELECTROSTÁTICA

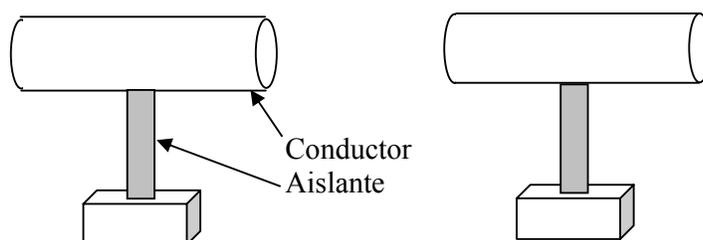
**Actividades:** resuelve los siguientes problemas a través del análisis, la formulación de hipótesis y la experimentación. Ayúdate con esquemas en los que representes los distintos elementos y las cargas.

**Problema 1:** Se sabe que al frotar una barra de vidrio con un determinado paño:

- 1) La barra adquiere una carga positiva (por definición)<sup>1</sup>.
  - 2) Al ponerla en contacto con una bolita conductora colgada de un hilo aislante (péndulo electrostático), parte de su carga pasa a la bolita.
  - 3) Cargas de igual signo se repelen y de distinto signo se atraen
- (a) ¿Cómo podrías determinar el signo de una barra de cualquier material (acrílico, PVC, etc.), si contaras con los elementos antes mencionados?

**Problema 2:** Se sabe que al acercar una barra cargada a un conductor descargado y aislado, en el mismo se inducen cargas eléctricas, debido a las fuerzas atractivas y repulsivas entre las cargas libres del conductor y la barra.

- (a) ¿Cómo justificas que la cantidad de carga positiva inducida en una parte del conductor es igual en valor absoluto a la cantidad de carga negativa inducida en otra?
- (b) ¿Cómo harías para cargar con cargas de igual magnitud y signo contrario a dos conductores montados en soportes aislantes que se pueden mover, si cuentas además con barras electrificables y paños?



**Problema 3:** Supone que tienes un péndulo cargado. Analiza lo que podría ocurrir si acercaras al mismo (por separado) los distintos cuerpos:

- (a) Un conductor descargado y aislado.
- (b) Un dedo de tu mano.
- (c) Una barra de acrílico descargada.

**Problema 4:** Un electroscopio está compuesto por un par de hojas de oro muy delgadas, conectadas entre sí y colgantes de un soporte conductor, estando todo el sistema aislado, colocado en una botella de vidrio:

- (a) ¿Por qué las hojas se separan cuando acercamos una barra cargada al soporte superior?<sup>2</sup>
- (b) ¿Que ocurriría si alejamos luego la barra?
- (c) ¿Que ocurriría si antes de alejarla frotamos el soporte del electroscopio con la barra cargada?.

<sup>1</sup> Las barras de vidrio son más difíciles de cargar que las de materiales plásticos. Se recomienda limpiarlas antes con alcohol u otro solvente, y frotarlas fuertemente.

<sup>2</sup> En días de mucha humedad conviene secar la botella y el aislante con alcohol o aire caliente.

- (d) ¿Cómo harías para descargar un electroscopio cargado?  
(e) ¿Qué ocurriría si a la parte superior de un electroscopio cargado le acercaras progresivamente una barra con carga de signo contrario, sin tocarlo con la misma?.

**Problema 5:** Supone que cuentas con una barra cargada y con un conductor (A) descargado aislado, que podría ser un electroscopio. Sabemos a su vez que nuestro cuerpo y la superficie terrestre se comportan en cierta medida como un solo conductor.

- (a) ¿Cómo harías para cargar el conductor A con una carga de signo contrario a la barra?  
(b) ¿Cómo podrías comprobar el resultado de la experiencia si A fuera un electroscopio?

**Problema 6:** Analiza lo que podría ocurrir si acercaras una barra cargada al extremo de una barra de material dieléctrico descargada que está colgada de un hilo en su punto medio.

**Problema 7:** Se afirma que en los conductores huecos la carga neta se aloja en la parte exterior. Por otra parte, se sabe que si un conductor descargado se pone en contacto con otro cargado, parte de la carga de éste se transfiere al primero.

Supone que cuentas con:

- Un conductor hueco con orificio en la parte superior,
- Una barra cargada,
- Una pequeña esfera metálica soportada por una barra delgada no conductora
- Un electroscopio inicialmente descargado

¿Cómo podrías probar esa afirmación?<sup>3</sup>

**Problema 8:** ¿Qué ocurriría si acercaras una barra cargada a una jaula de alambre que tiene en su interior un electroscopio descargado?

**Problema 9:** Se cuenta con un generador de Van de Graff, que provee de un potencial muy elevado (negativo) respecto a tierra. Acercando al mismo una esfera metálica conectada a tierra, se produce una chispa eléctrica. ¿Cómo estimarías el valor de ese potencial sabiendo que el campo de ruptura dieléctrica del aire es de aproximadamente 1,5 KV/mm?

**Problema 10:** ¿Te atreverías a pararte sobre un aislador muy grueso de poliuretano expandido (“telgopor”), tocando el generador mientras se eleva la tensión del mismo?

**Problema 11:** ¿Cómo explicas el giro de un molinillo conductor, colocado sobre el generador de Van de Graff?

**Problema 12:** ¿Cómo explicas los fenómenos observados cuando acercas un tubo fluorescente tomado del vidrio con la mano, al generador de Van de Graff?.

---

<sup>3</sup> Se trata de una experiencia que funciona bien los días de poca humedad, o limpiando y secando muy bien los elementos aislantes.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de TP N° 3: Simulación de campos y potenciales

#### INTRODUCCIÓN:

El Modelo de Simulación utilizado (ELQ) representa un hilo recto, de 1 m de longitud, no conductor, ubicado en el vacío, con una densidad lineal homogénea de cargas ( $\lambda$ : C/m), que se puede seleccionar entre una lista de valores posibles.

Tiene tres funciones básicas:

1. Cálculo de Campo Eléctrico y Potencial.
2. Trazado de Líneas de Campo.
3. Trazado de Líneas Equipotenciales.

Para cualquiera de estas funciones se puede elegir una amplificación (zoom), entre una lista de cuatro posibles: 10, 25, 50 y 100 % (esta última instalada por omisión)

**Función 1:** El campo y el potencial se calcula en base a distintas opciones de discretización, es decir, de representación de la línea de cargas mediante cierto número de cargas puntuales. Ese número puede ser de: 5, 10, 20, 50 e infinitas (cálculo integral).

Cuando se hace el cálculo por discretización, es posible desarrollar el procedimiento en forma **Automática** (opción por omisión, para lo cual se cliquee en un punto de la pantalla, o se escriben las coordenadas del punto y se presiona sobre el botón Calcular), o se puede proceder por sucesivos pasos (opción **Manual**, para lo cual luego se cliquee sobre cada elemento de carga). En cualquiera de los casos es posible instalar la opción de **Ver** los elementos de campo (vectores relacionados a cada carga puntual).

**Función 2:** Se dibujan las líneas de campo eléctrico basándose en la función integrada. Para obtener una línea, se cliquee sobre un punto de la pantalla, o se escriben las coordenadas de un punto y se presiona el botón **Calcular**.

**Función 3:** Idem para las líneas equipotenciales. (intersecciones de superficies equipotenciales con los planos coordenados). En este caso existe la posibilidad de trazar un conjunto de líneas equipotenciales que tengan entre sí la misma diferencia de potencial.

Se puede demostrar matemáticamente que las líneas equipotenciales son elipses, con sus focos en los extremos de la línea de cargas.

#### VISTAS

El programa permite ver la línea de cargas desde una posición de Frente (por omisión) y otra de Perfil (la línea se ve como un punto). Esto permite estudiar mejor las simetrías del sistema.

#### ACTIVIDADES A DESARROLLAR

##### 1) Acercamiento al entorno.

- a) Reconoce las distintas funciones y opciones del programa en los controles de pantalla. Prueba estas funciones variando los modos de operación y parámetros del sistema.

##### 2) El Campo Eléctrico obtenido por composición vectorial.

- a) El campo eléctrico de una línea de cargas se puede calcular en forma aproximada como la suma vectorial de los campos de un cierto número de cargas puntuales (discretización: representación de un sistema continuo por elementos aislados). Analiza cuando se comete menos error, en relación al

número de elementos discretos y a la distancia en la cual se calcula el campo. Propone una explicación<sup>4</sup>.

- b) ¿Existen puntos del plano donde se compensen las contribuciones de los elementos horizontales del campo eléctrico? Obtiene una gráfica en la que se pueda visualizar dicha situación.

### 3) Dependencia del campo eléctrico respecto de la distancia.

- a) Comprueba numéricamente que en las cercanías de la zona central de la línea (a pocos centímetros de la misma), el campo es prácticamente proporcional a la inversa de la distancia a la misma, mientras que en puntos muy alejados varía con la inversa del cuadrado de la distancia. Explica las razones de estos comportamientos.
- b) Encuentra la relación entre lo hallado en el punto anterior, con la configuración de líneas de campo del sistema.
- c) En una vista de frente, en las cercanías del hilo cargado, se observan líneas de campo casi rectas y paralelas entre sí. Eso pareciera indicar que en esa zona existiría un campo prácticamente uniforme, lo cual estaría en contradicción con lo hallado en el punto 3-a. Resuelve esta aparente contradicción.
- d) En la zona central del hilo se observa que las líneas de campo llegan perpendiculares al mismo. Cómo llegan en las cercanías de los extremos? Explica el porqué de la diferencia de comportamientos y si en base a esto se puede afirmar que la línea finita con carga uniforme no es equipotencial.

### 4) El potencial calculado mediante una suma escalar

- a) Analiza la aproximación que se obtiene al calcular el potencial en un punto por suma de contribuciones de N cargas puntuales en las que se discretiza el sistema. Enuncia la expresión matemática utilizada.
- b) ¿ Hay puntos donde se puede anular el potencial debido a la compensación de las contribuciones de distintos elementos de carga? Explica.

