

Magnetostriccion

Angelica Lopez Duarte^{*} and Sergio Montoya Ramirez^{**}

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 15 de agosto de 2025)

En este se describen brevemente los objetivos y los resultados del trabajo, por lo tanto se debe dar información completa pero corta del contenido del trabajo. Se debe indicar qué fue lo que se hizo, cómo se hizo y cuáles fueron los resultados obtenidos de forma EXPLÍCITA. Por ejemplo: se obtuvo un valor para la constante de Planck de $h = (5,9 \pm 0,5) \times 10^{-34} \text{ J s}^a$. A lo largo de todo el informe por favor utilizar el diccionario de overleaf. Tener ideas claras y concisas de lo que se hizo y de los resultados obtenidos. Que genere interés en leer el resto del artículo. El informe, que está en formato de artículo científico debe ser auto-contenido. Un lector que no haya ido al laboratorio, o que no sepa del experimento debe ser capaz de leerlo y entender todo lo que allí de plantea.

I. SEGUNDA PREGUNTA

El fenómeno de la **magnetostricción** consiste en el cambio de forma de los materiales en presencia de campos magnéticos [9]. Este cambio físico se puede presentar de distintas maneras: el **efecto Joule**, que puede ser una contracción o dilatación en el mismo sentido que el campo magnético; el **efecto volumétrico**, que consiste en un cambio de volumen, aunque con un efecto muy pequeño; y el **efecto Wiedemann**, que corresponde a un giro en el material [4]. Cada uno de estos efectos tiene su inverso, de los cuales el más relevante y estudiado es el **efecto Vilari**, que es el inverso del efecto Joule [6].

Una vez explicado cómo se observa la magnetostricción en el mundo macroscópico, es importante aclarar su explicación a nivel atómico. Es crucial notar que, a medida que los electrones se alejan de los pequeños niveles de energía, sus orbitales se vuelven menos simétricos. Así, los electrones tienen orbitales fuertemente cargados en una dirección. Por ejemplo, en los orbitales p , ya tenemos tres formas en diferentes planos, y todas con forma de pesa o *dumbbell* [3]. Estas diferencias en los ejes y las formas de los orbitales implican que, al alinearse los electrones, la forma del material total varía, generando el efecto de magnetostricción. Este cambio de forma se ve particularmente afectado en los materiales cristalinos, donde las moléculas se acomodan a distancias determinadas en una configuración de red y donde los orbitales juegan un papel muy importante para determinar la distancia entre una molécula y la siguiente [4].

—

^{*} Correo institucional: a.lopez8@uniandes.edu.co

^{**} Correo institucional: s.montoyar2@uniandes.edu.co

^a Utilizar esta forma para reportar los datos, note que las unidades están en un cuadro de texto. TODO debe llevar unidades e incertidumbre, siempre.

A. Aplicaciones y medición

Las aplicaciones de la magnetostricción son variadas, incluyendo sonares, motores lineales y rotativos, así como equipos piezoeléctricos [4]. Para lograr esta gran diversidad, el material más usado es el **Terfenol-D**, que combina $DyFe_2$ y $TbFe$ en la proporción $Tb_{0,27}Dy_{0,73}Fe_2$, ya que con esta configuración se consigue una magnetostricción grande con campos magnéticos proporcionalmente pequeños [9].

Respecto a las maneras de medir este fenómeno, se dividen en dos grandes grupos. Primero, las **medidas directas**, en las que se encuentran métodos como el *Strain Gauge* o diferentes tipos de dialometría [4]. Un ejemplo de estas mediciones directas es la **interferometría óptica**, que es el experimento que realizaremos. En esencia, este método consiste en observar la deformación de un espejo de un material al aplicarle un campo magnético y cómo este deforma un haz de un láser en comparación con un reflejo no deformado por este efecto. El segundo grupo son las **medidas indirectas**, que utilizan el efecto Vilari, ya que esto cambiará la permeabilidad magnética del material [4]. Sin embargo, no daremos ningún ejemplo concreto de este tipo de medición, ya que se escapa del alcance de este documento.

