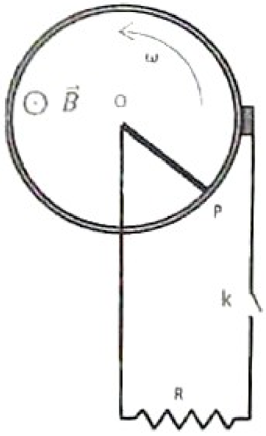
(Se incluye el enunciado original tomado de las oposiciones, aunque en el año 2014 no dejaron sacar el enunciado a los opositores)

FÍSICA Y QUÍMICA

Han de resolverse los cuatro problemas, cada uno delos cuales se calificará de 0 a 10 puntos. En caso de tener varios apartados la calificación de cada uno de ellos será la que figure en el texto y de no figurar se entenderá el mismo valor para todos. La calificación del ejercicio será la correspondiente a la media de las puntuaciones obtenidas en cada uno de los problemas.

CRITERIOS DE CORRECCIÓN

Por cada falta de ortografía se deducirá medio punto de la calificación del ejercicio, salvo en el caso de tildes en cuyo caso se reducirá 0,25. Cuando se repita la misma falta de ortografía, se contará como una sola.
En los problemas se valorará la adecuada estructuración y el rigor en el desarrollo de su resolución y la inclusión de pasos detallados así como la realización de diagramas, dibujos y esquemas. Se tendrá especial rigor en la identificación de los principios y leyes físicas involucradas, la corrección de los resultados numéricos, el uso correcto de unidades, así como con los errores en la formulación, nomenclatura y lenguaje químico.



4.- Una varilla metálica de longitud L gira en un plano horizontal alrededor de uno de sus extremos, que se mantiene fijo, con una velocidad angular constante ω. El extremo móvil de la varilla hace contacto con el interior de un anillo metálico mientras gira. Varilla y anillo se encuentran inmersos en un campo magnético B uniforme perpendicular al plano del papel y dirigido hacia afuera, como muestra la figura.

a) (5 puntos) Calcule con el interruptor k abierto, la diferencia de potencial entre los extremos de la varilla.
¿Qué extremo de la varilla tendrá el potencial mayor?

b) (5 puntos) Cerramos el interruptor k. Calcule el momento de la fuerza que actúa sobre la varilla, respecto del extremo fijo O. Razone si dicho momento acelera o frena el giro de la varilla. Datos: L = 20,0 cm; B = 0,10 T; ω = 10π rad/s; R = 2 Ω

Este problema tiene cierta analogía con otro de la oposición de Madrid 1994

a) Con el interruptor k abierto no hay un circuito cerrado y no hay corriente inducida, simplemente existe una fuerza magnética sobre las cargas móviles de la varilla, los electrones, que genera una diferencia de potencial asociada a esa fuerza electromotriz.
Tomamos como referencia ejes x e y en el plano con sentidos habituales, de modo que el campo magnético esté dirigido hacia z positivas.
Utilizamos la expresión general asociada la diferencia de potencial en los extremos de un conductor que se mueve en un campo magnético $\varepsilon=\int_L (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$
El producto vectorial del interior de la integral siempre tiene dirección radial hacia afuera, por lo que si integramos desde el centro del anillo hasta el extremo de la varilla

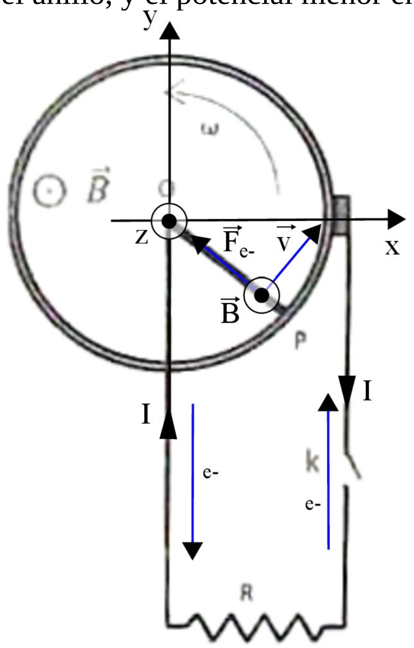
$$\varepsilon=\int_0^L \omega\cdot B\cdot l\cdot dl=\omega\cdot B\left[\frac{l^2}{2}\right]_0^L=\frac{\omega\cdot B\cdot L^2}{2}$$

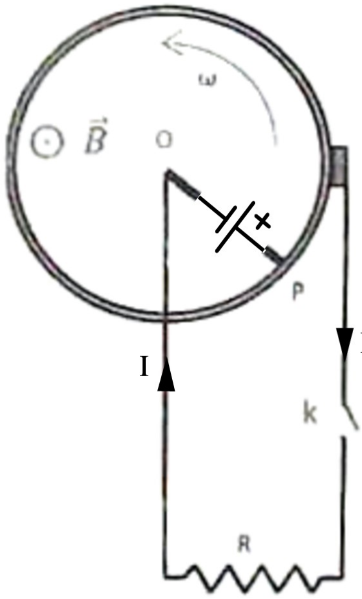
Con los valores del enunciado, usando el Sistema Internacional

$$\varepsilon=\frac{10\pi\cdot 0{,}1\cdot 0{,}2^2}{2}=0{,}02\pi\, V\approx 0{,}063\, V$$

Para razonar el sentido de la diferencia de potencial, lo que hacemos es razonar el sentido de la fuerza electromotriz, que es magnética.
Un electrón de la varilla, usando la expresión de la fuerza de Lorentz $\vec{F}=q(\vec{v}\times\vec{B})$ y teniendo en cuenta que su carga es negativa, experimentará una fuerza dirigida hacia el centro del anillo.
Como se trata de una fuerza electromotriz, si cerrásemos el interruptor k, los electrones “saldrían” desde el centro del anillo, y regresarían por el borde del anillo: en el circuito con R, externo al “generador” que supone la varilla, el movimiento de electrones tendría un sentido inverso a las

agujas del reloj. En un circuito la corriente va de diferencias de potencial mayores a menor, pero la corriente tiene un sentido opuesto al movimiento de electrones, ya que los electrones tienden hacia potenciales mayores, por lo que podemos concluir que el potencial mayor está en el extremo de la varilla que toca el anillo, y el potencial menor en el centro del anillo.