### 5) La dependencia del potencial respecto a la distancia

- a) Comprueba numéricamente que en las cercanías del centro de la línea de cargas, el potencial varía en forma proporcional al logaritmo de la distancia. Demuestra que a grandes distancias el potencial decrece con la inversa de la distancia. Relaciona este hecho con lo hallado en el punto 3-a.
- b) Comprueba numéricamente que el campo eléctrico se puede calcular mediante el gradiente del potencial. Para pequeños valores de variación de las coordenadas ( $\Delta x$  y  $\Delta y$ ), puedes utilizar las aproximaciones:

$$\frac{\partial V}{\partial x} \cong \left( \frac{\Delta V}{\Delta x} \right)_{y=cte} \qquad \frac{\partial V}{\partial y} \cong \left( \frac{\Delta V}{\Delta y} \right)_{x=cte}$$

### 6) Líneas equipotenciales

- a) Estudia las formas que adquieren esas líneas para distintas distancias y como se relacionan con las líneas de campo eléctrico. ¿A que tienden para grandes distancias? ¿Cómo serían las superficies equipotenciales?
- b) Genera dos pares de líneas equipotenciales, uno cercano y otro alejado de la línea de carga, pero manteniendo constante la distancia entre las líneas de cada par. Estudia la diferencia de potencial entre cada uno de los pares de líneas y obtiene conclusiones al respecto.

### INFORME:

Elabora un informe con las consideraciones y conclusiones halladas. Puedes incluir en el mismo algunas gráficas obtenidas del programa. Para eso puedes copiar las imágenes en el portapapeles de Windows y pegarlas en el Word.

---

<sup>4</sup> Se trata de un estudio cualitativo, que debe generar respuestas cómo: “cuanto menor sea el número de elementos, ...”. Cuando se estudia una magnitud que depende de más de una variable, se aconseja ir modificando las variables de a una por vez (dejar todas fijas menos una, y así sucesivamente).

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de TP N° 4: Circuitos de corriente continua

#### Primera parte: Simulación de circuitos con Electronics Workbench 4.0 (EWB4)

##### El software y su manejo

El EWB4 corre en Windows 95 al 2000 (**no funciona en Windows XP**). Se trata de un entorno de simulación con diversos componentes para armar circuitos electrónicos, analógicos y digitales. En la Figura 1 observamos parte de su pantalla de inicio. En la fila superior están los **instrumentos de uso general**, que se pueden arrastrar al área de trabajo. En la segunda fila están los íconos de las distintas **barras de componentes**. En este caso está seleccionada la de “elementos pasivos” (resistencias, fuentes de tensión, condensadores, etc.). La designaremos con el número 1. En la número 4 podemos encontrar llaves (comunes o temporizadas), relés, etc. En la 6 tenemos instrumentos de medición e indicación (voltímetro, amperímetro, lámparas, computadora con sistema de adquisición de datos, etc.).

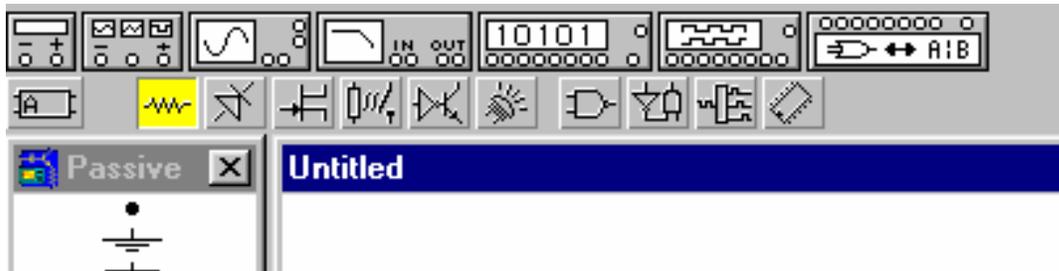


Figura 1

Para **armar un circuito**, seleccionamos la barra de componentes correspondiente, arrastramos los elementos que necesitamos al área de trabajo. Para rotar un elemento, lo seleccionamos y presionamos las teclas CTRL+R. Para **conectar los componentes**, colocamos el cursor sobre el terminal del elemento y cuando aparece un círculo negro presionamos el botón del mouse y arrastramos hacia el terminal del otro componente. Cuando aparece el otro círculo negro, soltamos el botón.

También se puede conectar un componente a un cable de conexión, ya sea en forma directa o colocando previamente un nudo (círculo negro de la barra de componentes pasivos).

Para **cambiar los parámetros** de un componente, hacemos doble click en el mismo. Así, se pueden modificar valores de resistencias, voltajes de generadores, resistencias de voltímetros y amperímetros, capacidades, etc.

Para **hacer funcionar el circuito**, hacemos click sobre el botón de encendido, que se encuentra en la esquina superior derecha de la pantalla.

Para **copiar una imagen al portapapeles** de Windows (y pegarla luego en Word, por ejemplo) se puede operar de dos maneras distintas. En los circuitos sin instrumental simplemente se selecciona el área de trabajo (haciendo un recuadro con el cursor o con Edit – Select All – Edit – Copy). En los circuitos con instrumentos, se ingresa en el menú Edit y se elige Copybits, luego se selecciona el área a copiar con el cursor (presionando en la esquina superior izquierda y arrastrando hasta la esquina inferior derecha).

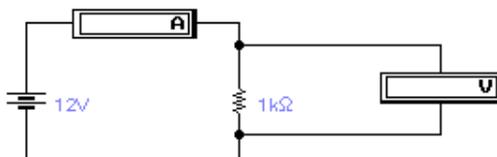
Para **modificar el valor de un elemento mientras se ejecuta la simulación**, se oprime la tecla correspondiente a la letra que identifica al elemento (esa letra aparece en forma automática cuando se coloca el componente y se puede modificar). Para modificar el valor en sentido contrario, se mantiene presionada la tecla [Shift] y se presiona la tecla ya indicada..

**Actividades:** En cada uno de los siguientes problemas tienes que combinar la “experimentación virtual” (simulación) con el análisis teórico de cada situación:  
**Describir lo que se observa, justificarlo y extraer conclusiones.**  
Los problemas señalados con (\*) son para realizar en clase de TP y los otros son propuestos como actividad complementaria, debiéndose los mismos ser presentados en el informe

**Objetivos de la actividad:** familiarizarse con el entorno de simulación y aprender a construir y estudiar modelos de circuitos de corriente continua.

**Problema 1 (\*)**: Construye el siguiente circuito elemental en el que se conecta una resistencia a una batería, con un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo. Asigna valores de resistencia interna a los instrumentos de modo que se comporten prácticamente como ideales.

- a) Corroborar si el valor indicado por el amperímetro es coherente con la ley de Ohm. Prueba luego modificar el voltaje de la batería y el valor de la resistencia y vuelve a comprobarlo.
- b) ¿Es esperable que un circuito con instrumentos reales se comporte exactamente de esta manera? Modifica los parámetros que consideres convenientes de modo que puedas aportar pruebas a tu respuesta.



**Problema 2 (\*)**: Si tienes un generador (supuesto ideal) conectado a una cierta resistencia; y luego reemplazas esa resistencia por dos resistencias en serie (idénticas a la primera):

- (a) ¿Sería esperable que la intensidad de corriente se reduzca a la mitad? ¿Por qué? Compruébalo con el software.
- (b) Teniendo en cuenta la variación de resistencia por temperatura: ¿Que se podría esperar en un circuito que en vez de resistencias comunes se construye con lámparas<sup>5</sup> en serie? ¿Está contemplado esto por el modelo del software?

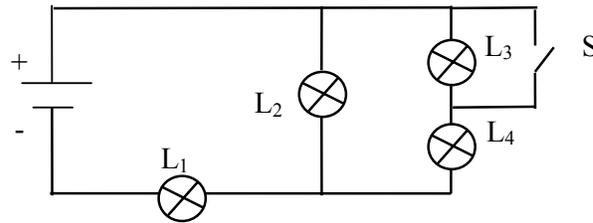
**Problema 3**: En el siguiente circuito se conectan cuatro lámparas iguales y una llave interruptora. Determina primero mediante el análisis teórico, y comprueba luego por simulación:

- a) Si es que hay lámparas que brillan más o igual que otras<sup>6</sup>

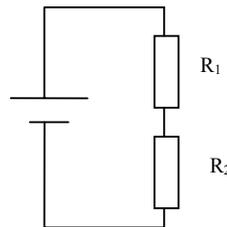
<sup>5</sup> Las lámparas tienen filamentos metálicos que sufren grandes cambios de temperatura cuando se conectan a tensiones diferentes.

<sup>6</sup> El simulador no muestra diferencias entre brillo de las lámparas, por lo que deberás definir una forma indirecta de detectarlo.

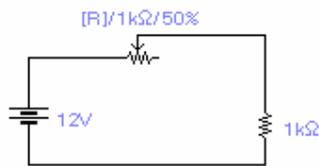
b) Ídem en caso que la llave S esté cerrada



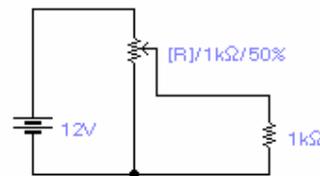
**Problema 4 (\*)**: Un **divisor de tensión** se construye con dos resistencias en serie conectadas a una fuente de tensión, de acuerdo al circuito que se indica a continuación. Encuentra un par de valores de  $R_1$  y  $R_2$ , para que la tensión en  $R_2$  sea  $1/3$  del valor de la fuente. ¿Cuál sería la diferencia de potencial de  $R_1$ ? (encuentra la relación teórica entre  $R_1$  y  $R_2$  y compruébalo por simulación).



**Problema 5 (\*)**: En un trabajo experimental intentamos comprobar la Ley de Ohm, obteniendo un conjunto de valores de tensión y corriente en una cierta resistencia (la resistencia fija de  $1\text{ k}\Omega$ ). Deseamos que los valores de tensión estén entre 0 y 12 V, a intervalos relativamente regulares como para construir luego una buena curva. ¿Cual de los dos circuitos siguientes utilizarías, y por qué? (puedes colocar instrumentos para justificar tu respuesta) ¿cual de ellos se asemeja al divisor de tensión del problema anterior?:

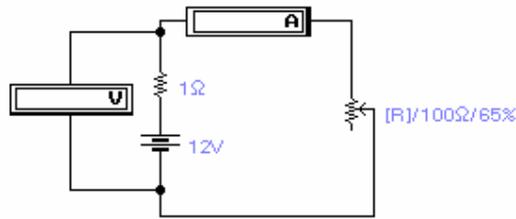


(a)



(b)

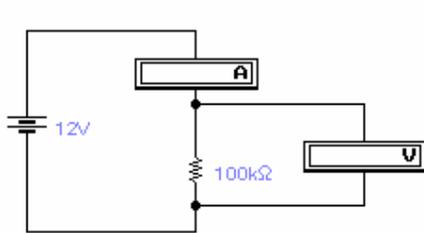
**Problema 6**: ¿Como sería la gráfica  $V = f(I)$  en el siguiente circuito, en el cual se toman una serie de valores tensión – corriente, modificando el valor de  $R$  y manteniendo constante el valor de la FEM?. ¿Cómo se podría obtener el valor de la FEM y resistencia interna del generador a partir de esa gráfica (la resistencia de  $1\ \Omega$  está considerada como resistencia interna en este caso)?