—

B. Conclusión

En conclusión, la magnetostricción es un fenómeno en el que los materiales cambian su forma al estar en presencia de un campo magnético [4]. Este efecto se explica por la forma de los orbitales y su alineación con respecto al campo [4]. La magnetostricción tiene varios usos en la industria, como en motores, sonares o como parte de elementos piezoeléctricos. Además, puede ser medida de distintas maneras, divididas esencialmente en dos grupos: directas e indirectas. De estas mediciones, la que se desarrollará en este experimento será una medida directa que consiste en un interferómetro de Michelson.

II. TERCERA PREGUNTA

Si vamos a la pagina del fabricante particularmente a la sección *Media/Downloads* encontraremos el documento *P2430810_en.pdf*. En este podemos encontrar los siguientes datos:

Cuadro I. Resultados del comportamiento para el hierro segun el manual del fabricante. Extraido de [8]

I/A	$H/\frac{A}{m}$	Ring Changes	$\Delta l/10^{-6}m$	$\frac{\Delta l}{l}/10^6$
0.83	16600	$\approx 11/4$	0.395	2.630
1.27	25400	$\approx 13/4$	0.554	3.691
1.60	25400	$\approx 11/2$	0.475	3.164
1.87	37400	$\approx 11/4$	0.395	2.630

Esto muestra el como el radio de interferencia de los anillos aumento y por lo tanto el aumento en su tamaño [8]

Ademas tambien podemos encontrar:

Cuadro II. Resultados del comportamiento para el Niquel segun el manual del fabricante. Extraido de [8]

I/A	$H/\frac{A}{m}$	Ring Changes	$\Delta l/10^{-6}m$	$\frac{\Delta l}{l}/10^6$
0.53	10600	4	-1.27	-8.44
0.71	14200	5	-1.58	-10.55
0.94	18800	6	-1.90	-12.67
1.33	26600	7	-2.21	-14.77
3.28	65600	9	-2.84	-18.98

Que muestra que para el niquel este redujo su tamaño en concordancia con la literatura [8].

III. SEGUNDA PREGUNTA

El fenomeno de Magnetostriccion consiste en el cambio de la forma de los materiales en presencia de campos magneticos[9]. Este cambio fisico de los materiales se puede presentar en distintas formas. Primero, el efecto Joule que puede ser una contraccion o dilatacion en el mismo sentido que el campo magnetico. Segundo, el efecto volumetrico, consistente en un cambio de volumen, sin embargo, con un efecto muy pequeno. Tercero, el efecto Wiedemann, que corresponde con un giro en el material [4]. Cada uno de estos efectos tiene inversos de los cuales el mas relevante y que ha tenido una gran cantidad de trabajo es el *Vilari Effect* que corresponde con el inverso del Efecto Joule [6].

Una vez explicado, el como se observa en el mundo macroscopico el efecto de la magnetostriccion. Es importante aclarar como se explica a nivel atomico. Para

esto, es importante notar que los electrones a medida que mas se alejan de los pequenos niveles de energia menos esfericamente simetricos resultan sus orbitales. Teniendo asi, electrones con orbitales fuertemente cargados en una direccion. Por ejemplo, ya en los orbitales *p* tenemos 3 formas en diferentes planos y todas con forma de *dumbell* [3]. Estas diferencias en los ejes y formas de los orbitales implica que al alinearse los electrones la forma del material total varia generando el efecto de magnetostriccion. Este cambio en la forma se ve particularmente afectado en materiales cristalinos donde las moleculas se acomodan a distancias determinadas en una configuracion de red y en donde los orbitales toman un rol muy importante para determinar la distancia a la que se encuentra una molecula de la siguiente[4].

Las aplicaciones que tiene la magnetostriccion son variadas. Ejemplos de estas aplicaciones son sonares, motores lineales y rotaciones asi como equipos piezoelectricos[4]. Para lograr esta gran diversidad el material mas usado es el Terfenol-D que combina $DyFe_2$ y $TbFe$ en la proporcion $Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_2$ pues con esta configuracion se consigue una magnetostriccion grande a campos magneticos proporcionalmente pequenos [9].

