

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Proyecto final

- **Magnetismo y su Aplicación en el tren Magnético.**



Materia: Física III

Profra.: Marcela Villegas

Fecha: 5 – Marzo – 99

Indice

1.-Introducción

.-Ley de Biot-Savart 1

.-Ley de Ampère 2-3

.-Teoría de materiales para fabricación de rieles magnéticos 4

2.-Contenido

.-Funcionamiento del tren magnético 5

.-Principio de levitación 5

.-Principio de propulsión 5

.-Desarrollo del tren magnético en Japón 6

.- Vehículos experimentales

.- ML 100

.- ML 500

- .- MLU 001
- .- MLU 002 7
- .- MLU 002N
- .- MLX 01
- .- Especificaciones del modelo MLX 01 8-9
- .- Yamanashi Maglev Test Line 10
- .- Extensión de la línea Yamanashi 10
- .- Prioridades en la instalación de las líneas magnéticas 11
- .- Características de la línea de Yamanashi 12
- .- Supermagnetismo de la pista de prueba 12
- .- Instalaciones eléctricas
- .- Instalación de las bobinas para propulsión, levitación y guía 13
- .- Método de Panel
- 4.- Conclusión 14
- 5.- Bibliografía 15 - 16

Introducción

El campo magnético es producido por la corriente eléctrica que circula por un conductor. Para determinar la expresión del campo magnético producido por una corriente se emplean dos leyes: la ley de Biot-Savart y la ley de Ampère.

La ley de Biot-Savart

La ley de Biot-Savart calcula el campo producido por un elemento dl de la corriente de intensidad I en un punto P distante r de dicho elemento.

El campo producido por el elemento tiene la dirección perpendicular al plano determinado por los vectores unitarios u_t y u_r , y sentido el que resulta de la aplicación de la regla del sacacorchos. u_t es un vector unitario que señala la dirección de la corriente, mientras que u_r señala la posición del punto P desde el elemento de corriente dl .

Salvo en el caso de espira circular o de una corriente rectilínea, la aplicación de la ley de Biot-Savart es muy complicada.

Para determinar el campo producido por un solenoide sumando los campos producidos por cada una de las espiras que lo forman, existen dos aproximaciones:

Mediante la ley de Biot–Savart se calcula en primer lugar, el campo producido por una espira circular en un punto de su eje. Se supone que el solenoide de longitud L tiene N espiras muy apretadas, y se calcula la contribución de todas las espiras al campo en un punto del eje del solenoide.

La ley de Ampère

Si suponemos que el solenoide es muy largo y estrecho, el campo es aproximadamente uniforme y paralelo al eje en el interior del solenoide, y es nulo fuera del solenoide. En esta aproximación es aplicable la ley de ampère.

El primer miembro, es la circulación del campo magnético a lo largo de un camino cerrado, y en el segundo miembro el término I se refiere a la intensidad que atraviesa dicho camino cerrado.

Para determinar el campo magnético, aplicando la ley de Ampère, tomamos un camino cerrado ABCD que sea atravesado por corrientes. La circulación es la suma de cuatro contribuciones, una por cada lado.

Examinaremos, ahora cada una de las contribuciones a la circulación:

- Como vemos en la figura la contribución a la circulación del lado AB es cero ya que bien $\underline{B}$ y $d\underline{l}$ son perpendiculares, o bien es nulo en el exterior del solenoide.

$\underline{B}$ es nulo en el exterior del solenoide .

- Lo mismo ocurre en el lado CD.
- En el lado DA la contribución es cero, ya que el campo en el exterior al solenoide es cero.
- En el lado BC, el campo es constante y paralelo al lado, la contribución a la circulación es Bx , siendo x la longitud del lado.

La corriente que atraviesa el camino cerrado ABCD se puede calcular fácilmente:

Si hay N espiras en la longitud L del solenoide en la longitud x habrá Nx/L espiras por las que circula una intensidad I . Por tanto, la ley de Ampere se escribe para el solenoide.

En el laboratorio, se emplean limaduras de hierro para hacer visibles las líneas de campo magnético, este procedimiento es muy limitado y requiere bastante cuidado por parte del experimentador.