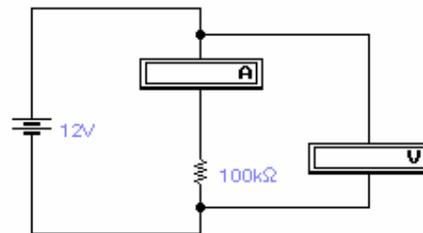
**Problema 7:** Diseña un circuito en el cual se puedan verificar las dos leyes de Kirchhoff operando con los valores leídos en distintos instrumentos conectados al circuito (no se pide la resolución del sistema de ecuaciones).

**Problema 8:** Se intenta medir con la mayor exactitud posible una resistencia de aproximadamente  $100\text{ k}\Omega$ , calculando su valor a partir de los valores de tensión y corriente medidos por los instrumentos en un circuito. Para ello se cuenta con un generador, un voltímetro cuya resistencia interna es de  $200\text{ k}\Omega$ , y un amperímetro, cuya resistencia interna es de  $1\ \Omega$ .

- Analiza con ayuda de la simulación, con cual de los siguientes circuitos obtendrás el menor error de método.
- Considera ahora que la resistencia a medir tiene aproximadamente  $10\ \Omega$ . ¿Cual utilizarías?
- Intenta dar alguna explicación acerca de los resultados obtenidos en los ítems anteriores. Una posibilidad sería utilizar el concepto de resistencia equivalente.



1: circuito “corto”



2: circuito “largo”

## Segunda parte: Experimentos reales

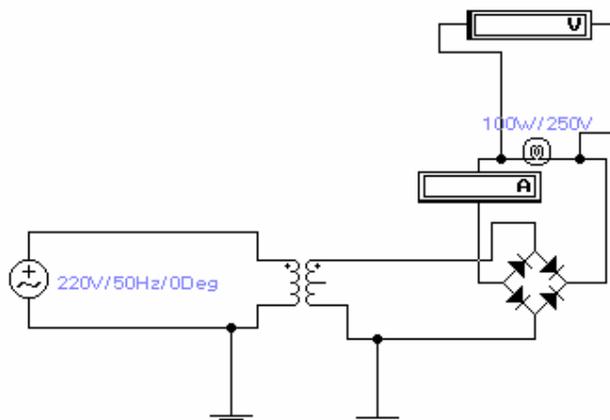
**Recomendación importante:** En esta parte trabajaremos con elementos que se pueden dañar por errores de conexión o de manipulación (¿por qué sería fatal conectar un amperímetro en paralelo y no se produciría daño a un voltímetro conectado en serie?). Para evitar estos problemas, te recomendamos:

- Arma todo el circuito SIN EL GENERADOR, realizando los cálculos previos sobre las máximas tensiones y corrientes esperables.
- Selecciona las escalas que correspondan a los instrumentos, de acuerdo al punto anterior.
- Para conectar la batería, solicita antes la revisión del circuito por el docente a cargo.
- Al terminar la experiencia, lo primero a realizar es DESCONECTAR EL GENERADOR (antes de tocar los instrumentos, ya que un cambio de escala estando conectado puede llegar a dañarlos).

**Problema 9(\*):** Construye el circuito que corresponda (de acuerdo a lo analizado en el problema 5) para comprobar la ley de Ohm, llevando los valores a un programa matemático que permita construir un gráfico tensión-corriente y obtener del mismo el valor de la resistencia (pendiente).

**Problema 10 (\*):** Estudia en forma cualitativa la variación de resistividad con la temperatura para distintos materiales. Para ello, construye las curvas tensión – corriente para lámparas con distintos filamentos (Tungsteno, Carbón, Hierro). La no linealidad de las curvas: ¿Implica que no se cumple la ley de Ohm?

En esta parte se utiliza un circuito previamente armado por el docente, que requiere de tensiones elevadas (usa un Varivolt y un puente rectificador). Salvo el Varivolt, que en este caso está representado por un transformador, el circuito sería el siguiente:



**Problema 11 (\*):** Comprueba midiendo con un ohmímetro, el comportamiento de distintas resistencias utilizadas como sensores electrónicos: Fotorresistencia (LDR) y Termistor (NTC).

**Problema 12(\*):** Estudia en forma cualitativa la generación de FEM de distintos orígenes:

- Químico: electrodos de Zn y Cu en líquido acidificado (ejemplo: limón).
- Fotoeléctrico: celda fotovoltaica
- Térmico: termopar compuesto por conductores de Fe y Cu.
- Electromagnético: motor/generador

---

**Informe:** Se deben presentar respuestas a los problemas, observaciones o acotaciones, valores numéricos medidos o calculados, y gráficas. En las mediciones reales, se debe indicar la identificación y escala del instrumento. Pueden ser importantes las conclusiones finales que se deseen hacer sobre el trabajo realizado.

En el software de simulación es posible copiar los circuitos al portapapeles de Windows y pegar las figuras en el Word u otro programa que admita gráficos.

## Física II

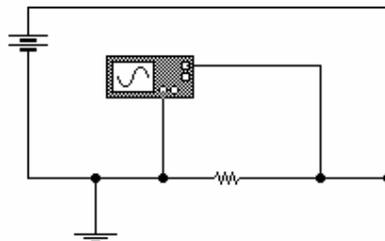
**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Prácticos N° 5: Circuitos RC

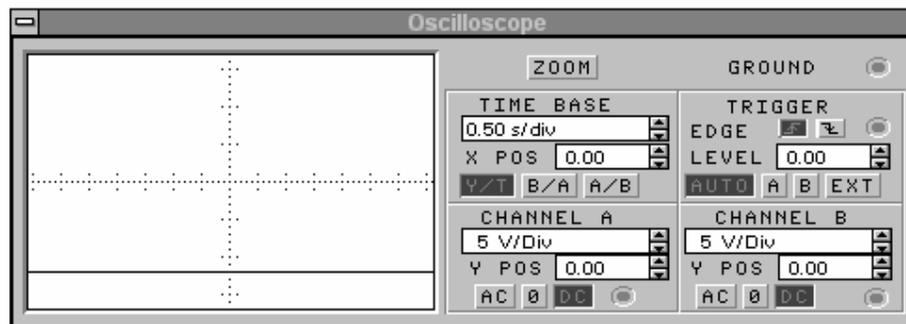
#### 1ra. Parte: Uso de simulaciones

**Osciloscopio:** En esta parte utilizaremos este instrumento del software de simulación, que nos permite visualizar tensiones que varían en función del tiempo. El dispositivo se encuentra en la barra de herramientas ubicada en la parte superior de la pantalla, y para usarlo se lo arrastra simplemente con el puntero del Mouse.

En el siguiente circuito se puede ver el osciloscopio conectado como si fuera un voltímetro, en paralelo con una resistencia. Se observa que el mismo tiene cuatro terminales, de los cuales usaremos tres por ahora: el superior, que es el conector de “masa”, o “común”, y los dos inferiores, de los cuales el izquierdo corresponde al canal A y el derecho al canal B (permite realizar dos mediciones simultáneamente). Las tensiones se miden entre cualquiera de estos dos terminales y el conector “común”. Se observa también que una parte del circuito se encuentra conectada a tierra, lo cual es un requerimiento del programa de simulación para ese instrumento:



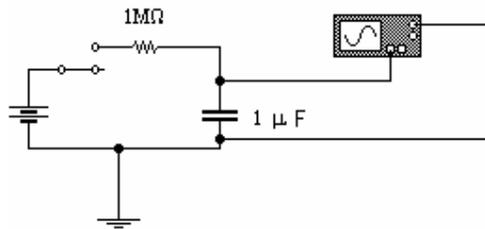
Para ver la pantalla del osciloscopio hacemos doble clic en el instrumento, con lo que aparece en la parte inferior de la pantalla lo que sería el panel frontal del osciloscopio. Al hacer funcionar la simulación, se traza en la parte inferior de la “pantalla” una línea horizontal, que si se tiene en cuenta que la escala del canal A está puesta a 5 V/División, se podrá observar que indica  $-12\text{ V}$  (tensión de la batería, de acuerdo a la forma en que está conectado):



**Actividades:** Los problemas señalados con un (\*) son para realizar en clase, y los otros se hacen como actividades extraclase, e igualmente deben ser informados.

**Problema 1(\*):** (a) Construye el siguiente circuito utilizando para ello una llave manual. En este caso la llave cambia de posición cuando se presiona la tecla [Espacio]. Estudia en forma cualitativa cómo se modifica la curva de carga del condensador, cambiando los valores de R y C. Prueba también modificar la escala de tensión del canal utilizado (V/div), así como la base de

tiempo del instrumento, para estudiar cómo se modifica la visualización del fenómeno (en el informe debe incluirse una copia de la pantalla del osciloscopio)

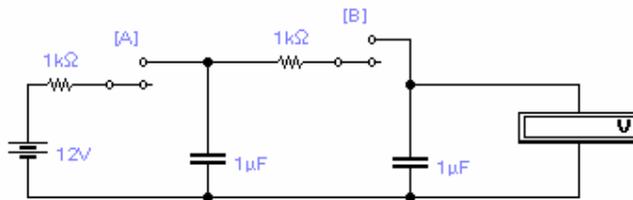


b) Cambia la conexión del osciloscopio para observar la curva de tensión en función del tiempo de la resistencia. ¿Que relación tiene con la curva de intensidad en función de  $t$ ? (en el informe debe incluirse una copia de la pantalla del osciloscopio)

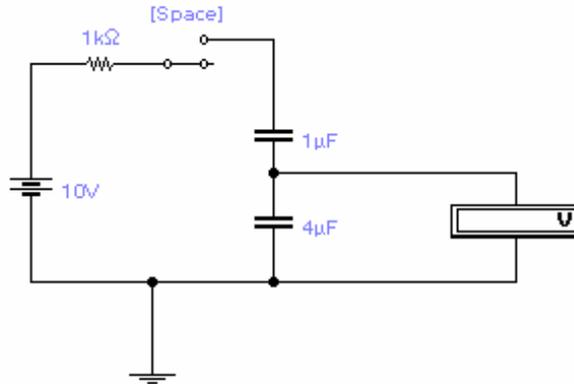
**Problema 2:** Construye un nuevo circuito, de tal manera que en una posición de la llave, el condensador se cargue y en la otra se descargue a través de otra resistencia. Incluye en el informe la copia del circuito y una pantalla del osciloscopio. Calcule para el circuito anterior el valor de la energía disipada por cada una de las resistencias durante el experimento, así como la energía máxima acumulada por el capacitor. Obtenga a partir de los datos anteriores, la energía total entregada por el generador y compruebe esto a partir del cálculo directo. Formule una explicación sobre la evolución y conservación de la energía en el sistema.