Respecto a las maneras de medir estas se dividen en dos grandes grupos. Primero, Medidas directas, en donde se encuentran metodos como *Strain Gauge* o diferentes tipos de Dialometria[4]. Un ejemplo, que escogemos para representar estas mediciones directas es la interferometria optica pues es el experimento que realizaremos. En esencia, este metodo consiste en observar la deformacion de un espejo de un material al aplicarle un campo magnetico y el como este deforma un haz de un laser en comparacion a un reflejo no deformado por este efecto. El segundo grupo son las medidas indirectas. Las cuales utilizan el efecto Vilari pues esto cambiara la permeabilidad magnetica del material[4]. Sin embargo, no daremos ningun ejemplo concreto de este tipo de medicion pues se escapan del alcance de este documento.

En conclusion, la magnetostriccion es un fenomeno en el cual materiales cambian su forma al estar en presencia de un campo magnetico [4]. Este efecto tiene su explicacion en la forma de los orbitales y su alineacion con respecto al campo [4]. Este efecto tiene varios usos en la industria como motor, sonar o parte de elementos piezo electricos. Ademas puede ser medido de distintas maneras, divididas esencialmente en dos grupos, Directas e Indirectas. De estas mediciones la que se desarrollara en este experimento sera directa pues consiste en un interferometro de michelson.

IV. INTRODUCCIÓN

Se da la información básica para ubicar el problema (marco teórico) resaltando la importancia y los méto-

dos utilizados para resolverlo. Se hace un estado del arte del problema experimental abordado: cuándo se realizó este experimento por primera vez(en la historia), bajo qué condiciones, cómo han evolucionado los métodos hasta el montaje con el que va a trabajar y qué alternativas hay actualmente para hacer el experimento. Todo el estado del arte debe tener las referencias claras de los artículos CIENTÍFICOS ¹ que evidencien una revisión bibliográfica extensa. Se hace énfasis en que esta debe ser básicamente un texto corto que resuma claramente el fenómeno físico y el experimento para estudiarlo. En esta sección se deben explicar las ecuaciones (No hacer pasos intermedios de álgebra en la parte de marco teórico /estado del arte) que se van a utilizar.

En su mayoría, las referencias deben estar en esta sección. Se deben mencionar como: según el autor Lipari [7] en su artículo *Proton and neutrino extragalactic astronomy* se puede deducir que ... como dice Serway en [10].

También puede haber referencias las cuales se usaron pero no se parafrasearon ni se quiere hacer mención específica de la persona. La segunda referencia de la bibliografía es un ejemplo de este caso.

Esta sección debe tener cohesión. Los temas de los que se hablan deben estar conectados, el hilo conductor a lo largo de todo el artículo es muy importante.

V. MONTAJE EXPERIMENTAL

Descripción BREVE del método, procedimiento y montaje experimental. Debe contener figuras, diagramas explicativos, esquema de circuitos eléctricos si aplica y las condiciones experimentales para la toma de los datos (por ejemplo entre qué valores se va a variar el voltaje en una medición). Este es el nuevo artículo [5]. Se recomienda tomar foto del montaje experimental y luego editarla para que sean claras las partes y procedimientos. NO hacer una lista con los materiales usados, tampoco colocar pasos triviales del procedimiento como por ejemplo *conectar todo de forma adecuada*.

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Resultados: tablas, figuras, regresiones, valores experimentales.

Análisis: Texto argumentando y discutiendo los resultados. Análisis de error.

¹ Puede utilizar notas al pie de página para hacer aclaraciones que considere necesarias en cualquier parte del artículo. Por ejemplo en esta: Se colocó el científico todo en mayúscula para hacer énfasis en que deben ser artículos de revistas científicas y no notas periodísticas o un blog de internet.