En el programa de ordenador se calcula, aplicando la ley de Biot–Savart, el campo magnético producido por cada espira en un punto de su plano meridiano, mediante procedimientos numéricos. Posteriormente, determina el campo magnético resultante, sumando vectorialmente el campo producido por cada espira en dicho punto. Posteriormente, se trazan las líneas del campo magnético que pasan por puntos equidistantes a lo largo del diámetro del solenoide.

Podemos ver el mapa de las líneas del campo magnético de:

- Una espira circular
- Dos espiras, esta disposición simula las denominadas bobinas de Helmholtz, utilizadas en el laboratorio para producir campos magnéticos aproximadamente uniformes en la región entre las dos bobinas.
- Muchas espiras iguales y equidistantes, que simula el solenoide.

Teoría de materiales para la fabricación de rieles magnéticos

Para explicar el magnetismo de levitación hemos supuesto que los espines de los átomos no interaccionaban entre sí. Para explicar el ferromagnetismo hemos de suponer que un espín dado interacciona con sus vecinos más próximos. En el modelo de Weiss el efecto medio de los átomos vecinos a uno dado se reemplaza por la acción de un campo magnético molecular o interno

Debido a la interacción entre espines, el estado de menor energía se consigue cuando todos los espines apuntan en la misma dirección. A medida que se incrementa la temperatura más espines tienden a cambiar su orientación disminuyendo el momento magnético medio, hasta que se anula a una determinada temperatura T_c , denominada temperatura crítica. Por encima de dicha temperatura, el sistema de espines se comporta como un material paramagnético.

Se ha de tener en cuenta que aunque se representa los espines en una región rectangular, la geometría adoptada en la simulación es toroidal en el sentido de que la fila superior es contigua a la fila inferior y la columna más a la izquierda es contigua a la columna situada en el extremo derecho.

Para producir la simulación se ha empleado el algoritmo de Metrópolis que se puede resumir en los siguientes pasos:

- Se establece la configuración inicial
- Se hace un cambio al azar de la configuración inicial. Por ejemplo, se escoje un espín al azar y se intenta cambiar su orientación.
- Se calcula el cambio δE de energía del sistema debido al intento de cambio en la orientación del espín seleccionado.
- Si δE es menor o igual que cero, se acepta la nueva configuración y se va al paso 8.
- Si δE es positiva, se calcula la probabilidad de transición
- Se genera un número al azar r en el intervalo $[0, 1)$
- Si $r \leq P$, se acepta la nueva configuración, de otro modo se mantiene la configuración previa, es decir, el espín no cambiaría de orientación.
- Se determina el valor de las magnitudes físicas de interés.
- Se repite los pasos del 2 al 8 para obtener el suficiente número de configuraciones
- Se calculan promedios de las distintas configuraciones que son estadísticamente independientes una de otra.

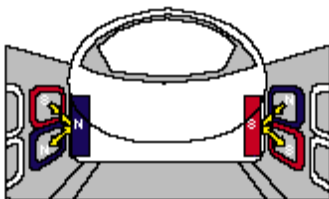
Funcionamiento del tren magnético.

Principio de levitación.

En la siguiente figura se muestra la forma en la que se colocan las bobinas en las paredes laterales.

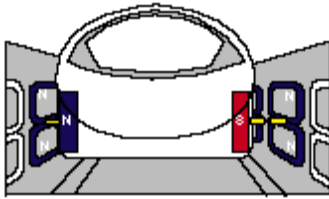
Cuando el superconductor pasa a centímetros de estas bobinas a muy altas velocidades, una corriente eléctrica es inducida en la bobina la cual actúa como campo electromagnético temporalmente.

Como resultado de estos campos, existen fuerzas que empujan al superconductor hacia arriba , teniendo así la levitación del tren.



Principio de guía lateral.

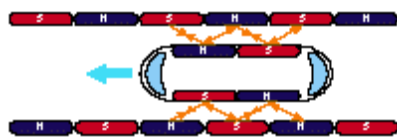
Las bobinas de levitación están conectadas de frente entre ellas en la parte baja del riel, generando un anillo magnético. Cuando el tren, el cual es un superconductor magnético, se desplaza lateralmente, una corriente es inducida en el anillo, resultando una fuerza repulsiva actuando en las bobinas de levitación de el lado más lejano del tren. Por lo tanto el tren siempre esta situado en el centro de los rieles.