**Problema 3 (\*):** En el siguiente circuito, se utiliza un voltímetro que puede considerarse ideal. Cerramos la llave A y la volvemos a abrir cuando se alcanza el estado estacionario. Luego se hace lo mismo con la llave B.

- ¿Cual será el voltaje final que indicará el voltímetro?. Realiza el cálculo analítico y compruébalo con la simulación.
- Analiza cualitativamente si el voltaje final será mayor o menor que el anterior, en caso que el condensador conectado al voltímetro sea de menor valor que el otro (menor pero no de valor despreciable). Compruébalo.



**Problema 4:** Calcula la tensión que indicará el voltímetro (supuesto ideal) cuando se cierre la llave (cálculo analítico y simulación).



## 2da. Parte: Experimentos reales

### 2.1 - Adquisición de datos analógicos con una computadora

Dado que la construcción de las curvas de tensión en función del tiempo en forma experimental requiere la medición de una serie de pares de valores ( $t$  y  $V_c$ ), separados por intervalos muy breves (milésimas de segundo), este procedimiento se realizará mediante una computadora, lo cual a su vez nos permitirá procesar los datos en forma sencilla. Es importante conocer los fundamentos básicos de la transferencia de datos entre una computadora y un sistema experimental, tal como los circuitos que se armarán en el trabajo práctico.

**Placa Analógico Digital:** Las computadoras procesan solamente **datos digitales**, es decir, números en formato binario. Cuando se escribe un número en formato decimal, ésta lo transforma al binario, lo procesa de acuerdo a la operación que se indica, y muestra los resultados luego de haberlos convertido nuevamente a formato decimal. Los datos introducidos por teclado, los que se leen de un archivo de disco, los tomados de una imagen por un Scanner o los de un e-mail que ingresa por un Modem telefónico, son todos transformados al formato digital. Tal sistema, del cual participan inclusive los Compact Disk de música, tiene la característica de la **discretización**: no puede haber variación continua de señal y es como si la misma variara en pequeños escalones.

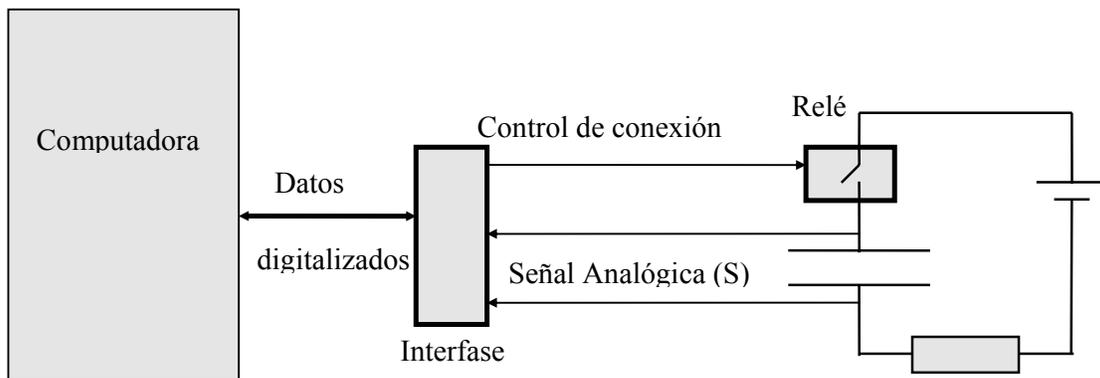
Los dispositivos que conectan sistemas externos con la computadora se denominan **interfases**.

Un par de conductores, conectados en paralelo a un condensador que se está cargando, provee una típica **señal analógica** (de variación continua), de manera que para introducirla en la computadora se la debe previamente **digitalizar**. Esto se logra con un **Convertor analógico - digital**, que consta de un circuito integrado y otros dispositivos electrónicos, todo lo cual constituye la interfase llamada Placa Analógico-Digital.

Una de las características de la placa es su **resolución**, la que está relacionada al tamaño de los escalones de la discretización. Cuanto más pequeños sean estos, mayor será la resolución de la interfase. En el laboratorio contamos con placas de 8 bits y 16 bits (de desarrollo propio) y de 12 bits (comerciales). La de 8 bits tiene una resolución de 1 en 256 ( $256 = 2^8$ ); la de 16 bits, de 1 en 65536; y la de 12 bits, de 1 en 4096 ( $4096 = 2^{12}$ ). Los discos compactos tienen 16 bits.

### 2.2 - Esquema general de los circuitos a construir.

La señal analógica (tensión variable del condensador) ingresa a la interfase y sale digitalizada de la misma hacia la computadora. A su vez, la computadora comanda el Relé de conexión del circuito a través de la misma interfase.



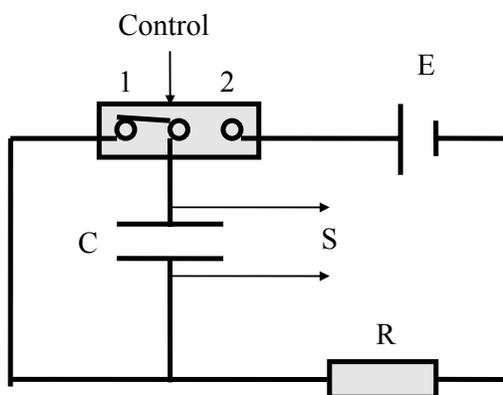
**Relé de conexión:** Por simplicidad se utiliza uno de tipo electromagnético (existen también dispositivos electrónicos). La función que cumple es la de cerrar o abrir una llave de conexión cuando se hace circular una pequeña corriente por una bobina del mismo. Tecnológicamente se utilizan para conmutar altas corrientes o tensiones desde lugares remotos, para evitar el uso de conductores de gran sección, tener mayor seguridad, o simplemente para aislar eléctricamente el circuito de control del circuito de operación. En nuestro caso será esta la función que cumplirá. La computadora enviará la señal de control cuando pulsemos un botón y el relé realizará la conexión del circuito.

En la práctica, utilizamos un relé inversor, en el cual uno de los contactos (punto medio) puede ser conectado a dos puntos en forma alternativa. En los circuitos que se muestran mas abajo, la posición (1) del relé corresponde al estado normal (sin activar). Cuando se presiona el botón de Inicio de la Experiencia, la llave pasa a la posición (2) (tiempo 0) y permanece en la misma un tiempo  $t_1$  (programable), al cabo del cual vuelve a la posición inicial. Se puede programar además la duración total de la experiencia.

En la gráfica representada en la pantalla de la computadora se pueden medir valores de tiempo y potencial desplazando un cursor.

### 2.3 - Actividad experimental

**Problema 5 (\*):** Armar el circuito indicado más abajo y realizar experiencias cualitativas con distintas combinaciones de resistencias y condensadores. Observar y dar una explicación de las distintas gráficas obtenidas en cuanto a la mayor o menor rapidez de carga del condensador. ¿Por qué entre una experiencia y la siguiente es necesario conectar el condensador en paralelo con la posición normalmente cerrada del relé tal como se hace en este caso?

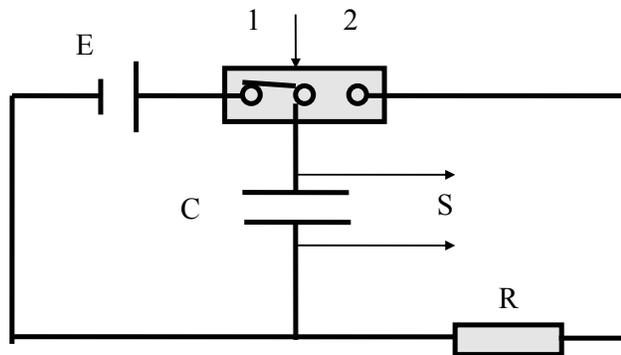


**Problema 6 (\*):** Para una de las experiencias del problema anterior, hallar el valor de la constante de tiempo con ayuda de la gráfica y compararlo con el que se calcula a partir de los valores nominales de R y C. Utilizar para esto dos métodos:

- Por medición directa del tiempo correspondiente al porcentaje de potencial (respecto al máximo) que alcanza el condensador al transcurrir una constante de tiempo (se hace moviendo el puntero del ratón dentro de la gráfica).
- Por ajuste (“fiteo”) de datos con el Software Origin. Para ello, grabe los datos obtenidos en un disquette (archivo .dat o .txt) y luego impórtelos con el Origin (Formato ASCII).

### Problema 7:

- 1) Armar el circuito indicado mas abajo y explicar el funcionamiento del mismo.
- 2) Obtener una curva de descarga.



### 3 – Cuestionario:

- 3.1 - ¿Cuántas constantes de tiempo deben transcurrir para que un condensador adquiera un 99.9 % de su carga final?
- 3.2 - ¿Cuál sería la apreciación (expresada en volt) de un sistema de adquisición de datos de 8 bit, si la escala máxima utilizada es de 6.5 volt?

### 4 – Informe:

Debe incluir los siguientes ítems:

- 4.1 - Descripción de las simulaciones y experiencias realizadas con sus explicaciones correspondientes.
- 4.2 - Resultados numéricos obtenidos, comparación de los que se obtienen por distintos métodos y discusión sobre la mayor o menor exactitud. Comparación con los resultados esperados (tener en cuenta que los valores de las resistencias y condensadores están dados con un 5%, 10 % o un 20 % de incertidumbre, según el caso) .
- 4.3 - Gráfica de carga impresa con el programa Origin o similar. Comprobación con la misma del método para medir la constante de tiempo dado por la expresión (4).
- 4.4 - Respuesta al cuestionario.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

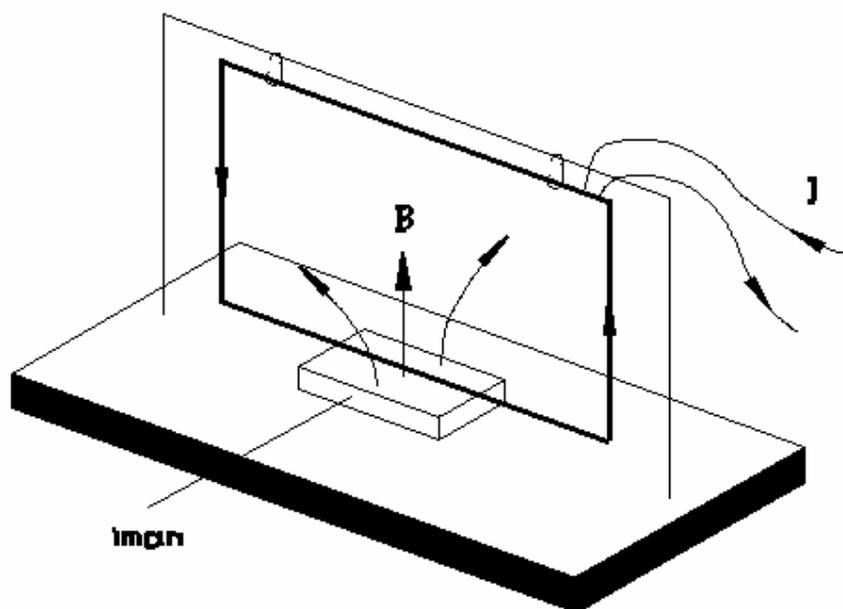
Guía de Trabajos Prácticos N° 6: Campos magnéticos independientes del tiempo

### Primera parte: Estudio cualitativo

**Problema 1:** Identifica los polos de un imán con ayuda de una brújula, teniendo en cuenta la convención de polos Norte - Sur del globo terráqueo.