- Tablas de datos: Deben estar numeradas, tituladas y rotuladas (encabezados con variables y unidades coherentes). Adicionalmente deben estar comentadas o referenciadas en el texto. Ver tabla III como ejemplo.
- Gráficas: Todas las gráficas deben estar numeradas, tituladas; ejes claros y de tamaño legible, escalas, variables y unidades coherentes. La mayoría de las gráficas tienen ajustes a diferentes tipos de curvas, de ser así, debe presentar en la gráfica la ecuación del ajuste realizado con las variables correspondientes a la gráfica. Todas las gráficas deben estar comentadas o referenciadas en el texto; es decir, en alguna parte del texto debe haber un *cómo se ven en la figura 3* o *los resultados se encuentran en la tabla 2*. No usar, en la siguiente figura, en la siguiente tabla, en la figura de arriba. Si tienen varias gráficas y ven que se pueden agrupar en 1 sola, ¡háganlo! No hacer 1 gráfica por cada toma de datos. Ver figura 1.

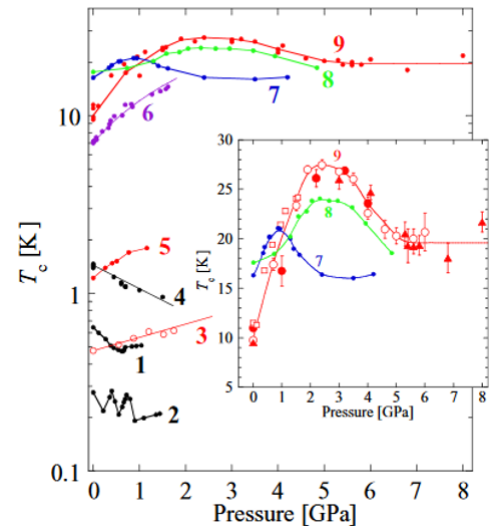


Figura 1. El *caption* de esta figura debe tener una descripción detallada de lo que se está mostrando como resultado. Un *caption* que diga “Gráfica de T vs P” no dice absolutamente nada de cómo fueron obtenidos los datos y los resultados que se pueden concluir a partir de estos. Siempre los datos deben llevar las respectivas barras de error o indicar que el tamaño de estas es muy pequeño para ser visualizadas. Usar colores como los que se ve en la figura para diferenciar fácilmente los datos. Nunca unir los puntos experimentales, las líneas sólidas están reservadas para los ajustes. No usar notación científica de Excel.

- Analizar los resultados expuestos en las tablas y gráficas. Comparar estos resultados con la teoría, objetivos e hipótesis propuestas en la introducción. Se debe reportar si sus resultados y lo que

Cuadro III. Esta es una tabla amplia que ocupa toda la página con un ancho diseño de dos columnas. Se da formato con el entorno `table*`. También demuestra el uso de `\multicolumn` en filas con entradas que abarcan más de una columna. Las tablas deben ser de resultados obtenidos, no de datos crudos. El *caption* debe tener información detallada suficiente para entender lo que se obtuvo sin tener que entrar a leer todo el documento. La tabla debe estar referenciada dentro del texto. En ocasiones se usan notas al pie adicional al *caption* para resaltar detalles de datos distintos. NO COLOCAR TABLAS COMO FIGURAS. No usar notación científica de EXCEL.

Ion	D_{4h}^1		D_{4h}^5	
	1st alternative	2nd alternative	1st alternative	2nd alternative
K	$(2e) + (2f)$	$(4i)$	$(2c) + (2d)$	$(4f)$
Mn	$(2g)^a$	$(a) + (b) + (c) + (d)$	$(4e)$	$(2a) + (2b)$
Cl	$(a) + (b) + (c) + (d)$	$(2g)^a$	$(4e)^a$	
He	$(8r)^a$	$(4j)^a$	$(4g)^a$	
Ag		$(4k)^a$		$(4h)^a$

^a The z parameter of these positions is $z \sim \frac{1}{4}$.

aprendió en la práctica lo lleva a cumplir los objetivos propuestos, si son valores deseables o no; escriba oraciones completas que expresen sus ideas. Si se realizó ajuste, este debe estar referenciado en la gráfica y en el texto (con su respectiva incertidumbre). El cálculo de la incertidumbre del resultado obtenido debe estar situado junto al resultado obtenido, no debe aparecer el resultado al inicio y la incertidumbre al final.