Principio de propulsión.

Una fuerza repulsiva y una de atracción son inducidas entre los imanes para propulsar al tren (superconductor magnético). Las bobinas de propulsión están localizadas en las paredes laterales en ambos lados del riel, las cuales están energizadas por una corriente alterna trifásica de una estación, creando un campo magnético en el riel.

Los superconductores magnéticos son atraídos y empujados por el campo magnético, elevando el tren.

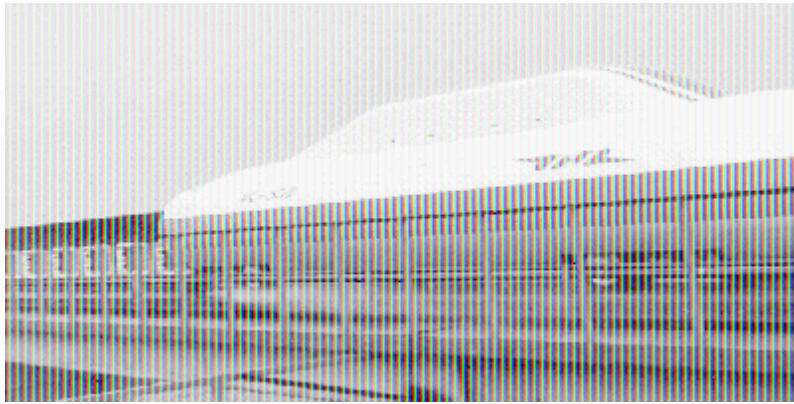


Desarrollo del tren Magnético en Japón

Vehículos Experimentales



ML 100



ML 500 500 R



MLU 002



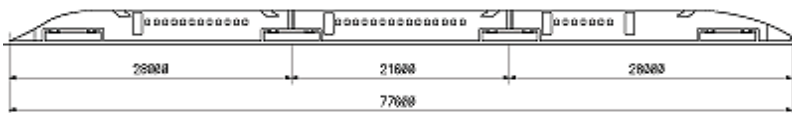
MLU 002N



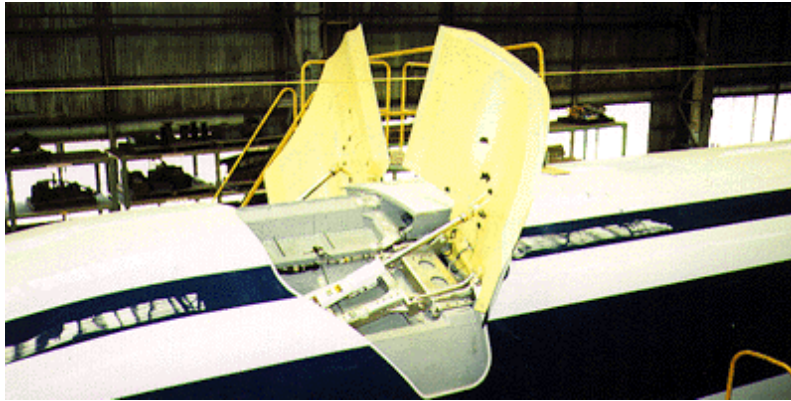
MLX 01 (Vista hacia TOKIO)