**Problema 2:** Describe en forma aproximada cómo son las líneas de campo magnético producidas por un imán recto. Para ello puedes usar una brújula y un recipiente cerrado transparente con glicerina y limaduras de hierro en su interior, agitándolo y colocando el imán en una cavidad del mismo. ¿Dónde se cierran las líneas de campo que salen de un polo (norte) y llegan al otro (sur) por el exterior?

**Problema 3:** Predice y luego comprueba hacia que lado se inclinará una espira cuadrada con corriente, suspendida de un soporte horizontal, en presencia del campo magnético creado por un imán permanente, de acuerdo al siguiente esquema. Si utilizas una batería de automóvil como fuente de tensión: ¿cómo harías para que la intensidad de corriente no sea excesiva como para deteriorar los conductores?



**Problema 4:** Construye un circuito para hacer pasar corriente por un conductor largo, utilizando una batería (¿cómo limitas la corriente?) y estudia con ayuda de una brújula la forma de las líneas de campo magnético. Comprueba la regla de la mano derecha que relaciona el sentido de la corriente con el del campo.

**Problema 5:** Describe las líneas de campo magnético creado por un solenoide de unas pocas espiras, utilizando limaduras de hierro. ¿Cómo podrías extrapolar esta observación para el caso de un solenoide muy largo con espiras adyacentes?.

**Problema 6:** Coloca una brújula en el eje de una bobina de muchas espiras con corriente (a unos 20 cm de la misma), de modo que el campo magnético creado por la bobina sea aproximadamente perpendicular al campo magnético terrestre. ¿Cómo puedes interpretar en este caso el principio de superposición de campos? ¿Podrías determinar en base a lo que observas si el campo creado por la bobina es mayor, menor o aproximadamente igual a la componente horizontal del campo magnético terrestre? (Para la parte experimental, antes de conectar tiene en cuenta el valor de la resistencia de la bobina, el voltaje de la batería y la corriente máxima admitida).

**Problema 7:** Estudia la influencia de distintos materiales en el campo magnético, colocando en la bobina del experimento anterior distintos materiales: plásticos, plomo, hierro.

**Problema 8:** Utilizando un imán permanente con polos de Neodimio, y regulando la separación de los polos N - S a unos 6-7 cm, cuelga entre ellos, con un hilo de material no magnético los siguientes materiales: una barra de Vidrio atada en su centro; y luego una barra de Aluminio. Obtiene conclusiones sobre los tipos de materiales ensayados desde el punto de vista de sus propiedades magnéticas.

**Problema 9:** Describe el funcionamiento de una válvula de seguridad para quemadores de gas, analizando los distintos fenómenos físicos involucrados.

## Segunda Parte: Estudio cuantitativo

Leyes de Ampere y Biot-Savart

### Objetivos:

- 1- Estudiar el campo magnético de un solenoide real a través de la comparación de los valores experimentales con los cálculos realizados con las leyes de Ampere y Biot y Savart.
- 2- Analizar la convergencia de valores de campo magnético, calculados con ambas leyes, cuando el solenoide tiende al ideal (largo  $\gg$  ancho)

### Instrumentos a utilizar:

- a) Programa de cálculo del campo magnético mediante la ley de Biot y Savart.
- b) Sensor de efecto Hall conectado a una computadora a través de una interfase A/D.

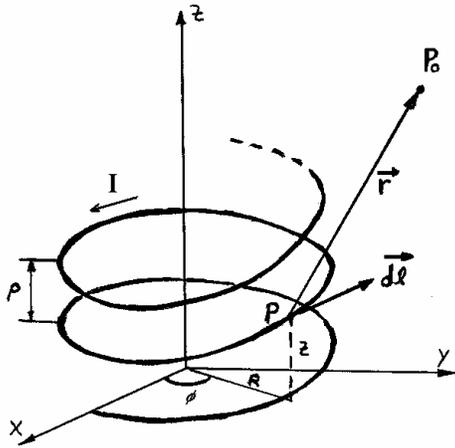
### Fundamento del cálculo del campo magnético con la ley de Biot y Savart

Con la Ley de Biot y Savart se calcula el campo magnético de un conductor filiforme que lleva una corriente de intensidad  $I$ , a partir de las contribuciones de cada elemento de corriente:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

A partir de la (1) se puede obtener el campo magnético por integración de cada una de sus componentes (tres integrales escalares)

El solenoide se considera formado por un conductor filiforme enrollado en forma de hélice. Llamamos  $R$  al radio de la misma y  $p$  a su “paso” o distancia entre dos espiras consecutivas.  $P_0$  es el punto en el que calcularemos el campo magnético, y  $P$  es el punto de posición variable en la integral curvilínea.



Ecuaciones de la hélice en coordenadas cilíndricas:

$$z = \frac{p}{2\pi} \phi \quad r = R$$

Ecuaciones paramétricas de la hélice en coordenadas cartesianas. Diferenciales de desplazamiento:

$$x = R \cos \phi \quad dx = -R \sin \phi \, d\phi$$

$$y = R \sin \phi \quad dy = R \cos \phi \, d\phi$$

$$z = \frac{p}{2\pi} \phi \quad dz = \frac{p}{2\pi} d\phi$$

De las ecuaciones anteriores, obtenemos el vector diferencial de desplazamiento:

$$d\vec{l} = (-R \sin \phi \, d\phi) \hat{i} + (R \cos \phi \, d\phi) \hat{j} + \frac{p}{2\pi} d\phi \hat{k} \quad (2)$$

Siendo  $(x_0, y_0, z_0)$  las coordenadas de  $P_0$  y  $(x, y, z)$  las coordenadas de  $P$ , el vector  $\vec{r}$  se puede expresar como:

$$\vec{r} = (x_0 - R \cos \phi) \hat{i} + (y_0 - R \sin \phi) \hat{j} + \left(z_0 - \frac{p}{2\pi} \phi\right) \hat{k} \quad (3)$$

Reemplazando (2) y (3) en (1), llegamos a la expresión del  $d\vec{B}$  para el solenoide. Luego se realiza el producto vectorial y se obtienen las tres componentes  $dB_x$ ,  $dB_y$ ,  $dB_z$ .

Por ejemplo:

$$dB_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\left[ (R \cos \phi) \left( z_0 - \frac{p}{2\pi} \phi \right) - \frac{p}{2\pi} (y_0 - R \sin \phi) \right]}{\left[ (x_0 - R \cos \phi)^2 + (y_0 - R \sin \phi)^2 + \left( z_0 - \frac{p}{2\pi} \phi \right)^2 \right]^{3/2}} d\phi \quad (4)$$

Observando la (4), se ve que contiene una serie de constantes y parámetros, y una sola variable  $(\phi)$ . De modo que la misma puede expresarse como:

$$dB_x = F(\phi) \, d\phi \quad \text{De modo que: } B_x = \int_0^{\phi_{\max}} F(\phi) \, d\phi \quad (5)$$

Esta integral no admite solución analítica, de modo que hay que recurrir a una solución numérica. En este caso la calculamos por el método de los trapecios, estableciendo intervalos  $\Delta\phi$  muy pequeños. En el software utilizado<sup>7</sup> se permite variar este valor para cambiar la precisión del método.

De manera similar se pueden obtener las otras componentes del campo ( $B_y$  y  $B_z$ ).

<sup>7</sup> La codificación del programa fue realizada en lenguaje Delphi por un alumno que cursó Física II en el 1er. cuatrimestre de 2002, con ayuda de un docente de la cátedra, en el marco de una pasantía en el proyecto "Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación".

## Sensor de efecto Hall y sistema computarizado

Se trata de un sensor que traduce el valor de campo magnético en una tensión eléctrica. Esta es amplificada y digitalizada por una interfase, ingresando de esa forma a una computadora. Con un software adecuado<sup>8</sup> se procesan estos datos, de modo que se muestre directamente el valor del campo magnético. En el entorno se incluye un anotador automático de datos, que permite también ingresar las coordenadas de los puntos del espacio, copiarlas al portapapeles y grabarlas en un archivo de texto.

### Datos del solenoide:

$n = 3450$  vueltas/metro (bobinadas en tres capas)  
Longitud: 0,6 m  
Diámetro: 16 cm  
Resistencia:  $28 \Omega$

### Actividades a realizar:

**Problema 1:** Realiza mediciones de campo magnético con el sensor Hall, conectando al mismo una fuente de tensión de 24V (medir el valor de la intensidad de corriente), para distintos puntos dentro del solenoide: a lo largo de su eje, en su centro, en puntos cercanos a las espiras. Construye una tabla de valores del campo en función de las coordenadas.

**Problema 2:** Calcula el valor del campo magnético en el interior del solenoide, mediante la Ley de Ampere, con una intensidad de corriente igual al del experimento anterior.

**Problema 3:** Demuestra la expresión (4) y las correspondientes a las otras componentes del campo magnético.

**Problema 4:** Calcula valores del campo magnético mediante la Ley de Biot y Savart (con el software de simulación) para distintos puntos dentro del solenoide, en los mismos puntos del problema 1. Amplía la tabla del problema 1, para que incluya los resultados del problema 2 y del 4, y las diferencias porcentuales de los dos modelos con los valores experimentales. Obtiene conclusiones al respecto.

**Problema 5:** Modifica los parámetros del solenoide para el cálculo del campo por medio de la Ley de Biot y Savart con el software, de manera que su valor tienda a coincidir con el que da la Ley de Ampere.

**Problema 6:** Analiza, de la forma que consideres conveniente, hasta qué punto es válida la suposición de que el campo magnético es nulo en el exterior del solenoide, tal como lo plantea la Ley de Ampere.