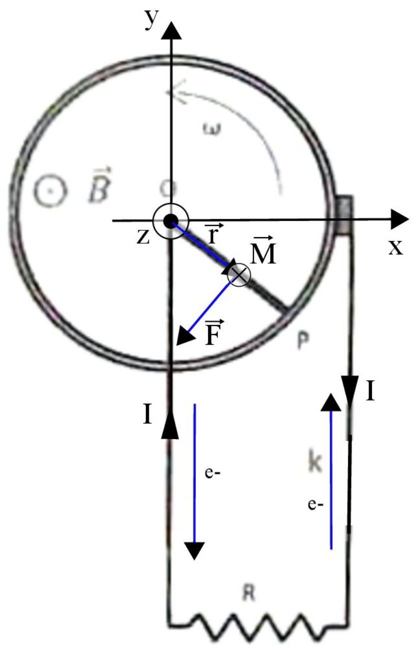


b) Con el interruptor k cerrado hay un circuito cerrado y hay corriente inducida.
El valor de la fuerza electromotriz es el calculado en el apartado anterior, y utilizando la ley de Ohm (asumiendo nula la resistencia del anillo ya que no se indica) $I=\frac{V}{R}=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{\omega\cdot B\cdot L^2}{2R}$

Para calcular fuerza sobre la varilla, utilizamos la ley de Laplace $\vec{F}=I(\vec{l}\times\vec{B})$

Dado que la corriente por el interior de la varilla va dirigida hacia desde el centro hasta el exterior (es la corriente asociada a la fuerza electromotriz, los electrones se mueven en dirección opuesta, desde el anillo hacia el centro), el producto $(\vec{l}\times\vec{B})$ tiene una dirección y sentido opuesto a la dirección de la velocidad, y en módulo $|\vec{F}|=|I(\vec{l}\times\vec{B})|=\frac{\omega\cdot B\cdot L^2}{2R}\cdot L\cdot B=\frac{\omega\cdot B^2\cdot L^3}{2R}$

Para calcular el momento de la fuerza $\vec{M}=\vec{r}\times\vec{F}$ asumimos esta fuerza aplicada en el centro de masas de la varilla, que supuesta uniforme está situada en su punto medio, a una distancia L/2 del centro del anillo.



Su módulo será $|\vec{M}|=\frac{L}{2}\frac{\omega\cdot B^2\cdot L^3}{2R}=\frac{\omega\cdot B^2\cdot L^4}{4R}$

Numéricamente con los valores del enunciado, usando Sistema Internacional

$$|\vec{M}|=\frac{10\pi\cdot 0{,}1^2\cdot 0{,}2^4}{4\cdot 2}=2\cdot 10^{-5}\pi\, N\cdot m\approx 6{,}28\cdot 10^{-5}\, N\cdot m$$

Su dirección será dirigido hacia el eje z negativo, opuesto al vector campo magnético y opuesto al vector velocidad angular, por lo que vectorialmente

$$\vec{M}=\frac{-\omega\cdot B^2\cdot L^4}{4R}\vec{k}\approx -6{,}28\cdot 10^{-5}\vec{k}\, N\cdot m$$

El momento angular frena el movimiento de la varilla, ya que la fuerza se opone al giro.

Reflexión: Si en lugar de utilizar la expresión de fuerza electromotriz $\varepsilon=\int_L (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$ *utilizásemos la ley de Faraday* $\varepsilon=\frac{-d\Phi}{dt}$ *, el resultado debe ser el mismo, ya que el planteamiento no debe afectar; la ley de Faraday se debe poder aplicar, ya que es una de las leyes de Maxwell.*
Utilizando la expresión de flujo $\Phi=\int_S \vec{B}\, d\vec{S}$ *, que en el caso de campo constante y perpendicular a la superficie se suele sustituir como* $\Phi=|\vec{B}||\vec{S}|\cdot\cos\theta$ *donde se suelen considerar tres posibles contribuciones a la variación de flujo: variación de B, variación de S, y variación del ángulo que forman. En este caso tenemos campo constante, superficie (todo el circuito / anillo metálico) constante, y ángulo constante, por lo que la derivada es cero y aparentemente tendríamos* $\varepsilon=0$ *.*
Esto es lo que se llama paradoja de Faraday / excepciones a la regla del flujo
http://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_paradox
"The Feynman Lectures on Physics Volume II", Chapter 17. The Laws of Induction, 17–1 The physics of induction, 17–2 Exceptions to the “flux rule”
http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_17.html#Ch17-S2
Copyright © 1963, 2006, 2013 by the California Institute of Technology,
Como indica Feynman para otro ejemplo “... aquí hay un caso donde la fuerza $\vec{v}\times\vec{B}$ *… da lugar a una fem que no puede ser igualada a una variación de flujo...debemos volver a las leyes básicas. La física correcta siempre está dada por estas dos leyes*

$$\vec{F}=q(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B})$$

$$\nabla\times\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$ “

La primera es la ley de Lorentz, y la segunda la forma diferencial de la ley de Faraday / una de las ecuaciones de Maxwell.