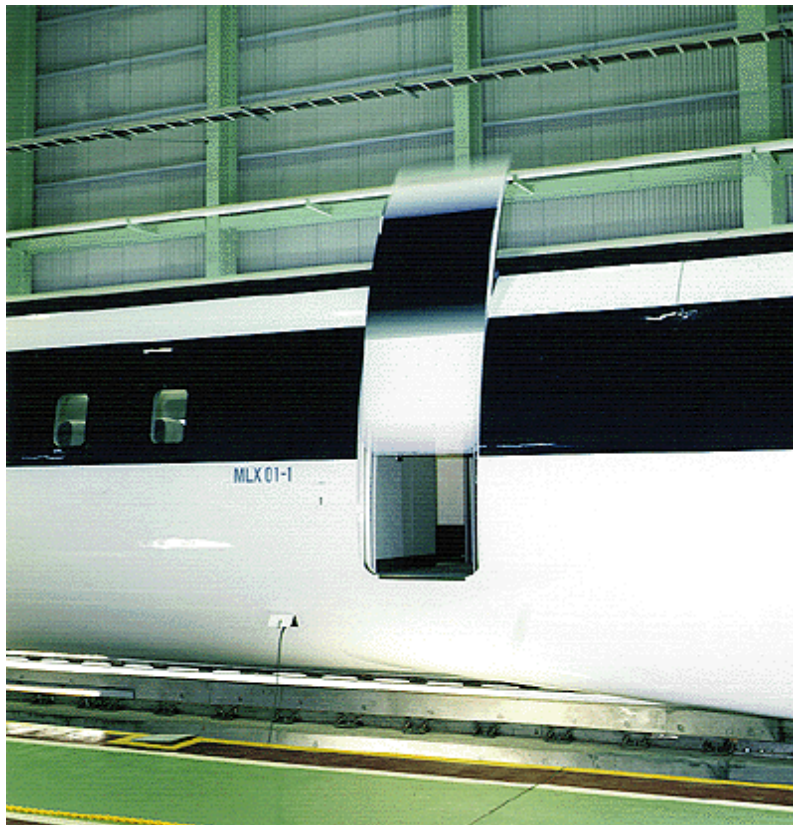
Diseño en mm (milímetros) del MLX 01



Interiores del MLX 01

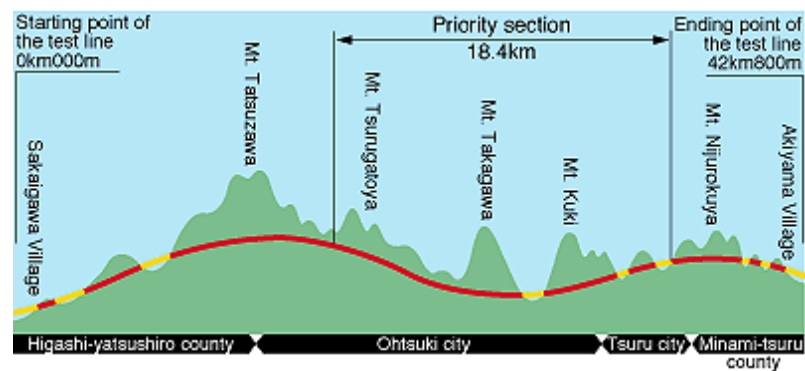


El tren magnético MLX01 es el primer tren que pasará por la pista de prueba Yamanashi. El tren está compuesto por tres vagones y el principal está diseñado en dos formas, las dos de la manera más aerodinámica para disminuir al máximo la fricción causada por el aire durante altas velocidades. Este modelo de tren ya tiene asientos de prueba y frenos de la más alta tecnología, denominados como frenos aerodinámicos y que ya están probados



El MLX 01 fue probado en Yamanashi Maglev Tes line.