---

<sup>8</sup> La electrónica y el software de medición fueron también desarrollados en Delphi, en este caso por docentes integrantes del proyecto mencionado.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Práctico N° 7

#### Inducción electromagnética

Analiza y comprueba experimentalmente cada uno de los siguientes problemas:

**Problema 1:** Un imán recto se acerca a una bobina (observar el sentido del enrollamiento), de acuerdo al esquema de la figura 1 :

- ¿Cuál será el signo de tensión que indicará el voltímetro, tal como está conectado?
- ¿Qué ocurriría si el imán se deja en reposo dentro de la bobina?
- ¿Qué ocurrirá en el momento que se saque el imán de la bobina hacia la derecha?
- ¿Cómo influiría la velocidad con que se acerque o aleje el imán?

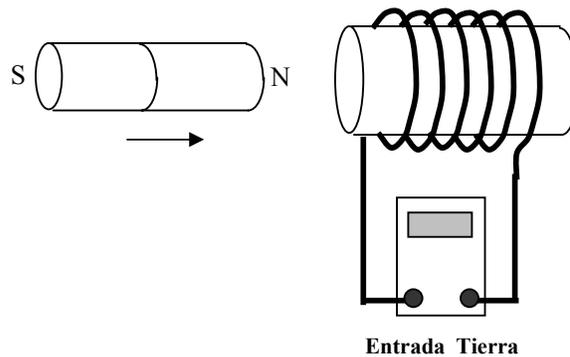


Figura 1

**Problema 2:** (a) ¿Qué signo tendrá la indicación del voltímetro en el momento de cerrar la llave en el esquema de la figura 2? ¿Y en el momento de abrirla?

(b) De acuerdo al valor de la resistencia propia de la bobina de la izquierda: ¿Sería necesario conectar la resistencia que se indica en el circuito?

(c) ¿Que esperarías que ocurra si realizaras la experiencia colocando las bobinas de manera que rodeen una barra de hierro?

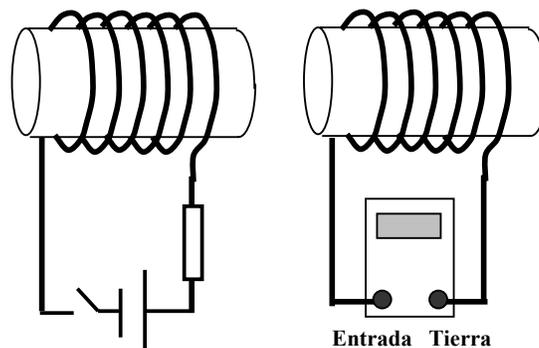


Figura 2

**Problema 3:** Se desplaza un conductor A-B hacia arriba, entre los polos de un imán potente o de un electroimán. Dicho conductor está conectado a un voltímetro como indica la figura 3.

- ¿Cual es la expresión mediante la cual se podrían calcular el campo no electrostático y la fuerza electromotriz inducida en el conductor?
- ¿Cual sería el sentido de ese campo y de la fem en el conductor, y que signo tendría la indicación del instrumento?

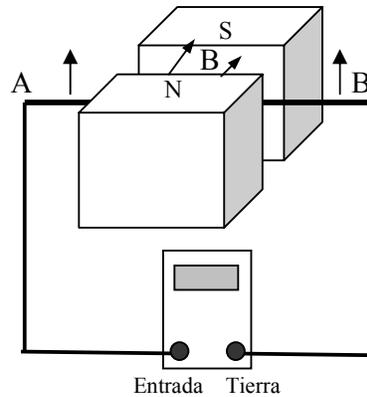


Figura 3

**Problema 4:** Se desplaza una chapa conductora (C) hacia la derecha, entre los polos de un imán, como se indica en la figura 4.

- Indica la dirección y sentido del campo no electrostático inducido en la chapa.
- Analiza si puede haber corriente eléctrica en la chapa.
- Analiza si puede haber fuerza magnética sobre la chapa y su dirección y sentido.
- Analiza tus respuestas en relación con experimentos realizados con el péndulo de Foucault, utilizando chapas continuas y ranuradas.
- ¿Qué transformaciones energéticas tienen lugar en el frenado electromagnético?

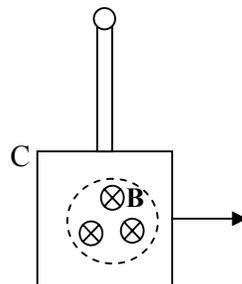


Figura 4

**Problema 5:** Un transformador de corriente alterna es un dispositivo que se utiliza para elevar o reducir la tensión (Figura 5). Está compuesto básicamente por dos bobinados enlazados a través de un núcleo de material ferromagnético (compuesto por chapas apiladas de hierro-silicio aisladas entre sí). El material del núcleo aumenta el campo magnético creado por las corrientes de las bobinas, y asegura que estas tengan prácticamente el mismo flujo magnético.

Entre los puntos a y b se conecta una fuente de tensión alterna. Ésta produce una corriente alterna en el bobinado 1 (primario), la que a su vez genera un flujo magnético alterno en el núcleo. Este flujo magnético variable, común a ambos bobinados induce *fem* en ambos arrollamientos. En el primario esta *fem* es prácticamente igual (y de sentido opuesto) a la tensión aplicada ( $v_1$ ). En el bobinado 2 (secundario) la fem inducida será casi igual a la tensión de salida del transformador (tensión  $v_2$  entre c y d).

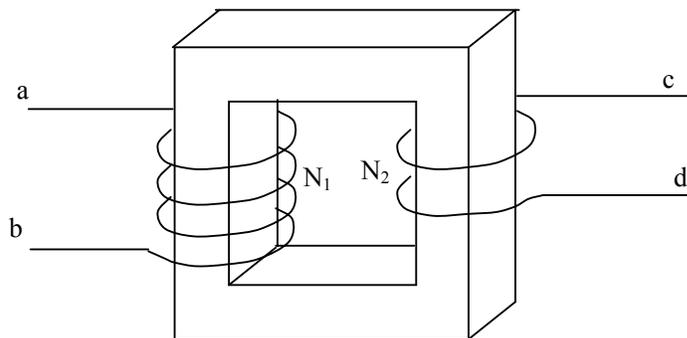


Figura 5

Siendo  $\phi = \phi_m \cos \omega t$  ; derivando:  $v_1 = \varepsilon_1 = - N_1 \omega (- \text{sen } \omega t)$

$v_1 = N_1 \omega \text{ sen } \omega t$  y  $v_2 = N_2 \omega \text{ sen } \omega t$  Entonces:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

Actividad: Comprobar la expresión 1 utilizando voltímetros de corriente alterna.

**Problema 6:** Estudia el funcionamiento de una soldadora de puntos para chapa. Explicar por qué se disipa más calor en el contacto entre las dos chapas a soldar.

**Problema 7:** (a) Explica el funcionamiento de una pinza amperométrica.

(b) ¿Qué se mediría si la misma se coloca alrededor de los dos conductores que llegan a una lámpara?

(c) ¿Se podría medir corriente continua con la misma?

**Problema 8:** Analiza los campos magnéticos alternos que se generan alrededor de un monitor de computadora, utilizando una bobina, un circuito integrador y un osciloscopio (Figura 6). Encuentra la zona donde su valor es máximo.

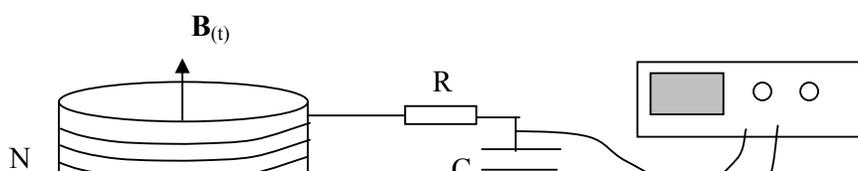


Figura 6

N: Número de espiras de la bobina. A: área de la bobina.  $B_{(t)}$ : campo del monitor.

En la bobina se induce una fem, que se puede calcular mediante la Ley de Faraday. Se considera a su vez que el flujo magnético en la bobina se puede calcular como el producto del valor medio del campo magnético por el área de la bobina:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{d(A.B)}{dt} = -N.A \frac{dB}{dt} \Rightarrow dB = -\frac{\varepsilon}{N.A} dt \Rightarrow B = -\frac{1}{N.A} \int \varepsilon dt \quad (2)$$

Para calcular el campo magnético a través de la expresión 2, teniendo en cuenta que la fem  $\varepsilon$  es función del tiempo, se puede considerar que la única oposición al paso de la corriente en el circuito de la figura 6, lo produce la resistencia. Esto resulta válido para altas frecuencias y con resistencias y capacidades relativamente elevadas, tal como se puede demostrar en el estudio de los circuitos de corriente alterna. En ese caso, y despreciando la resistencia propia de la bobina frente a R, será:  $\varepsilon = i \cdot R$ . Luego:

$$B = -\frac{R}{N.A} \int i dt \quad (3)$$

La integral de la expresión 3 nos da la carga del condensador en función del tiempo, la que a su vez es igual al producto de la capacidad por la tensión del mismo. La constante de integración es cero, porque la presencia de un término constante del campo magnético (tal como el B terrestre) no interesa en este caso y además no genera fem en la bobina. Finalmente:

$$B = -\frac{R.C}{N.A} v_C \quad (4)$$

De modo que midiendo la tensión en el condensador (en función del tiempo) podemos calcular el campo magnético variable. Dado que el circuito de la figura 6 permite calcular la integral de la intensidad de corriente, se lo llama “circuito integrador”.

En la práctica interesa calcular el valor máximo del campo magnético, para lo que se mide la amplitud de  $v_C$  y se calcula ese valor con la expresión 4.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Práctico N° 8

## Circuitos con inductores

### 1ra. Parte: Simulaciones

**Problema 1(\*):** En el circuito de la figura 1 se cierra la llave A, y luego de 2 o 3 segundos se acciona la llave B, de modo que la parte superior del inductor queda conectada a la rama izquierda del circuito. Supone que la conmutación de la llave B es prácticamente instantánea.

- Analiza las dos etapas de funcionamiento del circuito e indica cómo puede ser la gráfica que muestra el osciloscopio. Compruébalo.
- Indica y fundamenta cuál es el sentido de la *fem* autoinducida en el inductor en cada una de las etapas.