- Cuando consultan un valor experimental que se mide con mucha precisión, por ejemplo una constante física, se denomina: *el valor reportado en la literatura* y colocan la referencia (aconsejo la NIST). No usar más *el valor teórico*.
- No vuelvan nunca a calcular un error porcentual. Con la incertidumbre y el valor reportado en la literatura pueden hacer un mejor análisis.
- Recuerden que todas las incertidumbres llevan 1 cifra significativa (máximo 2 en casos especiales).

VII. CONCLUSIONES

Se deben contestar las preguntas planteadas inicialmente o dar las razones por las cuales no es posible hacerlo. Las conclusiones deben ser necesariamente una consecuencia del experimento realizado, es decir que no se deben tocar aspectos que no se hayan expuesto en la sección de resultados y análisis. Si escribe algo que no se encuentra en la sección de resultados y análisis, esto quiere decir que hace falta incluir material en resultados y análisis. Concluir únicamente aspectos pertinentes al trabajo obtenido en el laboratorio; se deben evitar las generalizaciones que no hablan concretamente de lo que lograron o midieron en la práctica experimental. NO USAR ITEMIZE. No reportar resultados nuevos en esta sección, pueden comparar los resultados con los obtenidos por otros autores (por ejemplo sus compañeros o los que encontraron en su revisión bibliográfica).

[Eje] Se deben referenciar todos los artículos y textos utilizados. si se usó una gráfica o una imagen que no ha sido realizada por ustedes debe ser citada. la omisión de una apropiada referencia se considerará como una falta grave, ya que técnicamente se considera plagio. las referencias deben incluir los títulos de los artículos. mirar el archivo .bib para ver ejemplos de cómo citar correctamente. no wikipedia. no hyperphysics. consultar artículos científicos recomendación: American journal of physics.

[2] Bahcall, J. N. and Frautschi, S. C. (1964). Neutrino astronomy and intermediate bosons. *Phys. Rev.*, 135:B788–B791.

[3] Callister, W. D. and Rethwisch, D. G. (2000). *Fundamentals of materials science and engineering*, volume 471660817. Wiley London.

[4] Ekrem, N., Olabi, A. G., Prescott, T., Rafferty, A., and Hashmi, M. (2007). An overview of magnetostriction, its use and methods to measure these properties. *Journal of Materials Processing Technology*, 191:96–101.

[5] Fletcher, R. S., Gaisser, T. K., Lipari, P., and Stanev, T. (1994). sibyll: An event generator for simulation of high energy cosmic ray cascades. *Phys. Rev. D*, 50:5710–5731.

[6] Lee, E. (2002). Magnetostriction and magnetomechanical effects. *Reports on Progress in Physics*, 18:184.

- [7] Lipari, P. (2008). Proton and neutrino extragalactic astronomy. *Phys. Rev. D*, 78:083011.
- [8] Phywe Systeme GmbH & Co. KG (n.d.). P2430810 Young's modulus by bending a bar. https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy_itemtestinstruction/P2/P2430811/P2430810_en.pdf. Accessed: 2025-08-15.
- [9] Piercy, A. R. (1997). The changing shape of magnetostriiction. *Physics Education*, 32(3):160.
- [10] Serway, R., Moses, C., Moyer, C., and Villagómez, H. (2006). *Física moderna*. International Thomson.

APÉNDICE DE CÁLCULO DE ERRORES

Se deben indicar explícitamente los pasos de análisis de error que se hicieron para llegar a al(los) resultado(s). Ejemplo: la propagación de error, incertidumbre en un ajuste de mínimos cuadrados, análisis estadístico, redondeo de cifras significativas, entre otros.

Las fórmulas de cómo se obtuvieron cada uno de los valores reportados debe ser incluido como si el análisis estadístico se hiciera manualmente.