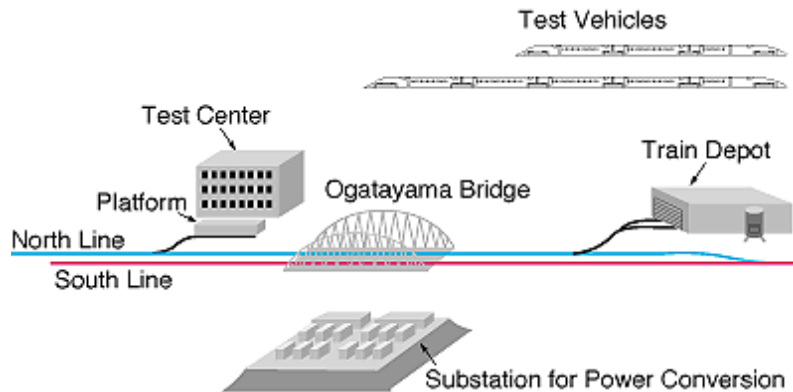
Yamanashi Maglev Test Line



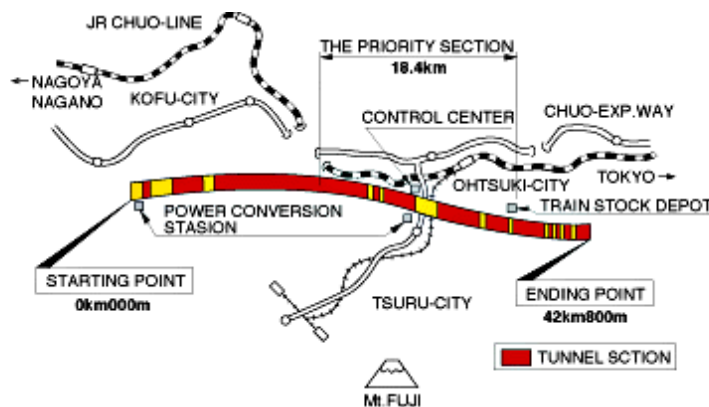
Extensión de la Línea Yamanashi

La línea de Yamanashi se extiende 42.8 km entre Sakaigawa y Akiyama de Yamanashi.

El Centro de Pruebas fue oficialmente abierto en Julio del 96, para empezar con el programa de pruebas de velocidad, y completar las actividades realizadas con respecto a la Levitación Magnética.



Prioridades en la Instalación de Líneas Magnéticas



Todas las líneas incluyendo la de Yamanashi intentan lograr ciertos objetivos como los siguientes:

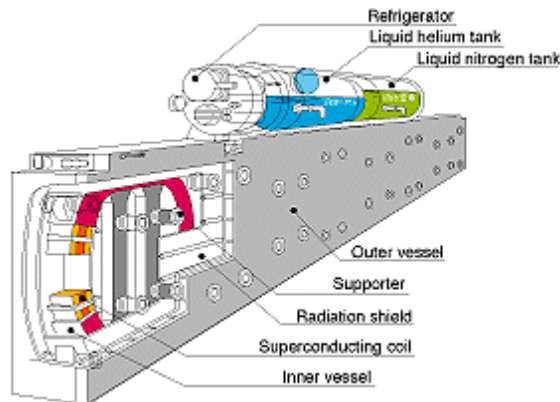
- Confirmar las posibilidades de seguridad, confiabilidad y estabilidad para cuando el vehículo alcance los 500 km/h.
- Confirmar la durabilidad de el vehículo y el equipo, así como también los superconductores magnéticos.
- Asegurar que la eficiencia del vehículo sea la mejor, y lograr que las presiones que sufre el vehículo durante el trayecto no afecte el funcionamiento de la unidad.
- Hacer que el impacto ambiental que tenga el vehículo no sea mucho.
- Lograr un sistema de control múltiple de los trenes y controlar con seguridad sus operaciones.
- Lograr con todo lo ya mencionado, que el mantenimiento de las vías y las unidades no sea mucho, para que el costo por viaje no sea muy caro.

Características de la Línea de Yamanashi

Supermagnetismo de la pista de prueba en Yamanashi.

Los imanes superconductores son lo principal para la existencia de estos trenes. Cada imán superconductor consiste de 4 enredos superconductores. Son altamente confiables con una largo promedio de vida útil.

Consiste de un tanque cilíndrico arriba que es un tanque almacenando helio líquido y nitrógeno. La parte inferior tiene un superconductor que genera polos norte y sur alternamente. En un extremo del tanque antes mencionado está un refrigerador integrado que sirve para convertir líquido el helio una vez que se evapore por la temperatura ambiental, entre otros factores.



Instalaciones eléctricas.

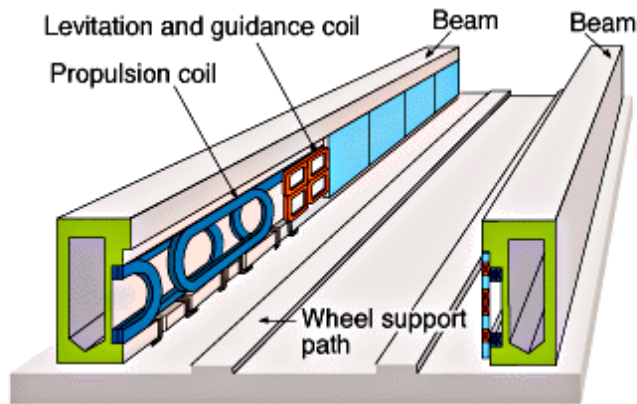
Se requiere de un inversor en la instalación de energía para transformar la energía de una compañía comercial de frecuencia normal a una frecuencia requerida para la operación del tren magnético. En la pista de prueba se pusieron tres inversores para tres fases respectivamente, de 38 MVA para la línea del norte y 20 MVA para la línea del sur.