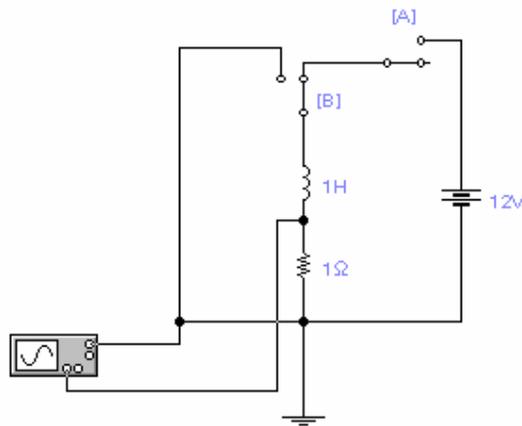
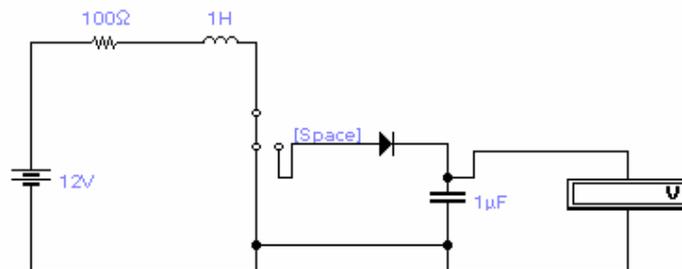


Figura 1

### Problema 2(\*):

- Analiza por qué razón se puede producir una fuerte sobretensión en el siguiente circuito en el momento de conmutar la llave (considera un voltímetro ideal).
- ¿Cuál es el sentido de la *fem* en el inductor en el momento de abrir la llave, y por qué?
- ¿Por qué utilizamos un diodo?



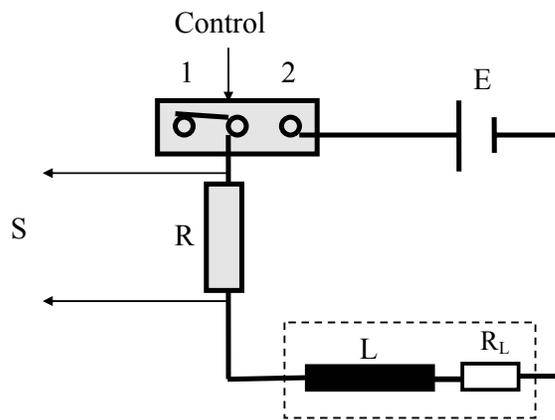
**Problema 3:** Construye un circuito que permita visualizar las oscilaciones LRC, tal como está previsto realizar experimentalmente en el problema 5.

## 2da. Parte: Experimentos reales

**Problema 4(\*):** Utilizaremos aquí un inductor con núcleo de hierro, en el que el coeficiente de autoinductancia no es rigurosamente una constante, sino que depende en cierta medida de la intensidad de corriente (debido a que la curva de magnetización del hierro no es una recta). A su vez, el bobinado tiene una resistencia que no es despreciable, razón por lo cual lo representamos como un inductor con una resistencia en serie ( $R_L$ ), la que debe sumarse a la resistencia exterior  $R$ .

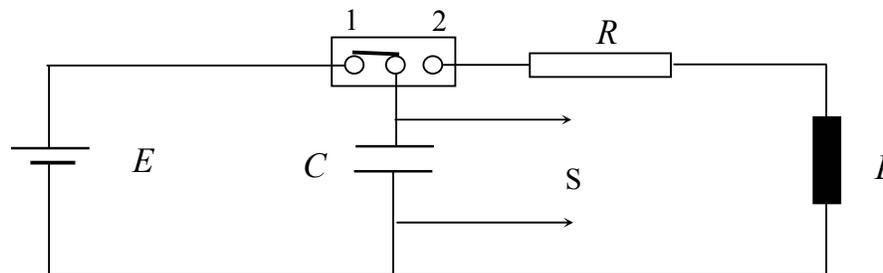
Teniendo en cuenta la existencia de  $R_L$ :

- Adopta un valor de  $R$  que sea del orden de  $R_L$ , de manera tal que pueda realizarse la experiencia del circuito siguiente con el sistema de adquisición de datos computarizado del laboratorio.
- Mide experimentalmente la constante de tiempo del circuito y obtiene el valor de  $L$ .
- Compara la curva de carga real con la expresión dada por una simulación con el modelo de inductor ideal. Para eso puedes utilizar software de procesamiento matemático.



**Problema 5 (\*):**

- Obtiene la gráfica de oscilaciones electromagnéticas del siguiente circuito, con el sistema de adquisición de datos del laboratorio.



- Calcula, con ayuda de la gráfica (midiendo las tensiones y tiempos de los picos), el valor de la constante  $\tau = 2L/R$ , correspondiente a la ecuación<sup>9</sup>:

<sup>9</sup> Se trata de una expresión aproximada, cuyo error tiende a cero cuando  $L\omega \gg R$

$$V = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \cos \omega t$$

c) De acuerdo a lo que se puede deducir de la gráfica: ¿Se puede afirmar que el período y la frecuencia se mantiene constante? Formula alguna explicación.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Práctico N° 9

## Circuitos de corriente alterna

### 1ra. Parte: Simulaciones

#### Problema 1:

a) Construye el siguiente circuito, utilizando los dos canales del osciloscopio. Elige convenientemente las escalas de tensión y base de tiempo del mismo, según los parámetros de la fuente de tensión alterna. Visualiza las gráficas de ambos canales. Si haces doble click en los conductores de entrada de los dos canales del osciloscopio, podrás elegir el color de los mismos, que cambia también el color de la gráfica correspondiente.

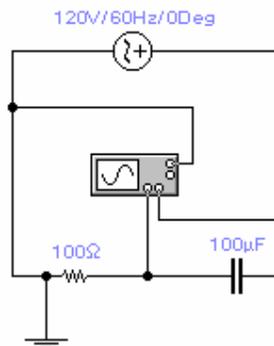


Figura 1

- b) ¿Qué tensión nos indica cada uno de los canales?
- c) ¿Cuál de las gráficas coincidiría en fase con la corriente?
- d) Construye un diagrama de fasores que represente en forma aproximada las tensiones y corriente del circuito
- e) Analiza cómo se modifica en forma cualitativa la intensidad de la corriente (módulo y fase) en función de la frecuencia de la fuente. Formula una explicación teórica.

#### Problema 2:

- a) Comprueba que si conectas tres elementos (R, L y C) en paralelo a una fuente alterna de frecuencia variable, la intensidad será un mínimo en el valor teórico de la resonancia (por eso se la denomina “antirresonancia”).
- b) Justifica teóricamente lo hallado.

### Segunda Parte: Experimentos reales

#### Problema 3 (\*):

- a) Conecta uno de los canales de entrada de un osciloscopio a la salida de un generador de señales que provee una tensión alterna sinusoidal de amplitud y frecuencia variable.
- b) En base a lo que puedes medir en pantalla, calcula el valor eficaz y la frecuencia de la tensión.

**Problema 4(\*):**

- a) Construye un circuito como el de la figura 1, utilizando un condensador formado por una batería de capacitores que se pueden conectar en paralelo con llaves para elegir su valor. Modifica algunos parámetros del circuito ( $R$ ,  $C$ ,  $\omega$ ) hasta obtener una diferencia de fase que esté aproximadamente entre  $30$  y  $60^\circ$  (de acuerdo a lo que observes en la pantalla del osciloscopio).
- b) Calcula la tensión eficaz y la frecuencia de la tensión de la fuente, con los datos leídos de pantalla.
- c) Calcula la diferencia de fase entre tensión y corriente en base a lo que observes en pantalla. Tiene en cuenta que una de las tensiones coincide en fase con la corriente.
- d) En base a los valores leídos y conociendo el valor de  $R$ , calcula la intensidad eficaz del circuito.
- e) Calcula la impedancia compleja por dos caminos distintos: 1- con los valores de tensión, corriente y diferencia de fase leídos. 2- En base a los parámetros de los elementos del circuito y la frecuencia de la fuente.
- f) Calcula las potencias activa, reactiva y aparente del circuito en base a las lecturas de pantalla.

**Problema 5 (\*):**

- a) Obtiene experimentalmente la condición de resonancia de un circuito  $R$ ,  $L$ ,  $C$  en serie. Utiliza para ello un osciloscopio y un amperímetro.
- b) Calcula el valor de  $L$
- c) Obtiene un tabla de valores para representar una curva de  $I = f(\omega)$ , con el centro aproximado en la frecuencia de resonancia.

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Práctico N° 10

Refracción y Polarización de la luz

Primera parte: Refracción

En esta parte utilizaremos un semicírculo de acrílico, con una aguja adosada, que está apoyado sobre un disco graduado en grados, y puede girar sobre el mismo.

El acrílico constituye el material refringente, sobre el que se puede hacer incidir el haz de un láser, tanto sobre la parte circular (Figura 1) como sobre la superficie plana (Figura 2)

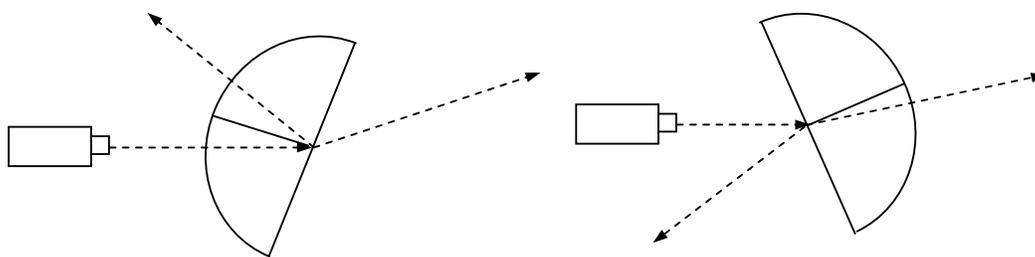


Figura 1

Figura 2

En ambos casos se dirige el haz del láser hacia el centro del semi-disco. De esa manera, el rayo de luz que recorre un radio, incide perpendicularmente sobre la superficie cilíndrica del disco y se refracta sin desviarse en la misma. Se puede estudiar así la refracción (y reflexión) sobre la superficie plana del dispositivo, haciendo incidir el haz en ambos sentidos entre acrílico y aire.

**Problema 1(\*):** Indica en las figuras 1 y 2, los ángulos de incidencia, de reflexión y de refracción, y justifica por qué en un caso el rayo refractado se acerca a la normal y en otro se aleja de la misma. ¿Con cuál de las configuraciones se podría obtener la reflexión total interna?

**Problema 2(\*):** Con la configuración 2, corrobora la Ley de Snell, tomando varios ángulos de incidencia, y obtiene el valor del índice de refracción.

**Problema 3(\*):** Mide experimentalmente el ángulo límite y comprueba la expresión de cálculo que se puedes deducir a partir de la Ley de Snell.