Dependiendo de la velocidad al cual viaja el tren, los inversores dan una frecuencia de 0 a 56 Hz para 550 km/h y los inversores del sur dan una frecuencia entre 0 y 46 Hz, para velocidades menores de como 450 km/h.



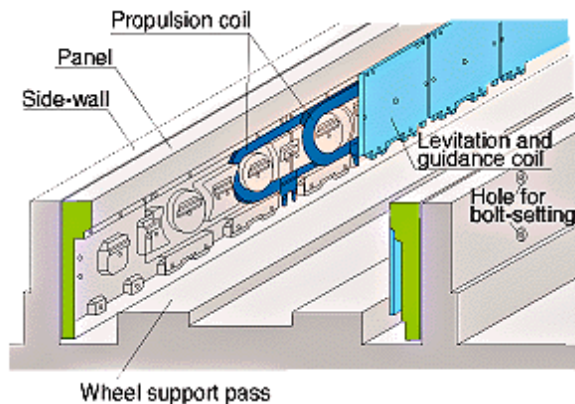
Instalación de las bobinas para propulsión, levitación y guía.

El primero es el método del beam, consiste en que la porción de la pared será hecha únicamente de concreto. Toda la construcción de esta forma se hace en la fábrica, donde se incluye las bobinas de piso. Finalmente todo el tramo de pista es transportado a donde se está construyendo en la pista.



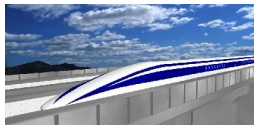
Método del Panel.

El segundo es el método del panel. En este método la construcción se hace en el mismo lugar. Se construye primero uniendo las bobinas de piso con el cemento, posteriormente por medio de tornillos especiales, se une esta parte con una pared de concreto situada justo donde va la pista.



Conclusiones

Gracias a varios principios físicos así como la ley de Ampere y de Biot–Savart logramos entender fenómenos físicos como el magnetismo y permite que el ser humano lo use a su ventaja. El tren magnético es un claro ejemplo. Derivado de principios físicos, el tren magnético ya es una realidad en Japón y se logran velocidades de hasta 550 km/h. Estos trenes son el vehículo terrestre más rápido a nivel comercial y su principal enfoque es de disminuir la fricción al máximo. Obedece la ley de Newton que especifica que un cuerpo permanecerá en movimiento al menos de que una fuerza se oponga. Reduciendo la fricción del aire y del suelo (levitación), hace menor la fuerza opositora y es más fácil para un objeto alcanzar dichas velocidades. La elevación del suelo es enteramente causa del campo magnético y la forma en la que está planteada la pista con respecto al tren.



Bibliografía

<http://www.gr.ssr.upm.es/eym/>

http://www.uned.es/prof/07223-/info_alumnos/indice.htm

<http://www.se.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/electromagnet.htm>

<http://www.rtri.or.jp/>

Alonso, Finn. Física. Addison-Wesley Iberoamericana (1995).

Capítulos 21 y 25 (secciones 25.3, concepto de flujo, y sección 25.4 ley de Gauss). Estudia el campo eléctrico y el campo magnético de forma paralela. Capítulos 22 (fuerza sobre las cargas en movimiento), 24 (fuerza sobre las corrientes, y campo producido por una corriente), y 26 (ley de Ampère). Capítulo 26 (materiales magnéticos)

Serway. Física. Editorial McGraw-Hill (1992).

Capítulos 23 y 24 (campo), 25 (potencial). Incluye los conductores como aplicaciones de la ley de Gauss. Capítulos 29 (efectos del campo magnético), y 30 (fuentes del campo magnético). Capítulo 30 (sección 30.9, materiales magnéticos).

Tipler. Física. Editorial Reverté (1994).

Capítulos 18 y 19 (campo), 20 (potencial). Incluye los conductores como aplicaciones de la ley de Gauss. Capítulos 24 (efectos del campo magnético) y 25 (fuentes del campo magnético). Capítulo 27 (materiales magnéticos)

Artículos

Akasofu Syun-Ichi. La aurora dinámica. Investigación y Ciencia. nº 154, Julio 1989, pp. 42-50.

El origen de las auroras boreales está en la interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre. Las emisiones de luz por la aurora provienen de la excitación de las moléculas en su colisión con electrones acelerados.

Bisquert J., Manzanares J. A., Mafé S. Determinación experimental del momento dipolar magnético, un modelo estático y dos dinámicos. Revista Española de Física, V-6, nº 2, 1992, pp. 43-47.

Bloxham J., Gubbins D. La evolución del campo magnético terrestre. Mundo Científico, Febrero 1990, nº 161.

Origen y evolución del campo magnético terrestre, que se origina por la influencia de la

convección térmica y de la rotación de la Tierra sobre el hierro fundido que circula por el núcleo, y que actúa como dinamo generadora de dicho campo.

Furió C., Guisasola J. ¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctrico?. Revista Española de Física, V-7, nº 3, 1993, pp. 46-50.

ML 100 es propulsado Por Fuerzas Lineales de Inducción del motor .

Fue Construido para celebrar el centenario de las vías en Japón.

MLU 001 fue diseñado para servir como transporte para largas distancias, con pasajeros.

EL carro fue probado usando 3 coches unidos pero resultó que hubo irregularidades en el manejo de los coches.

MLU 002 vino a sustituir el lugar del MLU 001, a diferencia del MLU 001 el MLU 002 tenía lugar sólo para 44 pasajeros, y este era de un sólo carro .

Pero desafortunadamente en 1991 el carro se quemó durante una prueba de velocidad.

MLU 002N fue un vehículo enfocado mas a las operaciones comerciales, este estaba equipado con frenos de disco, y frenos aerodinámicos. Este vehículo sirvió de mucho para comprobar la propulsión, Levitación y guía por medio de campos magnéticos.

El ML 500 y 500R fueron prototipos que sirvieron para ver que las ideas utilizadas hasta esos momentos, eran obsoletas, y que causaba gran peligro utilizar ese tipo de Tecnología.

El MLX 01 es la última versión de lo que sería el futuro de trenes magnéticos (Levitando).

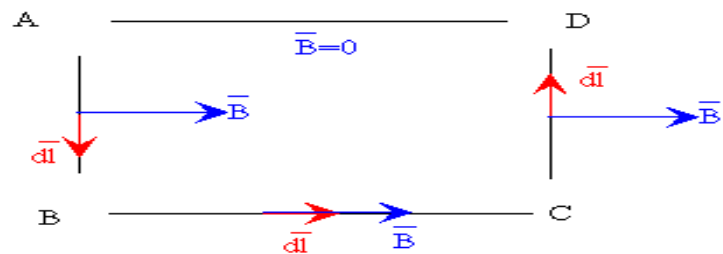
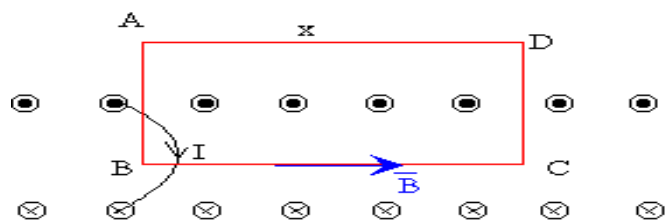
EL MLX 01, está equipado con frenos de disco(bien probados en modelos anteriores), frenos de emergencia, tres carros, y además trae espacio para pasajeros.

MLX 01 (Vista hacia Kofu)

Como se puede observar los interiores del MLX 01 son una versión bastante cómoda

MLU 001

Acceso al MLX 01



$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \int_A^B \vec{B} d\vec{l} + \int_B^C \vec{B} d\vec{l} + \int_C^D \vec{B} d\vec{l} + \int_D^A \vec{B} d\vec{l}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \oint \frac{\hat{u}_t \times \hat{u}_r}{r^2} dl$$