### Segunda Parte: Polarización

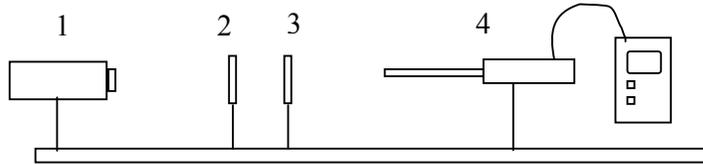
**Problema 4(\*):**

- Dirige un haz de luz blanca hacia distintos tipos de superficies reflectantes (metal, vidrio, agua), con un cierto ángulo de incidencia. Observa la luz reflejada a través de una lámina polaroide, rotando la misma a distintos ángulos, alrededor de un eje perpendicular al plano de la lámina. Realiza observaciones también para distintos ángulos de incidencia hasta encontrar el de máxima polarización.
- ¿En qué tipo de superficie se produce polarización por reflexión?
- ¿Cómo se podría calcular el ángulo de máxima polarización?

d) ¿Cómo se podría con éste experiencia determinar cuál es la dirección de transmisión de un polaroide (dirección del campo eléctrico transmitido)?

**Problema 5(\*):**

a) Comprueba la Ley de Malus utilizando el siguiente dispositivo



(1) Emisor láser      (2) y (3) Láminas polaroide      (4) Medidor de Iluminación<sup>10</sup>

La técnica consiste en colocar el ángulo cero de uno de los polaroides en la posición de máxima iluminación ( $I_0$ ), y luego en girar éste a distintos ángulos, construyendo una tabla de valores de iluminación relativa ( $I_r = I/I_0$ ) en función del ángulo  $\alpha$  y del  $\cos^2 \alpha$ . Finalmente se llevan los datos al Origin y se estudia la linealidad entre  $I_r$  y el  $\cos^2 \alpha$ .

Este ajuste podría comprobar la Ley de Malus:

$$I_r = \frac{I}{I_0} = \cos^2 \alpha \quad (1)$$

b) ¿Que condición experimental podría producir datos que no se ajusten exactamente a la función (1)

---

<sup>10</sup> Se mide la Iluminación en Lux, que es proporcional a la Intensidad de la Onda ( $W/m^2$ )

## Física II

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### Guía de Trabajos Práctico N° 11

#### DIFRACCIÓN DE LA LUZ

##### Primera parte: simulaciones

(Para ser desarrollada con el Software DIFRACCIÓN)

**Problema 1(\*):** Analiza en forma **cuantitativa** la influencia del **Ancho de Ranura** y de la **Longitud de Onda** de la luz incidente (monocromática) en el patrón de difracción de una ranura, utilizando el software. Compruebe la expresión que relaciona el ancho de ranura ( $a$ ) con la posición angular ( $\sin \theta$ ) de los mínimos de difracción.

**Problema 2:** Un haz de luz monocromática, de  $\lambda = 0.7$  micrones incide en forma perpendicular sobre una placa con una ranura muy delgada. A dos metros, y ubicada paralelamente a la misma, se encuentra una pantalla en la que se forma la figura de difracción. La distancia entre el centro y el primer mínimo es de 10 cm.

a) Calcula el ángulo correspondiente a ese mínimo y el ancho de la ranura que se requiere. Verifica con el software.

b) Calcula la intensidad relativa al centro de la pantalla, de un punto que está a 2.5 cm de dicho centro utilizando la expresión teórica. Verifica con el programa.

**Problema 3(\*):** Busca las condiciones que conducen a la distribución de intensidades de pantalla más plana que permite el programa, para una ranura con luz monocromática. Estudia en esa situación el patrón de interferencia de dos ranuras y la influencia de la **Distancia entre Ranuras** y de la **Longitud de onda** de la luz.

Comprueba numéricamente las expresiones que dan las posiciones angulares de los máximos de interferencia.

**Problema 4:** Para una red de dos ranuras, con luz monocromática, encuentra y verifica una combinación de parámetros tal, que el primer mínimo de difracción anule exactamente al tercer máximo de interferencia. Fundamenta con las ecuaciones correspondientes.

**Problema 5:** Estudia cualitativamente lo que ocurre cuando se va aumentando el número de ranuras de una red de difracción.

**Problema 6(\*):** Para una red de 30 ranuras iluminadas, encuentra por simulación dos longitudes de onda cuyos máximos de interferencia aparezcan resueltos en el segundo orden, pero no en el primero, de acuerdo al criterio de Rayleigh. Fundamenta con las expresiones correspondientes y comprueba por simulación.

**Problema 7:** Analiza el comportamiento de una red de difracción cuando a la misma se la ilumina con luz blanca. Prueba representar la misma con una combinación de componentes monocromáticas con longitudes de onda en la zona central de cada color (consulta el Espectro que se encuentra en el menú Ver del programa).

## Segunda parte: Experimentos reales

En esta parte se utilizará un dispositivo de adquisición de datos que permite medir la distribución de intensidades de los espectros de difracción e interferencia (ScanDif), cuyas características se describen en un anexo al final de la guía

**Problema 8(\*):** Obtiene el espectro de una ranura, y calcula el ancho de la misma conociendo la longitud de onda del láser, y las distancias que puedes obtener en la experiencia.

**Problema 9(\*):** Obtiene el espectro de dos o de tres ranuras y calcula la distancia entre las mismas en forma similar al problema anterior.

**Problema 10(\*):** Con una red de 80 ranuras por milímetro, mide la longitud de onda de la luz del láser. Calcula su diferencia porcentual con la que indican sus datos.

### ANEXO: El sistema ScanDif y sus aspectos técnicos

El equipo, desarrollado en el Departamento de Física de la FIQ-UNL, tiene como función obtener la curva de intensidad luminosa de un espectro de difracción producido por un láser que incide sobre placas con ranuras estrechas, desde una hasta cientos de ellas. En este caso, se trata de una red de difracción.

El dispositivo cuenta con un sensor de intensidad luminosa, que provee una señal analógica, la cual es digitalizada por una interfase. El sensor está montado en un soporte móvil, que se desplaza en dirección horizontal, con la finalidad de leer una serie de valores de intensidad, de acuerdo al esquema de la figura (1).

El soporte móvil cuenta con una tuerca fija al mismo, a través de la cual es desplazado por el giro de una varilla roscada. La varilla puede girar en ambos sentidos, impulsada por un motor paso a paso, lo que permite tener un perfecto control de la velocidad y posición del sensor. Esto resulta muy importante para mantener una distancia constante entre dos muestreos consecutivos de señal (en este caso 5/mm). La distancia

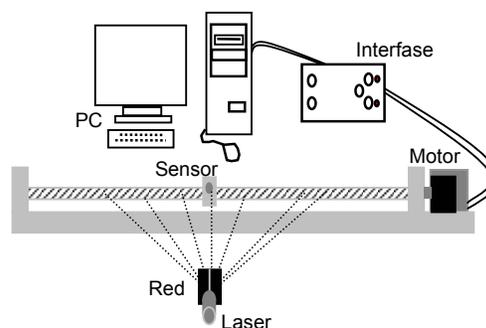


Figura 1

En la pantalla de la computadora se ingresan los datos sobre el punto de inicio y el ancho del recorrido que tendrá el sensor, de acuerdo al tipo de espectro, y se acciona el dispositivo de inicio del experimento. A medida que el soporte se desplaza, se va trazando la gráfica en la pantalla, de modo que se puede observar en tiempo real la correspondencia entre las zonas con mayor iluminación con la aparición de los distintos máximos de la intensidad.

En la figura (2) puede observarse la pantalla principal del sistema, en la que aparece representada la gráfica de intensidad de tres ranuras. Se representa también una gráfica de la simulación con el modelo matemático usual, que responde a la ecuación 1:

$$I = \frac{I_{\max}}{N^2} \left( \frac{\sin \frac{\varphi}{2}}{\frac{\varphi}{2}} \frac{\sin \frac{N\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} \right)^2 \quad (1), \text{ donde:}$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta \quad (2), \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta \quad (3)$$

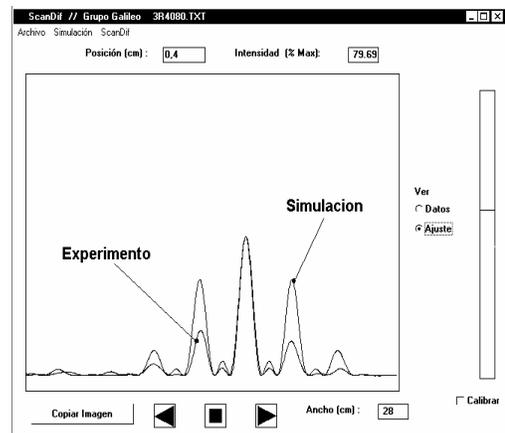


Figura 2

En la ecuación (1), N es el número de ranuras, I la intensidad, I<sub>max</sub> la intensidad máxima. φ y β son variables intermedias que se calculan a partir de θ (ángulo de desviación) a través de las ecuaciones 2 y 3. Los otros parámetros son a (ancho de ranura), d (distancia entre ranuras) y λ (longitud de onda de la luz)

## **Física II**

**Proyecto:** Educación Universitaria creativa y con significación social, utilizando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (CAI+D 2002)

### **Guía de Trabajos Práctico N° 11**

Optica Geométrica

**Problema 1:** Visualiza imágenes reales e imágenes virtuales con una lente convergente y luego con un espejo esférico cóncavo. Realiza la marcha de rayos.

**Problema 2:** Mide la distancia focal de un espejo esférico formando una imagen real en la misma posición del objeto. Realiza la marcha de rayos y calcular el aumento lateral.

**Problema 3:** Verifica la fórmula  $1/S + 1/S' = 1/f$  para distintas posiciones de objetos e imágenes con una lente convergente. A partir de estas experiencias obtiene el valor de  $f$  de la manera más exacta posible.

**Problema 4:** Combina dos lentes adosadas, una convergente y otra divergente, de tal manera que el sistema resulte convergente. Con este dispositivo, y conociendo la distancia focal de la lente convergente, halla la distancia focal de la divergente. Realiza la marcha de rayos.

**Problema 5:** Forma una imagen real con una lente divergente, para lo cual se debe utilizar otra lente (convergente) que provea un objeto que sea virtual para la lente divergente. Identifica las distancias objeto e imagen para las dos lentes. Realiza la marcha de rayos.

**Problema 6:** Elegir dos lentes de manera que una pueda servir de objetivo y otra de ocular de un microscopio elemental. Armar este dispositivo en el banco óptico, observar con el mismo algunos objetos pequeños y calcular su aumento nominal.